پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران

ماهی آب شیرین، منبع غذایی مورد استفاده توسط ساکنان عصر آهن محوطه‌ی گوهرتپه مازندران

فهیمه شیخ‌شعاعی*
مدرس دانشگاه پیام نور واحد کرمان
Sheikhshoaee@ut.ac.ir

سید مهدی موسوی کوهپر
دانشیار گروه باستان‌شناسی، دانشگاه تربیت‌مدرس

* نویسنده مسئول

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۴/۲۰، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۶/۰۶
(از ص ۲۴۳ تا ۲۵۷)

چکیده

آنالیز ایزوتوپ‌های پایدار جهت بازسازی و تفسیر رژیم‌های غذایی گذشتگان، رویِ کربن و نیتروژنِ موجود در عناصر اسکلتی (اعم از استخوان و دندان) تمرکز یافته و پیش‌بینی‌های صحیحی را از این موضوع مهم (دیرینه تغذیه‌شناسی) به‌دست می‌دهد؛ زیرا به‌طور طبیعی این نسبت‌ها بین طبقات معینِ انواع مواد غذایی فرق می‌کند. ماهی آب شیرین، نقش مهمی در رژیم غذایی گذشتگان داشته و مدارک مربوط به‌مصرف آن با شیوه‌های گوناگونی قابل بازیافت است. یکی از این موارد، آنالیز ایزوتوپی است. تنوع ایزوتوپی کربن در محیط‌های آب شیرین بسیار گسترده است. این تنوع بر موجوداتِ زنده‌ی چنین اکوسیستم‌هایی حکم‌فرما است، حتی اگر این اکوسیستم‌ها از نظر جغرافیایی به‌هم نزدیک باشد. اما گوناگونی سطوح ایزوتوپ نیتروژن ۱۵ در تمام جهان، برای ماهی آب شیرین تقریباً یکسان است. شایان ذکر است که هم‌پوشانی در سطوح ایزوتوپی کربن ۱۳ بین ماهی آب شیرین و منابع خشکی (زمینی) وجود دارد. آنالیز ایزوتوپ‌های پایدار کربن و نیتروژن در تفسیر رژیم‌های غذایی کاربرد دارد؛ چراکه تفاوت‌های ایزوتوپی موجود در مواد غذایی به استخوان‌های افرادی که این غذاها را مصرف می‌کنند، منتقل شده و بررسی نسبت ایزوتوپ‌های این عناصر در استخوان‌ها، می‌تواند نوع غذایی را که افراد مصرف می‌کردند، مشخص نماید. این مقاله با استفاده از آنالیز ایزوتوپ‌های پایدار کربن و نیتروژنِ کلاژن دندانی ۱۲ اسکلت انسانی، مربوط به قبرستان عصر آهنِ محوطه‌ی باستانی گوهرتپه در شرق استان مازندران، واقع در ساحل جنوبی دریای خَزر، فرض وجود ماهی آب شیرین را در رژیم غذایی ساکنان محوطه‌ی گوهرتپه بررسی کرده و تا حدودی فرضیه‌ی مصرف ماهی آب شیرین در رژیم غذایی ساکنین گوهرتپه را تأیید کرد؛ هرچند اثبات بهتر این موضوع، به آنالیز ایزوتوپی موجودات زنده در محیط‌های آب شیرین آن منطقه، وابسته است.

کلیدواژگان: ماهی آب شیرین، محوطه‌ی باستانی گوهرتپه، رژیم غذایی، نیتروژن ۱۵، کربن ۱۳.

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

برای بازسازی و تفسیر رژیم‌های غذایی، آنالیز ایزوتوپ‌های پایدار برروی کربن و نیتروژن موجود در بافت اسکلتی (استخوان و دندان) متمرکز است. این دسته از آنالیزها، نتایج و پیش‌بینی‌های صحیحی را در زمینه‌ی دیرینه تغذیه به‌دست می‌دهد؛ زیرا این نسبت‌ها، به‌طور طبیعی بین طبقات معین انواع مواد غذایی فرق می‌کنند (Deniro, 1987; Hutchinson et al., 1998; Norr, 1995). این تفاوت‌ها به استخوان‌های افرادی که این غذاها را مصرف می‌کنند، منتقل شده و بررسی نسبت ایزوتوپ‌های این عناصر در استخوان‌ها می‌تواند نوع غذایی را که افراد مصرف می‌کردند، مشخص نماید (Bender et al., 1981; DeNiro & Epstein, 1978; Katzenberg, 1992; Tieszen et al., 1983; Vogel, 1978).

مقدار تقریبی ایزوتوپ‌های پایدار کربن و نیتروژن برای برخی از انواع عمده مواد غذایی در شکل ۱، نشان‌داده شده‌اند. این اشکال براساس مقادیر موجود در گذشته[1] تنظیم شده‌اند و در صورت نیاز به مقادیر جدید، لازم است تأثیر آلودگی هوا و استفاده از مواد شیمیایی خنثی‌کننده‌ی خاک را نیز درنظر داشت.

مقدار[2] $\delta^{13}C$ کلاژن استخوان‌های انسان حدود ۵ در هزار، کمتر از مواد غذایی است (Ambrose ,1993). مقدار $\delta^{15}N$ در کلاژنِ مانند نسوج نرم درحدود ۳ تا ۵ در هزار، بزرگ‌تر از مواد غذایی است (Hedges & Reynard, 2007; Bocherens & Drucker, 2003).

ماهی آب شیرین، نقش مهمی در رژیم غذایی انسان گذشته ایفاکرده است. نشانه‌های مصرف ماهی، به‌صورت مستقیم با مطالعه‌ی بقایای غذا (استخوان‌ها یا سنگ گوش‌ها[3]) و ابزارهای جنگی (نیزه‌ها، تورهای ماهیگیری) به‌دست می‌آید و به‌طور غیرمستقیم از طریق مطالعه‌ی الگوی سایش ابزارها، پیکرنگاری (نقاشی‌ها و حکاکی‌های صخره‌ای)، صنایع‌دستی و مهره‌های ماهی که برای تولید گردنبندها استفاده می‌شود، استنباط می‌شوند (Cleyet-Merle, 1990). به‌دلایل متعددی، بقایای ماهی از محوطه‌های باستانی کمتر به‌دست می‌آید؛ برای مثال، در برخی محوطه‌های باستانی طبق برخی آداب و رسوم فرهنگیِ خاص، سرِ ماهی‌ها جدا و حذف می‌شود. علاوه‌بر این گرم شدن ملایم ماهی در طول آشپزی، استخوان‌هایش را شکننده می‌سازد، که البته بعد از قرار گرفتن در خاک شکننده‌تر نیز می‌شوند. کاوش محوطه توسط سگ‌ها و خوک‌ها نیز، بقایای استخوانیِ شکننده‌ی ماهی را خراب خواهد کرد. گذشته از این، وجود

---

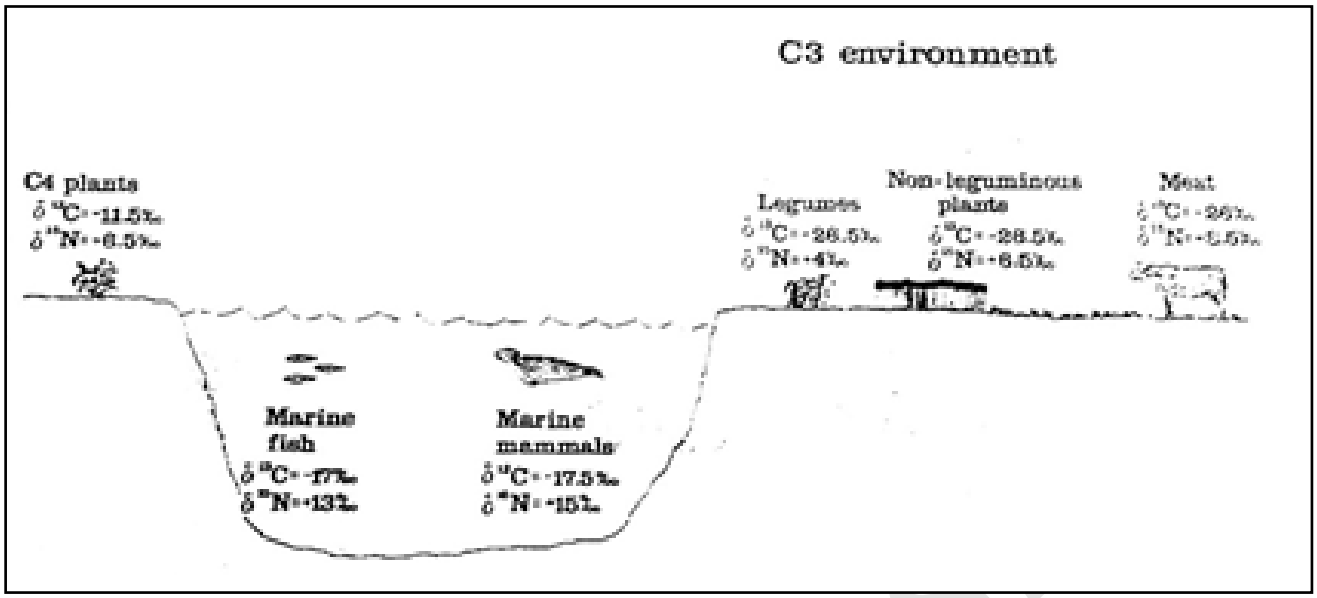
۱. این مقادیر بر مبنای اطلاعات به‌دست آمده از یافته‌های باستانی (طی سده‌های گذشته) ارائه شده است و نیز با استفاده از سوزاندن فسیل‌های نفتی و خنثی‌کننده‌های شیمیایی برروی مقادیر امروزی (چند دهه‌ی اخیر) به‌دست آمده‌اند (برای مقادیر کربن ر. ک. به: Oleary, 1981 & 1988 و برای مقادیر نیتروژن ر. ک. به: Deniro & hastorf, 1985; Deniro, 1987; Ambrose, 1991).

۲. ایزوتوپ‌ها که با علامت (δ) نشان‌داده می‌شوند، اتم‌های یک عنصر با وزن متفاوتند (شکل‌هایی از یک عنصرند که تعداد نوترون‌هایشان متفاوت است و در نتیجه جرم هسته‌ای متفاوتی دارند (Faure, 1986). آن‌ها به دو صورت پایدار و ناپایدار (رادیواکتیو) وجود دارند. ایزوتوپ ناپایدار در طول زمان دچار تجزیه می‌شود؛ درحالی‌که برای ایزوتوپ‌های پایدار، این حالت وجود ندارد. کربن ۱۳ و نیتروژن ۱۵، پایدار هستند.

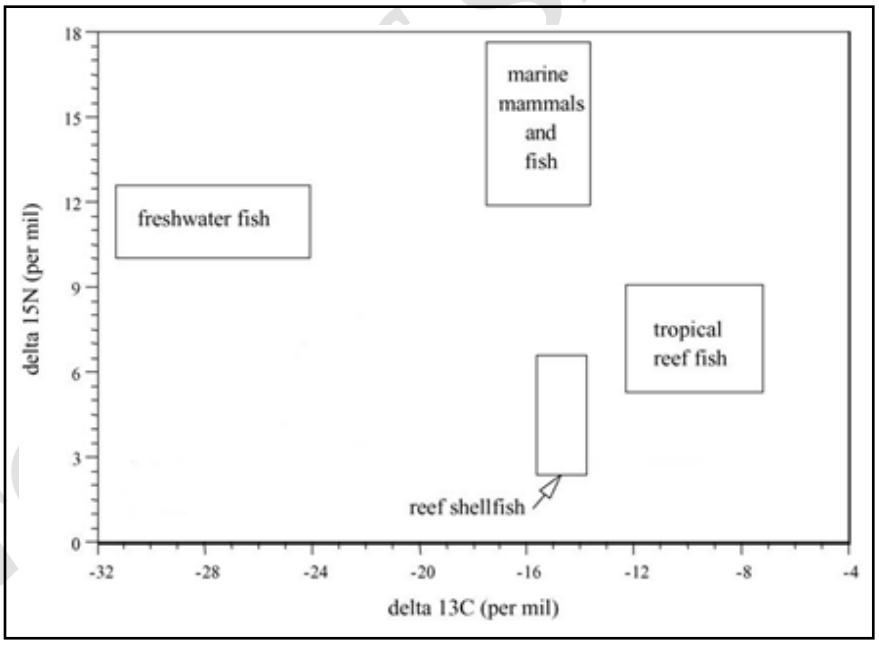
۳. در گوش درونی، «اُتولیت» (Otolith) یا «سنگ گوش» وظیفه دریافت حرکات مستقیم را بر عهده دارد. بعد از مرگ و تجزیه، اتولیت‌ها ممکن است درون بدن یک موجود زنده (مثل ماهی) حفظ شوند و باقی بمانند یا قبل از تدفین و فسیل شدن پخش شوند. این اتولیت‌های پراکنده یکی از میکروفسیل‌های زیادی است که می‌توانند از طریق آنالیز دیرینه ریزهستی‌شناسی از یک رسوب خوب، بازیابی و یافت شود (Sahney, S. & M.V.H. Wilson, 2001).

Archive of SID

www.SID.ir



▲ **شکل ۱. مقادیر متوسط ایزوتوپ‌های پایدار در برخی از مواد غذایی عمده (Si-mon Mays, 1998).**



◀ **شکل ۲. نمونه‌ی یک خلیج‌ساحلی، نسبت‌های ایزوتوپ نیتروژن به کربن، از انواع متفاوت ماهی (Tykot, 2004).**

سکونت‌های فصلی در برخی از محوطه‌های باستانی و در نتیجه‌ی مصرف ماهی در مکانی متفاوت از محوطه‌ی مورد مطالعه نیز، دلیل دیگری بر یافت نشدن بقایای ماهی است. به‌خاطر همه‌ی این دلایل، آنالیز ایزوتوپی بافت اسکلتی انسانِ باستان، برای بازسازی‌های مصرف ماهی (شکل ۲) آب شیرین در رژیم‌های غذاییِ گذشته، مفید خواهد بود (Dufour et al., 1999).

هرچند مطالعات بسیار کمی، ماهی آب شیرین را به‌عنوان یکی از منابع غذایی در مطالعاتِ ایزوتوپیِ باستان‌شناسی مورد توجه قرار داده‌اند، اما همین مطالعات اندک، توانست امکانِ تفاوت در سطوح ایزوتوپی ماهی آب شیرین نسبت به مواد غذایی زمینی را شرح دهد (Schwarcz et al., 1985; Katzenberg, 1989; Day,

www.SID.ir

1996; Katzenberg & Weber, 1999).

محیط‌های آب شیرین سطوح ایزوتوپی غیر یک‌نواختی را نشان می‌دهند (Fry & Sherr, 1984; Hoefs, 1997). به‌همین دلیل بررسیِ تأثیر این ناهمگنی بر ترکیب ایزوتوپی این منبع غذایی، لازم است. در سال ۱۹۹۹، دوفور[1] و همکارانش اندازه‌گیری ایزوتوپی کلاژن استخوان ماهی استخوانی، از سه دریاچه‌ی اروپایی (دریاچه‌ی جِنوا[2]، دریاچه‌ی کَنستنس[3] و دریاچه‌ی آیگوبِلِت[4]) و ماهی آب شیرین، از دریاچه‌ی بایکال، را برای بازسازی رژیم غذایی انسان پیش‌ازتاریخ در اوراسیا انجام دادند. سطوح ایزوتوپ کربن ۱۳ و نیتروژن ۱۵ از نمونه‌های مشابه در دریاچه‌های مورد آزمایش، همچنین نمونه‌های متفاوت از همان دریاچه‌ها، بر تغییرپذیری ایزوتوپی درون و بین دریاچه‌ها تأکید داشت. از نظر آن‌ها، مطالعه‌ی ایزوتوپی می‌توانست یک روش مفید برای نشان‌دادن مبادلات ناچیز ماهی یا مهاجرت‌های جمعیتی باشد. این مطالعه نشان‌داد که منابع رژیم غذایی از نوع ماهی استخوانی آب شیرین، ترکیبات ایزوتوپی بسیار متغییری دارد. این حدود کلی موجود عبارتنداز: ۱۲/۵- در هزار برای ایزوتوپ کربن ۱۳، و ۸/۰ در هزار برای ایزوتوپ نیتروژن ۱۵ (این مقادیر حاصل از اندازه‌گیریِ سطوح اشخاص است، نَه از سطوح میانگین جمعیت).

حدود گوناگونی ایزوتوپ نیتروژن ۱۵ در تمام جهان، برای ماهی آب شیرین یکسان است (France, 1995a) و به اندازه عددی است که در مطالعه‌ی دوفور و همکارانش، اندازه‌گیری شد؛ اما تنوع سطوح ایزوتوپ کربن ۱۳ برای ماهی آب شیرین در گستره‌ی جهان بسیار است (France, 1995b)، حتی بیشتر از تنوع موجود در سطح ایزوتوپ کربن ۱۳ در نمونه‌های مورد مطالعه‌ی دوفور و همکارانش. این تنوع حتی در مورد گونه‌های یکسان ماهی آب شیرین که غذای یکسانی هم مصرف می‌کنند، اما در مناطق مختلف و شرایط آب‌وهوایی متفاوت زندگی می‌کنند، نیز دیده می‌شود و این امر به‌دلیل تنوع ایزوتوپی موجود در محیط‌های آب شیرین است. ترکیبات ایزوتوپی ماهی، از ترکیبات ایزوتوپی کربن و نیتروژن منابع تغذیه‌ای (مثل گیاه) که در پایین زنجیره‌ی غذایی هستند، تأثیر می‌پذیرد. چندین علت می‌تواند سبب تنوع در میان تولیدکننده‌های نخستین[5] گردد؛ مثلاً تفاوت موجود در PH آب‌های شیرین، سبب تنوع ایزوتوپی در بی‌کربنات‌های موجود در آب شیرین (کربن غیرآلی محلول در آب شیرین) و نهایتاً تنوع در ایزوتوپ‌های تولیدکننده‌های نخستین می‌گردد.

توزیع نسبی هر منبع به اندازه‌ی دریاچه بستگی دارد. در دریاچه‌های بزرگ، CO2 در موازنه با اتمسفر، منبع اصلی کربن را تشکیل می‌دهد، که همین موازنه در اقیانوس هم وجود دارد. وقتی دریاچه‌ها کوچک هستند، CO2 تهی شده از کربن ۱۳، حاصل از فساد ماده‌ی آلی، به‌تناسب مهم‌تر است. این موضوع

1. Dufour

2. Geneva

3. Constance

4. Aiguebelette

۵. منظور از «تولیدکننده‌ی نخستین» منابع غذایی است که در ابتدای زنجیره‌ی غذایی (یا به‌عبارتی در پایین‌ترین سطوح زنجیره‌ی غذایی) قرار دارد. تولیدکننده‌ی نخستین در این بحث، یعنی «گیاه» که از منابعِ تغذیه ماهی‌ها محسوب می‌شود.

Archive of SID

www.SID.ir

نهایتاً، به‌سمت سطوح پایین‌تر ایزوتوپ کربن ۱۳، HCO3 و در نتیجه به سطوح پایین‌تر ایزوتوپ کربن ۱۳ تولیدکننده‌های نخستین و زنجیره‌های غذایی که از آن‌ها ناشی می‌شود، تمایل پیدا می‌کند. طبق بحث بالا همچنان‌که انتظار می‌رفت، کمترین سطوح ایزوتوپ کربن ۱۳ در ماهی دریاچه‌ی آیگوبِلِت مشاهده شد که کوچک‌ترین دریاچه‌ی آزمایش شده در آن مطالعه بود. درون همان دریاچه، تولیدکننده‌های نخستین متفاوت، کربن غیرآلی را از منابع متفاوت به‌دست می‌آورند و استفاده از روش‌های فتوسنتزی متفاوت، سطوح ایزوتوپی کربن متفاوتی را به‌دست خواهد داد (Keeley & Sandquist, 1992). همه‌ی این دلایل، علتِ تفاوت علامت‌های ایزوتوپی یک دریاچه نسبت به دیگری را شرح می‌دهد؛ حتی اگر آن‌ها از نظر جغرافیایی نزدیک به‌هم باشند. به‌عنوان مثال، در مطالعه‌ی دوفور و همکارانش، دو دریاچه‌ی جِنِوا و دریاچه‌ی آیگوبِلِت، گرچه از لحاظ جغرافیایی به یکدیگر نزدیکند، ولی از نظرِ علامت‌های ایزوتوپی (یعنی سطوح ایزوتوپ کربن و نیتروژن) باهم متفاوتند.

خوراک‌ساز[۱]های موجود در محیط‌های آب شیرین، همچنین می‌توانند ترکیبات ایزوتوپی نیتروژن متفاوتی را نشان‌دهند (France, 1995c) که سبب ایجاد سطوح متفاوت در میان بی‌مهرگان (France, 1994) یا ماهی (France, 1995a) می‌شود؛ برای مثال، آن دسته از ماهی‌هایی که به‌روش تجزیه کردن ماده‌ی آلی موجود در اعماق دریا تغذیه می‌کنند، می‌توانند ترکیبات ایزوتوپی متفاوتی نسبت به آن دسته از ماهی‌هایی که از موجودات زنده‌ی دریایی تغذیه می‌شوند، ارائه دهند (Estep & Vigg, 1985). افزایش سطح ایزوتوپ نیتروژن ۱۵، با افزایش در مقدار نیتروژن ۱۵ در طول جذب از یک سطح تغذیه‌ای به سطح تغذیه‌ای دیگر و همچنین به تعداد مراحل زنجیره‌های غذاییِ موجود در سیستم‌های دریایی بالا، بستگی دارد. تفاوت‌های موجود در هر سطح تغذیه‌ای، روند غنای نیتروژن ۱۵ بین نمونه‌های موجود در زنجیره‌ی غذایی را شرح می‌دهد (Minagawa & Wada, 1984; Schoe-ninger & Deniro,1984)؛ همچنین سطوح ایزوتوپ نیتروژن ۱۵ می‌تواند بین افراد گونه‌های مشابه، به‌خاطر تغییرپذیری مربوط به سطح تغذیه‌ای، متفاوت باشند. مثلاً گونه‌هایی از یک ماهی خاص، ممکن است براساس طول زنجیره‌ی غذایی در هر سیستم، سطوح ایزوتوپ نیتروژن بسیار متفاوتی را نشان‌دهد (Cabana & Rasmussen, 1994)؛ به‌علاوه به‌علتِ ارتباط مثبتیِ که بین ایزوتوپ نیتروژن ۱۵، بافت ماهیچه و افزایش وزن، برای ماهی دریایی (Rau & Anderson, 1981; Spies et al., 1989) و همچنین ماهی آب شیرین (Hobson & Welch, 1995; Gu, Schelske & Hoyer, 1996) مشاهده شده است، ماهی بزرگ از یک جمعیت آبزی، گاهاً ترکیب ایزوتوپی سنگین‌تری نسبت به نمونه‌های کوچک‌تر آن دارد.

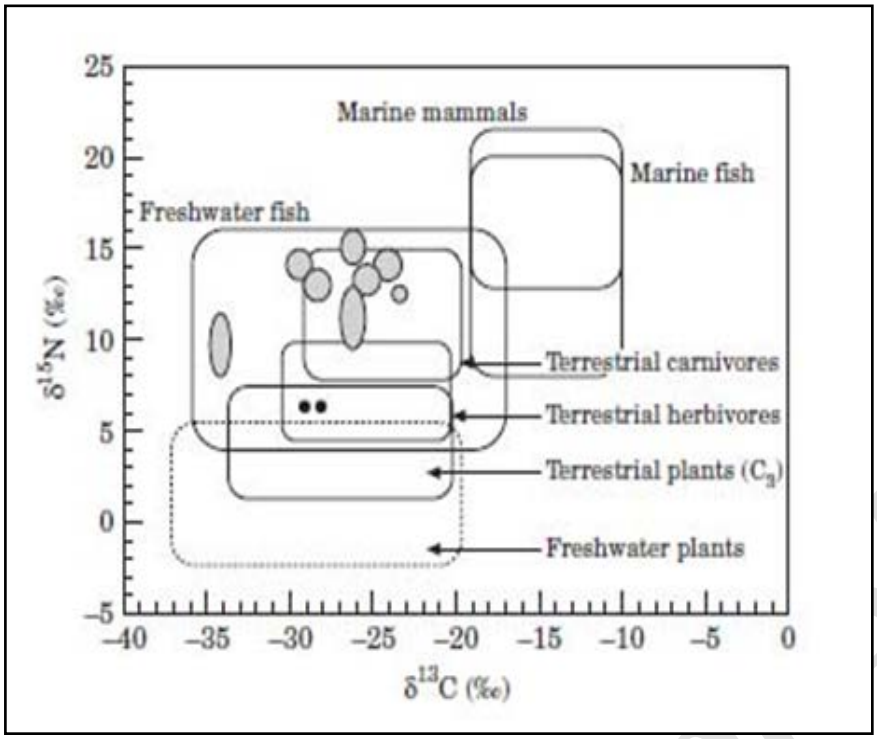
شکل ۳، نتایج به‌دست آمده از ترکیبات ایزوتوپی موجود در مطالعه‌ی دوفور و همکارانش، از منابع غذایی متفاوت در یک زمینه‌ی C3 C3 carbon (fixation)

---

۱. خوراک‌ساز، یک موجود زنده است که ترکیبات آلی پیچیده‌ای همچون کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها و پروتئین‌ها را از مواد ساده‌ی موجود در اطرافش تولید می‌کند. این‌کار، عموماً با استفاده از انرژی نور (فتوسنتز یا ترکیب نوری Photosynthesis) یا واکنش‌های شیمیایی غیرآلی (شیمیایی سنتز یا ترکیب شیمیایی Chemosynthesis) انجام می‌شود. آن‌ها، شامل تولیدکنندگان موجود در یک زنجیره‌ی غذایی (شاملِ گیاهان روی زمین یا جلبک‌های موجود در آب) هستند؛ در مقابل، خوراک‌گیرها به‌عنوان مصرف‌کننده‌های خوراک‌سازها هستند (Mauseth, 2008).

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۳. تنوع‌های طبیعی ایزوتوپ 13C δ و 15N δ در منابع اصلی رژیم غذایی در اوراسیا (جرح و تعدیل از: Bo-, 1997 cherens). ◄

Plant (قسمت خاکستری) را با داده‌های مطالعات فرانس[1] از اکوسیستم‌های آبزی در سال ۱۹۹۵ (France, 1995 a,b,c,d)، مقایسه می‌کند. این تصویر، هم‌پوشانی موجود بین سطوح ایزوتوپی گیاهان و جانوران یک ناحیه با خاستگاه‌های متفاوت را نشان می‌دهد و بر این نکته تأکید دارد که با وجود این هم‌پوشانی در سطوح ایزوتوپی، تشخیص ماهی آب شیرین از دیگر منابع غذایی، مشکل است.

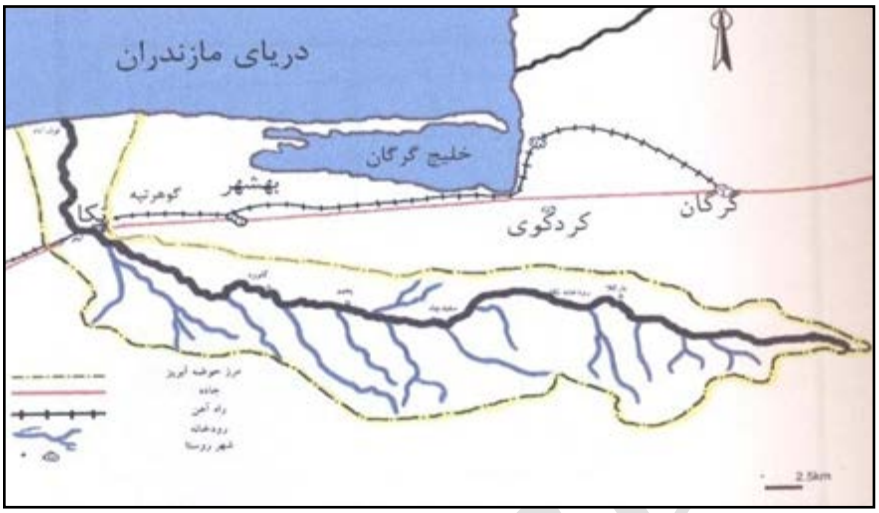
در مطالعات فوق، هم‌پوشانی موجود در سطوح ایزوتوپی کربن ۱۳ بین ماهی آب شیرین و منابع خشکی (زمینی) مورد انتظار بود؛ چراکه اغلب دریاچه‌ها به‌علت این‌که با چرخه‌های زیست زمین‌شیمی در ارتباط هستند، مستقل از محیط‌های خشکی اطرافشان نیستند. بنابراین، به‌خاطر هم‌پوشانی وسیع بین سطوح ایزوتوپی آب شیرین و خشکی، اگر نمونه‌های ماهی آنالیز نشوند مصرف ماهی آب شیرین، می‌تواند کاملاً تخمین زده شود؛ مخصوصاً اگر فقط اندازه‌گیری‌های ایزوتوپ کربن ۱۳ انجام شده باشد (Dufour et al., 1999).

محوطه‌ی باستانی گوهرتپه، در فاصله‌ی تقریباً ۵ کیلومتری غرب بهشهر (°36 '40 "42 N 53° 24' 07" E) و ۲ کیلومتری شمال‌غرب شهر رستم‌کلا، در استان مازندران واقع شده است. این محوطه در طی دوره‌ی مفرغ میانی وسعتی در حدود ۵۰ هکتار داشته، اما در دوره‌ی مفرغ متأخر متروک شده و مجدداً در دوره‌ی آهن II و III به‌عنوان قبرستان مورد استفاده قرار می‌گیرد. محوطه‌ی گوهرتپه، در ۶ الی ۷ کیلومتری دریای خزر[2] قرار دارد، رودخانه‌ی نکاء نیز در ۱۰ کیلومتری غرب گوهرتپه واقع‌شده است (Sołtysiak & Mahfroozi, 2008). براساس نتایج کلی به‌دست آمده از آنالیزهای ایزوتوپی انجام شده در این محوطه به‌منظور بازسازی رژیم های غذایی، به‌طور

1. France

۲. این منبع آبی، گاهی بزرگ‌ترین دریاچه جهان و گاهی کوچک‌ترین دریای خودکفای کره‌زمین طبقه‌بندی می شود.

Archive of SID
www.SID.ir



◄ شکل ٤. موقعیت جغرافیایی محوطه‌ی گوهرتپه از لحاظ نزدیکی به ۲ منبع آبی (ماهفروزی، ١٣٨٦).

واضح نشانی از مصرف منابع آبی در رژیم غذایی ساکنان این محوطه وجود ندارد و پایه‌ی اصلی منابع غذایی را موجودات زمینی (خشکی) و گیاهان c3 تشکیل می‌دهد (شیخ‌شعاعی و دیگران، ۱۳۹۰). سؤال اصلی‌ای که این پژوهش به آن می‌پردازد این است که آیا با وجود دو منبع آبی در اطراف این محوطه، نباید شاهد مصرف منابع غذایی آبی در رژیم غذایی ساکنان این محوطه باشیم؟ مجاورت با دو منبع آبی فوق‌الذکر، رودخانه (آب شیرین[1]) و دریاچه (با درجه‌ی شوری بسیار متنوع و منحصربه‌فرد[2])، که دارای تنوع زیستی گسترده‌ای هستند، این فرضیه را ایجاد می‌کند که یکی از منابع غذایی ساکنان محوطه‌ی گوهرتپه، موجودات این دسته از اکوسیستم‌ها (با تنوع ایزوتوپی‌ای که، در درون و بین این نوع اکوسیستم‌ها، اشاره شد)، از جمله ماهی‌ها باشد (شکل ۴).

البته سراسر محوطه، از نظر بوم‌شناختی بسیار جالب‌توجه است؛ نوار باریک حاصلخیزی بین دریای خزر در شمال و دامنه‌های کوه‌های البرز در جنوب وجود دارد، وسیع‌ترین بخش آن در نزدیکی ساری، حدود ۳۰ کیلومتر به‌سمت غرب بوده و عرض آن در نزدیکی گوهرتپه، فقط ۷-۶ کیلومتر می‌باشد. ساحل دریا به محوطه بسیار نزدیک است (در حدود ۱ تا ۲ ساعت پیاده) و دامنه‌ی کوه، کمتر از ۱ کیلومتر با محوطه فاصله دارد. بنابر شواهد جغرافیایی بالا، همیشه استراتژی‌های معیشتی مختلفی مانند: شکار در کوهستان، ماهیگیری از دریا، دامداری در تپه‌ها و مرغزارهای ساحل دریا و کشاورزی و گل‌پروری (بُستان‌کاری) در دشت‌ها و دره‌های کوهستانی در این محوطه امکان‌پذیر بوده است (Noel, 1921). اما در این مقاله، توجه بیشتر ما

1. Fresh water

۲. میزان شوریِ دریای خزر بسیار متنوع (از آب شیرین گرفته تا میزانِ غلظت‌های شوری‌ای، حتی بالاتر از درجه‌ی شوری یافته شده در اقیانوس‌ها) است (Zenkevich, 1963) و شاید همین علتِ باعث ایجاد تنوع زیستی در دریای خزر باشد، این تنوع زیستی دو و نیم برابر کمتر از تنوع زیستی دریای سیاه و پنج برابر کمتر از دریای برنت است. درجه‌ی شوری آب دریای خزر برای گیاهان و حیوانات متعلق به آب‌های شیرین، بسیار بالا است و بالعکس برای نمونه‌های دریایی، این درجه بسیار پایین است؛ بنابراین، امروزه دریای خزر فقط برای نمونه‌هایی که با آب‌های کمی شور سازگار هستند، مناسب است. باوجود این شرایط، یعنی درجه‌ی شوریِ ویژه، دریای خزر مامنِ ۸۷ نمونه از ریز گیاهان و نمونه‌های بسیاری از جلبک‌های سبز است. امروزه حیوانات و گیاهان بومیِ دریای خزر، به‌نظر تَرکیبی از نمونه‌هایی با منشاءهای متفاوت (دریای خزر، اقیانوس شمالی، مدیترانه، اقیانوس اطلس و حتی برخی از آن‌ها با منشاء آب شیرین) هستند (http://caspian.iwlearn.org/caspian-1/biodiversity-1/animals-of-the-caspian-sea).

Archive of SID
www.SID.ir

برروی نزدیک‌ترین «منابع آبی» (یعنی رودخانه‌ی نکاء و دریاچه‌ی خزر)، به‌عنوان منبع غذایی و «ماهیگیری»، به‌عنوان یکی از استراتژی‌های معیشتیِ ساکنان این محوطه است.

در مطالعه‌ی حاضر، آنالیز ایزوتوپی فقط برروی نمونه‌های انسانی صورت‌گرفته است. با وجود شواهد مصرف ماهی در این مکان، بقایای استخوان ماهی در محوطه یافت نشده و در نتیجه، امکان استخراج کلاژن باستانی از آن‌ها وجود ندارد؛ البته شایان ذکر است که پژوهش حاضر جزو اولین مطالعات پیرامون این زمینه در ایران است

مواد و روش‌کار

بقایای ۱۲ عدد دندان، از اسکلت‌های انسانی واقع در چندین کارگاه محوطه‌ی گوهرتپه مورد مطالعه قرار گرفتند؛ براساس گزارش‌های کاوشِ این محوطه، این نمونه‌ها که از ده تدفین جداگانه و از قبرستان عصر آهن این محوطه برداشت شده‌اند، به‌ترتیب شامل: ۱- فردی ۴۰ الی ۴۵ ساله با جنسیت به احتمال زیاد مذکر (فروزانفر، ۱۳۸۴). ۲- فردی ۱۸ الی ۲۲ ساله با جنسیت مؤنث (فروزانفر، ۱۳۸۴). ۳- فردی ۱۱ الی ۱۲ ساله با جنسیت مؤنث (فروزانفر، ۱۳۸۴). ۴- نامشخص. ۵- فردی ۲۰ الی ۲۵ ساله با جنسیت مذکر (فروزانفر، ۱۳۸۴). ۶- نامشخص. ۷- نامشخص. ۸- نامشخص. ۹- نامشخص. ۱۰- نامشخص. ۱۱- نامشخص. ۱۲- فردی ۱۸ الی ۲۰ ساله با جنسیت مؤنث (فروزانفر، ۱۳۸۴). (جمعاً شامل ۳ زن، ۲ مرد و ۷ نمونه با جنسیت نامشخص).

تمام سطوح یا از نظر مکانیکی تکانده شد، یا سطح آن به‌وسیله اسکارپل تراشیده شد، تا آلودگی‌ها از استخوانی که با محیط تدفین در تماس بوده و یا پوسیدگی یافته است زدوده شود. سپس هر نمونه در یک آسیاب از نوع Retch در اندازه‌های کوچک‌تر از ۴۵۰ میکرو متر خُرد شدند و درحالی‌که در دمای اتاق هم زده می‌شدند، تحت تیمار HCl 0/5 مولار قرار گرفتند، تا این‌که کاملاً از مواد معدنی خالی شوند. کلاژن غیرقابل حل شدن از محلول جدا شده و بعد شسته شد و در آون خلاء در دمای ۴۰ درجه خشک شد. بیش از ۸۰ میلی‌گرم از کلاژن توسط HCl 0/01 مولار در یک فضای نیتروژنی در ۹۰ درجه‌ی سانتی‌گراد برای ۱۶ ساعت قرار گرفته، ژلاتینی شدند. آن‌گاه ژلاتین قابل‌حل شدن از طریق فیلترهای واتمن GF/C و آکرودیسک ۰/۴۵ مایکرو متر دوبار فیلتر شد و برای به‌دست آوردن وزن خشک به طریق خاصی منجمد شد (لیوفیلایز).

مقدار ایزوتوپی کربن و نیتروژن و همچنین درصد عنصری آن‌ها، از طریق اسپکترو متری جرمی Europa Geo 20-20 isotope ratio، اندازه‌گیری شد، که در هماهنگی با یک آنالیز کننده‌ی ANCA-SL در ادامه‌ی آن روش بود (EA-IRMS). تقریباً ۱/۵ میلی‌گرم از ژلاتین منجمد شده‌ی خشک، در کپسول‌های نازک برای اشتعال اتوماتیک قرار داده شدند. دی‌اکسید کربن و گاز نیتروژن توسط جداسازی کروماتوگرافی گازی در یک محوطه‌ی ۶۰ درجه سانتی‌گرادی دریافت شدند، و هم‌زمان برای اندازه‌گیری ایزوتوپی در مقدار کل نیتروژن و کربن آلی آنالیز شد.

استانداردها و نمونه‌های شاهد برای کالیبره کردن داخلی طی آزمایش وجود داشتند. تمام داده‌ها با مقیاس VPDB و نیتروژن هوا گزارش شدند، که با استانداردهای داخلی لوسین (-22/7 ‰ for $\delta^{13}C$, 1.8‰ for $\delta^{15}N$)، کلاژن GNS

۱. به‌دلیل کمبود بودجه‌ی مالی، امکان آنالیز ایزوتوپی ماهی‌های امروزی میسر نشد.

Archive of SID

www.SID.ir

for $\delta^{13}C$, 0.4‰ for $\delta^{15}N$) EDTA و (-20/85 ‰ for $\delta^{13}C$, 9.41‰ for $\delta^{15}N$) ‰ 30/6-) تنظیم و نرمال شدند. دقت آنالیزی نوعی برای این اندازه‌گیری‌ها ±0.1‰ برای $\delta^{13}C$ و ±0.3‰ برای $\delta^{15}N$ است (Beavan, 2009 ,Present[1] Com-ment).

در این پژوهش دندان‌های باستانی، مورد مطالعه قرار گرفته و از دستگاه Gas Chromatography-Mass Spectrometer استفاده شده است. لازم به ذکر است که نمونه‌های دندان انسان، توسط آزمایشگاه رادیوکربن Rafter، در کشور نیوزیلند، آماده‌سازی و آنالیز شده اند.

نتایج آزمایش

نتایج آنالیز ایزوتوپ پایدار درجدول ۱ نشان داده شده است.

◄ جدول ۱. نتایج آنالیز ایزوتوپ پایدار کربن و نیتروژن (نگارندگان، ۱۳۹٤).

شماره	نام ترانشه و شماره فیچر	جنس	ایزوتوپ پایدار کربن ۱۳	ایزوتوپ پایدار نیتروژن ۱۵
۱	AH2xxl F:23	مرد	-20	10.4
۲	AH2XX F:33	زن	-19.7	8.7
۳	T.AH2XX F:18 D:26, 16	زن	-19.8	9.2
۴	T.AJ2XX F:38	نامشخص	-19.9	9.7
۵	T.AH2XXI F:62 D:22, 30M	مرد	-20.0	10.5
۶	T.T.M SK.I F:18	نامشخص	-19.4	10.2
۷	T.AL2XXI F:6 D:24, 39M	نامشخص	-19.9	8.8
۸	T.AL2XX F:9 D:25, 95M	نامشخص	-17.8	11.3
۹	AH2XXI F:37 D:24, 47	نامشخص	-20.1	10.5
۱۰	T.AI2XXI F:15 D:23,79	نامشخص	-20.2	12.1
۱۱	AH2XXII F:7 D:19, 80M	نامشخص	-20.0	10.1
۱۲	T.AI2XX F:32 D:25,40M	زن	-20.0	9.9

نمونه‌های مورد آزمایش (۱۲ عدد)، شامل ۳ زن، ۲ مرد و ۷ نمونه با جنسیت نامشخص هستند. محدوده‌ی نتایج ایزوتوپ پایدار کربن ۱۳ نمونه‌های مورد آزمایش (۱۲ نمونه) از ‰ 20/2 - تا ‰ 17/8 - با میانگینی حدود ±0/64 ‰ 19/7 - می‌باشد و نتایج ایزوتوپ پایدار نیتروژن ۱۵، از ‰ 8/7 تا ‰ 12/1 با میانگینی حدود ±0/93 ‰ 10/1275 می‌باشد. نتایج ایزوتوپی، تراکم در رژیم غذایی را در میان اشخاص دفن شده در گوهرتپه نشان می‌دهد (شکل ۵).

اما در میان ۱۲ نمونه، ۲ نمونه با جنسیت نامشخص، نمونه‌ی شماره ۸، با :$\delta^{13}C$ 17/8 - و :$\delta^{15}N$ 11/3 و نمونه‌ی شماره ۱۰، با :$\delta^{13}C$ - 20/2 و :$\delta^{15}N$ 12/1، از نظر نتایج ایزوتوپی دامنه‌ی[2] تقریباً متفاوتی را نسبت به ۱۰ نمونه‌ی دیگر نشان می دهند.

بحث و تحلیل

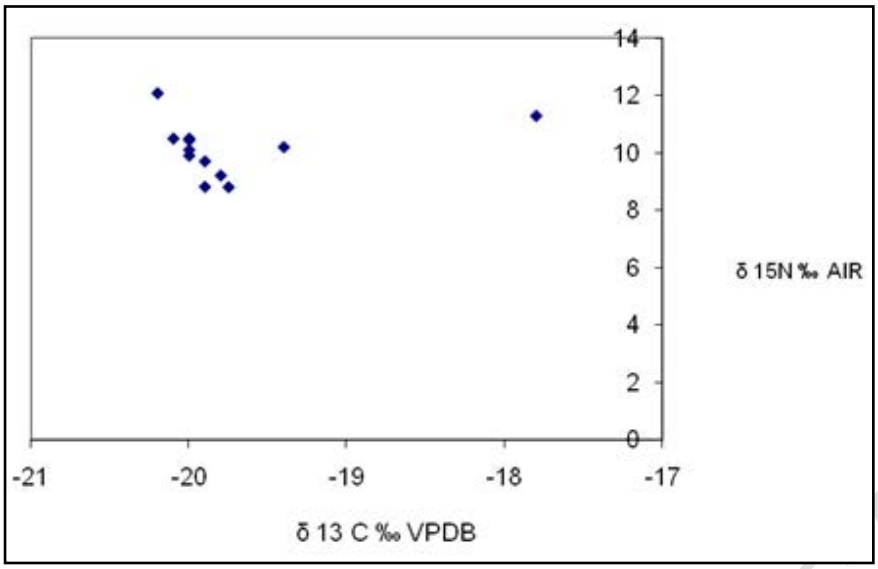
دریاچه‌ها در داشتن دامنه‌ی متنوع و وسیعی از سطوح ایزوتوپ کربن ۱۳، به نوعی با هم شباهت دارند؛ برای مثال، دریاچه‌ی بایکال، در داشتن دامنه‌ی وسیعی از سطوح

---

۱. خانم نانسی بیوان، مسئول آزمایشگاه رادیو کربن Rafter از مؤسسه GNS در کشور نیوزیلند است، که روش آماده‌سازی و آنالیز نمونه‌ها از طریق مکاتبه‌ی مستقیم با ایشان بیان شده است.

2. Range

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۵. توزیع ایزوتوپی (کربن و نیتروژن) نمونه‌های گوهرتپه (نگارندگان، ۱۳۹٤).◄

ایزوتوپ پایدار کربن برای ماهی، غیرمعمولی است. سطوح ایزوتوپی این دریاچه توسط کاتزنبرگ و وِبِر در سال ۱۹۹۹ م. مطالعه شده است، طی مکاتباتی که با پروفسور کاتزنبرگ انجام شد، به نظر وی از آن‌جایی‌که در رابطه با سطوح ایزوتوپ ماهی‌ها و جانوران آبزی دریای خزر مطالعه‌ی جامعی صورت نگرفته، درنتیجه صحبت در این مورد سخت است. اما به احتمال زیاد شرایط ایزوتوپی دریای خزر نیز مانند دریاچه‌ی بایکال با بقیه جاها متفاوت است (Katzenberg, 2009 ,Present comment)[۱].

بحث ما بیشتر برروی ۲ نمونه‌ی شماره‌های ۸ و ۱۰ متمرکز است. نمونه‌هایی که احتمال وجود ماهی را در رژیم غذایی ساکنان گوهرتپه افزایش می‌دهد. دیگر نمونه‌ها، سطح نیتروژن‌شان به اندازه‌ای نیست که بتوان از ماهی آب شیرین بحث کرد.

با توجه به شکل شماره‌ی ۱، شناسایی ماهی آب شیرین به‌عنوان یک منبع غذایی در رژیم غذایی ساکنان محوطه‌ی گوهرتپه، تاحدودی امکان‌پذیر است. در نمونه‌های مورد آزمایش از گوهرتپه، دو نمونه‌ی شماره‌های ۸ و ۱۰، احتمال وجود ماهی آب شیرین را به‌عنوان یک منبع مورد استفاده‌ی غذایی در رژیم غذایی ساکنان گوهرتپه نشان می دهد (جدول ۱).

همان‌طورکه گفته شد، افزایش سطح ایزوتوپ نیتروژن ۱۵، با افزایش در مقدار نیتروژن ۱۵ در طول جذب از یک سطح تغذیه‌ای به سطح تغذیه‌ای دیگر و همچنین به تعداد مراحل زنجیره‌های غذایی، بستگی دارد و تفاوت‌های موجود در موقعیت تغذیه‌ای، روند غنای نیتروژن ۱۵ بین نمونه‌های موجود در زنجیره‌ی غذایی را شرح می‌دهد (Minagawa & Wada, 1984; Schoeninger & De-niro,1984). نتایج $\delta\ ^{15}N$ حاصل از داده‌های گوهرتپه، 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

۱. این مقاله برگرفته از پایان‌نامه دوره‌ی کارشناسی‌ارشد نویسنده‌ی مسئول است. طی مرحله‌ی تدوین بحث پایان‌نامه از مشاوره‌ی مستقیم خانم پرفسور کاتزنبرگ (دانشگاه کالگری) استفاده شد.

Archive of SID
www.SID.ir

اساس به‌نظر می‌رسد که به احتمال زیاد مقداری ماهی در رژیم غذایی ساکنان محوطه‌ی گوهرتپه وجود داشته است و همین موضوع ارتباط بین نسبت‌های کربن و نیتروژن را توضیح خواهد داد (نمونه‌ی شماره‌ی ۱۰ و نمونه‌ی شماره‌ی ۸ جالب توجه و مهم می‌باشد)، (Katzenberg, 2009, Present comment).

در بسیاری از مواقع، زمانی‌که تنوع زیادی در داده وجود ندارد، مشاهده‌ی روندها مشکل است. هرچند، در داده‌های ما به‌نظر می‌رسد یک ارتباط وارونه (معکوس) بین نسبت‌های ایزوتوپ پایدار کربن و نیتروژن وجود دارد، اما از نظر آماری قابل‌توجه نیست. وجود این ارتباط معکوس ممکن است به‌خاطر آن باشد که احتمالاً ماهی دریاچه‌ی خزر دارای ایزوتوپ نیتروژن بالاتر و ایزوتوپ کربن منفی‌تری است (Kat-zenberg, 2009 ,Present comment).

علاوه‌بر این در مورد تدفین شماره‌ی ۱۰، که سطح نسبتاً بالایی از ایزوتوپ پایدار نیتروژن دارد (12/1‰)، احتمالاً سطوح نسبتاً بالای ایزوتوپ پایدار نیتروژن ۱۵ در ترکیب با سطوح پایین‌تر ایزوتوپ پایدار کربن ۱۳، مصرف ماهی آب شیرین را نشان می‌دهد (Lanting & Van der Plicht, 1995/1996, 1998; Hedges & Rey-nard, 2007; Katzenberg & Weber, 1999; Katzenberg et al., 2009).

از آن‌جایی‌که جنس و مهم‌تر از آن سن این دو نمونه برای ما مشخص نیست؛ طبق نظر پروفسور کاتزنبرگ، ما ۲ احتمال در پیش‌رو داریم: ۱- اگر این مورد، نوزاد یا بچه‌ی کم سن‌وسال باشد، سطح بالای ایزوتوپ پایدار نیتروژن، تأثیر سطح تغذیه‌ای پرستاری را منعکس می‌کند (Fogel et .al.,1989; Reviewed by Kat-zenberg et al., 1996). ۲- در صورتی‌که نمونه‌ی فوق بزرگسال باشد، سطح بالای ایزوتوپ مشهود در این نمونه، نشان‌دهنده‌ی وجود ماهی و منابع آبی (البته از نوع آب شیرین) در رژیم غذایی این فرد و بنابراین در این محوطه است. براساس مشاهدات ما از این نمونه‌ی دندانی، ظاهر و اندازه‌ی آن با دندان کودکان تناسب نداشته و به احتمال قریب به یقین، این اسکلت متعلق به کودکان و بچه‌های کم سن‌وسال نبوده است؛ از طرفی دیگر، نزدیکی محوطه‌ی گوهرتپه به منابع آب شیرین، نیز امکان درست بودن احتمال دوم را افزایش می‌دهد (Katzenberg, 2009, Present comment).

هرچند وجود ماهی آب شیرین در رژیم غذایی ساکنان محوطه‌ی گوهرتپه تاحدودی برای ما آشکار شده است؛ اما برای اثبات مستدل‌تر این موضوع، انجام آنالیز ایزوتوپی برروی نمونه‌های موجودات زنده از محیط‌های آب شیرین همان منطقه ضروری است؛ چراکه بقایای استخوان ماهی در محوطه یافت نشده است و امکان استخراج کلاژن باستانی از آن‌ها وجود ندارد. هرچند وابستگی محلی ترکیب ایزوتوپی ماهی آب شیرین، ممکن است دارای مزیت باشد، با این وجود در محوطه‌هایی که امکان تغییرات اقتصادی یا مهاجرت‌های انسانی انتظار می‌رود، آنالیزهای ماهی باستانی به‌همراه نمونه‌های محلی جدید می‌تواند امکان مصرف ماهی صید شده در دیگر محیط‌ها و منشاءهای ماهی آب شیرین را پیشنهاد دهد (Dufour et al., 1999). از این‌رو، ضروری است آنالیز پستانداران یا خزندگان منابع آب شیرین از همان محوطه و یا آنالیز ماهی امروزی از سیستم‌های آب شیرین محلی مورد توجه قرار گیرد (Katzenberg & Weber, 1999).

Archive of SID

www.SID.ir

نتیجه‌گیری

براساس نتایج به‌دست آمده از آنالیز $\delta^{15}N$ تعدادی از نمونه‌های مورد مطالعه‌ی گوهرتپه، می‌توان مصرف رژیم غذایی‌ای مرکب از حیوانات زمینی و ماهی (البته از نوع آب شیرین) را برای ساکنین این محوطه نشان‌داد. میزان بالای $\delta^{15}N$ در دو نمونه‌ی شماره‌های ۸ و ۱۰، نسبت به $\delta^{15}N$ افرادی که منابع گوشتی رژیم غذایی آن‌ها تنها حیوانات زمینی است، نشانگر وجود مقداری ماهی در رژیم غذایی ساکنان محوطه‌ی گوهرتپه است و همین موضوع ارتباط بین نسبت‌های کربن و نیتروژن را توضیح خواهد داد.

به‌طور خاص در تدفین شماره‌ی ۱۰، سطح ایزوتوپ پایدار نیتروژن ۱۵ نسبتاً بالا (‰ 12/1-) و ایزوتوپ پایدار کربن ۱۳ پایین (‰ 20/2-) است. با توجه به شواهد و مستندات بحث شده در بالا، به احتمال زیاد شرایط ایزوتوپی دریاچه‌ی خزر با بقیه جاها متفاوت است و ماهی دریاچه‌ی خزر دارای ایزوتوپ نیتروژن بالاتر و ایزوتوپ کربن منفی‌تری است؛ بنابراین وجود این ترکیب معکوس، احتمال وجود مصرف ماهی آب شیرین را در رژیم غذایی این فرد نشان می‌دهد. علاوه‌بر این، عدم تعیین سن و جنسیت در دو مورد شماره‌های ۸ و۱۰، دو احتمال را در مورد رژیم غذایی آن‌ها قابل تصور کرده است که شرح داده شد؛ اما شواهد ظاهری نمونه‌ها و وجود منابع آب شیرین، نتیجه‌گیری ما را درباره‌ی وجود مصرف ماهی آب شیرین قابل‌قبول کرده است.

سپاسگزاری

در پایان، لازم است از همکاری صمیمانه‌ی معاونت محترم پژوهشی دانشگاه تربیت مدرس برای پشتیبانی مالی این تحقیق، از همکار محترم مرحوم آقای دکتر خادمی برای هماهنگی لازم جهت ارسال نمونه‌ها، از جناب آقای علی ماهفروزی سرپرست محترم کاوش‌های باستان‌شناسی محوطه‌ی گوهرتپه مازندران برای در اختیار قرار دادن نمونه‌های دندان و از خانم نانسی بیوان از مؤسسه‌ی GNS نیوزیلند برای انجام آزمایشات، تقدیر و تشکر نماییم.

کتابنامه

– شیخ‌شعاعی، فهیمه و موسوی‌کوهپر، سید مهدی و وحدتی‌نسب، حامد، ۱۳۹۰، «بازسازی رژیم غذایی محوطه‌ی باستانی گوهرتپه‌ی مازندران براساس آنالیز ایزوتوپی نمونه‌های دندانی به‌دست آمده از آن محوطه، مجله‌ی *مطالعات باستان‌شناسی* (مجله‌ی سابق دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه تهران)، دوره ۳، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۰، شماره پیاپی ۴، صص: ۱۴-۱.

– فروزانفر، فرزاد، ۱۳۸۴، «گزارش انسان‌شناسی گوهرتپه بهشهر، گزارش توصیفی فصل چهارم کاوش باستان‌شناسی گوهرتپه رستمکلا-مازندران، مرکز اسناد پژوهشکده باستان شناسی (منتشر نشده).

– ماهفروزی، علی، ۱۳۸۶، «گزارش پنجمین فصل مطالعات و سومین فصل کاوش باستان‌شناسی در گوهرتپه مازندران»، مرکز اسناد پژوهشکده باستان شناسی (منتشر نشده).

Archive of SID
www.SID.ir

- Ambrose S. H., 1991, "Effects of diet, climate and physiology on nitrogen isotope abundances in terrestrial foodwebs", *Journal of archaeological science* 18: 293-317.

- Ambrose, S. H., 1993, "Isotopic analysis of palaeodiets: methodological and interpretive considerations", in: Sandford, M.K. (Ed.), *Investigation of Ancient Human Tissue: Chemical Analyses in Anthropology*, Gordon and Breach, Langhorne, Pennsylvania, U.S.A., pp. 59-130.

- Bender, M. M., Baerreis D. A. & Steventon R. L., 1981, "Further lighton carbon isotopes and Hopewell agriculture", *American Antiquity* 46: 346–353.

- Bocherens H. & Drucker D., 2003, "Trophic level isotopic enrichment of carbon and nitrogen in bone collagen: case studies from recent and ancient terrestrial ecosystems", *International Journal of Osteoarchaeology*, 13: 46–53.

- Bocherens H., 1997, "L'apport de la bioge´ochimie isotopique a` la connaissance des comportements de subsistance des chasseurs cueilleurs anciens," *Etudes et Recherches Arche´ologiques de l'Universite´ de Lie`ge,* 83: 235-264.

- Cabana G. & Rasmussen J. B., 1994, "Modelling food chain structure and contaminant bioaccumulation using stable nitrogen isotopes", *Nature*, 372: 255-257.

- Cleyet-Merle J. J., 1990, *La Pre´histoire de la Pe^che,* Paris: Editions Errance.

- Day S. P., 1996, "Dogs, deer and diet at Star Carr: a reconsideration of C-isotope evidence from Early Mesolithic dog remains from the Vale of Pickering", Yorkshire, England, *Journal of Archaeological Science,* 23:783-787.

- DeNiro M. J. & Epstein S., 1978, "Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals", *Geochimica et Cosmochimica Acta,* 42: 495-506.

- DeNiro M. J. & Hastorf C. A., 1985, "Alteration of 15N/14N and-13C/12C ratios of plant matter during the initial stages of Diagenesis: Studies Utilizing Archaeological Speciments from Peru", *Geochimica et Cosmochimica Acta* 49: 97-115.

- DeNiro M. J., 1987, "Stable Isotopy and Archaeology", *American Scientist* 75: 182-191.

- Dufour E., Bocherens H., & Mariotti A., 1999, "Palaeodietary Implications of Isotopic Variability in Eurasian Lacustrine Fish", *Journal of Archaeological Science,* 26: 617-627.

- Estep M. L. F. & Vigg S., 1985, "Stable carbon and nitrogen isotope tracers of trophic dynamics in natural populations and fisheries of the Lahontan lake system, Nevada", *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 42: 1712-1719.

- Faure G., 1986, *Principles of Isotope Geology*, Second Edition, John Wiley and Sons, New York.

- Fogel M., Tuross N. & Owsley D. W., 1989, "Nitrogen isotope tracers of human lactation in modern and archaeological populations", in: *Annual Report of the Director, Geophysical Laboratory, Carnegie Institution*, pp. 111-117.

Archive of SID

www.SID.ir

- France R. L., 1995a, "Stable nitrogen isotopes in fish: literature synthesis on the influence of ecotonal coupling, Estuarine", *Coastal and Shelf Science*, 41: 737-742.

- France R. L., 1995b, "Differentiation between littoral and pelagic food webs in lakes using stable carbon isotopes", *Limnology and Oceanography,* 40: 1310-1313.

- France R. L., 1995c, "Source variability in ä15N of autotrophs as a potential aid in measuring allochthony in freshwaters", *Ecography*, 18: 318-320.

- France R. L., 1995d, "Carbon-13 enrichment in benthic compared to planktonic algae: foodweb implications", *Marine Ecology Progress Series,* 124: 307-312.

- France R. L., 1994, "Nitrogen isotopic composition of marine and freshwater invertebrates", *Marine Ecology Progress Series,* 115:205–207.

- Fry B. & Sherr E. M., 1984, "ä13C measurements as indicators of carbon flow in marine and freshwater ecosystems", *Contributions in Marine Science,* 27: 13-47.

- Gu B., Schelske C. L. & Hoyer M. V., 1996, "Stable isotopes of carbon and nitrogen as indicators of diet and trophic structure of the fish community in a shallow hypereutrophic lake", *Journal of Fish Biology,* 49:1233-1243.

- Hedges R. E. M. & Reynard L. M., 2007, "Nitrogen isotopes and the trophic level of humans in archaeology", *Journal of Archaeological Science,* 34: 1240-1251.

- Hobson K. A. & Welch H. E., 1995, "Cannibalism and trophic structure in a high Arctic lake: insights from stable-isotope analysis", *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 52: 1195-1201.

- Hoefs J., 1997, *Stable Isotope Geochemistry,* Berlin: Springer.

- Hutchinson D. L., Larsen, C. S., Schoeninger, M. J. & Norr, L., 1998, "Regional variation in the pattern of maize adoption and use in Florida and Georgia", *American Antiquity* 63: 397–417.

- Katzenberg M. A., 1989, "Stable isotope analysis of archaeological faunal remains from southern Ontario", *Journal of Archaeological Science,* 16: 319–329.

- Katzenberg, M. A., 1992, "Advances in stable isotope analysis of prehistoric bones", In: Saunders, S.R., Katzenberg, M.A. (Eds.), *Skeletal Biology of Past Peoples: Research Methods.* Wiley-Liss, New York, pp. 105–119.

- Katzenberg M. A., Herring D. A. & Saunders S. R., 1996, "Weaning and infant mortality: evaluating the skeletal evidence", *Yearbook of Physical Anthropology,* 39: 177- 199.

- Katzenberg M. A. & Weber A., 1999, "Stable isotope ecology and palaeodiet in the Lake Baikal region of Siberia", *Journal of Archaeological Science,* this issue.

- Katzenberg, M.A., Goriunova O. & Weber, A., 2009, "Paleodiet reconstruction of Bronze Age Siberians from the mortuary site of Khuzhir-Nuge XIV, Lake Baikal", *Journal of Archaeological Science* 36: 663–674.

- Keeley J. E. & Sandquist D. R., 1992, "Carbon: freshwater plants", *Plant, Cell and Environment,* 15: 1021-1035.

- Lanting J. N., Van der Plicht J., 1995/1996, "Wat hebben Floris V, skelets Swifterband S2 en visotters gemeen?" *Palaeohistoria*, 37/38: 491-519.

Archive of SID

www.SID.ir

- Lanting J. N., Van der Plicht J., 1998, "Reservoir effects and possible 14C ages", *The Journal of Irish Archaeology,* 9:151-165.

- Mauseth J. D., 2008, "Botany: An Introduction to Plant Biology (4 ed.)", *Jones & Bartlett Publishers,* p. 252, ISBN 978-0-7637-5345-0.

- Mays S., 1998, *The Archaeology of Human Bones, Google Book*, Com.

- Minagawa M. &Wada E., 1984, "Stepwise enrichment of 15N along food chains: further evidence and the relation between ä15N and animal age", *Geochimica et Cosmochimica Acta,* 48:1135-1140.

- Noel J. B. L., 1921, "A Reconnaissance in the Caspian Provinces of Persia", *Th e Geographical Journal,* 57:401-415.

- Norr L., 1995, "Interpreting Dietary Maize from Bone Stable Isotopes in the American Tropics:The State of the Art", in: *Archaeology of the Lowland American Tropics,* edited by P.W. Stahl, pp. 198-223, Cambridge University Press, Cambridge.

- O'Leary M. H., 1981, "Carbone Isotope Fractionation in Plants", *Phytochemistry* 20: 553-567.

- O'Leary M. H., 1988, "Carbon isotope in photosynthesis", *Bioscience* 38: 328-336.

- Rau G. H. & Anderson N. H., 1981, "Use of 13C/12C to trace dissolved and particulate organic matter utilization by populations of an aquatic invertebrate", *Oecologia*, 48:19-21.

- Sahney, S. & M.V.H. Wilson., 2001, "Extrinsic labyrinth infillings imply open endolymphatic ducts in Lower Devonian osteostracans, acanthodians, and putative chondrichthyans", *Journal of Vertebrate Paleontology* 21: 660-669.

- Schoeninger M. J. & DeNiro M. J., 1984, "Nitrogen and carbon isotopic composition of bone collagen from marine and terrestrial animals", *Geochimica et Cosmochimica Acta,* 48:625-639.

- Schwarcz H. P., Melbye J., Katzenberg M. A. Knyf M., 1985, "Stable isotopes in human skeletons of southern Ontario: Reconstructing paleodiet", *Journal of Archaeological Science,* 12: 187-206.

- Sołtysiak A., Mahfroozi A., 2008, "Short Fieldwork Report: Gohar Tepe and Goldar Tepe (Iran)", seasons 2006–2007, *Bioarchaeology of the Near East,* 2: 71–77.

- Spies R. B., Krueger H., Ireland R. & Rice D. W., Jr, 1989, "Stable isotope ratios and contaminant concentrations in a sewage distorted food web", *Marine Ecology Progress Series,* 54:157-170.

- Tieszen L. L., Boutton T. W., Tesdahl K. G., and Slade N. A., 1983, "Fractionation and turnover of stable carbon isotopes in animal tissues: Implications for δ13C analysis of diet", *Oecologia* 57: 32-37.

- Tykot H. R., 2004, *Isotope Analyses and the Histories of Maize, Department of Anthropology,* University of South Florida, Tampa, Florida , Copyright © 2006 by Academic Press.

- Vogel J. C., 1978, "Recycling of carbon in a forest environment", *Oecologia Plantarum* 13: 89-94.

- Zenkevich, L. A., 1963, *Biology of the seas of the USSR, Izd,* AN SSSR, Moscow, 739 pp (in Russian).

- http://caspian.iwlearn.org/caspian-1/biodiversity-1/animals-of-the-caspian-sea.

Archive of SID

www.SID.ir