

禹州瓦店遗址出土部分人类牙釉质的锶同位素比值分析^{*}

赵春燕¹ 方燕明²

(1. 中国社会科学院考古研究所, 北京市 100710; 2. 河南省文物考古研究院, 河南 郑州市 450000)

关键词: 瓦店遗址; 人类; 牙釉质; 锶同位素

摘要: 锶同位素分析技术目前已经成为考古学界用于探索人类迁移活动和生存方式的重要方法。本文以中原地区新石器时期的瓦店遗址为例, 探讨了利用锶同位素分析技术追溯古代人类来源的可能性。采用热电离质谱分析方法对瓦店遗址出土的5个人类牙釉质样品的锶同位素比值进行了测定。结果表明, 瓦店遗址出土的5个人类个体可能都是外来者。

Key words: Wadian site; Human; Tooth Enamel; Strontium isotopes

Abstract: Strontium isotopic analyses of incrementally developed dental can be used to reveal patterns of movement and live in human. This paper presents a pilot study designed to test the use of Strontium isotopes for investigating aspects of movement and live in human in the Neolithic of central China, using the site of Wadian as a case study. Tooth Enamel samples from 5 human individuals were analyzed for strontium isotope ratio, by the thermal ionization mass spectrometry. As results shows, All 5 human individuals from the Wadian site fell well outside the local strontium isotopes ratio range and were considered to be non-local.

1. 前言

瓦店遗址位于河南省禹州市火龙乡瓦店村东南部和西北部的台地上。经多年的考古发掘工作发现: 瓦店遗址以地面起建的大型建筑基址和奠基坑为代表的遗迹, 以精美的陶酒器、玉鸟、玉璧、玉铲和大卜骨为代表的遗物, 无一不表明该遗址是龙山时代王湾三期文化晚期的高规格遗址, 也是探索中华文明起源重要的遗址之一^[1]。作为龙山时代中心聚落之一的瓦店遗址, 其人口来源与构成是探讨该时期古代先民生活方式的重要方面。因为瓦店遗址在学术界的重要地位, 所以也就成为追溯中原地区古代人类迁移活

动的重点遗址之一。

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和动物迁移活动的主要方法^[2, 3]。因而也成为考古学研究的前沿课题。几年来, 我们已经利用锶同位素分析技术对陶寺遗址、二里头遗址等中原地区的不同时期遗址的人类迁移活动及规模进行了研究^[4, 5]。在前期的研究工作中也初步确定了瓦店遗址当地的锶同位素比值范围^[6], 从而为本次研究瓦店遗址古代人口迁移活动及生存方式等问题打下了良好的基础。

本文选择2007年9月至2008年1月对瓦店遗址进行新的考古发掘出土的古代人类遗骸作为研究对象。首先采用热电离质谱分

* 本研究由国家自然科学基金项目(批准号: 21271186)、中国社会科学院哲学社会科学创新工程(批准号: 11120131001040)、国家科技支撑计划项目(批准号: 2013BAK08B00)和“中华文明起源过程中区域聚落与居民研究”(课题编号2013BAK08B05)共同资助。

析方法测定了出土人类牙釉质样品的锶同位素比值,与以前建立的瓦店遗址当地的锶同位素比值范围进行了比较,从而推断出瓦店遗址出土的古代人类的可能来源。

2. 背景

根据考古学研究结果,瓦店遗址的龙山文化堆积分为早、中、晚三期,绝对年代大约为公元前 2255 ~ 前 1755 年。通过调查和大规模的考古钻探得知:瓦店遗址由西北台地和东南台地两部分组成。西北台地面积约 50 万平方米,东南台地面积约 56 万平方米,瓦店遗址现存总面积达 100 余万平方米。

本次检测的 5 份人类遗存样品均来自龙山时期。样品的具体考古学背景情况已列入表一。

3. 原理

古代人群的迁移历来是考古学研究中的热点和难点问题,用传统的考古学研究方法只能给出解决问题的间接证据,比如根据出土器物类型与风格的变化推测可能存在外来因素。而锶同位素分析技术通过对出土人类牙釉质锶同位素比值的测定,可以直接确定古代人群在不同地理区域间的移动。因此,出土人类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^[7-12]。

目前,国际考古学界用于探索人群来源的主要方法是利用骨骼或牙釉质的锶同位素比值的地区特征进行判断。其原理概括起来说就是,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^[13]。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。这样,生活在不同地质背景的人或动物,其机体内锶同位素也就存在一定的差异。由于不同的地质构成特征形成了不同的锶的分布区域,因此,可

以通过出土人类遗骸的锶同位素的地区特征追溯人类来源地。对于出土人类而言,一般在易于保存的牙齿、骨骼中这种区域性指标都可以找到。尤其是人类的牙釉质,能够很好的保持其生存地的同位素比值特征,且很少受到污染,因而成为锶同位素比值测定的首选标本^[14,15]。基于上述原因,本次研究首先选择 5 份人类牙釉质样品作为研究对象。

4. 检测

4.1 样品的预处理

样品的前处理参照国外文献报道的方法^[16],根据样品的实际情况在前期实验的基础上进行的。在本项研究中,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,牙齿样品去掉内部牙基质,经去离子水浸泡后在超声波水浴中反复清洗至清洗液无色为止。之后用纯净水超声清洗 3 次,每次 20 分钟;再加入 Milli Q 超纯水,超声清洗 3 次,每次 20 分钟。清洗后的样品加入 5% 稀醋酸(优级纯),超声清洗 30 分钟,浸泡 7 小时,将稀醋酸倒掉,再加入 Milli Q 超纯水,超声清洗 3 次,每次 20 分钟。然后样品放入恒温干燥箱干燥后,于 825 °C 下灼烧 8 小时。待测。

4.2 锶同位素比值的测定

灰化后的样品由北京地质研究院分析测试中心同位素实验室进行锶同位素比值的测定。首先,准确称取 0.1 ~ 0.2 g 粉末样品于低压密闭溶样罐中,用混合酸($\text{HF} + \text{HNO}_3 + \text{HClO}_4$)溶解 24 小时。待样品完全溶解后,蒸干,加入 6 mol/L 的盐酸转为氯化物蒸干。用 0.5 mol/L 的盐酸溶液溶解,离心分离,清液栽入阳离子交换柱($\varphi 0.5 \text{ cm} \times 15 \text{ cm}$, AG50 W $\times 8$ (H^+) 100 ~ 200 目),用 2.5 mol/L 的盐酸溶液淋洗锶。蒸干,进行质谱分析。

同位素分析采用 ISOPROBE - T 热电离子质谱计,单带, M^+ , 可调多法拉第接收器

接收。质量分馏用 $^{86}\text{Sr}/^{88}\text{Sr} = 0.1194$ 校正,标准测量结果: NBS987 为 0.710250 ± 0.000007 。瓦店遗址出土人类牙釉质的锶同位素比值测定结果见表一。

5. 结果与讨论

5.1 瓦店遗址出土人类牙釉质锶同位素比值的测定结果

分析表一中瓦店遗址出土的5份人类牙釉质的锶同位素比值测定结果见表一,得到它们的锶同位素比值的范围大致在 $0.712289 \sim 0.712497$ 之间,平均值是 0.712377 。

5.2 瓦店遗址锶同位素比值范围的建立

利用锶同位素分析技术探索古代人和动物迁移活动的基础和前提是确立当地的锶同位素比值范围。国外学者的研究结果表明出土动物与人的锶同位素比值平均值非常接近,而远远小于岩石和土壤的锶同位素比值^[17],因而目前国际考古学界一般以出土的当地动物骨骼和牙釉质的锶同位素比值建立遗址当地的锶同位素比值标准。就具体遗址而言,如何确认何种动物是当地物种成为建立当地锶同位素比值特征的关键。

通过前期的一系列研究工作^[18,19],我们认为在一个具体的遗址确认何种动物为当地动物,首先应参考动物出土时的考古学背景,确认家养动物的种类,然后对遗址出土的全部或大部分动物及啮齿动物类的骨骼及

牙釉质进行锶同位素比值分析,再根据测定结果选择建立当地锶同位素比值范围的动物标本,进而建立当地锶同位素比值范围。

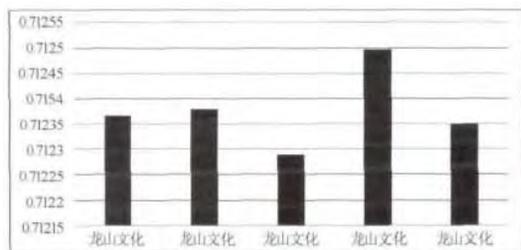
选择何种动物作为当地动物要根据具体遗址的实际情况而定,根据以前对瓦店遗址出土鼠、猪、黄牛及绵羊等动物骨骼和牙釉质的测定结果,经过计算得出鼠骨的锶同位素比值的标准偏差为 0.000058 ,猪牙釉质的锶同位素比值的标准偏差为 0.00025 。鼠的锶同位素比值的标准偏差远远小于猪,可以推断鼠可能带有当地的锶同位素比值特征。在国际上,一般是以遗址出土的当地动物骨骼和牙釉质的锶同位素比值的平均值及2倍标准偏差来确定当地的锶同位素比值范围^[20],根据遗址出土鼠骨的锶同位素比值测定结果,经过计算得到4个鼠骨的锶同位素比值的平均值为 0.712737 ,将该平均值加或减2倍标准偏差得到瓦店遗址当地的锶同位素比值范围为 $0.712679 \sim 0.712795$ 。

5.3 瓦店遗址不同时期出土人类的来源蠡测

为了更直观地说明瓦店遗址出土人类的情况,将所测定的5份人类牙釉质样品的锶同位素比值绘制在图一中。图一中纵坐标表示锶同位素比值($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$),横坐标表示不同的人个体,两条虚线之间的部分就代表瓦店遗址当地的锶同位素比值范围。从图一可以明显看出,本次检测的瓦店遗址出土人类牙釉质的锶同位素比值均在遗址当地的锶同位素比值范围以外,表明这些人可能都

表一 瓦店遗址出土的人类牙釉质的锶同位素比值测定结果

序号	实验室编号	出土单位	时代	性别	年龄	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	2σ
1	20130305-2	WD2T4044④	龙山文化	-	30 ±	0.712367	0.000010
2	20130305-4	WD2T3748H113	龙山文化	男	45 ±	0.712379	0.000014
3	20130305-7	WD2T3944M3	龙山文化	-	14-15	0.712289	0.000010
4	20130305-11	WD2T3744G3	龙山文化	-	7 ± 1	0.712497	0.000014
5	20130305-12	WD2T4043③	龙山文化	-	-	0.712351	0.000010



图一 瓦店遗址出土部分人类牙釉质锶同位素比值柱状图
不是在当地出生的。

这是很有意味的一种现象。在对瓦店遗址出土动物来源的初步研究中,已经发现瓦店遗址出土绵羊和黄牛等动物有的可能不是本地出生。本次对瓦店遗址出土人类牙釉质样品的锶同位素比值分析又表明,瓦店遗址出土的人类可能也有是外来者。此外,数据分析还表明,龙山时期出土古人类牙釉质的锶同位素比值与出土的黄牛和绵羊牙釉质的锶同位素比值没有交集,说明外来的人员与外来的黄牛和绵羊可能分别来自不同地点。

下面我们仅就本次测定的数据结果对瓦店遗址出土人类的来源进行初步探讨。根据瓦店遗址出土的猪牙釉质锶同位素比值测定结果^[21],经过计算得到5个猪牙釉质的锶同位素比值的平均值为0.712645,将该平均值加或减2倍标准偏差得到其锶同位素比值范围在0.712895~0.712394之间。瓦店遗址龙山时期的1个个体(标本号WD2T3744G3)牙釉质的锶同位素比值在猪牙釉质的锶同位素比值范围内。因为瓦店遗址出土的猪可能有野猪,所以猪牙釉质的锶同位素比值范围就代表了其活动区域,现代动物学研究表明,野猪的活动范围大致在8~12千米的直径内。上述龙山时期的1个个体牙釉质的锶同位素比值在猪牙釉质的锶同位素比值范围内,表明其可能就来自遗址附近8~12千米的地区。

其他个体牙釉质的锶同位素比值既不在鼠的当地的锶同位素比值范围内,也不在猪的锶同位素比值范围内,表明他们有可能来

源于鼠和野猪的活动区域以外。

5.4 不足之处

考古学研究与其他自然科学研究有所不同的是,考古学研究的样品选择受到田野发掘工作的限制。也就是说,考古发掘出土的标本量是有限的,而且这些有限的标本也不一定完全符合检测的要求,比如经过长时期的埋藏,样品受到埋藏环境污染的问题就必须考虑,所以还需要仔细选择并经过初步检测剔除掉一些样品。本文报道的样品数量不多,尽管如此,在现有数据基础上,我们仍然获得了一些有意义的认识,更进一步的研究还有待于考古发掘出更多的样品才能进行。也许随着考古发掘工作的不断进展,检测样本量的不断增多,我们的认识也会不断加深。

6. 结 论

根据本次瓦店遗址出土部分人类牙釉质锶同位素比值的测定结果,与以前建立的瓦店遗址当地的锶同位素比值范围进行比较可知,瓦店遗址出土的古代人类可能也有不是本地出生的,换言之,瓦店遗址在不同时期始终存在较高比例的外来人口,其输入方式或迁移途径值得我们今后在考古学研究中予以特别关注。

此外,龙山时期出土古人类牙釉质的锶同位素比值与同期出土的黄牛和绵羊牙釉质的锶同位素比值没有交集,说明该时期外来的人员与外来的黄牛和绵羊可能分别来自不同地点。

致谢:中国社会科学院考古研究所的杨立为在出土人骨标本的采集过程中给予很大帮助,特此表示感谢。

[1] 河南省文物考古研究所. 禹州瓦店. 北京: 世界图书出版公司, 2004: 132~138.

- [2] J. E. Ericson, Strontium isotope characterization in the study of prehistoric human - ecology. *Journal of Human Evolution*, 1985, 14, pp. 503 - 514.
- [3] Giblin J I, Kelly J, Knudson K J, Berezki Z et al. Strontium isotope analysis and human mobility during the Neolithic and Copper Age: A case study from the Great Hungarian Plain, *Journal of Archaeological Science*, 2013, 40 (1) : 227 - 239.
- [4] 赵春燕, 何弩. 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. *第四纪研究*, 2014, 31 (1): 22 ~ 28.
- [5] 赵春燕. 河南偃师二里头遗址出土人类遗骸的锶同位素比值分析. 待发表
- [6] [21] 赵春燕, 吕鹏, 袁靖, 方燕明. 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. *考古*, 2012, (11) .
- [7] J. A. Ezzo, T. D. Price, Migration, Regional Reorganization, and Spatial Group Composition at Grasshopper Pueblo, Arizona, *Journal of Archaeological Science*, 2002, 29, pp. 499 - 520
- [8] [14] [15] [16] [20] R. A. Bentley, T. D. Price, E. Stephan, Determining the "local" $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ range for Archaeological skeletons: A case study from Neolithic Europe. *Journal of Archaeological Science*, 2004, 31, pp. 365 - 375.
- [9] R. A. Bentley, Strontium isotopes from the earth to the archaeological skeleton: A review. *Journal of Archaeological Method and Theory*, 2006, 13, pp. 135 - 187.
- [10] Bentley R A, Buckley H R, Spriggs M et al. Lapita migrants in the Pacific' s oldest cemetery: Isotope analysis at Teouma, Vanuatu. *American Antiquity*, 2007, 72 (4): 645 - 656.
- [11] 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 (1): 150 - 163.
- [12] Kusaka S, Nakano T, Yumoto T, et al. Strontium isotope evidence of migration and diet in relation to ritual tooth ablation: a case study from the Inariyama Jomon site, Japan, *Journal of Archaeological Science*, 2011, 38: 166 - 174.
- [13] Knudson K J, O' Donabhain B, Carver C, et al. Migration and Viking Dublin: paleomobility and paleodiet through isotopic analyses, *Journal of Archaeological Science*, 2012, 39: 308 - 320.
- [17] Sillen A, Hall G, Armstrong R. $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratio in modern and fossil food - webs in sterkfontein valley: Implications for early hominid habitat preference. *Geochemical et Cosmochimica Acta*, 1998, 62 (14): 24 - 63.
- [18] 赵春燕, 袁靖, 何弩. 陶寺遗址出土动物牙釉质的锶同位素比值分析. *第四纪研究*, 2011, 31 (1): 22 ~ 28.
- [19] Zhao Chunyan, Yang Jie, Yuan Jing, et al. Strontium isotope analysis of archaeological fauna at the Erlitou site, *SCIENCE CHINA Earth Sciences*, 2012, 55: 1255 - 1259.

(责任编辑: 辛 革)

(上接 10 页)

调查: 陈雪香 杨爱民

执笔: 陈雪香

绘图: 刘善沂

- [1] 国家文物局主编. 中国文物地图集·山东分册(下). 北京: 中国地图出版社, 2007.
- [2] 遗址概况如无特别标注, 主要参考了 [1].
- [3] 苏鸣. 山东成武县发现春秋铜戈. *文物*, 1992, (5).
- [4] [5] 鄧田夫, 张启龙. 菏泽地区的堽堆遗存. *考古*, 1987, (11) .
- [6] 李景聘. 豫东商丘永城调查及造律台黑孤堆曹桥三处小发掘. *中国考古学报* (第二册), 1947.
- [7] 中国科学院考古研究所山东发掘队. 山东梁山青堽堆发掘简报. *考古*, 1962, (1) .
- [8] 菏泽地区文物工作队. 山东曹县莘冢集遗址试掘简报. *考古*, 1980, (5) .
- [9] 北京大学考古系商周组, 山东省菏泽地区文展馆, 山东省菏泽市文化馆. 菏泽安邱堽堆遗址发掘简报. *文物*, 1987, (11) .
- [10] 宋豫秦. 论鲁西南地区的商文化. *华夏考古*, 1988, (1).

(责任编辑: 方燕明)