مطالعه آلودگی زیست محیطی بر اساس میزان سرب موجود در استخوانهای باستانی، مطالعه موردی: گوهرتپه مازندران

پرستو مسجدی خاک *، مصطفی خزایی کوهپر *، دکتر فرهنگ خادمی ندوشن **، علیرضا گودرزی ***، مهدی سبزعلی *

* دانشجوی کارشناسی ارشد باستانشناسی، دانشگاه تربیت مدرس.
** دانشیار گروه باستانشناسی دانشگاه تربیت مدرس.
*** دانش آموخته کارشناسی ارشد باستانشناسی، دانشگاه تهران.

چکیده

سرب از جمله فلزات سنگین است که بطور طبیعی و به مقدار نادر (کمتر از ۱٪ وزن بدن را تشکیل می دهد)، در خاک، آب، گیاه و حیوان و در همه مواد زیست شناسی (بیولوژیکی) وجود دارد. این فلز سنگین معمولاً از طریق غذاخوردن، استنشاق یا از طریق تماس پوستی جذب بدن می شود. سرب همچنین بطور طبیعی در پوسته زمین در کنار سنگ معدن سولفید روی و مس یافت می شود. منابع دیگر تولید سرب شامل لعاب سفالگری، باتریهای سربی، رنگهای سربی، بنزین، لحیم کاری با سرب در لوله های آب و نیز دودی که از اتومبیلها خارج می شود، می باشد. سرب موجود در خاک و اتمسفر می تواند موجب آلوده شدن آب شده و بطور مکرر وارد زنجیره غذایی موجودات آبزی گردد. در این پژوهش نمونه های دندانی از ۹ انسان عصر برنز محوطه گوهر تپه در شمال ایران را جهت تعیین سطح سرب در دندانهای باستانی این محوطه با استفاده از دستگاه طیف بینی جذب اتمی آنالیز نمودیم. هدف از این مطالعه تعیین سطح سرب و آلودگی زیست محیطی در محوطه گوهر تپه است.

واژگان کلیدی: عناصر نادر، سرب، دندان، فلزات سنگین، آلودگی.

درآمد

سرب از جمله فلزاتی است که از دوران باستان شناخته شده و مورد استفاده قرار گرفته است؛ برای مثال رومیها از آن در لوله های تأمین آب منازل استفاده کرده بودند (Silva *et al.*, 2005). شواهد نشان می دهد که مصریان باستان با آن آشنایی داشته و از خاصیت آن به عنوان ماده ای که باعث مرگ می شود، به خوبی آگاه بوده اند (حبیبی، ۱۳۷۸: ۹).

Email Address: parastomasjedi@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

سرب می تواند از طریق خوردن و آشامیدن غذا و آب آلوده و استنشاق هوای آلوده وارد بدن شود، همچنین وسایل آرایشی از منابع دیگر این عنصر هستند. میزان بالای سرب در بدن انسان برای سلامتی مضراست. تأثیرات مضر آن شامل اختلالات کلیه، سیستم تناسلی، عصب شناسی و بیماری خونی است (Todd *et al.*, 2002).

سرب عنصری است که بیش از ۹۵ درصد آن در استخوان و دندان ذخیره می گردد(Hugo *et al.*, 2004)، سطح سرب استخوان ممکن است تحت تأثیر سرب طبیعی خاک و سرب صنعتی بالا برود (Ericson *et al.*, 1991). همچنین سطح آن بسته به سن و محل استخوان بندی افزایش می یابد (Wittmers *et al.*, 1988).

میزان سرب گزارش شده از سایت گوهر تپه بین ۱۸.۰۰- ۳.۵۶ میلی گرم در لیتر بود، این مقدار سرب گوهر تپه در مقایسه با میزان سرب گزارش شده از ساکنان پیش از تاریخ جزایر قناری وتنارایف - بزرگترین جزیره قناری که در ساحل شمال غربی آفریقا قرار گرفته، بیشتر است (۴.۴۱± ۳.۴۵ میلی گرم در لیتر) (Gonzalez-Reimers, *et al.*, 2003). در مطالعات باستان شناسی سرب به عنوان یک شاخص آلودگی مطرح است. شاید آلودگی مواد غذایی بدلیل استفاده از مواد غذایی سرب دار، ظروف مربوط به پخت و پز غذا و نگهداری مواد غذایی و آشامیدنی از دلایل بالا بودن سرب در گوهر تپه بوده باشد.

در این مطالعه، سرب نمونه دندانهای انسانی محوطه گوهر تپه با استفاده از دستگاه طیف بینی جذب اتمی مورد اندازه گیری قرار گرفت تا از طریق سطح سرب موجود، وجود آلودگیهای زیست محیطی در محوطه مورد تفسیر قرار بگیرد.

روش طیف بینی جذب اتمی

در خلال دهه ۱۹۶۰ م یک ابداع مهم روی داد و آن آنالیز جذب اتمی بود. این روش به تکنیک مناسبی برای تعیین مقدار غالب فلزات موجود در نمونه‌های برگرفته از محیط زیست بدل شده است. روش مذکور مبتنی است بر جذب نور تک رنگ توسط ابری از اتمهای فلز مورد افزایش. تشعشع با کمک منبعی از اتم‌های جنس همان فلز مورد آزمایش تولید می‌شود. تابش‌های پرشدت الکترومغناطیسی که طول موج آنها دقیقاً برابر طول موج قابل جذب برای اتم‌های فلز مورد آزمایش است که از منبع ساطع می‌شود و به این روش امکان انتخابی بودن بسیار زیادی می‌بخشد (Vandecasteele *et al.*, 1995).

مهمترین قسمت این دستگاه لامپ هالوکاتد است. این قطعه از یک لوله شیشه‌ای حاوی گاز بی اثر (عمدتاً آرگون) در فشار چند میلیمتر تشکیل شده است. لامپ دارای یک آندوکاتد است که اختلاف پتانسیل زیادی بین دو سر آن برقرار می‌شود. هنگام روشن شدن لامپ یک جریان الکتریکی چند میلی آمپری از درون لامپ می گذرد.

کاتد یک استوانه توخالی است که سطح داخل آن با پوششی از فلز مورد نظر پوشانده شده است. پتانسیل زیاد بین الکترودها، سبب تولید یون‌های مثبت گاز بی اثر (Ar^+) می‌شود که با انرژی بسیار زیاد با کاتد مجوف که دارای بار منفی است تصادم می‌کند. بمباران کاتد توخالی با یون‌های مثبت پرانرژی سبب بیرون پراندن اتمهای فلز از سطح کاتد می‌گردد. این اتمهای انرژی دار شده فلز، تابشهایی با نوار طول موج بسیار باریکی منتشر می‌کند که مختص همان فلز است. این تابشها از طریق وسایل نوری مناسب به درون شعله‌ای که نمونه به داخل آن مکیده می‌شود، هدایت می‌گردد. درون شعله بسیاری از ترکیبات فلزی تجزیه شده و فلز به حالت عنصری خود احیاء می شود و ابری از اتمها تشکیل می‌گردد. این اتمها بخشی از تابش هدایت شده به درون شعله را جذب می‌کنند. بر اساس رابطه بیر مقدار جذب شده تابش متناسب با غلظت عنصر مورد جستجو در نمونه است. سپس شعاع نوری باقیمانده از درون یک تک رنگ کننده می‌گذرد و نورهای بیگانه بدست آمده از شعله از آن حذف و در پایان به آشکارساز و سیستم بازخوانی وارد می شود.

پیشینه تحقیق

تا حدود دهه ۶۰ میلادی بقایای گیاهی و استخوانی کشف شده از حفاریهای باستانشناسی مورد توجه باستان‌شناسان در خاور نزدیک قرار نمی گرفت و بعدها با انتشار نتایج مطالعات بر روی محوطه هایی مانند جارمو و زاوی چمی شنیدار در عراق و علی

Archive of SID

www.SID.ir

کش و تپه سبز لزوم انجام مطالعات بر روی داده های باستانی برای آگاهی یافتن از اقتصاد و معیشت جوامع پیش از تاریخ تاریخ آشکار شد (طلایی، ۱۳۸۷: ۶).

اریکسون و همکارانش میزان فلزات سنگین استخوانهای انسانی عصر باستان و معاصر سرخ‌پوستان را با آمریکای شمالی و انگلیس مقایسه کرده و بیان داشتند که میزان سرب در انسانهای معاصر به دلیل استفاده های صنعتی از سرب افزایش یافته است (Ericson, *et.al*, 1991). گنزالز و همکاران وی میزان سرب و کادمیم را در اسکلتهای ساکنان پیش از تاریخ جزایر قناری را به همراه نمونه های حال حاضر مورد مطالعه قرار دادند و بیان داشتند میزان سرب در نمونه های باستانی جزایر قناری کمتر از نمونه های حال حاضراست و آنها میزان بالای سرب در نمونه های حال حاضر را نتیجه آلودگیهای محیطی ناشی شده از معادن دانسته اند (Gonzalez *et al.*, 1999). گنزالز و همکارانش در مطالعه دیگری که بر روی استخوانهای انسانی و حیوانی پیش از تاریخ و معاصر جزیره قناری انجام دادند؛ اظهار داشتند که ارتباط قابل توجهی بین سرب و کادمیم استخوان وجود دارد و سرب در استخوانهای انسانی و حیوانی عصر حاضر جزیره قناری، بیشتر از گذشته بوده است (Gonzalez, *et al*, 2003).

تد و همکارانش میزان سرب استخوان درشت نی را با دو تکنیک AAS , XRF مورد اندازه گیری قرار دادند و اظهار داشتند که تفاوت قابل توجه در میزان سرب اندازه گیری شده بوسیله این دو تکنیک وجود ندارد (Todd, *et al*, 2002). زاپاتا و همکارانش بر روی استخوانهای دراز اسکلتهای انسانی دوره رومی قرن چهارم تا قرن ششم میلادی از یکی از مناطق ساحلی جنوب شرق اسپانیا به تجزیه عنصری پرداخته و میزان سرب زیادی را گزارش می دهند. آنها این میزان زیاد سرب در اسکلتهای انسانی را بازتابی از وجود سرب در آبهای آشامیدنی ساکنان محوطه مورد مطالعه در طول دوره زندگی می دانند (Zapata, *et al.*, 2006). جورکیویچ حجم فلزات سنگین را در استخوانهای ساکنان لهستان جنوبی و میانی مطالعه کرد. او نیز دلیل بالا بودن میزان سرب در نمونه های مطالعاتی را در نتیجه استفاده از آب چشمه توسط مردمان این ناحیه می داند (Jurkiewicz, *et al.*, 2004).

خادمی ندوشن از پیشگامان مطالعات استخوانهای باستانی در سالهای اخیر در ایران است (خادمی ندوشن، ۱۳۸۶). از جمله محققان دیگری که در سالهای اخیر به مطالعات استخوان شناسی پرداختند؛ می توان به مهندسان اشاره نمود که DNA باستانی در اسکلتهای به دست آمده از محوطه باستانی مسجد کبود تبریز را مورد مطالعه قرار داد (مهندسان، ۱۳۸۳). نمونه دیگر در ارتباط با مطالعه کاربرد استخوان در پژوهش های باستان‌شناسی توسط خادمی ندوشن انجام شده است (خادمی ندوشن، ۱۳۸۶). از کارهای دیگر در این زمینه می توان به مطالعات عزیزی پور اشاره نمود که بررسی دیرینه تغذیه شناسی ساکنان محوطه های باستانی ایران در دوران تاریخی و آغاز تاریخی پرداخت (عزیزی پور، ۱۳۸۷؛ عزیزی پور و دیگران، ۱۳۸۹) و نیز می توان به تحقیقات مسجدی اشاره کرد که ترکیبات شیمیایی استخوان های باستانی را از دوره نوسنگی تا حال حاضر مورد مطالعه قرار داد (مسجدی خاک، ۱۳۸۸).

بنابراین مطالعه سرب در استخوانها و دندانهای باقی مانده از گذشته می تواند اطلاعات ارزشمندی در رابطه با وضعیت زیست محیطی جوامع باستانی در اختیار ما قرار بدهد. مطالعه حاضر پژوهش جدیدی است که در زمینه مطالعه سرب در دندانهای باستانی صورت گرفته است.

موقعیت جغرافیایی محوطه

محوطه باستانی گوهر تپه رستمکلا با ۵۰ هکتار وسعت در طول و عرض جغرافیایی ۰۷ ۲۴ ۵۳ شرقی و ۴۲ ۴۰ ۳۶ شمالی، در بین شهرهای نکا و بهشهر در شرق استان مازندران واقع شده است (Soltysiak & Mahfroozi, 2007) (تصویر۱-۱). بخش شمالی دشتی که گوهر تپه در آن واقع است رسوبی و قسمت جنوبی دشت نیز با پوشش جنگلی و کوهستان سرسبز قرار گرفته است. بزرگترین و نزدیکترین رود دائمی منطقه رودخانه نکا است و همچنین رودخانه های بسیاری در حد فاصل رودخانه نکا و رودخانه تجن جاری هستند (ماهفروزی، ۱۳۸۶: ۳۵۰).

کاوشهای باستان‌شناختی گوهر تپه

عسکری صاحب کتاب اشرف البلاد نام این تپه را در کتابش

Archive of SID

www.SID.ir

آورده است (عسکری، ۱۳۵۰: ۴۳۲). ستوده صاحب کتاب از آستارا تا استرآباد، از یافته های سنگی بدست آمده از حفاری غیر مجاز در این محوطه خبر داده است (ستوده، ۱۳۶۶: ۶۸۸).

محوطه باستانی گوهر تپه یکی از بزرگترین محوطه های دوره مفرغ حوزه جنوب و جنوب شرق دریای مازندران است و بیشتر مطالعات صورت گرفته در این محوطه بر اساس مقایسه و مطالعات تطبیقی بوده و تاریخ گذاری مطلق در آن به شکل منسجم انجام نشده است (ماهفروزی، ۱۳۸۹: ۲۵). این محوطه از سال ۷۹ تا کنون به مدت ۷ فصل مطالعه و ۵ فصل کاوش شده است. دوره های استقرار در این محوطه شامل سه دوره کلکولتیک، مفرغ و آهن می شود (ماهفروزی، ۱۳۸۶: ۳۵۱). از جمله یافته های این محوطه آثار معماری، تدفین، سفال، پیکرکهای انسانی و حیوانی، صنایع سنگی، سنگ آهن، سرباره،کوره های صنعتی، جایگاه تصفیه ذوب فلزات، استخوانهای انسانی، حیوانی و دانه های گیاهی است (ماهفروزی، ۱۳۸۶: ۳۵۲).

روش تحقیق (مواد و روشها)

در این پژوهش ۹ نمونه دندان از محوطه باستانی گوهر تپه (عصر برنز) جهت انجام مطالعات، با استفاده از دستگاه طیف بینی جذب اتمی در آزمایشگاه دانشکده پزشکی دانشگاه تربیت مدرس مورد آزمایش قرار گرفت.

نمونه های مورد مطالعه به طور تصادفی و بدون توجه به سن و جنس انتخاب شدند. در این روش نمونه را به صورت پودر در آورده، سپس یک گرم از نمونه را در ده گرم اسید نیتریک حل کرده و این یک گرم را در کوره ۷۰۰ درجه به صورت خاکستر در آمده و به مدت ۱۲ ساعت در دمای ۷۰۰ درجه قرار داده و خاکستر حاصله با اسید نیتریک رقیق شده به نسبت ۱به ۱ به حجم ۱۰cc رسانده شد.

نتایج و بحث

میزان غلظت ترکیبات شیمیایی موجود در استخوان تحت تأثیر عوامل گوناگونی چون رژیم غذایی و وضعیت زیست محیطی قرار دارد (Nowak & Chmielnicka, 2000). فلزات سنگین همچون سرب به دلایل مختلف و با درجات مختلف در استخوان تجمع می یابند. سرب بطور طبیعی درون اتمسفر بوسیله استفاده از بنزینهای سرب دار تولید می شود و سپس بوسیله ته نشین شدن در محصولات گیاهی و استنشاق گرد و خاک وارد زنجیره غذایی می شود. سرب تنها به صورت یک آلودگی در بدن وجود دارد (Ericson *et al.*, 1991). استخوانها بزرگترین انبار بدن برای ذخیره سرب هستند (Todd *et al.*, 2002). سرب همچنین ممکن است با سموم محیطی از نواحی صنعتی دیده شود. از سوی دیگر آستانه طبیعی برخی فلزات همچون مس یا سرب با کشف فلزات شروع به افزایش کرده و بنابراین دلیل بالا بودن فلزاتی همچون سرب یا مس می تواند وجود معادن در منطقه باشد (Jurkiewicz, *et al.*, 2004).

نمودار ۱ میزان بالایی از سرب را درمیان ساکنان عصر برنز گوهر تپه (۱۸.۰۰± ۳.۵۶ ppm) نشان می دهد. فلزکاری و استفاده از ظروف و اشیاء فلزی توسط ساکنین محوطه می تواند از دلایل بالا بودن سرب در استخوان‌های ساکنین گوهر تپه باشد زیرا با پختن غذا، بکار بردن اشیای فلزی (بویژه آلیاژهایی که سرب در آن وجود دارد) در طی مراحل آماده سازی غذا، غلظت این عنصر سمی در بدن افزایش می یابد. با توجه به مطالعات زاپاتا و جورکیویچ که نشان دادند آلودگی سرب در استخوانهای باستانی ناشی از وجود سرب در منابع آب مورد استفاده آن مردم بوده (Jurkiewicz *et al.*, 2004; Zapata *et al.*, 2006)، این فرض را نیز می توان برای مردم باستانی گوهر تپه صادق دانست (تائید این موضوع نیازمند انجام مطالعات پیرامون منابع آب اطراف گوهر تپه است).

از عوامل دیگری که موجب بالا رفتن میانگین سرب در بدن می شود نوع رژیم غذایی ساکنان این محوطه است. سبزیجات ، غلات و میوه ها دارای مقادیری از سرب هستند(Jurkiewicz *et al.*, 2004, Fleming, 2007).

برآیند

ترکیبات شیمیایی استخوان برخواسته از نظام معیشتی و زیست محیطی ادوار مختلف گذشته بشر می باشد، بنابراین نظام معیشتی و زیست محیطی می‌تواند ترکیبات استخوان‌های ادوار مختلف

Archive of SID

www.SID.ir

باستانی را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد.

امروزه آلودگی محیطی در نتیجه فلزات سنگین یک موضوع مهم در بسیاری از کشورهاست و دندانها نشانه های خوبی از وجود آلودگی محیطی را فراهم می‌کنند. در این مطالعه برای مشخص کردن سطح سرب، نمونه های دندانی انسانهای عصر برنز گوهر تپه مورد آزمایش قرار گرفت. با توجه به فقدان یک معیار جهانی در ارتباط با میانگین سرب موجود در اسکلتهای باستانی، اساس کار ما در این مطالعه بر پایه مقایسه ای است که با دیگر مناطق صورت می گیرد.

نتایج بدست آمده میزان نسبتاً بالایی از سرب را در محوطه گوهر تپه نشان داد(۱۸.۰۰± ۳.۵۶ ppm). غلظت بالای سرب در این محوطه، تحت تأثیر محیط زندگی و نحوه معیشت ساکنان این محوطه بوده است. بنابراین سطح بالای سرب از یک سوگویای آلودگیهای محیطی در نتیجه استفاده از ظروف و اشیاء فلزی توسط ساکنین این محوطه است و از سوی دیگر تحت تأثیر رژیم غذایی ساکنین و نوع آبهای آشامیدنی بوده است که ساکنین این محوطه استفاده می کرده اند.

منابع

الف) فارسی

حبیبی، مسعود، ۱۳۷۸، بررسی میزان سرب موجود در خاک و نباتات حاشیه جاده سراسری مازندران (بهشهر-آمل)، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.

خادمی ندوشن، فرهنگ، ۱۳۸۶، کاربردهای استخوان در پژوهش های باستان شناسی، مجموعه مقالات نخستین همایش منطقه ای باستان استخوان شناسی، دانشگاه آزاد واحد میانه، ص۱-۹.

ستوده، منوچهر، ۱۳۶۶، از آستارا تا استرآباد، انتشارات انجمن آثار علمی.

عسکری، علی بابا، ۱۳۵۰، اشرف البلاد، تهران.

عزیزی پور، طاهره، ۱۳۸۷، بررسی دیرینه تغذیه شناسی ساکنان محوطه های باستانی ایران در دوران تاریخی و آغاز تاریخی با استفاده از دستگاه XRF. پایان نامه دکتری، دانشگاه آزاد واحد تهران مرکز.

عزیزی پور، طاهره، میرفتاح، سید علی اصغر، سبزی، موسی، ۱۳۸۹، ارزیابی الگوی معیشتی ساکنان محوطه ولیران دماوند بر اساس میزان استرانسیوم در دندانهای باستانی، پیام باستان‌شناس، مجله علمی - پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ابهر، سال هفتم، شماره سیزدهم، صص ۱۰۶-۱۰۱.

طلایی، حسن،۱۳۸۷، عصر آهن ایران، انتشارات سمت، تهران.

مسجدی خاک، پرستو، ۱۳۸۸، آنالیز استخوانهای باستانی و ترکیبات آن، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.

مهندسان، المیرا، ۱۳۸۳، بررسی DNA باستانی در اسکلتهای مسجد کبود تبریز، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.

ماهفروزی؛ علی، ۱۳۸۶؛ باستانشناسی شرق مازندران با تکیه بر کاوشهای گوهر تپه، گزارشهای باستانشناسی ۷، جلد دوم، مجموعه مقالات نهمین گردهم آیی سالانه باستانشناسی ایران، ص ۳۴۹-۳۶۷.

ماهفروزی؛ علی، صفری؛ مجتبی، فاضلی نشلی؛ حسن، ۱۳۸۹، فرایند گذار از دوره مفرغ به دوره آهن در جنوب و جنوب شرق دریای مازندران با تکیه بر داده های باستان شناختی گوهر تپه بهشهر،مجموعه و خلاصه مقالات همایش ملی چشم انداز باستانشناسی شمال کشور در دهه آینده، جلد اول، ص۲۵-۳۶.

ب) غیرفارسی

Ericson. J. E., Smith, D., fiegal, R., 1991, Skeleton concentrations of lead, cadmium, zinc and silver in ancient North American pecoeIndians *Environmental Health perspectives*, Vol. 93, pp. 217-223.

Archive of SID

www.SID.ir

Gonzalez-Reimers, E., Arnay-de-la-Rosa, M., Velasco-Vazquez, J., Galindo-Martýn, L., Delgado-Ureta, E., Santolaria-Fernandez, F., 1999, Bone lead in the prehistoric population of Gran Canaria, *American Journal of human Biology*, No. 11, pp 405 – 410.

_____, Velasco-Vazquez, J., Arnay-de-la-Rosa, M., Alberto-Barroso, V., Galindo-Martýn, L., Santolaria-Fernandez, F., 2003, Bone cadmium and lead in prehistoric inhabitants and domestic animals from Gran Canaria, *The science of the total Environmental*, No. 301, pp 97-103.

Hugo, B., Luna, S., Herms, W., Decampos, c., 2004, Determination of lead in bone by electrothermal atomic absorption spectrometry with Zeeman Effect background correction, *Journal of the Brazilian Chemical Society*, Vol.15 no.4 São Paulo, pp 487-490.

Jurkiewicz, A., Wiechu, D., Nowak, R., Gazdzik,T & Loska, K., 2004, *metal content in femoral head spongious bone of people living regions of different degrees of environmental pollution in southern and middle Poland*, pp 95-101.

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. Issue 3, pp. 265-274.

Fleming, D., 2oo7, evidence for lead diagenesis in ancient bones of the southern Andes, Nuclear instrument and methods in physics research, BXX, toxic elements, *Brazilian Journal of Plant Physiology*, londrina, volume 17, pp. 79-93.

Silva.A., Barrocas. P, Jacob.S, Moreira. J.C, 2005, Dietary intake and health effects of selected toxic elements, *Brazilian Journal of Plant Physiology*, londrina volume 17, pp. 79-93.

Soltysiak, A., Mahforouzi, A., 2007. Gohar Tepe and Goldar Tepe (Iran) seasons 2006-2007. *Bioarchaeology of Near East*, Vol. 2, pp 71-77.

Todd, A, C., patric, J, p., carroll, S., Geraghty, C., khan, F, A., Tang, Sh., Moshier, E, L., 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*, New York, No. 47, pp. 673-687.

Vandecasteele, C., Block, B, C., 1995, modern methods for trace elements determination, chapter 5 Atomic absorption spectrometry, *library of congress cataloging-in- publication Data*, pp. 95-101.

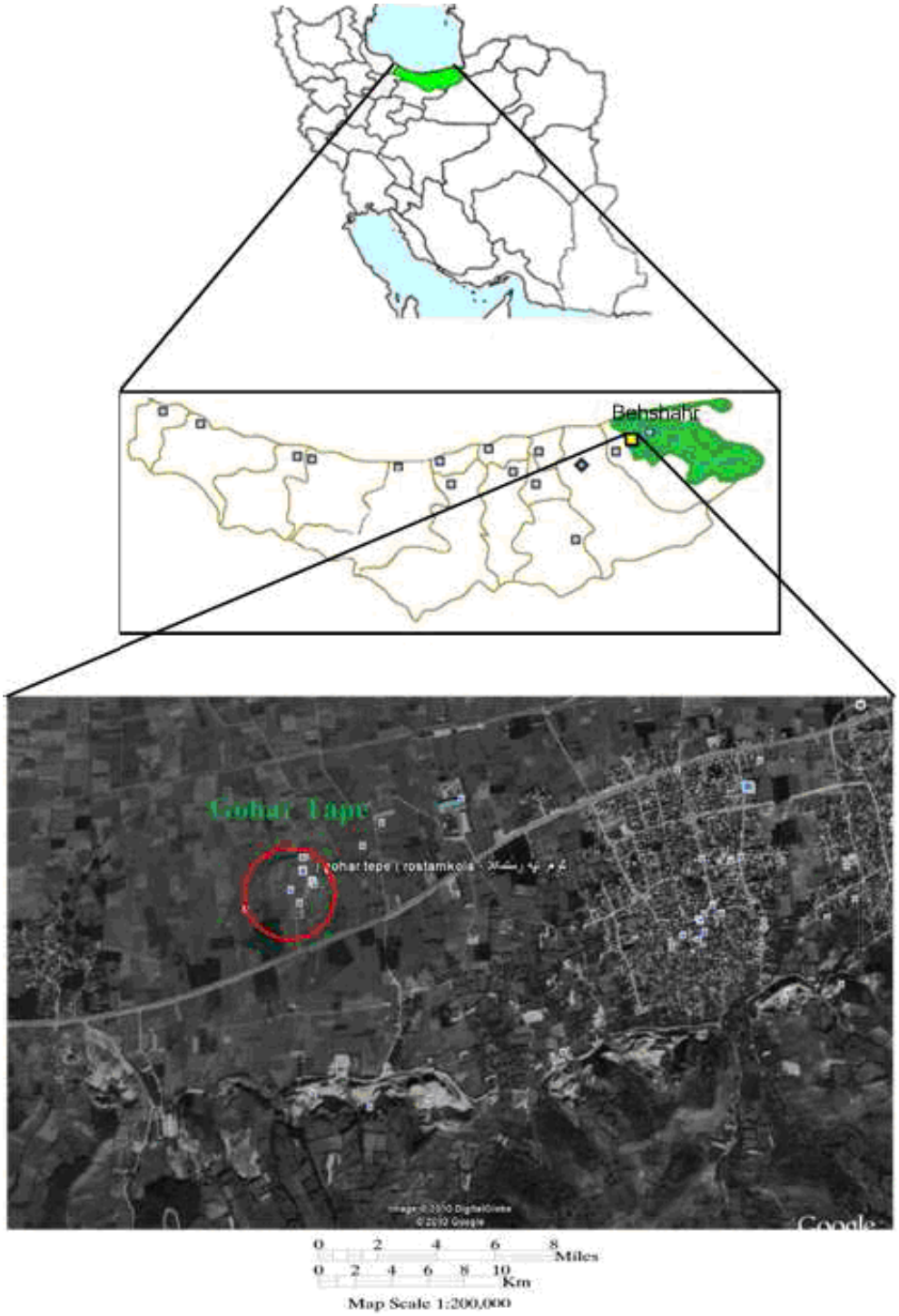
Wittmers, L., Wallgren, J., Aufderheide, A., and Rapp, G., 1988, Lead in bone, distribution of lead in the human skeleton, *Arch. Environ. Health*, No 43, pp. 381-391.

Zapata, J., Pérez-Sirvent, C., Martínez-Sánchez, MJ., Tovar, P., 2006, Diagenesis, not Biogenesis: Two Late Roman Skeletal Examples, *Science of the Total Environment*, PP 357-368.

Archive of SID

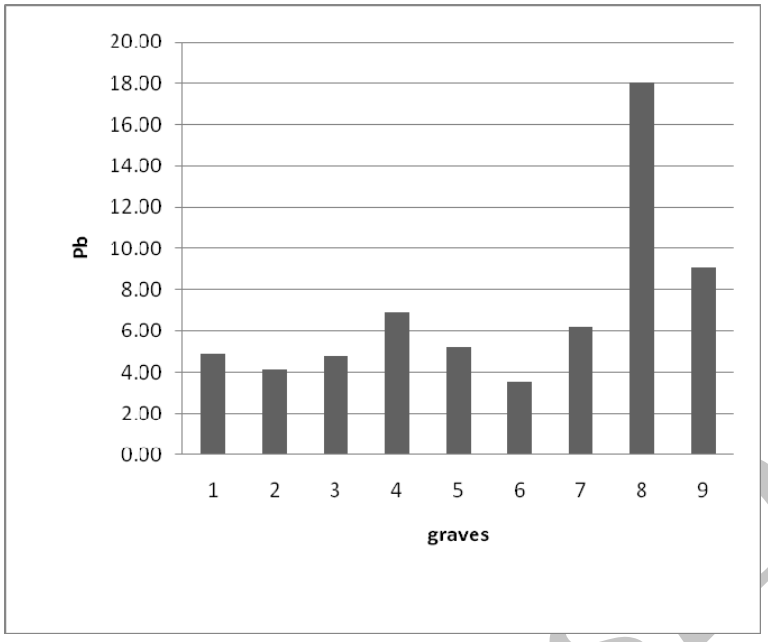
www.SID.ir

تصاویر



تصویر۱-۱ موقعیت جغرافیایی گوهرتپه.

www.SID.ir



نمودار۱-۱: غلظت سرب محوطه گوهرتپه(میلی گرم در لیتر).

Archive of SID

www.SID.ir