

آنالیز ایزوتوپ‌های پایدار استرانسیوم و تعیین افراد بومی یا غیربومی در گورستان‌های باستانی، مطالعه موردی: گورستان عصر آهن محوطه باستانی گوهرتپه

فهیمة شیخ شعاعی

دانشجوی دکتری باستان‌شناسی، دانشگاه تهران

کمال‌الدین نیکنامی*

استاد گروه باستان‌شناسی، دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۱/۱۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۰/۲۰

چکیده

امروزه آنالیزهای ایزوتوپی، راه گشای بسیاری از مسائل مهم مطرح در باستان‌شناسی و انسان‌شناسی است از جمله، بازسازی رژیم‌های غذایی گذشته، ترسیم رد پای مهاجرت‌های باستانی، بررسی و شناسایی تغییرات آب و هوایی مناطق باستانی و ... گوهرتپه جزو مناطق مستعد پاسخگو به سؤالات متعدد در مورد تحولات فرهنگی و اجتماعی عصر آهن شمال ایران است. این برهه زمانی در مناطق شمالی فلات ایران، با ظهور جوامع متعددی بدون هیچ‌گونه پیشینه فرهنگی، در قالب قبرستان‌های بدون ارتباط با محل سکونت، روبرو است؛ که هم‌زمان با تحولات سیاسی، اقتصادی و فرهنگی ناشی از جابجایی اقوام مختلف است. به‌طور خاص، شناسایی خاستگاه جغرافیایی افراد مدفون در این قبرستان‌ها می‌تواند کمک شایانی در شناسایی جنبه‌های گوناگون این تحولات باشد. پژوهش در این موضوع خاص، در گذشته تنها با روش سنتی بررسی مدارک معماری و مصنوعات، به‌عنوان نمایندگانی از حرکت و مهاجرت جوامع، صورت می‌گرفت ولی موفق به تهیه همه اطلاعات لازم برای فهم کامل مهاجرت‌های باستانی و تاریخی فردی یا گروهی انسانی نمی‌شد. پژوهش حاضر، با روش آنالیز ایزوتوپ‌های پایدار استرانسیوم $^{87}Sr/^{86}Sr$ بر روی نمونه‌های دندان یازده اسکلت از اسکلت‌های قبرستان عصر آهن محوطه باستانی گوهرتپه، سعی در تعیین بومی و یا غیربومی بودن این اسکلت‌ها دارد. نتایج آنالیز ایزوتوپ‌های پایدار نشان می‌دهد که از کل نمونه‌ها، پنج نمونه غیربومی و شش نمونه دیگر بومی هستند.

واژه‌های کلیدی: آنالیز ایزوتوپ‌های پایدار، ایزوتوپ استرانسیوم، محوطه باستانی گوهرتپه، عصر آهن، دندان انسان

۱. مقدمه

شناسایی خاستگاه جغرافیایی افراد مدفون در یک محوطه مسکونی یا قبرستان باستانی، در یک منطقه زمین‌شناسی، باعث ایجاد داده‌های جدیدی است که از طریق آن به ارزیابی مدل‌های مهاجرت، تغییر فرهنگ، استعمار و تجارت پرداخته می‌شود. پژوهش‌های مرتبط با دیرینه مهاجرت شناسی از دیرباز با روش‌های تحلیلی متفاوتی انجام می‌شود. برای مثال با بررسی مدارک معماری و مصنوعات به‌عنوان نمایندگانی از حرکت و مهاجرت جوامع، این‌گونه پژوهش‌ها صورت می‌گرفت. اما از آنجائی که هیچ‌کدام از این روش‌ها موفق به تهیه همه اطلاعات لازم برای فهم کامل مهاجرت‌های باستانی فردی یا گروهی نشدند، طی دهه‌های اخیر تحول جدیدی در این زمینه پژوهشی، با انجام آنالیزهای ایزوتوپی زمین‌شیمی زیستی^۱ فراهم شده است (Slovak & Paytan, 2011). مهم‌ترین این ایزوتوپ‌ها کربن، نیتروژن، اکسیژن و استرانسیوم است که با آنالیز آن‌ها می‌توان به سؤالات بسیاری در خصوص آب‌وهوای زمان باستان، تغذیه و اقتصاد زیستی و نیز جابجایی‌ها و مهاجرت‌های گروه‌های انسانی گذشته پرداخت (Brown and Brown, 2011).

بر اساس اصول زمین‌شیمی، نسبت $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ موجود در استخوان و دندان انسان‌ها می‌تواند به‌منظور مطالعه جنبه‌های مختلفی از رفتار انسان باستان، از جمله مهاجرت، مورد استفاده قرار گیرد. استرانسیوم در طول زنجیر مواد غذایی، جایگزین کلسیم می‌شود و در ساختار بلوری هیدروکسی آپاتیت در مینای دندان و استخوان انسان ته‌نشین و ذخیره می‌شود. نهایتاً سنجش نسبت $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ در بافت اسکلتی انسان، ترکیب نسبت $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ آب، گیاهان و حیوانات مصرف‌شده را منعکس می‌کند، که آن‌ها نیز به‌نوبه خود نسبت $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ تخته‌سنگ بستر در یک منطقه معین را منعکس می‌سازند (Ericson, 1985; Comar et al., 1957 a&b).

البته قبل از اینکه باستان‌شناسان این روش را کشف کنند، بوم‌شناسان برای ترسیم حرکت (تغییر مکان) جغرافیایی، ایزوتوپ‌های استرانسیوم را از مواد محیطی و نمونه‌های قطعی معین اندازه‌گیری کرده بودند (Aberg, 1995; Blum et al, 2000; Chamberlain et al, 1997; Gosz et al, 1983; Koch et al., 1992). در سال ۱۹۸۵، اریکسون با پیشنهاد اینکه ایزوتوپ‌های استرانسیوم موجود در دندان‌ها و اسکلت‌های باستانی انسان قابل‌اندازه‌گیری‌اند، این روش را به باستان‌شناسان معرفی کرد (Ericson, 1985). این روش همچنین برای تعیین منشأ صنایع‌دستی، مصالح ساختمانی باستانی، مواد غذایی و همین‌طور در ردیابی منشأ و الگوهای مهاجرت حیوانات پیش‌ازتاریخی بکار می‌رود (Slovak & Paytan, 2011).

مطالعات جابجایی‌های گروه‌های انسانی بر مطالعه مینای دندان استوار است، چراکه این امکان را می‌دهد که نسبت‌های ایزوتوپی محل تولد را اندازه گرفت (۱). اصولاً بین نسبت ایزوتوپ استرانسیوم به‌دست‌آمده از اسکلت‌های باستانی (معمولاً مینای دندان) با محیط‌زیست شیمیایی‌ای که مردم در آن می‌زیستند، ارتباط وجود دارد. البته این چیزی بیشتر از یک هم‌ارز سازی ساده نسبت‌ایزوتوپ استرانسیوم موجود در بستر محلی، با نسبت موجود در اسکلت یک شخص است. نسبت ایزوتوپ استرانسیوم ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) در واقع یک شماره است، که در بهترین حالت با پنج رقم اعشار بیان می‌شود، که میانگینی از همه استرانسیوم موجود در نمونه را منعکس می‌کند. در مورد یک اسکلت، هر اتم استرانسیوم، از میان مراحل متفاوت زیادی جابجا می‌شود: ابتدا

¹ Isotopic Biogeochemistry Analysis

شاید از یک ذوب جزئی ماگما (خمیر مواد معدنی یا آلی)، به درون ماده معدنی یک صخره آتشفشانی وارد می‌شود و از آنجا می‌تواند زنجیره‌وار به درون یک رودخانه، یک خاک و یک شاخه گیاه وارد شود. البته در این چرخه زیستی عنصر استرانسیوم، تکرار نیز صورت می‌گیرد و این عنصر از درون یک شاخه گیاه دوباره به درون خاک برمی‌گردد (تجزیه می‌شود) و از آنجا دوباره به درون برگ یک گیاه، و سپس به بدن یک علفخوار و نهایتاً داخل یک وعده غذایی انسان وارد بدن انسان می‌شود (۲). درون بافت اسکلتی شخص، اتم‌هایی از استرانسیوم که راه‌های متفاوتی را پیموده، جذب می‌شوند: برخی از یک منبع متفاوت، مثل ماده معدنی یک صخره متفاوت، اقیانوس یا حتی نزولات آسمانی. بعد از قرن‌ها یا میلیون‌ها سال تدفین یک انسان در زیر زمین، استرانسیوم نهایتاً در آزمایشگاه امروزی دوباره از ماده معدنی استخوان آزاد می‌شود و توسط یک دستگاه طیف‌سنج جرمی محاسبه می‌شود (Bentley, 2006).

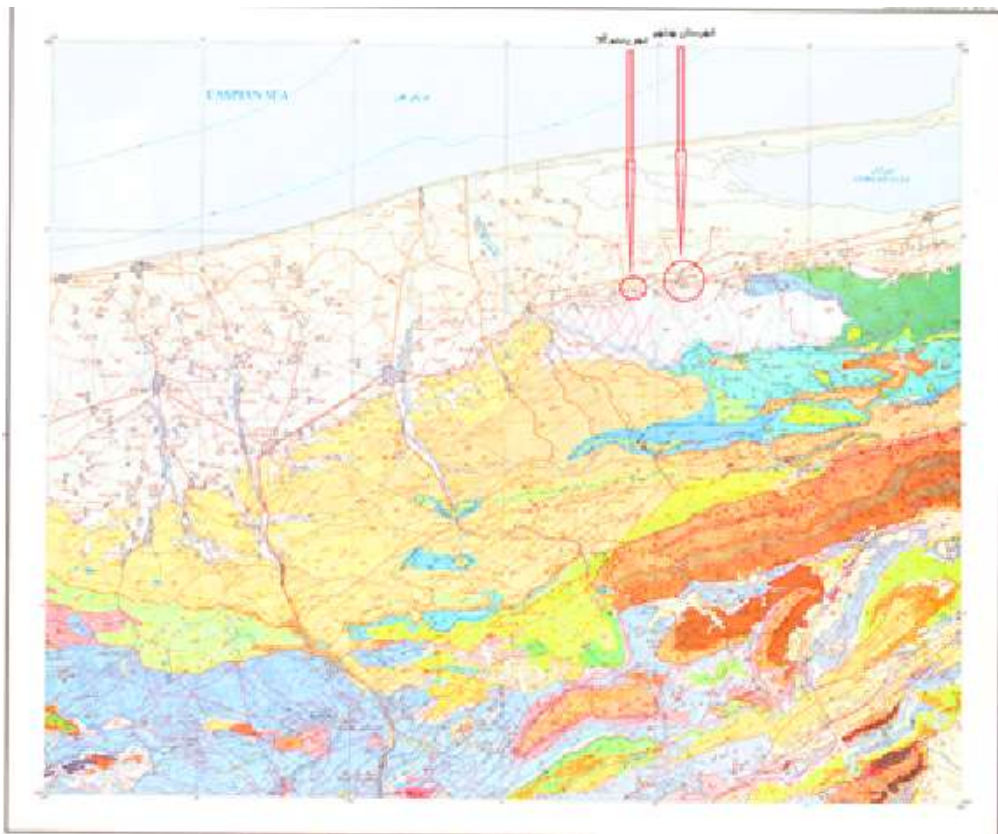
طبق گفته اریکسون در سال ۱۹۸۵، توانایی ردیابی مهاجرت به‌وسیله نسبت $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ در بافت انسان، توسط سه عامل محدود شده است: اولاً، باید بین نواحی مسکونی متفاوتی که مورد مطالعه قرار دارند، تنوع زمین‌شناسی کافی وجود داشته باشد به‌طوری‌که تنوع‌های موجود در نسبت $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ قابل‌شناسایی باشد. ثانیاً، اگر ساکنان مناطق ساحلی فقط بر مصرف منابع غذایی دریایی تکیه داشته باشند. آنالیزهای ایزوتوپ پرتوزای استرانسیوم ممکن است نتواند در ردیابی تغییر مکان بین نواحی ساحلی مؤثر باشد، در چنین مواردی، نسبت $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ اشخاص نسبت $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ دریایی را ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.709$, Veizer 1989) با میل بیشتری به‌جای نسبت $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ زمینی منعکس خواهد کرد. ثالثاً، در صورتی‌که بتوان وابستگی به غذاهای وارداتی را رد کرد یا غیرمحمتمل دانست، نسبت $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ به‌دست‌آمده از میان جوامع انسانی می‌تواند به‌عنوان نشانگرهای صحیحی از مهاجرت پیش‌از تاریخ باشد. بنابراین یک توجه به کل جذب (ورودی) رژیم غذایی در زمان تفسیر نتایج $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ضروری است.

۲. محوطه باستانی گوهر تپه

محوطه باستانی وسیع گوهر تپه، تقریباً در ۵ کیلومتری غرب بهشهر ($36^{\circ} 40' 42'' N 53^{\circ} 24' 07'' E$) و ۲ کیلومتری شمال غرب شهر رستم کلا در استان مازندران، واقع شده است. در طی دوره برنز میانی زیستگاهی در حدود ۵۰ هکتار بوده، اما در دوره برنز متأخر، این محوطه متروکه شده و مجدداً در دوره آهن II و III به‌عنوان قبرستان مورد استفاده قرار می‌گیرد (Soltysiak and Mahfroofzi, 2008). به لحاظ جغرافیایی، محوطه گوهر تپه در دشت حاصلخیز مازندران واقع شده است. به‌طور کلی می‌توان گفت، بین دریای خزر در شمال و دامنه‌های رشته‌کوه‌های البرز در جنوب، نوار باریک حاصلخیزی وجود دارد. وسیع‌ترین بخش آن در نزدیکی ساری حدود ۳۰ کیلومتر به سمت غرب بوده و عرض آن در نزدیکی گوهر تپه فقط ۶-۷ کیلومتر می‌باشد. با توجه به توصیف بالا، ساحل دریا به این محوطه باستانی بسیار نزدیک است.

گفتیم که یکی از مهم‌ترین پیش‌نیازهای مطالعه مهاجرت با روش آنالیز ایزوتوپ‌های استرانسیوم این است که منطقه مورد مطالعه دارای تنوع زمین‌شناسی کافی باشد چراکه نسبت ایزوتوپ‌های استرانسیوم در مناطقی که از لحاظ زمین‌شناسی یکسان هستند تفاوت قابل‌توجهی نشان نمی‌دهد (Ericson, 1985; Price et al., 2002). به همین منظور لازم است پیش از انجام آنالیزها، مطالعات زمین‌شناختی کافی در خصوص منطقه

مورد مطالعه انجام شود. همان‌طور که در نقشه زیر (۳) دیده می‌شود، شهر مازندران در منطقه وسیعی از رسوبات کواترنری شامل رسوبات آبرفتی، رسوبات مخروط افکنه‌ای، نهشت‌های چشمه‌ای، عمدتاً تراورتن، رسوبات دانه‌ریز و کانی‌های رسی، ماسه‌های خط ساحلی و رسوبات رودخانه‌ای قرار گرفته است. این در حالی است که در اطراف منطقه رسوبات پلیوسن و میوسن شامل کنگلومرا، ماسه‌سنگ‌آهکی، سنگ‌آهک ماسه‌ای، ماسه‌سنگ قرمز رنگ و دیده می‌شود که به‌خوبی از منطقه وسیع کواترنری قابل تفکیک است و در نقشه بارنگ‌های متفاوت نشان داده شده است. با توجه به این بررسی زمین‌شناسی می‌توان گفت که منطقه دشت مازندران از یک‌سو دارای ویژگی همسان بودن و همگنی خاصی است و از سوی دیگر از مناطق هم‌جوار اطرافش به‌خوبی قابل تفکیک است و از آنجایی که تفاوت‌های زمین‌شناختی مستقیماً بر روی نسبت $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ تأثیر می‌گذارند (Faure, 1986). در نتیجه می‌توان محوطه‌های باستانی این مناطق را با روش آنالیز ایزوتوپی استرانسیوم مورد مطالعه قرار داد.



شکل ۱: نقشه زمین‌شناسی دشت مازندران و مناطق اطراف (شهرستان بهشهر، شهر رستم کلاً مشخص شده‌اند) (www.gci.ir)

۳. مواد و روش‌ها

در این پژوهش، تعداد ۱۱ عدد نمونه دندان از یازده اسکلت قبرستان عصر آهن گوهر تپه، توسط کاوشگر این محوطه پیش‌تر انتخاب و برداشت شده بود که برای انجام پژوهش حاضر استفاده گردید. ظاهراً انتخاب این نمونه‌ها بر اساس اسکلت‌های بالغی انجام شده که نمونه‌های دندانی برجای مانده آن‌ها سالم بود. کانتکست این نمونه‌ها از ترانسه‌هایی که برداشت شده اند به همراه مشخصات نمونه‌های دندان مورد مطالعه در جدول ۱

نشان داده شده است. این مشخصات، طبق گزارش‌های انسان‌شناسی منتشر شده جمع آوری شده اند. همان‌طور که بیان شد نمونه‌های مورد آزمایش در این پژوهش، فقط شامل نمونه‌های دندانی است و این نمونه‌ها اکثراً از یک نوع نمونه دندانی مشابه انتخاب شده‌اند.

جدول ۱: نمونه‌های مورد مطالعه (ماه‌فروزی، ۱۳۸۴)

منبع	جنسیت	کد ترانسه	کد نمونه	ردیف
فروزانفر، ۱۳۸۴	زن	<i>F: 32 AI2XX,</i>	<i>K</i>	۱
فروزانفر، ۱۳۸۴	زن	<i>AI2XXI, F: 28</i>	<i>L</i>	۲
فروزانفر، ۱۳۸۴	مرد	<i>AH2XX, F: 16</i>	<i>M</i>	۳
-	نامشخص	<i>T.T.M, SK. 4</i>	<i>N</i>	۴
فروزانفر، ۱۳۸۴	زن	<i>AI2XX, F: 34</i>	<i>O</i>	۵
فروزانفر، ۱۳۸۴	زن	<i>AH2XXI, F: 24</i>	<i>P</i>	۶
-	نامشخص	<i>AH2XX II, F: 32</i>	<i>Q</i>	۷
-	نامشخص	<i>AH2XXJ, F: 14</i>	<i>R</i>	۸
فروزانفر، ۱۳۸۴	زن	<i>F: 33 AH2XX,</i>	<i>S</i>	۹
فروزانفر، ۱۳۸۴	مرد	<i>AH2XXI, F: 23</i>	<i>T</i>	۱۰
-	نامشخص	<i>AL2XX?, F: 7</i>	<i>X</i>	۱۱

۳-۱. آماده‌سازی نمونه‌ها و استخراج مینا

تمیز و آماده کردن اولیه نمونه‌های دندان با آب مقطر و یک برس نرم انجام شد که منجر به برداشتن خاک و آلودگی‌های اولیه از سطح این نمونه‌های دندانی گردید. پس از عکاسی نمونه‌ها، عمل جمع‌آوری نمونه "مینای دندان" برای آنالیز ایزوتوپ استرانسیوم، انجام شد. سطح مینای دندان انتخاب شده برای نمونه‌گیری، توسط ابزار *Dremel* یا مته دندان‌سازی، ساییده شد. این کار برای حذف مواد چسبیده و پاک کردن سطح مینای دندان است که معمولاً در معرض تغییرات دیاژنزی است (Hillson, 1996). سپس نمونه‌های مینای دندان به حالت پودر درآمد و برای ورود به دستگاه آنالیز کننده آماده شد.

۳-۲. روش کار و دستگاه آنالیز کننده

روش اسپکترومتری جرمی با پلاسمای جفت شده القائی (*ICP-MS*) یکی از حساس‌ترین روش‌های آنالیز چند عنصری است که برای اندازه‌گیری‌های کمی مقادیر بسیار جزئی و همچنین فراوانی ایزوتوپی عناصر مختلف به‌طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش یکی از تکنیک‌های طیف‌سنجی جرمی اتمی محسوب می‌شود که در آن پلاسمای القائی آرگون به‌عنوان منبع تولید یون دستگاه طیف‌سنج جرم عمل می‌کند. در این روش باریکه‌ای از یون‌های مثبت که در *ICP* تولید می‌شوند، به داخل اسپکترومتر جرمی کشیده شده و پس از جداسازی بر اساس نسبت جرم به بار اندازه‌گیری می‌شوند. طیف‌های تولید شده بدین طریق غالباً توسط یک استاندارد درونی و بر اساس منحنی‌های درجه‌بندی برای اندازه‌گیری‌های کمی به‌کاربرده می‌شوند. این تکنیک از اوایل مهر و موم‌های دهه ۱۹۸۰ شروع به گسترش کرد. دلایل گسترش این تکنیک حدود آشکار-

سازی بسیار پایین برای اکثر عناصر، گزینش پذیری بالا، قابلیت شناسایی و اندازه‌گیری هم‌زمان چندین عنصر، دقت و صحت خوب و توانایی اندازه‌گیری نسبت ایزوتوپ‌های یک عنصر می‌باشد.

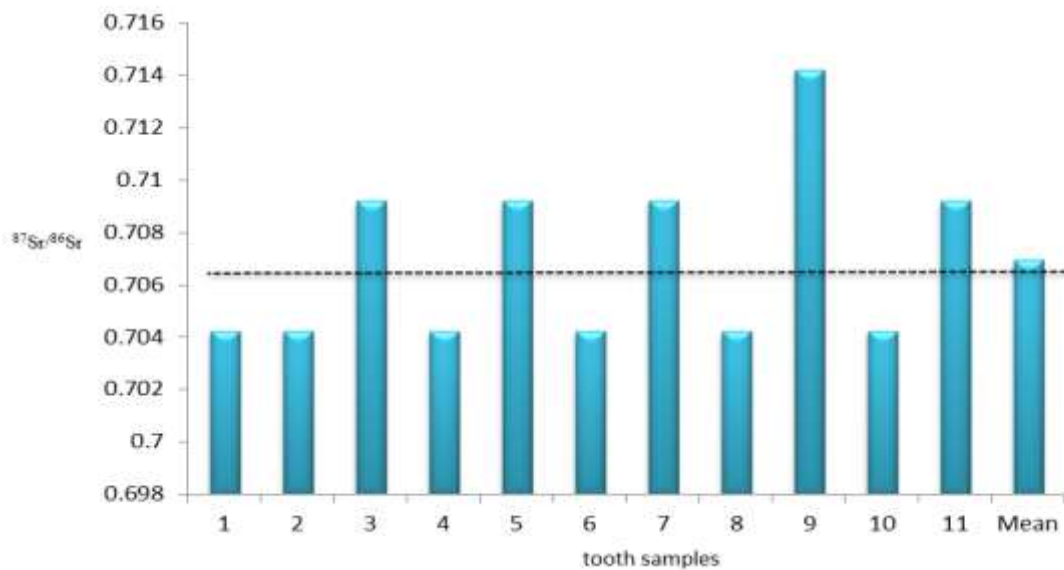
در *ICP-MS* یک محیط واسط بین پلاسما با فشار محیط و طیف‌سنج جرمی با فشار کمتر از ۶-۱۰ تور قرار می‌گیرد. گاز پلاسمای داغ آرگون از درون مخروط نمونه‌برداری که یک مخروط نیکی با آب سرد شده با یک منفذ کوچک در مرکز آن است به درون ناحیه‌ای عبور می‌کند که در فشاری برابر حدود ۱ تور به وسیله یک پمپ مکانیکی قرار دارد. در این ناحیه انبساط سریع گاز روی می‌دهد که به سرد شدن آن منجر می‌شود. روزنه دوم یا اسکیم در پتانسیل ۱۰۰۰- ولت قرار دارد که موجب جذب یون‌های مثبت و دفع الکترون‌ها می‌شود. پس از این مرحله پرتو یون‌ها وارد یک سری لنزهای الکترونیکی می‌شوند که وظیفه آن‌ها متمرکز کردن و سپس هدایت جریان یون به تجزیه‌گر جرمی می‌باشد. در تجزیه‌گر جرمی یون‌ها بر اساس نسبت جرم به بار (m/z) جداسازی می‌شوند. یون‌ها توسط آشکارساز تکثیرکننده الکترون شناسایی می‌شوند. برای تجزیه و تحلیل کمی، مقدار نرخ شمارش به دست آمده برای یون خاص با غلظت آن متناسب است. مدیریت داده‌های نهایی با یک مجموعه سیستم‌های کامپیوتری انجام می‌گیرد (اولیایی، مصاحبه‌شونده، ۱/۱۰/۱۳۹۴).

۴. نتیجه

در جدول ۲، نسبت $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ به دست آمده از نمونه‌های دندان نشان داده شده است و شکل ۲ این مقادیر را به صورت ستونی به نمایش گذاشته شده است.

جدول ۲. نسبت $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ نمونه‌های دندان

ردیف	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱
کد نمونه	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	A
نسبت $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	0.7042	0.7042	0.7092	0.7042	0.7092	0.7042	0.7092	0.7042	0.7142	0.7042	0.7092



شکل ۲. نسبت $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ نمونه‌های دندان و مقایسه آن‌ها با میانگین (خط منقطع).

اولین قدم در روش آنالیزهای ایزوتوپ استرانسیوم پرتوزا در باستان‌شناسی، تعیین نسبت $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ محلی نواحی یا محوطه‌های مورد مطالعه است. میزان وسیعی از نسبت $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ یک ناحیه را می‌توان از طریق نقشه‌های زمین‌شناسی تخمین زد و بعد، از طریق اندازه‌گیری نسبت $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ سنگ‌بستر در معرض و خاک دست‌نخورده محلی پاک‌سازی یا تصفیه کرد. با توجه به ویژگی‌های زمین‌شناختی دشت منطقه شرق مازندران (شکل ۱)، محوطه گوهر تپه در منطقه وسیعی از رسوبات جوان کواترنری واقع شده است. در سال ۲۰۱۲ پیپررت و همکارانش طی پژوهشی، مقادیر نسبت $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ را در اعماق چندگانه حوزه جنوبی دریای خزر و در میان رسوبات انباشته، اسیدلاکتیک‌ها و خرده گل‌ها، محاسبه کردند و مدرکی از آبهوای دور متأخر کواترنری و به‌نوعی میانگین زمین‌شناسی آن ناحیه را نشان دادند (۴). جدول شماره ۳ مقادیر نسبت $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ را نشان می‌دهد.

جدول ۳: مقادیر نسبت $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ نمونه‌های رسوبات انباشته، اسیدلاکتیک‌ها و خرده گل‌های اعماق مختلف خزر (Pierret et al. 2012)

U1			U2		U3			نوع نمونه
۶۵۹	۳۴۹	۱۱۹	۸۲	۵۸	۱۹	۱۷	۶	عمق به سانتی‌متر
۰,۷۱۰۷	۰,۷۱۰۴	۰,۷۱۰۱	۰,۷۰۹۱	۰,۷۰۸۹	۰,۷۰۸۴	۰,۷۰۸۶	۰,۷۰۸۴	نسبت $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$

نسبت $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ در اکثر مناطق کواترنری جهان حدود ۰/۷۰۶ و یا کمتر از آن می‌باشد (Price and Burton, 2010; Price et al., 2002; Ericson, 1985). همان‌طور که در جدول بالا مشاهده می‌شود، مقادیر به‌دست‌آمده، بالاتر از حد متعارف برای نسبت $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ در اکثر مناطق کواترنری جهان است. البته این موضوع، به علت عدم تعادلی که در برخی از پژوهش‌ها میان استرانسیوم محیط و استرانسیوم محاسبه‌شده از مینای دندان اسکلت‌های ماقبل تاریخ، دیده‌شده، بعید نیست و این موضوع می‌تواند تمایزی میان نسبت استرانسیوم زمین‌شناسی (۵) و نسبت استرانسیوم زیستی (۶) قائل شود (Bentley, 2006; Price et al., 2002). بنابراین با توجه به نسبت $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ در اکثر مناطق کواترنری جهان که در حدود ۰/۷۰۶ و یا کمتر از آن است. چنانچه در شکل ۲ دیده می‌شود، نمونه‌های شمار ۳ (کد M)، شمار ۵ (کد O)، شمار ۷ (کد Q) و شمار ۱۱ (کد X) با نسبت مشابه ۰/۷۰۹، و نمونه شمار ۹ (کد S) با نسبت ۰/۷۱۴ با تفاوت نسبتاً زیادی خارج از این محدوده قرار دارند. اما نمونه‌های شمار ۱ (کد K)، شمار ۲ (کد L)، شمار ۴ (کد N)، شمار ۶ (کد P)، شمار ۸ (کد R) و شمار ۱۰ (کد T) در داخل محدوده مذکور قرار دارند و می‌توان ادعا کرد که غیر از نمونه‌های شمار ۳، ۵، ۷، ۹ و ۱۱ مابقی نمونه‌ها بومی محسوب می‌شوند.

در ثانی، همان‌طور که در مقدمه بیان شد اگر ساکنان مناطق ساحلی فقط بر مصرف منابع غذایی دریایی تکیه داشته باشند، آنالیزهای ایزوتوپ پرتوزای استرانسیوم ممکن است نتواند در ردیابی تغییر مکان بین نواحی ساحلی مؤثر باشد، چراکه در چنین مواردی، نسبت $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ اشخاص نسبت $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ دریایی را (Veizer 1989) $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.709$ با میل بیشتری به‌جای نسبت $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ زمینی منعکس خواهد کرد. بنابراین لازم است مقدماً اشاره‌ای به مطالعات دیرینه تغذیه‌شناسی که در این محوطه انجام‌گرفته است بیندازیم: نتایج حاصل از آنالیز ایزوتوپ کربن ۱۳ و نیتروژن ۱۵، استفاده از پستانداران خشکی در رژیم غذایی

ساکنین این محوطه را تأیید می‌کند. تمرکز نسبت ایزوتوپ کربن ۱۳ در نمونه‌های مورد آزمایش که در حدود (۲۰/۲- در هزار تا ۱۹/۹- در هزار) است، حکایت از آن دارد که هیچ نشانی از استفاده گیاهان C_4 در رژیم غذایی مردم ساکن در این محوطه وجود ندارد، و گیاهان C_3 مانند امروز پوشش گیاهی غالب منطقه بوده و مورد استفاده قرار می‌گرفتند. پس به‌نوعی می‌توان گفت که از منابع غذایی بومی منطقه استفاده می‌کردند. نتایج نسبت ایزوتوپ نیتروژن ۱۵ (در حدود ۸/۷۹ در هزار تا ۱۱/۳ در هزار) می‌باشد که وجود غلغواران خشکی (گونه‌های گوسفندسانان) و گیاهان C_3 (گندم و جو) را در رژیم غذایی نشان می‌دهد. بنابراین، نتایج آنالیزهای ایزوتوپی برای محوطه گوهر تپه، رژیم غذایی‌ای بر پایه اکوسیستم‌های گیاهان C_3 زمینی را نشان می‌دهد (شیخ شعاعی و همکاران، ۱۳۹۰). نتایج $\delta^{15}N$ حاصل از داده‌های گوهر تپه، نشان از آن دارد که ساکنان این محوطه تنها از حیوانات تغذیه نمی‌کردند، چراکه نتایج مذکور برای افرادی که تنها از رژیم غذایی حیوانی استفاده می‌کردند بسیار بالاتر است. بر این اساس به نظر می‌رسد که به‌احتمال زیاد مقداری ماهی در رژیم غذایی ساکنان محوطه گوهر تپه وجود داشته است. اما باید توجه کرد که همچنین نشانی از تغذیه انحصاری از منابع دریایی در رژیم غذایی آن‌ها مشاهده نشد. فقط یکسری نشانه‌هایی از استفاده ماهی آب شیرین مشاهده می‌شود که البته آن‌هم انحصاری نبوده است (شیخ شعاعی و موسوی، ۱۳۹۶). با توجه به نزدیکی این محوطه به بزرگ‌ترین دریاچه جهان و در نتیجه ساحلی بودن آن، این احتمال پررنگ‌تر می‌شود که شاید این نتایج مصرف یک‌دست و تنها از منابع غذایی دریایی (۷) را نشان می‌دهد و در نتیجه ردیابی تغییر مکان در این محوطه باستانی غیرممکن است. اما مطالعات قبلی ما در خصوص رژیم غذایی ساکنان محوطه گوهر تپه نشان دهند این موضوع است که رژیم غذایی آن‌ها صرفاً از رژیم غذایی دریایی نبود و از منابع خشکی حیوانات زمینی و منابع گیاهی C_3 استفاده می‌کردند. بنابراین می‌توان بر اساس نتایج آنالیز ایزوتوپی کربن و نیتروژن بیان‌شده در بالا بیان کرد که نتایج به‌دست‌آمده برای نمونه‌های (۳، ۵، ۷ و ۱۱) نمی‌تواند مانعی مؤثر برای ردیابی تغییر مکان در این ناحیه باستانی ساحلی باشد. اما آنالیز ایزوتوپی (کربن و نیتروژن) نمونه‌های بیشتری از بقایای اسکلتی محوطه باستانی گوهر تپه در آینده، این موضوع را علمی و مستندتر خواهد کرد.

سومین موردی که در این بحث باید مدنظر قرار داد این موضوع است که، اگر بتوان وابستگی به غذاهای وارداتی را رد کرد یا غیرمحمتم دانست، نسبت $^{87}Sr/^{86}Sr$ به‌دست‌آمده از میان جوامع انسانی می‌تواند به‌عنوان نشانگرهای صحیحی از مهاجرت پیش‌از تاریخ باشد. در این مورد هم با توجه به مطالعات دیرینه تغذیه‌شناسی که پیش‌تر به آن اشاره شد می‌دانیم که غذای ساکنان این منطقه بر پایه مواد و منابع غذایی بومی بوده است و نشانی از ورودی منابع غذایی غیربومی وجود ندارد. چراکه همان‌طور که بیان شد، تمرکز نسبت ایزوتوپ کربن ۱۳ در نمونه‌ها در حدود (۲۰/۲- در هزار تا ۱۹/۹- در هزار) است و حکایت از آن دارد که هیچ نشانی از استفاده گیاهان C_4 در رژیم غذایی مردم ساکن در این محوطه وجود ندارد. بنابراین گیاهان C_3 مانند امروز پوشش گیاهی غالب منطقه بوده و مورد استفاده قرار می‌گرفتند و به‌نوعی می‌توان گفت که از منابع غذایی بومی منطقه استفاده می‌کردند. این موضوع در مورد نتایج آنالیز ایزوتوپ نیتروژن و حیوانات مصرفی هم صدق می‌کند (شیخ شعاعی و همکاران، ۱۳۹۰).

در نهایت ذکر این مطلب مهم است که بدانیم، طبق گزارش‌های انسان‌شناسی به‌دست‌آمده، جنسیت نمونه‌های شمار ۵ و ۹ (کد O و S) زن است و با توجه به نتایج غیربومی تشخیص داده شدند. بنابراین با توجه

به مؤنث بودن اسکلت دو نمونه شمار ۵ و ۹ شاید بتوان این مسئله را نشانه‌ای از الگوی برون‌همسری^۲ دانست؛ کما اینکه مطالعات باستان‌شناسی زیادی به وجود اسکلت‌های مؤنث غیربومی اشاره دارند که غالباً به دلیل وجود الگوی برون‌همسری بوده است (*Grube et al., 1997; Price et al., 1998; Schweissing & Grube, 2003; Bentley et al., 2004; Killgrove, 2010, 2013*). درنهایت نتایج و نگرش‌های چندگانه برآمده از این بحث را می‌توان به‌صورت زیر بیان کرد:

- روش آنالیز ایزوتوپ‌های پایدار استرانسیوم $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ جهت بررسی بومی و یا غیربومی بودن اسکلت‌های باستانی قبرستان عصر آهن گوهر تپه بسیار کارآمد است.

- نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که ۶ مورد از ۱۱ مورد آنالیز شده بومی و ۵ مورد باقیمانده غیربومی‌اند.
- از آنجاکه نمونه‌های مورد مطالعه متعلق به عصر آهن شمال ایران است و این دوره هم‌زمان با تحولات سیاسی، اقتصادی و فرهنگی ناشی از جابجایی اقوام مختلف است، وجود نمونه‌های غیربومی می‌تواند بر فرضیه‌های مهاجرت در این دوره و این محوطه باستانی صحنه گذارد.

- با توجه به ساحلی بودن محوطه مورد مطالعه و شباهت نتایج ۴ مورد از نمونه‌ها با نسبت $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ دریایی یعنی: ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.709$)، امکان عدم ردیابی مهاجرت در این ناحیه ساحلی، کمی با ابهام روبرو بود. اما با توجه به نتایجی که قبلاً در مورد رژیم‌های غذایی این محوطه به‌دست‌آمده که عدم استفاده مطلق از رژیم غذایی دریایی را نشان می‌دهد، این ابهام برطرف گردید.

- از آنجائی که جنسیت دو نمونه کد (O) و (K) زن است، می‌توان ادعا کرد که شاید این مسئله نشانه‌ای از الگوی برون‌همسری است.

تشکر و قدردانی

در اینجا لازم است از مسئولین محترم دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه تهران به خاطر حمایت‌های همه‌جانبه آن‌ها در این تحقیق تشکر نمایم. بر خود لازم می‌دانیم از مسئول محترم حفاری‌های محوطه باستانی گوهر تپه، جناب آقای دکتر علی ماهفروزی، که نمونه‌های آزمایشی را در اختیار قرار دادند و همچنین از سرکار خانم دکتر پروین اولیایی کارشناس محترم آزمایشگاه واندوگراف سازمان انرژی اتمی که آزمایش‌های موردنیاز این پژوهش را انجام دادند صمیمانه سپاسگزاری نمایم.

پی‌نوشت‌ها

۱- مینای دندان در طول دوران طفولیت و بچگی شکل می‌گیرد و بعد از آن ترکیب شیمیایی اش تغییر نمی‌کند (*Hillson, 1996*). بر عکس، استخوان انسان به طور مداوم تغییر وضع می‌دهد (*Parfitt, 1983*). با فرض اینکه یک شخص در طول عمرش فقط غذاهای محلی را مصرف کند، نسبت $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ در مینای دندان باید رژیم غذایی دوران بچگی و به معنی وسیع تر، محل و منطقه کودکی را منعکس کند، در حالیکه نسبت $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ در استخوان باید رژیم غذایی بزرگسالی و در واقع مکان و منطقه بزرگسالی را نشان دهد (*Ericson, 1985; Sealy et al. 1991*). سطوح متفاوت نسبت $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ در مینا و استخوان یک شخص، ممکن است نشان دهنده تغییراتی در رژیم غذایی وی در طول زمان و همچنین تغییر مکانی (مهاجرت) اش باشد (*Ericson, 1985*).

². Exogamy

۲- آنالیز عنصر استرانسیوم برای مطالعه ترکیبات رژیم غذایی انسان‌های پیش از تاریخ از دهه ۱۹۷۰ مورد استفاده قرار گرفته است (Schoeninger, 1979). ایزوتوپ‌های استرانسیوم که به لحاظ جغرافیایی در زیست کره توزیع شده اند به‌طور وسیعی توسط استرانسیوم ۸۷ که در سیستم‌های زمین‌شناسی نمو کرده، تعیین می‌شوند. استرانسیوم یک عنصر قلیایی خاک با ظرفیت شیمیایی $2+ (Sr^{2+})$ است. از آنجائیکه شعاع یونی اش (1.32 \AA) فقط اندکی از کلسیم (1.18 \AA) بزرگتر است، در کانی‌هایی مثل کلسیت (سنگ آهک بلوری)، دولومیت، آراگونیت، سنگ گچ و اغلب به‌طور با اهمیتی در خصوص اسکلت‌های باستان‌شناسی، در قسمت آپاتیت (بخش معدنی استخوان و دندان) آنها جایگزین Ca^{2+} می‌شود (Bentley, 2006). در زنجیره غذایی، استرانسیوم جایگزین کلسیم می‌شود و در هیدروکسی آپاتیت بلوری مینای دندان و استخوان انسان رسوب می‌کند (Burton et al, 1999; Comar et al. 1957 (a&b)).

- ۳- این نقشه بر اساس نقشه زمین‌شناسی مازندران، برگرفته از وبسایت سازمان زمین‌شناسی (www.gci.ir) تهیه شده است.
- ۴- نتایج بدست آمده از کار پییرت و همکارانش در سال ۲۰۱۲ خوشبختانه با نتایج نقشه‌های زمین‌شناسی همخوانی دارد و هردو، دوره زمین‌شناسی "کواترنری" را نشان می‌دهد. اعماق مختلف اندازه‌گیری شده شامل (۶، ۱۷، ۱۹، ۵۸، ۸۲، ۱۱۹، ۳۴۹، ۶۵۹ و ۹۰۰ سانتی متر) هستند که خاک دست نخورده محلی را می‌توان از طریق همان سنجید.
- ۵- استرانسیوم زمین‌شناسی (*Geologically available strontium*) شامل تمام منابع اتمسفری (بارش، زمین و دریا) و نمایانگر ورودی محتمل استرانسیوم در سیستم زیست‌شناختی است (Bentley, 2006).
- ۶- استرانسیوم زیستی (*Biologically available strontium*) میانگین ورودی تمام منابع محیطی استرانسیوم به بدن است که می‌تواند متعاقباً در بافت‌های اسکلتی و دندانی مشاهده شود (Price et al., 2002).
- ۷- این منبع آبی، گاهی بزرگترین دریاچه جهان و گاهی کوچکترین دریای خودکفای کره زمین طبقه بندی می‌شود.

منابع

- شیخ شعاعی، ف، موسوی کوهپر، س. م، وحدتی نسب، ح؛ (۱۳۹۰) "بازسازی رژیم غذایی محوطه باستانی گوهرتپه مازندران بر اساس آنالیز ایزوتوپی نمونه‌های دندانی به دست آمده از آن محوطه"، مجله مطالعات باستان‌شناسی (مجله سابق دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه تهران)، دوره ۳، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۰، شماره پیاپی ۴، صص: ۱۴-۱.
- شیخ شعاعی، ف، موسوی کوهپر، س. م؛ (۱۳۹۶) "ماهی آب شیرین، منبع غذایی مورد استفاده توسط ساکنان محوطه باستانی گوهر تپه مازندران"، مجله پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران؛ دانشگاه بوعلی سینا، دوره هفتم، شماره ۱۳، تابستان ۱۳۹۶، صص: ۲۴۳-۲۵۷.
- ماهفروزی، ع؛ (۱۳۸۴) "گزارش توصیفی فصل چهارم کاوش باستان‌شناسی، گوهر تپه رستم کلا - مازندران"، سازمان میراث فرهنگی، صنایع دستی و گردشگری استان مازندران.
- فروزانفر، ف؛ (۱۳۸۴) "گزارش انسان‌شناسی گوهر تپه بهشهر"، گزارش توصیفی فصل چهارم کاوش باستان‌شناسی گوهر تپه رستم کلا - مازندران، سازمان میراث فرهنگی، صنایع دستی و گردشگری استان مازندران.

- Aberg G., 1995. *The use of natural Strontium isotopes as tracers in environmental studies, Water, Air, and Soil Pollution* 79: 309-322.
- Bentley, R.A., 2006. *Strontium isotopes from the earth to the archaeological skeleton: A review, Journal of Archaeological Method and Theory* 13: 135-187.
- Bentley, R.A., & Knipper, C., 2005. *Geographical patterns in biologically available Strontium, carbon and Oxygen isotope signatures in prehistoric SW Germany, Archaeometry* 47: 629-644.
- Bentley, R.A., Price, T.D., and Stephan, E., 2004. *Determining the local $^{87}Sr/^{86}Sr$ range for archaeological skeletons: a case study from Neolithic Europe, Journal of Archaeological Science* 31: 365-375.

- Blum J. D., Taliasterro E. H., Weisse M. T., Holmes R. T., 2000. Changes in Sr/Ca, Ba/Ca and $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratios between two forest ecosystems in the northeastern USA, *Biogeochemistry* 49: 87-101.
- Brown, T., and Brown, K., 2011. *Bimolecular archaeology: an introduction to*, John Wiley and Sons, Ltd.
- Burton J. H., Price T. D., Middleton W. D., 1999. Correlation of bone Ba/Ca and Sr/Ca due to biological purification of calcium, *Journal of Archaeological Science* 26: 609-616.
- Chamberlain C. P., Blum J. D., Holmes R. T., Feng X., Sherry T. W., Graves G. R., 1997. The use of isotope tracers for identifying populations of migratory birds, *Oecologia* 109: 132-141.
- Comar C. L., Russell R. S., Wasserman R. H., 1957. Strontium calcium movement from soil to man, *Science* 126:485-492.
- Comar C. L., Wasserman R. H., Ullberg S., Andrews G. A., 1957. Strontium metabolism and strontium-calcium discrimination in man, *proceedings of the society for experimental biology and medicine* 95: 386-391.
- Ericson, Jonathon E. 1985. Strontium isotope characterization in the study of prehistoric human ecology, *Journal of Human Evolution* 14: 503-514.
- Faure, G. 1986. *Principles of isotope geology*. New York: John Wiley and Sons, Ltd.
- Gosz J. R., Brookins D. G., Moore D. I. 1983. Using Strontium isotope ratios to estimate inputs into ecosystems, *Bioscience* 33: 23-30.
- Grupe G., Price T. D., Schroter P., Sollner F., Johnson C. M., Beard B. L., 1997. Mobility of Bell Beaker people revealed by Strontium isotope ratios of tooth and bone: a study of southern Bavarian skeletal remains, *Applied Geochemistry* 12: 517-525.
- Harvig, L., Douglas Price, T. and Lynnerup, L., 2014. Strontium isotope signals in cremated Petrous portions as indicator for childhood origin, *Plos one* 9 (7).
- Hillson S., 1996. *Dental anthropology*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Hillson, S., 2005. *Teeth*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Killgrove, K., 2013. Biohistory of the Roman Republic: the potential of isotope analysis of human skeleton remain, *Post-Classical Archaeologies* 3: 41-62.
- Killgrove, K., 2010. Identifying immigrants to Imperial Rome using Strontium isotope analysis. *Roman Diasporas*, Hella Eckardt (ed.), Portsmouth, Rhode Island.
- Knudson, K.J., Price, T.D., Buikstra, J.E. & Blom, D.E., 2004. The use of strontium isotope analysis to investigate Tiwanaku migration and mortuary ritual in Bolivia and Peru, *Archaeometry* 46: 5-18.
- Koch P. L., Halliday A. N., Walter L. N., Stearley R. F., Huston T. J., Smith G. R., 1992. Sr isotopic composition of hydroxyapatite from recent and fossil salmon: the record of lifetime migration and diagenesis, *Earth and Planetary Science Letters* 108: 277-287.
- Kusaka, K., Ando, A., Nakano, N., Yumoto, T., Ishimaru, E., Yoneda, M., Hyodo, F., Katayama, K., 2009. A strontium isotope analysis on the relationship between ritual tooth ablation and migration among the Jomon people in Japan, *Journal of Archaeological Science* 36: 2289-2297.
- Parfitt A. M., 1983. The physiologic and clinical significance of bone histomorphometric data, in: Recker R.R., (ed.), *bone histomorphometry: techniques and interpretation*, CRC Press, Boca, pp. 143-244.
- Raton- Pierret M.C., Chabaux F., Leroy S.A.G., Causse C., 2012. A record of Late Quaternary continental weathering in the sediment of the Caspian Sea: evidence from UeTh, Sr isotopes, trace element and palynological data, *Quaternary Science Reviews* 51: 40-55.
- Price, T.D., and Burton, J.H., 2010. *An introduction to archaeological chemistry*, New York, Springer.
- Price, T. D., Burton, J. H. & Bentley, R.A. 2002. The characterization of biologically available strontium isotope ratios for the study of prehistoric migration, *Archaeometry* 44 (1): 117-135.

- Price T. D., Grupe G., Schroter P., 1998. *Migration in the Bell Beaker period of central Europe*, *Antiquity* 72:405–411.
- Price, T.D., Grupe, G. & Schroter, P. 1994. *Reconstruction of migration patterns in the Bell Beaker period by stable Strontium isotope analysis*, *Applied Geochemistry* 9: 413-417.
- Schoeninger M. J., 1979. *Diet and status at Chalcatzingo: some empirical and technical aspects of strontium analysis*, *American Journal of Physical Anthropology* 51: 295-310.
- Schroeder, H.A., Tipton, I.H. & Nason, A.P., 1972. *Trace metals in man: Strontium and Barium*, *Journal of Chronic Disease* 19: 545-571.
- Schweissing, M.M. and Grupe, G., 2003. *Stable Strontium isotopes in human teeth and bone: a key to migration events of the late Roman period in Bavaria*, *Journal of Archaeological Science* 30: 1373–1383.
- Sealy, J.C., Van der Merwe, N.J., Sillen, A., Kruger, F.J. & Krueger, H.W., 1991. $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ as a dietary indicator in modern and archaeological bone, *Journal of Archaeological Science* 18: 399-416.
- Shaw, B., Summerhayes, G.R., Buckley, H.R. & Baker, J.A., 2009. *The use of Strontium isotopes as an indicator of migration in human and pig Lapita populations in the Bismarck Archipelago, Papua New Guinea*, *Journal of Archaeological Science* 36: 1079-1091.
- Sillen, A. & Kavanagh, M. 1982. *Strontium and paleodietary research: a review*, *Yearbook of Physical Anthropology* 25: 67-90.
- Slovak N. M., Paytan A., 2011. *Applications of Sr isotopes in archaeology*, in: M. Baskaran (ed.), *advances in isotope geochemistry*, Springer, pp. 743-768.
- Sołtysiak A., Mahfroofi A., 2008. *Short fieldwork report: Gohar Tepe and Goldar Tepe (Iran), seasons 2006–2007*, *Bioarchaeology of the Near East* 2: 71–77.
- Veizer J., 1989. *Strontium isotopes in seawater through time*, *Annual Review Earth and Planetary Sciences* 17:141–167.