

俄罗斯远东地区特罗伊茨基墓地人骨的稳定同位素分析

张全超^{1,2}, 冯恩学¹, 朱 泓¹

(1. 吉林大学边疆考古研究中心, 长春 130012; 2 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所, 北京 100044)

摘要: 稳定同位素分析技术近年来发展为复原古代民族饮食结构、社会经济模式的有效手段。本文应用该技术首次对俄罗斯远东地区特罗伊茨基墓地出土人骨中的 C、N 同位素比值进行了测定。结果显示, 特罗伊茨基墓地古代居民日常饮食习惯中保持着较高比例的动物性食物摄入, 植物类食物的摄入中 C₃ 类植物的比重较高。结合其他相关资料, 初步推测该组居民已经有一定农业、渔猎业和饲养业在经济生活中占据重要地位, 黑水和粟末的经济类型有所差别。本文的研究结果可以为复原古代民族的经济模式研究提供有益的线索。

关键词: 特罗伊茨基墓地; 稳定同位素分析; 饮食结构

中图法分类号: Q981 文献标识码: A 文章编号: 1000-3193 (2009) 03 0300-06

族是隋唐时期东北地区的重要部族, 以粟末、黑水最为强大。粟末建立了渤海国(698—926年), 有“海东盛国”之誉。黑水以勇健著称, 与粟末抗衡, 唐设立黑水都督府对其进行羁縻式统治。到辽代时黑水演变为生女真, 女真之完颜部在1115年建立了金国, 先后灭亡辽和北宋, 后为元灭亡。故黑水在东北史研究中占有重要地位。特罗伊茨基墓地位于俄罗斯阿穆尔州结雅河下游南侧的一个支流别拉亚河的南岸, 距离我国黑河市65km(图1)。它是目前中国和俄罗斯发现的最大的墓地, 由大约千座墓葬组成。20世纪70年代原苏联曾经先后6次对该墓地进行考古发掘, 共发掘墓葬210座, 并于1977年出版了《特罗伊茨基墓地》的报告^[1]。2004年—2006年俄罗斯科学院西伯利亚分院对该墓地又进行了发掘, 其中2004年的发掘是由吉林大学边疆考古研究中心与俄罗斯科学院西伯利亚分院联合进行, 共发掘了墓葬30余座, 出土陶器、串珠、马具、腰带牌饰、铁镞、铁刀等多件随葬品, 收获颇丰。墓葬年代应在唐代中期到辽初。

近几十年来, 古代人群的食谱研究已经成为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通常是利用人类骨骼的化学元素分析(包括稳定同位素分析和微量元素分析)。其中利用古代居民骨骼和牙齿进行稳定同位素分析的方法已经成为这项研究的一个十分有效的途径, 对全面科学地复原

收稿日期: 2007-06-29; 定稿日期: 2009-01-12

基金项目: 教育部人文社会科学重点研究基地基金(05JJD780003); 国家基础科学人才培养基金项目(J0030094); 吉林大学哲学社会科学重大项目——博士科研启动基金项目(2006BS33); 中国博士后科学基金资助项目(20060390520)。

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副教授, 博士, 主要从事体质人类学研究。

通讯作者: 朱泓, E-mail: zhuhong@bjkg.com.

与重建古代社会具有重要的启示作用。本文通过对特罗伊茨基墓地出土人骨中 C、N 同位素比值的测定，初步探讨了该墓地古代居民的饮食结构，这是对文化遗存首次进行该方面的研究工作，将为进一步复原文化古代人群的食谱结构和经济类型积累科学参考数据。

1 实验仪器及过程

1.1 仪器

同位素比值测定仪器:
Thermo Finnigan 公司的 DELTA
plus 型 同位素比值质谱仪
(isotope ratio mass spectrometers,
IRMS); 同位素制备系统:
Thermo Electron SPA 公司的
FLASH EA 1112 型元素分析
仪。

1.2 试剂

硝酸、盐酸均为优级纯。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。

1.3 标准物质

利用国际原子能机构的稳定同位素 NBS-22 (^{13}C 同位素标准物质, ^{13}C 值为 -29.7) 和 IEAE-N-1 (N 同位素标准物质, $\delta^{15}\text{N}$ 值为 +0.4) 标准物质标定 CO_2 和 N_2 钢瓶气, 以标定的钢瓶气作为标准气体, 测定骨胶原 C、N 同位素 δ 值。

1.4 骨胶原的制备

选取股骨骨干中段锯取约 3cm^3 作样品, 先用无菌刀片和毛刷去除骨样表面污垢, 清洗骨样, 在研钵中磨碎, 过筛, 收集介于 $0.25\text{mm} - 0.5\text{mm}$ 之间的粉末骨样。在天平上称取一定质量的粉末骨样, 倒入事先放有玻璃丝的杀青漏斗中, 使骨样较为均匀地分布于玻璃丝上。加入 0.2M HCl 进行脱钙, 大约 3 天左右, 每隔一天换一次溶液, 直到漏斗中看不到颗粒为止。换用蒸馏水洗至中性。再加入 0.125M NaOH , 室温放置 20 小时, 期间搅拌以除去骨样中掺杂的腐殖酸等。用蒸馏水洗至中性后, 在 0.001M HCl ($\text{pH} = 3$) 95°C 浸泡 10 小时, 趁热过滤, 烘至近干后冷冻干燥, 收集明胶化的骨胶原。

1.5 样品的测试

利用锡箔杯将骨胶原包好,放在自动进样器内,通过自动进样器将样品送到元素分析仪



图 1 特罗伊茨基墓地位置图

Fig. 1 Position of the Troitskiy Cemetery of Mohe, Far east Area, Russia

氧化炉燃烧(1020 °C), 所释放出的 NO₂ 和 CO₂通过还原炉还原(650 °C), 经色谱柱分离、纯化后进入 DELTA plus 型同位素比值质谱仪, 测定 C 和 N 的稳定同位素比值。C 和 N 均以标定的钢瓶气为标准, 用 IAEA-N-1 标定氮钢瓶气(以空气为基准), 用 USGS 24 标定碳钢瓶气(以 PDB 为基准), 同时与相关单位进行横向校正。C 同位素的分析精度为 0.11‰, N 同位素的分析精度为 0.12‰。C 和 N 稳定同位素比值的计算公式为:

$$\delta^{13}C = \left\{ \frac{\left[\left(\frac{^{13}C}{^{12}C} \right)_{sample} - \left(\frac{^{13}C}{^{12}C} \right)_{standard} \right]}{\left(\frac{^{13}C}{^{12}C} \right)_{standard}} \right\} \times 1000 ‰$$

$$\delta^{15}N = \left\{ \frac{\left[\left(\frac{^{15}N}{^{14}N} \right)_{sample} - \left(\frac{^{15}N}{^{14}N} \right)_{standard} \right]}{\left(\frac{^{15}N}{^{14}N} \right)_{standard}} \right\} \times 1000 ‰$$

1.6 数据的统计分析

统计分析采用美国社会统计软件 SPSS 11.5。

2 结果与分析

2.1 骨样的污染检验

判断骨样中稳定同位素是否受到污染, 是使用其比值推断古代居民饮食结构的前提条件, 由表 1 可知, 所有样品的骨胶原中, C 和 N 的含量都保持了较高的水平, 并没有在长期的埋藏过程中全部分解, 非常有利于进行稳定同位素的测试。此外, C/N 比值的测定也可以用来验证骨样受污染的程度, 一般认为如果 C/N 比值在 2.9—3.6 之间, 说明该样品保存较好^[2-4], 测定¹³C 和¹⁵N 的结果也比较可靠。如果 C/N 比值高于 3.6, 说明骨样中可能受到腐殖酸的污染, 如果 C/N 比值低于 2.9, 说明骨胶原中很可能掺杂了一定量的无机物质^[5]。表 1 的结果表明, 该组样品的 C/N 比值均处在 2.9—3.0 之间, 较为理想地落在了未污染样品的范围之内, 保证了稳定同位素最终测定结果的可靠性。

表 1 样品的分析测试值

Tab 1 Results of C/N in bone from the Troitsky Cemetery

墓葬编号	N (%)	C (%)	$\delta^{15}N$ (%)	$\delta^{13}C$ (%)	C/N	C ₃ (%)	C ₄ (%)
M 232	13.46	39.85	9.45	-14.06	2.96	54.31	45.69
M 254	14.04	41.74	11.01	-13.94	2.97	53.38	46.62
M 255	13.61	40.36	10.25	-14.81	2.97	60.08	39.92
M 250	13.54	40.44	8.86	-14.86	2.99	60.46	39.54

按照蔡莲珍和仇士华先生提供的计算公式^[6]

2.2 结果与分析

由表 1 可知, 所有样品的 $\delta^{13}C$ 值在 -13.94‰—-14.86‰ 范围内, 且居于 C₃ 类和 C₄ 类植物平均值之间, 反映了该墓地古代居民的食物中既包含 C₃ 类植物, 同时又包括 C₄ 类植物。C₃ 类食物所占比例约为 53.38%—60.46%, 表明特罗伊茨基墓地居民植物性食物中的 C₃ 类植物的摄入比重要高于 C₄ 类植物。

N 在不同营养级之间存在着同位素的富集现象, 按营养级的上升, 每上升一级, 大约富集了 3‰—4‰, 即食草类动物骨胶原中的 $\delta^{15}N$ 比其所吃食物富集 3‰—4‰, 以食草类动物为食的食肉类动物又比食草类动物富集 3‰—4‰^[7]。其中食草类动物的 $\delta^{15}N$ 值大约为

3‰—7‰, 一级食肉类动物以及各种鱼类, $\delta^{15}\text{N}$ 值为 9‰—12‰, 杂食动物 $\delta^{15}\text{N}$ 值则在 7‰—9‰之间。因此, 根据 $\delta^{15}\text{N}$ 值, 我们大体可以推断先民所处的营养级状态, 特罗伊茨基墓地古代居民骨骼中的 $\delta^{15}\text{N}$ 值为 8.86‰—11.01‰, 基本与食肉类动物相当, 表明其生前的食物结构中动物性食物占主体地位。

3 讨论

通过对特罗伊茨基墓地古代居民骨骼中 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{15}\text{N}$ 的比值测定, 我们对该墓地居民的饮食结构有了一个大致的认识:

3.1 特罗伊茨基墓地古代居民的饮食结构 中, 肉类食物所占比例很高, 表明该组居民在日常饮食习惯中保持着较高比例的动物性食物摄入, 暗示出当时狩猎业和饲养业在经济生活中占据重要地位。特罗伊茨基墓地位于 族分布区域的北部, 在其地层和墓葬中出土有大量的马骨和猪骨, 其中马骨数量要超过猪骨, 墓地还出土很多用马的蹄腕骨制作的带刻画符号的器具, 以此推测当时马是经常被宰杀的^[8]。而在 族南部的分布区, 位于俄罗斯滨海边疆区的 遗址中发掘的家畜骨骼中最多的则是猪, 其次是牛, 再次是马^[9]。比较可知, 同为 部族, 其肉食来源的组成却存在较大的差异。滨海边疆区比黑龙江流域的气温高, 适合农业发展, 而牛是作为耕作业的主要牲畜, 所以其地饲养牛多是当地耕作农业比黑龙江流域发达的反映。猪对定居的“家”高度依赖, 饲养猪的目的主要用于肉食, 猪骨最多, 也是定居农业发达的标志。马主要用于军事、交通、狩猎, 同时也能为人们提供肉食。黑龙江流域的马骨最多, 似乎反映出由于气候较南部寒冷, 当地的定居耕作农业并不发达。而该遗址中发现的马骨、铁的马具、射猎用的骨箭头和铁箭头, 都反映出当时狩猎业的盛行。《新唐书·黑水 传》记载黑水 的装饰有: “俗编发, 缀野豕牙, 插雉尾为冠饰, 自别于诸部”, 也证明了黑水 存在源于狩猎生活且崇尚勇猛的特殊装饰。发达的狩猎业所获得的动物资源应该是黑水 部族重要的食物来源。此外, 特罗伊茨基墓地和遗址位于别拉亚河下游的岸边, 别拉亚河虽然是一条小的支流, 但其下游两岸是开阔的沼泽地, 沼泽地生长茂盛的水草, 密布有高达 1 米的“塔头墩”, 河水在夏秋时漫出河岸, 塔头墩的空隙间便充满了河水, 结雅河(即精奇里江)内的鱼会洄游到这里产卵, 又形成了丰富的鱼类资源。在特罗伊茨基墓地中也发现有石网坠, 恰恰提供了特罗伊茨基 人曾经捕捞河鱼的证据, 可见鱼类等水产品也成为特罗伊茨基 族的动物性食物来源之一。总之, 发达的狩猎业和饲养业为特罗伊茨基 人提供了丰富的动物性食物来源, 这与其骨骼中的 $\delta^{15}\text{N}$ 比值的测定结果互相吻合。

3.2 特罗伊茨基墓地古代居民在植物类食物的摄入中既有 C₃ 类植物也有 C₄ 类植物, 且 C₃ 类植物的比重为 53.38%—60.46% 要略高于 C₄ 类植物, 《隋书· 传》: “相与偶耕, 土多粟麦”, 可见 C 同位素分析的结果与文献记载也大体相符。特罗伊茨基墓地所在的阿穆尔州位于北纬 48°51' 和北纬 57°04' 之间, 北部是山地, 南部是平原。东南部是结雅-布列亚平原, 西南部是阿穆尔-结雅平原。虽然南北跨度长 900km, 气候却分为 4 个气候带, 从北向南为寒带、亚寒带、寒温带、中温带。寒带不适合种植农作物, 亚寒带适宜种植大麦、燕麦, 亚温带可以种植小麦。特罗伊茨基墓地位于结雅-不列亚盆地平原, 属于中温带接近寒温带地区, 冬季寒冷、干燥、降雪少、天气晴朗; 夏季炎热、时间短、雨量集中, 年降雨量 800mm 左右。平均

气温 1 月份—24℃—33℃, 7 月份 18℃—21℃, 无霜期可达 120 天。在沙俄时期, 首批到达阿穆尔州的哥萨克人记录当地的农作物有大麦、燕麦、荞麦、黍类、豆类等。考古发掘的容器内也发现有黍米^[10], 根据墓地地层采集土样所做植物孢子花粉分析, 当时的气候较现代干旱, 稳定同位素的分析结果与孢子花粉分析结果相结合, 我们认为, 当时的居民可能存在不发达的种植业, 其经济类型应为一种农耕和狩猎并存的混合经济类型, 由于气候较为干旱, 当时特罗伊茨基的居民已经开始种植麦类和黍类。总之, 麦类、黍类等粮食作物很可能成为特罗伊茨基居民食物结构中的组成部分。

3.3 我国对于经济的研究还是空白, 前苏联对远东地区经济的研究是根据出土的动物骨骼种属的鉴定比例。本课题组首次利用孢粉分析法和人骨的稳定同位素分析法进行研究, 提取到关于人生存环境和食物的第一手基础资料, 开拓了史研究的新途径。但是要深入认识的经济, 还需要更多的不同地点的人骨稳定同位素测定值的积累, 因为人居住在长白山到黑龙江之间的广大地域, 由于南北气候差别大, 不同地区的居民, 其经济生产方式应该存在差异。的主要分布区在我国境内, 但是这方面的基础资料缺无, 希望发掘考古遗迹者能早日开展搜集这方面标本的工作, 以期达到对历史有更全面的认识和复原。

致谢: 本文研究的标本是由中俄联合考古队提供, 文中的试验部分是由吉林大学的金海燕先生和中国农业科学院李玉中博士协助完成的, 在此衷心地感谢。

参考文献:

- [1] 冯恩学. 俄国东西伯利亚与远东考古[M]. 长春: 吉林大学出版社, 2002.
- [2] DeNiro MJ. Postmortem preservation of alteration of in vivo bone collagen isotope ratios in relation to palaeodietary reconstruction [J]. Nature, 1985, 317: 806 809.
- [3] Ambrose SH, Butler BM, Hanson DH, et al. Stable isotopic analysis of human diet in the Marianas Archipelago, western pacific [J]. American Journal of Physical Anthropology, 1997, 104: 343 361.
- [4] Ambrose SH. Preparation and characterization bone and tooth collagen for stable carbon and nitrogen isotope analysis[J]. Journal of Archaeological Science, 1990, 17: 431 451.
- [5] Van Klinken GJ. Bone collagen quality indicators for palaeodietary and radiocarbon measurements[J]. Journal of Archaeological Science, 1999, 26: 687 695.
- [6] 蔡莲珍, 仇士华. 碳十三测定和古代食谱分析[J]. 考古, 1984, 4: 949 955.
- [7] Bocherens H, Fizet M, Mariotti A. Diet, physiology and ecology of fossil mammals as inferred from stable carbon and nitrogen isotope biogeochemistry: implications for Pleistocene bears[J]. Paleogeography, Paleoceanography, Paleoecology, 1994, 107: 215 225.
- [8] 杰列维扬科著, 林树山译. 黑龙江沿岸的部落[M]. 长春: 吉林文史出版社, 1987.
- [9] 沙弗库诺夫著, 宋玉斌译. 渤海国及其俄罗斯远东部落[M]. 长春: 东北师范大学出版社, 1997.
- [10] 杰列维扬科著, 林树山译. 黑龙江沿岸的部落[M]. 长春: 吉林文史出版社, 1987.

Paleodiet Studies Using Stable Carbon and Nitrogen Isotopes from Human Bone: An Example from the Troitskiy Cemetery of Mohe, Far eastern Area of Russia

ZHANG Quanchao^{1,2}, FENG Enxue¹, ZHU Hong¹

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

2. Institute of Vertebrate Paleontology and Paleoanthropology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100044)

Abstract: The Troitskiy cemetery, a very important site of the Mohe ancient culture, is located in the coastal and middle portions of the Jieya River, in the far-eastern area of Russia. In this study, we examine the Troitskiy human paleodiet using stable isotopic ratios of carbon and nitrogen in bone collagen. Nitrogen isotope ratios of bone collagen show that the Mohe ancient inhabitants from this cemetery ate primarily animal products with only a small amount of plant products. Carbon isotopic ratios of bone collagen show that most of the plant products came from C₃ plants.

Key words: Mohe; Troitskiy cemetery; Stable carbon and nitrogen isotopes; Paleodiet