

青海喇家遗址人类遗骸的锶同位素比值分析

赵春燕, 王明辉, 叶茂林

中国社会科学院考古研究所, 北京 100710

摘要: 喇家遗址位于青海省民和县, 主体为齐家文化的遗存, 距今大约 3900~4300 年。喇家遗址古代人类迁移活动的研究, 对于探索黄河上游古代文明, 推动该地区齐家文化研究, 有着积极的学术意义。本文首先采用电感耦合等离子体质谱技术对喇家遗址出土的 22 个个体的 44 份牙釉质和骨骼样品进行了元素分析, 根据检测结果排除了受到污染的 2 份骨骼样品。其次, 通过热电离质谱分析方法对喇家遗址出土 22 个个体的 42 份牙釉质和骨骼样品及 8 个猪牙釉质样品的锶同位素比值进行了测定。检测数据表明, 猪牙釉质的锶同位素比值的标准偏差远小于其他动物, 可以推断猪由当地饲养的可能性是最大的, 因此其牙釉质锶同位素比值可以代表当地的锶同位素水平。经过计算得到 8 个猪牙釉质的锶同位素比值的平均值为 0.7110930, 将该平均值加或减 2 倍标准偏差可以得到喇家遗址当地的锶同位素比值范围在 0.711058~0.711082 之间。以此为前提可以推测, 本次检测的 22 个个体中, 有 17 个个体牙釉质的锶同位素比值在遗址当地的锶同位素比值范围内, 可能为本地出生。还有 2 个个体牙釉质在当地的锶同位素比值范围上下限附近, 姑且存疑; 仅有 3 个个体牙釉质的锶同位素比值在遗址当地的锶同位素比值范围以外, 表明这些个体可能在其他地区出生, 去世后埋葬在遗址中。此外, 数据分析还显示, 本地出生人群牙釉质的锶同位素比值平均值与骨骼的锶同位素比值平均值比较接近, 暗示喇家遗址当地古人类生活方式可能比较统一。

关键词: 喇家遗址; 齐家文化; 锶同位素比值; 人类迁移

中图分类号: Q983; 文献标识码: A; 文章编号: 1000-3193(2016)02-0212-11

Strontium isotope analysis of human teeth and bones from the Lajia site in Qinghai province

ZHAO Chunyan, WANG Minghui, YE Maolin

Institute of Archeology, Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 100710

Abstract: The Lajia site, located in Minhe County, Qinghai Province, is a large settlement site of Qijia Culture dated 3900-4300 BP. The study of the Lajia site is meaningful to understand the

收稿日期: 2014-09-19; 定稿日期: 2015-03-12

基金项目: 国家自然科学基金项目 (21271186), 国家社会科学基金项目 (12BKG019), 国家文物局课题“青海民和喇家遗址出土人骨研究”(20090102), 中国社会科学院哲学社会科学创新工程 (11120151001027), 嵩山地区文明化进程与华夏文明的形成 (D2-2) 和国家科技支撑计划项目 (2013BAK08B03) 共同资助

第一作者: 赵春燕, 女, 博士, 研究员, 主要从事无机化学研究。E-mail: zhaocy@cass.org.cn

Citation: Zhao CY, Wang MH, Ye ML. Strontium isotope analysis of human teeth and bones from the Lajia site in Qinghai province[J]. *Acta Anthropologica Sinica*, 2016, 35(2): 212-222

ancient civilization in the upper reaches of the Yellow River and its contribution to the local Qijia Culture. This paper analyzed elemental contents of human bones and tooth enamel samples from 42 samples (20 bone and 22 teeth; two contaminated bone samples of the original samples were removed) from 22 individuals ranging in age from child to adult. Eight pig tooth enamel samples were also collected. This research involved thermal ionization mass spectrometry for strontium isotope ratio ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$). The eight pig samples were chosen to provide an independent gauge for the local ratio of strontium isotopes, because results of $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratios in enamel samples from domestic animals revealed that the standard deviation for pigs was less than that for sheep or cattle at the Lajia site, which meant that pig enamel samples may provide better indicators of local biologically-available strontium isotope ratio signatures. The mean $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratios of eight pig tooth enamel samples was 0.710930 based on which local strontium isotopes ratio range ($\pm 2\sigma$) can be obtained as 0.711058-0.710802. Among the 22 individuals subject to our analysis, the strontium isotope ratios of tooth enamel samples of 17 individuals fell into this range, which might indicate local birth and life. Strontium isotope ratios of the tooth enamel samples of two individuals were very close to the upper and lower limits of this range, and are left for further study. Only the ratios of three individuals among the 22 fell outside the range showing that they might have been born in other regions and buried in the Lajia site after death. In addition, the similarities between bone and tooth enamel strontium isotope ratios suggest that native-born people at the Lajia site all had similar diets.

Key words: Lajia site; Qijia culture; Strontium isotopes; Human migration

1 前言

自从锶同位素分析技术在上世纪 80 年代中期首先引入到考古学研究中来之后, 30 年来的研究结果已表明锶同位素分析技术目前已经成为国际考古学界用于探索人类迁移活动的主要方法^[1-5]。传统的考古学研究方法都是通过对古代遗物的流通和传播途径的追寻来推测可能存在的人群的迁徙。以此推论的人口迁移证据只能是间接的, 要寻找人口迁移的直接证据, 还得从人本身着手。而锶同位素分析技术正是通过对出土人类遗骸的锶同位素比值的测定, 利用出土人体骨骼和牙齿中锶同位素比值间的差异可以直接确定古代人群在不同地理区域间的移动^[6]。原理是基于自然界中锶同位素共有四种: ^{88}Sr , ^{87}Sr , ^{86}Sr , ^{84}Sr 。它们主要分布于矿物、岩石中^[7]。不同的矿物和岩石因成矿或成岩的年代不同以及母岩的铷锶含量比不同, 其锶同位素组成也是不同的。一般以 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值作为某一地区的表征指标。地层中的锶, 在进入食物链中以后, 由于其质量数较大, 一般认为不发生分馏。这成为人们通过锶同位素的地区特征追溯人类或动物栖息地的依据^[8]。对考古出土人类遗骸而言, 人体骨骼中的锶同位素比值反映的是个体去世前生活地区的特征, 牙釉质中的比值则反映的是个体幼年时期生活地区的特征。同一个体的骨骼和牙釉质的锶同位素比值间存在着差别则表明个体发生过迁移。不同个体牙釉质的锶同位素比值在遗址当地的锶同位素

比值范围内说明个体出生在本地,反之,牙釉质的锶同位素比值在遗址当地的锶同位素比值范围以外则说明个体出生在外地^[9-10]。

由于出土人类骨骼和牙釉质的锶同位素分析对考古学研究而言具有十分重要的学术价值,也因此吸引了许多考古学家与化学家合作,在世界上不同地区对不同时代的出土人类遗骸进行锶同位素比值分析,并取得了许多卓有成效的成果^[11-15]。特别是近几年来,国际上利用锶同位素分析研究古代人类迁移的实例呈逐年增多的趋势,而国内的相关研究则刚刚起步^[16-20],特别是对于黄河上游的甘青地区人口迁移问题尚未涉及。

黄河上游是中华文明非常重要的源头之一。在中国史前社会向文明时代过渡阶段中,在东西文化的交流过程中,都具有不可忽视的地位。

喇家遗址位于青海省民和县官亭镇,恰好属于黄河上游地区。考古调查表明,官亭盆地范围约 20 km²,以黄河的一二三级阶地为主体,平均海拔在 1800m 左右,周围是海拔 2000m 以上的山地。这个黄河边的小盆地,既相对封闭,又有与外界接触交往的许多有利条件,地域里古遗址约有数十处,从庙底沟文化、马家窑文化、齐家文化,到辛店文化及卡约文化等不同时期和不同的文化类型,在距今约 5000 多年至 3000 多年之间,是一个具有聚落考古研究价值的重点区域^[21]。特别是喇家遗址,经过连续多年发掘,取得了一系列新发现。出土了丰富的陶器、石器、骨器和数量较多的玉器,有些区域既有居住区,也有史前人类的活动广场和祭祀圣地等。遗址的布局结构和变化过程、高规格的遗存等诸多文化现象等,反映出史前社会的较高发展阶段。考古学研究表明,喇家遗址主要为齐家文化的遗存。齐家文化距今 3900~4300 年,是新石器时代向青铜器时代过渡的一种文化遗存。同时,齐家文化也是甘青地区史前文化发展的特殊阶段,就其发展而言并不是孤立的,它与周邻文化之间存在着互相影响、互相吸收的关系。可以说喇家遗址的新发现,加深了学术界对齐家文化的认识^[22]。

与其他遗址不同的是,喇家遗址还保留了地震、大洪水以及山洪袭击的多重灾难遗迹,是极为难得的史前灾难遗址,因此被列为 2001 年度中国十大考古新发现之一^[23]。不仅如此,种种迹象表明,喇家遗址明显具有中心聚落的特殊地位,灾难事件使得喇家遗址较好地保留了原生状态,也为我们探讨喇家遗址古代人类生存状态的研究提供了第一手的丰富资料。因而在考古学领域具有重要的学术地位。对喇家遗址古代人类生前行为和活动方式的研究,无疑是探究齐家文化时期人类社会发展过程的一个重要切入点。

有关喇家遗址出土古代人骨特征的研究表明,这批古代人群种族类型与东亚蒙古人种类型有较多的接近因素。而这种种族类型在甘青地区史前时期和青铜时代分布比较广泛,延续时间较长,具有较强的一致性^[24]。喇家遗址出土人骨 DNA 研究也表明,喇家遗址的 14 个个体具有较近的母系亲缘关系。但同一房址中不同线粒体单倍型的发现排除了喇家遗址为母系氏族的可能。喇家氏族可能是由几个具有父系亲缘关系的家庭聚居在一起,这在当时恶劣的自然条件下可能是一种较为有利的生存方式^[25]。上述研究从不同角度探讨了喇家遗址古人类的生存状态,利用锶同位素分析技术对喇家遗址出土古代人类遗骸进行分析与研究,是尝试从另外一个角度探索喇家遗址古人类的生存方式,探讨人群是否存在迁移活动,从而为进一步探讨该遗址先民与其它地区之间的交流,乃至齐家文化与周邻文化之间的关系提供信息。

基于上述研究目的，本文通过对青海喇家遗址出土人类遗骸的锶同位素比值分析，对该遗址古人类的迁移行为进行了初步研究。

2 材料与方 法

2.1 样品的采集

本次研究根据田野发掘出土的人类遗骸数量及样品保存状况，选择了青海喇家遗址出土的 22 个个体的人类骨骼和牙釉质样品作为研究对象，其时代特征、考古编号及取样部位等列于表 1 中。

2.2 样品的预处理

样品的预处理是在中国社会科学院考古研究所超净实验室内进行的。首先用工具打磨每一个样品表面，除去任何可见的污垢或杂色物质，之后用纯净水超声清洗；再加入 Milli Q 超纯水超声清洗。清洗后的样品加入 5% 稀醋酸（优级纯）浸泡后将稀醋酸倒掉，再加入 Milli Q 超纯水超声清洗。然后样品放入恒温干燥箱干燥后，于 825°C 下灰化^[3-6]。

2.3 样品的检测

灰化后的样品首先进行元素分析，准确称取试样于聚四氟乙烯密闭溶样罐中，加硝酸及氢氟酸混均后加盖密闭，于微波炉上预热，冷却后转移到自动控温电热板上 160°C 消解 48h。

待消解完全后，冷却至室温，将溶液转移至容量瓶，定容后上机检测。所用仪器为 X II 型电感耦合等离子体质谱仪（美国 Thermo Fisher 公司）；Elix-Milli-Q 纯水系统（美国 Millipore 公司）；所用硝酸、乙酸等化学试剂为优级纯。

ICP-MS 仪的主要工作参数为功率：1200W；冷却气流速：13L/min；辅助气流速：0.70L/min；载气流速：0.89L/min。采用标准曲线法。

元素分析之后再 进行锶同位素比值测定。准确称取粉末样品于低压密闭溶样罐中，用混合酸（HF+HNO₃+HClO₄）溶解 24 小时。待样品完全溶解后，蒸干，加入 6mol/L 的盐酸转为氯化物蒸干。用 0.5mol/L 的盐酸溶液溶解，离心分离，清液栽入阳离子交换柱（φ0.5cm×15cm，AG50W×8（H⁺）100-200 目），用 2.5mol/L 的盐酸溶液淋洗锶。蒸干，质谱分析。

锶同位素分析采用 ISOPROBE-T 热电离质谱计，可调多法拉第接收器接收。质量分馏用 ⁸⁶Sr/⁸⁸Sr=0.1194 校正，标准测量结果：NBS987 为 0.710250±0.000007。

3 结果与讨论

3.1 元素及锶同位素比值的检测结果

喇家遗址出土的 22 个个体共计 42 份人类牙釉质和骨骼样品及 8 份猪牙釉质样品的检测结果等列于表 1 中。

3.2 样品的去污染检验

人类骨骼中含有的无机质的主要组成为羟磷灰石，其化学分子式是 $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ 。在羟磷灰石结构中，钙离子可以被其它二价离子所取代。经过数年的研究表明，对于 Ca、P 而言，经食物消化吸收后主要沉积于骨骼中，肌肉组织内几乎没有^[26-27]。利用骨骼中的微量元素研究古代人或动物的生存状况，是基于一个重要的假定：即人死后经过漫长的埋葬时间，其骨骼仍然保持着起初的化学组成和生物学特性。然而研究表明，在长期的掩埋过程中，温度、湿度、地下水、土壤等环境因素可能会使骨骼中的微量元素发生不同程度的变化，也就是造成了骨骼的被污染，其结果是给古代人及动物的生存状况研究带来了极大困扰^[28-30]。于是，鉴别古代样品的污染程度，并筛选出未经污染或污染甚轻的样品，便成为古代样品研究的前提条件。

根据目前通用的骨骼污染判别方法，Ca/P 比值被用作检验骨羟磷灰石是否受过污染的重要指标之一。因为正常骨骼的 Ca/P 比值为 2.15，所分析的骨 Ca/P 比值应介于 2.0-2.29 之间，愈接近 2.15，表明骨骼污染愈轻^[31-32]。有鉴于此，首先采用电感耦合等离子体质谱技术对喇家遗址出土的 44 份人类的牙釉质和骨骼样品进行了微量元素分析，计算结果表明，有 2 份样品编号分别为 00QML F3:II 和 05QMLM22 的 Ca/P 比值超出 2.0-2.29 之间，将其剔除。余下样品的 Ca/P 比值均在 2.10-2.25 之间，见表 1。表明其骨骼中羟磷灰石基本未受过污染，所得数据可用。

此外，根据国外学者的研究报告，相对于骨骼样品，人类牙釉质样品在埋藏过程中很少受到污染，因而成为研究出土人类迁移行为的首选标本^[3]。我们的检测结果表明，喇家遗址出土的 22 份人类牙釉质样品的 Ca/P 比值均在 2.15-2.21 之间，与正常牙釉质的 Ca/P 比值 2.15 非常接近，可以推断其组成与结构基本未受过污染，同时也再次证实了国外学者的研究结果。

3.3 喇家遗址的区域锶同位素比值范围的确立

目前，国际考古学界用于探索人类迁移的原理主要是通过对遗址出土的人体遗骸的锶同位素比值与遗址当地锶同位素比值进行比较，进而判断个体的生活居住地是否发生过变化，从而了解古人类的迁移情况^[33-34]。根据上述原理，若要探索喇家遗址出土古人类的来源，首先必须确定当地的锶同位素比值范围，才能以此判断遗址出土人类遗骸是否为当地出生抑或来源不同。在国际上，一般是以遗址出土的当地动物牙釉质的锶同位素比值的平均值及 2 倍标准偏差来确定当地的锶同位素比值范围^[33]。

如此一来，在一个具体的遗址如何确认何种动物是当地动物成为建立当地锶同位素比值特征的关键所在。在参考了国际上一系列的研究结果后，根据喇家遗址出土动物的考古学研究，选择了喇家遗址出土的猪、黄牛和绵羊等动物的牙釉质样品进行了锶同位素比值测定，经过计算得出猪牙釉质的锶同位素比值的标准偏差为 0.000064，而黄牛的标准偏差为 0.000088，绵羊的标准偏差为 0.000817。猪牙釉质的锶同位素比值的标准偏差远小于其他动物，可以推断猪由当地饲养的可能性是最大的，因此其骨骼和牙齿中锶同位素比值可以代表当地的锶同位素水平^[35]。

此外，动物考古学研究结果证明猪是我国最早进行饲养，也是最重要的家畜之一。

表 1 喇家遗址出土人类遗骸样品的检测结果
**Tab.1 Testing results of human and faunal remains from the Lajia site
 by measuring their Isotopic and elemental**

序号 No.	出土单位 Location	时代 Period	物种 Species	性别 Sex	年龄 Age	部位 Material	Ca (ug /g)	P (ug /g)	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr	2σ
1	02QMLM11	齐家 Qijia	人 human	女 Female	30~35	牙齿 Tooth	319814	148062	0.719839	0.000016
2	02QMLM11	齐家 Qijia	人 human	女 Female	30~35	肢骨 Bone	365091	173852	0.710891	0.000013
3	01QMLH21	齐家 Qijia	人 human	男 Male	13~15	牙齿 Tooth	307036	142146	0.710834	0.000013
4	01QMLH21	齐家 Qijia	人 human	男 Male	13~15	肢骨 Bone	328003	156192	0.710844	0.000014
5	02QMLM7	齐家 Qijia	人 human	?	4~5	肢骨 Bone	323453	154025	0.710836	0.000011
6	02QMLM7	齐家 Qijia	人 human	?	4~5	牙齿 Tooth	219100	100045	0.710948	0.000011
7	00QML F7:1	齐家 Qijia	人 human	?	成年	牙齿 Tooth	292189	134649	0.710878	0.000012
8	00QML F7:1	齐家 Qijia	人 human	?	成年	肢骨 Bone	317853	150641	0.710909	0.000013
9	05QMLM25	齐家 Qijia	人 human	男 Male	30~40	牙齿 Tooth	298779	136428	0.710809	0.000013
10	05QMLM25	齐家 Qijia	人 human	男 Male	30~40	肢骨 Bone	322618	153627	0.710977	0.000008
11	02QMLM10	齐家 Qijia	人 human	女 Female	45~50	牙齿 Tooth	312658	143421	0.710816	0.000014
12	02QMLM10	齐家 Qijia	人 human	女 Female	45~50	肢骨 Bone	327032	155729	0.710829	0.000011
13	02QMLM15	齐家 Qijia	人 human	女 Female	35~40	牙齿 Tooth	311260	141482	0.710879	0.000011
14	02QMLM15	齐家 Qijia	人 human	女 Female	35~40	肢骨 Bone	306535	145277	0.710832	0.000009
15	00QML F3:II	齐家 Qijia	人 human	?	3~4	牙齿 Tooth	296379	134108	0.711143	0.000014
16	02QMLM8	齐家 Qijia	人 human	男 Male	16±	牙齿 Tooth	284624	131770	0.710892	0.000011
17	02QMLM8	齐家 Qijia	人 human	男 Male	16±	肢骨 Bone	349050	166214	0.710889	0.000009
18	02QMLM13	齐家 Qijia	人 human	男 Male	30±	牙齿 Tooth	295818	135076	0.710841	0.000012
19	02QMLM13	齐家 Qijia	人 human	男 Male	30±	肢骨 Bone	305885	144969	0.710862	0.000014
20	02QMLM14	齐家 Qijia	人 human	男 Male	30~35	牙齿 Tooth	292197	135276	0.710793	0.000009
21	02QMLM14	齐家 Qijia	人 human	男 Male	30~35	肢骨 Bone	328506	154228	0.710863	0.000018
22	00QML F7:2	齐家 Qijia	人 human	女 Female	35±	牙齿 Tooth	301283	137572	0.710856	0.000011
23	00QML F7:2	齐家 Qijia	人 human	女 Female	35±	肢骨 Bone	299686	140697	0.710892	0.000016
24	00QML F4:10	齐家 Qijia	人 human	男? Male	10~13	牙齿 Tooth	292304	132264	0.710757	0.000011
25	00QML F4:10	齐家 Qijia	人 human	男? Male	10~13	肢骨 Bone	302891	144233	0.710941	0.000009
26	02QMLM16	齐家 Qijia	人 human	男 Male	30±	牙齿 Tooth	327225	150795	0.710895	0.000011
27	02QMLM16	齐家 Qijia	人 human	男 Male	30±	肢骨 Bone	314974	149987	0.710901	0.000013
28	02QMLM12	齐家 Qijia	人 human	男 Male	30~35	牙齿 Tooth	298985	138419	0.710940	0.000011
29	02QMLM12	齐家 Qijia	人 human	男 Male	30~35	肢骨 Bone	318838	151108	0.710907	0.000011
30	00QML F4:3	齐家 Qijia	人 human	女 Female	28~30	牙齿 Tooth	313417	144432	0.710952	0.000013
31	00QML F4:3	齐家 Qijia	人 human	女 Female	28~30	肢骨 Bone	308830	146365	0.710930	0.000016
32	01QMLM3	齐家 Qijia	人 human	男 Male	30±	牙齿 Tooth	303994	140089	0.710978	0.000010
33	01QMLM3	齐家 Qijia	人 human	男 Male	30±	肢骨 Bone	335299	157417	0.710885	0.000012
34	05QMLM20	辛店 Xindian	人 human	女 Female	20~25	牙齿 Tooth	318522	148149	0.710975	0.000009
35	05QMLM20	辛店 Xindian	人 human	女 Female	20~25	肢骨 Bone	331491	156363	0.710957	0.000010
36	05QMLM23	辛店 Xindian	人 human	女 Female	40~50	牙齿 Tooth	334653	152809	0.711017	0.000018
37	05QMLM23	辛店 Xindian	人 human	女 Female	40~50	肢骨 Bone	339809	162588	0.710967	0.000013
38	05QMLM22	辛店 Xindian	人 human	男 Male	40±	牙齿 Tooth	330236	152182	0.710901	0.000018
39	05QMLM21	辛店 Xindian	人 human	男 Male	35±	牙齿 Tooth	320287	148281	0.711061	0.000009
40	05QMLM21	辛店 Xindian	人 human	男 Male	35±	肢骨 Bone	305325	144021	0.710947	0.000009

续表 1 喇家遗址出土人类遗骸样品的检测结果
**Tab.1 Testing results of human and faunal remains from the Lajia site
 by measuring their Isotopic and elemental**

序号 No.	出土单位 Location	时代 Period	物种 Species	性别 Sex	年龄 Age	部位 Material	Ca (ug /g)	P (ug /g)	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr	2σ
41	05QMLM19	辛店 Xindian	人 human	男 Male	30~35	牙齿 Tooth	303229	141036	0.710966	0.000013
42	05QMLM19	辛店 Xindian	人 human	男 Male	30~35	肢骨 Bone	326993	154973	0.710924	0.000013
43	T1106H82	辛店 Xindian	猪 pig			牙齿: P			0.710842	0.000010
44	2001QMLT 533H29	齐家 Qijia	猪 pig			牙齿: M3			0.710888	0.000012
45	2005 QMLT 0616H68	齐家 Qijia	猪 pig			牙齿: M1			0.711034	0.000013
46	2001MLT512 ① F14 ②	齐家 Qijia	猪 pig			牙齿: M1			0.710972	0.000011
47	T536M12	齐家 Qijia	猪 pig			牙齿: M2			0.710967	0.000011
48	2001QMLT 501 ⑥	齐家 Qijia	猪 pig			牙齿: M3			0.710943	0.000005
49	2000QMLT 2711G1 ②	齐家 Qijia	猪 pig			牙齿: I			0.710934	0.000008
50	2007 QMLH92	齐家 Qijia	猪 pig			牙齿: M2			0.710861	0.000011

其判别标准有动物生理形态的标志、动物群组成的标志、动物群年龄结构的标志、社会和文化的标志、分子遗传学的标志及动物食物的标志等^[36]。喇家遗址出土的猪依据牙齿的测量数据、猪的死亡年龄以及猪遗骸出土时的考古学背景被认定为家猪。

由此，选择了猪牙釉质样品来确定当地的锶同位素比值范围。依据喇家遗址出土猪牙釉质的锶同位素比值测定结果，经过计算得到 8 个猪牙釉质的锶同位素比值的平均值为 0.710930，将该平均值加或减 2 倍标准偏差可以得到喇家遗址当地的锶同位素比值范围在 0.711058~0.710802 之间。至此，以喇家遗址出土猪牙釉质样品确定了当地的锶同位素比值范围，就可以以此推断该遗址出土人类遗骸个体是当地的还是外来的。

3.4 喇家遗址古人类的迁移比例

根据喇家遗址出土 22 个人类个体的 42 份牙釉质和骨密质样品及 8 份猪牙釉质样品的锶同位素比值测定数据所作柱状图如图 1 所示。图中横坐标表示喇家遗址不同文化时期出土人类遗骸样品，纵坐标表示锶同位素比值，图中两条虚线之间的部分就代表喇家遗址当地的锶同位素比值范围。黑色和灰色分别代表人类个体的牙釉质及骨骼的锶同位素比值；猪牙釉质的锶同位素比值也以黑色标示。从图 1 可以明显看出，本次检测的 22 个个体的 42 份骨骼和牙釉质样品中，有 17 个个体牙釉质的锶同位素比值在遗址当地的锶同位素比值范围内，推测其可能为本地出生，本地个体约占总数的 80% 左右；还有 2 个个体牙釉质在当地的锶同位素比值范围上下限附近，姑且存疑；仅有 3 个个体牙釉质的锶同位素比值在遗址当地的锶同位素比值范围以外，可能是外来者，约占总数的 13% 左右。

此外，表 1 的数据显示，喇家遗址出土 22 例人类个体牙釉质的锶同位素比值平均值为 0.711317；同一人群骨骼的锶同位素比值平均值为 0.710899。牙釉质的锶同位素比值平

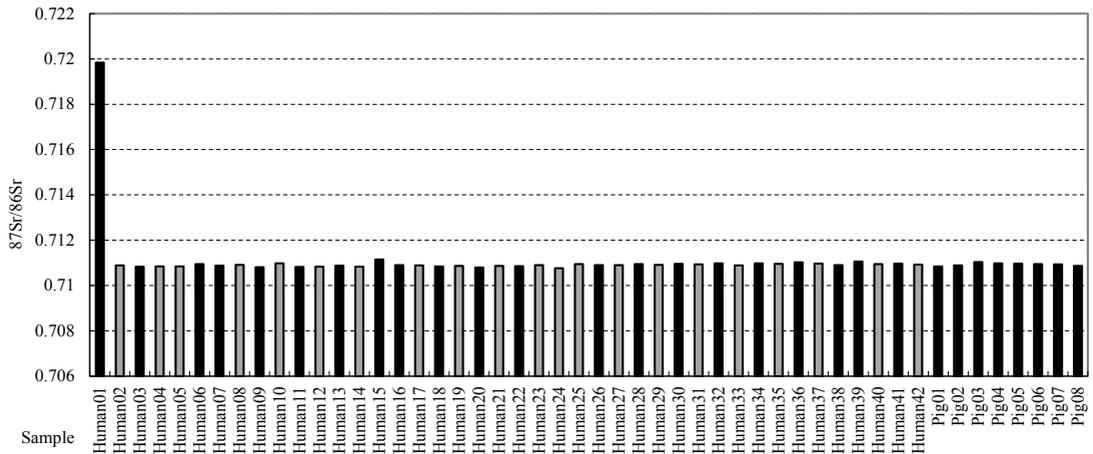


图 1 喇家遗址出土人类和动物遗骸锶同位素比值柱状图

Fig.1 Histogram of strontium isotope ratios of human and faunal remains from the Lajia site

均值明显高于骨骼。若将不在喇家遗址当地的锶同位素比值范围内的个体牙釉质的锶同位素比值去掉，则该人群牙釉质的锶同位素比值平均值为 0.710905，与骨骼的锶同位素比值平均值相近。暗示喇家遗址当地古人类生活方式可能也是比较统一。而且，具体到个体的一生其生活方式基本不变，因而才有可能形成骨骼与牙齿的锶同位素比值如此相似。

3.5 喇家遗址古人类在不同时期的迁移活动

喇家遗址存在时间大体经过了齐家文化时期和辛店文化时期。本次检测的 22 例个体中，属于齐家文化时期的为 17 例个体；而属于辛店文化时期仅有 5 例个体。

仅就喇家遗址不同时期而言，3 个可能的外来个体均发生在齐家文化时期，辛店文化时期未能确定存在外来者。

齐家文化时期的 3 个可能外来者中，一个样品编号为 02QMLM11，年龄在 30~35 岁的女性牙釉质的锶同位素比值在遗址当地的锶同位素比值范围之外，可以推测是外来人员，但其骨骼的锶同位素比值已在遗址当地的锶同位素比值范围之内，表明其在遗址内已生活大约 10 年以上。据此推测该女可能是在 20 岁左右来到此地，不排除通过婚嫁形式进入喇家地区的可能性。另一个样品编号为 00QML F3:II 的个体，是年龄大约 3~4 岁的幼儿，牙釉质的锶同位素比值在遗址当地的锶同位素比值范围之外，其原因可能有 2 方面。其一，可能是外来人员。其二，可能是幼儿的饮食很特殊，与遗址的其他人完全不同，因而造成了牙釉质的锶同位素比值与遗址当地的锶同位素比值不同。据已发表的发掘简报记载，该幼儿出自 F3 房址内，同一房址共出土 2 具人骨。另一具是年龄约 35 岁左右的女性，出土时双膝屈跪于地，臀部落坐在脚跟上，双手紧抱怀中幼儿，幼儿双臂紧搂着女性腰部^[20]。当时推测这 2 具人骨生前是母子关系，但据 DNA 检测结果判断，二者没有明显的母系亲缘关系，而可能是父系亲缘关系，如姑侄关系等^[25]。若该幼儿来自外地，如此年幼的孩子不可能自己来到此地，是何种方式来到遗址的值得探讨。考虑到该个体出自房址，所以，应该对同一房址内出土的其他人员遗骸进行锶同位素比值分析与研究，进一步探索原因。牙釉质的锶同位素比值在遗址当地的锶同位素比值范围之外的还有 1 例编号为 00QML F4:10

的年龄大约为 10~13 岁的未成年人,但其骨骼的锶同位素比值已在遗址当地的锶同位素比值范围之内,表明其在遗址内已生活一段时间。因为该个体牙釉质的锶同位素比值(0.710757)与上述样品编号为 00QML F3:II 的大约 3~4 岁的幼儿个体(0.711143)明显不同,如果他们来自外地,则他们可能来自不同地区。如果因为是婴幼儿饮食方式不同而引起的彼此牙釉质的锶同位素比值不同,因目前检测的个体数量较少,尚不能确认,留待今后进一步研究。

3.6 喇家遗址不同性别人群的迁移情况

喇家遗址齐家文化时期出土的 17 例个体中,女性个体占 5 例,全部为成年。仅有 1 例女性是外来者,余者因其牙齿的锶同位素比值均在遗址当地的锶同位素比值范围之内,推测她们可能是本地人。同期男性有 8 例,其骨骼和牙齿的锶同位素比值均在遗址当地的锶同位素比值范围之内,可以推测全部是本地人。还有 1 例年龄大约为 10~13 岁的未成年人,因不能确认其性别,暂不予以讨论。

辛店文化时期出土的 5 个个体中,2 例为女性,3 例为男性。除一例疑似外来者以外,其余个体牙釉质和骨骼的锶同位素比值均在遗址当地的锶同位素比值范围内,据此推测是本地人。

喇家遗址外来人员以女性和幼儿为主的现象或许可以说明当时所处社会结构为父系氏族聚集为主,这一点与 DNA 研究结果认为喇家氏族可能是由几个具有父系亲缘关系的家庭聚居在一起而组成的互为印证。

3.7 锶同位素比值反映出的人群与动物来源之间的关系

我们曾经对喇家遗址出土动物牙釉质的锶同位素比值进行了分析与研究。结果表明,喇家遗址先民在齐家文化早期至晚期一直自己饲养大部分黄牛和绵羊,至晚期才出现少量的外来黄牛和绵羊。其中 1 只绵羊和 1 头黄牛牙釉质锶同位素比值的相近,有可能来自同一地区。这一方面说明早期喇家人获取动物资源的方式主要以自给自足为主;另一方面也暗示早期喇家人与外界交流很少,而到晚期才开始与外界接触。

将喇家遗址动物和人类牙釉质的锶同位素比值仔细比对,可以发现,3 个可能外来者中,成年女性牙釉质的锶同位素比值是 0.719839,与外来绵羊和外来黄牛牙釉质的锶同位素比值均没有重叠。而 1 个幼儿牙釉质的锶同位素比值(0.711143)与 1 头黄牛的牙釉质的锶同位素比值(0.711140)却很相近。提示我们应该更进一步地去探究产生这些现象的原因。

4 结 论

喇家遗址是黄河上游甘青地区一处具有极高学术价值的史前文化遗址。本课题通过检测人体遗骸中锶同位素比值的方法探讨该遗址是否存在人类迁移活动。首先利用电感耦合等离子体质谱技术对喇家遗址出土的 22 个个体的 44 份牙釉质和骨骼样品进行了元素分析,根据检测结果发现有 2 例骨骼样品受到污染,因此将其排除。其次,采用热电离质谱分析方法对余下的 42 份骨骼和牙釉质样品及 8 份猪牙釉质的锶同位素比值进行了测定。研究表明,猪牙釉质的锶同位素比值的标准偏差远小于其他动物,可以推断猪由当地

饲养的可能性是最大的，因此其牙釉质中锶同位素比值可以代表当地的锶同位素水平。经过计算得到 8 个猪牙釉质的锶同位素比值的平均值为 0.710930，将该平均值加或减 2 倍标准偏差可以得到喇家遗址当地的锶同位素比值范围在 0.711058 ~ 0.710802 之间。以此锶同位素比值范围为依据，可以推测喇家遗址的先民中，有 17 个个体的牙釉质锶同位素比值在遗址当地的锶同位素比值范围以内，表明这些个体可能在遗址当地出生；还有 2 个个体牙釉质在当地的锶同位素比值范围上下限附近，姑且存疑；仅有 3 个个体牙釉质的锶同位素比值在遗址当地的锶同位素比值范围以外，表明这些个体可能在其他地区出生，去世后埋葬在遗址当地。说明喇家遗址的先民中，绝大部分是本地人，外来移民很少。

再次，因为喇家遗址存在时间经过了齐家文化时期和辛店文化时期。仅就喇家遗址不同时期而言，3 个可能的外来个体均发生在齐家文化时期，辛店文化时期未能确定有外来者。

而且，喇家遗址在不同文化时期男性可能均是本地人，而女性也大部分是本地人，迁入比例很低。喇家遗址外来人员主要为女性和幼儿的现象或许可以说明当时所处社会结构为父系氏族聚集为主，这一点与 DNA 研究结果认为喇家氏族可能是由几个具有父系亲缘关系的家庭聚居在一起而组成的互为印证。

最后，尽管喇家遗址内涵丰富的考古遗存反映出史前社会的较高发展阶段，但人类遗骸的锶同位素比值分析结果却表明外来人口很少，其原因需要进行深入探讨。若将不在喇家遗址当地的锶同位素比值范围内的个体牙釉质的锶同位素比值去掉，则该人群牙釉质的锶同位素比值平均值与骨骼的锶同位素比值平均值比较接近，暗示喇家遗址当地古人类生活方式可能比较统一。需要指出的是，本次分析的样品并不是喇家遗址出土样品的全部，结论也是在现有数据基础上得出的，随着考古发掘和研究工作的开展，更进一步的研究正在进行。

致谢：感谢 2 位匿名审稿人提出的宝贵又中肯的意见和建议。感谢编辑部的编辑们辛勤的工作。

参考文献

- [1] Ericson JE. Strontium isotope characterization in the study of prehistoric human ecology[J]. *Journal of Human Evolution*. 1985, 14: 503-514
- [2] Kennedy BP, Folt CL, Blum JD, et al. Natural isotope markers in salmon[J]. *Nature*, 1997, 387: 766-767
- [3] Bentley RA. Strontium isotopes from the earth to the archaeological skeleton: A review. *Journal of Archaeological Method and Theory*[J]. 2006, 13: 135-187
- [4] Chenery C, Muldner G, Evans J, et al. Strontium and stable isotope evidence for diet and mobility in Roman Gloucester, UK[J]. *Journal of Archaeological Science*, 2010, 37: 150-163
- [5] Waterman AJ, Peate DW, Silva AM, et al. In search of homelands: Using strontium isotopes to identify biological markers of mobility in late prehistoric Portugal[J]. *Journal of Archaeological Science*, 2014, 42: 119-127
- [6] Price TD, Johnson CM, Ezzo JA, et al. Residential mobility in the prehistoric Southwest United States: A preliminary study using strontium isotope analysis[J]. *Journal of Archaeological Science*, 1994, 21: 315-330
- [7] G 福尔. 同位素地质学原理 [M]. 北京: 科学出版社, 1983: 86-109
- [8] Knudson KJ, Tung TA, Nystrum KC et al. The origin of the Juch'uyypampa cave mummies: Strontium isotope analysis of Archaeological human remains from Bolivia[J]. *Journal of Archaeological Science*, 2005, 32: 903-913
- [9] Julia ID. Strontium isotope analysis of Neolithic and Copper age population on the Great Hungarian Plain[J]. *Journal of Archaeological Science*. 2009, 36: 491-497
- [10] Price TD, Manzanilla L, Middleton WD. Immigration and the ancient city of Teotihuacan in Mexico: A study using Strontium isotope ratios in human bone and teeth[J]. *Journal of Archaeological Science*, 2000, 27: 903-913

- [11] Bentley RA, Buckley HR, Spriggs M, et al. Lapita migrants in the Pacific's oldest cemetery: Isotope analysis at Teouma, Vanuatu. *American Antiquity*[J]. 2007, 72: 645-656
- [12] Kristin MH, Brandon BC, et al. Variation in Strontium isotope ratios of Archaeological fauna in the Midwestern United States: A preliminary study[J]. *Journal of Archaeological Science*, 2009, 36: 64-73
- [13] Towers J, Montgomery J, Evans J, et al. An investigation of the origins of cattle and aurochs deposited in the early bronze age barrows at Gayhurst and Irthlingborough [J]. *Journal of Archaeological Science*, 2010, 37: 508-515
- [14] Chenery C, Muldner G, Evans J, et al. Strontium and stable isotope evidence for diet and mobility in Roman Gloucester, UK, *Journal of Archaeological Science*, 2010, 37: 150-163
- [15] Gregoricka GL. Residential mobility and social identity in the periphery: Strontium isotope analysis of archaeological tooth enamel from southeastern Arabia [J]. *Journal of Archaeological Science*, 2013, 40: 452-464
- [16] 尹若春, 张居中, 杨晓勇. 贾湖史前人类迁移行为的初步研究——锶同位素分析技术在考古学中的应用 [J]. *第四纪研究*, 2008, 1: 50-57
- [17] 赵春燕, 袁靖, 何努. 陶寺遗址出土动物牙釉质的锶同位素比值分析 [J]. *第四纪研究*, 2010, 1: 22-28
- [18] 赵春燕, 李志鹏, 袁靖, 等. 二里头遗址出土动物的来源初探——根据出土动物牙釉质的锶同位素比值分析 [J]. *考古*, 2011, 7: 68-72
- [19] 赵春燕, 吕鹏, 袁靖, 等. 河南禹州市瓦店遗址出土动物遗存的元素和锶同位素比值分析 [J]. *考古*, 2012, 11: 89-96
- [20] 赵春燕, 何努. 陶寺遗址中晚期出土部分人类牙釉质的锶同位素比值分析 [J]. *第四纪研究*, 2014, 1: 66-72
- [21] 叶茂林. 青海民和喇家史前遗址的发掘 [J]. *考古*, 2002, 7: 3-5
- [22] 中国社会科学院考古研究所甘青工作队, 青海省文物考古研究所. 青海民和县喇家遗址 2000 年发掘简报 [J]. *考古*, 2002, 12: 12-25
- [23] 叶茂林, 任晓燕. 喇家遗址发掘与官亭盆地遗址群的聚落考古 [N]. *中国文物报*, 2005-01-21 (007)
- [24] 王明辉. 青海民和县喇家遗址人骨及其相关问题 [J]. *考古*, 2002, 12:25-28
- [25] 高诗珠. 中国西北地区三个古代人群的线粒体 DNA 研究 [D]. 吉林大学博士学位论文, 2009: 31-42
- [26] Price TD, Connor M, Parsen JD. Bone chemistry and the reconstruction of diet: Strontium discrimination in white-tailed deer[J]. *Journal of Archaeological Science*, 1985, 12: 419-442
- [27] Burton JH, Price TD. The ratio of barium to strontium as a paleodietary indicator of consumption of marine resources[J]. *Journal of Archeological Science*, 1990, 17: 547-557
- [28] Burton JH, Wright LE. Nonlinearity in the relationship between bone Sr/Ca and diet: Paleodietary implications[J]. *American Journal of Physical Anthropology*, 1995, 96: 273-282
- [29] Burton JH, Price TD, Middleton WD. Correlation of bone Ba/Ca and Sr/Ca due to biological purification of calcium[J]. *Journal of Archaeological Science*, 1999, 26: 609-617
- [30] Burton JH, Price TD, Cahue L, et al. The use of barium and strontium abundances in human skeletal tissues to determine their geographic origins[J]. *International Journal of Osteoarchaeology*, 2003, 13: 88-195
- [31] Price TD, Blitz J, Burton JH. Diagenesis in prehistoric bone: Problems and solutions[J]. *Journal of Archaeological Science*, 1992, 19: 513-530
- [32] Price TD, Burton JH, Bentley RA. The characterization of biologically available strontium isotope ratios for the study of prehistoric migration [J]. *Archaeometry*, 2002, 44: 117-136
- [33] Bentley RA, Price TD, Stephan E. Determining "local" $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Range for archaeological skeletons: A case study from Neolithic Europe[J]. *Journal of Archaeological Science*, 2004 31: 365-375
- [34] Eerkens JW, Barford GH, Jorgenson GA, et al. Tracing the mobility of individuals using stable isotope signatures in biological tissues: "Locals" and "non-locals" in an ancient case of violent death from central California[J]. *Journal of Archaeological Science*, 2014, 41: 474-481
- [35] 赵春燕, 吕鹏, 袁靖, 等. 青海喇家遗址动物饲养方式初探——以锶同位素比值分析为例 [J]. *中国社会科学院古代文明研究中心通讯*, 2015, 28: 41-48
- [36] Yan J, Rowan KF. Pig domestication in ancient China. In: Center of Archaeological Science, Institute of Archaeology, Chinese Academy of Social Sciences ed. *Science for Archaeology (I)*. Beijing: Science Press, 2005: 207-214