پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران 48

Bu-Ali Sin University

Iranian Scientific Archaeological Association

پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران

Archaeological Research of Iran

P. ISSN: 2345-5225 & E. ISSN: 2345-5500

Homepage: https://nbsh.basu.ac.ir/

Vol. 16, No. 48, 2026

Population Mobility of Mersin Chal Residents During the Second Half of the First Millennium BC

Sahar Bakhtiari[1], Seyed Mehdi Mousavi[2], Mohammadreza Nemati[3]

https://doi.org/10.22084/nb.2025.29148.2666
Received: 2024/03/27; Revised: 2024/06/30; Accepted: 2024/07/24
Type of Article: **Research**
Pp: 99-124

Abstract

The Mersin Chal Cemetery lies on the southern bank of the Esperu River, southwest of Telajim village in Mehdishahr city, Semnan Province. It is situated on the southern slopes of the Eastern Alborz Mountains, between the desert regions and the Central Iranian Plateau on one side and northern and northeastern Iran on the other. It lies along the ancient east-west communication route, known as the Great Khorasan Road. Absolute chronology analysis indicates that the cemetery dates to the Achaemenid, Seleucid, and Parthian periods. This cemetery is highly significant, as it represents the first Achaemenid site excavated in the Semnan region. It highlights the Achaemenid Empire's dynamics on a regional scale. Its importance is further underscored by its proximity to the Qumis civilization. In this regard, one aim of the third season of archaeological excavations at the Mersin Chal cemetery was to identify and investigate burial practices and to conduct biological anthropology studies. This study aimed to estimate age at death, determine sex, and identify indigenous and non-indigenous individuals buried in the cemetery through bioarchaeological research. To achieve these objectives, the following questions were posed: (1) What methods were used to estimate age and determine sex of individuals buried in this cemetery? (2) How can indigenous and non-indigenous individuals be distinguished? To address these questions, the study employed 87Sr/86Sr stable isotope analysis of tooth enamel samples from human remains in 12 of the 49 excavated graves at the Mersin Chal cemetery, along with SPSS statistical techniques. Analysis of stable strontium isotope ratios in adult male and female skeletons from the Mersin Chal cemetery suggests that an indigenous community most likely used the site during the latter half of the first millennium BC.

Keywords: Mersin Chal Cemetery, The Second Half of the First Millennium BC, Mobility, Tooth Enamel, Strontium Isotope.

1. Department of Archaeology, Faculty of Humanities, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran (Corresponding Author).
Email: bakhtiari_sahar@yahoo.com
2. Department of Archaeology, Faculty of Humanities, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
3. Iranian Center of Archaeological Research, Research Institute of Cultural Heritage and Tourism (RICHT), Tehran, Iran.

Citations: Bakhtiari, S., Mousavi, S. M. & Nemati, M. R., (2026). "Population Mobility of Mersin Chal Residents During the Second Half of the First Millennium BC". *Archaeological Research of Iran,* 16(48): 99-124. https://doi.org/10.22084/nb.2025.29148.2666

Journal of Department of Archaeology, Faculty of Art and Architecture, Bu-Ali Sina University, Hamadan, Iran.

Copyright © 2026 The Authors. Published by Bu-Ali Sina University.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

© The Author(s)

Introduction

The strontium (Sr) isotope ratio is an important geochemical tracer employed across various disciplines, including archaeology, ecology, food authenticity studies, forensics, and more (Willmes et al., 2013: 763). In archaeology, Sr isotope analysis was pioneered by Erickson and has since become a widely adopted method for investigating patterns of human and animal mobility (Blank et al., 2018: 4). Strontium consists of four stable isotopes: 84Sr, 86Sr, 87Sr, and 88Sr; 87Sr originates from the decay of 87Rb (Dorado et al., 2012: 88). Analysis of strontium isotopes in archaeological materials such as teeth and bones is a valuable method for examining historical human mobility patterns (Willmes et al., 2018: 4; Bentley, 2006: 135-136; Gregoricka, 2021: 20). This technique relies on variations in strontium isotope ratios, which are shaped by local geology, because the 87Sr/86Sr ratio differs among rock and sediment types (Price, 2015: 78). Certain rocks, such as basalt, contain low levels of 87Sr, whereas others, like granite, are rich in it. In sedimentary rocks, the 87Sr concentration is closely linked to geological age, reflecting changes in the isotopic composition of seawater through time (Sołtysiak, 2020a: 116). Strontium isotope ratios vary with the bedrock type that forms the soil and also differ between individuals consuming marine or terrestrial resources (Katzenberg, 2008: 430). Through weathering, strontium from rocks is released and incorporated into the cycles of soil, vegetation, and animals. Humans, in turn, absorb strontium through their diet. Because strontium is chemically similar to calcium, it substitutes for calcium in biological apatite (bones and teeth), (Bentley, 2006: 141; Willmes et al., 2018: 4). Dental enamel is widely regarded as the ideal material for examining prehistoric human and animal mobility, owing to its greater resistance to diagenesis and contamination than bone (Blank et al., 2018: 5). "The strontium isotope ratio in tooth enamel reflects the bedrock geology of an individual's birthplace. In contrast, the strontium isotope ratio in their bones, together with plant and animal remains and the surrounding bedrock, reveals the environment the individual experienced during adulthood" (Goodarzi et al., 2022: 61). This characteristic is useful for tracking mobility and changes in geological environment. "If an individual relocates to an area with different geological conditions or is buried in a new region, the isotopic composition of their dental enamel will not correspond to that of the new location" (Price, 2015: 78). This discrepancy enables the identification of individuals as migrants based on differing 87Sr/86Sr signatures in their teeth (Bentley et al., 2003: 474).

Discussion

Mersin Chal Cemetery, located along the southeastern shore of the Caspian Sea, is recognized as "the first archaeological site from the Achaemenid

period to be unearthed in this region of Iran. This discovery provides valuable insights into the Achaemenid Empire's dynamics at the regional level" (Malekzadeh et al., 2023: 70). The Semnan region, historically known as Qumis or Hecatompylos, once served as the capital of the Parthians and was strategically situated along the Great Khorasan road of the Silk Road. This strategic location underscores its historical importance (Sharifi, 2019: 145). The East-West Road of Greater Khorasan served as a vital communication and trade route across the Iranian Plateau. It connected Central Asia to Khorasan and extended along the southern slopes of the Alborz Mountains, reaching Anatolia and Mesopotamia (Tahmasebi Zave & Iravani Ghadim, 2015: 77). Qumis now lies within Semnan Province, which makes the study of the Mersin Chal cemetery particularly significant because of its proximity to the Qumis civilization area. This underscores the importance of analyzing human bone data from the Mersin Chal cemetery to gain deeper insights into the population diversity, encompassing both indigenous and non-indigenous groups, of the communities that once inhabited this area. The location of this cemetery on the Iranian central plateau has long offered favorable environmental potential, supplying livelihood resources. Its strategic position along the communication route linking the East and West of the ancient world also played a crucial role. These advantageous conditions occasionally led to population movements and large-scale migrations into the region at certain times. In this study, displacement and mobility refer to the presence of non-local individuals within the community. "Being indigenous refers to individuals who have remained in a specific area for an extended period without significant migration during their lifetimes and have relied on native food resources" (Goodarzi et al., 2022: 53). Twelve skeletal remains with first molars were selected for strontium isotope analysis. This selection was because first molar enamel forms prenatally and generally retains a stable chemical composition over time (Price, 2015; Bentley, 2006; Hrnčíř & Laffoon, 2019: 3). Homogenization of sediment samples, chemical separation of strontium, and measurement of Sr isotope ratios were carried out at the Isotope Laboratory of Adam Mickiewicz University in Poznań. Strontium stable isotope analysis indicated that, although two samples displayed variations in their Sr ratios compared to the others, the evidence suggests that most of the samples were likely of local origin.

Conclusion

In 2021, under the supervision of Mohammad Reza Nemati, three trenches were opened during the third season of archaeological excavations at the Mersin Chal cemetery. Trench C11, measuring 10 x 5 meters, contained four graves. Trench D11, measuring 10 x 10 meters, yielded 17 graves. Similarly, Trench E11, also measuring 10 x 10 meters, revealed 28 graves. In total, these three trenches revealed 49 burials, all dating to the first

millennium BC. A total of 12 rectangular pit graves were selected for this study. These graves are comparable in construction, orientation, and grave goods. Each burial is individual, with the skeleton placed supine and oriented northeast-southwest. The remains are placed between vertical stone slabs, with two stones marking the grave, one at the head and the other at the feet. Recent radiocarbon (C14) analyses of human skeletons from the Mersin Chal cemetery have revealed that the cemetery remained in use during the late Achaemenid, Seleucid, and Parthian periods. The environmental potential and strategic position of the region have played a crucial role in maintaining cultural continuity there. Sr isotope analysis of dental enamel from human skeletal remains at the Mersin Chal cemetery indicates a distinct isotopic signature unique to the region, differing significantly from those of other areas. Sr isotope evidence revealed that, although two samples displayed variations in Sr ratios compared to the others, the cemetery was likely used predominantly by the local indigenous community during the second half of the first millennium BC. Moreover, the discovery of iron sickles in the graves might suggest agricultural activity in the region. Given the favorable climate and the biological resources available in the Telajim area, it is plausible that the inhabitants of the Mersin Chal met a portion of their subsistence needs using local resources. Consequently, large-scale movement to procure food supplies may not have been necessary. The similarity of burial practices and grave goods in this cemetery to those in the nearby Qumis area strongly highlights the indigenous culture and traditions of these people. There is no evidence of external influence on the burial methods or grave goods in the Mersin Chal cemetery. Overall, it can be concluded that most individuals buried in this cemetery likely experienced no significant displacement during their lifetimes and relied on a diet composed primarily of native, local resources.

Acknowledgements
This work is based upon research funded by Iran National Science Foundation (INSF) under project No. 4003216. The research also has been financed by the Polish National Science Center (Narodowe Centrum Nauki), Grant No. 2016/22/M/HS3/00353. The authors wish to thank Dr. Arkadiusz Sołtysiak for his kind guidance and the Isotope Laboratory of Adam Mickiewicz University in Poznań for strontium isotope analysis.

Observation Contribution
Throughout this research, the authors participated in consultation and collaboration, making equal contributions to the project.

Conflict of Interest
All authors declare that they have no conflicts of interest.

۴۸ پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران

پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران
فصلنامهٔ علمی پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران
P. ISSN: 2345-5225 & E. ISSN: 2345-5500
https://nbsh.basu.ac.ir نشانی پایگاه نشریه:
شمارهٔ ۴۸، دورهٔ شانزدهم، ۱۴۰۵

دانشگاه بوعلی سینا
انجمن علمی باستان‌شناسی ایران

جابه‌جایی جمعیتی ساکنان مرسین‌چال در نیمهٔ دوم هزارهٔ اول پیش‌ازمیلاد

سحر بختیاری[I]، سید مهدی موسوی[II]، محمدرضا نعمتی[III]

شناسهٔ دیجیتال (DOI): https://doi.org/10.22084/nb.2025.29148.2666
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۰۸، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۴/۱۰، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۰۳
نوع مقاله: پژوهشی
صص: ۱۲۴-۹۹

چکیده

گورستان مرسین‌چال در حاشیهٔ رودخانهٔ اسپه‌رو، جنوب‌غربی روستای تلاجیم در شهرستان مهدی‌شهر استان سمنان قرار گرفته است. این گورستان از یک‌سو حدفاصل مناطق کویری و فلات‌مرکزی ایران و از سوی دیگر شمال و شمال‌شرق ایران، در حاشیهٔ جنوبی البرز شرقی قرارگرفته است. گورستان مرسین‌چال در منطقه‌ای با پتانسیل‌های زیست‌محیطی غنی، کانسارهای معدنی و در مسیر شاهراه‌های ارتباطی شرق به غرب دنیای باستان (جادهٔ خراسان بزرگ) واقع‌شده‌است. مطالعات گاهنگاری مطلق نشان می‌دهد که این گورستان در دوره‌های هخامنشی، سلوکی و اشکانی مورداستفاده قرار می‌گرفته است؛ لذا این گورستان از یک‌سو به این جهت که اولین محوطهٔ هخامنشی کاوش شده در منطقهٔ سمنان است، بسیار مورد توجه است؛ چراکه بیانگر پویایی امپراتوری هخامنشی در سطح منطقهٔ مذکور می‌باشد و ازسوی دیگر به‌دلیل نزدیکی به حوزهٔ تمدنی قومس بسیار حائز اهمیت است. در این‌راستا، یکی از اهداف فصل سوم کاوش‌های باستان‌شناسی گورستان مرسین‌چال، شناسایی و بررسی شیوه‌های تدفین و مطالعات انسان‌شناسی‌زیستی بود؛ بنابراین، پژوهش حاضر با هدف تخمین سن، تعیین جنس و بومی یا غیربومی بودن ساکنین این گورستان ازطریق مطالعات زیست‌باستان شناسی مورد بررسی قرار گرفت. برای دستیابی به اهداف مذکور پرسش‌هایی مطرح شد، مبنی‌بر این‌که ۱) تخمین سن و تعیین جنس افراد مذکور در این گورستان به چه صورت است؟ ۲) چگونه می‌توان بومی یا مهاجربودن مردمان منطقه موردمطالعه را مشخص نمود؟ در راستای پاسخ‌گویی به پرسش‌های مذکور، پژوهش حاضر با استفاده از روش تحلیلی-آزمایشگاهی مطالعات آنالیز ایزوتوپ پایدار استرانسیوم (87Sr/86Sr) برروی نمونه‌های مینای دندان به‌همراه روش‌های آماری SPSS، بقایای اسکلت‌های انسانی ۱۲ گور از ۴۹ تدفین کاوش شدهٔ گورستان مرسین‌چال را موردمطالعه قرار می‌دهد. براساس آنالیز نسبت ایزوتوپ‌های پایدار استرانسیوم اسکلت‌های زنان و مردان بالغ گورستان مرسین‌چال، به‌عنوان نتیجهٔ نهایی مشخص گردید که به احتمال زیاد، این گورستان در طی نیمهٔ دوم هزارهٔ اول پیش‌ازمیلاد میزبان جامعه‌ای بومی بوده است.

کلیدواژگان: گورستان مرسین‌چال، نیمهٔ دوم هزارهٔ اول پیش‌ازمیلاد، جابه‌جایی جمعیتی، مینای دندان، ایزوتوپ استرانسیوم.

I. گروه باستان‌شناسی دانشکدهٔ ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران (نویسندهٔ مسئول).

Email: bakhtiari_sahar@yahoo.com

II. گروه باستان‌شناسی دانشکدهٔ ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

III. پژوهشکدهٔ باستان‌شناسی، پژوهشگاه میراث‌فرهنگی و گردشگری، تهران، ایران.

ارجاع به مقاله: بختیاری، سحر؛ موسوی، سیدمهدی؛ و نعمتی، محمدرضا، (۱۴۰۵). «جابه‌جایی جمعیتی ساکنان مرسین‌چال در نیمهٔ دوم هزارهٔ اول پیش‌ازمیلاد». پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران، ۱۶(۴۸)» ۹۹-۱۲۴.
https://doi.org/10.22084/nb.2025.29148.2666

فصلنامهٔ علمی گروه باستان‌شناسی دانشکدهٔ هنر و معماری، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان، ایران.

حق انتشار این مستند، متعلق به نویسنده(گان) آن است. ۱۴۰۵ © ناشر این مقاله، دانشگاه بوعلی‌سینا است. این مقاله تحت گواهی زیر منتشرشده و هر نوع استفاده غیرتجاری از آن مشروط بر استناد صحیح به مقاله و با رعایت شرایط مندرج در آدرس زیر مجاز است.
Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

© The Author(s)

مقدمه

گورستان مرسین‌چال با مختصات جغرافیایی X: 719131.920 و Y: 3991489.190 در حوضهٔ آبگیر سد فینسک، شرق روستای تلاجیم، حاشیهٔ جنوبی رودخانهٔ اسپه‌رو، بخش پشتکوه شهرستان مهدی‌شهر، در شمال‌غرب استان سمنان واقع شده است. پس از قطعی شدن احداث سد فینسک برروی رودخانهٔ اسپه‌رو (سفید رود) توسط شرکت آب‌منطقه‌ای استان سمنان، در مرحلهٔ مطالعاتی، سد مذکور بررسی و موجب شناسایی محوطهٔ مرسین‌چال گردید. این محوطه توسط «مرتضایی» و «ملکی» (۱۳۸۹) بررسی و شناسایی شد. اولین و دومین فصل کاوش‌های این محوطه در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۹ توسط «مهرداد ملکزاده» ملکزاده و همکارانش (۱۳۹۴) و فصل سوم این پژوهش‌ها در تابستان سال ۱۴۰۰ توسط دو هیأت به سرپرستی «محمدرضا نعمتی» (۱۴۰۰) و «عطا حسن‌پور» (۱۴۰۱) انجام گرفت. در کاوش باستان‌شناختی فصل سوم گورستان مرسین‌چال به‌سرپرستی محمدرضا نعمتی در سال ۱۴۰۰، سه ترانشه به ابعاد گوناگون ایجاد گردید. ترانشهٔ C11 به ابعاد ۱۰×۵ متر ایجاد شد که در این ترانشه، ۴ گور شناسایی و مورد کاوش قرار گرفت. ترانشهٔ D11 به ابعاد ۱۰×۱۰متر می‌باشد که از این ترانشه، ۱۷ گور به‌دست آمد. از ترانشهٔ E11 نیز با ابعاد ۱۰×۱۰ متر، ۲۸ گور شناسایی شد. درمجموع از این سه ترانشه، ۴۹ تدفین از نوع گورهای چاله‌ای متعلق به هزارهٔ اول پیش‌ازمیلاد شناسایی شد. سابقاً مطالعات کربن ۱۴ نشان می‌داد که این گورستان متعلق به دورهٔ هخامنشی است (Malekzadeh et al., 2023). اما علاوه‌بر کشف انگشترمهرهای متعلق به دوره‌های سلوکی/اشکانی از قبور مرسین‌چال، مطالعات گاهنگاری مطلق (C۱۴) که اخیراً برروی اسکلت‌های انسانی این گورستان صورت گرفته، نشان از استمرار این گورستان در دوره‌های اواخر هخامنشی، سلوکی و اشکانی دارد (شکل ۱)، (Nemati & Bakhtiari, 2025).

گورستان مرسین‌چال «اولین محوطهٔ دورهٔ هخامنشی است که در این قسمت از ایران، در کرانهٔ جنوب‌شرقی دریای خزر کاوش شده است؛ بنابراین این محوطه پویایی امپراتوری هخامنشی در سطح منطقه نشان می‌دهد» (Malekzadeh et al., 2023: 70). ازسوی دیگر منطقهٔ سمنان (قومس یا هکاتوم‌پلیس) زمانی پایتخت اشکانیان بوده که در حاشیهٔ شاهراه ارتباطی خراسان بزرگ (جادهٔ ابریشم) قرار گرفته بود و دارای موقعیت استراتژیکی مهمی بوده است[1](شریفی، ۱۳۹۸: ۱۴۵). جادهٔ شرقی-غربی خراسان بزرگ مهم‌ترین مسیر ارتباطی-تجاری در فلات ایران است که آسیای‌مرکزی را ازطریق خراسان و در امتداد دامنه‌های جنوبی رشته‌کوه‌های البرز به آناتولی و بین‌النهرین متصل می‌کند (Tahmasebi Zave & Iravani Ghadim, 2015: 77). امروزه قومس در محدودهٔ استان سمنان واقع شده است؛ لذا مطالعهٔ گورستان مرسین‌چال از نظر نزدیکی به حوزهٔ تمدنی قومس نیز بسیار حائز اهمیت است. این موضوع بر اهمیت مطالعهٔ داده‌های استخوانی گورستان مرسین‌چال جهت بازسازی تنوع‌جمعیتی (جمعیت بومی و غیربومی) مردمان ساکن در این منطقه می‌افزاید. نظر به این‌که تاکنون هیچ‌گونه مطالعه‌ای

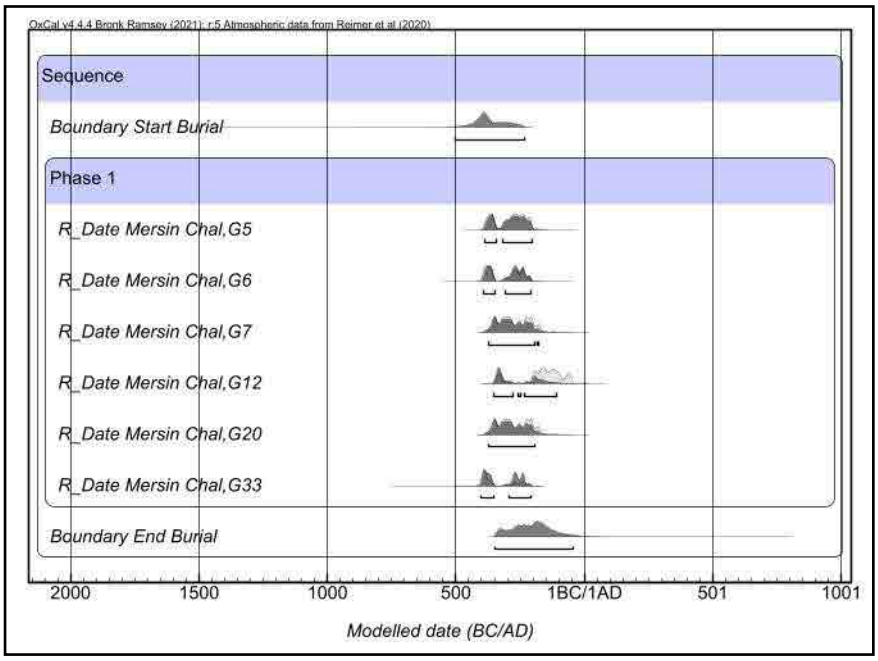
برروی بقایای اسکلتی گورستان مرسین‌چال صورت نگرفته است و باتوجه به این‌که موقعیت جغرافیایی این گورستان در فلات‌مرکزی به‌گونه‌ای بوده که همواره پتانسیل‌های زیست‌محیطی لازم را به‌لحاظ منابع معیشتی و هم‌چنین موقعیت سوق‌الجیشی، قرارگیری برروی شاهراه ارتباطی بین شرق و غرب دنیای باستان، برای مردمان گذشته مهیا می‌کرده است؛ لذا این شرایط مساعد گاهی در برهه‌هایی از زمان موجب جابه‌جایی جمعیت‌ها و مهاجرت‌های گسترده به‌سوی این منطقه می‌شده است. پژوهش حاضر درنظر دارد براساس آنالیز ایزوتوپ استرانسیوم به مطالعهٔ جابه‌جایی جمعیتی در محوطهٔ مرسین‌چال بپردازد. در این پژوهش، منظور از جابه‌جایی و تحرک، حضور افراد غیربومی در جامعه می‌باشد؛ «بومی بودن بدین‌معناست که آن‌ها در طول زندگی‌شان مهاجرت طولانی نداشته و از محصولات غذایی بومی استفاده می‌کرده‌اند» (گودرزی و همکاران، ۱۴۰۰: ۵۳).

پرسش و فرضیات پژوهش: در راستای اهداف پژوهش، پرسش‌ها و فرضیاتی مطرح گردید که عبارتنداز: ۱) تخمین سن و تعیین جنس افراد مذکور در این گورستان براساس چه پارامترهایی انجام شده است؟ طبق مطالعات بقایای اسکلتی می‌توان فرض نمود که غالباً متعلق به افراد بالغ هستند و مربوط به هر دو جنسیت زن و مرد می‌باشند. ۲) براساس مطالعات آنالیز ایزتوپ پایدار برروی داده‌های بیولوژیکی به‌دست آمده از کاوش‌های باستان‌شناختی گورستان مرسین‌چال، چگونه می‌توان بومی یا مهاجربودن مردمان منطقهٔ موردمطالعه را مشخص نمود؟ براساس آنالیز ایزوتوپ‌های پایدار استرانسیوم می‌توان بومی یا غیربومی بودن ساکنان گورستان مرسین‌چال را بازسازی نمود و فرض نمود که ساکنان منطقهٔ موردمطالعه دارای ترکیب جمعیتی بومی و مهاجر بوده‌اند.

روش پژوهش: پژوهش حاضر از نوع تحقیقات کابردی است که با رویکرد زیست‌باستان‌شناسی به مطالعهٔ بقایای اسکلتی به‌دست آمده از تدفین‌های گورستان مرسین‌چال می‌پردازد. با توجه به این‌که مطالعه در حوزهٔ زیست‌باستان‌شناسی متکی به مطالعات آزمایشگاهی برروی بقایای بیولوژیکی است؛ بنابراین، می‌توان بیان نمود که این پژوهش براساس ماهیت و روش مبتنی‌بر روش تجربی می‌باشد. از سوی دیگر، با توجه به این‌که حصول نتایج در این پژوهش متکی به تحلیل‌های آماری در راستای ارزیابی، مطالعه و تفسیر شرایط زیستی و اجتماعی جوامع گذشته می‌باشد؛ لذا روش توصیفی-تاریخی و توصیفی-تحلیلی را نیز می‌توان برای پژوهش حاضر درنظر گرفت. درمجموع باید متذکر گردید که این پژوهش با گردآوری اطلاعات موردنیاز به‌صورت عملی شامل مطالعات میدانی، آزمایشگاهی و آماری در جهت پاسخ به پرسش‌های پژوهش، به تجزیه و تحلیل داده‌ها و نتیجه‌گیری نهایی اقدام خواهد نمود.

مبانی نظری

نسبت‌های ایزوتوپ استرانسیوم ($^{87}Sr/^{86}Sr$) یک ردیاب ژئوشیمیایی کلیدی است که در طیف وسیعی از زمینه‌ها همانند: باستان‌شناسی، اکولوژی، مواد غذایی



شکل ۱: نمودار هم‌سنجی گاهنگاری مطلق C۱۴ نمونه‌های گورستان مرسین‌چال (Nemati and Bakhtiari, 2025: 175).

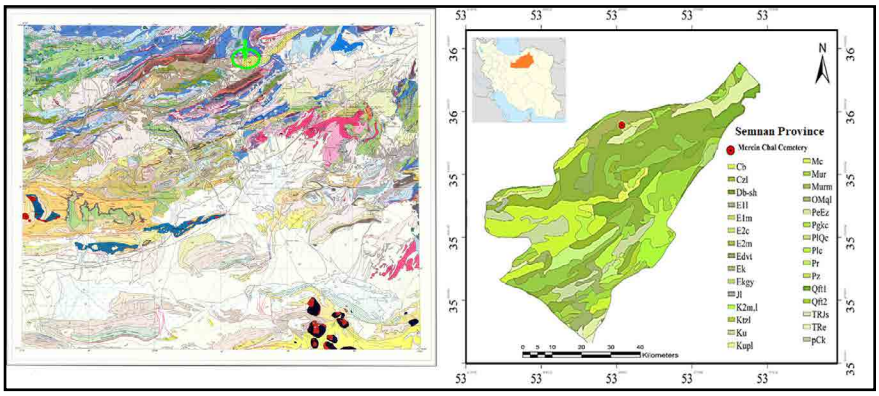
Fig. 1: Calibrated age of the radiocarbon dates from Mersin Chal Cemetery (Nemati and Bakhtiari, 2025: 175).

و علوم پزشکی قانونی استفاده می‌شود (Willmes et al., 2013: 763). در مطالعات باستان‌شناسی، آنالیز ایزوتوپ Sr توسط پژوهش‌های «اریکسون» معرفی‌شد و به یک روش استاندارد برای مطالعهٔ تحرک و جابه‌جایی انسان‌ها و جانوران تبدیل شده است (Blank et al., 2018: 4). عنصر استرانسیم دارای چهار ایزوتوپ پایدار است: 84Sr, 86Sr, 87Sr و 88Sr. 87Sr رادیوژنیک است و از واپاشی 87Rb ایجاد می‌شود (Dorado et al., 2012: 88). آنالیز ایزوتوپ‌استرانسیوم (87Sr/86Sr) نمونه‌های باستان‌شناسی (دندان‌ها و استخوان‌ها) یک روش مناسب برای شناسایی تحرک انسان در گذشته است (Willmes et al., 2018: 4; Bentley, 2006: 135-136; Gregoricka, 2021: 20)؛ زیرا تغییرات ایزوتوپ استرانسیوم با زمین‌شناسی محلی مرتبط است. نسبت ایزوتوپ استرانسیوم 87Sr/86Sr در انواع مختلف سنگ‌ها و رسوبات متفاوت است (Price, 2015: 78). برخی از سنگ‌ها (مانند بازالت) از لحاظ وجود ایزوتوپ 87Sr فقیر و برخی دیگر (همانند گرانیت) ازلحاظ ایزوتوپ 87Sr غنی هستند. در سنگ‌های رسوبی، به‌دلیل تغییرات زمانی در ترکیبات ایزوتوپی آب دریا، غلظت 87Sr به‌شدت با سن زمین‌شناسی مرتبط است (Sołtysiak, 2020a: 116). ایزوتوپ‌های استرانسیوم بسته به سنگ بستر زمینه‌ای که باعث ایجاد خاک می‌شود، متفاوت هستند و بین افراد تغذیه‌کننده از دریا و در مقابل افرادی که از منابع زمینی تغذیه می‌کنند، تفاوت وجود دارد (Katzenberg, 2008: 430). استرانسیوم موجود در سنگ‌ها در اثر هوازدگی آزاد می‌شود، وارد چرخهٔ خاک، پوشش گیاهی و جانوران می‌شود و ازطریق چرخه‌غذایی توسط انسان‌ها جذب می‌شود. استرانسیم ازنظر شیمیایی مشابه کلسیم می‌باشد و لذا جایگزین کلسیم در آپاتیت بیولوژیکی (استخوان‌ها، مینای دندان‌ها) می‌شود، جایی‌که هیچ عملکرد متابولیکی ندارد (Willmes et al.,

2018: 4; Bentley, 2006: 141). مینای دندان مادهٔ ترجیحی برای بررسی تحرک انسان‌ها و حیوانات پیش‌ازتاریخ است؛ زیرا نسبت به استخوان کمتر در معرض دیاژنز و آلودگی است (Blank et al., 2018: 5). یکی از مهم‌ترین معیارهای انتخاب اسکلت برای مطالعات ایزوتوپی، وجود دندان‌های مولر اول در شرایط مناسب است. ساختار (مینا) دندان‌های مولر در دوران پیش از تولد تشکیل می‌شود و پس از آن، ترکیب شیمیایی آن به‌طورکلی تغییر نمی‌کند (Price, 2015; Bentley, 2006; Hrnčíř & Laffoon, 2019: 3)؛ بنابراین «نسبت ایزوتوپ استرانسیوم مینای دندان نشانگر سنگ‌بستر محل تولد افراد می‌باشد و نسبت ایزوتوپ استرانسیوم در استخوان همان فرد، بقایای گیاهی، جانوری و سنگ‌بستر، بیانگر محیط زندگی فرد در دوران بزرگ‌سالی می‌باشد» (گودرزی و همکاران، ۱۴۰۰: ۶۱). این خصیصه می‌تواند برای ردیابی تحرک و جابه‌جایی در مناظر زمین‌شناسی متمایز استفاده شود، یعنی اگر «شخصی به مکان جدیدی با شرایط زمین‌شناسی متفاوت منتقل شود، یا در مکان جدیدی دفن شود، ایزوتوپ‌های مینای دندان با مکان‌های جدید مطابقت ندارند» (Price, 2015: 78)؛ لذا می‌توان فرد را به‌عنوان مهاجری که دندان هایش دارای امضاهای 87Sr/86Sr متفاوتی هستند، شناسایی نمود (Bentley et al., 2003: 474)؛ بنابراین، با آنالیز مقادیر ایزوتوپ استرانسیوم 87Sr/86Sr در مینای دندان‌های دائمی انسان (عمدتاً دندان‌های آسیاب اول) می‌توان تحرک و جابه‌جایی را در جمعیت‌ها نشان‌داد (Sołtysiak, 2020b). منظور از تحرک، مهاجرت ساکنین بین دو منطقه با سنگ‌بستر متفاوت یا بهره‌مندی از رژیم‌غذایی مبتنی‌بر منابع غیربومی می‌باشد. باید توجه‌داشت که «نسبت‌های ایزوتوپی استرانسیوم در جایی‌که مناطق ازنظر زمین‌شناسی تقریباً یکسان هستند، تفاوت قابل‌توجهی را نشان نمی‌دهد؛ بنابراین، یکی از مهم‌ترین الزامات مطالعات جابه‌جایی و تحرک براساس آنالیز ایزوتوپ استرانسیوم این است که منطقه باید دارای تنوع زمین‌شناسی کافی باشد؛ بنابراین، قبل از شروع هرگونه تجزیه و تحلیل، لازم است زمین‌شناسی منطقه‌ای که نمونه‌ها در آن یافت شده‌اند، مطالعه شود» (Kasiri & Zand Karimi, 2017: 360). همان‌طورکه در شکل ۲ مشاهده می‌شود، روستای تلاجیم برروی سازندهای شمشک واقع شده که شامل: ماسه‌سنگ، شیل، سنگ آهک نازک و... می‌باشد و ازنظر زمین‌شناسی از نواحی مجاور قابل تشخیص است. از آنجایی‌که تفاوت‌های زمین‌شناسی مستقیماً بر نسبت 87Sr/86Sr تأثیر می‌گذارند، می‌توان بقایای بیولوژیکی این منطقه را با مطالعات ایزوتوپی استرانسیوم به‌طور مؤثر مورد بررسی قرار داد.

پیشینهٔ پژوهش

«مطالعات بیوشیمی ایزوتوپی برروی نمونه‌های استخوان و دندان به روشی رایج در باستان‌جانورشناسی و دیرین‌انسان‌شناسی تبدیل شده است» (Mashkour et al., 2005). این مطالعات با هدف «مستندسازی شیوه‌های زندگی در دوران پیش‌ازتاریخ انجام می‌شوند، به‌ویژه شیوه‌هایی که مستلزم تحرک به‌عنوان نمود سازگاری



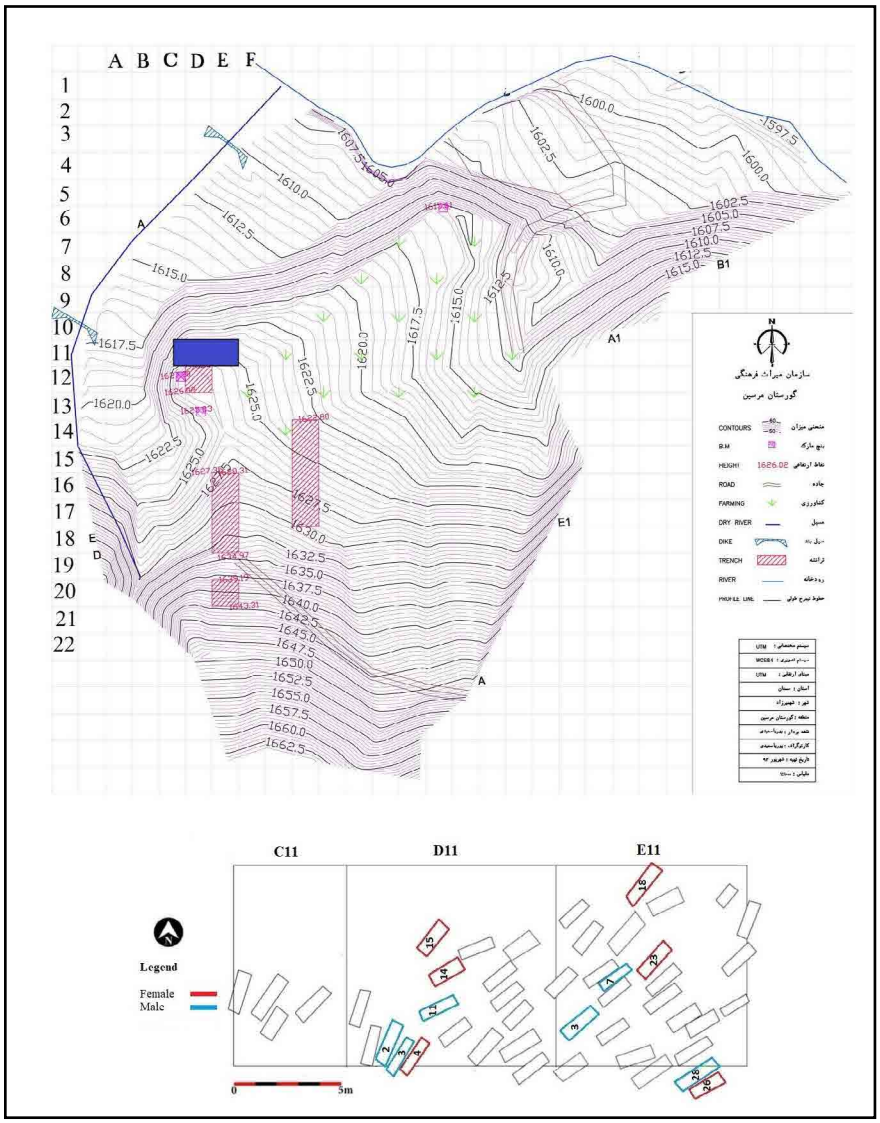
شکل ۲: نقشهٔ زمین‌شناسی استان سمنان و مناطق همجوار؛ منطقه‌ای که با رنگ سبز مشخص‌شده، محدودهٔ گورستان مرسین‌چال است (http://www.ngdir.ir). ◄

Fig. 2: Geological map of Semnan Province and adjacent areas. The green area marks the Mersin Chal Cemetery boundary (http://www.ngdir.ir)

اکولوژیکی یا تصمیمات اجتماعی-اقتصادی هستند» (Mashkour, 2003). یکی از شیوه‌های زیستی مبتنی‌بر تحرک، دامداری است. «دامداری همواره نقش اساسی در ساختار جوامع و اقتصاد خاور نزدیک باستان ایفا کرده است» (Mashkour & Abdi, 2002). این شیوهٔ اقتصاد معیشتی در هر دو الگوی زیستی یکجانشین و کوچ‌نشین مشاهده می‌شود (Mashkour et al., 2005). شیوهٔ زیستی کوچ‌نشینی نیز شامل انواع مختلفی از تحرک می‌شود که عبارتنداز: کوچ‌رویی، کوچ‌نشینی تخصصی، کوچ‌نشینی نیمه‌مستقل، کوچ‌نشینی عمودی و کوچ‌نشینی افقی (Bernbeck, 1992: 83). مطالعات گذشته با استفاده از آنالیز متریک بقایای استخوان‌های جانوری در توه‌خشکه (Mashkour & Abdi, 2002) و تپه تولایی (Bernbeck, 1992) و هم‌چنین براساس آنالیز ایزوتوپ پایدار δ18O و δ13C در جهت بررسی حرکات فصلی دام در عشایر بختیاری (Mashkour et al., 2005) و نحوهٔ بررسی کوچ‌نشینی در منطقهٔ زاگرس (Mashkour, 2003)، همگی مبتنی‌بر مطالعهٔ بقایای جانوری در جهت بررسی نحوهٔ تحرک بوده است. اما در دههٔ اخیر، مطالعات تحرک و جابه‌جایی‌های جمعیت‌های انسانی با رویکرد آنالیز ایزوتوپ پایدار 87Sr/86Sr برروی بقایای اسکلت‌های انسانی موردتوجه قرار گرفته‌است. امروزه آنالیز ایزوتوپ پایدار استرانسیوم به یکی از متداول‌ترین روش‌ها در مطالعات زیست‌باستان‌شناسی تبدیل شده است. برخی پژوهش‌هایی که با رویکرد مذکور در ایران انجام شده است، عبارتنداز: آنالیز ایزوتوپ‌های پایدار استرانسیوم برروی بقایای انسانی گورستان عصرآهن مسجد کبود تبریز (زندکریمی و همکاران، ۱۳۹۴؛ Kasiri & Zand Karimi, 2017; Ahmadzadeh et al., 2024)، آنالیز ایزوتوپ‌های‌پایدار استرانسیوم و تعیین افراد بومی یا غیربومی در گورستان عصرآهن محوطهٔ باستانی گوهرتپه (شیخ‌شعاعی و نیکنامی، ۱۳۹۷)، بررسی پدیدهٔ مهاجرت در بقایای اسکلت‌های انسانی تپه‌سیلوه پیرانشهر (باقرزاده‌کثیری و عابدی،۱۳۹۹؛ Ahmadzadeh Khojasteh et al., 2020) و سنجش ایزوتوپ‌های پایدار استرانسیوم در بقایای انسانی دوران تاریخی محوطهٔ شهر قومس (گودرزی و همکاران، ۱۴۰۰).

گورستان مرسین‌چال

در طول کاوش‌های باستان‌شناسی گورستان مرسین‌چال، سه ترانشه (C11, D11,

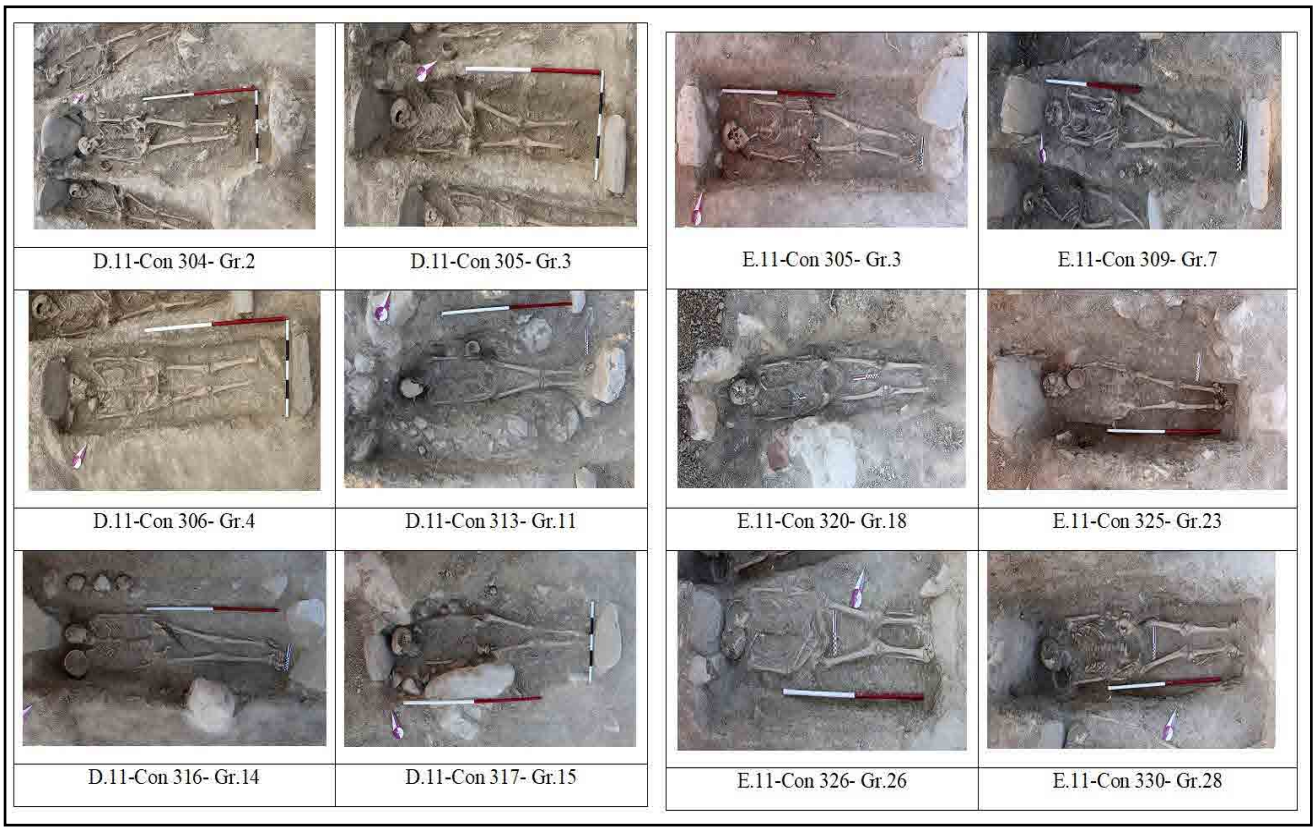


◄ شکل ۳: توپوگرافی گورستان مرسین‌چال؛ موقعیت ترانشه‌های فصل سوم کاوش با رنگ آبی مشخص شده است (نعمتی، ۱۴۰۰).

Fig. 3: Topographic map of Mersin Chal Cemetery. Third-season excavation trenches are marked in blue (Nemati, 2021).

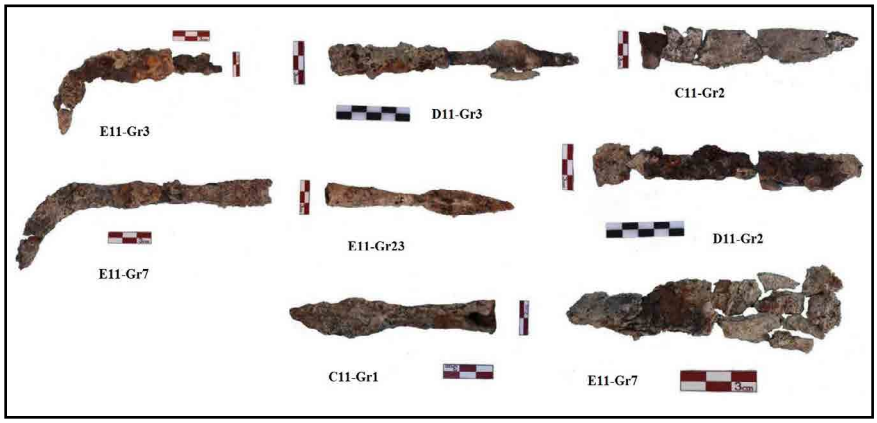
E11) در شمال‌غرب محوطه ایجاد شد (شکل ۳). در مرسین‌چال گورها مستطیلی‌شکل و به‌صورت چاله‌ای ساخته شده‌اند. به‌لحاظ ساخت، گورآوندها، نوع و جهت تدفین، بین قبور تجانس و مشابهت‌های فراوان مشاهده می‌شود. همهٔ تدفین‌ها به‌صورت انفرادی با جهت شمال‌شرقی-جنوب‌غربی هستند. تدفین در بین تخته‌سنگ‌هایی که در اضلاع شرقی و غربی گور به شکل عمودی قرار داده شده‌اند، انجام شده است. دو تخته‌سنگ نیز در بالای سر و زیر پای آن‌ها به‌عنوان نشانهٔ قبر قرار گرفته است. تدفین‌ها به‌صورت طاق‌باز انجام‌شده و تنها در نحوهٔ قرارگرفتن جهت سر، دست‌ها و پاها با یک‌دیگر متفاوت بوده‌اند (شکل ۴). در کنار تدفین‌ها اشیائی به‌عنوان هدایا درون گور و بالای سر اسکلت، گردن و دست‌ها و پاها قرار داده شده است. اغلب گورها دارای ظروف سفالی می‌باشند (شکل ۵). ظروف سفالی این قبور شباهت زیادی با محوطهٔ قومس در دوره‌های سلوکی/اشکانی و با محوطهٔ مرسین‌چال در دورهٔ هخامنشی دارند؛ برای مثال، ظرف سفالی گور ۲۳ در ترانشهٔ E11 (Malekzadeh et

al., 2023: 61-Fig4) مشابه مرسین‌چال در دورهٔ هخامنشی است و ظروف سفالی گور ۴ در ترانشهٔ D11 (Stronach et al., 2019: 22-Fig. 8: 4)، گور ۲۶ در ترانشهٔ E11 (Stronach et al., 2019: 22-Fig. 8: 4)، گور ۷ در ترانشهٔ E۱۱ (Stronach et al., 2019: 22-Fig. 18: 33)، گور ۲۸ در ترانشهٔ E11 (Stronach et al., 2019: 22-Fig.18: 37)، گور ۱۴ در ترانشهٔ D11 (Stronach et al., 2019: 24-Fig. 10: 16) شباهت زیادی به سفال‌های شهر قومس دارند. اشیائ فلزی از جنس آهن، مفرغ و نقره شامل انواع: خدنگ، خنجر، نوک پیکان، کارد، داس، پیکرک، مهره، دستبند، النگو، پابند، گوشواره، حلقه، انگشترمهر، گل سینه و زنگوله می‌باشند (شکل ۶)؛ هم‌چنین اشیائ ساخته شده از جنس خمیرشیشه، سنگ، صدف، گچ و قیر در جهت ساخت انواع مهره‌ها به‌کار برده می‌شدند (نعمتی، ۱۴۰۰).



▲ شکل ۴: قبور مورد مطالعهٔ گورستان مرسین‌چال (نعمتی، ۱۴۰۰).
Fig. 4: Studied graves of the Mersin Chal Cemetery (Nemati, 2021).

شکل ۵: گزیده‌ای از ظروف سفالی قبور مورد مطالعه گورستان مرسین‌چال (نعمتی، ۱۴۰۰).◄
Fig. 5: Pottery assemblages from the Mersin Chal cemetery (Nemati, 2021).

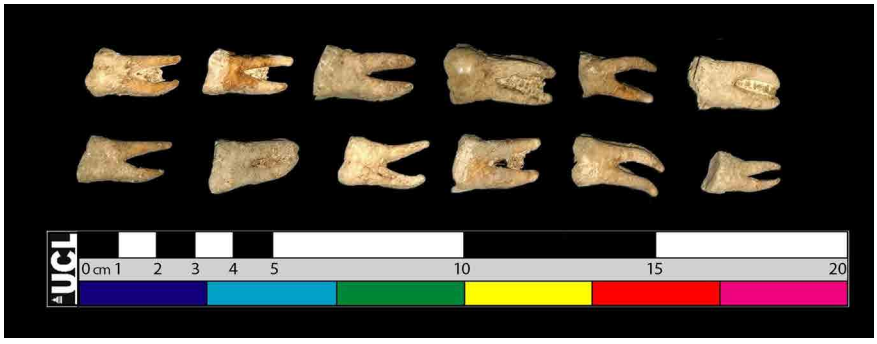


◄ شکل ۶: گزیده‌ای از جنگ افزارها و داس‌های فلزی به‌دست آمده از گورستان مرسین‌چال (نعمتی، ۱۴۰۰).

Fig. 6: Metal weapons and sickles from the Mersin Chal Cemetery (Nemati, 2021).

نمونه‌های دندانی

باتوجه به موضوع پژوهش‌حاضر که برپایهٔ مطالعهٔ بقایای اسکلتی گورستان مرسین‌چال در هزارهٔ اول پیش‌ازمیلاد می‌باشد، لذا ۱۲ نمونه از بقایای اسکلتی که دارای دندان مولر اول بودند، جهت مطالعات آزمایشگاهی ایزوتوپی انتخاب شدند (شکل ۷). با توجه به این‌که بقایای اسکلتی موردمطالعه در پژوهش حاضر، حفاظت‌شده و تا حدودی مفصل‌بندی شده هستند؛ بنابراین، تخمین جنس بقایای اسکلتی براساس استخوان لگن (Bones of the Pelvis) [قوس شرمگاهی (Pubic Arch) و بریدگی سیاتیک (Sciatic Notch)] و استخوان جمجمه [برجستگی ابرو (Glabella)، زائدهٔ ماستوئید (Mastoid Process)، برجستگی پیشانی (Frontal Prominence)، برجستگی استخوان آهیانه (Parietal Prominence)، برجستگی اکسیپتال/پس‌سری (Occipital Prominence)، حاشیهٔ سوپراوربیتال (Supraorbital Margin)، برجستگی خط وسط فک پایین (Mental Eminence)] صورت‌گرفت (Mays, 1998; Buikstra, & Ubelaker, 1994; White & Folkens, 2005; Tague, 1995; Hager, 1996). تخمین سن براساس ساختارهای آناتومیکی بقایای اسکلتی از طریق موارد پیش‌رو صورت گرفت؛ بسته‌شدن درزهای جمجمه (Closure of the Cranial Sutures)، هم‌جوشی اپی‌فیزیال (The Epiphyseal Fusion)، تغییرات در سمفیز شرمگاهی (Alterations in the Pubic Symphysis)، مراحل انحطاط انتهای دنده‌های جناغی (Stages of Degeneration of Sternal Rib Ends)، تغییرات در سطح گوش مفصل ساکروایلیاک (Changes in the



◄ شکل ۷: نمونه‌های دندانی موردمطالعه از گورستان مرسین‌چال (نگارندگان، ۱۴۰۲).

Fig. 7: Dental specimens from the Mersin Chal cemetery (Authors, 2023).

Auricular Surface of the Sacroiliac Joint)، استئوفیت‌های مهره‌ای (Vertebral Osteophytes)، استخوانی‌شدن غضروف تیروئید (Ossification of the Thyroid Cartilage)، هم‌جوشی استخوان هیوئید (Fusion of the Hyoid Bone) و ساییدگی دندان (Tooth Attrition)، (Oliveira et al., 2006: 407; Buikstra, & Ubelaker, 1994; White & Folkens, 2005; Lovejoy et al., 1985; Meindl & Lovejoy, 1985; Iscan et al., 1984; Todd, 1920). براساس مطالعات تخمین سن و تعیین جنس، نمونه‌های انتخاب شده برای این پژوهش همگی متعلق به افراد بالغ هستند و ترکیبی از اسکلت‌های دو جنسیت زن و مرد می‌باشند (جدول ۱).

جدول ۱: نتایج آنالیز ایزوتوپ استرانسیوم نمونه‌های مینای دندان بقایای انسانی گورستان مرسین‌چال (نگارندگان، ۱۴۰۲). ▼

Tab. 1: Strontium isotope results from dental enamel of Mersin Chal human remains (Authors, 2023).

Number	ID	T.T.R	Context	Grave	Sex	Age	Tooth	Sr_value	Error
1	IH-885	D11	304	2	Male	>45	LRM1	0/708464	± 0,000015
2	IH-886	D11	305	3	Male	40-45	LRM1	0/708406	± 0,000012
3	IH-887	D11	306	4	Female	40-45	LLM1	0/708349	± 0,000010
4	IH-888	D11	313	11	Male	>45	LRM1	0/708200	± 0,000010
5	IH-889	D11	316	14	Female	>35	LRM1	0/708299	± 0,000010
6	IH-890	D11	317	15	Female	35-40	LRM1	0/708195	± 0,000010
7	IH-891	E11	305	3	Male	Adult?	LRM1	0/708358	± 0,000010
8	IH-892	E11	309	7	Male	45-55	LLM1	0/708361	± 0,000010
9	IH-893	E11	320	18	Female	Adult?	LRM1	0/708329	± 0,000010
10	IH-894	E11	325	23	Female	Adult?	LRM1	0/708333	± 0,000011
11	IH-895	E11	328	26	Female	Adult?	LRM1	0/708475	± 0,000011
11	IH-896	E11	330	28	Male	>50	LRM1	0/708436	± 0,000010

آماده‌سازی و آنالیز نمونه‌های دندان

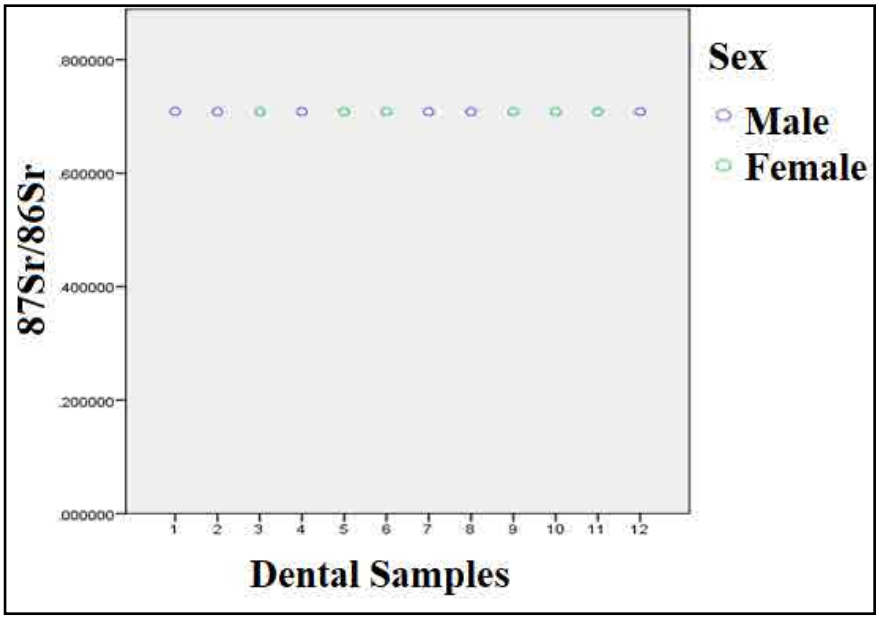
از مجموعه بقایای انسانی گورستان مرسین چال، ۱۲ دندان دائمی افراد بالغ عمدتاً مولرهای اول، برای اندازه‌گیری ایزوتوپ استرانسیوم، انتخاب شدند. قطعات کوچک مینای دندان (تا ۲۰ میلی‌گرم) با استفاده از ابزار Dremel از قسمت پایین تاج، نزدیک محل اتصال سمان به مینا جمع‌آوری شد. درمورد دندان‌های آسیاب اول، نشان‌دهندهٔ سال دوم تا سوم زندگی است. آماده‌سازی نمونه‌ها طبق شیوه‌ای که «سولتشیاک» (2020b) توضیح داده است، صورت گرفت؛ به این‌ترتیب که «جداسازی مینای دندان، همگن‌سازی نمونه‌های رسوب، جداسازی شیمیایی استرانسیوم و اندازه‌گیری نسبت ایزوتوپ‌های استرانسیوم در آزمایشگاه ایزوتوپ دانشگاه آدام میتسکیویچ در پوزنان (The Isotope Laboratory of the Adam Mickiewicz University in Poznań) انجام شد. به‌منظور حذف ذرات رسوبی، مینای دندان در آب فوق خالص و در حمام اولتراسونیک تمیز شد. پس از آن، برای از بین بردن آلودگی دیاژنتیکی استرانسیوم، طبق شیوهٔ ارائه‌شده توسط «دافور» و همکاران (Dufour et al., 2007)، ۱۳-۱۱ میلی‌گرم مینای پودر شده، با ۰٫۱ اسید استیک فوق خالص (۵ مرتبه به‌طور متوالی) غوطه‌ور شد؛ سپس نمونه‌ها در یک

صفحهٔ داغ (حدود ۱۰۰درجهٔ سانتی‌گراد، در طول یک شب) در ویال‌های PFA دربسته با استفاده از یک مولار HNO3 حل شدند. نمونه‌های پودر شدهٔ رسوبی (۹۰-۱۰۰ میلی‌گرم) در یک صفحهٔ داغ (حدود ۱۰۰ درجهٔ سانتی‌گراد، سه روز) در ویال‌های PFA دربسته با استفاده از مخلوطی از هیدروفلوئوریک غلیظ و اسید نیتریک غلیظ (۴:۱) حل شدند. تکنیک کروماتوگرافی مینیاتوری که توسط «پین» و همکاران (Pin et al., 1994) ارائه شده است، برای جداسازی استرانسیوم مطابق شیوهٔ دوپیرالسکا (Dopieralska, 2003)، با برخی تغییرات در اندازهٔ ستون و غلظت معرف‌ها (شناساگرها) استفاده شد. استرانسیوم با یک فعال‌کنندهٔ TaCl5 برروی یک رشتهٔ واحد Re بارگذاری شد و در حالت جمع‌آوری پویا برروی طیف‌سنج‌جرمی Finnigan MAT 261 تجزیه و تحلیل شد. مقدار مواد مصرفی در این روش کمتر از ۸۰ pg بود. مقادیر 87Sr/86Sr، نسبت به 87Sr/86Sr = 0.1194 اصلاح شدند. مقادیر استرانسیوم برای تأیید مقدار مجاز NBS-987 = 0.710240 متعادل‌سازی شد. NBS-987 اندازه‌گیری شده 0.710228 ± 0.000011 (2σ برای مجموعه‌ای از ۱۰ آزمایش) بود» (Sołtysiak, 2020b: 3). داده‌های به‌دست‌آمده با استفاده از مطالعات آماری انحراف معیار و یومان‌ویتنی در نرم‌افزار آماری (SPSS) مورد تحلیل و بررسی قرار گرفتند. آزمون یومان‌ویتنی (U Mann-Whitney Test) یکی از آزمون‌های ناپارامتریک هم‌بستگی رتبه‌ای هستند که برای سنجش تفاوت و توزیع احتمالی میان دو گروه مستقل به‌کار می‌رود. انحراف معیار مفهومی است که میزان پراکندگی داده‌های یک مجموعه را مشخص می‌کند و به این دلیل یکی از مهم‌ترین مقیاس‌های آماری در زمینهٔ آمار توصیفی به‌حساب می‌آید. می‌توان گفت که انحراف معیار نیز میزان پراکندگی داده‌ها از نقطهٔ میانگین را نشان می‌دهد و از این‌رو مقیاسی دوبُعدی برای برآورد توزیع داده‌ها در اختیار ما قرار می‌دهد. به این‌صورت که هرچه انحراف معیار مجموعه‌ای از داده‌ها عدد پایین‌تری داشته باشد و نزدیک به صفر باشد، نشانهٔ آن است که داده‌ها به میانگین نزدیک‌تر هستند و پراکندگی اندکی دارند. در صورتی‌که انحراف معیار عدد بزرگی داشته باشد، نشان می‌دهد که پراکندگی داده‌ها زیاد است؛ بنابراین، انحراف معیار، عددی برای نشان‌دادن میزان پراکندگی اعضای یک مجموعه از داده‌ها است.

تحلیل آنالیز ایزوتوپ استرانسیوم در نمونه‌های گورستان مرسین‌چال

«یکی از روش‌های شناسایی مکان‌های تهیهٔ غذا برای تغذیهٔ جمعیت‌های بومی و محلی، استفاده از ایزوتوپ‌های استرانسیوم است. آنالیز استرانسیوم مینای دندان در نمونه‌های پیش‌ازتاریخ و/یا مدرن حیوانات کوچک یا آنالیز استرانسیوم نمونه‌های گیاهی مدرن با ریشه‌های کوتاه، نظیر غلات و حبوبات، به‌منظور ایجاد سطح موجود بیولوژیکی و تشخیص افراد مهاجر توصیه می‌شود. گرچه گونه‌های مدرن دارای آلودگی‌های وارداتی از مواد غذایی یا آلاینده‌ها هستند. در صورتی‌که نمونه‌های پیش‌ازتاریخ در دسترس نباشند، با فرض عدم آلودگی مدرن، مقایسهٔ مینای دندان در نمونه‌های فسیلی و نمونه‌های مدرن همان گونه یا گونه‌های گیاهی، روش کنترلی

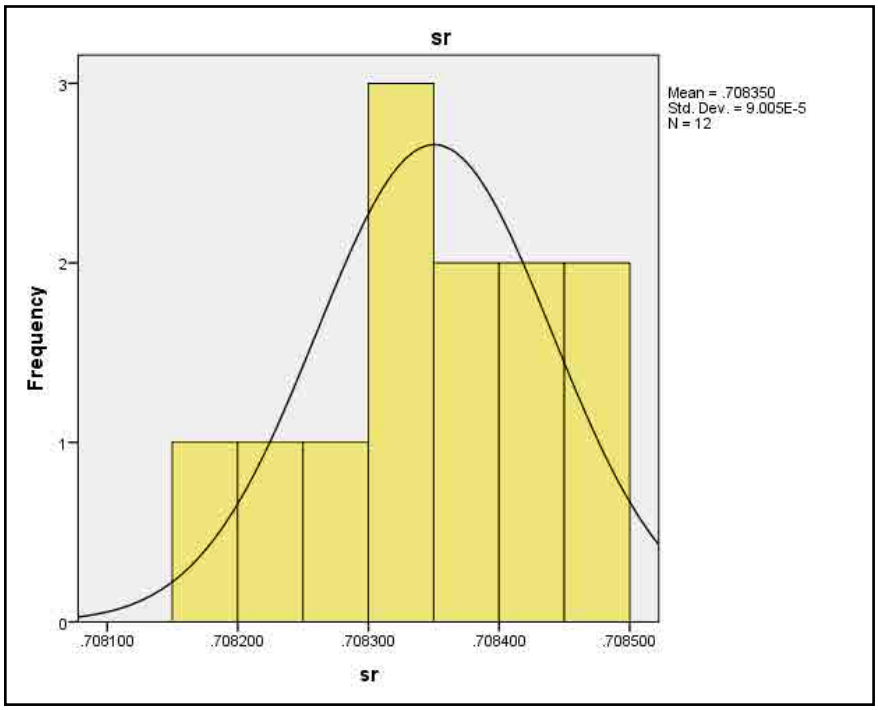
را برای دیاژنز فراهم می‌کند. روش قابل اطمینان دیگر جهت جداسازی افراد مهاجر و بومی با استفاده از میانگین نسبت‌های ایزوتوپ استرانسیوم بیولوژیکی موجود ±2 SD ایجاد شود. گرچه این معیار به‌طور دل‌بخواهی انتخاب می‌شود، اما به‌طور متعارف استفاده می‌شود و به‌روشی مناسب برای شناسایی افراد مهاجر و بومی تبدیل شده است» (Price et al., 2002: 132)؛ بنابراین، همان‌طورکه ذکر شد، «نسبت‌های ایزوتوپی محلی را می‌توان با تجزیه و تحلیل نمونه‌های استخوان همان اسکلت، اسکلت‌های دیگر یافت شده در همان مکان باستان‌شناسی یا اسکلت‌های اخیر انسان‌ها و حیواناتی که در سایت‌های مجاور یافت شده، تعیین کرد. برای به‌دست آوردن قانون مناسب برای تمایز بین نمونه‌های محلی (بومی) و غیرمحلی یا بیگانه، طبق پیشنهاد «پرایس» و همکارانش برای داشتن یک حد اطمینان دقیق، علاوه‌بر محاسبهٔ میانگین بیولوژیکی استرانسیم منطقه توسط نمونه‌های دندان یا استخوان حیوانات یا انسان‌های (قدیمی یا امروزی یا هر دو)، محدودهٔ میانگین انحراف معیار ±2 (SD ±2) نیز می‌تواند به‌عنوان حد مورداستفاده قرار گیرد. نمونه‌های محلی براساس این پیشنهاد، نمونه‌هایی که نسبت ایزوتوپی را در این محدوده نشان می‌دهند، می‌توانند به‌عنوان نمونهٔ بومی درنظر گرفته شوند و نمونه‌های خارج از این محدوده مهاجرین را نشان می‌دهند. این پیشنهاد به‌طور گسترده توسط پژوهش‌های بعدی مورد پذیرش قرار گرفته است و امروزه به‌عنوان یک توافق در پروژه‌های علمی مربوطه می‌باشد» (Kasiri & Zand Karimi, 2017: 360).



شکل ۸: محدودهٔ توزیع مقادیر ایزوتوپ استرانسیوم بقایای انسانی گورستان مرسین‌چال (نگارندگان، ۱۴۰۲). ◄

Fig. 8: Distribution range of strontium isotope values in human remains from the Mersin Chal cemetery (Authors, 2023).

همان‌طورکه در جدول ۱ می‌توان مشاهده نمود، محدودهٔ ایزوتوپ استرانسیوم برای ۱۲ نمونهٔ دندانی موردمطالعه در گورستان مرسین‌چال، بین ۰٫۷۰۸۱۹۵ الی ۰٫۷۰۸۴۷۵ می‌باشد. شکل ۸، محدودهٔ توزیع این مقادیر را نشان می‌دهد. مطالعات آماری با استفاده از آزمون یومان‌ویتنی، مقدار آماری ایزوتوپ استرانسیوم (Mann-Whitney



◄ شکل ۹: انحراف معیار و میانگین نسبت ایزوتوپ استرانسیوم بقایای انسانی گورستان مرسین‌چال (نگارندگان، ۱۴۰۲).

Fig. 9: Mean and standard deviation of strontium isotope ratios in human remains from the Mersin Chal cemetery (Authors, 2023).

(U= 9, Wilcoxon W= 30, p-value =0.150) را نشان می‌دهد. جدول آماره‌های آزمون، معنی‌داری آزمون یومان‌ویتنی را نشان می‌دهد. در آزمون یومان ویتنی، فرض صفر این است که دو نمونهٔ مستقل از یک توزیع یکسان تبعیت می‌کنند و تفاوتی آماری معنادار بین دو نمونه وجود ندارد. در صورت رد فرض صفر، می‌توان نتیجه گرفت که دو نمونه تفاوت معناداری دارند؛ بنابراین، اگر در ردیف معنی‌داری (Asymp. Sig.) عدد به‌دست آمده کوچک‌تر از ۰٫۰۵ بود، تفاوت معنی‌دار است. براساس جدول آماره‌های آزمون، مقدار معناداری (Asymp. Sig=0.423) بیشتر از ۰٫۰۵ است، لذا نمی‌توان فرض صفر را رد کرد؛ بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که شواهد کافی برای نشان‌دادن تفاوت معنادار بین دو گروه مورد بررسی وجود ندارد (جدول ۲ و ۳).

◄ جدول ۲: آزمون آماری یومان‌ویتنی مقادیر استرانسیوم بقایای انسانی گورستان مرسین‌چال (نگارنده، ۱۴۰۲).

Tab. 2: Mann-Whitney U test of strontium isotope values in human remains from the Mersin Chal cemetery (Authors, 2023).

Test Statistics[a]

	sr
Mann-Whitney U	9.000
Wilcoxon W	30.000
Z	-1.441
Asymp. Sig. (2-tailed)	.150
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.180[b]
Exact Sig. (2-tailed)	.180
Exact Sig. (1-tailed)	.090
Point Probability	.024

a. Grouping Variable: sex

b. Not corrected for ties.

جدول ۳: جدول آماری یومان‌ویتنی رتبه‌های استرانسیوم بقایای انسانی گورستان مرسین‌چال (نگارنده، ۱۴۰۲).◄

Tab. 3: Mann-Whitney U test of strontium isotope values in human remains from the Mersin Chal cemetery (Authors, 2023).

Ranks

	sex	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Sr	Male	6	8.00	48.00
	Female	6	5.00	30.00
	Total	12		

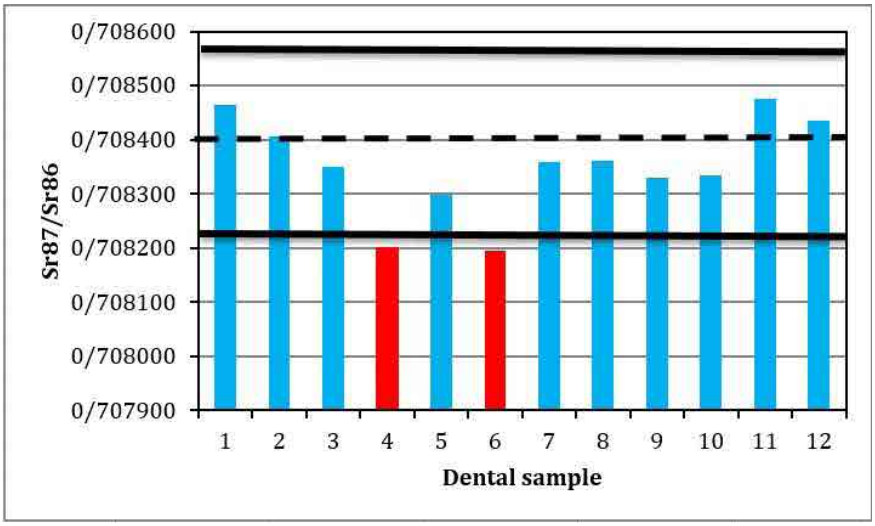
از ۱۲ نمونهٔ دندانی که مورد آزمایش ایزوتوپ استرانسیوم قرار گرفتند، ۱۰ نمونه در بازهٔ ۰٫۷۰۸۴۷۵ الی ۰٫۷۰۸۲۹۹ قرار دارند و تنها دو نمونه (اسکلت شمارهٔ ۴ با مقدار ایزوتوپ استرانسیوم ۰٫۷۰۸۲۰۰ و اسکلت شمارهٔ ۶ با مقدار ایزوتوپ استرانسیوم ۰٫۷۰۸۱۹۵) خارج از این بازه و با مقدار کمتر از آن هستند. براساس آزمون انحراف معیار، میانگین ایزوتوپ استرانسیوم در نمونه‌های دندانی گورستان مرسین‌چال (Mean =0.70835042) و انحراف معیار آن (Std. Deviation =0.000090047) می‌باشد (شکل ۹). با احتساب 2± (2SD)، مقدار انحراف معیار آن به‌صورت (۰٫۷۰۸۴ +ـ ۰٫۰۰۰۱۸) محاسبه می‌شود (جدول ۴). به این‌صورت که، مقدار ۲- انحراف معیار برابر ۰٫۷۰۸۲۲۰ و مقدار ۲+ انحراف معیار برابر با ۰٫۷۰۸۵۸۰ می‌باشد. همان‌طورکه در جدول ۴ مشاهده می‌گردد، شش اسکلت از کل نمونه‌های استخوانی که هویت آن‌ها مرد تشخیص داده شده است، دارای سطوح 87Sr/86Sr در محدودهٔ ۰٫۷۰۸۲۰۰ الی ۰٫۷۰۸۴۶۴ با میانگین (Mean =0. 70839183) می‌باشند و شش اسکلت دیگر که دارای هویت زن هستند، دارای سطوح 87Sr/86Sr در محدودهٔ ۰٫۷۰۸۱۹۵ الی ۰٫۷۰۸۴۷۵ با میانگین (Mean =0.70830900) می‌باشند. براساس شکل ۱۰ که انحراف معیار (2SD ±) و میانگین نسبت استرانسیوم 87Sr/86Sr نمونه‌های مینای دندان بقایای انسانی گورستان مرسین‌چال را نمایش می‌دهد، نمونه‌هایی که در محدودهٔ ۰٫۷۰۸۲۲۰ الی ۰٫۷۰۸۵۸۰ قرار می‌گیرند، بومی بوده و نمونه‌های خارج از این محدوده افراد غیر بومی را دربر می‌گیرند. همان‌طورکه در شکل ۱۰ مشاهده می‌شود، نمونهٔ اسکلت شمارهٔ ۴ (۰٫۷۰۸۲۰۰) و اسکلت شمارهٔ ۶ (۰٫۷۰۸۱۹۵) به‌ترتیب با مقادیر اختلاف ۰٫۰۰۰۰۲ و ۰٫۰۰۰۰۲۵ در مرز ۲- انحراف معیار قرار دارند. این اختلاف مقادیر ناچیز قابل اغماض هستند و بنابراین می‌توان ادعا نمود که ۱۰۰٪ نمونه‌ها بومی هستند.

جدول ۴: جدول آماری انحراف معیار مقادیر ایزوتوپ استرانسیوم بقایای انسانی گورستان مرسین‌چال (نگارندگان، ۱۴۰۲). ◄

Tab. 4: Standard deviation of strontium isotope ratios in human remains from the Mersin Chal cemetery (Authors, 2023).

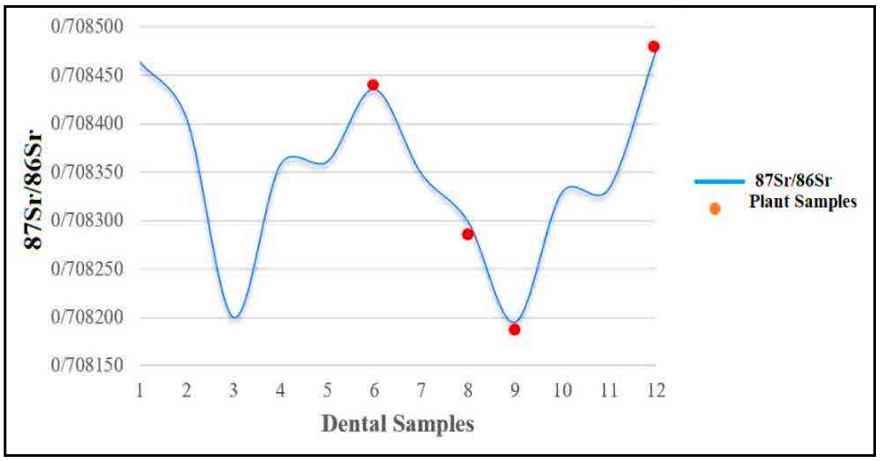
Descriptives

87Sr/86Sr	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Male	6	.70839183	.000069171	.000028239	.70831924	.70846442	.708299	.708475
Female	6	.70830900	.000094537	.000038594	.70820979	.70840821	.708195	.708436
Total	12	.70835042	.000090047	.000025994	.70829320	.70840763	.708195	.708475



◄ شکل ۱۰: انحراف معیار (SD ±2) و میانگین نسبت ایزوتوپ استرانسیوم بقایای انسانی گورستان مرسین‌چال (نگارندگان، ۱۴۰۲).
Fig. 10: Mean and standard deviation (SD±2) of strontium isotope ratios in human remains from the Mersin Chal cemetery (Authors, 2023).

مطالعات تحلیلی-مقایسه‌ای یا پژوهش پساورویدادی، یکی از روش‌هایی است که در آن روابط علّی و معلولی بین متغیرها تعیین می‌شود. در پژوهش حاضر، به مقایسهٔ مطالعات آنالیز ایزوتوپ استرانسیوم گورستان مرسین‌چال با محوطهٔ قومس پرداخته می‌شود تا نتایج پژوهش حاضر را بتوان به‌طور دقیق‌تر و معنادارتری تفسیر و تحلیل نمود. محوطهٔ قومس در فاصلهٔ نزدیکی (۵ کیلومتر جنوب‌شرقی روستای قوشه، شهرستان دامغان، استان سمنان) نسبت به گورستان مرسین‌چال واقع شده است که به‌لحاظ زیست‌محیطی تا حدودی مشابه به منطقهٔ موردمطالعه است. در این محوطه، مطالعات آنالیز استرانسیوم صورت گرفته است. مطالعات آنالیز ایزوتوپ استرانسیوم 87Sr/86Sr در محوطهٔ قومس برروی ۲۲ نمونه بقایای اسکلتی از دو جنسیت زن و مرد صورت گرفته و نشان می‌دهد که ۹۵٪ از نمونه‌ها بومی و ۵٪ غیربومی هستند. نسبت‌های ایزوتوپ استرانسیوم 87Sr/86Sr به‌دست آمده از بقایای انسانی این محوطه در محدودهٔ ۰٫۷۰۸۴ الی ۰٫۷۰۸۸ قرار دارد (گودرزی و همکاران، ۱۴۰۰: ۶۳) که تقریباً با محدودهٔ ایزوتوپ استرانسیوم گورستان مرسین‌چال (۰٫۷۰۸۲ الی ۰٫۷۰۸۴) قابل مقایسه است. این شباهت در امضاهای ایزوتوپی، احتمالاً به‌دلیل شباهت در بستر زمین‌شناسی منطقه‌ای است که این دو محوطه در آن شکل‌گرفته‌اند. متأسفانه از کاوش‌های گورستان مرسین‌چال هیچ‌گونه داده گیاهی و جانوری تاکنون شناسایی نشده است و بنابراین مطالعات ایزوتوپ‌های استرانسیوم 87Sr/86Sr برروی نمونه‌های گیاهی یا جانوری محدودهٔ گورستان مرسین‌چال صورت نگرفته است. اما، در محوطهٔ قومس، مطالعات ایزوتوپ استرانسیوم برروی نمونه‌های گیاهی صورت گرفته است. براساس شکل ۱۱، محدودهٔ ایزوتوپ 87Sr/86Sr نمونه‌های دندانی از گورستان مرسین‌چال با مقادیر ایزوتوپ 87Sr/86Sr گیاهان جمع‌آوری شده از آرادان (۰٫۷۰۸۱۶۴)، قوشه (۰٫۷۰۸۲۷۳)، شهرقومس (۰٫۷۰۸۴۰۲) و عمروان (۰٫۷۰۸۴۹۶) هم‌پوشانی دارد (همان: ۶۴)؛ بنابراین با پس‌زمینهٔ محیطی محلی کاملاً مطابقت دارد.



شکل ۱۱: ارزش ایزوتوپ استرانسیوم بقایای انسانی گورستان مرسین‌چال نسبت به ایزوتوپ استرانسیوم نمونه‌های گیاهی منطقه (نگارندگان، ۱۴۰۲).◄

Fig. 11: Strontium isotope values of human remains from the Mersin Chal cemetery compared to local plant samples (Authors, 2023).

نتیجه‌گیری

مطالعات گاهنگاری مطلق در گورستان مرسین‌چال نشان‌داد که این محوطه در دوره‌های هخامنشی، سلوکی و اشکانی دارای پویایی فرهنگی بوده است. پتانسیل‌های زیست‌محیطی و موقعیت استراتژیکی این منطقه از مهم‌ترین عوامل استمرار فرهنگی در این محوطه بوده است. نتایج آزمایش ایزوتوپ‌های پایدار استرانسیوم برروی مینای دندان بقایای اسکلتی گورستان مرسین‌چال نشان می‌دهد که امضای ایزوتوپی این محوطه (۰٫۷۰۸۲ الی ۰٫۷۰۸۴) مختص به‌همین منطقه بوده و با امضای ایزوتوپی مناطق دیگر مغایرت دارد. این امر نشان می‌دهد که این گورستان در نیمهٔ دوم هزارهٔ اول پیش‌ازمیلاد میزبان جامعه‌ای بومی بوده است. ازسوی دیگر، حضور داس آهنی درون قبور می‌تواند نشانگر تولیدات کشاورزی در این منطقه باشد که با توجه به اقلیم مناسب و سایر ظرفیت‌های زیستی موجود در محدودهٔ تلاجیم، می‌توان محتمل دانست که بخشی از نیازهای معیشتی ساکنین محوطهٔ مرسین‌چال از منابع محلی منطقهٔ مذکور تأمین می‌شده است و لذا نیازی به جابه‌جایی در مقیاس گسترده برای تأمین منابع غذایی خود نداشته‌اند؛ هم‌چنین، شباهت زیاد در شیوه‌های تدفین و گورآوندهای درون قبور با محوطهٔ قومس نیز بر بومی بودن فرهنگ و رسوم این مردمان تأکید می‌ورزد؛ به‌طوری‌که هیچ‌گونه تأثیر خارجی در نوع تدفین یا گورآوندهای این گورستان مشاهده نمی‌شود. به‌طورکلی، می‌توان گفت که بومی بودن مردمان این گورستان بیانگر این واقعیت است که این افراد در طول زندگی خود جابه‌جایی گسترده‌ای نداشته و از رژیم غذایی مبتنی‌بر منابع بومی و محلی بهره‌مند می‌شدند.

سپاسگزاری

نویسندگان مایلند از دکتر آردکایوش سولتیشیاک برای راهنمایی مهربانانه و آزمایشگاه ایزوتوپ دانشگاه آدام میتسکیویچ در پوزنان بابت انجام آزمایشات استرانسیوم صمیمانه قدردانی نمایند.

درصد مشارکت نویسندگان

در سراسر این پژوهش، مشورت و مشارکت بین نویسندگان وجود داشته و درصد مشارکت نویسندگان برابر بوده است.

تعارض منافع

نویسندگان ضمن اعلام رعایت اخلاق نشر در ارجاع‌دهی‌ها، وجود هرگونه تعارض منافی را اعلام می‌دارند. این اثر تحت حمایت مادی صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور (INSF) برگرفته شده از طرح شمارهٔ ۴۰۰۳۲۱۶ انجام شده است؛ هم‌چنین این تحقیق توسط مرکز ملی علوم لهستان (Narodowe Centrum Nauki)، گرنت شمارهٔ M/HS3/ 00353/2016/22 تأمین مالی شده است.

پی‌نوشت

۱. در این‌خصوص و جهت اطلاع بیشتر ر. ک. به: شریفی، مهناز، (۱۳۹۸). «مناسبات منطقه‌ای و فرامنطقه‌ای شمال‌شرق ایران در دورهٔ اشکانی، براساس دومین فصل کاوش‌های باستان‌شناسی تپه کِشت‌دشت دامغان». پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران، ۲۲(۹): ۱۶۲-۱۴۳.

کتابنامه

- باقرزاده‌کثیری، مسعود؛ و عابدی، اکبر، (۱۳۹۹). «کاربرد آنالیز ایزوتوپ‌های استرانسیوم استخوان و دندان در مطالعه پدیده مهاجرت‌های باستانی». پژوهه باستان‌سنجی، ۶(۱): ۳۱- ۱۷. https://doi.org/10.29252/jra.6.1.17
- حسن‌پور، عطا، (۱۴۰۱). «سومین فصل از کاوش نجات بخشی در گورستان مرسین چال (منطقه سد فینسک). سمنان». مقالات کوتاه بیستمین نشست سالانهٔ باستان‌شناسی ایران، ۲۸۹-۲۹۵.
- زندکریمی، هادی؛ باقرزاده‌کثیری، مسعود؛ آجرلو، بهرام؛ و عمرانی، بهروز، (۱۳۹۴). «آنالیز ایزوتوپ‌های پایدار استرانسیوم و عناصر کمیاب Sr و Ba اسکلت‌های گورستان عصرآهن مسجد کبود تبریز». مطالعات باستان‌شناسی، ۷(۲): ۱۰۲-۸۵. https://doi.org/10.22059/jarcs.2015.57749
- شیخ‌شعاعی، فهمیه؛ و نیکنامی، کمال‌الدین، (۱۳۹۷). «آنالیز ایزوتوپ‌های پایدار استرانسیوم و تعیین افراد بومی یا غیربومی در گورستان‌های باستانی، مطالعهٔ موردی: گورستان عصر آهن محوطه باستانی گوهرتپه». مطالعات باستان‌شناسی، ۱۰(۲): ۱۵۹-۱۷۰. https://doi.org/10.22059/jarcs.2019.68536
- گودرزی، پگاه؛ سولتیشیاک، آرکادیوش؛ و ده‌پهلوان، مصطفی، (۱۴۰۰). «پژوهش‌های زیست‌باستان‌شناختی و سنجش ایزوتوپ‌های پایدار استرانسیوم در بقایای انسانی دوران تاریخی محوطه شهر قومس، استان سمنان». مجله موزه ملی ایران، ۲(۲): ۶۸-۵۳. https://doi.org/10.22034/JINM.2022.704211
- مرتضایی، محمد؛ و ملکی، امیر، (۱۳۸۹). «بررسی باستان‌شناسی حوضه سد

فینسک». تهران: پژوهشکده باستان شناسی پژوهشگاه میراث‌فرهنگی و گردشگری (منتشرنشده).

- ملکزاده، مهرداد؛ ناصری، رضا؛ خانی پور، مرتضی؛ و ناصری، علی، (۱۳۹۴). «گورستان مرسین شهمیرزاد». گزارش‌های چهاردمین گردهمایی سالانه باستان شناسی ایران: ۴۶۹-۴۶۳.

- نعمتی، محمدرضا (۱۴۰۰). «سومین فصل کاوش باستان‌شناختی گورستان مرسین چال (حوضه سد فینسک)». تهران: پژوهشکده باستان شناسی پژوهشگاه میراث‌فرهنگی و گردشگری (منتشرنشده).

- Ahmadzadeh, S., Hejebri Nobari, A. & Sołtysiak, A., (2024). "Human Mobility in NW Iran During the Early Iron Age (c. 1250–850 BCE): The Strontium Isotope Evidence from Masjed-e Kabud Cemetery". *International Journal of Osteoarchaeology,* 33(1): e3374. https://doi.org/10.1002/oa.3374

- Ahmadzadeh Khojasteh, R., Bagherzadeh Kasiri, M. & Abedi, A., (2020). "A Preliminary Study on the Ancient Migrations in Tepe Silveh Piranshahr, (North Western Iran) Based on Strontium Isotopes of Skeletons". *Mediterranean Archaeology and Archaeometry,* 20(2): 35-44. https://doi.org/10.5281/zenodo.3752145

- Bentley, R. A., (2006). "Strontium Isotopes from the Earth to the Archaeological Skeleton: A Review". *Journal of Archaeological Method and Theory,* 13 (3): 135-187. https://doi.org/10.1007/s10816-006-9009-x

- Bentley, R.A., Krause, R., Price, T.D. & Kaufmann, B., (2003). "Human Mobility at the Early Neolithic Settlement of Vaihingen, Germany: Evidence from Strontium Isotope Analysis". *Archaeometry,* 45 (3): 471-486. https://doi.org/10.1111/1475-4754.00122

- Bernbeck, R., (1992). "Migratory Patterns in Early Nomadism: A Reconsideration of Tepe Tula'I". *Paléorient,* 18(1): 77–88. https://doi.org/10.3406/paleo.1992.4564

- Blank, M., Sjogren, K., Knipper, C., Frei, K.M. & Stora, J., (2018). "Isotope Values of the Bioavailable Strontium in Inland Southwestern Sweden Baseline for Mobility Studies". *PLoS ONE,* 13(10): 1-30. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0204649

- Buikstra, J. E. & Ubelaker, D. H., (1994). *Standards for Data Collection from Human Skeletal Remains, Proceedings of a Seminar at the Field Museum of Natural History.* Arkansas: Archaeological Survey Research Series, No.44.

- Dopieralska, J., (2003). "Neodymium Isotopic Composition of Conodonts as a Palaeoceanographic Proxy in the Variscan Oceanic System". Germany: Unpublished PhD Dissertation, Justus-Liebig-Universität.

- Dufour, E., Holmden, C., Van Neer, W., Zazzo, A., Patterson, W., Degryse, P. & Keppens, E., (2007). "Oxygen and Strontium Isotopes as Provenance Indicators of Fish at Archaeological Sites: The Case Study of Sagalassos, SW Turkey". *Journal of Archaeological Science,* 34 (8):1226–1239. https://doi.org/10.1016/J.JAS.2006.10.014

- Dorado, G., Rosales, T. E., Luque, F., Sanchez-Canete, F. J. S., Rey, I., Jimenez, I., Morales, A., Galvez, M., Saiz, J., Sanchez, A., Vasquez, V. F. & Hernandez, P. (2012). "Isotopes in Bioarchaeology -Review". *Revista Archaeobios,* 6(1): 79-91.

- Gregoricka, L.A., (2021). "Moving Forward: A Bioarchaeology of Mobility and Migration". *Journal of Archaeological Research,* 29: 1-55. https://doi.org/10.1007/s10814-020-09155-9

- Hasanpour, A., (2022). "The third season of salvage excavation at the Mersin Chal cemetery (Finsk Dam area)". *Semnan. In Short papers of the 20th Annual Iranian Archaeological Conference*: 289–295. (in Persian).

- Hager, L. (1996). "Sex Differences in The Sciatic Notch of Great Apes and Modern Humans". *American Journal of Physical Anthropology,* 99(2): 287-300. https://doi.org/10.1002/(SICI)1096-8644(199602)99:2<287:AID-AJPA6>3.0.CO;2-W

- Hrnčíř, V. & Laffoon, J.E., (2019). "Childhood Mobility Revealed by Strontium Isotope Analysis: A Review of the Multiple Tooth Sampling Approach". *Archaeological and Anthropological Sciences,* 11: 1-17. https://doi.org/10.1007/s12520-019-00868-7

- Işcan, M. Y., Loth, S.R. & Wright, R. K., (1984). "Metamorphosis at The Sternal Rib End: A New Method to Estimate Age at Death in White Males". *American Journal of Physical Anthropology,* 65: 147-156. https://doi.org/10.1002/ajpa.1330650206

- Kasiri, B.M. & Zand Karimi. H., (2017). "Study of Skeletons of the Iron Age Cemetery of Tabriz by Strontium Isotopes Analysis". Journal of Archaeological Science: Reports, 16: 359-364. https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2017.10.030

- Katzenberg, M.A., (2008). "Stable Isotope Analysis: A Tool for Studying Past Diet, Demography, and Life History". in: *Biological Anthropology of the Human Skeleton,* M.A. Katzenberg & S.R. Saunders

(eds.), Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc, 413 – 442. https://doi.org/10.1002/9780470245842.ch13

- Lovejoy, C.O., Meindle, R.S., Pryzbeck, T.R. & Mensforth, R.P., (1985). "Chronological Metamorphosis of the Auricular Surface of the Ilium: A New Method of Determining Adult Age at Death". *American Journal of Physical Anthropology,* 68: 15-28. https://doi.org/10.1002/ajpa.1330680103

- Malekzadeh M., Naseri R., Boroomandara S., Cesaretti A. & Dan R., (2023). "Preliminary report of the first season of excavation at the Achaemenid period (Iron Age IV) cemetery in Mersin, Semnan Province, Iran, IRAN". *Journal of British Institute of Persian Studies,* 63(1): 57-71. https://doi.org/10.1080/05786967.2023.2170819

- Mashkour, M., (2003). "Biochemistry for Tracking the Ancient "Nomads": An Isotopic Research on the Origins of vertical Transhumance in the Zagros Region". *Nomadic People,* 7(2): 36–47. https://doi.org/10.3167/082279403781826265

- Mashkour, M. & Abdi, K., (2002). "The Question of Mobile Pastoralists in Archaeology: The Case of Tuwah Khushkeh". in: H. Buitenhuis, A. Choyke, M. Mashkour and A. H. Al Shayb (eds), *Archaeozoology of the Near East V. Proceedings of the fifth international symposium on the archaeozoology of southwestern Asia and adjacent areas (ASWA)*, Groningen: ARC Publications: 211–227.

- Mashkour, M., Boucherens, H. & Moussa, I., (2005). "Long Distance of Sheep and Goats of Bakhtiari Nomads tracked with Intra-Tooth Variations of Stable Isotopes (13C and 18O)". in: J. Davies, M. Fabiš, I. Mainland, M. Richards and R. Thomas (eds), *Diet and Health in Past Animal Populations: Current Research and Future Directions,* Oxford: Oxbow: 113-124.

- Mays, S., (1998). *The Archaeology of Human Bones*. London: Routledge

- Meindl, R. S. & Lovejoy, C.O., (1985). "Ectocranial Suture Closure: A Revised Method for the Determination of Skeletal Age at Death based on the Lateral-Anterior Sutures". *American Journal of Physical Anthropology*, 68(1): 57–66. https://doi.org/10.1002/ajpa.1330680106

- Nemati, M. & Bakhtiari, S., (2025). "AMS Radicarbon (C14) Dating of Human Skeletal Remains from the Mersinchal Cemetery, Semnan, Iran". *Journal of Archaeological Studies,* 17(2): 167-187. DOI: https://doi.org/10.22059/jarcs.2025.395930.143351

- Oliveira, R. N., Silva, S. F. S. M., Kawano, A. & Antunes, J. L. F., (2006). "Estimating Age by Tooth Wear of Prehistoric Human Remains in

Brazilian Archaeological Sites". *International Journal of Osteoarchaeology*, 16: 407–414. https://doi.org/10.1002/oa.840

- Price, T. D., (2015). "An Introduction to the Isotopic Studies of Ancient Human Remains". *Journal of the North Atlantic,* 7: 71-87. https://doi.org/10.3721/037.002.sp708

- 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): 117-134. https://doi.org/10.1111/1475-4754.00047

- Sołtysiak, A., (2020a). "Bioarchaeology of Food Production in Ancient Mesopotamia". *After the Harvest Storage Practices and Food Processing in Bronze Age Mesopotamia,* N., Borrelli, G., Scazzosi (eds.), Brepols Publishers, Turnhout, Belgium: 113-123.

- Sołtysiak, A., (2020b). "Human enamel 87Sr/86Sr Evidence of Migration and Land Use Patterns at Tell Brak, a Late Chalcolithic Urban Centre in NE Syria". *Archaeological and Anthropological Sciences,* 12 (143): 1-7. https://doi.org/10.1007/s12520-020-01104-3

- Stronach, R., Stronach, D., Farahani, A. & Parsons, A., (2019). "Mid-Parthian Pottery from Building V at Shahr-i Qumis, Iran". *British Institute of Persian Studies,* 57(2): 1-50. https://doi.org/10.1080/05786967.2019.1633242

- Tague, R. G., (1995). "Variation in Pelvic Size Between Males and Females in Nonhuman Anthropoids". *American Journal of Physical Anthropology,* 97 (3): 213-233. https://doi.org/10.1002/ajpa.1330970302

- Tahmasebi Zave, H. & Iravani Ghadim, F., (2015). "Transportation in North East of the Iranian Plateau in the Bronze Age". *International Journal of Fundamental Physical Sciences (IJFPS),* 5(3): 77-81. https://doi.org/10.14331/ijfps.2015.330090

- Todd, T. W., (1920). "Age Changes in The Pubic Bone. I. The Male White Pubis". *American Journal of Physical Anthropology,* 3 (3): 285-334. https://doi.org/10.1002/ajpa.1330030301

- White, T. D. & Folkens, P., (2005). *Human Bone Manual.* London: Elsevier Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-088467-4.50004-1

- Willmes, M., McMorrow, L., Kinsley, L., Armstrong, R., Aubert, M., Eggins, S., Falguères, C, Maureille, B., Moffat, I. & Grün, R., (2013). "The IRHUM (Isotopic Reconstruction of Human Migration) Database-Bioavailable Strontium Isotope Ratios for Geochemical Fingerprinting in

France". *Earth System Science Data Discussions,* 6: 761-777. https://doi.org/10.5194/essd-6-117-2014

- Willmes, M., Bataille, C.P., James, J.F., Moffat, I., McMorrow, L., Kinsley, L., Armstrong, R.A., Eggins, S. & Grün, R., (2018). "Mapping of Bioavailable Strontium Isotope Ratios in France for Archaeological Provenance Studies". *Applied Geochemistry,* 90: 75-86. https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2017.12.025