ournal of Research on Archaeometry, 2021; 7 (1): 231-251

Journal of Research on Archaeometry

DOI: 10.29252/jra.7.1.231 URL: https://jra-tabriziau.ir/

Original Paper

The Natural Mummies of Zanjan Salt Mine and Preventive Conservation Approach for their Preservation

Manijeh Hadian Dehkordi*

Assistant professor of Research Center for Conservation of Cultural Relics, Tehran, IRAN

Received: 22/05/2021 **Accepted: 21/08/2021**

Abstract:

Some archeological studies in order to identify and introduce the natural mummies so-called Salt men discovered in the Chehrabad salt mine in Zanjan in western Iran and how to preserve them before 2010 are the contents of this article. These artifacts were first discovered accidentally in 1993 and 2004, and then by conducting archeological excavations. Methods used in these studies include: carbon 14 dating, radiographic imaging and CT scan, DNA molecular studies, 13C and 15N isotope analysis, trace element analysis by ICP method. The results of studies showed that these bodies with different ages belong to the Achaemenid and Sassanid periods, which were buried there as a result of mine collapse in the above historical periods. In addition, the study of the salt men decay process showed that relative humidity and its fluctuations are one of the most important environmental variables affecting this process and the threat to these properties. Periodic inspections and monitoring and biological tests (fungal and bacterial tests) showed that the method of preventive conservation has been the best and most effective method to preserve them.

Keywords: Salt men, Chehrabad Salt mine, Natural mummy, Archeometry, Preventive conservation .

Introduction

Some three decades have passed since the discovery of the salt-man, the first natural-historical mummy, at Zanjan Chehrabad Salt Mine in 1993. This mine is located in the province of Zanjan, a city in the west of Iran and at the altitude of 1350 m from the high seas with the coordinates of E47 51 25 and N36 54 52. From 1993 until today, nearly three decades later, the remains of at least eight bodies, all of them called salt men, have been discovered there. The first two Salt men were discovered accidentally in 1993 and 2004 and then during archaeological excavations in 2004 and 2005 (salt men No. 3, 4 and 5) in this mine. Also, other human remains (salt men No. 6, 7 and 8) were discovered and identified which during the archeological excavation undertaken from 2010 onwards which went beyond the temporal scope of the present study [1-5]. Physically-speaking, the salt men no. 1 and no. 4 are among the most unique mummies discovered .

*Corresponding Author: m_hadian@yahoo.com

Materials and Methods

As some questions had been raised about theses mummified corpses, the present interdisciplinary study was conducted to get more information about the salt-men and disclose the secrets hidden in their presence at the salt mine on the one hand and to understand the procedure for their conservation and preservation. The date of these properties was determined by applying carbon-14 dating through the AMS technique. The radiographic imaging and CT-Scan were applied for the pathology as well as determining the age and gender of the salt men no. 1 and no. 4. DNA molecular studies on the torso of the salt man no. 1 and his shin contributed to identification of a corpse. Additionally, an investigation was undertaken to analyze the 13C and 15N isotopes existing in the soft tissues and the hair of the salt-men to specify their diets. The analysis on the trace elements existing in the hair of the salt man no. 1 was conducted via ICP. Furthermore environmental monitoring, field survey and microbiological studies on the mummies, were the considerations in line with their conservation .

Results and Discussion

The results of carbon-14 dating revealed that these corpses belong to historical periods of Achaemenides and Sassanid empires (Table 1 and 2) [13, 16]. DNA molecular studies on the torso of the salt man no. 1 and his shin showed that they are contributed a corpse. Physical positions of corpses at the burial time and types of damages (Fig. 2 and Fig.3) sustained by them revealed by radiographic imaging and CT-Scan indicated that the cause of their deaths had been the collapse of the mines in the aforesaid historic periods that resulted in heavy pressures on them due to falling slat stones and numerous fractures inflicted on their skeletons (Fig. 4 and Fig. 6). The CT-Scan and analysis on the trace elements existing in the hair of the slat-man number 1 (Table 3) revealed that he was a middle-age man (around 40 years old) and the salt man no. 4 to be 15 or 16 years old boy (Fig. 5) [14]. Analyzing the 13C and 15N isotopes existing in the samples taken from these properties and comparing them with the control cases suggested that their diets were something close to a marine diet (Table 4 and Fig. 8) [16, 18]. Given the geographical location of the mine and its distance from the seas (Fig. 1), one could conclude that these individuals were not form the local community; however, proving this point required further information and experiments. Investigating the decay process on the salt men's bodies [19-21] that covered not only their bones and soft tissues but also various objects such as different types of textiles (cloth, leather and skin of animals) and metals (iron and silver), indicated that the relative humidity was one of the most important environmental variables affecting this process and it was considered to be the main threat for these properties. Using the silica gel not only contributes to controlling the moderate moisture inside the showcases of these properties [23], but also is influential in absorption of gas pollutants emanating from the construction materials. Periodic monitoring and biological tests (fungi and bacteria) on the salt man no. 1 revealed that various parts of the torso and shins inside the boots were free on fungi. However, some aerobic bacteria were found in the boots (Bacillus Coagulans) and torsos (Acinetobacter spp, Staphylococcus epidermidis, and Staphylococcus aureus). Therefore, results of studies indicated that the preventive conservation used for these items over a period of 8 years had preserved them safe at Iranian National Museum in Tehran (Fig. 9). The same preventive conservation method was utilized for other salt men in the city of Zanjan (Fig. 10 and Fig. 11). The showcase for the salt man no. 4, the most intact mummy, together with its accompanying items was designed in a way to control the micro climate inside the showcase and concurrently to remove pests such as insects and micro-organism inside via creating low-oxygen environment through injecting nitrogen or CO2 inside the showcase, if required (Fig. 13) [26-30].

Conclusion

Considering the type of attire, ornaments, and objects found at the site such as gold earrings, long leather boots, short pants with color patterns belong to salt man no.1 as well as the silver earrings, the skin-shaped cape, short leather boots and the clothes of salt man no.4, one could draw the conclusion that they were not necessarily miners and they belonged to various social classes. Generally, it could be concluded that the salt men with different ages were victims who had gone to the mine to extract salt and had encountered the collapse of the mine at various time periods

(Achaemenides and Sassanid empires) .

Due to the diversity of materials (organic and inorganic) in this collection and on the other hand the historical and aesthetic values of the properties, the best and most effective method of conservation for these items is preventive conservation with minimal intervention and through environmental control to slow down their decay process.

Acknowledgment

Special thanks and appreciation go to all the centers that helped us in carrying out this project in the relevant period of time, as follows:

Research Center for Conservation and Restoration of Historical Relics (RCCCR)
Cultural Heritage, Tourism and Handicrafts Organization of Zanjan Province
National Museum of Iran
Jam-e Jam Radiology Center in Tehran
Pasteur Institute of Iran
Forensic Medicine Organization of Iran
Oxford University

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پژوهه باستان‌سنجی ۱۴۰۰؛ ۷(۱): ۲۳۱-۲۵۱

پژوهه باستان‌سنجی

DOI: 10.29252/jra.7.1.231 URL: http://jra-tabriziau.ir/

مقاله پژوهشی

مومیایی‌های طبیعی معدن نمک زنجان و رویکرد حفاظت پیشگیرانه برای حفظ و نگهداری از آن‌ها

منیژه هادیان دهکردی [۱*]

۱. عضو هیئت علمی پژوهشگاه میراث فرهنگی و گردشگری، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۳/۰۱ **تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۰/۰۵/۳۰

چکیده

برخی مطالعات باستان‌سنجی در جهت شناخت و معرفی مردان نمکی مکشوفه در معدن نمک چهرآباد زنجان و پرده برداشتن از اسرار حضور آن‌ها در معدن نمک و نحوهٔ حفاظت و نگهداری از آن‌ها مطالبی است که در این مقاله به آن‌ها پرداخته می‌شود. این آثار ابتدا در سال‌های ۱۳۷۲ و ۱۳۸۳ بطور تصادفی و پس از آن با انجام حفاری‌های باستان‌شناختی کشف شدند. روش‌های مورد استفاده در این مطالعات شامل: سالیابی کربن ۱۴، تصویربرداری‌های رادیوگرافی و سی‌تی اسکن، مطالعات مولکولی DNA، بررسی ایزوتوپ‌های C_{13} و N_{15}، آنالیز عناصر کم مقدار با روش ICP هستند. نتایج سالیابی نیز نشان دادند که این اجساد متعلق به دوره‌های تاریخی هخامنشی و پارتی-ساسانی هستند. وضعیت قرارگیری اجساد در زمان دفن و نوع آسیب‌های وارد بر آن‌ها نشان می‌دهند که علت مرگ آن‌ها ناشی از حادثهٔ ریزش معدن در دوره‌های تاریخی فوق و وارد شدن ضربات شدید سنگ‌های نمک به آن‌ها بوده است. همچنین بررسی‌های صورت گرفته، مرد نمکی شمارهٔ ۱ را میان‌سال (حدود ۳۵-۴۰ سال) و جنسیت مومیایی شمارهٔ ۴ را مذکر و سن آن را حدود ۱۵ سال نشان می‌دهد. نتایج بررسی‌های مقدماتی ایزوتوپ‌های C_{13} و N_{15} در مقایسه با نمونه‌های شاهد نشان داد که رژیم غذایی آن‌ها نزدیک به رژیم دریایی می‌توانسته باشد. با توجه به نوع پوشش، تزیینات و برخی اشیاء همراه با این اجساد، به نظر می‌رسد که افراد مدفون در این معدن لزوماً کارگر معدن نبودند و به طبقات مختلف اجتماعی تعلق داشتند. علاوه بر این، بررسی فرایند فرسودگی مردان نمکی نشان داد که رطوبت نسبی و نوسانات آن یکی مهم‌ترین متغیرهای محیطی مؤثر در این فرایند و خطرات تهدیدکننده برای این آثار است و بهترین و کارآمدترین روش حفاظت از اینگونه آثار، حفاظت پیشگیرانه تشخیص داده شد. بازرسی‌ها و پایش‌های دوره‌ای و انجام آزمایشات بیولوژیکی (تست قارچ و باکتری) نشان داد که روش حفاظت پیشگیرانهٔ مورد استفاده تاکنون آن‌ها را در وضعیت ایمن نگاه داشته است.

واژگان کلیدی: مردان نمکی، معدن نمک چهرآباد، مومیایی طبیعی، باستان‌سنجی، حفاظت پیشگیرانه

* نویسنده مسئول مکاتبات: تهران، خیابان امام خمینی، خ سی تیر، روبروی ساختمان موزه ملی ایران، شماره ۲ ، پژوهشگاه میراث فرهنگی و گردشگری
پست الکترونیکی: m_hadian@yahoo.com

۱. مقدمه

معدن نمک چهرآباد واقع در ۷۵ کیلومتری غرب شهر زنجان و یک کیلومتری روستای حمزه‌لو بر اساس بررسی‌های زمین شناسی برون‌زادی از نهشته‌های تبخیری کلرور سدیم است که در زیر لایه‌ی ضخیمی از مارن‌های سبز و قرمز به ضخامت تقریبا ۴۰ متر قرار گرفته است. کوه معدن نمک از سه جهت شرق، غرب و جنوب به رودخانه‌های فصلی مهرآباد، چهرآباد و آجی‌چی محدود شده و از سمت شمال به محل اتصال رودهای مهرآباد و چهرآباد مشرف است [1]. این معدن در بلندی ۱۳۵۰ متر از سطح آب‌های آزاد و مختصات جغرافیایی E47 51 25 و N36 54 52 واقع شده است[2].

از سال ۱۳۷۲ تا به امروز که نزدیک به سه دهه از آن زمان می‌گذرد، علاوه بر سایر آثار، حداقل بقایای ۸ انسان که همگی مردان نمکی نامیده می‌شوند، در آنجا کشف شده است [3]. ۲ مرد نمکی اول در سال‌های ۱۳۷۲ و ۱۳۸۳بطور تصادفی و سپس طی حفاری‌های باستان‌شناختی ۱۳۸۳ و ۱۳۸۴ (مردان نمکی شماره ۳، ۴ و ۵) در این معدن کشف شدند. همچنین بقایای انسانی دیگر) مردان نمکی شمارهٔ ۶، ۷ و ۸) نیز از سال ۱۳۸۹ به بعد کشف یا شناسایی شدند که خارج از بازهٔ زمانی مطالعات ارائه شده در این مقاله هستند.

مردان نمکی شمارهٔ ۱ و ۴ از منحصربفردترین آثار مومیایی طبیعی مکشوفه به لحاظ ظاهری و فیزیکی در این مجموعه هستند. سایر مردان نمکی یا متلاشی و یا عمدتا به صورت اسکلت هستند و بقایای کمی از بافت‌های نرم آنها باقی مانده است. با توجه به سوالاتی که در خصوص این اجساد مومیایی مطرح بود، در این مقاله ضمن ارائهٔ نتایج تحقیقات صورت گرفته در جهت شناخت مردان نمکی و پرده برداشتن از اسرار حضور آنها در معدن نمک که تا سال ۱۳۸۹ و پیش از شروع همکاری‌های تیم آلمانی در این پروژه صورت گرفته بوده است، به معرفی شیوه‌های علمی مطالعات مومیایی‌های طبیعی و نحوهٔ حفاظت و نگهداری از آنها نیز پرداخته می‌شود .

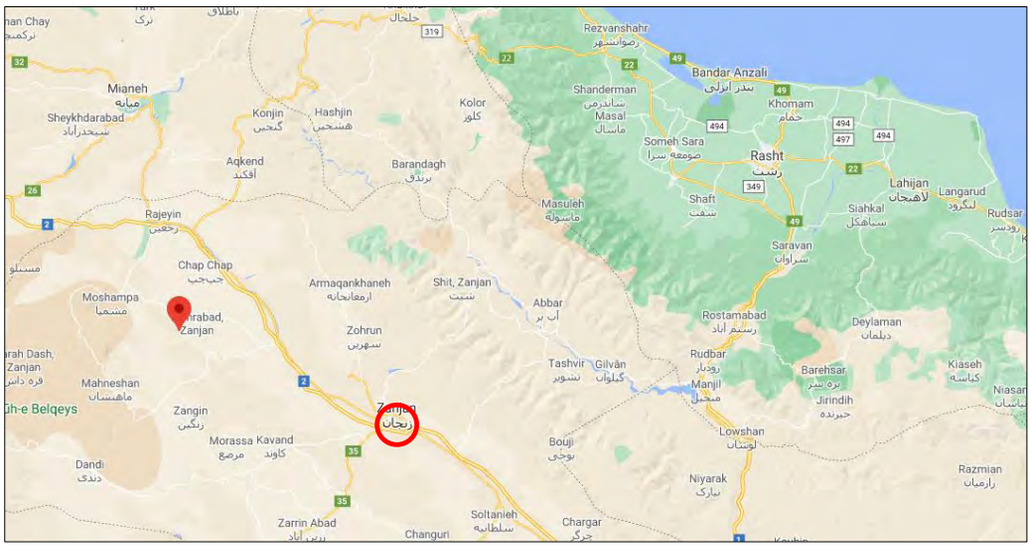
شایان ذکر است برخی از متعلقات مردان نمکی از قبیل منسوجات و اشیاء فلزی نیز از دیگر موضوعات مطالعات علمی بودند که نتایج این مطالعات در مقالهٔ جداگانه ارائه خواهد شد.

۲. پیشینهٔ اکتشاف مردان نمکی

۲-۱. مرد نمکی شمارهٔ ۱ (۱۳۷۲)

در زمستان۱۳۷۲ معدن‌کاران نمک در ناحیهٔ غرب شهرستان زنجان، روستای چهرآباد (شکل ۱) به‌طور کاملاً غیر مترقبه و تصادفی به هنگام خاکبرداری و استخراج نمک از معدن زیر تپه‌های این منطقه با نیم تنهٔ یک جسد با ریش و موی بلند مواجه می‌شوند. پس از مطلع شدن ادارهٔ کل میراث فرهنگی استان زنجان، و با حضور باستان‌شناس آن ادارهٔ کل جناب آقای هوشنگ ثبوتی در محل، بررسی و کاوش منطقه از تاریخ ۱۳۷۲/۱۱/۶ آغاز و منجر به کشف یک ساق پا درون چکمهٔ چرمی، سه قبضه چاقو، شلوارک، شیء نقره‌ای به نام گوش‌پاکن، قلاب سنگ، تکه‌های طناب چرمی، سنگ‌ساب، گردو، تکه‌های سفال و چند تکه پارچه منقوش و خرده‌های استخوان می‌شود. بررسی‌ها و شواهد باستان‌شناختی معدن نشان می‌داد که این محل در دوران باستان مورد استفاده و استخراج قرار گرفته و تونل‌های متعددی در داخل معدن نمک کنده شده بود [1].

چندی بعد، مومیایی کشف شده «مرد نمکی» نام گرفت. طبق گزارش تحلیلی باستان‌شناختی، بقایای مومیایی و اشیاء متعلق به آن به اواسط هزارهٔ اول قبل از میلاد نسبت داده شد [1, 4].



شکل ۱: موقعیت روستای چهرآباد در غرب شهرستان زنجان و دریای مازندران (google earth)
Fig. 1: Chehrabad village situation in the west of Zanjan city and Mazandaran

۲-۲. مردان نمکی شماره ۲ ، ۳، ٤ و ٥ (۱۳۸٤- ۱۳۸۳)

پس از گذشت بیش از یک دهه از کشف اولین مرد نمکی در سال ۱۳۷۲، در سال ۱۳۸۳ بقایای سه جسد دیگر در معدن نمک چهرآباد زنجان کشف شد. به گفتهٔ باستان‌شناسان محل، کلیهٔ این اجساد در یک محدوده و در فواصل نزدیک به یکدیگر قرار گرفته بودند. دومین جسد نیز در شرایط مشابه با مرد نمکی شمارهٔ ۱ و به‌طور تصادفی در ۸ آذر ماه سال ۱۳۸۳ توسط کارگران معدن پیدا شد [5]. به دنبال کشف دومین مومیایی طبیعی در معدن نمک چهرآباد، بررسی‌ها و کاوش‌های باستان‌شناختی در محل صورت گرفت که منجر به کشف دو جسد دیگر و اشیاء زیادی به همراه آن‌ها در اسفند ماه ۱۳۸۳ شد. جسد سوم به شکل متلاشی شامل بخش‌هایی از بافت‌های استخوانی و نسوج نرم و پوشش آن شامل کفش و تکه‌های لباس در زیر قطعه سنگ بسیار بزرگی کشف شده بود. بالاخره مومیایی چهارم نیز طی حفاری‌های انجام شده به طور ناباورانه‌ای نسبتاً کامل و سالم! شامل کلیهٔ اجزاء بدن با پوشش لباس و کفش یافت شد (شکل ۲). پنجمین جسد مومیایی نیز که عمدتاً اسکلت همراه با قطعات پوست و مو بود، نیز در دومین فصل حفاری در آذر سال ۱۳۸۴ در زیر آوار کشف شد. وضعیت مدفون بودن این مومیایی (مرد نمکی ۵) نیز مشابه چهارمین مومیایی به روی صورت و زبان آن بین دندان‌هایش قرار گرفته بوده است [2, 6].

شکل ۲. مرد نمکی شمارهٔ ۴ در محل اکتشاف (معدن نمک زنجان)
Fig. 2: Saltman no. in the site (the Saltmine in Zanjan)

وضعیت جسد سوم و پنجم در محل کشف آن‌ها که در زیر صخره‌های سنگ نمک و آوار بوده است، علت مرگشان را به وضوح نشان می‌دهد. همچنین مدفون شدن جسد چهارم (مرد نمکی ۴) در زیر خاک و قطعات زیادی از سنگ نمک حکایت از ضربه‌ای

می‌کند که منجر به افتادن آن به روی شکم و بالاخره مرگ اسفبار آن شده بوده است. نحوهٔ قرار گرفتن پاها و بازو و ساعد دست چپ جسد تلاش آن را برای بلند شدن یا بالا رفتن از جایی در لحظات قبل از مرگ می‌رساند.

۳. روش پژوهش

طرح مطالعات میان‌رشته‌ای این مجموعه در پاسخ به چند سئوال اساسی شکل گرفت. این سئوالات عبارت بودند از:

۱- این مجموعه متعلق به چند سال پیش است؟

۲- آیا نیم‌تنه و ساق پای درون چکمه کشف شده متعلق به یک جسد هستند؟

۳- علت مرگ مردان نمکی چه بوده است؟

۴- علت حضور آن‌ها در آن معدن چه بوده است؟

۵- سن و جنسیت چهارمین مومیایی مکشوفه چه بوده است؟

۶- چگونه می‌توان آثار مومیایی مکشوفه را حفاظت و نگهداری کرد؟

در این ارتباط از روش‌های آزمایشگاهی سالیابی کربن ۱۴، مطالعات رادیوگرافی و سی‌تی اسکن، مطالعات مولکولی DNA و بافت‌شناسی، آنالیزهای شیمیایی پلاسمای جفت شده القایی یا ICP، کرماتوگرافی گازی کوپل شده با طیف‌سنجی جرمی یا GC/MS و مطالعات میکروبیولوژی شناسایی قارچ و باکتری، استفاده شد. بازرسی‌های بصری و پایش دوره‌ای آثار، بخش دیگری از این تحقیق بوده است.

٤. نتایج و بحث

٤-۱. مطالعات باستان‌سنجی مردان نمکی

۱-۱-٤. سالیابی مجموعه

با توجه به ماهیت این مجموعه که عمدتاً مواد آلی است، برای تعیین قدمت اجزاء آن نیاز به روش سالیابی کربن ۱۴ بود [7]. از سوی دیگر چون امکان نمونه‌برداری از این آثار خیلی محدود و در حد چند میلی‌گرم بود، بنابراین، سالیابی کربن ۱۴ از نوع شتاب‌دهندهٔ طیف‌سنجی جرمی یا AMS [1] برای اینکار مناسب تشخیص داده شد [8]. به این منظور نمونه‌هایی از بافت استخوان نیم‌تنهٔ مرد نمکی و ساق پای موجود در چکمهٔ چرمی و همچنین دو نمونه از الیاف بافته‌های مکشوفه (شلوارک و قطعات پارچه) در حد چند میلی‌گرم به بخش سالیابی رادیوکربن، آزمایشگاه باستان‌شناسی و تاریخی هنر دانشگاه آکسفورد در انگلستان ارسال شد.

نتیجهٔ سالیابی این نمونه‌ها نشان داد (جدول ۱) قدمت این مجموعه به دوران اواخر پارتی و اوایل ساسانی یا A.D. ۲۲۰–D. A. ۳۹۰ سال پیش بر می‌گردد. این نتیجه با نظرات باستان‌شناسی متفاوت بود. طبق نظر ثبوتی [1,4] برخی مشخصه‌های ظاهری مرد نمکی شامل نوع آرایش ریش و موی بلند و گوشواره موجود در گوش چپ و همچنین نوع پوشش آن که شلوارک و چکمهٔ بلند بود (شکل ۳) و همچنین قطعات سفال خاکستری مکشوفه، درمجموع، قدمت این آثار به دوران هخامنشی نسبت داده شد.

شکل ۳: مرد نمکی، ساق پای درون چکمه و شلوارک آن
Fig. 3: Saltman, the foreleg inside a leather boot and its short trouser

جدول ۱: قدمت نمونه‌های مورد مطالعه مرد نمکی شماره ۱
Table 1: Date of the Saltman samples

No.	نمونه Sample	BP[2]	BC/AD
1	استخوان نیم‌تنه مرد نمکی ۱ Saltman1 half body bone	1800±55	A.D. 220- 390
2	استخوان زانوی مرد نمکی ۱ Saltman1 knee bone	1625±50	
3	شلوارک مرد نمکی ۱ Saltman 1 Short trouser	1860±55	
4	قطعه پارچه مرد نمکی ۱ Saltman 1textile fragment	1745±50	

همانند سالیابی مرد نمکی شمارهٔ ۱ برای تعیین قدمتِ مردان نمکی شماره ۲، ۳، ۴ و ۵ و برخی آثار مکشوفه با آن‌ها که ماهیت آلی داشتند از روش سالیابی کربن ۱۴ از نوع شتاب‌دهندهٔ طیف‌سنجی جرمی یا AMS استفاده شد. برای این منظور ۹ نمونه (جدول ۱) شامل: دو نمونه از بافت پوست و الیاف پارچهٔ متعلق به مرد نمکی شمارهٔ ۲، سه نمونه از بافت پوست، الیاف پارچه و چرم کفش مرد نمکی شماره ۳ و همچنین سه نمونه از بافت پوست، الیاف پارچه و پوستین مرد نمکی شماره ۴ و یک نمونه پوست مرد نمکی شماره ۵ در حد چند میلی‌گرم توسط بخش سالیابی رادیوکربن، دانشگاه آکسفورد در انگلستان سالیابی شد. نتایج نشان داد که مرد نمکی شمارهٔ ۲ و قطعه پارچه‌های آن (A.D. ۵۷۰ –A.D. ۴۳۰) تقریباً هم دوره با مرد نمکی شماره ۱ و مردان نمکی ۳ (B.C. ۴۱۰ – B.C. ۳۸۵)، ۴ (B.C. ۳۸۰ – B.C. ۴۰۵)، ۵ (B.C. ۲۳۰ – B.C. ۳۰۰) و اشیاء متعلقه، مربوط به دورهٔ هخامنشی هستند.

جدول ۲: قدمت نمونه‌های مورد مطالعه مردان نمکی
Table 2: Date of Saltmen no. 2-5 samples

No.	نمونه Sample	BP	BC/AD
1	بافت نرم مرد نمکی۲ Saltman 2 soft tissue	28± 1589	A.D. 430-570
2	لباس مرد نمکی ۲ Saltman 2 textile	1829± 30	
3	بافت نرم مرد نمکی ۳ Saltman 3 soft tissue	2336± 29	410 B.C. - B.C. 385
4	لباس مرد نمکی ۳ Saltman 3 textile	2304± 29	
5	کفش چرمی مرد نمکی ۳ Saltman 3 leather shoe	2376± 31	
6	بافت‌های مرد نمکی ۴ Saltman 4 soft tissue	29± 2262	405 B.C.-B.C. 380
7	پوستین مرد نمکی ۴ Saltman 4 fur cloak	2355± 29	
8	لباس مرد نمکی ۴ Saltman 4 textile	2358± 28	
9	پوست مرد نمکی شماره ۵ Saltman 5 soft tissue	28± 2286	300 B.C.-B.C. 230

۱-۲-٤. مطالعات ملکولی DNA مرد نمکی شماره ۱

در پاسخ به سئوال مطرح در خصوص ارتباط نیم‌تنهٔ مرد نمکی و ساق پای درون چکمه مکشوفه که آیا متعلق به یک جسد هستند یا خیر یکی از روش‌های دقیق برای اینکار انجام مطالعات ژنتیکی و بررسی‌های مولکولی DNA بود. داده‌های DNA باستان کمک می‌کند تا بتوان برخی از مجموعه سئوالات انسان‌شناسی، زیست‌شناسی تکاملی و علوم محیطی و باستان‌شناسی را پاسخ داد. این داده‌ها گذشته‌ای پویاتر از آنچه قبلاً ارزیابی شده بود را نشان می‌دهد و درک ما را از بسیاری از وقایع مهم در گذشته متحول می‌کند [9]. این نوع مطالعات در آن زمان یعنی سال‌های ۱۳۷۳-۱۳۷۲ برای اولین بار در کشور بر روی نمونه‌های باستانی انجام می‌شد. طی مذاکرات صورت گرفته با بخش بیوتکنولوژی انستیتو پاستور ایران و پس از بررسی‌های اولیه بر روی نمونه‌های آزمایشی از بافت‌های مختلف ریشهٔ مو، پوست و استخوان مرد نمکی و با استفاده از روش‌های PCR[3] معلوم شد که بیشترین زنجیره‌های مولکول DNA از نمونه‌های مغز استخوان قابل استخراج و بازسازی هستند. بنابراین، با نمونه‌گیری مجدد از استخوان جمجمه و بخش زانوی ساق پای درون چکمه مطالعات دقیق‌تر و کامل‌تری انجام شد. نتیجهٔ مطالعهٔ مولکولی زنجیره‌های DNA استخراج شده پس از PCR از طریق تکنیک RLFP[4] [10,11] و همچنین بررسی مولکولی آنتی‌ژن‌های اثر انگشتی HLA[5] [12]، با استفاده از پرایمرهای DR1 51 و DR2 52، نشان داد که الگوی ژنتیکی پا و سر یکی هستند. به عبارت دیگر این سر و پا متعلق به یک جسد بوده‌اند.

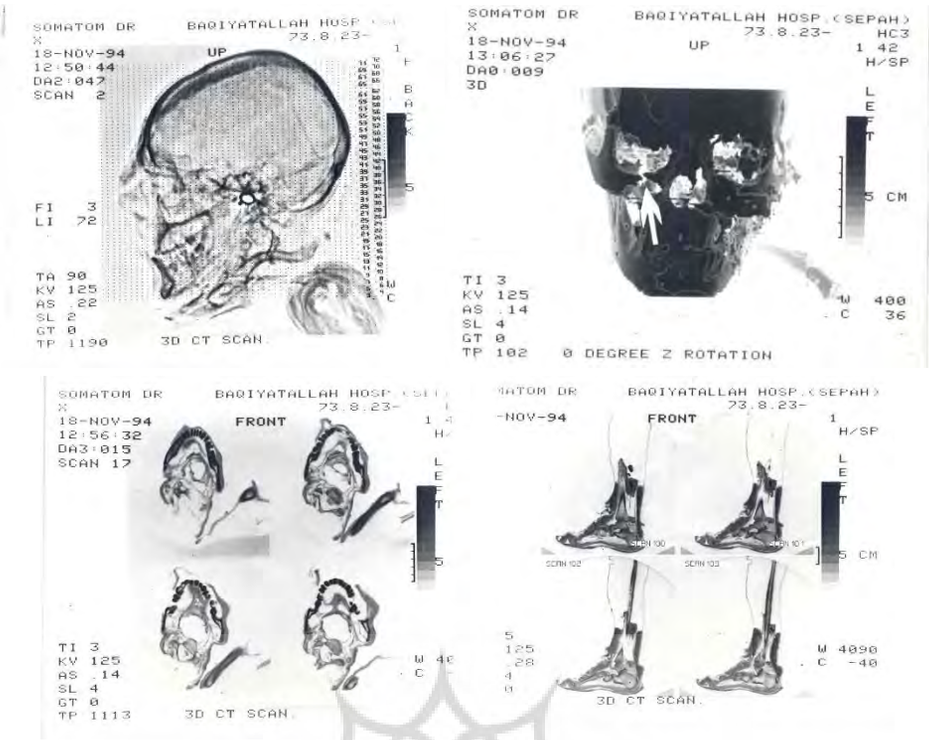
۱-۳-٤. مطالعات رادیوگرافی و سی‌تی اسکن

۳-۱-٤-۱. مرد نمکی شماره ۱

یکی از سئوالات اصلی دیگر در خصوص مردان نمکی علت مرگ آن‌ها بود. وضعیت ظاهری نیم‌تنهٔ مرد نمکی شماره ۱ نشان دهندهٔ آسیب جدی در سمت راست صورت آن بود. برای کسب اطلاعات دقیق‌تر از آسیب‌های وارده و علت مرگ آن، از روش‌های رادیوگرافی اشعهٔ ایکس و سی‌تی اسکن دو بعدی و سه بعدی استفاده شد. انجام این مطالعات در بیمارستان بقیه‌الله‌العظم تهران که در آن زمان یکی از جدیدترین دستگاه‌های CT اسکن را داشت، صورت گرفت. تهیهٔ ۶۰ اسلاید از نیم‌تنه و ساق پای درون چکمه، جزییات دقیقی را از آسیب‌شناسی و سن این مومیایی در اختیار قرار داد (شکل ۴).

این نتایج نشان داد که ضربهٔ سختی که به سمت راست صورت وارد و منجر به شکستن حدقهٔ چشم مرد نمکی نیز شده، سبب مرگ او بوده است. موقعیت نسج مغز که به سمت راست و پیشانی منحرف شده بود و همچنین چرخش مهره‌های اول و دوم گردن نشان داد، سر این مومیایی در زمان مرگ و طول مدت دفن به همین سمت یعنی راست و روی صورت بوده است. از سوی دیگر تصاویر رادیوگرافی و سی‌تی اسکن مرد نمکی نشان داد که فک پایین او هم در مدت دفن و یا در اثر ضربهٔ وارده، تحت فشار زیاد بیرون زده بوده است.

تصاویر مربوط به دندان‌های مومیایی نشان می‌داد تعداد آن‌ها به‌جز یکی که کشیده شده بوده است، مابقی سالم و از وضعیت خوبی برخوردار بودند. بر اساس وضعیت استخوان‌ها و دندان‌ها سن این مومیایی حدود ۴۰-۳۵ سال تخمین زده شد. همچنین تصاویر CT اسکن انگشتان جمع‌شدهٔ پا در چکمه نیز احتمالاً به دلیل فشار یا تنش ناشی از درد به هنگام مرگ بوده است [13].



شکل ۴: تصاویر سی تی اسکن نیم تنه و ساق پای مرد نمکی شماره ۱

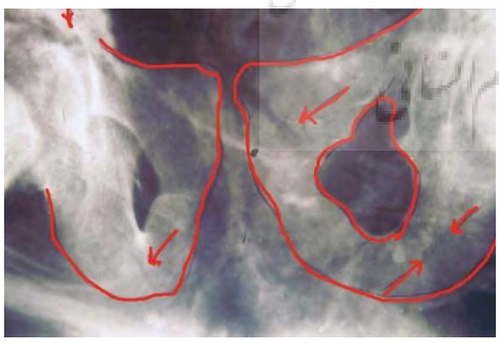
Fig. 4: CT scan images of the Saltman No. 1 and its foreleg inside the leather boot

۳-۲-٤-۱. مرد نمکی شماره ٤

رادیوگرافی ساده (دستگاه پرتابل بیمارستانی ۱۰۰ میلی‌آمپر) و سی‌تی اسکن دوبعدی و سه‌بعدی (سی‌تی اسکن شیمادزو مدل ۶۸۰۰ با دهانهٔ گانتری ۷۰ سانتیمتر) مرد نمکی شماره ۴ در تاریخ ۲۵ آذر ماه ۱۳۸۴ در مرکز تصویربرداری جام جم تهران انجام شد[۶]. به منظور انتقال مرد نمکی شمارهٔ ۴ از زنجان به تهران، تمهیدات لازم برای ایمنی و امنیت آن از جمله طراحی و ساخت محفظهٔ مخصوص انتقال صورت گرفت که در ادامه جزییات بیشتری از آن ذکر شده است.

نتایج تصویربرداری‌های اشعهٔ ایکس نشان داد با توجه به تصاویر رادیوگرافی لگن که زاویهٔ حدود ۶۰ درجه دارد [14]، جنسیت این مومیایی مذکر است (شکل ۵). همچنین اپی‌فیز جوش نخوردهٔ اولین استخوان کف دستی در دست چپ و راست و اپی‌فیز قاعدهٔ بند اول انگشت شست، سن آن را بین ۱۶-۱۵ سال نشان داد.

مشاهدهٔ شکستگی‌های متعدد در کل بدن و همچنین شکستگی‌های عرضی در استخوان‌های بلند نشان می‌دهد که این نوجوان مومیایی مورد اصابت یک ضربهٔ سنگین و برق‌آسا قرار گرفته و فشردگی و پارگی سریع قلب، موجب مرگ آنی او شده است (شکل ۶).



شکل ۵: تصویر رادیوگرافی استخوان لگن مرد نمکی شماره ۴ که نشان دهنده جنسیت مذکر آن است. زاویه لگن این مومیایی حدود ۶۰ درجه است. در جنس مؤنث این زاویه حدود ۱۱۰ درجه است.

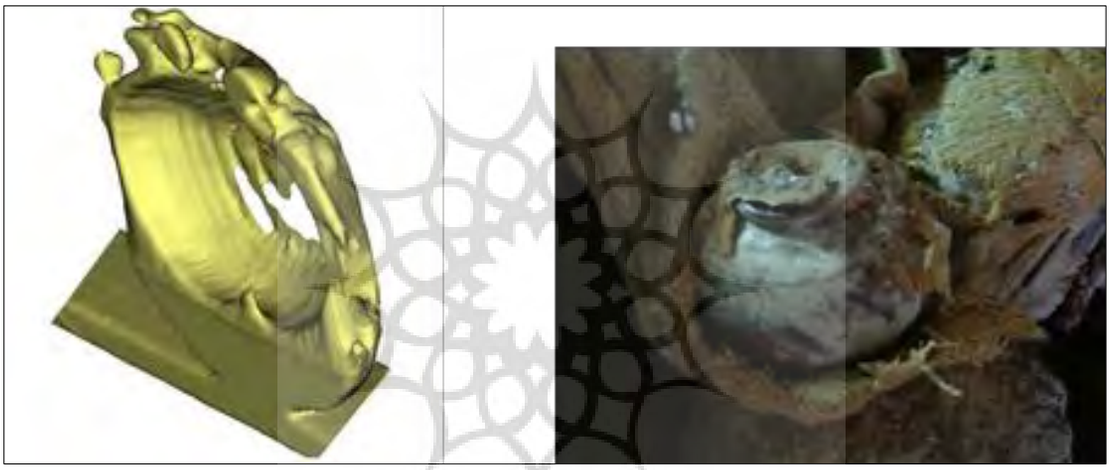
Fig. 5: Pelvis X-ray of the saltman 4 which shows its gender to be male. This angle is about 60 degrees (proving it to be a male). In females it is about 110 degrees.

شکل ۶: شکستگی‌های متعدد در سر، سینه و بازوان مرد نمکی شماره ۴ و گوشوارهٔ نقره‌ای حلقوی و بخشی از پوستین در پشت سر آن

Fig. 6: Several fractures in head, chest and arms of the Salt-man no.4 with a silver ring on the right ear and a part of animal skin behind his head

٤-١-٣-٣. شناسایی کاربرد ظرف سفالی مرد نمکی شماره ٤

همراه با سی‌تی اسکن مرد نمکی شمارهٔ ۴ تصاویری هم از یک ظرف کوچک سفالی پهلوی آن (شکل ۷) گرفته شد. این تصاویر نشان دهندهٔ وجود مواد نرم درون آن بوده است که به نظر می‌رسد در اثر خشک شدن ترک خورده باشد. کاربرد این ظرف و مواد درون آن یکی دیگر از سئوالات مطرح بوده است.



شکل۷: ظرف سفالی مرد نمکی شماره ۴ (راست) و سی تی اسکن سه بعدی آن (چپ)

Fig. 7: pottery visel of Saltman no. 4 (right) and its 3D CT scan (left)

٤-١-٤. آسیب‌شناسی پوست دست مردان نمکی

از آنجا که تماس زیاد نمک با دست می‌تواند به پوست آن آسیب بزند. این نوع آسیب را «سوراخ‌های نمکی» نامیده‌اند [۱۵]، بنابراین استفاده از چربی یا مواد روغنی می‌تواند یکی از راه‌های پیشگیری از آسیب زیاد به پوست باشد. بر همین اساس حدس بر آن بود که از ظرف سفالی برای نگهداری این مواد استفاده می‌شده است. برای اثبات این نظریه آزمایش کرماتوگرافی گازی کوپل شده با طیف‌سنجی جرمی یا GC/MS بر روی نمونه‌هایی از پوست دست مرد نمکی شمارهٔ ۲ و ۵ انجام شد. نتایج این آزمایش نشان‌دهندهٔ وجود مقادیر قابل توجهی از لینولنیک اسید بود که از اسیدهای چرب موجود در روغن‌های گیاهی همراه با استر اسیدهای چرب موجود در چربی حیوانی غیراشباع هستند. این ترکیبات به‌احتمال‌زیاد، بقایای مادهٔ چربی برای زدن روی دست‌ها و جلوگیری از آسیب نمک بوده است [16]. البته ناگفته نماند که شناسایی مواد درون ظرف سفالی همچنان برای اثبات این موضوع، الزامی است. همچنین فرضیهٔ استفاده از ظرف سفالی حاوی مواد روغنی به عنوان پیه‌سوز جهت روشنایی نیز وجود دارد.

٤-١-٥. آنالیز عنصری موهای مرد نمکی شمارهٔ ١ و الیاف شلوارک آن

عناصر کم مقدار موجود در موها نشان‌دهندهٔ اطلاعات زیاد ژنتیکی و محیطی، همچون رنگ، سن، نژاد، جنسیت، آلودگی‌های محیطی است [17]. از آنجا که علت رنگ سفید و گاه زرد موهای مرد نمکی یکی دیگر از موضوعات مورد سئوال بود، به همین لحاظ و با استفاده از روش آنالیز عنصری ICP[7] یا پلاسمای جفت شده القایی مدل ARL در مرکز تحقیقات آثار تاریخی (پژوهشکده حفاظت و مرمت آثار تاریخی- فرهنگی فعلی) نمونه‌هایی از موهای سر مرد نمکی و در مقایسه با یک نمونه موی سر جدید و الیاف شلوارک مورد بررسی قرار گرفتند (جدول ٣).

نتایج آنالیز نشان داد که موهای زرد رنگ مرد نمکی که بیشتر در ناحیهٔ ریش و سمت راست سر آن هستند، درصد بالایی از Fe یا عنصر آهن دارند. یکی از علل درصد بالای این عنصر در مو رنگ قرمز یا قهوه‌ای طبیعی آن است که بخشی از آهن می‌تواند مربوط به رنگ اولیهٔ موهای مرد نمکی باشد. از سوی دیگر مقایسهٔ درصد آهن موجود در یک نمونه موی جدید با رنگ قهوه‌ای مقادیر این عنصر را با درصد خیلی پایین‌تری نسبت به نمونه‌های تاریخی نشان می‌دهد. علت آن می‌تواند مربوط به آهن موجود در خون باشد که در زمان آسیب به سر مرد نمکی و خونریزی ناشی از آن در مدت دفن، جذب موها و موجب زرد شدن آن‌ها در این ناحیه شده است. از سوی دیگر و طی بررسی ظاهری موها که لابه‌لای آن‌ها تعدادی تارهای قهوه‌ای نیز دیده می‌شود، باید گفت که سفید بودن موها نمی‌توانسته مادرزادی باشد. علاوه بر این درصد پایین عنصر روی (Zn) در این مومیایی در مقایسه با موی سر جدید که مربوط به شخصی با سن ٢٥-٢۴ سال بود، سن آن‌را که بر اساس مطالعات CT اسکن حدود ۴٠ سال تخمین زده شد تأیید می‌کند. درصد این عنصر با افزایش سن افراد در بدن کاهش می‌یابد [17].

جدول ٣ : میزان عناصر شناسایی شده در تار مو و الیاف شلوارک مرد نمکی در مقایسه با یک تار موی جدید قهوه‌ای (ppm)

Table 3: The amount of elements detected in the hair, and fibers of salt man short trouser compared to a new brown hair

عنصر element	تار موی مرد نمکی ١ Saltman1 hair	الیاف شلوارک مرد نمکی ١ Saltman1 short trouser fiber	تار موی قهوه‌ای جدید New brown hair
Ag	108	6.6	3.1
Au	37	22.5	-
Al	268	1270	-
As	-	-	-
Bi	-	47	30.6
Cu	4.2	0.8	30.2
Cr	5.6	0.8	-
Fe	380	687	281.1
K	480	490	-
Na	1230	595	-
Pb	17	6.6	73.1
Sn	-	-	4.0
Zn	183.5	53	196

٤-٦-١. تعیین گروه خونی مرد نمکی شماره ١

موها یکی از بافت‌های بدن انسان هستند که سلول‌های آن‌ها مانند سایر سلول‌های بدن حاوی آنتی‌ژن‌های گروه خونی هستند. از آنجا که مو به سادگی فاسد نمی‌شود، لااقل برای مدت زمان طولانی، بنابراین، آنتی‌ژن‌های گروه خونی که در سلول‌های مو باقی می‌مانند با استفاده از

آنتی‌سرم‌های ضد A و B و ایجاد آگلوتیناسیون[8] شناسایی می‌شوند. لازم به ذکر است که این روش برای اولین بار در سال ۱۹۶۸ میلادی توسط آقای دکتر نظری کشف و به نام ایران در ماهنامهٔ پلیس اینترپل ثبت شده است. بر اساس مطالعات صورت گرفته توسط بخش سرولوژی سازمان پزشکی قانونی کشور، گروه خونی مرد نمکی از نوع B تعیین شد. این نتیجه به تنهایی اطلاعات دیگری در مورد مومیایی نمی‌دهد، اما نشان دهندهٔ باقی ماندن این اطلاعات ژنتیکی در نمونهٔ موهای باستانی است که می‌تواند ارتباطات خانوادگی در موارد خاص را روشن کند.

٤-١-٧. مطالعات مقدماتی نوع رژیم غذایی مردان نمکی

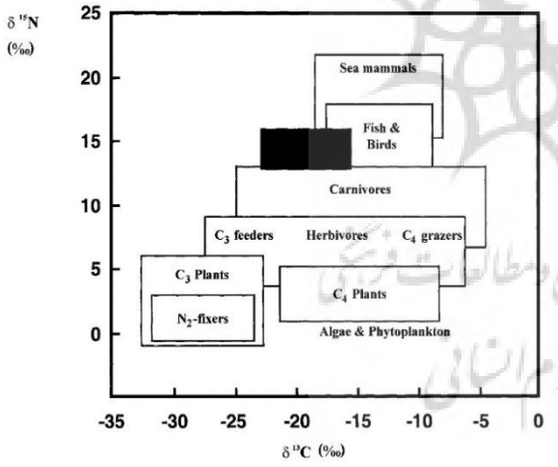
به عنوان بخشی از فرایند سالیابی رادیوکربن، ایزوتوپ‌های ^{13}C و ^{15}N اندازه‌گیری می‌شوند. داده‌های به‌دست آمده از بقایای انسانی می‌تواند اطلاعات مفیدی را در خصوص شیوهٔ زندگی افراد از جمله نوع رژیم غذایی آن‌ها در اختیار قرار دهد. از آنجا که انواع مواد غذایی (گوشت شکار، گیاهان و آبزیان) در طی چند سال می‌تواند با مقادیر خاصی از هر یک از ایزوتوپ‌های فوق در کلاژن بافت‌های انسانی (خصوصا استخوان) ذخیره شود، بر این اساس داده‌های فوق می‌توانند به تعیین نوع رژیم غذایی افراد کمک کنند. مقادیر تعیین شدهٔ ایزوتوپ‌های ^{13}C برای پنج مومیایی مکشوفه (مردان نمکی ۱ تا ۵) و ^{15}N به جز مرد نمکی شماره ۱ برای مابقی اندازه‌گیری شد (جدول۴). این مقادیر برای ^{13}C مابین ۱۶/۴- ۲۳/۱ و ^{15}N ۱۵/۱- ۱۳/۰ بود. مقادیر آن‌ها در مقایسه با نمونه‌های شاهد [18] همانطور که در شکل ۸ مشاهده می‌شود، نزدیک به رژیم غذایی دریایی تلقی می‌شود که البته دستیابی به نتایج دقیق‌تر نیازمند داده‌های بیشتر و نمونه‌های شاهد از افراد بومی مناطق مختلف مربوطه است [16].

جدول ۴: مقادیر ایزوتوپ‌های ^{13}C و ^{15}N اندازه‌گیری شده در بقایای انسانی مردان نمکی [16]

Table 4: Values of ^{13}C and ^{15}N isotopes measured in human remains of salt men [16]

No.	نمونه Sample	^{13}C delta ‰	^{15}N delta ‰
1	بافت پوست مرد نمکی ۱ Saltman1 soft tissue	-16.4	-
2	بافت پوست مرد نمکی ۱ Saltman1 soft tissue	-17.1	-
3	بافت استخوان مرد نمکی ۲ Saltman2 soft tissue	-20.4	13
4	بافت استخوان مرد نمکی ۲ Saltman2 bone	-18.2	14.4
5	بافت استخوان مرد نمکی ۳ Saltman3 bone	-20.3	13.7
6	بافت استخوان مرد نمکی ۴ Saltman4 bone	-23.1	14.7
7	بافت استخوان مرد نمکی ۴ Saltman4 bone	-20.2	15.1

شکل ۸: نمودار سطوح ایزوتوپ‌های پایدار رژیم غذایی [18] و



مقایسه با داده‌های مربوط به مردان نمکی (مستطیل سیاه)

Fig. 8: Stable isotope trophic level [18] with data from Saltmen (black rectangle)

٤-٢. اقدامات حفاظتی مردان نمکی

یکی از چالش‌ها و موضوعات مهم در خصوص این مجموعه، چگونگی حفاظت و نگهداری مومیایی‌های طبیعی مکشوفه بود. با توجه به عدم تجربهٔ قبلی در این خصوص، موضوع فساد احتمالی و از بین رفتن

این مومیایی‌ها یکی از دغدغه‌های مسئولان میراث فرهنگی و عموم مردم بود. دستیابی به شیوهٔ حفاظت آثار مومیایی و پیشگیری از آسیب به آن‌ها نیازمند انجام مطالعات دقیق علمی بود که در ابتدا می‌بایست فرایند فرسودگی این آثار مورد بررسی قرار می‌گرفت.

٤-٢-١. فرایند فرسودگی و علت فساد بقایای انسانی

کوچک‌ترین واحد سازندهٔ بافت‌های مختلف بدن انسان یعنی سلول‌ها از مواد آلی از قبیل پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک و غیره تشکیل می‌شوند. همچنین یکی از این اجزای این سلول‌ها، لیزوزوم‌ها، محل ذخیره‌سازی آنزیم‌ها هستند. وقتی یک سلول دچار آسیب می‌شود و یا به عبارتی آن سلول می‌میرد، دیوارهٔ لیزوزم پاره و آنزیم آن در سلول آزاد و طی یک واکنش شیمیایی سبب تجزیه و هضم سلول می‌شود. این واکنش مانند بیشتر واکنش‌های شیمیایی در محیط آبی صورت می‌گیرد. بنابراین یکی از عوامل از بین رفتن سلول‌های بدن به نوع تشکیلات خود سلول بر می‌گردد [19,20].

عامل دیگری که در این امر دخالت دارد، وجود باکتری‌هایی است که در بدن انسان و محیط خارجی آن وجود دارند. این موجودات تک سلولی با غلبهٔ تدریجی مرگ، فعالیت خود را طی واکنش‌های شیمیایی و تجزیهٔ بافت‌های مرده شروع می‌کنند. این واکنش‌ها اگر با مصرف اکسیژن همراه باشند تعفنی و اگر در شرایط بدون اکسیژن صورت گیرند، تخمیری خوانده می‌شوند. نوع باکتری و شرایط محیطی آن در تجزیهٔ جسد نقش مهمی دارد [21].

علاوه بر عوامل فوق که عوامل اصلی در نابودی اجساد یا بقایای انسانی هستند، موارد دیگری نیز وجود دارند که در این فرایند به نوع دیگری نقش خود را ایفا می‌کنند. از جملهٔ این موارد، وجود قارچ‌ها هستند. این گروه از موجودات زنده نیازهای اساسی خود را از منابع آلی مانند هیدروکربورها، و مواد آلی نیتروژن‌دار مانند پروتئین‌ها تأمین می‌کنند. گاهی نیز حشرات و نوزاد آن‌ها با تغذیه از بقایای انسانی در از بین رفتن آن‌ها مشارکت می‌کنند. از یک محیط به محیط دیگر و بسته به شرایط اقلیمی، داشتن پوشش جسد یا عریان بودن آن، شرایط مرگ و غیره، عوامل مختلف می‌تواند روی سرعت این فرایند فرسودگی و فساد آن تأثیر داشته باشد [19].

٤-٢-٢. شرایط محیطی رشد و بقای عوامل بیولوژیک

همان‌طور که در بالا اشاره شد یکی از عوامل تجزیهٔ اجساد، آنزیم‌های موجود در سلول‌های تشکیل دهندهٔ بافت‌های موجود زنده هستند که فعالیت آن‌ها تنها در حضور آب عملی است. بنابراین حذف آب یا رطوبت از محیط، سبب توقف فرایند تجزیهٔ سلول می‌شود. همچنین اهمیت رطوبت یا آب موجود در محیط یا بافت‌های اجساد برای ادامهٔ حیات باکتری‌ها و قارچ‌ها نیز انکارناپذیر است. اصولاً قارچ‌ها در محیطی با شرایط دمایی ۲۵-۲۰ درجه سانتیگراد و رطوبت ۸۰-۶۵ ٪ و pH خنثی رشد می‌کنند، اما pH بین ۹-۲ را نیز به‌خوبی تحمل می‌کنند. در حالی‌که مقدار آب لازم برای رشد و نمو باکتری‌ها، محدودهٔ رطوبت نسبی بالای ۷۰٪ است [22]. حشرات و نوزاد آن‌ها جزء موجودات خونسرد و نسبت به شرایط آب و هوایی حساس هستند، بنابراین وجود آن‌ها نیز به دما و رطوبت بستگی دارد. شایان ذکر است بعضی از باکتری‌ها و اسپور قارچ‌ها می‌توانند ماه‌ها و حتی سال‌ها بدون هیچ نشانه‌ای تا فراهم شدن شرایط رشد، به‌طور نهفته زنده بمانند.

٤-٣-٢. مطالعات بافت‌شناسی

آگاهی از وضعیت بافت‌های نرم و همچنین اجزای باقی‌مانده برای حفاظت از آن‌ها الزامی بود. به این منظور بخشی از پوست مرد نمکی شماره ۱ مورد مطالعات بافت‌شناسی قرار گرفت. نمونه که کاملاً خشک شده بود، پس از مراحل آماده‌سازی و قابلیت برش و تهیهٔ لایهٔ نازک از آن و با استفاده از روش

رنگ‌آمیزی هماتکسیلین و ائوزین (9H&E) مورد مطالعهٔ میکروسکوپی قرار گرفت. بررسی‌های میکروسکوپی نمونهٔ مورد مطالعه نشان داد که از بافت پوست، آثاری از ضمائم جلدی (غدد عرق، فولیکول‌های موی سر و غدد چربی) باقی مانده است. همچنین لایه‌های شاخی کراتین در اپیدرم و سایهٔ محوی از رشته‌های کلاژن و رتیکولر و در قسمت‌های عمقی‌تر، بقایایی از رشته‌های شکستهٔ عضلانی دیده شده است.

٤-٢-٤. اقدامات حفاظت پیشگیرانه مرد نمکی شمارهٔ ١

با توجه به فرایند فرسودگی اجساد و شرایط رشد عوامل آسیب‌رسان (عوامل بیولوژیک) که در بالا ذکر شد مهم‌ترین و کارآمدترین شیوهٔ حفاظت آثار مومیایی این مجموعه (نیم‌تنه مرد نمکی و ساق پای درون چکمه) حفاظت پیشگیرانه تشخیص داده شد که هیچگونه مداخله‌ای در آن صورت نگیرد و تنها شرایط محیطی (دما و رطوبت نسبی، آلودگی‌ها و آفات) کنترل شود و همچنین با ممانعت از تنش‌های فیزیکی و مکانیکی از فرایند فرسودگی آثار و آسیب به آن‌ها جلوگیری شود.

برای این منظور نیاز به یک محفظهٔ کاملاً بسته و پایهٔ نگهدارنده برای آن‌ها بود. خوشبختانه محفظهٔ شیشه‌ای که از ابتدا برای نیم‌تنهٔ مرد نمکی ساخته شده بود، به‌خوبی شرایط لازم را برای نمایش و حفاظت از آن فراهم کرد. با قرارگیری دانه‌های سیلیکاژل با شناساگر آبی در آن به عنوان بافر رطوبت نسبی و تغییر رنگ بسیار کند آن‌ها از شرایط پایدار در محفظه اطمینان حاصل شد [23]. استفاده از پایهٔ پلکسی‌گلاس، پنبه و پارچهٔ نخی بدون رنگ بدون هیچگونه انتشار آلودگی، وضعیت قرارگیری پایدار جمجمه را نیز امکان‌پذیر کرد.

ساق پای درون چکمه هم که به‌جز بافت‌های نرم کف و انگشتان پا، سایر بخش‌های آن استخوانی است، کمتر در معرض خطر فساد بود. قرارگیری آن داخل ویترین و مجاور بودن بسته‌های سیلیکاژل در اطراف ساق پا مانع از افزایش رطوبت و آسیب به پای درون چکمه می‌شد. سایر آثار آسیب‌پذیر همچون قطعات استخوان و شلوارک مرد نمکی درون دسیکاتور همراه با سیلیکاژل قرار داده شدند.

لازم به ذکر است که پایین بودن رطوبت در شهر تهران که به‌ندرت بالای ۴۵-۴۰ ٪ می‌رسد [24] احتمال خطر رشد عوامل خارجی بیولوژیک و همچنین فعال شدن خوردگی اشیاء آهنی (سه قبضه چاقو) در محیط داخل ویترین را کم می‌کرد.

٤-١-٤-٢. پایش وضعیت حفاظتی آثار

به منظور حصول اطمینان از حفاظت آثار وضعیت ظاهری آن‌ها به لحاظ رنگ، بو و تغییرات فیزیکی طی دو سال مطالعاتی آن به‌طور مداوم تحت نظر و کنترل قرار داشت. در این دوره و پس از آن که مجموعه برای نمایش به موزهٔ ملی منتقل شد، به دلیل تجربهٔ بسیار کم حفاظتی در خصوص این نوع آثار و منحصربه‌فرد بودن مرد نمکی، حفاظت از این آثار نگرانی‌های زیادی را برای مسئولان و مردم به همراه داشت.

یکی از مسائل و دل‌نگرانی‌ها در مورد تغییر وضعیت موهای مرد نمکی و خوابیدن آن‌ها بود که تصور ریختگی یا خراب شدن بافت‌های سر و صورت و از دست رفتن شادابی! روزهای اول را ایجاد کرده بود. علت این تصوّر که البته تا حدودی درست هم بود، تغییر وضعیت قرارگیری نیم‌تنه از حالت افقی طی قرن‌های متمادی، به حالت عمودی بود. طبیعتاً وضعیت قرارگیری جدید بعد از مدتی به دلیل جاذبهٔ زمین موجب تغییر جهت و کشیده شدن بافت‌ها خصوصاً موها به طرف پایین و خوابیده شدن آن‌ها شده بود.

اما وقتی صحبت از خراب شدن مومیایی که نوعی فساد شیمیایی و بیولوژیک است، می‌شود این فرایند همراه با تغییر رنگ و بو و پیشرفت سریع فرسودگی بافت‌ها خواهد بود. ضمن آنکه لازمهٔ چنین

واکنش‌هایی در ابتدا رطوبت اضافی در محیط است که در این خصوص چنین نشانه‌هایی در این آثار و محیط پیرامون آن‌ها وجود نداشت. بنابراین، احتمال فساد یا واکنش‌های شیمیایی در آن بسیار کم بود. ضمن انجام پایش‌های مرتب دوره‌ای و ظاهری مجموعه توسط نگارنده و همکاران موزه ملی ایران در سال ۱۳۷۹، یعنی هفت سال پس از کشف مرد نمکی، پایش دقیق‌تری از طریق انجام آزمایش‌های میکروبیولوژی بر روی ۱۲ نمونه برای آزمایش قارچ‌شناسی و ۱۰ نمونه برای میکروب‌شناسی از نیم‌تنه، ساق پا و چکمهٔ مرد نمکی توسط بخش‌های مربوطه در انستیتو پاستور صورت گرفت. نتایج آزمایشات، عدم وجود فعالیت گونه‌های قارچی را نشان داد که نشان‌دهندهٔ عاری بودن محیط داخل ویترین از ساپروفیت‌های محیطی بود. اما نمونه‌هایی از باکتری‌های هوازی در نیم‌تنه و چکمه شناسایی شد. یکی از باکتری‌ها Bacillus Coagulans بود که در چکمهٔ مرد نمکی شناسایی شد و در دو نقطه از صورت مرد نمکی نیز ۳ نوع باکتری Acinetobacter spp، Staphylococcus epidermidis و Staphylococcus aureus شناسایی شد. این باکتری‌ها در صورت فراهم شدن شرایط می‌توانند دوباره رشد کنند [25]. از آنجا که رشد باکتری‌ها در رطوبت بالای ۶۰٪ است [22]، بنابراین، تا زمانی که چنین شرایط برای آن‌ها فراهم نشود خطری برای آثار محسوب نمی‌شوند و نهایتاً بر اساس نتایج آزمایشات و بازرسی‌های چشمی صورت گرفته تا حدودی اطمینان از شرایط حفاظت و نگهداری این آثار حاصل شد.

شکل ۹: مقایسه مرد نمکی در سال ۱۳۷۲ (بالا) و ۱۳۸۲ (پایین)
Fig. 9. Saltman in 1993 (up) and 2003 (down)

در سال ۱۳۸۲، یعنی پس از یک دهه، مجدداً بازرسی و مستندنگاری دقیقی بر روی نیم‌تنهٔ مرد نمکی صورت گرفت. تصاویری از این نیم‌تنه با همان زاویه که در سال ۱۳۷۲ گرفته شده بود، تهیه شد. مقایسهٔ این تصاویر (شکل ۹) نشان داد که هیچگونه تغییر فیزیکی مشهودی در آن به‌وجود نیامده بود. اکنون نیز که نزدیک به سه دهه از کشف این مجموعه می‌گذرد، در شرایط نگهداری شده در سالن نمایش موزهٔ ملی، تغییر محسوسی در آن دیده نمی‌شود و وضعیت ظاهری آن مطلوب است.

۲-۵-٤. اقدامات حفاظتی مرد نمکی شماره ٤

٤-۲-۵-۱. آماده‌سازی فضای نگهداری آثار

محدودیت مکانی در ساختمان تاریخی رختشوی‌خانهٔ زنجان از یک طرف و ضرورت ایجاد شرایط امنیتی و همچنین فضای مناسب برای نگهداری و انجام بررسی‌های لازم موجب شد که ساختمان ذوالفقاری علی‌رغم ناتمام بودن بنا به‌عنوان محل نگهداری موقت آثار مکشوفه توسط مدیریت وقت میراث استان زنجان انتخاب شود. این ساختمان با موقعیت شمالی-جنوبی، بنای تاریخی دورهٔ قاجار است که عملیات مرمتی و احیاء با کاربری موزهٔ استان زنجان در آن صورت گرفت. کلیهٔ آثار مکشوفه از معدن نمک زنجان (بجز مرد نمکی شماره ۱) در اطاق‌های طبقهٔ دوم واقع در ضلع شمالی ساختمان نگهداری شدند. اختلاف زیاد درجهٔ حرارت روز و شب، و تغییرات رطوبتی آن (۷۰٪- ۴۵٪) در آن زمان، ماه‌های اسفند و فروردین ۱۳۸۴، از مشکلات محیطی و ریز اقلیمی اصلی برای این آثار محسوب می‌شد. از طرف دیگر عدم کف‌سازی و بسته بودن فضاهای داخلی و رفت و آمد در بنا موجب افزایش گرد و غبار و ذرات معلق در هوا می‌شد و امکان آلودگی‌های مختلف را فراهم می‌کرد.

به این منظور چند اقدام اساسی در اولویت قرار گرفت که عبارت بودند از: سامان‌دهی اطاق و آثار موجود در آن، ساخت لایهٔ بستر مناسب برای مرد نمکی شماره ۴ و ساخت محفظهٔ نگهداری برای ایزوله کردن آن نسبت به محیط که ضمناً قابلیت نمایش را هم دارا باشد.

- به همین لحاظ عملیات ذیل برای آماده‌سازی مکان نگهداری آثار صورت گرفت:
- پاکسازی کامل اطاق‌های مخصوص اجساد پس از انتقال کلیهٔ آثار به اطاق‌های مجاور.
- مفروش کردن کف اطاق‌ها به منظور جلوگیری از گرد و غبار ناشی از رفت و آمد.
- نصب پرده‌های کتانی به منظور کنترل نور مستقیم خورشید و ممانعت از جریان شدید هوای سرد و گرم، فیلتر کردن گرد و غبار ورودی و کمک به جذب رطوبت هوا، جلوی در و پنجره‌ها.
- نصب سیستم هواساز دیواری جهت کنترل دما و رطوبت نسبی محیط و برقراری جریان هوا و جلوگیری از تمرکز آلودگی‌های بیولوژیکی.
- نصب دماسنج و رطوبت‌سنج جهت کنترل دائم تغییرات آن‌ها در محیط.

٤-۲-۵-۲. عملیات آزاد سازی و پاکسازی مرد نمکی شمارهٔ ٤

مرد نمکی شمارهٔ ۴ پس از اکتشاف به ساختمان موزه ذوالفقاری منتقل و مراحل آزادسازی آن در محل، انجام شد. سپس مراحل پاکسازی آن جهت زدودن هر گونه عامل خارجی و گرد و غبار در بخش‌های سطحی و داخلی لباس آن به‌وسیلهٔ برس نرم، پوآر و مکش ملایم جارو برقی با قدرت پایین، تا حد امکان صورت گرفت (شکل ۱۰).

شکل ۱۰: مراحل پاکسازی مومیایی پس از آزاد سازی کامل آن در موزهٔ ذوالفقاری زنجان، ۱۳۸۳

Fig. 10: Cleaning operation of Salt man no. 4 in the Zolfaghari museum in Zanjan, 2004

٥-۳-٤-۲. ساخت لایهٔ بستر

این لایه باید ضمن داشتن قابلیت انعطاف‌پذیری و شکل‌پذیری متناسب با فرم مرد نمکی ۴، از تأثیرات شیمیایی، افزایش رطوبت، تعریق و غیره مبرا باشد. به این منظور مواد مختلفی همچون پلیمرهای حبابدار،

یونولیت گرانول، فوم سرد، اسفنج و غیره مورد بررسی قرار گرفت که با توجه به شرایط توپوگرافی آن (برآمدگی‌ها، فرورفتگی‌ها و وضعیت اندام‌ها) و همچنین با توجه به امکانات موجود، بهترین انتخاب استفاده از اسفنج صنعتی با فشردگی لازم و ضخامت‌های مختلف ۱۰، ۲ و ۱ سانتیمتر و فوم تشخیص داده شد. بنابراین با تهیهٔ مواد لازم نسبت به ساخت لایه بستر اقدام شد. برای این‌کار با قرار دادن مومیایی بر روی زمینهٔ اسفنجی ۱۰ سانتی عوارض سطحی، مورد شناسایی و علامت‌گذاری شد. در مرحلهٔ بعد، مقاطع مناسب فوم و اسفنج جهت ساپورت قسمت‌های حساس و آسیب‌پذیر بریده شدند. به‌طوری‌که تمامی گودی‌های اندام‌ها مثل قوس کمر و یا اختلاف سطح به‌وجود آمده بین دست‌ها و پاها و دیگر اجزاء پر شدند.

شکل ۱۱: تصاویر مربوط به آماده‌سازی لایهٔ بستر مومیایی ۴، ۱۳۸۴
Fig. 11: Preparing the mummy's bed, 2005

سپس مقاطع پرکننده توسط چسب به لایهٔ زمینه (اسفنج ۱۰ سانتیمتری) چسبانده و ثابت شدند. به منظور عدم تماس مستقیم اسفنج با جسد و به حداقل رساندن تبادلات حرارتی و رطوبتی، لایه‌ای از پارچهٔ نخی سفید بر روی بستر کشیده شد. در اینجا سعی شده تا به کمک این تمهیدات، خطرات فیزیکی ناشی از جابه‌جایی به هنگام مطالعه یا نمایش نیز به حداقل رسانده شود (شکل ۱۱)[۱۰].

۵-٤-٤-۲. طراحی و ساخت محفظهٔ نگهداری موقت

در زمان انجام بررسی‌های لازم بر روی مرد نمکی شمارهٔ ۴ و نمایش موقت آن در ساختمان تاریخی رختشوی‌خانه به مناسبت هفتهٔ میراث فرهنگی (هفته پایانی اردیبهشت ۱۳۸۴)، نیاز به یک محفظهٔ نگهداری موقت با ویژگی‌های خاص بود که این ویژگی‌ها عبارت بودند از: ۱- مستحکم و قابل جابه‌جایی ۲- قابلیت نمایش مانند ویترین ۳- امکان دسترسی آسان و بدون خطر به مومیایی ۴- قابلیت کنترل شرایط ریز اقلیمی داخل آن ۵- سادگی کافی در شکل و فرم ۶- قابلیت اجرا با امکانات موجود و محلی.

با توجه به شرایط فوق و امکانات محلی محفظهٔ متناسب با اندازهٔ مومیایی از دو بخش میز و یک ویترین نمایش مکعبی از جنس پلکسی گلاس با ضخامت ۱ سانتیمتر تشکیل می‌شد. به منظور امکان دسترسی به داخل ویترین یکی از دیواره‌های جانبی (ضلع بزرگ‌تر) به صورت متحرک و در صورت لزوم قابل باز شدن طراحی شد.

در روی میز شیارهای U شکل تعبیه شد تا میز متحرکی که به عنوان تکیه‌گاه در زیر لایهٔ بستر مومیایی قرار می‌گرفت، روی میز ثابت حرکت کند.

حرکت این تکیه‌گاه محدود و تنها در یک مسیر به عقب و جلو و به منظور تسهیل کردن ورود و خروج مومیایی به ویترین بود. به این ترتیب از حرکت‌های ناخواسته و خطرات احتمالی آن ممانعت به‌عمل می‌آمد. با قرارگیری میز هم سطح در کنار محفظه می‌توانستند مومیایی را برای انجام مطالعات و بررسی‌های لازم به راحتی با باز کردن دیوارهٔ جانبی محفظه به روی آن منتقل کنند.

میز متحرک شامل یک شاسی با شش چرخ بود که چرخ‌ها توسط پیچ و مهره و واشرهای فنری در زیر آن ثابت شده بودند. چرخ‌ها دارای قابلیت دورانی بودند و ترمز هم داشتند. در یک طرف میز (ضلع بزرگتر) نیز دو دسته تعبیه شد تا حرکت کشویی میز به کمک آن‌ها انجام شود (شکل ۱۲).

بدین ترتیب مومیایی با لایهٔ بستر زیر آن که قبلاً آماده شده بود، بر روی شاسی متحرک و داخل محفظه قرار می‌گرفت.

شکل ۱۲: فرم کلی محفظه نگهداری موقت مرد نمکی ۴ در ساختمان تاریخی رختشوی‌خانه زنجان، ۱۳۸۴

Fig. 12: the first display case of Saltman no.4 in Rakhtshooykhaneh Museum, Zanjan, 2005

۵-۵-٤-۲. کنترل شرایط ریز اقلیمی

طبق مطالعات و بررسی‌های انجام شده بر روی مرد نمکی شمارهٔ ۱، استفاده از سیلیکاژل به عنوان مادهٔ بافر در کنترل رطوبت محفظه نگهداری اثار مومیایی مؤثر بوده است. بنابراین، با قرار دادن ظروف حاوی سیلیکاژل در حدود نصف وزن اثر در اطراف مومیایی و بسته شدن کامل محفظه، رطوبت نسبی داخل آن تحت کنترل درآمد. لازم به ذکر است وجود سیلیکاژل علاوه بر کنترل رطوبت داخل محفظه آلاینده‌های گازی ناشی از مواد و مصالح داخل ویترین را نیز جذب می‌کند. بازرسی و پایش‌های دوره‌ای آثار نشان داد که حفاظت پیشگیرانه از طریق کنترل شرایط محیطی، خصوصاً رطوبت نسبی برای این آثار، همانند مرد نمکی شماره ۱ توانسته بود شرایط لازم را برای حفاظت آن‌ها فراهم کند.

٤-۲-۵-٦. شناسایی نمونهٔ حشره در لباس مرد نمکی

طی بازرسی و پایش مداوم مرد نمکی شماره ۴، در کنار آن یک نمونه حشره پیدا و مطالعهٔ لازم برای شناسایی نوع و گونهٔ آن انجام شد. در نتیجهٔ بررسی‌های لازم، این حشره از نوع درمتس و گونه آنترنوس (Anthrenus, family Demestidea) و به دلیل فرم انتهایی بدن آن حشره، نر تشخیص داده شد. این نوع حشره از نوع آفات موزه‌ها و سوسک فرش خواهنده می‌شود. لارو سوسک فرش، آسیب زیادی به انواع مواد پروتئینی وارد می‌کند و از انواع پشم، خز، شاخ، پوست، پر، باقیمانده حشرات، مو و ابریشم تغذیه می‌کند [26]. با توجه به شناسایی این حشره به عنوان یک خطر تهدیدکننده، تمهیدات لازم در طراحی محفظهٔ نهایی پیش‌بینی شد. اگرچه یک سئوال اساسی بدون پاسخ باقی می‌ماند که این حشره متعلق به دوران گذشته بوده است یا حال؟!

٤-۲-۵-۷. ساخت ویترین نمایش مرد نمکی شمارهٔ ٤ در موزهٔ ذوالفقاری

فراهم کردن محیط متعادل و قابل کنترل به لحاظ کیفیت هوا، نور و ایمنی در مقابل آفات و در عین حال امکان معرفی و نمایش مطلوب اثر منحصر به‌فرد مرد نمکی شماره ۴ از مهم‌ترین عوامل تعیین کننده در ساخت ویترین نمایش مرد نمکی در موزهٔ ذوالفقاری بود. وجود جنسیت‌های مختلف مواد اعم از

بافت‌های انسانی، البسهٔ متشکل از پشم، چرم و پوست، شیء سفالین و چاقوی آهنی با ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی متفاوت در کنار یکدیگر، حساسیت امر را افزایش می‌داد. به جز ظرف سفالین که در برابر عوامل محیطی، مقاومت بیشتری از خود نشان می‌دهند، سایر جنسیت‌های بالا نسبت به آلاینده‌ها و افت و خیزهای دما و رطوبت و آفات بسیار حساس و آسیب‌پذیر هستند. انبساط و انقباض‌های ناشی از تغییرات زیاد و طولانی مدت در بافت‌های خشک مومیایی و اشیاء چرمی و پوستین و از طرف دیگر فساد ناشی از رشد عوامل بیولوژیک (میکرو ارگانیسم‌ها و حشرات)، از مهم‌ترین خطرات تهدید کنندهٔ آن‌ها بودند. همچنین اکسیژن و رطوبت نیز عوامل اصلی فرایند خوردگی شیء آهنی این مجموعه یعنی چاقوی کمری آن محسوب می‌شد. بر همین اساس ویترین نمایش به گونه‌ای طراحی شد که ضمن سادگی و در نظر گرفتن کیفیت نمایش، محفظه‌ای برای قرارگیری دانه‌های سیلیکاژل در زیر صفحهٔ مشبک، در زیر بستر مومیایی در نظر گرفته شد. علاوه بر این، در زیر پایهٔ ویترین نیز محلی برای نصب دستگاه‌های کنترل دما و رطوبت نسبی و همچنین سیلندر گاز نیتروژن یا دی اکسیدکربن برای ایجاد محیط کم اکسیژن پیش‌بینی شد. این شرایط ضمن کاهش چشمگیر فرسودگی آثار مومیایی، موجب از بین رفتن آفات و همچنین کاهش نرخ خوردگی شیء آهنی در داخل ویترین می‌شد. جنس ویترین نیز پلکسی‌گلاس پیشنهاد شد که علاوه بر کاهش خطر شکستگی، خود جاذب پرتوهای ماوراء بنفش نیز بود (شکل ۱۳) و [27,30]. با این وجود اکنون استفاده از شیشه به دلیل ایمن بودن شیمیایی برای ساخت ویترین دائمی آثار پیشنهاد می‌شود، همچنین پلکسی‌گلاس به دلیل قابلیت نفوذ آلاینده‌ها در آن نمی‌تواند آثار را در برابر آلاینده‌های گازی بیرونی محفوظ نگهدارد [30].

شکل ۱۳: ویترین نمایش مرد نمکی شماره ۴ در موزهٔ ذوالفقاری، سال ۱۳۸۵

Fig. 13: Display case of Saltman No. 4 in the Zolfaghary museum, 2006

۵-۸-٤-۲. جعبهٔ نقل و انتقال مرد نمکی شمارهٔ ٤

به منظور مطالعات آسیب‌شناسی و تعیین برخی مشخصات فردی مرد نمکی شمارهٔ ۴، مثل تعیین سن و جنسیت آن، تصمیم به انجام تصویر برداری‌های پزشکی به‌وسیلهٔ رادیوگرافی اشعهٔ ایکس و سی‌تی اسکن شد. برای این‌کار لازم بود که مومیایی مورد نظر از زنجان به تهران منتقل شود. بنابراین فراهم کردن شرایط مناسب برای جلوگیری از آسیب‌های احتمالی ناشی از حمل و نقل و تغییرات اقلیمی از ضروریات کار بود. در این ارتباط، محفظه با شرایط زیر طراحی و سپس عملیات اجرایی ساخت آن (شکل ۱۴) با شرایط اصلی ذیل انجام شد:

۱- استحکام و دارا بودن حداقل وزن لازم برای حمل توسط انسان با استفاده از پروفایل آلومینیم و فیبر.

۲- دسترسی آسان به داخل جعبه برای ورود و خروج مومیایی با دو در بازشوی جانبی و فوقانی.

۳- سادگی حمل جعبه با نصب دستگیرهٔ مناسب.

۴- قابلیت تثبیت در وسیلهٔ نقلیه از طریق تعبیه سیم بکسل‌هایی که به وسیلهٔ قلاب و فنرهای مخصوص به دیوارهٔ داخلی وسیلهٔ نقلیه متصل شوند برای جلوگیری از لرزش و تکان‌های ناگهانی.

۵- قابلیت ایزوله شدن مومیایی در برابر تغییرات شرایط محیطی با بسته شدن دقیق درزهای محفظه و

پوشش کامل آن با مواد جاذب مانند پارچهٔ نخی و پرکردن فضای داخل محفظه با کاغذ غیراسیدی.

شکل ۱۴: ساخت محفظهٔ نقل و انتقال مرد نمکی ۴، ۱۳۸۴
Fig. 14: making transportation case of Saltman no. 4, 2006

۵. نتیجه‌گیری

در مجموع، مطالعات میان‌رشته‌ای بر روی آثار مومیایی مکشوفه از معدن نمک زنجان طی سال‌های ۱۳۷۲ تا ۱۳۸۹ که با مدیریت متخصصان ایرانی انجام شد، اطلاعات ارزشمندی را از آن‌ها در اختیار قرار داد. از جمله آنکه مومیایی‌های مکشوفه از معدن نمک زنجان متعلق به دوره‌های تاریخی هخامنشی و پارتی–ساسانی هستند. وضعیت قرارگیری اجساد در زمان دفن و نوع آسیب‌های وارد بر آن‌ها به لحاظ شواهد ظاهری و با استفاده از تصاویر رادیوگرافی و سی‌تی اسکن نشان می‌دهد که مردان نمکی با سنین مختلف (حدود ۴۰ سال مرد نمکی شماره ۱ و ۱۶–۱۵ سال مرد نمکی شماره ۴) قربانیان حادثهٔ ریزش معدن در دوره‌های تاریخی فوق و وارد شدن ضربات شدید سنگ‌های نمک به آن‌ها و شکستگی‌های متعدد در اسکلت آن‌ها بوده‌اند. طبق مقادیر تعیین‌شدهٔ ایزوتوپ‌های ^{13}C و ^{15}N در نمونه‌های مربوط به این جساد، در مقایسه با نمونه‌های شاهد احتمال می‌رود رژیم غذایی آن‌ها نزدیک به رژیم دریایی باشد. بر این اساس و با توجه به موقعیت مکانی معدن و فاصلهٔ آن از مناطق دریایی مثل دریای مازندران بنابراین باید نتیجه گرفت که این افراد بومی محل نبودند و البته اثبات این ادعا نیازمند اطلاعات دقیق‌تر و آزمایشات بیشتری است. از سوی دیگر با توجه به نوع پوشش، تزیینات و برخی اشیاء همراه مردان نمکی مثل وجود گوشواره‌های طلا و نقره، چکمه بلند چرمی، شلوارک و قطعات‌پارچه‌های منقوش رنگی به نظر می‌رسد افراد مدفون در این معدن لزوماً کارگر معدن نبودند و به طبقات اجتماعی مختلفی تعلق داشتند.

بررسی فرایند فرسودگی مردان نمکی که علاوه بر بافت‌های نرم و استخوانی، همراه با اشیاء مختلفی همچون انواع منسوجات (پارچه، چرم و پوست)، فلز (آهن و نقره) نیز هستند، نشان می‌دهد که رطوبت نسبی یکی مهم‌ترین متغیرهای محیطی مؤثر در این فرایند و خطر تهدیدکنندهٔ اصلی برای این آثار است. رطوبت نسبی و نوسانات آن علاوه بر ایجاد شرایط برای انجام فرایندهای شیمیایی، بیوشیمیایی و تنش‌های رطوبتی، موجب رشد آفات مثل قارچ، باکتری و حشرات می‌شود. بنابراین، بهترین و کارآمدترین روش حفاظت از اینگونه آثار، حفاظت پیشگیرانه است. روش حفاظت پیشگیرانه از طریق ایجاد محیط بسته و قابل کنترل به لحاظ دما و رطوبت نسبی و ممانعت از هجوم آفات کمک می‌کند تا با فراهم کردن شرایط ایمن برای این آثار، روند فرسودگی آن‌ها کاهش یابد. نتایج بررسی‌ها و پایش مداوم صورت گرفته بر روی مرد نمکی شمارهٔ ۱ در یک دورهٔ ۱۰ ساله وضعیت ایمن آن را در موزه ملی ایران تحت شیوهٔ حفاظت پیشگیرانه به اثبات رساند. اکنون هم که چند دهه از کشف این آثار می‌گذرد، از شرایط قابل قبولی برخودار هستند. اگرچه حفاظت و نگهداری از آن‌ها همچنان نیازمند توجه به پیشینهٔ اقدامات صورت گرفته و پایش‌های محیطی دقیق‌تر و مداومی برای بهبود وضعیت و تحت کنترل بودن این آثار است اما متأسفانه در سال‌های اخیر آن‌طور که انتظار می‌رفت اتفاق نیفتاده و این امر کمتر مورد توجه قرار گرفته است.

سپاسگزاری

شایسته و بایسته است از همهٔ مراکز و همکارانی که در انجام این طرح در بازه‌های زمانی به شرح ذیل ایفای نقش داشتند و ما را یاری نمودند، تشکر و قدردانی ویژه شود:

- پژوهشکده حفاظت و مرمت آثار تاریخی-فرهنگی
  - جناب آقای دکتر رسول وطن دوست، رئیس سابق پژوهشکده (۱۳۸۸-۱۳۷۲)
  - جناب آقای دکتر علیرضا بهرمان، متخصص حفاظت و مرمت آثار (۱۳۷۴-۱۳۷۲)
  - سرکار خانم میترا اعتضادی، متخصص حفاظت و مرمت آثار (۱۳۷۳- ۱۳۷۲)
  - سرکار خانم رباب تکبیری اسکویی، متخصص سالیابی کربن ۱۴ (۱۳۷۲)
  - سرکار خانم فرشته رحیمی، متخصص شیمی و باستان‌شناسی (۱۳۷۳)
  - سرکار خانم فرح سادات مدنی، متخصص شیمی و حفاظت و مرمت (۱۳۸۸-۱۳۸۶)
  - جناب آقای شهاب سیفی، کارشناس حفاظت و مرمت آثار (۱۳۸۴)
  - سرکار خانم پرستو عرفان‌منش، متخصص بیولوژی (۱۳۸۸)
- اداره کل میراث فرهنگی، گردشگری و صنایع دستی استان زنجان
  - جناب آقای رحمتی مدیر کل وقت (۱۳۸۶-۱۳۸۳)
  - جناب آقای فرخی مدیر کل وقت (۱۳۸۸- ۱۳۸۶)
  - جناب آقای دکتر هوشنگ ثبوتی سرپرست هیئت حفاری معدن نمک در سال ۱۳۷۲
  - جناب آقای امیر الهی سرپرست هیئت حفاری معدن نمک در سال ۱۳۸۳
  - جناب آقای ابوالفضل عالی سرپرست هیئت حفاری معدن نمک از سال ۱۳۸۴ تاکنون
- موزه ملی ایران
  - جناب آقای محمدرضا کارگر رییس وقت
  - سرکار خانم دکتر مهناز عبدالله خان گرجی، بخش حفاظت و مرمت موزه ملی ایران (۱۳۸۸-۱۳۷۷)
- سایر مراکز
  - جناب آقای دکتر جلال جلال شکوهی، متخصص رادیولوژی در بیمارستان بقیه‌الله العظم و مرکز تصویر برداری جام جم تهران (۱۳۷۳ و ۱۳۸۴)
  - جناب آقایان دکتر: احمدرضا بهره‌مند و محمدرضا پورشفیع، بخش میکروب‌شناسی انستیتو پاستور ایران (۱۳۷۹)
  - جناب آقای دکتر فریدون مهبودی، بخش بیوتکنولوژی انستیتو پاستور ایران (۱۳۷۴)
  - سرکار خانم دکتر شهیندخت بصیری جهرمی، بخش قارچ‌شناسی انستیتو پاستور ایران (۱۳۷۹)
  - سرکار خانم دکتر معصومه ناجی، بخش سرولوژی سازمان پزشکی قانونی کشور (۱۳۷۳)
  - جناب آقای دکتر عباس شکور، بخش بافت‌شناسی سازمان پزشکی قانونی کشور (۱۳۷۳)
  - پروفسور مارک پولارد، دانشگاه آکسفورد (۱۳۸۶)
  - جناب آقای دکتر مرتضی فتاحی، دانشگاه آکسفورد (۱۳۸۶)

پی نوشت ها

1. Accelerated Mass Spectroscopy
2. Before present
3. Polymerase chain reaction

PCR یک تکنیک رایج آزمایشگاهی است که در تکثیر قطعه مشخصی از DNA به کار می‌رود.

4. Restriction fragment length polymorphism (pronounced "rif lips")

در زیست‌شناسی مولکولی، پلی مورفیسم قطعات طولی محدود شونده (RFLP) روشی برای توصیف DNA بر اساس اندازهٔ قطعات است که هنگام تکه کردن DNA با آنزیم محدود کننده اتفاق می‌افتد. این تکنیکی برای اثبات شباهت دو مولکول DNA است.

5. Human Leukocyte antigens

HLA به مارکرهای (آنتی‌ژن) اختصاصی در سطح تمامی سلول‌های هسته‌دار بدن و پلاکت‌ها اشاره دارد که هر فردی قادر به بیان آن‌ها در سطح سلول‌های خود است. آنتی‌ژن‌های HLA در شناسایی سلول‌های خودی از غیرخودی اهمیت دارد.

۶. لازم به توضیح است بررسی سی تی اسکن مرد نمکی شماره ۴ مجدداً در سال ۱۳۹۰ توسط تیم آلمانی تکرار شده است!

7. Inductivly coupled plasma

8. Agglutination

به‌وسیلهٔ آزمایش‌های سرولوژی می‌توان حضور یک آنتی‌ژن یا آنتی بادی را بررسی کرد. اگر آنتی‌ژن به‌صورت ذرات غیر محلول مانند باکتری باشد واکنش آن را با آنتی بادی آگلوتیناسیون می‌گویند. گاهی مولکول‌های محلول مثل پروتئین‌ها را نیز می‌توان به ذرات نامحلول مثل لاتکس متصل و با روش فوق بررسی کرد (https://iums.ac.ir).

9.Hematoxylin and Eosin

۱۰. سال ۱۳۹۹ و پس از ۱۵ سال بستر مرد نمکی شماره ۴ توسط کارشناسان پژوهشکده حفاظت و مرمت آثار تعویض شد.

References

[1] Sobouti, H., Preliminary report of the body discovered from the salt mine of Hamzehloo village, Zanjan Cultural Heritage Organization, 1994. [in Persian]
[ثبوتی، هوشنگ، گزارش مقدماتی پیکر مکشوفه از معدن نمک روستای حمزه‌لو، سازمان میراث فرهنگی استان زنجان، ۱۳۷۳.]

[2] Ali, A.; Stolner, T.; Firoozmandi, B., Analysis of the results of archaeological excavations in Chehrabad salt mine, Archaeological Studies, 2019, Volume 11, Number 2, pp. 210-219. [in Persian]
[عالی، ابوالفضل؛ اشتولنر، توماس؛ فیروزمندی، بهمن، تحلیل نتایج کاوش‌های باستان‌شناسی در معدن نمک چهرآباد، مطالعات باستان‌شناسی، ۱۳۹۸، ۱۱(۲): ۲۱۹ تا ۲۱۰.]

[3] Aali,A., Abar , A., Boenke , N., Pollard , M., Rühli , F., Stöllner , T., Ancient salt mining and salt men: the interdisciplinary Chehrabad Douzlakh project in north-western Iran, Antiquity, vol. 086, 2012.

[4] Sobouti, H., Preliminary report of Zanjan Saltman, Memoirs of Susa Archaeological Conference, Volume 1, Cultural Heritage Organization (Research Institute), 1997: pp. 63-81. [in Persian]
[ثبوتی، هوشنگ، گزارش مقدماتی انسان نمک زنجان، یادنامه گردهمایی باستانشناسی شوش، جلد ۱، سازمان میراث فرهنگی (پژوهشگاه)، ۱۳۷۶: ۶۳-۸۱.]

[5] Elahi, A., Investigation of Archaeological Potentials and Priorities of Chehrabad Salt Mine, Second Salt Men Seminar, Archaeological Research Institute and Zanjan Cultural Heritage, Handicrafts and Tourism, Organization, Zanjan November 2007. [in Persian]
[الهی، امیر، بررسی پتانسیل‌ها و الویت‌های باستان شناختی معدن نمک چهرآباد، دومین سمینار مردان نمکی، پژوهشکده باستان شناسی و سازمان میراث فرهنگی، صنایع دستی و گردشگری زنجان، آبان ۱۳۸۶.]

[6] Ali, A., Chehrabad Salt Mine: New Archaeological Research Report, 2004-2005, 2006. [in Persian]
[عالی، ابوالفضل، معدن نمک چهرآباد: گزارش پژوهش‌های جدید باستانشناختی سال ۱۳۸۴- ۱۳۸۳، ۱۳۸۵.]

[7] Hadian Dehkordi, M., Application of scientific investigation in conservation and restoration of historical buildings (building materials), University of Tehran Press, 2007: pp. 204-206. [in Persian]
[هادیان دهکردی، منیژه، کاربری مطالعات علمی بر روی بناهای تاریخی (مواد و مصالح)، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۸۶.]

[8] Linick, T.W.; Damon, P.E.; Donahue, D.J.; Jull, A.J.T., Accelerator mass spectrometry: The new revolution in radiocarbon dating, Quaternary International, 1989, Volume 1, Pages 1-6.

[9] Orlando, L.; Allaby, R.; Skoglund, P.; Der Sarkissian, C.; Stockhammer, Ph. W.; Ávila-Arcos, M. C.; Fu, Q.; Krause, Johannes; W., Eske; Stone, A. C. and Warinner, Ch., Ancient DNA analysis, Nature Reviews Methods Primers, volume 1, 2021.

[10] Lawlor, D. A., Hauswirth, C. D. Dickel, P., William W. & P., Ancient HLA genes from 7,500-year-old archaeological remains, Nature, 1991, volume 349, pages785–788.

[11] Rankin DR, Narveson SD, Birkby WH, Lai J., Restriction fragment length polymorphism (RFLP) analysis on DNA from human compact bone, J Forensic Sci.; 1996, 41(1) :40-6.
[12] Hummel, S., Schmidt, D., Kahle, M. et al, AB0 blood group genotyping of ancient DNA by PCR-RFLP. Int J Legal Med 116, 2002: 327–333.
[13] Vatandoust A. R.; Hadian Dehkordi, M., "Saltman" a New Archaeological Discovery: Scientific Investigation and Conservation, Journal of Biological Research, n.I-vol. LXXX-Rubbettino-Soveria Mannelli, 2005: 236-242.
[14] Hadian Dehkordi, M.; Jalal Shokouhi, J.; Aali, A.; Pollard, M., Pathology, SEX and AGE Estimation to Decode the 4th Salt Mummy, the Saltmine in Zanjan, Iran, The International Journal of Humanities, 2021
[15] Hunter, D., The Diseases of Occupations, English Universities Press, London, 1955.
[16] Pollard, A. M.; Brothwell, D. R.; Aali, A.; Fazelli, H.; Vatandoust, R.; Hadian Dehkordi, M.; Wilson, A.S.; Jones, A.; Shokouhi, J.J.; Buckley, S. and Holden, T., Below the Salt: A Preliminary Study of the Dating and Biology of Five Salt-Preserved Bodies from Zanjan Province, Iran, Iran, Vol. 46, 2008: pp. 135-150.
[17] Katz, S. A.; Chatt, A., Hair Analysis: Applications in the Biomedical and Environmental Sciences, VCH Publishers, 1998.
[18] Pollard, A Mark; Heron,Carl, (2008). The Chemistry of Human Bone: Diet, Nutrition, Status and Mobility, Archaeological Chemistry: Edition 2, pp. 346-382.
[19] Knight, B., Forensic Pathology, 2nd Ed. Arnold, London, 1996: pp. 51–94.
[20] Pinheiro, J., Decay Process of a Cadaver from Forensic Anthropology and Medicine: Complementary Sciences from Recovery to Cause of Death Edited by: A. Schmitt, E. Cunha, and J. Pinheiro © Humana Press Inc., Totowa, NJ, (n.d).
[21] Tarnowski, W., Mumien, Published by Hamburg, Tessloff, 1988.
[22] Thomson, G., The Museum Environment, BUTTERWORTH-HEINEMANN, 1998.
[23] Zhang, G.; Zhang, Y.F.; Fang, L. Theoretical study of simultaneous water and vocs adsorption and desorption in a silica gel rotor. Indoor Air 2008, 18, 37–43.
[24] http://www.weatheronline.de
[25] Jawetz, E., Melnick, J. L., & Adelberg, E.A., Jawetz, Melnick, & Adelberg's Medical Microbiology (28 edition), 2019
[26] Pinniger D., Saving our heritage – pest management in museums and historic houses, Research Information Ltd, 2010.
[27] Iskander, N. Y. Controlled-Environment Cases for the Royal Mummy Collection, Oxygen- free museum cases, The Getty Conservation institute, USA, 1998.
[28] Gian Luigi, N.; Marco, N.; Alessandro, N. Preservation and Conservation of Mummies and Sarcophagi, e- Conservation, 2008.
[29] Maekawa, Sh. Conservation of the Royal Mummy Collection at the Egyptian Museum, Oxygen- free museum cases, The Getty Conservation institute, USA, 1998.
[30] Hansen, E. F., Protection of Objects from Environmental Deterioration by Reducing Their Exposure to Oxygen, Oxygen- free museum cases, The Getty Conservation institute, USA, 1998.
[31] Tetreault, J., Airborn pollutants in museums, galleris, and Archives: Risk assessment, control strategies and preservation management, Canadian Conservation Institute, 2003.