

DOI: 10.16359/j.cnki.cn11-1963/q.2016.0022

海洋性聚落先民的食物结构：昙石山遗址新石器时代晚期人骨的碳氮稳定同位素分析

吴梦洋¹, 葛威¹, 陈兆善²

1. 厦门大学人文学院历史系, 厦门 361005; 2. 福建博物院, 福州 350001

摘要: 本文对 18 例昙石山文化墓葬出土人骨进行骨胶原的提取和碳氮稳定同位素测定, 并通过污染鉴别, 其中的 17 例为有效数据。有效骨样的 $\delta^{13}\text{C}$ 值在 -20.9‰ ~ -16.5‰ 范围, $\delta^{15}\text{N}$ 值在 8.5‰ ~ 14.4‰ 范围。就稳定同位素整体分析结果而言, 昙石山先民主体所处营养级较高, 以广泛的肉食来源和一定量的 C_3 类植物为生。推测肉食来源中主要有大量的海生类资源, 也包含了陆生动物。进一步的分析表明, 昙石山先民的食物营养级可能与社会贫富并无关联。单因素方差分析显示, 未成年人的食物结构和成人基本相似, 但可能更偏向于食用高营养级的食物; 两性的食性未表现显著性的差异。作为一个海洋性聚落, 昙石山遗址的经济活动应以渔猎采集为主, 水稻种植很可能仅为辅助性的经济行为。

关键词: 昙石山; 稳定同位素分析; 古食谱; 海洋性聚落

中图法分类号: O656; 文献标识码: A; 文章编号: 1000-3193(2016)02-0246-11

Diets of a late Neolithic maritime settlement: Carbon and nitrogen stable isotope analysis of human bones from the Tanshishan site

WU Mengyang¹, GE Wei¹, CHEN Zhaoshan²

1. Department of History, School of Humanities, Xiamen University, Xiamen 361005; 2. Fujian Museum, Fuzhou 350001

Abstract: This study presents the stable isotopic measurements on 18 prehistoric human bones excavated from the Tanshishan site (5000-4300 cal. BP), of which 17 samples were valid. The values of $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ of these valid samples vary between -20.91‰ and -16.49‰ , and 8.53‰ and 14.42‰ , respectively. The results indicate that most people from Tanshishan were in a high level of the food chain with diets mainly composed of terrestrial C_3 foods, herbivores

收稿日期: 2014-07-14; 定稿日期: 2014-11-09

基金项目: 国家社科青年基金 (11CKG003)

作者简介: 吴梦洋 (1989-), 女, 厦门大学研究生, 主要从事新石器时代考古学研究, E-mail: meyarwu@gmail.com

通讯作者: 葛威, E-mail: gewei@xmu.edu.cn

Citation: Wu MY, Ge W, Chen ZS. Diets of a late Neolithic maritime settlement: Carbon and nitrogen stable isotope analysis of human bones from the Tanshishan site[J]. Acta Anthropologica Sinica, 2016, 35(2): 246-256

and significant amounts of aquatic resources. Further analysis suggests that there is no obvious relationship between diets and social structure. According to the one-way ANOVA statistical analysis, juveniles in Tanshishan were more likely to consume food resources of higher $\delta^{15}\text{N}$ values than adults. There were no differences between the sexes in dietary patterns. As a maritime settlement, the subsistence economies at Tanshishan are recognized as hunting-fishing-foraging and the rice-based agriculture might have only played a minor role.

Key words: Tanshishan; Diet; Stable Isotope; Neolithic diet; Maritime settlement

1 前言

饮食及其相关活动，或多或少担任了解“他者文化”的角色^[1]。自新石器时代以来，中国东南沿海地区存在着大量以贝丘遗址为特征的聚落形态，以福建闽江下游地区密集分布，台湾西南海岸、广东珠江三角洲等地亦有不少发现^[2]。“最佳觅食策略（Optimal foraging theory）”的模型认为：为维持最大程度的取食回报率，人类获取食物的种类和地理范围将有所限制^[3]。鉴于海岸周边复杂的地形地貌、文化背景等因素，各个地区的贝丘遗址具有鲜明的特征^[4]，对这些贝丘遗址生计形态的考察也不能一概而论。

昙石山遗址位于福建省福州市闽侯县甘蔗镇昙石村（图1）。自1954年以来，昙石山遗址已先后进行了十次正式的考古发掘，揭示了福建闽江下游北岸新石器时代至青铜时代的文化内涵^[5]，其主体遗存为昙石山文化（5000-4300 cal. BP）。考古发掘出土了大量的贝类、兽骨等动物遗存^[6]和少量的植物遗存^[7]，为探讨昙石山先民的生活环境和经济形态提供了有益的资料。但囿于保存环境及方法的限制，迄今所发现的植物遗存非常稀少，难以提供有关古人类食谱全面、准确信息。为进一步了解昙石山先民的生计形态，拟对昙石山遗址出土人骨进行稳定同位素分析。

目前，通过人骨遗存 C、N 稳定同位素分析以重建古代食谱是国际生物考古界的重要研究方法之一。人类的食物来源拥有不同的稳定同位素比值，随新陈代谢将在人骨骨胶原中有一定程度的富集，对骨胶原进行稳定同位素测定，能够反映个体在长时间内所摄入食物的蛋白质组成的信息^[8]。因此通过稳定同位素分析，可以重建先民食谱，并在文化适应与自然互动的过程中探究个体食性差异、族群食物结构的演变历程。在昙石山遗址历次发掘中，共计清理墓葬 88 座，均属昙石山文化期，其中近三分之二的墓葬出土人骨遗骸，为人骨的取样、骨胶原的提取和分析提供了珍贵的材料。本文旨在以稳定同位素分析复原先民食性，并在此基础上讨论如下方面：生活环境对先民资源利用的影响；营养



图 1 昙石山遗址位置示意图
Fig.1 Location of the Tanshishan
archaeological site

级的流动与社会阶层可能存在的关联；群体中年龄和性别与食物的关系；以及探讨相关农业问题。在此，力求避免通过简化事实的定量数据以构建“模式”并进行规律的总结，而希望通过科技分析与实物资料相结合，更多地展现该文化的特质与属性。

2 材料与方 法

2.1 材 料

本次测试骨样来自第三、第五和第六次发掘出土的部分墓葬人骨，合计选取人骨样本 18 例。在骨样选取时考虑了不同性别和年龄分布情况，样品具体信息见表 1。

2.2 骨胶原的提取

骨胶原的提取程序参照 Jay M 和 Richards MP 等人^[9, 10]的方法并略作修改。主要步骤如下：1) 选取适宜骨样，机械去除骨样内外表面污染物及疏松部分；2) 超声清洗后置于 2mol/L 的 HCl 溶液，静置脱钙，每 2~3 天更换 0.5mol/L 的 HCl 溶液，直至骨样松软、悬浮、溶液无气泡冒出为止；3) 弃酸液，用去离子水洗至中性后在 0.125mol/L 的 NaOH 溶液中浸泡 20h 以去除腐殖酸；4) 骨样洗至中性后加入 0.001mol/L 的 HCl 溶液于 90℃ 明胶化 12h；5) 离心取上清液，于 -70℃ 冷冻 6h 以上，冷冻干燥后获得骨胶原。

表 1 昙石山遗址人骨的稳定同位素测试值

Tab.1 Results of stable isotope analyses of human bones from the Tanshishan site

实验室编号	样品号	取样位置	性别	年龄	C(%)	N(%)	C/N (摩尔比)	$\delta^{13}\text{C}(\text{‰})$	$\delta^{15}\text{N}(\text{‰})$
TSS01	64M5	腓骨	女	40	31.5	11.7	3.1	-19.1	12.1
TSS02	64M27	掌骨	-	成年	17.4	6.3	3.2	-19.3	8.5
TSS03	64M20	肢骨	-	5	24.7	9.1	3.2	-18.1	11.7
TSS04	64M4	右腓骨	女	40 - 50	19.8	8.0	2.9	-19.8	11.6
TSS05	63M2	股骨	-	-	9.6	3.8	3.0	-20.9	13.0
TSS06	64M29	肢骨	-	3 - 5	19.1	7.0	3.2	-19.4	14.4
TSS07	64M18	胫骨	女	50 - 60	38.9	13.7	3.3	-16.5	9.6
TSS08	64M11	肢骨	女	60以上	35.5	12.4	3.3	-17.23	10.1
TSS09	64M6	桡骨	-	8	30.3	10.8	3.3	-18.2	11.4
TSS10	64M9	肢骨	男	60	30.5	11.0	3.2	-18.3	8.9
TSS11	64M23	股骨	-	成年	33.4	11.6	3.4	-18.5	12.4
TSS12	60M05	右胫骨	-	-	34.3	12.2	3.3	-18.1	9.4
TSS13	64M30	桡骨	-	小孩	19.5	7.1	3.2	-17.8	10.8
TSS14	60M06	股骨	-	-	1.1	0.3	4.4	-18.1	7.6
TSS15	64M13	股骨	男	50	38.9	13.9	3.3	-17.2	10.3
TSS16	64M17	股骨	女	60以上	37.5	13.5	3.3	-17.6	10.2
TSS17	64M26	骨片	-	成年	32.9	12.1	3.2	-18.8	9.9
TSS18	64M22	桡骨	女	成年	33.5	12.1	3.2	-18.2	10.1

注：“-”表示不明或未鉴别

2.3 测试分析

骨胶原的 C、N 含量及稳定同位素比值的测试使用国家海洋局第三研究所提供的与元素分析仪联用的 Delta V Advantage 型同位素比值质谱仪 (IRMS)。C 同位素比值以 $\delta^{13}\text{C}$ (V-PDB) 表示, N 同位素比值以 $\delta^{15}\text{N}$ (AIR) 表示, 分析精度均为 $\pm 0.2\%$ 。仪器测试标准物为乙酰苯胺 ($\delta^{15}\text{N}=1.18\%$, $\delta^{13}\text{C}=-29.53\%$)。所有样品测试数据见表 1。

3 结果与讨论

3.1 污染鉴别

C/N 摩尔比值是判断骨胶原是否污染的重要指标, M.J. DeNiro^[11] 认为未污染样品的 C/N 摩尔比值介于 2.9~3.6 间。根据表 1 所示, 样品 TSS14 骨胶原中的 C 和 N 含量极低, 并且 C/N 摩尔比值为 4.4, 属污染样品, 应予排除。在余下的 17 例骨样中, 骨胶原的 C 含量在 9.6%~38.9% 之间, N 含量在 3.8%~13.9% 之间。比照现代骨胶原的 C 含量约为 41%, N 含量约为 15%^[12], 古代样本的 C、N 含量均低于现代数据, 表明骨胶原在长期埋藏过程中有不同程度的降解。但此 17 例骨样的 C/N 摩尔比值均在 2.9~3.4 之间, 处于未污染范围内, 鉴别为有效骨样。

3.2 昙石山先民食性分析

人骨胶原中的 $\delta^{13}\text{C}$ 是一个重要的指标, 一般用于区分 C_3 和 C_4 植物的食用情况。骨胶原中的 $\delta^{13}\text{C}$ 仅可能有两种来源: 陆地资源食物网和水生 (海洋) 资源食物网, 因此 $\delta^{13}\text{C}$ 还可有效甄别人类对陆生或水生资源的利用^[13]。

植物根据光合作途径的不同主要分为两类, C_3 植物 (水稻、小麦等温带植物) 和 C_4 植物 (粟、玉米等热带或旱作植物)。前者的 $\delta^{13}\text{C}$ 均值为 -26.5% , 后者的 $\delta^{13}\text{C}$ 均值为 -12.5% ^[14]。从植物至动物骨胶原 $\delta^{13}\text{C}$ 大约富集 3% ~ 5% ^[15], 如以富集值 5% 计算则食用 C_3 植物的动物骨胶原 $\delta^{13}\text{C}$ 值应在 -21.5% 左右。以 17 例有效骨样的 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{15}\text{N}$ 做散点图, 由图 2 可以看出, 17 例有效骨样的 $\delta^{13}\text{C}$ 值在 -20.9% ~ -16.5% 范围内, 其平均值为 $-18.4\% \pm 1.1\%$, 略高于以 C_3 植物和陆生食草系动物为食物链基础的 $\delta^{13}\text{C}$ 范围 (-20% ~ -20.5%)^[16]。表明先民的植物性食物来源以 C_3 类植物为主, 食物中亦包含了具有较高 $\delta^{13}\text{C}$ 值的蛋白质来源, 如 C_4 类植物、水生资源。

受到海水温度、溶解 CO_2 浓度等因素的影响, 海洋生态系统的食物链较为复杂, 比起陆地系统有着更丰富的营

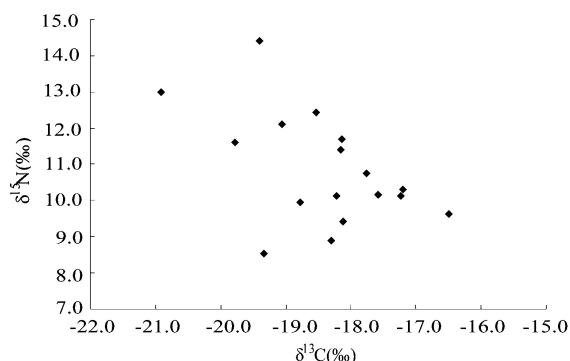


图 2 昙石山遗址有效骨样的 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{15}\text{N}$ 散点图
Fig.2 Scatter plot of the $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ from
uncontaminated Tanshishan bones

养级。相较于 C₃ 植物, 浮游植物由于依靠海水中的溶解 CO₂ 进行光合作用因而显示出更少的分馏, 导致其食物链中的碳普遍比 C₃ 植物高了约 8‰^[10]。我们难以确定一个 100% 食用海洋生物的人其 δ¹³C 和 δ¹⁵N 值将会是如何表现, 因此前人研究中以海洋食物链的高低确定 δ¹³C 和 δ¹⁵N 的极值: 处于海洋食物链金字塔顶端的是海洋哺乳动物, 如海狮的 δ¹³C 均值为 -12.7‰±0.8‰、δ¹⁵N 均值为 18.0‰±1.5‰, 金字塔较底层的生物如贝类的 δ¹³C 均值为 -15.9‰±2.0‰、δ¹⁵N 均值为 8.8‰±1.3‰。如果一个人仅食用海洋资源为生, 其骨胶原的 δ¹⁵N 值将比食物富集约 3‰~4‰。通过此食物链极限所测定的数值以假定如下原则: 人类 100% 食用 C₃ 系统的陆生蛋白, 其骨胶原的 δ¹³C 均值约为 -21‰±1‰; 若骨胶原的 δ¹³C 均值为 -12‰±1‰, 则可能表明几乎 100% 食用海生类蛋白^[10]。以上的近似值分析支持先民对海生资源蛋白质的利用而导致有效骨样的 δ¹³C 值更大。

δ¹⁵N 值用于营养级的考察, 并可以区分植物或动物蛋白在个体饮食中的占有量。沿食物链营养级, 每上升一级则 δ¹⁵N 值将富集 3‰~5‰^[17], 研究表明陆生植物的 δ¹⁵N 值最低在 0~3‰ 间 (其中 C₃ 植物 δ¹⁵N 均值为 1.2‰±2.4‰, C₄ 植物的 δ¹⁵N 均值为 1.0‰±1.9‰, 豆科植物的 δ¹⁵N 大约为 0~1‰)^[18], 陆生食草类动物 δ¹⁵N 值大约在 3‰~7‰, 陆生杂食类动物的 δ¹⁵N 值在 7‰~9‰ 之间, 陆相肉食类动物的 δ¹⁵N 值为 9‰ 左右^[19], 而海洋哺乳动物有着更高的 δ¹⁵N 值 (15‰~20‰)^[20]。通常以 δ¹⁵N 值是否超过 9‰ 作为判断食物结构中肉食来源的重要指标。由表 1 可知 17 例有效骨样的 δ¹⁵N 值变化范围为 8.5‰~14.4‰, 均值为 10.9‰±1.5‰; 其中仅有 2 例骨样的 δ¹⁵N 值介于 7‰~9‰ 之间, 说明此墓主摄入的肉食基本为食草性或杂食性的陆生动物资源、极少食用海生资源; 而其余 15 例骨样的 δ¹⁵N 值均高于 9‰, 说明昙石山先民主体基本以摄入肉食为主, 并且蛋白质来源应该为两类: 即陆生动物和水生类资源。通过对不同遗址间同位素数据的变异系数 (Coefficient of variation) 的比较, 可以了解食物来源的多样性。计算昙石山遗址 δ¹⁵N 的变异系数为 0.14, 相比于广东鲤鱼墩遗址 δ¹⁵N 的变异系数 0.10 更大^[21], 说明昙石山先民拥有更加广泛的肉食来源。

昙石山遗址距离现代海岸线超过 60km^[22], 但早在距今 6000~4000 年是华南沿海全新世海进的鼎盛期, 6000 年前海平面上升至最高值并维持一个高海平面的状态, 昙石山遗址地理位置正位于闽江入海口^[23, 24], 表明先民的生活环境十分近海, 当地的海洋资源也是非常丰富的。遗址中出土了相当数量的海生贝类、鱼类及猪骨、鹿骨等陆生动物骨骼等^[25, 26], 亦与同位素分析结果相一致。结合上述 δ¹³C 和 δ¹⁵N 的分析, 我们推测海生资源很可能为昙石山先民主要的蛋白质来源, 兼以食用 C₃ 类陆生动物及植物资源, 先民处在海洋与陆生生物食物网相结合利用的情况。

3.3 墓葬等级量化分析与食物链

饮食或可作为一个指标, 指征族群的某种分化。对欧洲中世纪居民人骨的稳定同位素测试, 发现社会等级越高, 其人骨骨胶原的 δ¹⁵N 亦有升高趋势^[27]。然而我国山西襄店遗址的食谱分析却显示即便处于社会等级模糊的阶段, 先民的食物结构仍存在一定差异^[28]。鉴于前人的个案研究, 我们试图利用稳定同位素, 以了解食物结构与社会等级或贫富的关联, 进而窥探社会组织、社会形态。社会身份标识系统或可由墓葬本身及其随葬品的数量决定, 但在不同社会中同种器物可能有不同的价值, 因此仅由随葬品数量可能并

不能完全表征墓主的地位，还应考虑埋葬器物的性质、意义和墓葬建造技术和规模。本文借鉴傅罗文改良 Lars Jørgensen 的墓葬量化分析方法^[29,30]，计算昙石山遗址的墓葬价值。

昙石山遗址历次发掘共清理墓葬 88 座，随葬品合计 528 件^[31,32]。墓葬价值的计算公式为：类型值 (Type value) = 墓葬总数 / 类型频数；墓葬价值 (Grave value) = $\sum_{i=1}^n K_i N_i$ ，其

中 N_i 为类型值、 K_i 为一座墓葬随葬品数量；因此一座墓葬的墓葬价值即为内部所有器物类型值的加和。计算所得结果如表 2 所示，并整理有效骨样的墓葬特征数据于表 3。

有效骨样均属昙石山遗址的第三到五期，由于第三至五期之间联系密切，从器物型态上看更相近^[31]，那么器物类型值的差异度也可视作一致。但是相对于昙石山文化特征器物如釜、壶等，鼎、碗出现的频数较低，推测可能由于海洋族群并不常使用鼎、碗等器物或是这类器物一般不作为随葬品而导致，为防止非特殊陶器的类型值过高而暂不作统计。如表 2 所示，网坠的类型值竟为所有器物中最高，而网坠是较为普遍的渔捞工具，且有效骨样中仅有一例 TSS09 随葬品中拥有网坠，为防止其类型值极高而在计算中去除网坠。昙石山遗址墓葬随葬品数量在 0~33 件之间，单一器物数量差别不大，在此不再进行傅文中数量上的“自然分割”。傅文中用显著性因素分析发现：墓圻大小（挖土的体积）与建造花费劳动力相关，既大墓为地位高者，因而将墓圻作为仪式价值。可惜的是，我们统计了有效骨样所在墓葬的墓圻（最长径），有一半墓缘不明（表 3）。同时昙石山遗址墓葬中并无二层台、壁龛或墓道等特殊构造。考虑到这些墓葬材料的限制，本文计算中忽略仪式价值。

根据随葬品的多寡和种类为标志，绘制折线图（图 3）：其中，横坐标为有效骨样的实验室编号按墓葬价值升序排列，曲线 1 为不同墓葬中随葬品数量的变化，线 2 为墓葬

表 2 昙石山遗址出土墓葬的随葬品类型值

Tab.2 Type values for burial artifacts from the Tanshishan site

随葬品	石器	骨器	纺轮	网坠	豆	釜	盘	罐	杯	簋	壶	其他	总数
数量	25	15	27	7	41	103	26	52	53	82	63	34	528
类型值	3.52	5.87	3.26	12.57	2.15	0.85	3.38	1.69	1.66	1.07	1.40	/	/

表 3 有效骨样的墓葬特征数据

Tab.3 Number of burial artifacts, grave values and maximum length of graves from which valid bone samples were determined

实验室编号	随葬品数量	墓葬价值	墓圻（最长径）	实验室编号	随葬品数量	墓葬价值	墓圻（最长径）
TSS01	4	9.15	2.4	TSS10	6	7.47	2.9
TSS02	0	0.00	0.75 (残)	TSS11	0	0.00	-
TSS03	2	3.06	1.57	TSS12	8	15.95	-
TSS04	16	26.99	3.4	TSS13	0	0.00	1.05 (残)
TSS05	7	9.50	2.6	TSS15	0	0.00	1.13 (残)
TSS06	1	1.69	0.82 (残)	TSS16	0	0.00	2.6
TSS07	0	0.00	2.25	TSS17	0	0.00	-
TSS08	1	3.26	2.5	TSS18	10	18.65	-
TSS09	9	12.26	1.7 (残)				

注：“-”表示墓圻被破坏或不明，“残”表示残长。

价值的变化，线3为预测曲线即假设随墓葬价值上升、 $\delta^{15}\text{N}$ 值亦有上升趋势，实际代表骨样 $\delta^{15}\text{N}$ 值的曲线为线4。观察发现曲线4基本呈现无规律的波动，有效数据的墓葬价值与 $\delta^{15}\text{N}$ 的相关性系数 $r=0.07$ ，随葬品数量与 $\delta^{15}\text{N}$ 的相关性系数 $r=0.09$ ，说明县石山先民食物营养级的多样性与社会贫富可能并无关联；或表示县石山先民所在的社会仍无明显的阶层

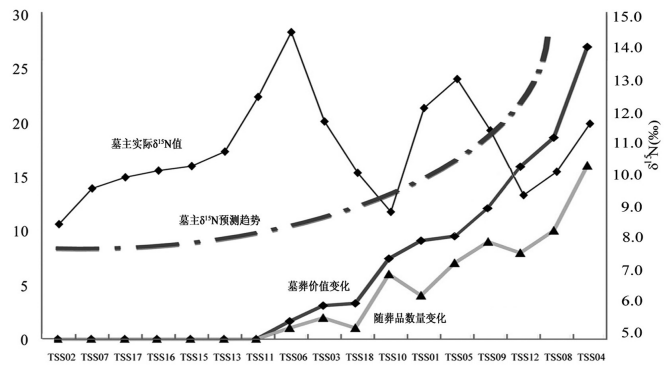


图3 县石山遗址有效骨样的墓主地位与营养级的关系
Fig.3 Comparison of Tanshishan tomb status and specific trophic levels

分化，从食物营养级的分析也提供了佐证。但还需反思的是，利用 $\delta^{15}\text{N}$ 进行社会等级或贫富讨论仍是一个存在争议的议题；并且很多学者提出墓葬习俗实际上由生者操纵，最终反映的是生者的态度，或有可能夸大某个人在团体中的真实社会地位^[33]，对墓葬资料的使用还应谨慎对待。

3.4 不同年龄与性别的食性差异

人口学中采用编制生命表的形式以考察族群生命过程的变化规律^[34]，潘其风依据前工业社会影响人类生存的生物学标准将考古出土人骨按死亡年龄分成连续的7组^[35]。可惜囿于人骨保存状况，县石山遗址年龄鉴定资料中多以“成年”或“小孩”这样相对模糊的鉴定结果呈现。因而本文进行简化，试以18岁区分成年与未成年。成人组的 $\delta^{13}\text{C}$ 值为 $-19.8\text{‰} \sim -16.5\text{‰}$ ， $\delta^{15}\text{N}$ 值为 $8.5\text{‰} \sim 12.4\text{‰}$ ；未成年人组的 $\delta^{13}\text{C}$ 值为 $-19.4\text{‰} \sim -17.8\text{‰}$ ， $\delta^{15}\text{N}$ 值为 $10.8\text{‰} \sim 14.4\text{‰}$ （图4）。其中样品TSS06的 $\delta^{15}\text{N}$ 值最高（14.4‰），墓主是一个3~5岁的儿童，这可能与儿童食用了大量高蛋白食品有关，推测该儿童或许仍由母亲哺乳^[36]，

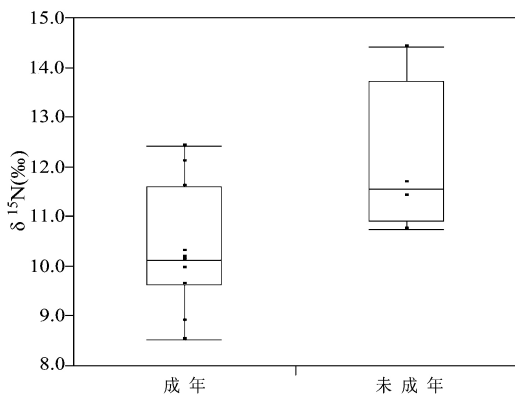


图4 县石山遗址不同年龄组骨样 $\delta^{15}\text{N}$ 值的箱形图
Fig.4 Comparison of $\delta^{15}\text{N}$ values between adults and juveniles

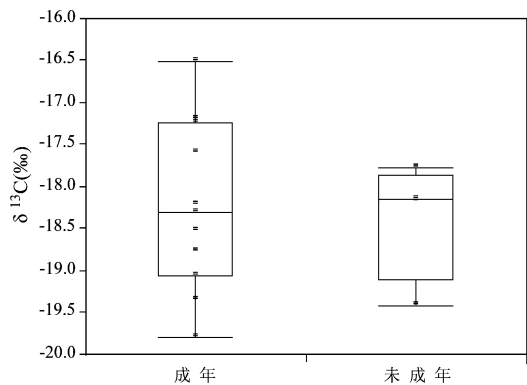


图5 县石山遗址不同年龄组骨样 $\delta^{13}\text{C}$ 值的箱形图
Fig.5 Comparison of $\delta^{13}\text{C}$ values between adults and juveniles

因此其 $\delta^{15}\text{N}$ 值较高，而 $\delta^{13}\text{C}$ 值与成人接近。整体来看，未成年人的 $\delta^{13}\text{C}$ 范围包含在成人组之内（图 5）；排除最大值（TSS06）后发现未成年人的 $\delta^{15}\text{N}$ 值基本也落入成人的范围内，但均值略高于成年人（图 6）。

为避免此分组存在的抽样误差，针对 $\delta^{15}\text{N}$ 值对成年和未成年组进行单因素方差分析（one-way ANOVA），以判断两组总体平均值的一致性^[37]。并通过 F 分布检验显著性，置信度参数设置为 0.05（可信度为 95%），计算结果见表 4。在 $\alpha=0.05$ 的显著性水平上， $F > F_{\text{crit}}$ ，说明两组数据间差异显著。此显著性表明，在此分组下成年与未成年人食性的真实差异存在。我们推测导致此情况的因素可能有：1) 未成年人的食物结构和成人基本相似，但更偏向于摄入高营养级的食物；2) 个体饮食取向的差异，此特殊性未必适合视作群体的代表；3) 样本的年龄鉴定有误或不全面而导致数据代表性的不足，与实际情况或有不同。

在有效骨样中，男性 $\delta^{13}\text{C}$ 值的范围在 $-18.30\text{‰} \sim -17.20\text{‰}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ 值在 $8.90\text{‰} \sim 10.30\text{‰}$ ，女性 $\delta^{13}\text{C}$ 值的范围在 $-19.78\text{‰} \sim -16.49\text{‰}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ 值在 $9.64\text{‰} \sim 12.10\text{‰}$ ，其中女性的 $\delta^{13}\text{C}$ 的均值和男性相似，而 $\delta^{15}\text{N}$ 的均值略高。这似乎意味着女性摄入高营养级肉食的比例高于男性。针对 $\delta^{15}\text{N}$ 值对男性和女性进行单因素方差分析（表 5），由表 5 所示 $P\text{-value}=0.25 > \alpha=0.05$ ，并且 $F < F_{\text{crit}}$ ，说明男性与女性的食性并不存在显著差异。需指出，有效骨样中鉴定为女性的样本较多（6 例），而男性偏少（2 例），样本的代表性较差。关于两性食性的认识有待更多工作的检验。

3.5 昙石山遗址相关农业问题探讨

目前的研究表明，长江中下游地区应是亚洲稻栽培与驯化的中心，而水稻向南传播的时间与路径也一直是学界广泛关注的重点^[38]。昙石山遗址第九次发掘，在 G104 ⑤层土样中浮选出土 2 粒炭化稻谷遗存，经赵志军初步鉴定为人工栽培稻^[31]，通过碳十四测年确定为福建地区已知最早的稻谷遗存（2870-2340 cal. BC）。

水稻为 C_3 植物。学者通过测定现代水稻的 $\delta^{13}\text{C}$ 值并排除化石燃烧对大气的影响，计

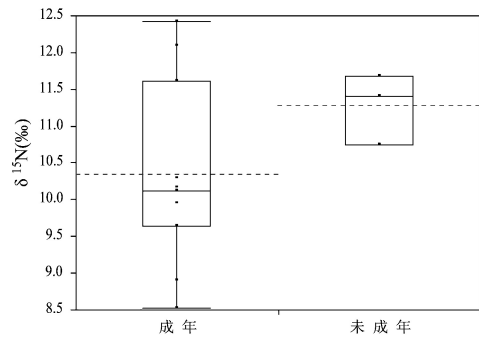


图 6 排除样品 TSS06 后，昙石山遗址不同年龄组骨样 $\delta^{15}\text{N}$ 值的箱形图（注：虚线示平均值）

Fig.6 Comparison of $\delta^{15}\text{N}$ values between adults and juveniles (excluding TSS06)

表 4 昙石山遗址不同年龄组有效骨样的 $\delta^{15}\text{N}$ 值统计学分析

Tab.4 Statistical tests of $\delta^{15}\text{N}$ values of different age groups

	样品量	$\delta^{15}\text{N}$ 平均值	方差	F 检验	P 检验
未成年	4	12.1	2.61	F	F crit P-value
成年	11	10.4	1.52	4.86	4.67 0.046

表 5 昙石山遗址不同性别组有效骨样的 $\delta^{15}\text{N}$ 值统计学分析

Tab.5 Statistical tests of $\delta^{15}\text{N}$ values of different genders

	样品量	$\delta^{15}\text{N}$ 平均值	方差	F 检验	P 检验
男性	2	9.6	0.98	F	F crit P-value
女性	6	10.6	0.97	1.63	5.99 0.25

算所得到的中国新石器时代稻的 $\delta^{13}\text{C}$ 均值为 -24.6‰ ^[39], 那么加上富集量则纯粹以水稻为食的人类骨胶原 $\delta^{13}\text{C}$ 值可能在 $-20.6\text{‰}\pm 1\text{‰}$ 左右。我们推测随着稻作农业的发展, 水稻在人类食物结构中占有的比例会逐渐增加, 骨胶原中的 $\delta^{13}\text{C}$ 值将更加靠近 $-20.6\text{‰}\pm 1\text{‰}$ 的范围; 并且水稻的大量耕种可能造成植物性食物来源趋于一致, $\delta^{13}\text{C}$ 值的变异系数将更小。

为进一步了解昙石山先民的稻作生计形态, 我们搜集了同样具有稻作因素的田螺山遗址和三星村遗址人骨稳定同位素数据(表6), 试采用 $\delta^{13}\text{C}$ 值推测人类对水稻的利用量。田螺山遗址位于浙江余姚市, 文化内涵基本同河姆渡遗址相一致。根据傅稻镰已完成的统计, 田螺山遗址稻谷遗存的数量仅占出土植物遗存总数的 24% 以内^[40], 河姆渡文化的农业经济形态很可能还处在“似农非农”阶段^[41]。距今 6500 年至 5000 年左右, 长江流域的稻作农业出现了初步繁荣景象^[42]。三星村遗址地处江苏金坛市, 年代大约距今 6500~5500 年, 应已经发展了相当规模的稻作农业。其中田螺山遗址人骨的 $\delta^{13}\text{C}$ 均值为 -20.7‰ , $\delta^{15}\text{N}$ 的均值为 8.7‰ ^[43]; 三星村遗址人骨的 $\delta^{13}\text{C}$ 均值为 -20.05‰ , $\delta^{15}\text{N}$ 的均值为 9.69‰ ^[44], 其 $\delta^{15}\text{N}$ 高于田螺山遗址, 而 $\delta^{13}\text{C}$ 却十分相似; 昙石山遗址的 $\delta^{13}\text{C}$ 值最大, 均值为 -18.4‰ 。根据对 $\delta^{13}\text{C}$ 值的比较可以看出, 田螺山遗址和三星村遗址先民对于水稻的利用可能都不低; 三星村遗址 $\delta^{13}\text{C}$ 的变异系数为三者最小, 说明三星村先民食用的植物种类更为统一; 而昙石山先民所利用的植物来源甚为广泛, 对水稻的依赖性较低, 水稻或仅为季节性的食物补充来源, 稻作农业即使存在, 规模也相当小。

稻谷的出现并不一定代表农业生产的开端^[45]。昙石山遗址所处环境的海洋潮汐与酸性土壤暗示遗址周边缺少大量适宜的农业用地; 同时基于遗址周边剖面采样进行的磁化率测定, 结果显示距今 5000~4000 期间遗址气候由温暖湿润向冷干的转变, 很可能给植被的生长带来不利影响^[46]。另外, 昙石山遗址并没有出土适用于农业的特定生产工具。综合上述分析, 昙石山人或已开始进行稻作生产, 但经济主体依旧保持传统的渔猎采集和狩猎, 具有尤为突出的海洋性特质, 谷物的种植行为或可能仅为辅助性的生产活动。

此外, 完全以 C_4 植物为食的动物的 $\delta^{13}\text{C}$ 为 -7.5‰ , 虽然有效骨样的 $\delta^{13}\text{C}$ 值与之相差较大, 但因骨胶原中的 $\delta^{13}\text{C}$ 是一个由食物组成加权而成的数据, 所以我们仍无法完全确定地排除先民对 C_4 植物如粟等的食用。从文化因素分析来看, 台湾大坌坑文化与福建、广东沿海遗址联系紧密。在台湾南关里东遗址(大坌坑文化晚期)出土了大量的粟^[47], 那么小米由北向台湾传播的路径是否确经由福建尤甚值得思考。然且, “以薯为粮”在华南土著经济形态的研究中不容忽视, 童恩正^[48]认为根茎类植物的采集、种植与水稻的栽培很可能是一个平行甚至是承前启后的过程。但囿于稳定同位素方法的局限性, 未能提供更多的线索, 期待与新的考古学证据相结合以望进行深入探讨。

表 6 不同遗址出土人骨的稳定同位素数据比较
Tab.6 Comparison of stable isotopic data from different sites

遗址	年代	样本	有效样本数量	$\delta^{13}\text{C} \pm 1\sigma(\text{‰})$	$\delta^{13}\text{C}$ 变异系数 (%)	$\delta^{15}\text{N} \pm 1\sigma(\text{‰})$	来源
田螺山遗址	7000-5500	人骨	10	-20.7 ± 0.5	2.4	8.7 ± 0.9	[43]
三星村遗址	6500-5500	人骨	19	-20.1 ± 0.2	1.0	9.7 ± 0.3	[44]
昙石山遗址	5000-4300	人骨	17	-18.4 ± 1.1	6.0	10.8 ± 1.5	本文

4 结 论

本研究尝试对 18 例昙石山遗址出土人骨进行骨胶原的提取和碳氮稳定同位素测定, 其中 17 例可供分析, 表明昙石山骨样保藏状况较好, 这为华南地区继续开展此类研究提供了有价值的参考。

就整体的稳定同位素分析结果而言, 昙石山先民主体所处营养级较高, 以广泛的肉食来源和一定量的 C₃ 类植物为生。肉食来源中既有大量的海生类资源, 也包含了陆生动物。利用墓葬量化分析方法与 $\delta^{15}\text{N}$ 值的结合研究, 推测昙石山先民的食物营养级与社会贫富可能并无关联。单因素方差分析显示, 未成年人的食物结构和成人基本相似, 但可能更偏向于食用高营养级的食物; 两性的食性未表现显著性的差异。昙石山文化的经济形态应还是以渔猎采集和狩猎为主, 先民或已开始进行水稻的种植, 但很可能仅为辅助性的经济行为。

致谢: 中国科学院大学人文学院胡耀武教授就实验和数据分析提供了帮助和建议; 骨胶原的提取亦得到北京大学考古文博学院吴小红教授和潘岩老师的指导; 夏威夷大学人类学系罗莱教授 (Barry V. Rolett) 就稳定同位素分析工作与作者进行了多次有益的讨论; 两位匿名审稿人提出了建设性的修改意见。在此谨表谢忱!

参考文献

- [1] 张展鸿. 饮食人类学 [A]. 见: 招子明、陈刚编. 人类学 [C]. 北京: 中国人民大学出版社, 2008, 240-254
- [2] 陈仲玉. 试论中国东南沿海史前的海洋族群 [J]. 考古与文物, 2002(02): 38-42
- [3] Smith EA. Anthropological applications of optimal foraging theory: A critical review [J]. Current Anthropology, 1983, 24(5): 625-651
- [4] 袁靖. 关于中国大陆沿海地区贝丘遗址研究的几个问题 [J]. 考古, 1995(12): 1100-1109
- [5] 福建文物局, 福建博物院. 闽侯昙石山遗址第八次发掘报告 [R]. 北京: 科学出版社, 2004
- [6] 福建省博物馆. 闽侯昙石山遗址第六次发掘报告 [J]. 考古学报, 1976(1): 83-119
- [7] 福建博物院, 福建省昙石山遗址博物馆. 闽侯昙石山遗址 2004 年考古发掘简报 [J]. 福建文博, 2010(1): 1-12
- [8] Ambrose SH, Norr L. Experimental evidence for the relationship of the carbon isotope ratios of whole diet and dietary protein to those of bone collagen and carbonate [A]. In: Lambert JB and Grupe G eds. Prehistoric Human Bone: Archaeology at the Molecular Level [C]. Berlin: Springer-Verlag, 1993, 1-37
- [9] Jay M, Richards MP. Diet in the Iron Age cemetery population at Wetwang Slack, East Yorkshire, UK: Carbon and nitrogen stable isotope evidence [J]. Journal of Archaeological Science, 2006, 33: 653-662
- [10] Richards MP, Hedges REM. 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]. Journal of Archaeological Science, 1999, 26: 712-722
- [11] deNiro MJ. Postmortem preservation and alteration of *in vivo* bone collagen isotope ratios in relation to palaeodietary reconstruction [J]. Nature, 1985, 317: 806-809
- [12] Ambrose SH. Preparation and characterization of bone and tooth collagen for stable carbon and nitrogen isotope analysis [J]. Journal of Archaeological Science, 1990, 17: 431-451
- [13] Richards MP, West E, et al. Isotope analysis of human and animal diets from the Hanamiai archaeological site (French Polynesia) [J]. Archaeology in Oceania, 2009, 44: 29-37
- [14] O'Leary MH. Carbon isotope fractionation in plants [J]. Phytochemistry, 1981, 20(4): 553-567
- [15] deNiro MJ, Epstein S. Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals [J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1978, 42(5): 495-506
- [16] Yoneda M, Suzuki R, et al. Isotopic evidence of inland-water fishing by a Jomon population excavated from the Boji site, Nagano, Japan [J]. Journal of Archaeological Science, 2004, 31: 97-107

- [17] Hedges REM, Reynard LM. Nitrogen isotopes and the trophic level of humans in archaeology[J]. *Journal of Archaeological Science*, 2007, 34: 1240-1251
- [18] 张雪莲. 应用古人骨的元素同位素分析研究其食物结构[J]. *人类学学报*, 2003, 22(1): 75-84
- [19] 中国社会科学院考古研究所. 科技考古的方法与应用[M]. 北京: 文物出版社, 2012, 129
- [20] Barrett JH, Richards MP. Identity, gender, religion and economy: New isotope and radiocarbon evidence for marine resource intensification in early historic Orkney, Scotland, UK[J]. *European Journal of Archaeology*, 2004, 7(3): 249-271
- [21] 胡耀武, 李法军, 等. 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[J]. *人类学学报*, 2010, 29(3): 264-269
- [22] 陈兆善. 昙石山遗址自然遗物综述[A]. 见: 福建博物院编. 春华秋实: 福建博物院建院80周年纪念文集[C]. 福州: 福建教育出版社, 2013: 156-162
- [23] Rolett BV, Zheng Z, et al. Holocene sea-level change and the emergence of Neolithic seafaring in the Fuzhou Basin (Fujian, China)[J]. *Quaternary Science Reviews*, 2011, 30: 788-797
- [24] 陈伟光. 华南沿海全新世海平面变动的几个问题[J]. *台湾海峡*, 1987, 6(3): 207-213
- [25] 祁国琴. 福建闽侯昙石山新石器时代遗址中出土的兽骨[J]. *古脊椎动物与古人类*, 1977, 15(4): 301-306
- [26] 林凤英. 昙石山遗址第十次发掘出土的哺乳动物[J]. *福建文博*, 2012(2): 26-29
- [27] Kjellstrom A, Storå J, et al. Dietary patterns and social structures in medieval Sigtuna, Sweden, as reflected in stable isotope values in human skeletal remains[J]. *Journal of Archaeological Science*, 2009, 36: 2689-2699
- [28] 王洋, 南普恒, 等. 相近社会等级先民的食物结构差异——以山西聂店遗址为例[J]. *人类学学报*, 2014, 33(1): 82-89
- [29] Flad R. Ritual or structure? Analysis of burial elaboration at Dadianzi, inner Mongolia[J]. *Journal of East Asian Archaeology*, 2001, 3: 23-51
- [30] 彭鹏. 墓葬等级分析中一种量化方法的思考——以大甸子墓地为例[J]. *边疆考古研究*, 2011, 10: 54-72
- [31] 福建博物院. 昙石山遗址(福建省昙石山遗址1954-2004考古发掘报告)[R]. 尚未出版
- [32] 福建省昙石山遗址博物馆. 2009年昙石山遗址考古发掘简报[J]. *福建文博*, 2013(2): 25-31
- [33] 孙岩, 杨红育. 中国西北地区新石器时代的男女葬俗及其所反映的社会观念——以马家窑文化和齐家文化为例[A]. 见: 林嘉琳、孙岩编. 性别研究与中国考古学[C]. 北京: 科学出版社, 2006, 15-32
- [34] 潘其凤. 大甸子墓葬出土人骨研究[A]. 见: 中国社会科学院考古研究所编. 大甸子——夏家店下层文化遗址与墓地发掘报告[R]. 北京: 科学出版社, 1996, 224-322
- [35] 吴瑞满. 墓葬习俗中的性别角色研究——以内蒙古自治区大甸子墓地为例[A]. 见: 林嘉琳、孙岩编. 性别研究与中国考古学[C]. 北京: 科学出版社, 2006, 33-70
- [36] Schurr MR. Stable nitrogen isotopes as evidence for the age of weaning at the Angel site: A comparison of isotopic and demographic measures of weaning age[J]. *Journal of Archaeological Science*, 1997, 24: 919-927
- [37] 陈铁梅. 定量考古学[M]. 北京: 北京大学出版社, 2005, 74-82
- [38] Chi Z, Hung H-C. The emergence of agriculture in southern China[J]. *Antiquity*, 2010, 84: 11-25
- [39] 郭怡, 胡耀武, 等. 青龙泉遗址人和猪骨的C、N稳定同位素分析[J]. *中国科学: 地球科学*, 2011, 41(1): 52-60
- [40] Fuller DQ, Qin L, et al. The domestication process and domestication rate in rice: Spikelet bases from the lower Yangtze[J]. *Science*, 2009, 323: 1607-1610
- [41] 赵志军. 有关农业起源和文明起源的植物考古学研究[J]. *社会科学管理与评论*, 2005(2): 82-91
- [42] 裴安平. 稻作与史前社会演变的关系新探[A]. 见: 浙江省文物考古研究所编. 浙江省文物考古研究所学刊(第八辑)[C]. 北京: 科学出版社, 2006, 141-167
- [43] 南川雅男, 松井章, 等. 由田螺山遗址出土的人类与动物骨骼胶质炭氮同位素组成推测河姆渡文化的食物资源与家畜利用[A]. 见: 北京大学中国考古学研究中心, 浙江省考古研究所编. 田螺山遗址自然遗存综合研究[C]. 北京: 文物出版社, 2011, 262-269
- [44] 胡耀武, 王根富, 等. 江苏金坛三星村遗址先民的食谱研究[J]. *科学通报*, 2007, 52(1): 85-88
- [45] 赵志军. 栽培稻与稻作农业起源研究的新资料和新进展[J]. *南方文物*, 2009(3): 59-63
- [46] 陈有喜. 昙石山遗址及其自然环境演变的探讨[D]. 福州: 福建师范大学, 2010, 46-51
- [47] 臧振华. 从台湾南科大坵坑文化遗址的新发现检讨南岛语族的起源地问题[A]. 见: 浙江省文物考古研究所编. 浙江省文物考古学学刊(第八辑)[C]. 北京: 科学出版社, 2006, 337-348
- [48] 童恩正. 中国南方农业的起源及其特征[J]. *农业考古*, 1989(2): 57-71