



论文

北阡遗址人和动物骨的 C, N 稳定同位素分析

王芬^{①②}, 宋艳波^{①②}, 李宝硕^③, 樊榕^②, 靳桂云^②, 苑世领^{③*}

① 山东大学历史文化学院, 济南 250100;

② 山东大学文化遗产研究院, 济南 250100;

③ 山东大学化学与化工学院, 济南 250100

* 联系人, E-mail: shilingyuan@sdu.edu.cn

收稿日期: 2012-11-26; 接受日期: 2013-05-11; 网络版发表日期: 2013-11-25

国家社科基金项目(编号: 11CKG004 和 11AZD116)、国家自然科学基金项目(批准号: 41303004)和山东大学自主创新基金项目(编号: IFYT12038)资助

摘要 青岛市即墨北阡遗址先后经过三次考古发掘, 出土大量大汶口文化和周代两个时期的人和动物骨资料, 对其进行碳和氮稳定同位素分析可望复原先民的食物结构, 探讨动物、植物驯养情况. 分析结果表明: 大汶口文化和周代先民的食物结构中粮食作物以 C4 类食物为主, 肉类更多为海洋贝类和家畜; 家猪的驯养则以 C3 植物为主, 并受先民生活方式的影响. 研究推测, 尽管北阡遗址地处海岸线附近, 海洋渔业更多依赖贝类而不是海洋鱼类. 总体而言, 大汶口时期先民的食物资源包括粟类作物(C4 植物)、贝类海洋食物和家畜, 体现为农耕、驯养和渔业为主, 而狩猎为辅的生活方式; 周代与之相比, 驯养和海洋渔业等肉食资源更丰富, 生活条件有了显著提高.

关键词

新石器时代

大汶口文化

周代

稳定同位素分析

食物结构

经过长期的资料信息积累, 目前普遍接受的观点是, 在古代中国存在两个独立的粮食作物驯化地区: 一个是温暖潮湿以稻作农业为主的南方, 一个是寒冷干燥以粟作农业(粟和黍)为主的北方. 实验表明人和动物骨骼蛋白质可以反映摄入的食物蛋白质组成, 故从人和动物骨骼中获得的稳定同位素比值, 可以记录个体在之前的几年或者更长的时间范围内所摄入的食物蛋白质, 包括动物(猪和狗等)的食物结构和人类的饮食结构(Barton 等, 2009; Lee 等, 2007; Ambrose 和 Deniro, 1986; Hu 等, 2009; 张雪莲, 2003). 因此, 碳、氮稳定同位素分析可以提供早期的植物驯化进程、驯化粮食作物在先民的食物结构中的地位等重要信息, 在人、动物(猪和狗等)和粮食(稻和粟等)

之间建立起驯化关系, 体现先民的饮食结构.

第一个碳稳定同位素 $\delta^{13}\text{C}$ 可以判断植物的驯化和消费. 碳稳定同位素常用于区分来自 C3(温带植物如大多数的蔬菜、稻、水果、小麦和树木等)和 C4(旱作植物如粟、黍、玉米、甘蔗和大多数草类等)植物生态系统(Pate 等, 1995), 或区分来自海洋和陆生生态系统(Chishom 等, 1982), 以此数据可以反映植物和动物的驯化进程. 例如 C4 植物(包括黍和粟)在中国北方高纬度地区更集中于夏季, 仅仅占到常年植被的 10%左右(Wang, 2003), 这就意味着如果人和动物骨骼中有较高的 $\delta^{13}\text{C}$ 比值, 必然说明其对 C4 植物有长时期大量的消费才能在有机组织中缓慢的吸收、沉积; 另一方面也说明人类对 C4 植物必然存在一个种

中文引用格式: 王芬, 宋艳波, 李宝硕, 等. 北阡遗址人和动物骨的 C, N 稳定同位素分析. 中国科学: 地球科学, 2013, 43: 2029-2036

英文引用格式: Wang F, Song Y B, Li B S, et al. C and N stable isotope analysis of human and animal bones at the Beiqian site. Science China: Earth Sciences, 2013, doi: 10.1007/s11430-013-4637-y

植、储存和消费过程, 这应与人类的植物和动物驯化等目的性行为有关。通过分析人和动物骨骼的 $\delta^{13}\text{C}$ 值, 可以判断古代中国北方地区动、植物的驯化进程。本文研究的即墨北阡遗址即属于此。

即墨北阡遗址地处中国北方的东部沿海地区, 主要包括大汶口文化早期阶段和周代两个时期, 其中的大汶口文化早期阶段(距今 5500~6100 年)正是南方稻作农业向北方传播时期(胡耀武等, 2005, 2007; 崔亚平等, 2006), 其地理位置也处于推测的稻向韩国、日本传播路线区域。结合前期考古资料(王芬和栾丰实, 2011), 北阡遗址中人和动物骨骼中稳定同位素分析可有助于思考当时先民的植物驯化和农作物消费, 以及稻作农业的传播等问题。

第二个重要的稳定同位素 $\delta^{15}\text{N}$ 也可以用于判断粟作农业中动物的驯化状况。由于处于食物链中不同等级间动物组织对食物的 $\delta^{15}\text{N}$ 值有 3‰~5‰ 的富集, 以此为基础氮稳定同位素分析可以判断食物链中的种群位置(Minagawa 和 Wada, 1984)。例如家庭驯养的猪和狗, 由于较多依赖了人类食物蛋白质资源, 如餐桌上的残羹剩饭、内脏和人类粪便等, 在食物链中其 $\delta^{15}\text{N}$ 值将高于野生的猪和狗。因此根据北阡遗址特点, 通过氮稳定同位素分析还可以推测海洋生物如鱼或贝类对先民生活方式的影响等。

这样可以通过碳、氮稳定同位素比值再现古人类食物结构中植物和肉食来源, 探讨动、植物驯化, 以及先民的食物结构, 进而推测当时的社会经济结构。事实上, 对人骨和动物骨骼的稳定同位素分析现在已经广泛用于国内科技考古研究(张全超等, 2010; 裴德明, 2008; 凌雪等, 2010), 如体现华南地区稻米的栽培(胡耀武, 2010)、寻找稻米南北传播路线(Lanehart 等, 2008)、验证北方游牧部落的定居和与汉民族的融合(董豫等, 2007)、鉴别家猪和野猪(胡耀武等, 2008)等, 得到了众多有意义的结论。对于北阡遗址, 我们曾经针对大汶口时期人类骨骼进行过稳定同位素分析(王芬等, 2012), 推测在北方沿海地区海洋资源, 即海洋渔业也是先民生活方式中的重要组成部分。本文是对前一次工作的丰富和继续, 在此我们加入了周代先民的骨骼数据, 以及两个文化时期动物骨骼资料, 以期在跨度三千年的时间范围内针对同一地区对比先民生活方式的差异, 揭示北阡先民对陆生和海洋资源的利用情况, 探讨粟作农业在生业经济中的地位以及对猪、狗等动物饲养方式的影

响, 希望为下一步探索该时期特别是北方沿海地区古代先民的食物结构、动植物驯养和社会经济类型积累数据。

1 材料与方法

1.1 遗址背景

北阡遗址位于胶东半岛南岸西部, 地处青岛即墨市金口镇北阡村, 现距海岸线约 5 km。2007~2011 年, 先后对其进行了三次发掘, 发现了一批围沟、房址、墓葬和灰坑等遗迹, 出土了大量石器、陶器、骨器以及少量铜器、蚌器等, 并首次在胶东地区集中发现 50 余座多人二次合葬墓。该遗址先后经历大汶口文化早期阶段(距今 5500~6100 年)和周代两个时期。

1.2 样品处理

样品共选取大汶口文化时期的 17 例人骨和 13 例动物骨(猪和鹿), 周代 4 例人骨和 24 例动物骨(猪、鹿和狗), 共计 58 个样品, 其编号、类别等信息列于表 1 和 2。依据 Ambrose(1990)提出的获取骨胶原的处理方法, 首先机械去除骨样内外表面的污染物, 粉碎, 收集粒度为 40~60 目的骨粉, 放入砂芯漏斗; 于 0.1 mol L^{-1} 的 HCl 溶液中在 4°C 下浸泡脱钙数天直至无明显颗粒为止, 期间每隔一天换新鲜酸液一次。用去离子水清洗至中性后, 于 0.125 mol L^{-1} NaOH 溶液浸泡 20 h 去除骨样中残存的腐植酸等。最后再用去离子水洗至中性, 置于 0.001 mol L^{-1} 的 HCl 溶液内, 于 70°C 下加热 48 h, 趁热过滤, 冷冻干燥获得骨胶原。骨胶原得率(骨胶原质量/骨样质量)列于表 1 和 2 中。

1.3 测试分析

骨胶原的 C 和 N 元素含量及 C 和 N 稳定同位素比值的测定在中国林业科学院稳定同位素比率质谱实验室进行。测试仪器为美国 Thermo Fisher 公司生产的型号为 MAT253 同位素比率质谱仪, 和配备的 Flash EA1112 HT 元素分析仪。C, N 稳定同位素比值以 $\delta^{13}\text{C}$ 值(PDB)和 $\delta^{15}\text{N}$ (AIR)表示, 其分析精度分别为 $\pm 0.1\%$ 和 $\pm 0.2\%$ 。本批次共计 58 个样品, 其 C 和 N 元素含量、 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{15}\text{N}$ 值也列于表 1 和 2。

自表 1 和 2 可以看出, 根据骨胶原中 C 含量(15.3%~47.0%)、N 含量(5.5%~7.3%)和 C/N 摩尔比值

表 1 北阡遗址大汶口文化时期人骨和动物骨骼样品概括和分析数值^{a)}

序号	样品编号	类型	类别	骨胶原得率(%)	C(%)	N(%)	C/N	$\delta^{13}\text{C}(\text{‰})$	$\delta^{15}\text{N}(\text{‰})$
1	H75	猪	右侧下颌骨	8.8	39.5	15.6	3.0	-19.8	4.4
2	M55	猪	右侧肱骨	11.3	41.0	15.7	3.0	-15.1	5.241
3	H287	猪	右侧尺骨	5.0	37.8	14.8	3.0	-20.3	3.2
4	H75	猪	右侧下颌骨	5.9	39.4	15.0	3.1	-16.0	5.8
5	H435	猪	右侧肱骨远端	8.1	33.5	11.0	3.6	-15.1	3.9
6	M22	猪	右侧肱骨近端	6.3	34.7	11.9	3.4	-19.6	3.3
7	M22	猪	右侧尺骨	3.0	30.1	9.7	3.6	-14.8	4.2
8	M22	鹿	左侧胫骨远端	5.5	38.1	14.1	3.2	-20.6	3.6
9	H435	鹿	左侧胫骨远端	6.0	37.6	14.7	3.0	-22.0	2.8
10	H287	鹿	左侧胫骨远端	4.9	33.4	12.6	3.1	-21.2	3.8
11	M88	鹿	左侧胫骨远端	4.2	28.9	7.3	4.6	-22.1	1.5
12	H435	鹿	右侧肱骨远端	9.4	31.9	9.0	4.1	-20.8	3.8
13	M153(一)	不明(儿童)	左侧胫骨远端	4.3	40.0	14.9	3.1	-9.6	9.6
14	M153(二)	男(成年)	右侧胫骨远端	4.7	37.3	13.2	3.3	-8.6	10.0
15	M153(三)	女(成年)	右侧胫骨远端	9.2	38.1	14.8	3.0	-9.8	9.8
16	M161(二)	女(成年)	左侧胫骨远端	9.6	38.5	14.3	3.2	-10.8	9.9
17	M196(一)	男(成年)	左侧胫骨远端	9.6	37.9	14.3	3.1	-9.1	8.9
18	M196(三)	女(成年)	右侧胫骨远端	7.5	37.6	14.7	3.0	-10.1	8.7
19	M196(四)	女(成年)	左侧股骨远端	6.4	39.3	14.5	3.2	-10.5	9.1
20	M200(二)	男(成年)	右侧胫骨近端	5.7	35.5	13.2	3.2	-10.2	9.2
21	M200(三)	男(成年)	右侧胫骨远端	9.0	38.6	14.7	3.1	-9.7	9.5
22	M200(四)	女(成年)	左侧胫骨远端	13.4	36.6	14.2	3.0	-10.9	9.4
23	M200(五)	女(成年)	右侧胫骨近端	5.5	37.6	14.6	3.0	-10.7	9.7
24	M200(六)	女(成年)	右侧胫骨远端	7.3	37.3	14.8	3.0	-10.2	10.0
25	M197	不明(儿童)	右侧腓骨	14.3	39.0	14.9	3.1	-10.3	9.6
26	M202(三)	男(成年)	左侧胫骨近端	6.5	37.0	14.5	3.0	-9.9	9.8
27	M202(五)	男(成年)	左侧胫骨远端	4.0	36.9	14.3	3.0	-10.3	9.2
28	M202(六)	男(青年)	左侧胫骨近端	6.3	36.1	13.8	3.0	-9.6	8.9
29	M202(八)	男(成年)	右侧胫骨远端	9.5	36.2	14.6	3.0	-10.3	9.0
30	M202(九)	女(成年)	右侧股骨	3.2	37.1	14.3	3.0	-9.9	9.9
				36.8±2.8	13.7±2.0	3.2±0.2			

a) 通过 1.3 部分的测试分析, 11 和 12 号样品受到了污染

(2.9~3.6)的判断标准(Hedge, 2002; Ambrose, 1990), 我们对此批次样品进行了污染判别. 数据显示大汶口时期的人和动物骨骼样品 C 和 N 含量均较周代样品偏低, 表明在长期埋藏过程中, 地质条件如土壤的 pH、湿度等都对骨骼有影响, 但是绝大多数都符合上述文献中提到的 C 和 N 含量要求. 也说明经过打磨去除表面污染的残存样品, 得到的骨胶原基本保留了最初的生物学和化学特性, 初步可以判断未受到环境破坏. 另外判断骨胶原是否受到污染的重要指标是 C/N 摩尔比值. 表 1 和 2 数据表明此 58 个样品中仅有大汶口时期和周代共计 3 个样品有偏差. 大汶口文化和周代时期的剩余样品其平均 C/N 摩尔比值皆为 3.2, 与现代骨胶原数值一致. 通过上述分析表

明尽管此批次样品的骨胶原均发生了一定程度的降解, 但仍然有 55 个样品保持了最初的生物学特征, 视为未污染样品, 可用作 C 和 N 稳定同位素分析.

2 讨论与结果

2.1 先民的食物结构

考古资料表明(王芬和栾丰实, 2011), 北阡遗址中大汶口文化时期主要发现黍和粟的植物遗存, 并见极少量稻, 而周代则见粟、小麦和黍, 也伴有少量的稻. 粮食作物中粟和黍属于 C4 植物, 而稻和麦属 C3 植物, 两类物质在 $\delta^{13}\text{C}$ 值上表现出明显的差别, 当人或动物摄取了粟(或黍)、稻(或麦)时骨骼中就会

表 2 北阡遗址周代时期人骨和动物骨骼样品概括和分析数值^{a)}

序号	样品编号	类型	类别	骨胶原得率(%)	C(%)	N(%)	C/N	$\delta^{13}\text{C}(\text{‰})$	$\delta^{15}\text{N}(\text{‰})$
1	H217	猪	左侧胫骨远端	12.1	40.6	17.8	2.7	-19.4	5.7
2	G1③层	猪	左侧胫骨近端	15.0	39.8	14.7	3.2	-19.6	4.4
3	G1⑦层	猪	右侧胫骨	16.0	39.9	15.5	3.0	-20.6	4.4
4	G1④层	猪	左侧桡骨近端	11.3	41.2	15.1	3.2	-20.8	4.0
5	G1④层	猪	左侧胫骨	10.7	38.8	14.2	3.2	-18.1	4.1
6	H170 ②层	猪	左肱骨远端	14.0	41.5	14.6	3.3	-12.8	4.2
7	H170 ②层	猪	左肱骨远端	13.9	42.1	14.9	3.3	-12.5	5.7
8	H170 ⑨层	猪	左肱骨远端	12.3	42.0	14.8	3.3	-12.1	5.8
9	H170 ②层	猪	左肱骨	12.6	41.2	14.8	3.3	-17.1	5.3
10	H170 ②层	猪	左肱骨远端	14.1	41.2	14.5	3.3	-14.7	4.8
11	H184③层	猪	右肱骨远端	16.3	42.4	15.1	3.3	-12.9	5.7
12	H184 ②层	猪	左肱骨远端	13.5	42.0	14.9	3.3	-18.6	4.6
13	G1①层	鹿	胫骨远端	9.9	41.6	15.3	3.2	-21.3	5.3
14	G1②层	鹿	左侧胫骨近端	16.3	40.0	14.4	3.2	-21.0	3.6
15	G1⑦层	鹿	左侧胫骨远端	15.7	40.8	15.2	3.1	-21.8	3.6
16	H170 ③层	鹿	右肱骨	28.7	41.9	15.0	3.3	-17.8	4.6
17	H195 ②层	鹿	右肱骨	10.7	41.9	15.1	3.2	-21.7	2.5
18	M56	狗	左侧肱骨	10.6	42.3	16.1	3.1	-10.2	6.5
19	H169①层	狗	右侧肱骨远端	11.1	43.3	16.9	3.0	-10.7	6.7
20	H169①层	狗	右侧胫骨	10.4	42.2	15.9	3.1	-11.3	6.2
21	G1⑦层	狗	左侧肱骨	5.8	41.2	16.2	3.0	-8.3	7.6
22	H332①层	狗	左胫骨	4.1	34.3	12.4	3.2	-12.5	6.8
23	H332①层	狗	左股骨	4.1	32.6	11.8	3.2	-12.8	6.6
24	H312②层	狗	右肱骨远端	8.8	39.3	14.1	3.2	-13.3	4.5
25	M147	男(成年)	左侧肋骨	15.5	42.4	15.2	3.2	-8.0	10.0
26	M53	男(成年)	左侧腓骨远端	13.0	41.4	14.8	3.3	-9.6	10.9
27	M56	男(成年)	颅骨	6.9	35.1	12.8	3.2	-9.4	10.1
28	M1	男(成年)	右侧胫骨	18.9	42.1	15.1	3.3	-9.9	11.0
					40.6±2.5	14.9±1.2	3.2±0.1		

a) 通过 1.3 部分的测试分析, 1 号样品受到了污染

体现这种差别. 因此通过人和动物骨中的碳稳定同位素比值就可以推测当时的农业类型, 揭示时代变迁中先民或动物的食物结构变化.

早年日本学者(Yoneda 等, 2004)通过对现代和古代遗存的检测, 认为 C3 植物的 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{15}\text{N}$ 值其平均数据为 $(-25.4\pm 1.6)\text{‰}$ 和 $(1.2\pm 2.4)\text{‰}$, 而 C4 植物为 $(-10.0\pm 0.5)\text{‰}$ 和 $(1.0\pm 1.9)\text{‰}$. 与国内文献中普遍认可的 C3 和 C4 植物的 $\delta^{13}\text{C}$ 数据 -26.5‰ 和 -12.5‰ 非常接近(付巧妹等, 2010). 在稳定同位素分析中, 多采用分别讨论 C 和 N 稳定同位素的方法, 即以 $\delta^{13}\text{C}$ 反映饮食中 C3 和 C4 植物的比例关系, 以 $\delta^{15}\text{N}$ 说明摄入肉食动物(包括海洋和陆生)的情况. 在食物经人或动物消化吸收后转变成骨中的骨胶原过程中, C 和 N 稳定同位素均有一定程度的富集, 一般按照时间长

短和食物来源等富集范围包括 4.5‰ ~ 6.1‰ 的 $\delta^{13}\text{C}$ 和 3‰ ~ 5‰ 的 $\delta^{15}\text{N}$ (Hedges 和 Reyard, 2007). 以此为依据, 我们选取文献报道中的 C3 植物(Yoneda 等, 2004)、C4 植物(Yoneda 等, 2004)、海洋贝类(Kusaka 等, 2010)、海洋鱼类(Kusaka 等, 2010)和淡水鱼类(Yoneda 等, 2004), 经过 4.5‰ $\delta^{13}\text{C}$ 和 3.4‰ $\delta^{15}\text{N}$ 校正(胡耀武等, 2008)与北阡遗址出土的大汶口文化时期和周代人骨胶原稳定同位素之间的对应关系示于图 1, 其中大汶口文化时期的人骨包括我们前文的数据(王芬等, 2012), 这样此次分析的大汶口时期的人骨样品共计 38 个.

依据北阡人骨 $\delta^{13}\text{C}$ 值数据 $(-8.0\text{‰}$ ~ $-10.9\text{‰})$, 可以看出大汶口时期和周代的先民, 其食物结构中更多偏向 C4 类食物, 而 C3 类食物的比例应该较小. 其

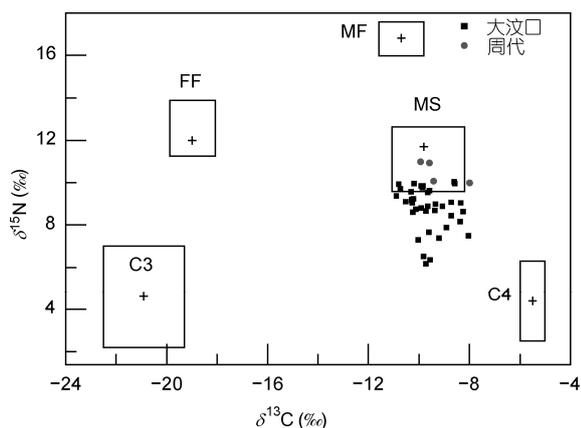


图1 北阡遗址人骨样品和可能的食物资源中 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{15}\text{N}$ 同位素数值比较

方框为食物资源的偏差范围, 包括C3植物(C3)、C4植物(C4)、淡水鱼类(FF)、海洋鱼类(MF)和海洋贝类(MS)

中大汶口文化时期先民骨骼中 $\delta^{13}\text{C}$ 平均值为 $(-9.6 \pm 0.8)\text{‰}$ (样品数量为38个), 而周代平均数据为 $(-9.2 \pm 0.8)\text{‰}$ (样品数量为4个), 二者相差不大, 说明尽管处于不同时代, 先民的主要的粮食作物结构变化并不明显。

若以 -25.4‰ 和 -10.0‰ 分别表示以稻为代表的C3类食物和以粟为代表的C4类食物, 按照二元混合模型可以估算C3和C4类食物分别在先民食物中所占的大致比例(胡耀武等, 2010)。以C3类食物的贡献为例(包括稻、水果等植物以及以此为食的动物), C3类食物在大汶口时期先民食物结构中约占16.4%~35.0%, 平均值为 $(26.6 \pm 2.1)\%$; 周代为16.2%~28.7%, 平均数值为 $(24.2 \pm 2.2)\%$ 。由此可见, C3类食物在当时食物结构中, 只占到1/4左右, 不占主要地位。数据也表明北阡遗址跨越几千年, 大汶口时期和周代的先民食物结构变化不大, 始终以C4类食物为主。尽管通过植物浮选在周代遗存中发现了麦和稻(王芬和栾丰实, 2011), 但是二者应该并不是当时先民的主要粮食食物, 周代先民仍然主要食用粟和黍。以此我们可以推测: (1) 尽管北阡遗址发现零星的大汶口文化水稻, 在地理位置上也处在稻从长江流域向韩国、日本传播路线范围, 但是从人骨同位素情况看, 大汶口时期稻的种植并不普遍; (2) 尽管北阡遗址紧靠海岸线, 水资源比较丰富, 但是遗址属于北方沿海地区, 受地域或气候条件的限制, 周代稻或者小麦的种植在当地并不普及, 也有可能稻和麦是外地输送到本

地, 并没有成为当时的主要粮食作物。

与C稳定同位素不同, N稳定同位素则反映食物结构中的肉食资源, 体现处于食物链中人和动物所处的营养等级。虽然地理位置和环境变化等对 $\delta^{15}\text{N}$ 的富集有一定的影响, 但是一般认为杂食类动物的 $\delta^{15}\text{N}$ 值约为 7‰ ~ 9‰ , 而肉食类动物则常大于 9‰ 。数据显示北阡遗址大汶口时期先民 $\delta^{15}\text{N}$ 的均值为 $(8.8 \pm 1.0)\text{‰}$, 而周代则有明显的提高, 平均值为 $(10.5 \pm 0.5)\text{‰}$ 。从遗址出土动物骨骼种类来看(王芬和栾丰实, 2011), 先民肉食来源主要有海洋贝类、鱼类和哺乳动物等。而周代体现出的 $\delta^{15}\text{N}$ 值较大汶口文化明显提高, 应和周代的动物驯养、渔猎捕捞方面的规模扩大有关, 说明周代先民有着更广泛的肉食来源。另外我们还注意到, 有资料表明以海洋鱼类为食的先民骨骼的 $\delta^{15}\text{N}$ 非常高, 如加拿大大不列颠哥伦比亚省Namu遗址的先民以海洋鱼类为食, 其 $\delta^{15}\text{N}$ 值超过了 16‰ (Cannon, 1999)。北阡先民的 $\delta^{15}\text{N}$ 值与之差别仍然非常明显, 仅为 10.5‰ 左右。据此, 我们推测大汶口时期和周代的肉食来源除了养殖的动物以外, 更多食用海洋贝类, 而捕捞的鱼类并不占据主要食物来源。

2.2 动物的食物结构

大汶口时期3个鹿和7个猪样品的稳定同位素数据示于图2。与先民的 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{15}\text{N}$ 值相比, 鹿的 $\delta^{13}\text{C}$

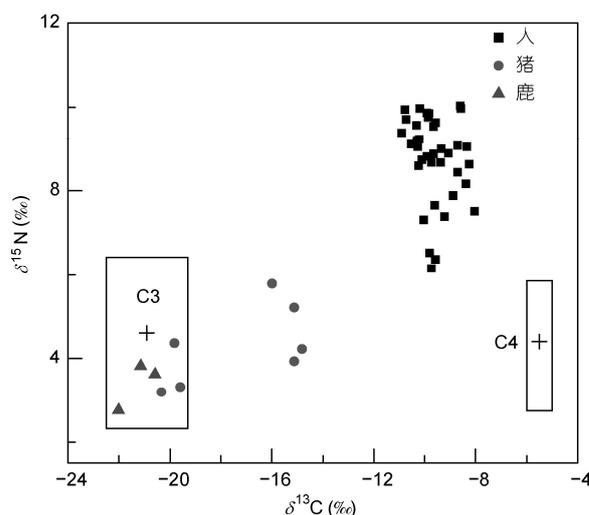


图2 大汶口时期人、动物样品和可能的食物资源中 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{15}\text{N}$ 同位素数值

方框为食物资源的偏差范围, 包括C3植物(C3)、C4植物(C4)

值更接近于 C3 植物区. 依据现代鹿的生活习性, 鹿更多栖息于草甸、树林或灌木丛, 其栖息地距离人类的居住地相对较远, 主要以草本植物、树木的嫩枝、嫩叶为食, 冬季可能还要啃食树皮, 这些都属于典型的 C3 植物特征. 遗址中的鹿应该受北阡先民 C4 植物(如粟作农业食物来源)的影响相对较小, 可以推测遗址中发掘的大汶口时期的鹿极有可能为北阡先民的狩猎结果.

图 2 中猪的 $\delta^{13}\text{C}$ 值明显可以分为两类: 第一类为位于 C3 植物 $\delta^{13}\text{C}$ 值范围内的 3 个个体. 依据现代野猪的生活习性, 主要以植物的根和块茎、野果、昆虫幼虫和腐肉等为食, 尤其喜食植物的根茎, 这些也都属 C3 植物特征. 野猪属杂食类动物, 骨骼中具有较低的 $\delta^{13}\text{C}$ 值, 其 $\delta^{15}\text{N}$ 值也与主要的食草类动物相近, 如鹿和羊等; 此类猪受人类活动的影响较小, 其 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{15}\text{N}$ 值均与鹿相近, 因此我们推测此 3 个个体属于未驯养的野猪. 第二类为位于 C3 和 C4 类植物之间的 4 个个体, 相对野猪而言, 这类猪的食物来源很有可能与先民饲喂的农业副产品密切相关, 包括餐桌上的残羹剩饭和人类粪便等, 引起 $\delta^{13}\text{C}$ 值相对野猪向 C4 植物区发生了移动; 同时直接或间接地摄入一定的肉食, 因此其 $\delta^{15}\text{N}$ 值也相对野猪偏高, 体现出明显杂食特征, 可以推测遗址中的此类猪极有可能为北阡先民饲养的家猪.

周代鹿、猪和狗的动物样品稳定同位素数据示于图 3. 鹿的 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{15}\text{N}$ 值多集中在 C3 植物区, 表明周代时期的鹿仍然多数为先民的狩猎结果, 只有一个个体鹿稍有区别, 有可能是先民的饲养结果, 也有可能受鹿本身活动范围较大从外地迁徙到本地的结果. 同时周代的猪大体也可以分为两类: 集中在 C3 植物区的野猪, 和位于 C3 和 C4 植物区间的家猪. 相对于大汶口时期的家猪, 周代家猪的 $\delta^{13}\text{C}$ 值更靠近 C4 植物, 说明在周代家猪的驯养受先民生活的影响更大, 从另一角度也可以认为周代先民的经济状况有了进一步的提高.

图 3 中显示狗的 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{15}\text{N}$ 值均较猪和鹿有较大的区别: $\delta^{13}\text{C}$ 值更靠近 C4 植物, 而 $\delta^{15}\text{N}$ 值更接近人类. 可以认为狗受人类的影响最大, 更多依赖家庭驯养的食物资源, 如残羹剩饭、内脏和人类粪便等. 总体而言, 图 3 中数据表明驯养的猪和狗其 $\delta^{13}\text{C}$ 值更接近 C4 植物, 而 $\delta^{15}\text{N}$ 也高于相应的野生动物.

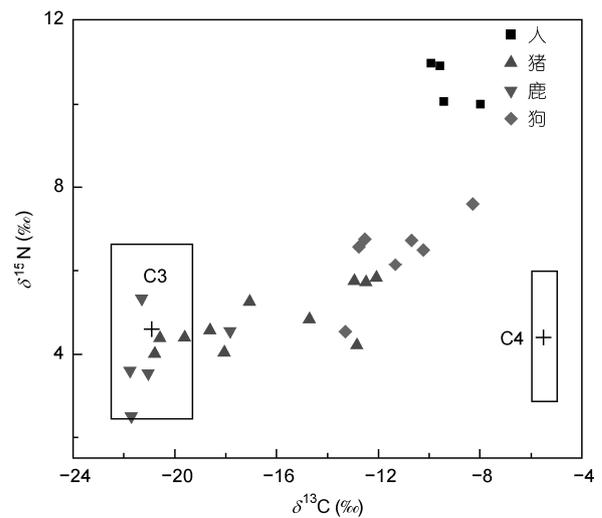


图 3 周代人、动物样品和可能的食物资源中 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{15}\text{N}$ 同位素数值

方框为食物资源的偏差范围, 包括 C3 植物(C3)、C4 植物(C4)

2.3 先民和动物食物结构在两个文化时期的变化

对不同文化时期内的人和动物骨中的 C 和 N 稳定同位素对比分析, 可望进一步揭示先民和动物的食物结构之间的关联. 以此为目的, 我们选择了大汶口时期 4 个家猪, 周代 8 个家猪和 7 个狗作为分析对象, 与先民的碳氮稳定同位素数据进行比较.

图 4 为不同文化时期人和驯养动物的 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{15}\text{N}$ 标准误差棒图. 依据图 4 中的数值我们认为: (1) 对于家养猪, 大汶口时期和周代的猪骨其平均 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{15}\text{N}$

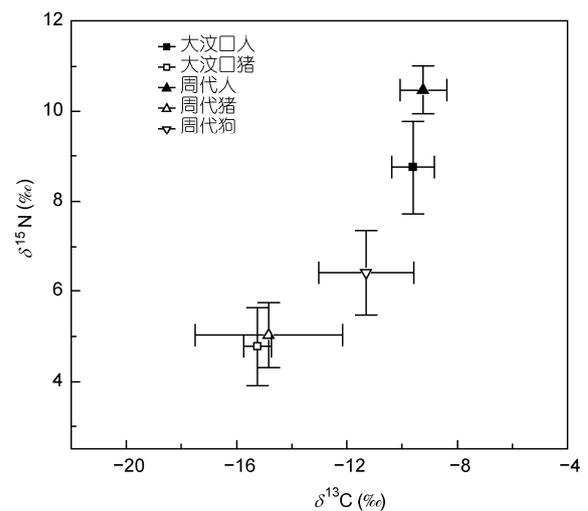


图 4 大汶口时期和周代人、动物 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{15}\text{N}$ 标准误差图

值分别为 $(-15.3\pm 0.5)\%$ 和 $(4.8\pm 0.9)\%$ 及 $(-14.8\pm 2.9)\%$ 和 $(5.0\pm 0.7)\%$, 二者相差不大. 说明尽管两个时期相差 3000 年左右, 但北阡遗址的家猪的食物结构变化不大, 仍然是以 C3 植物为主. (2) 对于周代狗, 其平均 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{15}\text{N}$ 值为 $(-11.3\pm 1.7)\%$ 和 $(6.4\pm 0.9)\%$, 相对家猪更多体现于与先民生活习性的相近, 表现在有更靠近 C4 植物的 $\delta^{13}\text{C}$ 值和反映有更高比例肉食的 $\delta^{15}\text{N}$ 值, 说明狗的驯养与现代社会中对狗的驯养方式相近, 更多接近人类的生活起居区域. (3) 对于先民, 大汶口时期和周代人骨的平均 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{15}\text{N}$ 值分别为 $(-9.6\pm 0.8)\%$ 和 $(8.8\pm 1.0)\%$ 及 $(-9.2\pm 0.9)\%$ 和 $(10.5\pm 0.5)\%$. 其中 $\delta^{13}\text{C}$ 值相差不大, 而 $\delta^{15}\text{N}$ 值相差明显, 说明不同时期先民都以 C4 类食物为主, C3 类食物为辅的食物结构类型, 而周代先民有了更多的肉食来源包括家畜和贝类等海产品, 但是海洋鱼类应不是深海鱼(小于深海鱼类的约 16%的平均值). 根据食物链结构, 周代先民食物中应摄入了更多的高 $\delta^{15}\text{N}$ 值的海洋贝类, 引起先民骨骼中 $\delta^{15}\text{N}$ 值较高. 总体而言, 大汶口时期先民的食物资源包括粟类作物(C4 植物)、贝类海洋食物和家畜, 体现为农耕、驯养和渔业为主, 而狩猎为辅的生活方式, 周代与之相比, 驯养和海洋渔业等肉食资源更丰富, 生活条件有了显著提高.

3 结论

北阡遗址人骨和动物骨的稳定同位素分析表明, 大汶口时期和周代先民其食物结构变化不大, 均以 C4 类食物为主, 肉类更多倾向于海洋贝类和家畜; 而家猪的畜养则以 C3 植物为主, 并受先民的生活方式的影响. 研究推测: (1) 尽管北阡遗址发现零星的大汶口文化水稻, 在地理位置上也处在稻从长江流域向韩国、日本传播路线范围, 但是从人骨同位素情况看, 大汶口时期北阡遗址上稻的种植并不普遍; (2) 北阡遗址紧靠海岸线, 水资源比较丰富, 但是遗址属于北方沿海地区, 有可能受地域或气候条件的限制, 尽管考古发掘中发现了周代文化层中炭化的稻和小麦, 但在当时二者的种植也不普及, 也有可能稻和麦是外地输送到本地的结果, 稳定同位素分析表明稻和小麦并没有成为当时的主要粮食作物来源; (3) 推测大汶口时期和周代的肉食来源除了养殖的动物以外, 更多食用海洋贝类, 而捕捞的鱼类并不占据主要食物来源. 总体而言, 大汶口时期先民的食物资源包括粟类作物(C4 植物)、贝类海洋食物和家畜, 体现为农耕、驯养和渔业为主, 而狩猎为辅的生活方式; 周代与之相比, 驯养和海洋渔业等肉食资源更丰富, 生活条件有了显著提高.

致谢 在本文写作过程中, 山东大学医学院刘树伟教授在人骨性别和年龄鉴定等方面提供帮助, 审稿人提出建设性意见, 在此一并致谢.

参考文献

- 崔亚平, 胡耀武, 陈洪海, 等. 2006. 宗日遗址人骨的稳定同位素分析. 第四纪研究, 26: 604-610
- 董豫, 胡耀武, 张全超, 等. 2007. 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, 26: 77-84
- 付巧妹, 靳松安, 胡耀武, 等. 2010. 河南浙川沟湾遗址农业发展方式和先民的食物结构变化. 科学通报, 55: 589-595
- 胡耀武, 何德亮, 董豫, 等. 2005. 山东滕州西公桥遗址人骨的稳定同位素分析. 第四纪研究, 25: 561-567
- 胡耀武, 李法军, 王昌燧, 等. 2010. 广东湛江鲤鱼墩遗址人骨的 C、N 稳定同位素分析: 华南新石器时代先民生活方式初探. 人类学学报, 29: 264-269
- 胡耀武, 栾丰实, 王守功, 等. 2008. 利用 C、N 稳定同位素分析法鉴别家猪与野猪的初步尝试. 中国科学 D 辑: 地球科学, 38: 693-700
- 胡耀武, 王根富, 崔亚平, 等. 2007. 江苏金坛三星村遗址先民的食谱研究. 科学通报, 52: 85-88
- 凌雪, 陈靓, 田亚岐, 等. 2010. 陕西凤翔孙家南头秦墓出土人骨中 C 和 N 同位素分析. 人类学学报, 29: 54-61
- Lanehart R E, Tykot R H, 方辉, 等. 2008. 山东日照市两城镇遗址龙山文化先民食谱的稳定同位素分析. 考古, 733: 55-61
- 裴德明, 胡耀武, 杨益民, 等. 2008. 山西乡宁内阳垣遗址先民食物结构分析. 人类学学报, 27: 379-384
- 王芬, 樊榕, 康海涛, 等. 2012. 即墨北阡遗址人骨稳定同位素分析: 沿海先民的食物结构. 科学通报, 57: 1037-1044
- 王芬, 栾丰实. 2011. 山东即墨市北阡遗址 2007 年发掘简报. 考古, 11: 3-23
- 张全超, Jacqueline T E, 魏坚, 等. 2010. 内蒙古察右前旗庙子沟遗址新石器时代人骨的稳定同位素分析. 人类学学报, 29: 270-275

- 张雪莲. 2003. 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, 22: 75–83
- Ambrose S H, Deniro M J. 1986. Reconstructure of African human diet using bone collagen carbon and nitrogen isotpoe ratios. *Nature*, 319: 321–324
- Ambrose S H. 1990. Preparation and characterization bone and tooth collagen for stable carbon and nitrogen isotope analysis. *J Archaeol Sci*, 17: 431–451
- Barton L, Newsome S D, Chen F H, et al. 2009. Agricultural origins and the isotopic identity of domestication in northern China. *Proc Natl Acad Sci USA*, 106: 5523–5528
- Cannon A. 1999. Marine-based subsistence trends and the stable isotope analysis of dog bones form Namu, British Columbia. *J Archaeol Sci*, 26: 399–407
- Chishom B S, Nelso D E, Schwarca H P. 1982. Stable-carbon isotope ratio as a measure of marine versus terrestrial protein in ancient diets. *Science*, 216: 1131–1132
- Hedges R E M, Reyard L M. 2007. Nitrogen isotopes and the trophic level of humans in archaeology. *J Archaeol Sci*, 34: 1240–1251
- Hedges R E M. 2002. Bone diagenesis: An overview of processes. *Archaeometry*, 44: 319–328
- Hu Y, Shang H, Tong H, et al. 2009. Stable isotope dietary analysis of the Tianyuan 1 early modern human. *Proc Natl Acad Sci USA*, 106: 10971–10974
- Kusaka S, Hyodo F, Yumoto T, et al. 2010. Carbon and nitrogen stable isotope analysis on the diet of Jomon populations from two coastal regions of Japan. *J Archaeol Sci*, 37: 1968–1977
- Lee G A, Crawford G W, Liu L, et al. 2007. Plants and people from the early Neolithic to Shang periods in North China. *Proc Natl Acad Sci USA*, 104: 1087–1092
- Minagawa M, Wada E. 1984. Stepwise enrichment of ^{15}N along food chains: Further evidence and the relation between ^{15}N and animal age. *Geochim Cosmochim Acta*, 48: 1135–1140
- Pate F D. 1995. Stable carbon isotope assessment of hunter-gatherer mobility in prehistoric south Australia. *J Archaeol Sci*, 22: 81–87
- Wang R Z. 2003. Photosynthetic pathway and morphological functional types in the steppe vegetation from inner Mongolia, North China. *Photosynthetica*, 41: 143–150
- Yoneda M, Suzuki R, Shibata Y, et al. 2004. Isotopic evidence of inland-water fishing by a Jomon population excavated from the Boji site, Nagano, Japan. *J Archaeol Sci*, 31: 97–107