

新疆和静县察吾呼沟口四号墓地出土人骨 化学元素的含量分析

张全超¹, 王明辉², 金海燕³, 朱 泓¹

(1. 吉林大学边疆考古研究中心, 长春 130012; 2. 中国社会科学院考古研究所, 北京 100710;

3. 吉林大学测试科学实验中心, 长春 130023)

摘要: 近几十年来, 古代人群的食谱研究已经成为现代科技考古学的一个重要组成部分, 也是当前国际科技考古学研究领域的一项前沿性课题。人类骨骼的化学元素分析为重建古代居民的食谱提供了大量信息。本文采用电感耦合等离子发射光谱仪(ICP-AES), 对新疆和静县察吾呼沟口四号墓地出土人骨中的 Sr、P、Zn、Ca、Cu、Mg、Fe、Ba、Mn 等 8 种化学元素进行了测定, 结果显示: 察吾呼沟口四号墓地古代居民的饮食结构中以肉类食物为主, 植物类食物为辅。

关键词: 察吾呼沟口四号墓地; 人骨; 化学元素; 含量分析

中图法分类号: Q981 文献标识码: A 文章编号: 1000-3193 (2005) 04-0328-06

近几十年来, 古代人群的食谱研究已经成为现代科技考古学的一个重要组成部分, 也是当前国际科技考古学研究领域的一项前沿性课题。重建古代食谱的有效方法是利用人类骨骼的化学元素分析(包括稳定同位素分析和化学元素分析)。过去考古学家主要利用人类获取、烹饪食物所使用的器物形态和组合以及食物残渣来恢复古代人类的饮食结构。但是仅仅依靠器物的形态和组合, 很难直接恢复当时人类具体的饮食结构。利用遗址中的食物残渣进行研究时, 也会受到保存情况及埋藏条件的限制, 影响到分析的科学性。而骨骼的化学分析则可以直接从出土的人骨中提取出与人类食物结构有关的信息, 在某种程度上真正地建立起古代人类的饮食模式。由于人类的饮食结构可以直接反映当时人们的生产、生活方式, 同时也与当地的自然地理、气候以及植被等诸多因素密切相关, 因此, 骨骼的化学分析和古代食谱的研究对全面复原与重建古代社会具有重要意义。

本文采用 ICP-AES 法对新疆和静县察吾呼沟口四号墓地出土人骨中化学元素的含量进行了测定和初步分析, 并与新疆罗布淖尔古墓沟墓地及甘肃酒泉干骨崖墓地出土人骨中化学元素的含量进行了比较研究, 其结果为进一步研究古代人群的食谱结构提供了科学的参考依据。

收稿日期: 2003-05-29; 定稿日期: 2003-12-16

基金项目: 国家基础科学人才培养基金项目(课题号 J0030094)

作者简介: 张全超(1977—), 男, 辽宁省沈阳市人, 吉林大学边疆考古研究中心, 主要从事体质人类学方面的研究。

通讯作者: 朱泓, E-mail: hongzhu@public.cc.jl.cn

1 材料与方法

1.1 分析样品

本文的分析样品采自新疆和静县察吾呼沟四号墓地,墓地位于察吾呼沟沟口北侧,天山南麓一台阶上,台地北高南低,呈西北—东南向的长方形,南北长约 165m,东西宽约 65—80m。1986、1987 年新疆文物考古研究所共清理墓葬 248 座,出土大量的陶、铜、木、骨、石、铁、金、银器和毛织品等。据¹⁴C测年数据,其绝对年代约为公元前 1 000 年至前 500 年。古墓地的发掘对研究新疆天山中段青铜时代—早期铁器时代考古具有重要价值^[1]。本文对该墓地的 7 例古代样品进行了化学元素的测定,样品的具体情况见表 1。

表 1 样品的采集情况

Material of cemetery No. 4 Chawuhugoukou

采集地点	实验编号	墓葬编号	性别	年龄
察吾呼沟口	1	IVM 佚号	不详	成年
察吾呼沟口	2	IVM154: B	女	40—45
察吾呼沟口	3	IVM172: A	男	30—35
察吾呼沟口	4	IVM161: B	男	25—30
察吾呼沟口	5	IVM201: C	男	30—35
察吾呼沟口	6	IVM94: A	男	30—35
察吾呼沟口	7	IVM125: A	不详	成年

1.2 仪器与工作条件

ICP/1000 型电感耦合等离子发射光谱仪(美国 PE 公司),工作条件如表 2。打磨机(韩国 STRONGER 公司),Waring Blandor(美国 WARING 公司)。

表 2 仪器的工作条件

Operating parameters of instrument

入射功率 (KW)	频率 (MHz)	冷却气流量 (l/min)	载气流量 (l/min)	辅助气流量 (l/min)	样品提升量 (ml/min)	观测高度 (mm)	积分时间 (s)
1.0	27.14	15.0	1.0	1.0	1.0	15.0	0.1

1.3 试剂及标准溶液

硝酸、盐酸均为优级纯。各元素标准溶液均为国家标准储备液(NCS),浓度为 1mg/ml,用时逐级稀释。生物标准参考物质为国家标准物质研究中心提供的人发(编号 G. B. W07601)。实验过程中所使用的玻璃仪器均经 10% 硝酸浸泡 24 小时后,用蒸馏水冲洗,干燥备用。实验用水均为二次去离子水。

1.4 样品处理

选取股骨骨干中段锯取约 3cm³ 作样品,先用无菌刀片和毛刷去除骨样表面污垢,再用灭菌石英砂打磨骨样品表面,然后用打磨机(韩国 STRONGER 公司)打去骨样表面 2—3mm,以上处理步骤均在无菌超净台中进行,操作者戴一次性手套和无菌套袖,以防止污染。将处理好的样品放入 Waring Blandor(美国 WARING 公司)中制成骨粉,在分析天平上准确称取 0.4000 g 置于 50ml 烧杯中,加入硝酸 5ml,盐酸 1ml 浸泡过夜,次日在可调电热板上,于通风

橱内加热至溶液全清时取出, 冷却到室温, 定容至 25ml, 待测。同时做空白对照。

2 结 果

2.1 分析线与检出限

各元素的分析线与检出限见表 3。

表 3 元素的分析线与检出限

Detection limits and analytical lines of elements determined

元素	P	Ca	Mg	Fe	Ba	Zn	Cu	Sr	Mn
波长/nm	214.9	317.9	279.6	238.2	455.4	213.9	324.8	407.8	257.6
检出限/(mg/l)	0.2	0.03	0.006	0.04	0.002	0.01	0.006	0.0003	0.002

2.2 准确度

为了考查实验方法的准确性, 选用国家标准人发样品(G. B. W07601)进行了验证实验, 结果见表 4, 结果表明测定值与标准值吻合的较好^[2], 证明本实验方法准确可靠。

表 4 准确度检验结果

Analysis results of standard reference materials ($\mu\text{g/g}$)

元素	P	Ca	Mg	Fe	Ba	Zn	Cu	Mn	Sr
测定值	178	2 890	380	53	19	182	11.0	6.0	23
标准值	170	2 900	360	54	17	190	10.6	6.3	24

2.3 测定结果

利用 ICP-AES 测定了所有样品中的锶(Sr)、锌(Zn)、钙(Ca)、磷(P)、铜(Cu)、镁(Mg)、铁(Fe)、钡(Ba)、锰(Mn)等 9 种化学元素的含量, 结果见表 5。

表 5 察吾呼沟口人骨中化学元素含量

Results of trace element in bone from Chawuhugoukou

实验编号	Sr ($\mu\text{g/g}$)	Zn ($\mu\text{g/g}$)	Ca (mg/g)	P (mg/g)	Cu ($\mu\text{g/g}$)	Mg (mg/g)	Fe ($\mu\text{g/g}$)	Ba ($\mu\text{g/g}$)	Mn ($\mu\text{g/g}$)
1	516	203	248.5	113	5.75	3.4	78.8	17.48	21.48
2	536	175	241	108.5	1.24	6.3	91.2	14.96	28.2
3	543	169	242	111.5	2.39	3.4	56.6	16.29	40.5
4	583	167	244	115	3.31	4.5	24.7	17.30	75.9
5	588	176	269	122.9	1.74	3.1	26.3	19.40	65.3
6	576	168	283	127	1.66	2.7	25.9	18.60	65.7
7	523	162	226.5	108.9	4.51	3.0	60	17.40	22.8
平均值	552.14	174.29	250.57	115.26	2.94	3.76	51.93	17.35	45.7

3 讨 论

3.1 结果的真实性

古代食谱研究的一个主要障碍是骨样品的污染问题。由于样品经历了漫长的年代, 极有可能受到土壤中 PH、酸度、温度以及各种微生物等诸多因素的影响, 使其本来的化学组成

与生物学特性发生了改变, 这就是骨骼的污染过程, 又称骨骼的成岩作用^[3]。因此, 对古代人骨样品污染的判断, 成为古代食谱研究的一个前提条件。

一般来说, 通过分析骨骼中羟磷灰石结构的完整性, 可以对骨样的污染程度作出判断, 而羟磷灰石中的 Ca/P 则是检验羟磷灰石结构是否具有完整性的一个重要指标。研究表明若 Ca/P 的理论值在 2.15 左右, 范围介于 2.00—2.29 之间^[4-5], 可以视为未经污染或污染较轻。由表 6 可以看出, 待分析的所有样品的 Ca/P 值均落在未经污染或污染较轻的范围内, 证明测定的结果具有真实性, 符合进一步分析的要求。

表 6 样品的 Ca/P 值分析
Analysis of Ca/P

实验编号	1	2	3	4	5	6	7
Ca/P	2.20	2.22	2.17	2.12	2.18	2.22	2.08

此外, 由于土壤中微生物的作用, 使外界环境中的 Ba 与骨骼内的 Mn 形成钡锰氧化物沉积于骨骼中, 造成骨中 Ba 的富集, 从而影响对 Ba 分析的科学性。研究表明, 若 Ba、Mn 两者之间密切相关, 则表明骨样受到了微生物的侵蚀。通过对这批样品中 Ba、Mn 的相关性检验, 我们发现两者不具有相关性 ($r = 0.536$, $P > 0.05$), 表明这批样品未受到过微生物的侵蚀。

3.2 察吾呼沟古代居民的食谱分析

目前, 我国对于古代人骨中化学元素的研究尚处于积累阶段, 缺乏足够的参照标准, 而关于青铜时代人骨化学元素的研究目前仅见新疆罗布淖尔古墓沟墓地及甘肃酒泉干骨崖墓地出土人骨化学元素的报道, 其中干骨崖居民的食谱是以植物类食物为主, 肉食类为辅^[6], 而罗布淖尔古墓沟居民食谱中则以动物类食物为主, 植物类食物为辅^[7]。我们试通过与这两类不同食谱居民人骨化学元素的对比来分析察吾呼沟古代居民的饮食结构。

表 7 与食物结构相关元素的比较
Comparison of correlative trace element

	Sr ($\mu\text{g/g}$)	Ba ($\mu\text{g/g}$)	Zn ($\mu\text{g/g}$)
干骨崖	827.05	79.89	111.35
察吾呼沟	552.14	17.35	174.29
罗布淖尔	317.90	7.367	204.22

锶在人体内总量的 99% 都存在于骨骼中^[8], 骨骼中锶的含量又随着食物中植物类和动物类成分的摄入比例不同而不断发生变化。由于古代人骨中锶的含量不易受到土壤污染的干扰^[9], 所以锶常被用来区分食谱中植物类食物和动物类食物的相对比例。与锶一样, 人体中的钡大部分也都沉积在骨骼中, 研究表明: 钡的含量在指示化学元素时比锶更灵敏, 因此也被认为是一种较为理想的食谱指示剂。一般认为由植物类食物构成的食谱与动物类食物构成的食谱相比, 锶和钡的含量要高。锌的含量也与食物结构有较密切的关系, 由于锌的含量与蛋白类食物的摄入有明显的关联, 因此也被用来判断蛋白类食物的摄入情况, 研究表明: 肉食动物骨骼中锌的含量远远高于草食动物骨骼中的锌含量^[10]。由表 7 可以看出, 综合锶、钡、锌三种指示性元素, 察吾呼沟古代居民骨骼中三种化学元素的含量大体介于干骨崖古代居民与罗布淖尔古代居民之间。与干骨崖古代居民相比, 察吾呼沟古代居民骨

酪中锶和钡的含量明显较低,而锌的含量则明显较高,说明察吾呼沟口古代居民食谱中植物类食物所占比重相对较少,当时人们的食物结构中以肉类食物为主。与罗布淖尔古代居民相比,察吾呼沟口古代居民骨骼中的锶、钡含量相对较高,而锌的含量却相对要低,说明察吾呼沟口古代居民食谱中植物类食物所占比重要高于罗布淖尔古代居民,而肉类食物的摄入却相对要少。可能察吾呼沟口古代居民开发了更多的植物类食物来源或者农业的规模比罗布淖尔古代居民要大,否则,仅靠自然界的采集是很难达到如此大的差距。从考古发掘的遗物来看,察吾呼沟口四号墓地存在普遍的殉马、殉羊习俗,随葬品中有大量与畜牧生活有关的铜马具、弓箭、毛毡制品,反映了畜牧业在当时的经济生活中占有主体地位。通过对出土陶器残留物的鉴定,发现为人工栽培的小麦、大麦、谷子的淀粉粒,表明察吾呼沟口古代居民已经开始种植小麦、大麦等谷类植物。体质人类学角度的研究表明:居民中龋齿现象十分普遍,这些现象间接反映了察吾呼沟口古代居民具有一定规模的农业^[11],稳定的农业经济的存在使察吾呼沟口古代居民食谱中植物类食物比重增加,而肉食类食物相对减少。总之,察吾呼沟口古代居民仍以食用牛羊肉和奶制品为主,但小麦、大麦等谷类的种植,增加了对植物类食物的选择,丰富了人们的食谱。

致谢:用于本文研究的古人骨样品承蒙新疆文物考古研究所提供,在文章的写作过程中,中国社会科学院考古研究所的仇士华先生、张雪莲博士提出了宝贵的意见,复旦大学文博系的陈淳老师提供了大量的文献资料,在此一并致以衷心的感谢。

参考文献:

- [1] 新疆社会科学院考古研究所. 新疆察吾呼沟口[M]. 北京: 东方出版社, 1999.
- [2] 国家标准物质研究中心标准物质办公室. 标准物质目录[M]. 北京: 国家技术监督局, 1991.
- [3] 胡耀武, 杨学明, 左健. 古代食谱研究现状[A]. 科技考古论丛(第二辑)[C]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2000.
- [4] Price TD, Blitz J, Burton JH, *et al.* Diagenesis in prehistoric bone: problems and solution[J]. *Journal of Archaeological Science*, 1992, 19: 513—530.
- [5] Schutkowski H, Hemmann B, Wiedemann F. Diet, status and decomposition at Weingarten: trace element and isotope analyses on early mediaeval skeletal material[J]. *Journal of Archaeological Science*, 1999, 26(6): 675—685.
- [6] 郑晓英. 中国甘肃酒泉青铜时代人类股骨化学元素含量分析[J]. *人类学学报*, 1993(3): 241—251.
- [7] 张全超, 朱泓, 金海燕. 新疆罗布淖尔古墓沟青铜时代人骨微量元素的初步研究[J]. (待刊).
- [8] Schoeninger MJ. Diet and status at Chalcatzingo: Some empirical and technical aspects of strontium analysis[J]. *Am J Phys Anthropol*, 1979, 51: 295—310.
- [9] Wyckoff RWG, Doberentz AR. The strontium content of fossil teeth and bones[J]. *Acta Geodim Cosmochim*, 1968, 32: 109—115.
- [10] Gilbert R Jr. Trace elemental analysis of trace skeleton Amerindian populations at Dickinson Mounds[D]. Ph D dissertation, University of Massachusetts, Amherst, 1975.
- [11] 周金玲. 新疆察吾呼沟口古墓地发掘及其研究[J]. *西域研究*, 1998(2): 38—45.

Analysis of Chemical Elements of Human Bone in Bronze Age from Cemetery No. 4 of Chawuhugoukou, Xinjiang

ZHANG Quan chao¹, WANG Ming hu², JIN Hai yan³, ZHU Hong¹

(1. *Research Center for Chinese Frontier Archaeology of Jilin University, Changchun 130012;*

2. *Institute of Archaeology, Academia Sinica of Social Sciences, Beijing 100710;*

3. *Scientific Experimental Center, Jilin University, Changchun 130023)*

Abstract: In recent years, the palaeo-diet is one of the important researches in the archaeological field. Chemical elements of human bones can supply a lot of valuable information to reconstruct the model of ancient diet. In this paper, nine chemical elements of human bones in Bronze age from Cemetery No. 4 at Hejing, Xinjiang were determined by ICP-AES. They are ferrum(Fe), zincum(Zn), calcium(Ca), phosphorum(P), manganum(Mn), magnesium(Mg), strontium(Sr), barium(Ba) and cuprum(Cu). Results indicated that the ancient inhabitants in Chawuhu lived mainly on the meat products with only a small amount of plants. At the same time, we guess the inhabitants of this site could cultivate some plants such as barley and wheat.

Key words: Cemetery No.4 at Chawuhu; Human bone; Chemical elements analysis