

DOI: 10.16359/j.cnki.cn11-1963/q.2017.0056

牙齿残留物反映的闽西新石器时代人类食谱

关莹^{1,2,3}, 周振宇⁴, 范雪春⁵, 高星^{1,3}

1. 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所, 北京 100044; 2. 现代古生物学和地层学国家重点实验室, 中国科学院南京地质古生物研究所, 南京 210008; 3. 中国科学院脊椎动物演化与人类起源重点实验室, 北京 100044;
4. 中国社会科学院考古研究所, 北京 100710; 5. 福建省博物院, 福州 350000

摘 要: 本项目对福建闽西地区奇和洞与南山两处新石器时代遗址出土古人类牙齿进行了表面残留物提取与鉴定, 通过对其中淀粉粒残留物的种类与数量对比, 讨论了全新世初期至中期闽西地区古人类对植物资源的利用方式。这些古人类牙齿表面包含四大类形态不同的淀粉粒: 1) 多面体形; 2) 圆形或椭圆形; 3) 圆锥形; 4) 水滴形。这些淀粉粒分别代表了禾本科植物种子、植物地下根茎部分和疑似的坚果类, 这些都是古人类容易获得的野生食物资源, 在新石器时代古人类的饮食中占据着重要的地位。

关键词: 晚期智人; 牙结石; 残留物; 古代食谱

中图分类号: K871.11; 文献标识码: A; 文章编号: 1000-3193(2018)04-0631-09

Neolithic human diet revealed by the dental residues in West Fujian

GUAN Ying^{1,2,5}, ZHOU Zhenyu³, FAN Xuechun⁴, GAO Xing^{1,5}

1. Institute of Vertebrate Paleontology and Paleoanthropology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100044; 2. State Key Laboratory of Paleobiology and Stratigraphy in Nanjing Institute of Geology and Paleontology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008; 3. Institute of Archaeology in Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 100710; 4. Fujian Museum, Fuzhou 350000; 5. Key Laboratory of Vertebrate Evolution and Human Origins of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100044.

Abstract: Both of the Nanshan and the Qihedong are Neolithic sites in western Fujian Province of Southeast China, from which human remains were discovered with cultural remains such as lithic artifacts, bone artifacts, potteries and the like. Human teeth from these two sites were processed for plant residues extraction in the Key Laboratory of Vertebrate Evolution and Human Origins of Chinese Academy of Sciences. Based on their morphological attributes, the plant starch grains identified could be classified into four types: 1) polyhedral grain; 2) oval or rounded grain; 3) coniform grain; and 4) water drop-shaped grain. These grains are considered to be

收稿日期: 2016-08-31; 定稿日期: 2017-02-23

基金项目: 现代古生物学和地层学国家重点实验室开放基金 (123101); 国家重点基础研究发展计划 (973 计划: 2015CB953803)

作者简介: 关莹, 女, 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所博士、副研究员, 主要从事史前考古学与植物考古学研究。

E-mail: guanying@ivpp.ac.cn

Citation: GuanY, Zhou ZY, Fan XC et al. Neolithic human diet revealed by the dental residues in West Fujian[J]. Acta Anthropologica Sinica, 2018, 37(4): 631-639

from seeds of Poaceae plants, roots and tubers, and probably nuts. Based on the starch evidence, a transitional subsistence strategy from early to middle Holocene is discussed. Although early cultivation had already emerged in this area, wild plant food still played a very important role in the daily diet.

Key words: *Homo sapiens*; Dental calculus; Residues; Ancient diet

1 引言

20 世纪 90 年代开始, 西方开始出现有关牙齿结石残留物的研究, 即通过对牙齿化石表面存留的物质进行处理, 提取出植物性残留, 以各种手段鉴别出植物的种类和性质, 研究者们开始认识到了牙齿表面的植物性残留物质能够如实地反映古人类生存时期的饮食情况^[1-4]。21 世纪以后, 西方研究者逐渐将该方法应用于中美洲农业起源的领域中, 并取得了良好的效果, 不仅能够对植物残留所反映的植物类型进行判断, 还能够解读相应植物的生长属性, 即野生或种植, 这对判断中美洲种植业兴起的时间起到了关键性的作用^[5-7]。目前, 我国此方面研究展开的较少, 曾有学者将该方法应用于新石器时代猪食谱的研究中, 为探讨我国谷物类作物的栽培历史提供了重要证据^[8]。另有学者对 4000 BP 的新石器时代古人类牙齿结石进行了分析, 对当时人类采用的生计方式进行了判断^[9]。这些少量的研究为探索新石器时代我国古代居民的生产生活模式提供了重要线索。

我国更新世末期和全新世遗址出土的古人类化石丰富, 但除形态学研究以外, 其他手段采用甚少, 而同位素分析、古 DNA 分析不仅需要破坏标本, 更难以对一些年代久远的标本提取有效信息。牙齿结石分析提供了一个新的研究视角, 使我们能够更加充分地利用化石标本, 在无损的前提下对古人类的生存背景进行分析。本项研究选取了位于我国东南区福建省境内的两处闽西全新世遗址, 根据对其出土人类牙齿表面残留物的分析, 讨论福建地区新旧石器过渡时期至新石器时代古人类对植物资源利用的方式以及相关问题。

2 考古学背景

本项目涉及的遗址分别为福建省漳平市的奇和洞遗址和三明市明溪县的南山遗址。奇和洞遗址位于福建省漳平市东北 42 km 处, 地理坐标 25°31'03"N, 117°39'14"E, 海拔 442 m, 发育在石炭纪船山组石灰岩中。2011 年 1 月, 在遗址发掘过程中, 文化层的第 3 层发现了人类遗骸, 从直接提取的人骨骼样本的测年结果显示奇和洞人的年代距今 9500 年左右^[10], 处于新石器时代早期。经鉴定, 人骨属于 3 个个体, 分别命名为奇和洞 I 号、II 号和 III 号, 本文涉及的 III 号为较完整的男性头骨及其下颌骨。该头骨上颌 16 颗牙齿保存完整, 右侧第一、第二前臼齿、第三臼齿、左侧第二、第三臼齿龋病严重, 特别是两颗右前臼齿, 几乎腐蚀掉大半个牙齿^[3]。

南山遗址位于福建省明溪县城关乡上坊村西北约 600 m 处, 南山是城关 - 坪埠

盆地东侧边缘相对独立的石灰岩山丘, 其东、北侧与低山丘陵相连。地理坐标为 26°21'20.1"N, 117°13'3.1"E, 海拔 320~388 m。南山遗址发现于 1986 年, 福建省博物院于 1988 年对 3 号洞, 2005、2006 年对 4 号洞进行了小规模试掘, 2012-2013 年, 中国社会科学院考古研究所、福建博物院、明溪县博物馆等单位对 4 号洞再次进行考古发掘。4 号洞新石器时代遗存的年代为距今 5300-4000 年左右^[11], 几乎在所有层位都发现了炭化稻米, 这对研究稻作农业的起源与传播具有重要意义, 中国农业大学张文绪教授对 2005 年 4 号洞出土炭化稻的鉴定与研究后, 认为这些稻谷是一个演化早期的, 原始的粳型古栽培稻种群^[12]。2014 年, 在对洞穴的继续发掘中, 在原研究者所划定的文化期二期堆积中出土了处于不同地层中的 5 座墓葬, 每座墓葬中均发现一具人骨, 五座墓葬具有叠压打破关系, 但通过墓葬碳屑测年数据看, 五座墓葬时间跨度极小, 均为距今 4300 年左右, 炭化稻米其所在层位均有发现。其中墓葬 1 (M1)、墓葬 2 (M2) 和墓葬 3 (M3) 中出土人骨中的上下颌骨保存较完整, 为提取人牙齿残留物提供了条件。

3 材料与方法

本项研究所针对的材料即为来自奇和洞遗址和南山遗址出土古人类牙齿表面的残留物样品。研究者在遗址发掘现场, 对刚出土的古人类牙齿进行了现场采样, 采用消毒金属工具对牙齿表面的牙结石、其他非土壤质附着物进行了提取, 并使用博朗 (Oral-B 3176 型) 超声波牙刷对相应牙齿进行了进一步清洗采样 (表 1)。值得说明的是, 以往的工作中, 对石制品、陶制品进行采样时, 超声波牙刷或超声波清洗槽即可完成初步提取, 而在采集牙齿表面物质的时候, 我们采用金属工具对牙冠及牙根与牙冠交界部位进行了刮取, 以获得尽可能多的表面物质。与此同时, 我们还采集了与化石伴生的土壤样品, 以用于对比。这些样品被统一带回中国科学院古脊椎动物与古人类研究所脊椎动物演化与人类起源实验室, 采用相同的实验室流程对其进行了处理。植物残留物中最主要的两个类型是淀粉粒和植硅体, 淀粉粒极易受到破坏, 要首先提取, 形成淀粉粒样品, 对剩余物继续处理, 最后提取出植硅体样品, 处理过程大致分为浓缩、抗絮凝、重液浮选几个步骤^[13], 具体技术细节为:

表 1 牙结石残留物分析样品信息
Tab.1 Dental calculus sample information

序号	遗址名称	标本号	采样号	淀粉粒样品号	植硅体样品号
1	奇和洞	头骨III	S001	SS001	PS001
2	奇和洞	头骨III	S002	SS002	PS002
3	奇和洞	头骨III	S003	SS003	PS003
4	奇和洞	头骨III	S004	SS004	PS004
5	南山	M1T	S007	SS007	PS007
6	南山	M2T	S008	SS008	PS008
7	南山	M3T	S033	SS033	PS033
8	南山	M2T	S034	SS034	PS034
9	南山	M1T	S035	SS035	PS035

A. 浓缩。将蒸馏水注入样品，放入离心机中，以 2000 rpm 的转速离心 5 分钟，倾倒掉表面液体，在试管中保留约 5 ml 液体。此步骤目的为获得浓缩样品，同时去除了一定数量的黏土及杂质。

B. 抗絮凝处理。在每份样品中加入 10 ml 浓度为 0.1% 的乙二胺四乙酸纳 (NaEDTA) 溶液。然后固定在往复型振动器上，晃动 2 小时以上，以使淀粉粒从土壤颗粒中脱离出来。完成后加入蒸馏水进行离心清洗。

C. 淀粉粒浮选。在每份样品中加入约 5 ml 密度为 1.6 g/ml 的多钨酸钠溶液，置入离心机，以 2000 rpm 的转速离心 5 min，将试管表面液体倒入单独的淀粉粒样品试管，即为淀粉粒样品。再重复此步骤一次，以获得更多样品。将所得样品加入蒸馏水离心清洗以移除多钨酸钠溶液。

D. 植硅体样品提取。采集淀粉粒样品后的剩余物即为植硅体粗样。在样品中加入 10 ml 浓度为 0.1% 的乙二胺四乙酸纳 (NaEDTA) 溶液。然后固定在往复型振动器上，晃动 12 小时以上，以使植硅体从土壤颗粒中脱离出来。完成后加入蒸馏水进行离心清洗。

E. 植硅体浮选。在每份样品中加入约 5 ml 密度为 2.3 g/ml 的多钨酸钠溶液，置入离心机，以 2000 rpm 的转速离心 5 min，将表面液体倒入植硅体样品试管，作为植硅体样品。再重复此步骤一次，以获得更多样品。将所得样品加入蒸馏水离心清洗。最后即得到植硅体样品。

对视觉效果上较为透明，无明显杂质的样品可以省略掉大多数步骤，采用离心机浓缩之后即可制作样片。

4 实验结果

牙齿表面提取物和周边土壤样品经实验室处理得到了截然不同的结果。与人类化石伴生的 5 份土壤样品（奇合洞遗址 2 份，南山遗址 3 份），经与牙齿残留物完全相同的处理步骤，仅发现了植物纤维和少量形态不规则，不具备鉴定特征的植硅体，不含有任何淀粉粒；而人类牙齿表面提取物中均或多或少地发现了淀粉植物粉粒残留。奇和洞遗址和南山遗址均位于福建西部，土壤酸性大，使得淀粉粒很难在土壤堆积中长时间保存，石制品表面的微缝隙、陶制容器、牙齿表面微缝隙及牙结石为淀粉粒提供了良好的保护作用，避免了酸性土壤对它的侵蚀，使从考古遗址中发现淀粉粒成为可能。因此，我们认为，本次实验所提取到的淀粉粒残留物均来自于人类牙齿微缝隙中的附着物，而非来自于周围土壤的污染，可以以此为依据探讨古人类饮食结构问题。

本次实验除 SS007 样片中得到数量较大淀粉粒样品以外，其他样片中各类植物微体遗存稀少（表 2），缺乏植物种属鉴定的统计学意义，同种植物相同器官中所储藏的淀粉类也有可能因成熟度、水热条件等因素呈现极大的形态和尺寸变异，因此不能对其进行细致的种属鉴定；其中少量的植硅体和植物器官碎屑也因形态不规则，无明显鉴定特征而在本文不予讨论。

尽管不能对淀粉粒进行具体的种属鉴定，但根据其尺寸和形态（图 1: c, d; 图 2: e, f），我们基本可以作一定的大类推断。所发现的淀粉粒大致属于四种类型（图 3；表 3）：

表 2 残留物中的植物微粒统计
Tab.2 Frequency of plant microremains

序号 (No.)	标本 (Specimens)	载玻片 (Slide)	淀粉粒 (Starch grain, <i>n</i>)	植硅体 (Phytolith, <i>n</i>)	器官碎屑 (Organ scrap, <i>n</i>)	总计 (Total, <i>n</i>)
1	头骨III	SS001	2	0	0	2
2	头骨III	SS002	0	0	2	2
3	头骨III	SS003	0	0	2	2
4	头骨III	PS004	0	2	0	2
5	M1T	SS007	>150	0	0	>150
6	M2T	SS008	1	0	0	1
7	M2T	SS034	2	0	0	2
8	M1T	SS035	1	0	0	1

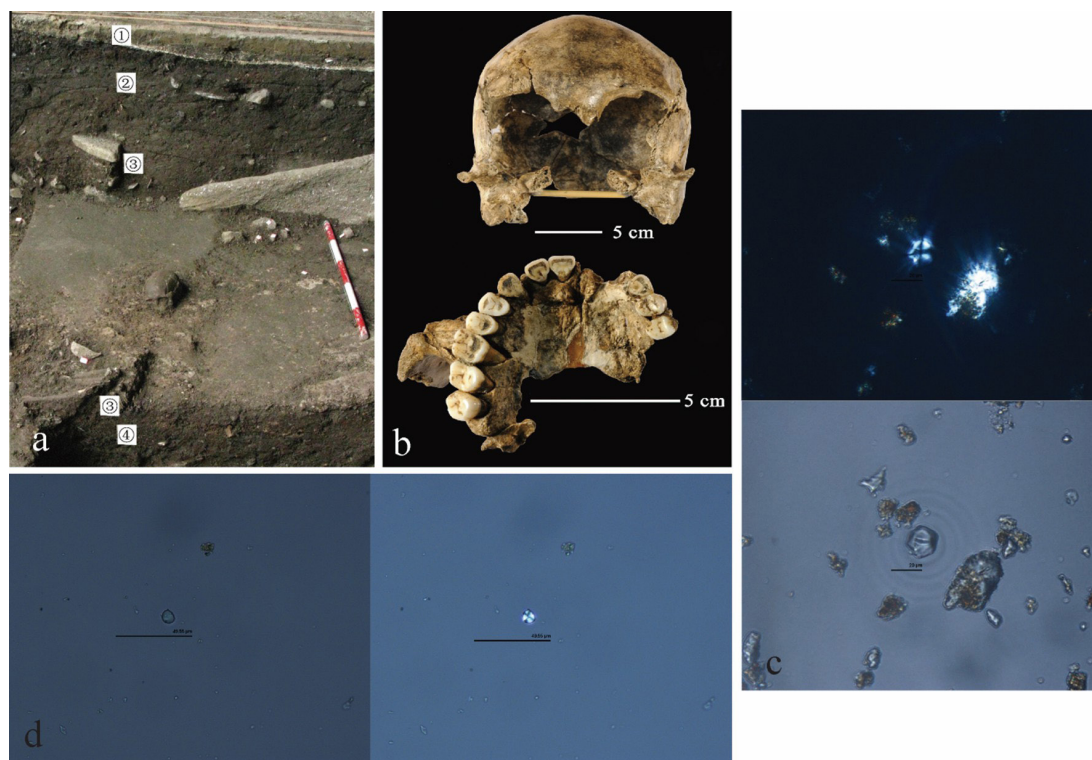


图 1 福建奇和洞遗址出土人土牙齿表面残留物

Fig.1 Residues from human teeth of the Qihedong site in Fujian province

a. 奇和洞遗址 3 号头骨出土现场; b. 奇和洞遗址 3 号头骨正面 (上) 与底面 (下) 观 (由吴秀杰研究员提供); c、d. 奇和洞遗址 III 号头骨牙齿表面淀粉粒残留物

a. Qihedong skull III in situ; b. Qihedong skull III (provided by Dr. Wu); c、d. Starch grains from Qihedong skull III

1) 多面体形 (图 3: a)。该类型出现在奇和洞 III 号头骨 (图 1: c) 和南山遗址墓葬 2 出土人骨牙齿残留物中, 最大直径分别为 $21.48\mu\text{m}$ 和 $18.52\mu\text{m}$, 脐点不可见, 表面光滑, 无突起物, 中心部位具有明显裂隙, 消光十字窄而直或略宽。

2) 圆形或椭圆形 (图 3: b)。该类型出现在南山遗址墓葬 1、2 出土人骨牙齿残留物中 (图 2: e), 直径分布范围为 $4-15\mu\text{m}$, 侧面呈透镜状, 脐点不可见, 表面光滑, 无突起物、裂



图 2 南山遗址采样发现植物遗存

Fig.2 Macro and micro plant remains from the Nanshan site in Fujian Province

a. 采集牙结石残留物样品现场; b. 南山遗址与头骨同层浮选出的炭化稻样品; c. 南山遗址 1 号墓葬人骨出土情况; d. 南山遗址 2 号墓葬人骨出土情况; e. 南山遗址 1 号墓葬头骨牙齿表面样品中发现的淀粉粒; f. 南山遗址 2 号墓葬头骨牙齿表面样品中发现的淀粉粒 / a. Human skull in situ; b. Carbonized rice remains in Nanshan site; c. Nanshan grave I; d. Nanshan grave II; e. Starch grains from human teeth of Nanshan grave I; f. Starch grains from human teeth of Nanshan grave II

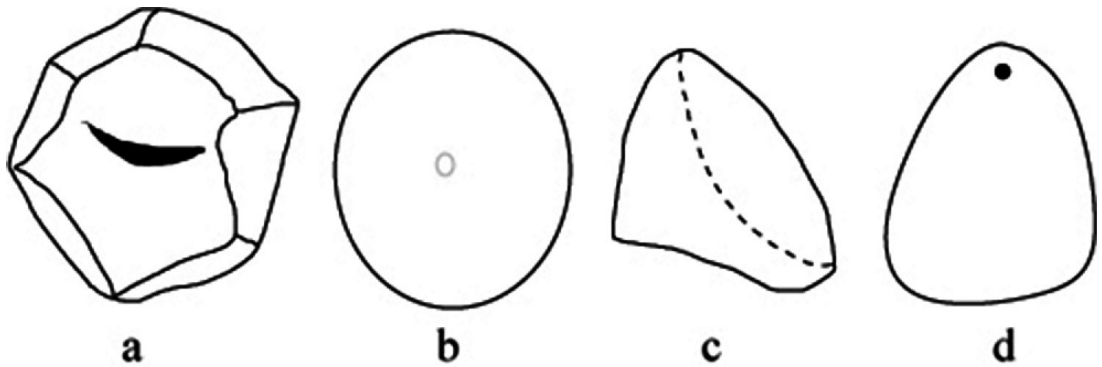


图 3 四种类型的淀粉粒形态示意图

Fig.3 Illustrations of different starch grain morphologies

表 3 不同样片中的淀粉粒形态描述
Tab.3 The morphological measurement of the discovered starch grains

序号	标本号	载玻片号	形状	最大直径 (μm)	最小直径 (μm)	脐点	脐点位置	层纹	裂隙	表面形态	突起物	消光十字
1	头骨III	SS001	多面体形	21.48	17.04	不可见	/	不可见	线形	光滑	无	直窄臂
2	头骨III	SS001	圆锥形	9.29	4.65	不可见	/	不可见	无	光滑	无	直窄臂
3	M1T	SS007	圆形	15	4	模糊可见	中心	不可见	无	糊化	无	直窄臂
4	M2T	SS034	圆形	13.33	12.59	开放	中心	不可见	无	光滑	无	直窄臂
5	M2T	SS034	近立方体	18.52	12.59	不可见	/	不可见	Y形	光滑	无	直宽臂
6	M2T	SS008	水滴形	13.1	10.95	闭合	偏心	不可见	无	光滑	无	直窄臂
7	M1T	SS035	椭圆形	9.63	6.67	模糊可见	中心	不可见	无	光滑	无	直窄臂

隙, 消光十字窄而直。墓葬 1 头骨牙齿残留物中所发现的大量淀粉粒呈现不同程度的糊化状态, 表明了其所在的植物部分经过了加热处理。

3) 圆锥形(图 3: c)。该类型出现在奇和洞 III 号头骨牙齿残留物中(图 1: d), 圆锥尖部至底平面垂直高度 $4.65\mu\text{m}$, 底面直径 $9.29\mu\text{m}$, 脐点不可见, 表面光滑, 无突起物、裂隙, 消光十字窄而直。

4) 水滴形(图 3: d)。该类型出现在南山遗址墓葬 2 出土人骨牙齿残留物中(图 2: f), 最大直径 $13.1\mu\text{m}$, 最小直径 $10.95\mu\text{m}$, 可见位于水滴状淀粉粒窄端的闭合脐点, 表面光滑, 无突起物、裂隙, 消光十字窄而弯曲。

根据以往研究, 上述类型 1) 多面体形、2) 圆形或椭圆形, 在形态、尺寸和表面特征上落在某些禾本科植物种子淀粉粒的变异范围内, 其中类型 2) 更是符合小麦族植物种子的淀粉粒特征^[14-16]。样片 SS007 中出现了大于 100 粒的圆形或椭圆形淀粉粒, 我们对其中的 100 个显微镜下视觉相对清晰的个体进行了尺寸统计, 其中最大粒径为 $15\mu\text{m}$, 最小粒径 $4\mu\text{m}$, 平均值为 $10.85\mu\text{m}$, 标准偏差值为 2.62。根据现生植物淀粉粒对比数据库, 大麦(*Hordeum*)、小麦(*Triticum*)和黑麦(*Secale*)等种子均产生这种透镜状、带有窄直的消光十字的淀粉粒。此外, 根据以发表文献, 小麦族中山羊草属(*Aegilops*)和冰草属(*Agropyron*)也会产生相似形态的淀粉粒。这些植物的野生种属在我国具有广泛分布, 而栽培种在新石器时期出现在南北各地, 因此很难对其来源做出更加细致的判断。

类型 3) 圆锥形, 曾被描述为来自坚果类植物的果实^[6, 17], 如栗子(*Castanea*)和橡子(*Quercus*)。这些坚果果实淀粉粒呈现的形态包括圆形、椭圆形、不对称肾形、对称肾形、圆锥形等, 有的个体存在 Y 形开放脐点, 从形态上可以与禾本科植物淀粉粒区分开。但基于该类型只有一粒, 限制了我们对此类型的判断, 因此目前不能对此类型给出结论。

类型 4) 水滴形, 呈现了薯蓣属(*Dioscorea*)、竹芋属(*Maranta*)、百合属(*Lilium*)和贝母属(*Fritillaria*)植物的地下储藏器官, 即根茎部分所产生的淀粉粒的形态特征^[6, 18-26]。根据对比数据库, 薯蓣属、百合属和贝母属植物的地下储藏器官产生的淀粉粒与该类型最为相似, 均体现为颗粒呈不对称椭圆形或水滴形、消光十字臂弯曲、脐点不居中等特征。薯蓣属、百合属和贝母属的地下储藏器官均可以食用^[27], 并且至今还被当地居民采集。

5 讨论与结语

福建省位于我国东南沿海,境内自然资源丰富,早在全新世之前,就生长着亚热带常绿阔叶林,以锥栗属和青岗栎属占绝对优势,林下由凤尾蕨属、桫欏属等蕨类和黎科植物构成,属温暖湿润的亚热带气候^[28],为当地古人类的生活动提供了得天独厚的自然条件。进入全新世以后,更加温暖湿润,海平面也不断升高,使得本地人口迅速增长。奇和洞 III 号个体的年代为距今 9500 年左右,尽管全新世阶段古人类产生了与此前差别巨大的生存模式,形成了不同的人地关系,但距今 9500 年时还处于更新世向全新世的过渡时期,在这一阶段,人们还很大程度上保留着狩猎采集人群的生活传统,其中之一就是饮食结构的繁杂化。就植物资源而言,此时古人类尚未掌握,或尚未熟练掌握原始种植技术,没有形成以栽培作物种子作为主要碳水化合物来源的生计习惯,因此在牙齿表面残留物中发现了形态不明的两类淀粉粒。古人类可能很大程度上要依赖采集各类野生植物可食用部分维持生计。而到了距今 5300-4300 年左右的南山时期,以出土的原始栽培稻为证据,表明此时古人类已掌握了原始栽培技术。尽管只有炭化稻出土,但这些禾本科植物种子和植物根茎类淀粉粒能够证明,南山古人类的饮食内容并不限于稻米,栽培作物并不能完全满足遗址居民的碳水化合物需要,在其食谱中,还存在着多种采集而来的野生植物。本次实验中所发现的禾本科植物种子、根茎类、疑似的坚果类等都是古人类容易获得的野生食物资源,这些资源在新石器时代古人类的饮食中占据着重要的地位。

我国更新世至全新世的过渡阶段,是新-旧石器时代交替的重要时期,此时古人类生计模式发生了重大转变,由游牧、狩猎采集经济转向定居的农业经济,对于这种转变发生的机制、过程和驱动因素,目前学术界还没有定论,而这些问题中的最重要因素之一就是古人类对植物资源的选择,即由随机采集转为定向采集,随后产生零星种植,最后走向了种植业。因此,对古人类食谱的分析和研究对上述问题的解答将起到至关重要的作用。

需要说明的是,本项研究为具体的个案分析,样本量也较单薄,单凭这些观察或许不足以讨论经济类型转变等宏观问题,希望在今后的工作中,能够获得更多的样本,对福建更多地区的新石器时代古人类牙齿或遗址中陶器样品进行分析,使个案之间能够相互关联,共同为我国东南地区的新石器时代经济形态和人类生存模式提供更多的证据。

致谢: 在遗址调查和采样的过程中,作者受到了中国社会科学院考古研究所王明辉副研究员、福建省博物院黄运明先生、危长福先生、王晓阳女士等的大力协助;中国科学院古脊椎动物与古人类研究所孔川鄂女士协助进行了大量的实验室工作;本文成文过程中,中国科学院古脊椎动物与古人类研究所吴秀杰研究员、邢松副研究员等与作者进行了有益的讨论,作者在此一并表示感谢。同时感谢审稿人对本文提出宝贵意见和建议。

参考文献

- [1] Henry AG, Piperno DR. Using plant microfossils from dental calculus to recover human diet: a case study from Tell al-Raqa'1, Syria[J]. *Journal of Archaeological Science*, 2008, 35: 1943-1950
- [2] Lalueza FC, Pe'rez-Pe'rez A. Dietary information through the examination of plant phytolith on the enamel surface of human dentition[J]. *Journal of Archaeological Science*, 1994, 21: 29-34
- [3] Lalueza FC, Juan J, Albert RM. Phytolith analysis on dental calculus, enamel surface, and burial soil: Information about diet and paleoenvironment[J]. *American Journal of Physical Anthropology*, 1996, 101: 101-113
- [4] Gobetz KE, Bozarth SR. Implications for late Pleistocene mastodon diet from opal phytoliths in tooth calculus[J]. *Quaternary Research*, 2001, 55: 115-122
- [5] Piperno DR, Dillehay TD. Starch grains on human teeth reveal early broad crop diet in northern Peru[J]. *PNAS*, 2008, 105(50): 19622-19627
- [6] 关莹, 高星. 旧石器时代残留物分析: 回顾与展望 [J]. *人类学学报*, 2009, 28(4): 418-429
- [7] Scott CL, Magennis A. A phytolith and starch record of food and grit in Mayan human tooth tartar[C]. In: Pinilla A, Juan-Tresserras J, Machado MJ, eds. *Primer Encuentro Europeo Sobre el Estudio de Fitolitos. Gra'ficas Fersa'n*, 1997: 211-218
- [8] 葛威. 淀粉粒分析在考古学中的应用. 博士学位论文, 2010, 中国科技大学.
- [9] 李明启, 杨晓燕, 王辉, 等. 甘肃临潭陈旗磨沟遗址人牙结石中淀粉粒反映的古人类植物性食物 [J]. *中国科学: 地球科学*, 2010, 40(4): 486-492
- [10] 吴秀杰, 范雪春, 李史明, 等. 福建漳平奇和洞发现的新石器时代早期人类头骨 [J]. *人类学学报*, 2014, 33(3): 2-12
- [11] 中国社会科学院考古研究所, 福建博物院, 明溪县博物馆. 福建明溪县南山遗址 4 号洞 2013 年发掘简报 [J]. *考古 (待刊)*
- [12] 张文绪. 福建明溪南山遗址古稻研究 [C]. 见: 裴安平, 张文绪. *史前稻作研究文集*. 北京, 科学出版社, 2009: 197-204
- [13] 关莹, Pearsall DM, 高星, 等. 石制品残留物分析的实验室方法 - 以水洞沟石制品处理为例 [J]. *人类学学报*, 2010, 29(4): 130-140
- [14] Reichert ET. *The Differentiation and Specificity of Starches in Relation to Genera, Species, etc*[M]. Carnegie Institution of Washington, Washington DC, 1913
- [15] Piperno DR, Weiss E, Holst I, et al. Processing of wild cereal grains in the Upper Palaeolithic revealed by starch grain analysis[J]. *Nature*, 2004, 430: 670-673
- [16] Li M, Yang X, Wang H, et al. Starch grains from dental calculus reveal ancient plant foodstuffs at Chenqimogou site, Gansu Province[J]. *Science China Series D: Earth Sciences*, 2010, 53: 694-699
- [17] Yang X, Yu J, Lu H, et al. Starch grain analysis reveals function of grinding stone tools at Shangzhai site, Beijing[J]. *Science in China Series D: Earth Sciences*, 2009b, 52: 1164-1171
- [18] Emiola LC, Delarossa LC. Physicochemical characteristics of yam starches[J]. *Food Biochemistry*, 1981, 5: 115-130
- [19] Erdman M. Starch from arrowroot (*Maranta arundinacea*) grown at Tifton[J]. *Georgia Cereal Chemistry*, 1986, 63: 277-279
- [20] Chandler-Ezell K, Pearsall DM, Zeidler JA. Root and tuber phytoliths and starch grains document manioc (*Manihot esculenta*), arrowroot (*Maranta arundinacea*), and Lleren (*Calathea* sp.) at the Real Alto site, Ecuador[J]. *Economic Botany*, 2006, 60: 103-120
- [21] Moorthy SN. (Eds). *Tuber Crop Starches*[C]. Central Tuber Crops Research Institute Press, Thiruvananthapuram, 1994.
- [22] Gebre-Mariam T, Schmidt PC. Some physico-chemical properties of Dioscorea starch from Ethiopia[J]. *Starch (Stärke)*, 1998, 50: 241-246
- [23] Hoover R. Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches: a review[J]. *Carbohydrate Polymers*, 2001, 45: 253-267
- [24] Pérez E, Lares M. Chemical composition, mineral profile, and functional properties of canna (*Canna edulis*) and arrowroot (*Maranta spp*) starches[J]. *Plant Foods for Human Nutrition (Formerly Qualitas Plantarum)*, 2005, 60: 113-116
- [25] Fullagar R, Field J, Denham T, et al. Early and mid Holocene tool-use and processing of taro (*Colocasia esculenta*), yam (*Dioscorea* sp.) and other plants at Kuk Swamp in the highlands of Papua New Guinea[J]. *Journal of Archaeological Science*, 2006, 33: 595-614
- [26] Yang X, Jiang L. Starch grain analysis reveals ancient diet at Kuahuqiao site, Zhejiang Province[J]. *Chinese Science Bulletin*, 2010, 55: 1150-1156
- [27] 福建省科学技术委员会. 福建植物志 (第六卷) [M]. 福州: 福建科学技术, 1995
- [28] 王绍鸿, 俞鸣同, 唐丽玉, 等. 福建深沪湾海底森林遗迹分布区全新世自然环境演变 [J]. *第四纪研究*, 2001, 21(4): 352-358