

· 成果简介 ·

# 北京周口店田园洞人骨的 C、N 和 S 稳定同位素分析

胡耀武<sup>1,2</sup> 同号文<sup>3</sup>

(1 中国科学院研究生院科技史与科技考古系, 北京 100049;

2 中国科学院人类演化与科技考古实验室, 北京 100044;

3 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所, 北京 100044)

[关键词] 田园洞人, 稳定同位素分析, 淡水类资源

## 引言

北京周口店田园洞人(约 40 000 年前), 是迄今在欧亚大陆东部从化石本身所测得的年代最早的解剖学意义上的现代人(Anatomically Modern Human, 简称 AMH)或称之为晚期智人<sup>[1]</sup>。了解其食物结构和生存方式, 对于揭示亚洲现代人演化之路具有极其重要的意义。

通过对考古遗址中出土动物遗存的分析与研究, 是了解古人类对动物资源利用的常用方法之一。迄今为止, 田园洞遗址已发现的哺乳动物共有 39 种: 灵长目 1 种、食虫目 3 种、翼手目 2 种、兔形目 2 种、啮齿目 12 种、食肉目 11 种、偶蹄目 8 种<sup>[2]</sup>。动物群中, 梅花鹿占绝对优势, 食肉类动物则很少。总体上, 动物骨骼均破损严重, 这是否源于古人类的加工和利用, 尚不清楚<sup>[2]</sup>。此外, 梅花鹿的年龄结构分析显示, 中青年个体占多数, 可能与古人类的狩猎行为有关<sup>[3]</sup>。综上所述, 可以看出, 田园洞人究竟以何为生, 仍不明朗。

创立于上个世纪 70 年代末并不断发展起来的稳定同位素分析, 为探索古人类的食物结构及生存方式提供了一条新的重要研究途径。根据“我即我食(You are what you eat)”原理<sup>[4]</sup>, 人骨中的化学成分, 尤其是稳定同位素, 与其食物存在着——对应的关系。这样, 通过人骨化学成分的分析, 就可望揭示其食物结构, 了解其生存方式。为此, 本文对田园洞

遗址的人和动物骨骼(鹿和野猫等动物)以及相邻的东胡林遗址(11 000—9 000 年前)<sup>[5]</sup>中的鱼骨, 进行了 C、N、S 稳定同位素分析, 以期探索田园洞人的食物来源及生存方式<sup>[6]</sup>。

## 1 稳定同位素分析方法简介<sup>1</sup>

植物的光合作途径以及固氮方式的差异, 将直接导致其  $\delta^{13}\text{C}$  和  $\delta^{15}\text{N}$  值明显不同。一般认为,  $\text{C}_3$  植物的  $\delta^{13}\text{C}$  平均值约为  $-26.5\%$ , 而  $\text{C}_4$  植物的  $\delta^{13}\text{C}$  平均值则约为  $-12.5\%$ <sup>[7]</sup>; 豆科植物的  $\delta^{15}\text{N}$  大约等于  $0\%$ , 而非豆科植物的  $\delta^{15}\text{N}$  则稍高<sup>[8]</sup>。这些差异, 在整个食物链的流动和传递过程中, 始终存在<sup>[4]</sup>。动物组织的同位素组成, 与其食物的同位素组成密切相关, 但存在一定的同位素分馏。人们发现, 动物组织对原食物的  $\delta^{13}\text{C}$  皆有所富集, 其中, 动物肌肉的富集程度甚微, 仅  $1\%$  左右, 通常可忽略不计。因此, 分析人或动物骨骼中骨胶原的  $\delta^{13}\text{C}$  值, 即可了解他们的食物来源<sup>[9]</sup>, 尤其是食物的蛋白质部分<sup>[10]</sup>。相比于 C 同位素, N 同位素的富集显得更有规律, 营养级每上升一级, 大约富集  $3\%$ — $5\%$ , 如: 较之食物, 食草类动物骨胶原的  $\delta^{15}\text{N}$ , 将富集约  $3\%$ — $5\%$ ; 而较之食草动物, 以之为食的食肉类动物  $\delta^{15}\text{N}$ , 又将进一步富集约  $3\%$ — $5\%$ <sup>[11]</sup>。故此, 分析人骨中骨胶原的  $\delta^{15}\text{N}$ , 就可辨别其在食物链中的营养级别, 了解其食物结构以肉食或素食为主。

\* 本文于 2009 年 12 月 1 日收到。

<sup>1</sup> 稳定同位素, 是指无可测放射性的同位素。其比值, 常用  $\delta$  值(单位为%)表示。如  $\delta^{13}\text{C}$ , 即指样品的重/轻同位素比值( $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ )减去标准物质的重/轻同位素比值后除以标准物质的重/轻同位素比值, 再乘以 1000。由于不同样品的稳定同位素比值, 较标准物质有大有小, 故其  $\delta$  值有正有负。

近期,S同位素分析,成为稳定同位素分析的新研究热点。对动物(包括人类)而言,S是生物生长和发育的必需元素,对其的获取,必然来自食物。与C同位素相似,S同位素在营养级间传递中分馏很小(-1‰—2‰)<sup>[12]</sup>。研究表明,生长于陆生环境中的植物和动物,其 $\delta^{34}\text{S}$ 值常小于+10‰;海生环境中的生物,其 $\delta^{34}\text{S}$ 值则为+20‰左右;而生活于淡水环境下(湖泊和河流)的生物,其 $\delta^{34}\text{S}$ 值在-22‰—22‰间波动<sup>[13]</sup>。由此可以看出,通过对人或动物骨骼中的 $\delta^{34}\text{S}$ 值分析,结合人骨的 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{15}\text{N}$ 值,就可望进一步了解其食物来源究竟以陆生类、海生类或淡水类为主。

## 2 田园洞人的食物结构

田园洞遗址的食草类动物(2个梅花鹿和9个未定种属的),其 $\delta^{13}\text{C}$ 平均值为 $-19.5 \pm 0.9\%$ ,表明其食物以 $\text{C}_3$ 类植物为主。然而,较大的 $\delta^{13}\text{C}$ 分布范围(-18.0‰—-21.2‰),显示某些食草类动物的食物中包含了少量的 $\text{C}_4$ 类植物。食草类动物的 $\delta^{15}\text{N}$ 平均值( $4.7 \pm 1.6\%$ ),表现出典型食草类动物的特征。作为食肉类动物代表的野猫,其 $\delta^{15}\text{N}$ 值为8.7‰,该值与食草类动物的平均 $\delta^{15}\text{N}$ 值之差(4‰),恰落于 $\delta^{15}\text{N}$ 值沿营养级上升的分馏范围之内。动物的 $\delta^{13}\text{C}$ 值和 $\delta^{15}\text{N}$ 值,为构建该地区陆生生态环境的同位素背景值奠定了基础。

田园洞人的 $\delta^{13}\text{C}$ 值为-17.6‰,表明其食物中包含了一些 $\text{C}_4$ 类食物。然而,其 $\delta^{15}\text{N}$ 值(11.1‰),显著高于食肉类动物的代表——野猫,表明田园洞人的食物来源,明显有别于野猫,即其食物应不以陆生食草类动物为主。

与同营养级的陆生动物相比,水生动物(包括淡水和海生),常具有较高的 $\delta^{15}\text{N}$ 值。为进一步明确田园洞人的食物来源,S同位素的分析,就显得尤为必要。田园洞遗址的陆生动物(野猫和2个未明食草类动物),其 $\delta^{34}\text{S}$ 平均值为 $7.6 \pm 0.4\%$ 。而相邻的东胡林遗址的鱼(2个),其 $\delta^{34}\text{S}$ 平均值则为5.5‰。显然,田园洞人的 $\delta^{34}\text{S}$ 值(4.1‰),明显接近于淡水类环境,而与陆生环境相对较远,此外,该值与鱼的 $\delta^{34}\text{S}$ 值之差,也与S同位素在食物链中的分馏相吻合。由此可以看出,淡水类资源,如鱼类等,在田园洞人食物中占据主要地位。这个发现,也是国际上首次科学地证明淡水类资源在晚期智人食物中的存在。

尽管田园洞遗址并没有发现任何鱼类遗存,但年代稍晚的山顶洞遗址,却确实存在不少鱼类遗存<sup>[14]</sup>,这表明该地区的水域,为田园洞人的捕鱼活

动提供了得天独厚的必要条件。

## 3 水生类食物对晚期智人演化的影响

考古学资料<sup>[15]</sup>和欧亚大陆晚期智人的稳定同位素分析<sup>[16]</sup>表明,更新世晚期古人类的食物,较之前已发生了巨大变化,即由简单的狩猎-采集转变成多种资源的利用,这就是所谓的“广谱革命(broad spectrum revolution)”。其中,水生类食物,(包括淡水类和海生类),开始成为晚期智人的美味佳肴。那么,水生类资源在晚期智人食物中的出现,究竟对晚期智人的演化有何影响呢?

与陆生食物相比,水生类食物,含有丰富的多元不饱和脂肪酸(polyunsaturated fatty acid,简称PUFA)<sup>[17]</sup>。而PUFA,是人脑的重要组成部分<sup>[18]</sup>。科学研究表明,PUFA,尤其是其中的22碳6烯酸(docosahexaenoic acid,简称DHA),对人脑的发育和智力的发展具有非常重要的作用。因此,有学者提出,水生类食物的出现,对于更新世晚期人类智力的发展起了关键性的作用,加速了现代人的演化过程<sup>[19]</sup>。然而,也有学者认为,水生类食物,对人脑的演化并无任何重要影响<sup>[20]</sup>。

无论以上说法究竟孰是孰非,但更新世晚期,水生类食物在古人类食物中占有重要地位,却是不争的事实,其对人类演化的影响和意义,尚需在今后进一步加以探索。

**致谢** 本研究受到中国科学院-德国马普伙伴小组项目、中国科学院规划局项目、中国科学院知识创新工程方向性项目和国家自然科学基金资助。

## 参 考 文 献

- [1] Shang H, Tong H, Zhang S et al. An early modern human from Tianyuan Cave, Zhoukoudian, China. PNAS, 2007, 104: 6573—6578.
- [2] 同号文,尚虹,张双权等. 周口店田园洞古人类遗址的发现. 科学通报, 2007, 49(9): 893—897.
- [3] 李青,同号文. 周口店田园洞梅花鹿年龄结构分析. 人类学学报, 2008, 27(2): 143—152.
- [4] Kohn J M. You are what you eat. Science, 1999, 15: 335—336.
- [5] 北京大学文博学院,北京大学考古学研究中心,北京市文物考古研究所. 北京市门头沟区东胡林史前遗址. 考古, 2006, 7: 3—8.
- [6] Hu Y, Shang H, Tong H et al. Stable isotope dietary analysis of the Tianyuan 1 early modern human PNAS, 2009, 106(27): 10971—10974.
- [7] Van der Merwe N J. Carbon isotopes, photosynthesis and archaeology. American Scientist, 1982, 70: 596—606.

- [8] Van der Merwe N J, Roosevelt A C, Vogel A C. Isotopic evidence for prehistoric subsistence change at Parmana, Venezuela. *Nature*, 1981, 292: 536—538.
- [9] DeNiro M J, Epstein S. Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1978, 42: 495—506.
- [10] Ambrose S H, Norr L. Isotopic composition of dietary protein and energy versus bone collagen and apatite: purified diet growth experiments. In: Lambert J B et al, eds. *Molecular Archaeology of Prehistoric Human Bone*. Berlin: Springer, 1993: 1—37.
- [11] Hedges R E M, Reynard L M. Nitrogen isotopes and the trophic level of humans in archaeology. *Journal of Archaeological Science*, 2007, 34: 1240—1251.
- [12] Richards M P, Fuller B T, Sponheimer M et al. Sulphur isotopes in palaeodietary studies: A review and results from a controlled feeding experiment. *International Journal of Osteoarchaeology*, 2003, 13: 37—45.
- [13] Privat K L, O'Connell TC, Hedges R E M. The distinction between freshwater- and terrestrial-based diets: Methodological concerns and archaeological applications of sulphur stable isotope analysis. *Journal of Archaeological Science*, 2007, 34: 1197—1204.
- [14] Norton CJ, Gao X. Zhoukoudian Upper Cave revisited. *Current Anthropology*, 2008, 49: 732—745.
- [15] Stiner MC. Thirty years on the “Broad Spectrum Revolution” and Paleolithic demography. *PNAS*, 2001, 98: 6993—6996.
- [16] Richards MP, Pettitt PB, Stiner MC et al. Stable isotope evidence for increasing dietary breadth in the European mid-Upper Paleolithic. *PNAS*, 2001, 98: 6528—6532.
- [17] Broadhurst C L, Wang Y, Craw M A et al. Brain-specific lipids from marine, lacustrine, or terrestrial food resources: Potential impact on early African Homo sapiens. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B*, 2002, 131: 653—673.
- [18] Clandinin MT, Jumpsen J. Fatty acid metabolism in brain in relation to development, membrane structure, and signaling. In: Yehuda S, Mostofsky D I, eds. *Handbook of essential fatty acid biology: Biochemistry, physiology, and behavioral neurobiology*. Totowa, NJ: Humana Press, Inc. 1997, pp. 15—65.
- [19] Crawford M A, Bloom M, Broadhurst C L et al. Evidence for the unique function of docosahexaenoic acid during the evolution of the modern hominid brain. *lipids (Supplement)*. 1999, 34: 39—47.
- [20] Carlson B A, Kingston J D. Docosahexaenoic acid, the aquatic diet, and hominin encephalization: Difficulties in establishing evolutionary links. *American Journal of Human Biology*, 2007, 19: 132—141.

## SUBSISTENCE STRATEGY OF THE TIANYUAN CAVE MAN FROM THE ZHOUKOU DIAN AREA

Hu Yaowu<sup>1,2</sup> Tong Haowen<sup>3</sup>

(1 Department of Scientific History and Archaeometry, Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049;

2 Lab of Human Evolution and Archaeometry, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100044;

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

**Key words** Tianyuan Cave Man, stable isotope analysis, freshwater resources

· 资料 · 信息 ·

### 国家自然科学基金委员会分别继续与宝钢集团有限公司和中国民用航空局签订联合基金协议书

日前,国家自然科学基金委员会分别与宝钢集团有限公司和中国民用航空局签署了继续设立“钢铁联合研究基金”和“民航联合研究基金”的协议,这两项协议的签署使联合资助双方的合作进入到一个新的阶段。

这两项联合基金紧密结合我国相关行业发展战略和重大科学问题,吸引全国范围内的科技工作者参加以我国钢铁工业和民航事业发展为背景的前瞻

性、创新性研究,以促进知识创新和技术创新结合。有关信息请参见国家自然科学基金委员会网站发布的《2010年度钢铁联合研究基金项目指南及申请注意事项通告》和《2010年度民航联合研究基金项目指南及申请注意事项通告》。

(计划局 供稿)