

关中两汉先民生业模式及与北方游牧民族间差异的稳定同位素分析^{*}

张国文^{1,2,3} 胡耀武^{1,2} Olaf Nehlich³ 杨武站⁴
刘呆运⁴ 宋国定^{1,2} 王昌燧^{1,2} Michael P. Richards^{3, 5}

(1. 中科院研究生院人文学院科技史与科技考古系, 北京市 100049;

2. 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所人类演化实验室, 北京市 100044;

3. Department of Human Evolution, Max Planck Institute for Evolutionary Anthropology, Leipzig, D-04103

4. 陕西省考古研究院, 陕西 西安市 710043; 5. Department of Anthropology, University of British Columbia, Vancouver, V6T 1Z1)

关键词: 关中地区; 汉族; 游牧民族; C、N、S 稳定同位素分析; 粟作农业; 家庭畜牧业

摘要: 为了揭示作为中国古代民族融合主体汉族的食物结构和生业模式及其转变, 并探讨其在与游牧民族交流中的作用和地位, 本文对陕西光明、官道和机场墓地和动物骨骼进行了 C、N、S 稳定同位素分析。相比部分游牧民族, 关中地区汉族具有和北方部分游牧民族截然不同的食物结构和生业模式, 并且后者明显受到了汉族的影响从而发生了转变, 这也体现了汉族的经济和文化在中国古代游牧民族“汉化”过程中所占据的重要地位。

Key Words: Guanzhong Region; Han Nationality; nomadic people; C, N and S stable isotope analysis; millet agriculture; domestic animal husbandry

Abstract: By using the C, N and S stable analysis the present paper studies the human and animal bones unearthed from the Guangming, Guandao and Airport cemeteries in Shaanxi, which aims at revealing the diet and subsistence mode of the Han Nationality, the main body of the national amalgamation in ancient China, as well as their changes in these aspects, and at inquiring into the Han Nationality's role and position in their exchange with the nomadic people. A comparison shows that the Han Nationality of the Guanzhong Region were completely different from part of the northern nomads in diet and subsistence mode, and that under the former's distinct influence the latter underwent changes in these aspects, which embodies the importance of the Han Nationality's economy and culture in the "Han-ization course" of the nomadic people in ancient China.

1. 前言

汉族形成于秦, 却始称于汉(西汉)^[1]。在以汉族为主体的中原王朝不断发展壮大的同时, 中国北方地区的游牧民族, 如匈奴、乌桓、鲜卑等, 也纷纷建立了自己的政权, 与中原王朝对峙。在长期的战争和交流中, 游牧民族逐渐与汉族融为一体, 发生了汉化, 并由此为中华民族的形成奠定了

基础^[2]。众所周知, 中国北方的游牧民族主要以畜牧业为生, 而汉族则以农耕为业。在两者的碰撞和融合过程中, 两种截然不同的生活方式, 也就对彼此产生了深刻的影响^[3]。显然, 系统探索汉族和游牧民族在生活方式上的差异及演变过程, 对揭示两者间的相互融合以及中华民族的形成和发展至关重要。

^{*} 本项目得到中国科学院-德国马普学会伙伴小组项目(KACX1-YW-0830)、中科院知识创新工程方向项目-“三万年来中国北方环境变化与人类响应”(KZCX2-YW-Q1-04)和中国科学院战略性先导科技专项-应对气候变化的碳收支认证及相关问题(XDA05130303, XDA05130501)共同资助。

近些年来,通过人骨和动物骨中的稳定同位素分析,在揭示其食物结构的基础上探索先民和动物的生活方式,进而了解畜牧业经济和农耕经济的相互影响,业已取得了较为丰硕的成果。例如,通过分析拓跋鲜卑人骨的 C、N 稳定同位素,知晓了两汉时期活跃在东北、内蒙古地区的拓跋先民,其食物中包含了大量的肉食资源,畜牧业为其主要的生活方式。进入中原地区之后,其食物肉食比例的降低以及粟类食物的显著上升,显然与其广泛推广农业相关^[6];辽宁北票喇嘛洞遗址的慕容鲜卑,具有高 $\delta^{13}\text{C}$ 值和低 $\delta^{15}\text{N}$ 值,则反映了先民业已主要从事粟作农业^[6];山西内阳垣遗址晋文化时期的先民,其生活方式则受到了北方游牧民族戎狄及其畜牧业经济的强烈影响,畜牧业在其生活方式中占有相当大的比重^[6];河南安阳固岸墓地东魏、北齐鲜卑人较高的 $\delta^{15}\text{N}$ 值,显示畜牧业是先民的主要生业模式,表明北朝时期胡汉冲突的严重以及“鲜卑化”现象的加剧^[7]。

然而,纵观已有的研究,不难看出,绝大多数研究,都是将游牧民族的食物结构和生活方式作为研究重点,而作为比较对象的汉族先民,却仅仅立足于相关文献和考古资料分析而简单地归结为以粟作农业为主,缺乏深入细致的稳定同位素分析,这不得不说是研究中的一个重要“缺环”。为此,本文拟通过陕西关中地区光明、官道和机场墓地出土的人骨和动物骨(两汉时期)的 C、N、S 稳定同位素分析,了解汉族的食物结构和生活方式,比较汉族与中国北方游牧民族在食物结构上的差异,进一步探讨两者间的相互影响。

2. C、N、S 稳定同位素分析原理

生物考古理论认为,人体骨骼组织的化学组成直接对应着食物中的化学组成,故而当人的食物来源不同时,其骨胶原中的稳定同位素组成就会有一定的差异^[8],因此骨

骼中的稳定同位素组成能够真实反映人和动物生前一定时期内的食物来源、生活方式等信息^[9],因此研究先民和动物骨骼稳定同位素水平是我们了解先民食物结构和生业模式的最佳方法之一。

根据植物固定 CO_2 的过程不同,可将其光合作用的途径分为 C_3 途径、 C_4 途径和 CAM 途径三种^[10]。 C_3 类植物分布最广,主要生长于温和或荫凉环境中,是陆生植物最主要的组成部分,一般认为,与人类生活密切相关的 C_3 类植物有稻、麦,以及绝大多数的植物和水果; C_4 类植物多生活干燥温暖的环境中,与人类生活密切相关的 C_4 类植物有玉米、粟、黍等。 C_3 和 C_4 植物的 $\delta^{13}\text{C}$ 平均值分别为 -26.5‰ 和 -12.5‰ ^[11],在食物被动物吸收并转变为骨胶原的过程中,其 $\delta^{13}\text{C}$ 约富集 5‰ 。若不考虑 C 同位素在营养级的分馏效应(约富集 $1 \sim 1.5\text{‰}$,常忽略不计),以 C_3 和 C_4 类食物为食的动物,其骨胶原中的 $\delta^{13}\text{C}$ 值应分别约为 -21.5‰ 和 -7.5‰ 。研究显示,现代粟和稻的 $\delta^{13}\text{C}$ 值分别约为 -11.7‰ 和 -26.1‰ ^[12],考虑到化石燃烧对现代大气的影 响(1.5‰ ^[13]),中国古代粟和稻的 $\delta^{13}\text{C}$ 值应约为 -10.2‰ 和 -24.6‰ 。依据以上分析原理,则纯以粟和稻为生的古代先民及动物的骨胶原的 $\delta^{13}\text{C}$ 平均值为 -5.2‰ 和 -19.6‰ 。因此,通过分析人骨和动物骨胶原中的 $\delta^{13}\text{C}$ 值,即可大致了解其食物类型。

与 C 同位素不同, N 同位素在营养级间存在明显的分馏,即食草类动物骨胶原的 $\delta^{15}\text{N}$ 值,比其食物(植物)约富集 $3 \sim 5\text{‰}$,而食肉类动物又比食草类动物富集 $3 \sim 5\text{‰}$ ^[14]。由于生物体内的 N 主要从蛋白质中摄取,所以 N 反映了食物中蛋白质的来源,而食物中蛋白质的来源主要包括植物蛋白和动物蛋白,相对而言,植物类食物中蛋白含量远低于动物类食物中的蛋白含量。因此,食物中的 N 主要源于动物类食物的贡献,

骨胶原中的 $\delta^{15}\text{N}$ 值,也就相应地反映动物蛋白的摄取情况。据此,通过人和动物骨骼中的 $\delta^{15}\text{N}$ 值,就可判断其肉食资源摄取情况和营养级水平。

与 C、N 稳定同位素分析相比,骨胶原的 S 同位素分析,虽始兴起于本世纪初,但业已在古代先民食物结构重建以及先民迁徙行为判别方面取得了许多的成果。不同地质环境中的动植物,其吸收的 S 来源不同,因此具有显著不同的 $\delta^{34}\text{S}$ 值,如海洋生物的 $\delta^{34}\text{S}$ S 值接近 +20‰,而淡水生物的 $\delta^{34}\text{S}$ 值为 -5 ~ +15‰,陆生生物的 $\delta^{34}\text{S}$ 值最低,为 -5 ~ +10‰^[1]。在沿食物链传递过程中硫同位素也会产生分馏,约富集 -1 ~ -2‰左右(几乎可以忽略不计)^[1]。故此,通过人(动物)骨胶原的 $\delta^{34}\text{S}$ 值,结合 C、N 稳定同位素,即可进一步揭示先民的食物来源。此外,由于不同生物的 $\delta^{34}\text{S}$ 值,与其所生活地的地质环境密切相关,探讨先民或动物 S 同位素之间的内在差异,即可探索其迁徙活动^[1]。

3. 材料与方法

3.1 考古学背景

我们选择两汉时期陕西关中地区光明、官道和机场墓地出土的人骨和动物骨作为本文的研究对象。

官道墓地位于陕西省三原县新兴镇官道村东南 350 米处,地处丰原之上,西邻清峪河,与嵯峨山隔河相望。墓地共出土陶、铜、铁、玉石质文物 500 余件(组),根据随葬器物组合初步判断其时代为西汉中期到东汉晚期;光明墓地位于陕西省高陵县泾河工业园区泾渭南路西段北侧,地处汉景帝阳陵东区陪葬墓范围内,根据其位置和随葬品判断其时代为西汉;机场墓地位于西安咸阳国际机场二期扩建工程征地区域,大致范围为咸阳市渭城区北杜镇、底张镇和周陵镇,截至目前,已发掘墓葬 231 座,陶窑 19 座,灰坑 46 个,出土文物近 3000 件,根据随葬

器物组合初步判断其时代为东汉^[1]。

3.2 样品的选择

本文所取样品分别来自于陕西官道、光明和机场墓地,其中官道墓地人骨样品 5 个,动物样品(绵羊) 1 个;光明墓地人骨 7 个,动物(马) 2 个;机场墓地人骨 30 个,动物(猪) 1 个,如表 1 所示。

3.3 骨胶原的提取

骨胶原的提取依据 M. P. Richards 和 R. E. Hedges^[1] 文中骨胶原的提取法进行。手术刀去除骨样表面污染后,取 300 ~ 500mg 骨样,5℃ 下置于 0.5mol/L HCl 溶液浸泡,每隔 2 ~ 3 天换新鲜酸液,直至骨样松软、无明显气泡为止。再用去离子水洗至中性,在 0.001mol/L 的 HCl 溶液下 70℃ 明胶化 48 小时,热滤,经 Millipore Amicon Ultra-4 超滤后收集分子量 > 30K 的溶液,最后冷冻干燥,收集明胶化的骨胶原,称重并计算骨胶原产率(骨胶原重量/骨样重量)。

3.4 测试分析

所有样品均称取约 0.5mg 骨胶原于元素分析仪联用的稳定同位素质谱仪(Thermo Finnigan Delta XP with Flash EA 2112)上测试 C、N 含量及同位素比值,约 10mg 骨胶原样品于元素分析仪联用的稳定同位素质谱仪(Thermo - Finnigan Delta V with Heka EuroVector)上测试 S 含量及同位素比值。C 同位素的分析精度为 $\pm 0.1\text{‰}$, N 同位素的分析精度为 $\pm 0.2\text{‰}$, S 同位素的分析精度为 $\pm 0.5\text{‰}$ 。C 同位素的分析结果以相对 V - PDB 的 $\delta^{13}\text{C}$ 表示,而 N 同位素的分析结果以相对 N_2 (气态)的 $\delta^{15}\text{N}$ 表示, S 同位素的分析结果以相对 CDT 的 $\delta^{34}\text{S}$ 值表示。

3.5 数据的统计分析

应用美国 SPSS13.0 软件进行数据的统计分析,分析结果见表 1。

表 1 样品信息及测试数据

墓地	样品属性	$\delta^{13}\text{C}/\text{‰}$	$\delta^{15}\text{N}/\text{‰}$	$\delta^{34}\text{S}/\text{‰}$	C 含量/ %	N 含量/ %	S 含量/ %	C: N	C: S	N: S	胶原产率
GD M12	人	-11.9	10.5	5.5	39.7	14.3	0.2	3.2	552.7	170.7	1.1
GD M14	人	-10.3	10.4	5.7	42.5	15.6	0.2	3.2	496.4	156.0	2.0
GD M30	人	-10.7	10.7	4.4	42.9	15.9	0.2	3.2	490.1	155.3	5.0
GD M49	人	-9.8	10.1	5.7	42.7	15.7	0.3	3.2	447.1	140.8	2.5
GD Mx	人	-11.0	10.1	6.4	43.7	15.6	0.2	3.3	481.3	147.0	1.6
GM M3	人	-8.6	10.3	6.7	42.2	15.6	0.3	3.1	443.7	140.9	3.4
GM M74	人	-9.6	10.7	5.5	44.0	16.3	0.2	3.2	544.7	172.8	4.5
GM M89	人	-9.1	10.9	5.3	41.3	15.2	0.2	3.2	514.1	162.4	1.1
GM M516	人	-11.0	10.0	5.0	41.3	15.0	0.2	3.2	497.1	154.8	1.6
GM M763	人	-10.8	11.6	4.6	43.4	15.5	0.2	3.3	501.6	153.8	0.6
GM M720	人	-10.0	10.9	7.1	44.2	16.1	0.3	3.2	460.4	143.5	1.2
GM M740	人	-9.7	12.5	6.0	41.8	15.3	0.2	3.2	476.2	149.3	0.9
JC M10	人	-11.5	9.0	6.2	42.4	15.8	0.2	3.1	538.6	172.0	2.8
JC M10	人	-12.3	8.4	5.4	43.0	16.0	0.2	3.1	547.4	174.3	2.7
JC M25	人	-11.7	8.9	5.9	30.5	11.4	0.2	3.1	535.6	171.7	1.7
JC M25	人	-11.7	8.6	5.8	40.1	15.1	0.2	3.1	567.1	182.6	2.4
JC M31	人	-11.9	9.1	5.5	37.6	14.1	0.2	3.1	536.4	172.2	2.2
JC M31	人	-12.1	9.7	4.8	45.2	16.8	0.2	3.1	575.0	183.7	3.9
JC M31	人	-12.5	10.0	5.0	41.2	15.5	0.2	3.1	563.4	182.0	3.7
JC M40	人	-15.7	10.8	3.7	42.2	15.4	0.2	3.2	543.9	170.5	2.2
JC M41	人	-12.2	8.8	5.1	42.8	16.1	0.2	3.1	557.7	179.5	2.6
JC M43	人	-11.6	10.2	5.1	41.4	15.2	0.2	3.2	529.5	166.2	2.1
JC M43	人	-12.6	8.2	5.4	28.2	10.4	0.1	3.2	568.3	179.7	0.3
JC M43	人	-10.5	9.2	5.3	37.8	13.9	0.2	3.2	619.5	195.6	1.6
JC M43	人	-13.2	10.2	4.7	22.7	8.3	0.1	3.2	466.9	146.6	1.1
JC M43	人	-12.0	8.4	5.7	44.2	16.2	0.2	3.2	483.0	151.5	2.4
JC M43	人	-11.2	10.1	5.2	39.0	14.3	0.2	3.2	489.1	154.0	1.3
JC M44	人	-10.6	7.1	—	12.5	4.8	—	3.1	—	—	0.1
JC M44	人	-10.6	9.1	4.7	21.8	8.0	0.1	3.2	409.0	129.3	0.6
JC M46	人	-10.4	7.8	6.0	29.8	11.0	0.2	3.2	418.5	132.5	1.5
JC M46	人	-11.4	9.7	5.8	33.0	12.1	0.2	3.2	470.9	147.5	2.2
JC M50	人	-10.8	8.8	—	25.9	9.7	—	3.1	—	—	0.1
JC M50	人	-11.3	8.2	8.6	20.5	7.5	0.1	3.2	456.2	143.5	1.3
JC M51	人	-12.1	8.6	6.1	36.7	13.9	0.2	3.1	478.0	155.5	2.5
JC M51	人	-12.1	8.8	5.5	43.1	16.0	0.2	3.1	524.0	166.9	2.9
JC M51	人	-12.3	8.8	6.2	44.0	16.2	0.2	3.2	480.4	151.6	2.8
JC M51	人	-12.8	8.4	5.5	44.7	16.5	0.2	3.2	569.4	180.5	3.0
JC M81	人	-15.1	7.3	5.6	38.2	14.1	0.2	3.2	517.5	164.1	3.2
JC M155	人	-13.3	10.0	5.5	45.9	16.9	0.2	3.2	528.7	166.5	3.9
JC M160	人	-10.7	9.1	6.6	42.7	15.7	0.2	3.2	486.8	153.3	1.1
JC M160	人	-11.1	8.7	—	20.0	7.5	—	3.1	—	—	0.1
JC M208	人	-11.9	9.0	5.2	32.4	12.0	0.1	3.2	606.7	191.9	2.7
GD M93	羊	-19.0	7.5	5.7	44.3	16.3	0.2	3.2	562.0	177.5	3.9
GM M740-1	马	-14.9	6.5	8.9	31.7	11.5	0.2	3.2	482.5	150.3	1.0
GM M740-2	马	-12.3	8.2	5.0	40.8	14.9	0.2	3.2	515.1	161.3	1.9
JC M12	猪	-14.4	7.1	5.1	37.1	13.5	0.2	3.2	435.7	136.3	1.3

注：GD，官道墓地；GM，光明墓地；JC，机场墓地；—，无数据。下文皆同此注释。

4. 结果与讨论

4.1 污染样品的辨别

骨骼在埋藏环境中会受到诸如湿度、温度以及微生物等因素影响,将会失去其原有的组织结构和化学成分,发生污染,即骨骼成岩作用 (Bone diagenesis)^[20]。因此,在进行 C、N、S 稳定同位素分析之前,辨别污染样品并将其剔除是此项研究的基础和前提。衡量骨胶原是否污染的指标有骨胶原 C、N 含量以及其产率和 C/N, C/S, N/S 摩尔比值。与现代骨胶原中 C (41%) 和 N 含量 (15%)^[21] 相较,表 1 中样品 C 含量平均值为 $7.8 \pm 8.0\%$, N 含量的平均值为 $14 \pm 2.9\%$,二者差别不大。本文样品的骨胶原产率虽较低 (均值为 $2.1 \pm 1.2\%$),表明部分样品的骨胶原在长期埋藏过程中已遭到分解,然而衡量骨胶原是否污染的更重要的指标是其 C/N 摩尔比值。DeNiro 等^[22] 认为, C/N 摩尔比值在 2.9 ~ 3.6 之间的骨胶原,可基本视为未污染。由表 1 可见,所有样品的 C/N 比值全部介于 2.9 ~ 3.6 之间,其平均值为 3.2 ± 0.1 。所有样品 C/S 和 N/S 摩尔比值均符合 Nehlich 和 Richards 所建立的分析标准,即 600 ± 300 (C/S) 以及 200 ± 100 (N/S)^[23]。以上结果表明,本文所有样品的骨胶原皆可视为未污染,并可用作稳定同位素分析。

4.2 动物和先民的碳、氮稳定同位素分析

动物个体 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{15}\text{N}$ 值差异较大,表明它们具有迥异的食物结构。(图 1) 光明墓地样品 M740-1 (马) 较低的 $\delta^{13}\text{C}$ 值 (-14.9%) 和 $\delta^{15}\text{N}$ 值 (6.5%),说明其属于具有 C_3 、 C_4 混合食物结构的陆生动物。相比前者, M740-2 (马) 具有较高的 $\delta^{13}\text{C}$ 值 (-12.3%) 和 $\delta^{15}\text{N}$ 值 (8.2%) 值,可能其食用的 C_4 类植物可能具有较高的氮值。官道墓地出土的羊具有较低的 $\delta^{13}\text{C}$ 值 (-19.0%) 和 $\delta^{15}\text{N}$ 值 (7.5%) 值,属于典型的

以 C_3 类植物为食的陆生动物。机场墓地出土猪的 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{15}\text{N}$ 分别值为 -14.4% 和 7.1% ,表明其食物来源主要来自于 C_4 类,兼有少量的 C_3 类。如图 1 所示,食草类动物羊的同位素值与人的距离较远,表明其食物很可能主要来源于陆生自然环境,而马、猪相对羊与人的同位素值较接近,表明其食物可能部分来自于自然环境中,同时也不排除部分来自于人类的种植作物,这也为下面人和动物的同位素对比分析提供了基础。

光明、官道和机场人骨样品 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{15}\text{N}$ 值见表 1 和图 1。如图 1 所示,除了机场墓地 2 个样品 JCM40 和 JCM81 具有异常的同位素值外,余者 $\delta^{13}\text{C}$ 值分布范围从 -13.3% 到 -8.6% ,平均值为 $-11.3 \pm 1.1\%$ ($n=40$),表明先民食物来源主要以 C_4 类为主,兼有少量的 C_3 类;而 $\delta^{15}\text{N}$ 平均值为 $9.5 \pm 1.1\%$ ($n=40$),显示先民摄取了较多的动物类蛋白,但 $\delta^{15}\text{N}$ 值较大的变化范围 ($7.1\% - 12.5\%$),表明先民在动物类蛋白的摄取上存在相当大的差异。异常个体 JCM40 和 JCM81 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值分别为 -15.7% 和 -15.1% ,与其他个体相比,他们较低的 $\delta^{13}\text{C}$ 值可能是由于摄入了较多的 C_3 类食物,因此具有 C_3 、 C_4 混合食物结构,抑或他们是“移民”,因而具有不同的食物结构。

人与羊的 $\delta^{13}\text{C}$ (-19.0%) 和 $\delta^{15}\text{N}$ (7.5%) 值相比,其差值分别约为 3% 和 2% ;人与马的 $\delta^{13}\text{C}$ (-13.6%) 和 $\delta^{15}\text{N}$ (7.4%) 均值相比,其差值分别达 2.3% 和 2.1% ;人与猪的 $\delta^{13}\text{C}$ (-14.4%) 和 $\delta^{15}\text{N}$ (7.1%) 值的差值也分别为 3.1% 和 2.4% 。总体上,人与动物的 $\delta^{13}\text{C}$ 值差异大于 C 同位素沿营养级上升的富集值 ($1 \sim 1.5\%$)^[24],这可能是由于这几个动物特殊的饲养模式导致的。由于野外放养和人工喂养两种不同的动物饲养模式导致它们的食物来源也不尽相同^[25],放养动物的食物来源于周围自然环

境,因此其食物结构与人的差异较大;而喂养动物的食物来源于人类的饲喂,所以与放养动物相比,人类的栽培作物及其副产品在其食物结构中比例相对较高,因此其食物结构与人的差异较小^[24]。本文中羊、马以及猪与人的 $\delta^{13}\text{C}$ 值差异较大可能由于其被放养导致的。

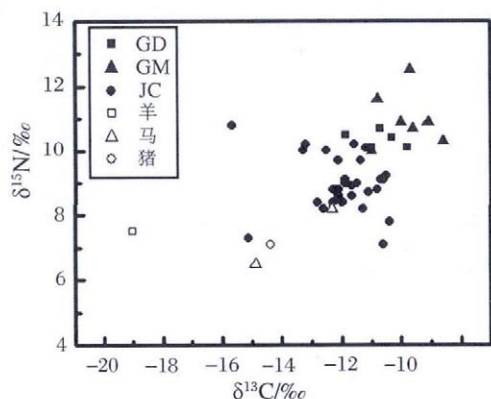


图1 不同墓地出土人和动物骨胶原 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{15}\text{N}$ 值的散点图(注:墓地简称同表1)

4.3 硫同位素分析

如前文所述,对动物和人骨胶原中硫同位素进行分析可以很好地揭示动物和人的食物来源以及个体迁徙行为等信息,以所有动物和人 $\delta^{34}\text{S}$ 值做散点图。(图2)

如图2所示,动物样品除了光明墓地马(M740-1)的 $\delta^{34}\text{S}$ 值为8.9‰外,其余的 $\delta^{34}\text{S}$ 值较为相似,分布范围从5.0‰到5.7‰,平均值为 5.3 ± 0.4 ‰($n=3$),表明其食物来源相似,即基本都来自于陆生系

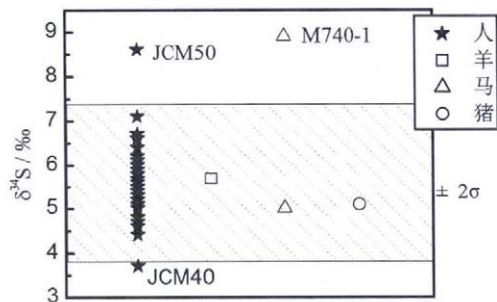


图2 人和动物骨胶原 $\delta^{34}\text{S}$ 值的散点图(注:墓地简称同表1)

统;光明墓地马(M740-1)迥异的 $\delta^{34}\text{S}$ 值,说明其并非来自本地。人的 $\delta^{34}\text{S}$ 分析结果显示,机场墓地两个个体JCM50和JCM40分别具有最高(8.6‰)和最低(3.7‰)的 $\delta^{34}\text{S}$ 值(见图2),推测也可能为移民,尤其是样品JCM40,结合之前碳、氮稳定同位素分析结果,其为移民的可能性非常大。除去以上两个疑似“移民”个体外,所有人的 $\delta^{34}\text{S}$ 值分布范围从4.4‰到7.0‰,平均值为 5.6 ± 0.6 ‰($n=37$),表明他们的食物来源相似,也基本也都来自于陆生系统。

除去异常值的动物和人的 $\delta^{34}\text{S}$ 平均值差异仅为0.3‰左右,另外由于在沿食物链传递过程中硫同位素富集值(-1~-2‰左右)是几乎可以忽略不计的,故而动物和人近似的 $\delta^{34}\text{S}$ 值表明这些动物很可能是人的食物来源之一^[27]。

4.4 两汉时期的农业和家畜饲养

粟、黍等 C_4 植物作为典型的经济作物,在汉代北方地区人类食物结构中扮演着重要的角色,这也为大量的考古和文献资料所证实^[28]。汉代的农作物品种繁多,粮食作物以所谓的“五谷”或“九谷”为主。五谷依《淮南子·修务训》有黍、稷、菽、麦、稻等,九谷按《周礼·大宰》有黍、稷、秫、稻、麻、大小豆、大小麦等;陕西西安南郊汉墓出土的木牍也记载了关中地区粟是人们所食用的五谷之一。光明,官道和机场墓地稳定同位素分析结果表明先民食物结构主要以 C_4 类为主,辅以少量 C_3 类食物,这与考古和文献记载相吻合,说明先民经营着 C_4 类经济作物如粟、黍为主的农耕经济,其中少量的 C_3 类作物如麦、稻和豆等也是先民食物的来源之一,这也说明了在关中传统农业地区,虽有多种农作物的存在,但粟、黍依然是主要的农作物。

汉代除了发达的农耕经济,家庭畜牧业也有不同程度的发展,尤其在陕西关中地

区,农牧兼营的状况一度存在^[29]。据《盐铁论·盐不足》对汉初家畜情况记载:古者庶人粝食藜藿,非乡饮酒、腰腊、祭祀无酒肉。故诸侯无故不杀牛羊,大夫无故不杀犬豕。今闾巷县佰,阡陌屠沽,无故烹杀,相聚野外,负粟而往,挈肉而归。汉代社会家庭条件中者“屠羊杀狗”,贫者也有“鸡豕五芳”。另外,关中桥姚“有马千匹,牛倍之,羊万头,粟以万钟计”^[30];马援“在上林苑,因处田牧,至有牛马羊数千头,谷数万斛”^[31]等都反映了关中地区家庭畜牧业的发达。关中地区三个墓地 $\delta^{15}\text{N}$ ($9.5 \pm 1.1\text{‰}$, $n = 40$) 分析结果表明,先民曾获取了较多的肉类蛋白,而这很有可能来自于当时发达的家庭畜牧业。

4.5 西汉到东汉先民食物结构和生业模式的转变

光明、官道和机场墓地先民分别属于西汉、两汉之间以及东汉三个不同时期,通过对比不同时期先民稳定同位素水平,可以为我们提供更多有关先民食物结构和经济模式及其变化等考古学信息。不同时期汉代先民稳定同位素分析结果见表2和图3。

如图3所示,从早期到晚期, $\delta^{13}\text{C}$ 值逐渐降低,表明虽然 C_4 食物在先民食物结构中长期占据主要地位,但是 C_3 类食物在人的食物结构中比重也逐渐增加;从早期到晚期,先民 $\delta^{15}\text{N}$ 值逐渐降低,表明人的肉食摄取逐渐减少。

入汉以后,随着铁器和牛耕的广泛运用,北方农业经济得到了巨大的发展, C_3

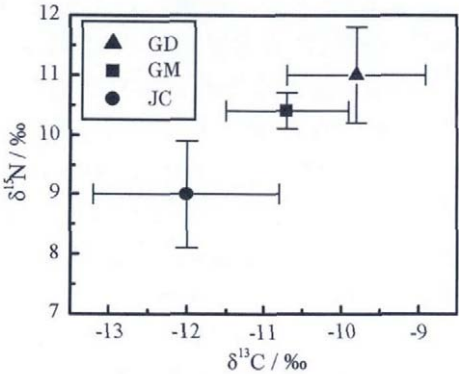


图3 不同墓地出土人和动物骨胶原 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{15}\text{N}$ 值的误差图(注:墓地简称同表1)

类作物如豆、麦、稻等的种植逐渐增多,如洛阳烧沟西汉中期墓葬中许多陶仓在出土时发现大量黍、稻、大豆的遗存,有些仓壁写有“大豆万石”、“大麦万石”、“稻种万石”等文字^[32],可以看出此时诸如黍、稻和大豆等 C_3 类作物在人们食物中的重要性。另外,陕西西安南郊汉墓出土的木牍也记载了西汉关中地区豆、麦和稻等均与粟一起同为人们所食用的五谷之一;文献记载(《汉书·食货志》载“董仲舒说上曰……使关中益种宿麦,令勿后时”)也表明西汉中期之后关中地区汉代麦类得到了发展和推广^[33]。可能正是由于麦、稻等作物在北方地区的逐渐普及使得人们食物中 C_3 食物的比例有所增加,机场墓地部分人具有较低的 $\delta^{13}\text{C}$ 值也许正是由于摄取了少量的麦、稻或大豆等 C_3 作物。

随着西汉武帝开始的连年征战以及两汉之间的混乱局面的出现,汉代家庭畜牧业遭到了严重的打击。同时,东汉农业规模的扩大和农业经济的发达使得先民获得了比以往更多的农作物,间接地使得他们减少了对肉食的摄取。东汉时的铁犁牛耕应用更为广泛,北方出土的铁农具如耒、耨、锄、镰、铍等比西汉大大增多,这是当时农业生产向前发展的一个重要标志^[34];洛阳烧沟西汉中期墓葬普遍随葬陶仓模型,到了晚期陶仓

表2 人骨样品的 $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ 和 $\delta^{34}\text{S}$ 值

	光明墓地	官道墓地	机场墓地
样品量	7	5	30
$\delta^{13}\text{C}/\text{‰}$	-9.8 ± 0.9	-10.7 ± 0.8	-12.0 ± 1.2
$\delta^{15}\text{N}/\text{‰}$	11.0 ± 0.8	10.4 ± 0.3	9.0 ± 0.9
$\delta^{34}\text{S}/\text{‰}$	5.7 ± 0.9	5.5 ± 0.7	5.6 ± 0.8

模型数量大增，东汉时期，仓不但非常常见，而且出现了结构复杂的仓楼模型^[63]。以上考古发现从一个侧面证明从西汉到东汉农业经济的发展。家庭畜牧业的衰落，农耕经济的发展，使得先民肉食资源的摄取减少，这也解释了从早期到晚期光明、官道和机场三个墓地 $\delta^{15}\text{N}$ 值逐渐降低的现象。

如表 2 所示，三个墓地人骨的 $\delta^{34}\text{S}$ 值非常相似，表明不同墓地人群之间硫同位素水平基本相似，并且人的食物来源都来自于陆生系统。这可能是三个墓地都位于关中平原，地理位置非常接近，因此人具有相似的硫同位素值。

4.6 汉族与部分游牧民族食物结构和生业模式的差异

为了更好地揭示汉族和游牧民族在食物结构和生业模式上的差异，我们以两汉时期陕西关中地区汉族，以及中国古代北方游牧民族拓跋鲜卑^[64]和慕容鲜卑^[67]先民的 C、N 稳定同位素分析结果进行对比分析，详见表 3 和图 4。

如图 4 所示，作为游牧民族的拓跋鲜卑具有最低的 $\delta^{13}\text{C}$ 值和最高的 $\delta^{15}\text{N}$ 值，而同为游牧民族的慕容鲜卑却具有最高的 $\delta^{13}\text{C}$ 值和最低的 $\delta^{15}\text{N}$ 值，关中地区汉族的 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{15}\text{N}$ 值介于二者之间。

拓跋鲜卑是中国历史上一个古老的游牧民族，在两汉之际兴起于中国东北大兴安岭地区^[68]，后经历多次南迁，到达今大同和洛阳地区，并在北方农耕民族的影响下逐渐完成其“汉化”的历程^[69]。如表 3 和图 4，南迁平城（今大同市）之前的拓跋鲜卑的

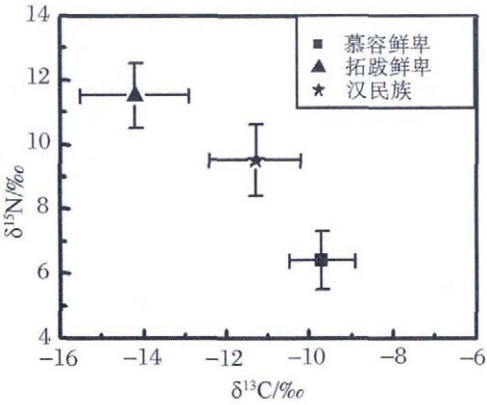


图 4 关中地区汉族和部分游牧民族 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{15}\text{N}$ 值对比图

稳定同位素研究表明其具有较低的 $\delta^{13}\text{C}$ 值 ($-14.2 \pm 1.3\text{‰}$) 和非常高的 $\delta^{15}\text{N}$ ($11.5 \pm 1.0\text{‰}$) 值，表明其食物来源兼有 C_3 和 C_4 类，另外其肉食资源的摄取较多，结合考古和文献资料^[64]，可以得知拓跋鲜卑在迁都平城之前一直以畜牧业为主要的生业模式；而同样起源于中国东北部地区的游牧民族慕容鲜卑在进入辽西农耕区之后，其古食谱分析结果显示其具有非常高的 $\delta^{13}\text{C}$ 值 ($-9.7 \pm 0.8\text{‰}$) 和非常低的 $\delta^{15}\text{N}$ ($6.4 \pm 0.9\text{‰}$) 值，这表明其已经完全抛弃了游牧生活，不依赖于肉食资源的摄取，转而以 C_4 类粟作农业为主要的生业模式^[64]；与前二者相比，两汉时期关中地区汉民族整体上 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{15}\text{N}$ 值介于他们之间，结合目前已有的文献资料和考古证据，我们可以得知两汉时期汉族主要以粟作农业为主，然而由于汉代发达的农业经济，稻、麦以及豆等 C_3 作物也是先民可以获取的食物来源之一。另一方面，相

表 3 关中地区汉族与部分游牧民族的 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{15}\text{N}$ 值

族属	时代	$\delta^{13}\text{C} \pm \text{SD}\text{‰}$	$\delta^{15}\text{N} \pm \text{SD}\text{‰}$	样品量	数据来源
汉族	两汉－东汉	-11.3 ± 1.1	9.5 ± 1.1	42	本文研究
拓跋鲜卑	东汉－北魏	-14.2 ± 1.3	11.5 ± 1.0	25	张国文等，2010；2011
慕容鲜卑	东汉－两晋	-9.7 ± 0.8	6.4 ± 0.9	20	董豫等，2007

比前二者汉族对肉食资源的依赖程度较低,尤其到了东汉之后,如表 2 所示,汉族的肉食资源摄取更少(机场墓地先民的 $\delta^{15}\text{N}$ 为 $9.0 \pm 0.9\text{‰}$)。

通过以上稳定同位素对比分析,我们得知以关中两汉先民为代表的汉族具有和北方部分游牧民族截然不同的食物结构和生业模式,尤其是后者的食物结构和生业模式在进入北方农耕区后明显受到了汉族的影响从而发生了转变,这也体现了汉末至魏晋南北朝期间,汉族的经济和文化在北方游牧民族“汉化”和融合过程中所占据的重要地位。

5. 结论

陕西关中地区光明、官道和机场墓地出土的人骨和动物骨骼的 C、N、S 稳定同位素分析结果表明:

(一) 光明墓地马和猪具有 C_3 、 C_4 混合食物结构,官道墓地羊以 C_3 类食物为主。

(二) 除机场墓地 JCM40 和 JCM81 具有异常的同位素值并初步判断为外来“移民”外,两汉时期先民食物来源主要以 C_4 类为主,兼有少量的 C_3 类,可能先民以粟作农业为主,兼营稻、麦或豆等其他 C_3 作物;同时也曾摄取了较多的肉食资源,很有可能来自于关中地区发达的家庭畜牧业;动物和人 $\delta^{13}\text{C}$ 值差异较大可能是由于放养所导致的。

(三) $\delta^{34}\text{S}$ 分析表明:光明墓地马(M740-1)和机场墓地 JCM50 和 JCM40 个体并非来自本地,而是来自于其他地区;其他动物和人的食物来源基本相似,均来自于陆生系统。

(四) 汉族和游牧民族具有截然不同的食物结构和生业模式,并且部分游牧民族如拓跋和慕容鲜卑等民族在进入农耕区后受汉族的影响,其食物结构和生业模式与汉族逐渐趋同。

在结合文献资料和考古证据的基础上,稳定同位素分析能够为我们提供非常直接的

关于汉族和周边游牧民族交流和融合的证据。本文的工作为此做了有益的尝试。

致谢:本文的数据分析和处理得到了德国马普研究所 Annabell Reiner, Viktoria Oelze, Benjamin Fuller, 马颖以及中科院研究生院科技史与科技考古系侯亮亮的帮助,在此一并表示感谢。

- [1] 吴广平. 汉民族形成新论. 寻根, 1996, (6) .
- [2] 孙进已. 论民族融合的不同类型及中华民族融合的不同情况. 史学集刊, 2003, (1) .
- [3] 马亚美. 历史上北方游牧民族与南方农耕民族的民族关系及其规律性. 西安文理学院学报(社会科学版), 2011, (4) .
- [4] 张国文, 胡耀武, 裴德明, 宋国定, 王昌燧. 大同南郊北魏墓群人骨的稳定同位素分析, 南方文物, 2010, (1) .
- [5] 董豫, 胡耀武, 张全超, 崔亚平, 管理, 王昌燧, 万欣. 辽宁北票喇嘛洞遗址出土人骨稳定同位素分析. 人类学学报, 2007, (1) .
- [6] 裴德明, 胡耀武, 杨益民, 张全超, 张国文, 田建文, 王昌燧. 山西乡宁内阳垣遗址先民食物结构分析. 人类学学报, 2008, 27 (4) .
- [7] 潘建才, 胡耀武, 潘伟斌, 裴涛, 王涛, 王昌燧. 河南安阳固岸墓地人牙的 C、N 稳定同位素分析. 江汉考古, 2009, (4) .
- [8] Price T. D. The Chemistry of Prehistoric Human Bone. Cambridge: Cambridge University Press, 1989.
- [9] a. 张雪莲. 应用古人骨的元素、同位素分析研究其食物结构. 人类学学报, 2003, 22 (1) .
b. Van der Merwe N J. Carbon isotopes, photosynthesis and archaeology. American Scientist, 1982, 70: 596 - 606.
- [10] Hastorf G A & Popper V S (Eds) Current palaeoethnobotany: analytical methods and cultural interpretation of archaeological plant remains. University of Chicago Press: Chicago, 1988.
- [11] a. O' Leary M H. Carbon isotope fractionation in plants. Phytochemistry, 1981 (4): 553 - 567.
b. Hastorf G A & Popper V S (Eds) Current palaeoethnobotany: analytical methods and cultural interpretation of archaeological plant remains. University of Chicago

- Press: Chicago, 1988.
- [12] a. McGovern P E, Zhang J, Zhang Z, et al. Fermented beverages of pre – and protohistoric China. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2004 (101): 17593 – 17598.
b. Pechenkina E A, Ambrose S H, Ma X L, et al. Reconstructing northern Chinese Neolithic subsistence practices by isotopic analysis. *J Archaeol Sci*, 2005 (32): 1176 – 1189.
- [13] Marino B D, McElroy M B. Isotopic composition of atmospheric CO₂ inferred from carbon in C₄ plant cellulose. *Nature*, 1991 (349): 127 – 131.
- [14] 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. *Palaeogeogr Palaeoclimatol Paleocol*, 1994 (107): 215 – 225.
- [15] Fornander E, Eriksson G, Lidén K. Wild at heart: Approaching Pitted Ware identity, economy and cosmology through stable isotopes in skeletal material from the Neolithic site Korsnäs in Eastern Central Sweden. *J Anthrop Archaeol*, 2008, 27 (3): 281 – 297.
- [16] Nehlich O and Richards M P. Establishing collagen quality criteria for sulphur isotope analysis of archaeological bone collagen. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 2009 1 (1): 59 – 75.
- [17] a. Richards M P, Fuller B T, Hedges R. Sulphur isotopic variation in ancient bone collagen from Europe: implications for human palaeodiet, residence mobility, and modern pollutant studies. *Earth and Planetary Science Letters*, 2001 (191): 185 – 190.
b. Craig O E, Biazio M, Colanese A C, Di Giuseppe Z, Martinez – Labarga C, Lo Vetro D, Lelli R, Martini F and Rickards O, Stable isotope analysis of Late Upper Palaeolithic human and faunal remains from Grotta del Romito (Cosenza) . Italy. *J. Archaeol. Sci.*, 2010 (37): 2504 – 2512.
c. Vika, E, Aravantos, V and Richards M P. Aristophanes and stable isotopes: a taste for freshwater fish in Classical Thebes, (Greece) . *Antiquity*, 2009 (83): 1076 – 1083.
- [18] 由于本文所研究遗址目前尚无相关的考古学简报或正式报告, 所有相关材料均来自发掘者提供的信息。
- [19] Richards M P, Hedges R E M. Stable isotope evidence for similarities in the types of marine foods used by Late Mesolithic humans at sites along the Atlantic coast of Europe. *J Archaeol Sci*, 1999 (26): 717 – 722.
- [20] a. Price T D, Blitz J, Burton J H. Diagenesis in prehistoric bone: problems and solutions. *J. Archaeol. Sci.*, 1992 (19): 513 – 530.
b. 胡耀武, 王昌燧, 左健等. 古人类骨中羟磷灰石的 XRD 和喇曼光谱分析. *生物物理学报*, 2001, 7 (4): 621 – 62.
- [21] a. Ambrose S H. Preparation and characterisation of bone and tooth collagen for stable isotope analysis. *J Archaeol Sci*, 1990 (17): 431 – 451.
b. Hedges R E M. Bone diagenesis: an overview of processes. *Archaeometry*, 2002, 44 (3): 319 – 328.
- [22] DeNiro M J. Post – mortem preservation of alteration of in vivo bone collagen isotope ratios in relation to palaeodietary reconstruction. *Nature*, 1985 (317): 806 – 809.
- [23] Richards M P, Fuller B T, Hedges R. Sulphur isotopic variation in ancient bone collagen from Europe: implications for human palaeodiet, residence mobility, and modern pollutant studies. *Earth and Planetary Science Letters*, 2001 (191): 185 – 190.
- [24] DeNiro M J, Epstein S. Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1978 (42): 495 – 506.
- [25] Finucane, B, et al. Human and animal diet at Conchopata, Peru: stable isotope evidence for maize agriculture and animal management practices during the Middle Horizon. *J Archaeol Sci*, 2006 (33): 1766 – 1776.
- [26] 陈相龙, 袁靖, 胡耀武, 何弩, 王昌燧. 陶寺遗址家养动物的饲养策略: 来自 C、N 稳定同位素的证据. *考古*, 2012, (9) .
- [27] Richards M P, Fuller B T, Sponheimer M, Robinson T, Ayliffe L. Sulphur isotopes in palaeodietary studies: A review and results from a controlled feeding experiment. *Intl J Osteoarchaeol*, 2003, (13): 37 – 45.
- [28] a. 许倬云. 汉代农业——早期中国农业经济的形成. 南京: 江苏人民出版社, 1998: 1 ~ 12.
b. 张波, 樊志民. 中国农业通史·战国秦汉卷. 北京: 中国农业出版社, 2007: 1 ~ 173.
c. 贺官保. 洛阳老城西郊 81 号汉墓. *考古*, 1964, (8) .
d. 湖北省考古研究所. 江陵凤凰山一六八号汉墓. *考古学报*, 1993, (4) .
- [29] 马新. 历史气候与两汉农业的发展. *文史哲*, 2002, (5) .
- [30] 史记·货殖列传. 北京: 中华书局, 1959: 3280.
- [31] 后汉书·马援列传. 北京: 中华书局, 1962.

- [2] 洛阳博物馆. 洛阳战国粮仓试掘纪略. 文物, 1981, (11).
- [3] 惠富平. 汉代麦作推广因素探讨——以东海郡与关中地区为例. 南京农业大学学报 (社会科学版), 2001, (4).
- [4] 复旦大学-上海财经大学. 中国古代经济简史. 上海: 上海人民出版社, 1982.
- [5] a. 刘兴林. 汉代农业考古的回顾与展望. 汉代考古与汉文化国际学术研讨会论文集. 济南: 齐鲁书社, 2006: 526, 527.
b. 江亚冰. 考古资料所见汉代河洛地区的农具. 河南科技大学学报 (社会科学版), 2010, (1).
- [6] 同 [4].
- [7] 同 [6].
- [8] 后汉书·鲜卑传. 北京: 中华书局, 1965: 2987, 2988.
- [9] 宿白. 东北、内蒙古地区的鲜卑遗迹——鲜卑遗迹辑录之一. 文物, 1977, (5).
- [10] a. 张维训. 论鲜卑拓拔族由游牧社会走向农业社会的历史转变. 中国社会经济史研究, 1985, (3).
b. 张敏. 北魏前期农牧关系的演变. 许昌学院学报, 2005, 24 (4).
c. 山西大学历史文化学院, 山西省考古研究所, 大同市博物馆. 大同南郊北魏墓群. 北京: 科学出版社, 2006.
- [11] 同 [6].

(责任编辑: 辛 革)

(上接 84 页)

- [2] 王长丰, 乔保同. 河南南阳徐家岭 M11 新出郾夫人女鬲鼎. 中原文物, 2009, (3).
- [3] 张丹. 南襄盆地出土两周时期铭文研究. 博士学位论文, 武汉大学. 2012.
- [4] 同 [1].
- [5] 同 [1].
- [6] 河南省文物考古研究所, 南阳市文物考古研究所, 淅川县博物馆. 淅川和尚岭与徐家岭楚墓. 郑州: 大象出版社, 2004.
- [7] 张丹. 莲、芡、蓂、蓎关系考——间谈楚莲 (芡) 氏家族发展脉络. 中原文物, 2012, (2).
- [8] 同 [7].
- [9] 李零. 读 <楚系简帛文字编>. 出土文献研究. 第 5 集. 北京: 科学出版社, 1999: 146.
- [10] 刘信芳. 包山楚简解诂. 艺文印书馆, 2003: 92.
- [11] 范毓周. 关于子汤鼎的几个问题. 南方文物, 1997, (4).
- [12] 高崇文. 东周楚式鼎形态分析. 江汉考古, 1983, (1).
- [13] 朱凤瀚. 中国青铜器综论. 上海: 上海古籍出版社, 2009: 550.
- [14] 河南省文物局. 河南省南水北调工程考古发掘出土文物集萃 (一). 北京: 文物出版社, 2009: 225.

(责任编辑: 方燕明)