



论文

饮食文化认同与人群融合: 关中地区十六国时期人骨的C、N稳定同位素分析

陈峰^{1,2}, 孙辰爽^{1,2}, 刘呆运³, 田有前³, 胡耀武^{1,2*}

1. 复旦大学文物与博物馆学系, 上海 200433

2. 复旦大学科技考古研究院, 上海 200433

3. 陕西省考古研究院, 西安 710100

* 通讯作者, E-mail: ywhu@fudan.edu.cn

收稿日期: 2025-02-28; 收修改稿日期: 2025-08-19; 接受日期: 2025-08-27; 网络版发表日期: 2025-09-22

国家社会科学重大项目(21&ZD237)和国家自然科学基金项目(421172007)资助

摘要 在饮食文化认同的视角下揭示北方草原的游牧人群与中原农耕人群之间的交流融合, 一直是探索中华民族共同体形成和发展的关键所在。十六国时期的关中地区, 农牧人群交织共存, 是农业和游牧饮食文化交流碰撞的重要舞台。迄今为止, 尚缺乏在饮食文化认同视角下, 揭示这一地区农牧人群交融的直接证据。为此, 本文以西安咸阳机场遗址二、三期出土十六国时期25例个体的36例人骨(其中部分为同一个体的肋骨和肢骨)为分析对象, 开展C、N稳定同位素分析。结果表明, 先民主要摄食C₄类(粟、黍)食物, 兼有C₃类(麦、稻等)食物, 和(或)以其副产品为食的动物, 反映了其生存方式是以粟作农业为主, 兼有麦稻种植以及家畜饲养的农业经济。中高等级墓葬个体的人骨同位素数据反映了当时社会阶层中, 中高等级人群对于中原农耕经济的认同和依赖。对比关中地区汉至北魏时期以及同时期北方草原匈奴和拓跋鲜卑人群的人骨稳定同位素数据, 发现北方草原游牧人群在秦汉时期即吸纳和发展了粟作农业, 十六国时期迁入关中后完全适应并采用了农耕经济, 这体现了游牧人群对农耕饮食文化认同的渐进变化, 并促进了这一时期不同人群和文化的交融。本研究, 是国内首例聚焦十六国这一关键时期的稳定同位素生物考古研究, 为探索这一时期中原地区饮食文化认同与农牧人群交融提供了很好的范例。

关键词 十六国时期, 关中地区, 稳定同位素分析, 饮食文化认同

1 引言

饮食文化属于人类重要的文化特征之一。在特定地区的社会环境、经济状况、宗教、政治因素等共同作用下该地域的人群共同遵循的饮食习俗或饮食习惯(徐建新等, 2005)。基于共同的饮食习俗或饮食习惯而

在不同人群之间产生的饮食文化认同, 是探索人群碰撞、交流乃至融合的重要标志(徐建新等, 2005; 刘洋, 2015)。

一部中华民族史, 就是一部各民族交往交流交融汇聚成多元一体中华民族的历史(纳日碧力戈和萨仁, 2022)。目前, 中华民族的形成与发展研究已经成为中

中文引用格式: 陈峰, 孙辰爽, 刘呆运, 田有前, 胡耀武. 2025. 饮食文化认同与人群融合: 关中地区十六国时期人骨的C、N稳定同位素分析. 中国科学: 地球科学, 55(10): 3477–3488, doi: [10.1360/SSTe-2025-0042](https://doi.org/10.1360/SSTe-2025-0042)

英文引用格式: Chen F, Sun C, Liu D, Tian Y, Hu Y. 2025. Dietary cultural identity and ethnic integration: Stable carbon and nitrogen isotope analysis of human bones in the Guanzhong region during the Sixteen Kingdoms period (304–439 AD). Science China Earth Sciences, 68(10): 3343–3355, <https://doi.org/10.1007/s11430-025-1676-y>

国考古学研究的重大问题和研究前沿之一(习近平, 2020; 霍巍, 2021; 赵宾福, 2021)。其中, 北方草原的游牧人群与中原农耕人群之间的交流融合一直是探索中华民族形成过程的焦点(霍巍, 2021)。《后汉书·乌桓鲜卑列传》中记载, 北方草原的游牧人群“食肉饮酪”的饮食文化与中原农耕人群“五谷为养, 五果为助, 五畜为益, 五菜为充”的饮食文化相去甚远, 其“逐水草而居”的生存策略也区别于农耕人群“以农为本、安土重迁”的生活方式(郭霭春, 1981)。因此, 二者在长期的共处过程中如何实现饮食文化认同, 是了解二者相互交融并促进中华民族形成的关键所在。

十六国时期, 是中华民族形成发展的关键阶段(瞿林东, 2022), 以匈奴、鲜卑、羯、氐、羌为代表的“五胡”纷纷内徙, 在中原建立政权, 揭开了中古史上第一次民族迁徙融合的浪潮(费孝通, 2021)。这一时期, 关中地区先后受到前赵(匈奴)、后赵(羯)、前秦(氐)、后秦(羌)、大夏(党项)等政权的统治(王仲荦, 1979), 且广泛分布有以匈奴、羯、羌、乌桓、鲜卑等为代表的北方游牧人群(时军军, 2020; 徐晨, 2022), 形成了“关中之八百余万口, 率其少多, 戎狄居半”的分布格局。考古学证据也表明十六国关中地区的墓葬呈现出胡汉交融的特点, 在墓葬形制上承袭汉制, 同时在随葬器物(如俑群组合、陶俑类型等)上又呈现出明显的“草原胡风”(付龙腾, 2019; 董雪迎, 2022; 韦正, 2022)。由此可见, 十六国时期的关中地区已经成为了农、牧人群发生碰撞、交流和融合的关键舞台, 也是探索中华民族形成与发展的重要区域。

从饮食与生存方式的角度来看, 关中地区是中国北方粟作农业发展兴盛的核心地区之一。在该地区粟类作物(粟和黍)的种植可追溯到新石器时代的老官台时期(陈畅和宋柯欣, 2017)。之后, 粟作农业逐渐发展兴盛, 自仰韶文化起就成为该地区人群主要依赖的生存方式, 且一直延续至汉代, 并以此形成了以粟作农业为基础的农耕人群的饮食文化(张国文, 2011; 郭怡等, 2016; 胡耀武等, 2020)。到了十六国时期, 关中地区农牧人群交织共存, 农牧饮食文化在此交汇碰撞。那么此时关中地区先民在农业与游牧的饮食习惯和生存策略之间的选择, 便能够深刻反映先民的饮食文化认同。

因此, 研究关中地区十六国时期先民的食物结构和生存策略, 对揭示民族融合的进程、探讨人群之间饮食文化的认同程度、进而探索中华民族共同体形成的动因具有重要理论和实践意义。

历史文献为我们了解当时“胡汉”饮食文化的认同提供了重要的线索。《晋书·姚襄载记上》记载: “屯于盱眙, 招掠流人, 众至七万, 分置守宰, 劝课农桑”, 反映了后秦姚襄时期业已注重农业。《邈中记》记载了羯族在过寒食节时, “作醴酪, 又煮粳米及麦为酪, 捣杏仁煮作粥”, 体现了羯族对于中原农产品的接纳。《洛阳伽蓝记》中记载: “(王)肃初入国, 不食羊肉及酪浆, 常饭鲫鱼羹, 渴饮茗汁…经数年后, 肃与高祖殿会, 食羊肉酪粥甚多”, 则反映了来自草原游牧人群饮食中“食肉饮酪”的饮食方式也被中原汉族人群所接受。

我国不断开展的考古发掘则为了解关中地区十六国时期的饮食文化提供了重要的实物资料。在陕西省西咸新区空港新城雷家村十六国墓地中一个墓葬方坑内, 发现了大量风化成轻薄白壳的黍¹⁾。此外, 在关中地区十六国墓葬中也出土了陶鸡、陶猪、陶狗等动物组合, 反映了这一时期业已存在家畜饲养业(陕西省考古研究院和咸阳市文物考古研究所, 2023)。以上考古证据皆显示在十六国时期, 关中地区已经形成了相对发达的农耕经济。然而, 需要指出的是, 相较史前时代而言, 对本地区该时段开展的动物考古、植物考古的研究工作仍严重缺乏, 尤其是缺乏先民食物结构和生存策略的直接证据, 无法深入探讨农耕经济对先民的食物来源以及饮食文化融合和人群融合的影响。

当前, 对考古遗址中出土的人骨进行C、N稳定同位素分析, 在揭示先民食物结构的基础上, 探索人群生存策略上的变迁并以此了解人群的交流 and 融合, 是国际生物考古领域的主流研究方法之一。其原理基于“我即我食”(You are what you eat), 即生物组织中的同位素组成等同于所摄取饮食的同位素组成与同位素富集效应(千分之几)之和(Kohn, 1999)。利用此原理, 即可根据生物组织的同位素比值推断其食物来源。由于其能够直接反映人群的食物结构与生存方式, 该方法在探讨具有不同饮食文化、生存方式的人群(族属)之间的交流融合问题上具有鲜明优势和重要价值。目前, 该方法

1) 央广网。2019-01-11。陕西首次在十六国墓葬中发现祭祀遗迹和谷物遗存。文章链接为: https://news.cnr.cn/native/city/20190111/t20190111_524478190.shtml

已被成功用于探讨如公元前8~7世纪古希腊外来殖民者与本地人群在饮食习惯上融合与对立(Reitsema等, 2020)、公元1~6世纪意大利的古罗马人与外来游牧人群的饮食文化差异(Riccomi等, 2020)、中世纪英国本地人群与盎撒人在饮食文化乃至人群的交流融合(Leggett, 2021)、12~13世纪葡萄牙不同宗教背景人群在食物来源上的显著差异等等(MacRoberts等, 2020). 我国学者主要利用该方法探索游牧人群生业经济的转型以及农业经济对人群融合的影响, 如: 拓跋鲜卑南迁的过程中由游牧向农耕的转变(Zhang等, 2015; 张国文和易冰, 2022)、大同地区北魏先民的饮食文化滞后性(侯亮亮等, 2017)、内蒙古地区东周和战国时期农业经济在民族融合进程中的重要作用等(张昕煜等, 2018; 刘晓迪等, 2021).

此外, 考虑到人体不同部位(如肋骨和肢骨)在组织代谢速率上存在一定的差异, 如肋骨约为3~5年, 肢骨约为10年及以上(Cox和Sealy, 1997; Hedges等, 2007), 因此基于人体不同部位骨骼的同位素值差异, 还可进一步了解该个体在死亡前夕是否曾经发生过食物资源的变化以及迁徙行为. 近期报道的北周时期关中地区的鲜卑贵族和精英阶层生前的食物变化及其反映的汉化和鲜卑化过程(Sheng等, 2023), 就是应用此方法的典型案例. 除此以外, 该方法还被成功应用于东周蜀国高等级妇女(Yi等, 2024)、春秋时期陕西马腾空遗址秦人(蔡慧娉等, 2023)、隋唐安徽欧盘窑址陶工等相关研究(Yi等, 2019).

迄今为止, 尚未见到采用C、N同位素分析方法在饮食文化认同的视角下探索十六国期间农牧人群的融合. 有鉴于此, 本研究拟对关中十六国墓葬出土的人骨遗骸(包括同一个体的肋骨和肢骨)进行C、N稳定同位素分析, 讨论十六国时期关中地区先民的食物来源、生存方式, 通过肋骨和肢骨同位素数据的比较, 进一步剖析人群的饮食习惯变迁和可能的迁徙行为, 并结合墓葬等级、时代等考古学背景, 在饮食文化认同的视角下探讨十六国时期关中地区人群的交融, 为揭示中华民族共同体形成的动因提供重要科学证据.

2 材料与方法

2.1 遗址考古背景及样品选择

本文的研究材料来自于西安咸阳机场遗址二期、

三期发掘的一批十六国墓葬, 包括北贺村、底张村、西蒋村、T5航站楼墓地, 它们分布在今西安咸阳机场及其周边地区(图1a、图1b). 从数量占比来看, 这批十六国墓葬中高等级贵族墓葬居多(如本文研究中出自北贺村M298的女性个体等)、中级官吏及贵族墓葬次之, 低级官吏较少, 无平民墓葬. 墓葬均为斜坡墓道的土洞墓, 墓葬中砖封门多用汉代青砖、空心砖混合砌筑, 多见几个墓室与侧室, 墓葬总长从十余米到几十余米不等. 随葬品组合主要由陶器、金属器及玉石器、漆木器组成, 其中陶器和金属器数量占比最高(刘呆运和赵海燕, 2023; 林泽洋, 2025). 根据墓葬等级的高低, 其墓葬性质规模、随葬器物类型和组合均有所不同. 墓葬形制在继承汉晋形制的基础上有所发展, 而在随葬品器物类型与组合上则呈现出“草原胡风”(例如乐俑中的胡乐因素、佛像中的犍陀罗风格、武士俑中的胡元素等等)(韦正, 2022; 冉万里和刘呆运, 2023; 王若洋等, 2024; 林泽洋, 2025). 截至目前为止, 关于这批十六国墓葬的考古信息尚未完全公布, 仅有部分墓葬的资料见刊, 本文在此对这几个墓葬资料进行了统计(陕西省考古研究院和咸阳市文物考古研究所, 2023; 刘呆运和赵海燕, 2023; 林泽洋, 2025), 见表1.

墓葬中埋藏人骨以仰身直肢葬为主, 多见家族合葬, 出土人骨保存情况较好. 尽管目前尚无体质人类学和遗传学研究结果证实人群的族源等正式资料发表, 但是考虑到十六国时期在关中地区建立的少数民族政权, 包括前赵(匈奴)、后赵(羯)、前秦(氐)、后秦(羌)、大夏(党项)等(王仲荦, 1979). 这批墓葬个体不仅是当时少数民族政权中的中高等级人群, 且在其墓葬中存在有丰富的“胡”元素. 因此, 综合以上历史背景和墓葬规格与文化面貌, 可以推定这批十六国中高等级个体来自多个民族(刘呆运和赵海燕, 2023), 很可能是来自北方草原的牧业人群.

本文选取了这批十六国墓葬中出土的25例成年个体. 考虑到人体的肋骨与肢骨的更新速率有所不同, 其中肋骨约为3~5年, 肢骨约为10年及以上(Cox和Sealy, 1997; Hedges等, 2007), 因此可以基于不同骨骼同位素的变化来探讨个体生前的饮食变化和可能的迁徙行为(Xia等, 2018; Yi等, 2021; 蔡慧娉等, 2023). 所以本研究中尽量对每一个个体同时取肋骨和肢骨(共36例), 以期了解先民死前不同时期内可能出现的食物变化. 样品信息如表2所示.

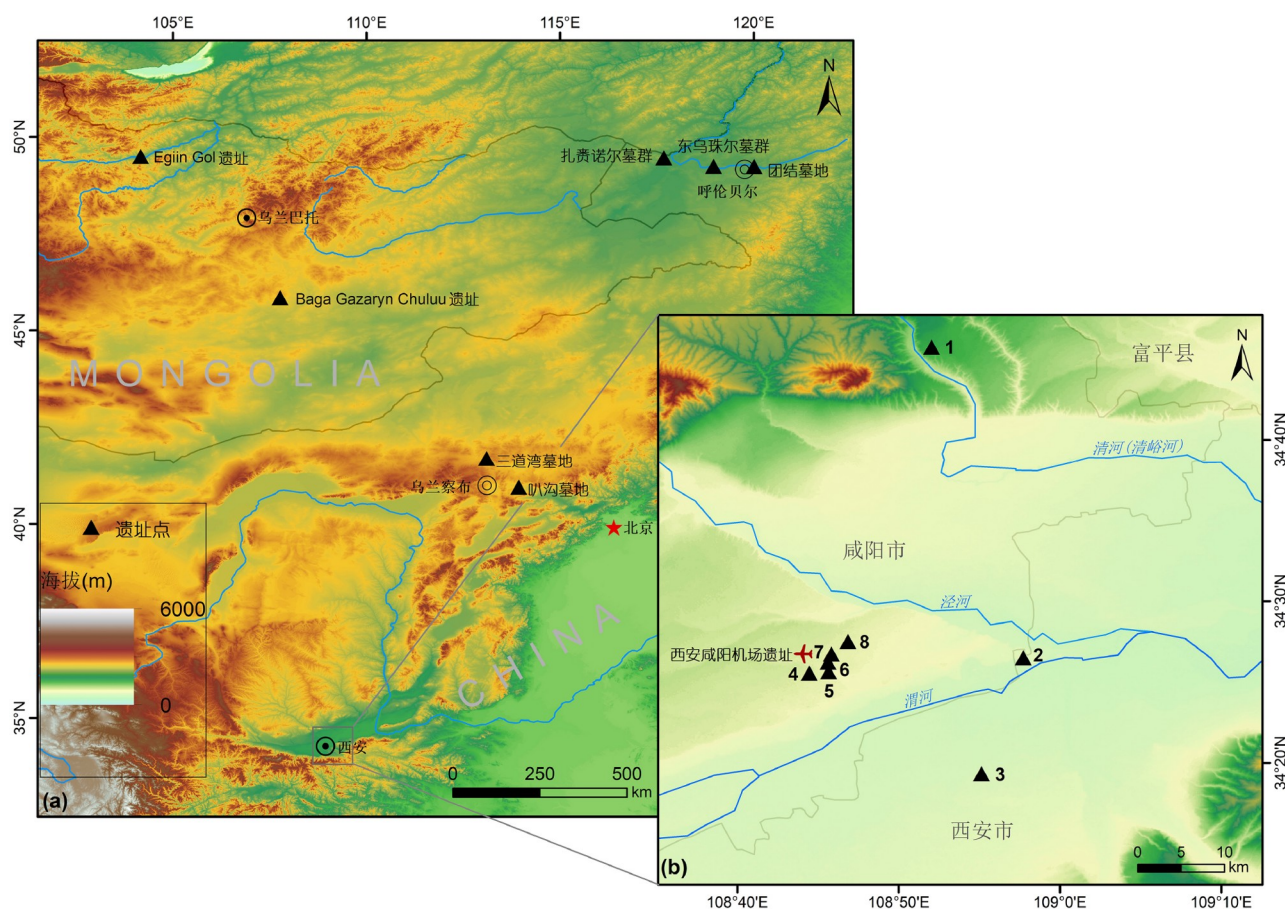


图 1 关中和北方草原地区若干遗址分布示意图

(a) 匈奴: Egiin Gol和Baga Gazaryn Chuluu 遗址. 拓跋鲜卑: 扎赉诺尔、东乌珠尔、团结、三道湾、叭沟墓群. (b) 汉代: 1. 官道墓地, 2. 光明墓地, 以及西安咸阳机场遗址汉墓. 北魏: 3. 郭家村墓地. 十六国: 西安咸阳机场遗址十六国墓群, 包括4. 北贺村墓地; 5. 底张村墓地; 6和7. 西蒋村墓地; 8. T5航站楼墓地

2.2 骨胶原制备与稳定同位素测试

骨胶原的制备基于Richards和Hedges提出的方法 (Richards和Hedges, 1999), 并稍作优化. 首先, 使用手术刀刮除骨骼表面污染物, 用天平称取大约1g骨样. 之后, 将骨样浸泡于0.5mol/L的盐酸(HCl)溶液中, 在4℃下进行脱钙. 每隔48小时更换一次酸液, 直至骨样松软且无气泡产生, 用去离子水清洗骨样至中性. 之后, 将骨样置于0.125mol/L氢氧化钠(NaOH)溶液中, 于4℃环境下浸泡约20h后, 同样洗至中性. 之后将骨样浸泡在0.001mol/L的盐酸(HCl)溶液中, 于70℃下进行约48h的明胶化. 之后进行热滤, 并得到纯净的骨胶原溶液. 最后冷冻干燥得到纯净骨胶原样品, 称重后计算骨胶原得率(表2).

在复旦大学科技考古研究院稳定同位素考古实验室, 进行骨胶原C、N元素含量及稳定同位素比值测定. 测试仪器为元素分析仪(Flash IRMS)联用稳定同位素质谱仪(Thermo Scientific 253 plus). 使用Acetanilid作为标准品进行元素含量测定, 使用USGS40、USGS62和USGS89标准品对同位素比值进行校正. 以 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{15}\text{N}$ 值表示稳定同位素比值, 其中 $\delta^{13}\text{C}$ 以V-PDB为标准, $\delta^{15}\text{N}$ 值以AIR为标准. 二者的分析精度均为 $\pm 0.2\%$. 骨胶原的测试结果见表2.

3 结果

3.1 骨骼污染鉴别

人骨遗骸在埋藏过程中, 受到湿度、温度以及微

表 1 本研究涉及若干十六国墓葬信息统计表

墓葬	墓葬 总长(m)	墓道长度(m)/ 台阶数(级)	墓室	天井	过洞	封门	土雕	人骨(具)	随葬器物	参考文献
北贺村M298	75.25	65.4 /4	2	2	2	2	有	1	共124件. 陶器、釉陶器、铜器、铁器、金银器、骨器、漆木器等. 现前室北壁西侧残留一柱戟武士图	国家文物局, 2011; 刘呆运和赵海燕, 2023; 林泽洋, 2025
北贺村M300	43.5	-/2	2	1	1	1	有	1	出土一块刻字砖, 上书“京兆石安鲁王”	刘呆运和赵海燕, 2023;
底张村M54	37.70	27.4 /2	4	0	0	1	无	1	共50件. 陶器、铁器、铅器、漆木器等. 出土的陶连枝灯上贴塑有8尊佛坐像	陕西省考古研究院和咸阳市文物考古研究所, 2023

生物等多种环境因素的影响, 其成分和生化性质可能发生变化(Price等, 1992; Hedges, 2002). 本次制备的36例骨胶原, 其含量范围为0.9%~12.3%, 低于现代样品的标准含量(约20%)(Ambrose, 1990). 这说明, 经过长期的成岩作用, 骨胶原已经部分降解. 同时, 参考目前常用的骨骼污染鉴别方法和指标, C (15.3%~47%)、N (5.5%~17.3%)含量, 以及C/N摩尔比值(2.9~3.6)(De-Niro, 1985), 本文提取的36例骨胶原均符合标准, 样品保存状况良好, 可用于稳定同位素分析.

3.2 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{15}\text{N}$ 值分析

未污染样品(包括肋骨和肢骨)的 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{15}\text{N}$ 值的散点图, 如图2所示. 由图2可以看出, 所有样品的 $\delta^{13}\text{C}$ 值表现为混合的 C_3 和 C_4 类型食物. 其 $\delta^{13}\text{C}$ 值范围为 -14.7‰ ~ -10.1‰ , 均值是 $(-12.4\pm 1.2)\text{‰}$ ($n=36$), $\delta^{13}\text{C}$ 值整体分布偏正, 表明 C_4 类型食物在先民食物中占比较高. 人骨胶原的 $\delta^{15}\text{N}$ 值范围为 7.1‰ ~ 10.6‰ , 均值为 $(8.8\pm 0.9)\text{‰}$ ($n=36$), 表明先民的食物中包含了一定量的动物蛋白. 肢骨的 $\delta^{13}\text{C}$ 值范围为 -14.5‰ ~ -10.8‰ , 均值为 $(-12.6\pm 1.1)\text{‰}$ ($n=21$), $\delta^{15}\text{N}$ 值范围为 7.1‰ ~ 10.6‰ , 均值为 $(8.8\pm 1.0)\text{‰}$ ($n=21$). 肋骨的 $\delta^{13}\text{C}$ 值范围为 -14.7‰ ~ -10.1‰ , 均值为 $(-12.2\pm 1.3)\text{‰}$ ($n=15$), $\delta^{15}\text{N}$ 值范围为 7.5‰ ~ 10.4‰ , 均值为 $(8.9\pm 0.8)\text{‰}$ ($n=15$). 肢骨和肋骨的同位素数据总体上呈现相互重叠现象(图2), 表明先民在死前的一段时间内食物来源较为稳定. 整体来看, $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{15}\text{N}$ 值的变异范围较大, 指示人群内部存在一定的食物结构差异.

为进一步考察十六国先民食物结构与其性别年龄的关系, 本文按照性别和年龄分组, 对不同组别的同位

素值进行了差异性检验, 检验结果见表3. 个体性别、年龄鉴定参照邵象清提出的鉴定标准(邵象清, 1985), 年龄分组参考了体质人类学常用的分组标准(朱泓, 2004). 由于取样时兼顾了肢骨与肋骨, 因此一个个体可能同时有肢骨与肋骨的同位素测试结果, 在这里将此二者的均值作为该个体的同位素值进行统计, 具体到个体层面的肢骨与肋骨同位素值差异分析则在讨论4.2中详述. 如表3所示, 不同性别、不同年龄组的十六国先民在食物结构上并无显著差异, 表明不同组别人群食物结构整体上较为一致. 这表明, 图2中观察到的人群内部存在的食物结构差异可能主要受到个体生前饮食习惯的影响, 而与性别和年龄之间的关系较小. 尽管如此, 从表3仍然可以发现 $\delta^{13}\text{C}$ 值随着年龄的升高而逐渐降低的趋势, 表明年龄越大的个体其食物中 C_4 类型食物占比越小, C_3 类型食物占比越大. 相比之下 $\delta^{15}\text{N}$ 值与年龄组之间未呈现出类似的趋势.

4 讨论

4.1 先民的生存策略

目前, 由于缺乏十六国时期关中地区的动植物考古资料, 本文通过历史文献和少许考古资料, 为通过同位素数据诠释先民的生存方式奠定基础.

《邨中记》中记载, “五胡”之一的羯族人在过寒食节时“作醴酪, 又煮粳米及麦为酪, 捣杏仁煮作粥”. 同样在十六国时期建都于关中的前秦, 其统治者苻坚曾以麦为军粮以应对与东晋的战事(张洁, 2011), 这表明此时关中地区麦作农业已经广泛普及. 成书于北魏时期的《齐民要术》系统总结了北魏以前黄河中下游

表 2 十六国时期人骨样品信息及稳定同位素测试结果^{a)}

实验编号	出土单位	墓地	性别	年龄分组	取样部位	$\delta^{13}\text{C}(\text{‰})$	$\delta^{15}\text{N}(\text{‰})$	C含量(%)	N含量(%)	C/N	骨胶原得率(%)
XJ-1	M25-1	底张村	\	\	肢骨	-12.1	8.8	42.8	16.4	3.0	4.1
XJ-2					肋骨	-11.5	8.4	44.1	16.1	3.2	8.7
XJ-3	M163-1	西蒋村	男	中年	肢骨	-12.7	9.2	40.2	14.9	3.1	2.4
XJ-4	M163-2	西蒋村	女	青年	肢骨	-10.8	9.2	40.8	15.1	3.2	5.2
XJ-5	M25-2	底张村	\	\	肢骨	-13.2	8.1	42.5	15.7	3.2	3.8
XJ-6	M12	底张村	\	\	肢骨	-14.5	7.1	42.6	15.8	3.1	2.8
XJ-7	M25-3	底张村	\	\	肢骨	-12.1	8.7	42.9	16.0	3.1	6.6
XJ-8					肋骨	-12.3	8.7	46.5	16.3	3.3	7.3
XJ-9	M54	底张村	\	\	肢骨	-12.7	10.6	43.8	16.2	3.2	13.0
XJ-10	M300	北贺村	\	\	肋骨	-11.3	10.1	45.1	16.2	3.2	8.4
XJ-11	M298	北贺村	女	青年	股骨	-13.2	8.7	36.3	13.5	3.2	2.8
XJ-12	M163	西蒋村	女	青年	股骨	-11.4	8.8	37.0	13.8	3.1	0.9
XJ-13					肋骨	-10.1	9.0	44.0	16.3	3.1	5.8
XJ-14	M250-1	北贺村	男	中年	股骨	-11.2	9.8	42.4	15.6	3.2	6.1
XJ-15					肋骨	-10.5	10.1	43.3	16.0	3.2	6.5
XJ-16	M250-2	北贺村	女	老年	股骨	-11.4	10.4	40.5	15.0	3.1	8.3
XJ-17	M52	底张村	\	\	胫骨	-12.6	9.8	43.0	15.8	3.2	8.3
XJ-18	M4158-1	T5航站楼	女	老年	股骨	-14.3	8.2	41.1	15.2	3.2	17.6
XJ-19					肋骨	-14.7	7.8	43.5	16.3	3.1	9.9
XJ-20	M4158-2	T5航站楼	男	中年	股骨	-13.7	9.1	42.6	15.8	3.2	6.5
XJ-21					肋骨	-14.4	7.5	41.9	15.5	3.1	6.3
XJ-22	M4140-2	T5航站楼	\	壮年	股骨	-11.0	7.8	42.4	15.8	3.1	9.4
XJ-23	M4055-1	T5航站楼	男	中年	股骨	-13.2	8.4	25.1	9.2	3.2	0.5
XJ-24					肋骨	-12.6	9.4	42.5	15.7	3.2	3.6
XJ-25	M4055-2	T5航站楼	\	老年	肋骨	-13.0	8.7	42.3	15.8	3.1	6.6
XJ-26	M4055-3	T5航站楼	\	青年	肱骨	-11.2	10.5	31.0	11.1	3.3	2.8
XJ-27					肋骨	-10.5	10.4	41.8	15.5	3.2	4.9
XJ-28	M4055-4	T5航站楼	男	青年	胫骨	-13.9	8.7	38.6	14.4	3.1	4.0
XJ-29					肋骨	-12.1	8.7	43.9	16.2	3.2	6.2
XJ-30	M4061-1	T5航站楼	\	壮年	股骨	-13.3	7.2	29.6	10.7	3.2	0.6
XJ-31	M4061-3	T5航站楼	男	中年	肋骨	-13.1	8.7	43.1	16.0	3.1	8.1
XJ-32	M4061-4	T5航站楼	女	壮年	股骨	-12.9	7.8	43.2	16.0	3.1	9.0
XJ-33					肋骨	-12.5	8.3	35.0	13.1	3.1	1.1
XJ-34	M4062-1	T5航站楼	女	中年	肋骨	-12.2	8.7	43.8	16.2	3.1	8.3
XJ-35	M4062-2	T5航站楼	男	壮年	股骨	-13.0	8.0	28.8	10.5	3.2	0.7
XJ-36					肋骨	-11.7	8.6	42.3	15.6	3.2	5.2

a) “\”表示无数据

地区的农业生产的方方面面,也可为我们了解十六国时期关中地区的农业发展提供有益参考。《齐民要

术·种谷》记载:“谷,稷也,名粟。谷者五谷之总名而非止为粟也,然今人专以稷为谷,望俗名之而。”可以看

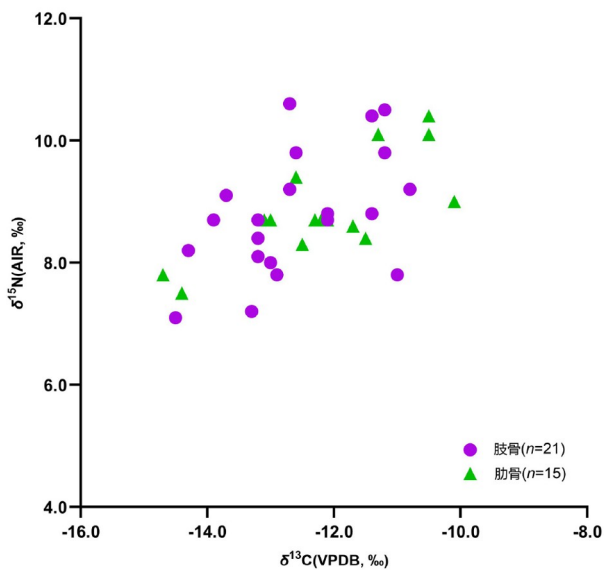


图 2 十六国时期人骨胶原 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{15}\text{N}$ 值的散点图

出,谷由先前的粮食作物的总称变为粟的专称,说明了魏晋南北朝时期粟在农作物中的重要地位。《齐民要术·大小麦》中详细记录了麦类作物的品种、形态、颜色、成熟期等内容。相关的历史学研究也表明十六国时期的关中地区存在着包括粟、麦、水稻在内的多种粮食作物种植(何红中, 2010; 葛天, 2019; 刘欣和朱宏斌, 2019)。陕西西咸新区空港新城雷家村十六国墓地,在其中一个墓葬中的方坑中,发现有大量黍,已经风化成轻薄的白壳,这也是这一时期先民们对于黍类食物利用的直接体现¹⁾。所以,关中十六国墓葬人骨的 $\delta^{13}\text{C}$ 值(均值为 $(-12.4\pm 1.2)\text{‰}$, $n=36$),反映了先民应该同时摄取了 C_3 类食物(包括麦和稻以及以其副产品为

食的动物)和 C_4 类食物(粟和黍以及以其副产品为食的动物)。

此外,如《魏书·食货志》中记载:“世祖之平统万,定秦陇…牛羊则无数。”《齐民要术》中更是详细记载了羊、牛、猪、鸡、狗等牲畜的培育、饲养、烹制方法等等。可见这一时期的家畜饲养业已经十分发达。相关的历史学研究也表明这一时期的畜牧主要是以家庭为单位的家畜饲养为主,如家猪、家狗、家禽等(张洁, 2011)。考古资料也显示,关中地区十六国墓葬中多出土以猪、狗、鸡等家畜为代表的动物陶俑(陕西省考古研究院和咸阳市文物考古研究所, 2023),这些动物陶俑也体现了这一时期家畜饲养的重要地位。因此,关中十六国墓葬人骨的 $\delta^{15}\text{N}$ 值(均值为 $(8.8\pm 0.9)\text{‰}$, $n=36$),表明先民食物中包含一定量的动物蛋白,很可能来源于饲养的家畜。

综上所述,在综合历史和考古背景之下,先民的同位素数据清晰地反映了先民主要依赖于农业经济(粟作、麦作和稻作)以及家畜饲养业。

4.2 同一个体肢骨与肋骨的 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{15}\text{N}$ 值的对比分析

人类个体的肋骨与肢骨有着不同的更新速率和周期,肢骨的更新周期为10年及以上,而肋骨的更新周期为3~5年(Cox和Sealy, 1997; Hedges等, 2007),通过对比同一个体肢骨与肋骨的稳定同位素数据,可以了解该个体死亡前一段时间内是否存在食物来源的变化抑或存在可能的迁徙行为(Xia等, 2018; Yi等, 2021; 蔡慧婷等, 2023)。相关研究认为,在肢骨与肋骨的稳定同位素值中出现的1‰及以下的差值可以认为是实验误差或个体

表 3 十六国时期不同性别、不同年龄组个体的 $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ 值统计结果^{a)}

组别		数量	$\delta^{13}\text{C}$ 均值(‰)	$\delta^{15}\text{N}$ 均值(‰)
性别	男	7	-12.7 ± 1.0	8.9 ± 0.6
	女	7	-12.2 ± 1.4	8.9 ± 0.8
<i>T</i> -test			$p=0.279$	$p=0.577$
年龄	青年	5	-11.7 ± 1.3	9.2 ± 0.7
	壮年	4	-12.3 ± 1.0	7.8 ± 0.5
	中年	6	-12.6 ± 1.1	9.0 ± 0.6
	老年	3	-13.0 ± 1.6	9.0 ± 1.2
One-way ANOVA test			$p=0.488$	$p=0.067$

a) 统计软件为SPSS v.20, 性别分组数据使用独立样本*T*检验, 年龄分组使用单因素方差分析, 以 $p<0.05$ 为差异显著。

差异引起,表明几乎没有太大的食物变化;相应的,如果差值在1‰以上,则可被认定为出现了较为明显的食物变化(DeNiro和Schoeniger, 1983).

本文的研究材料中有11例个体同时获得了肢骨与肋骨的C、N同位素数据(图3).由图3可见,11例个体中6例个体的肋骨和肢骨之间的 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{15}\text{N}$ 值之差小于或等于1‰,表明其在死前一段时间内食物来源并未发生明显变化.除此之外,5例个体同位素数据的差值大于1‰.3例个体的 $\delta^{13}\text{C}$ 值出现了不同程度的升高,表明其生前较短时间内增加了粟黍类食物的摄入;1例个体的 $\delta^{15}\text{N}$ 值明显降低,1例个体的 $\delta^{15}\text{N}$ 值明显升高,表明其生前分别减少或增加了肉食资源的摄入.西晋末年,北方草原游牧人群大规模内迁至关中地区,乃有《晋书·江统传》中“关中之八百余万口,率其少多,戎狄居半”的描述.十六国时期,关中地区政权更迭频繁、社会动荡、人口流动性大(时军军, 2020; 徐晨, 2022).这5例个体生前的食物变化,可能源自于生存环境的改变,指示其生前可能存在迁徙行为.

4.3 先民在生存策略上的差异

如前所述,这些十六国墓葬以中高级墓葬为主,低规格墓葬较少(刘杲运和赵海燕, 2023).然而,由于目前对墓葬的考古资料尚未完全整理出来,故无法将墓

葬的等级与先民的同位素数据进行一一对应,深入了解不同等级的先民在食物资源获取上的差异.在此仅能以几例中高等级以及十六国皇室个体的同位素数据一窥不同等级先民食物来源上的不同.

根据我们已经部分掌握但尚未刊出的墓葬资料,结合林泽洋提出的关中地区十六国墓葬等级推定标准(林泽洋, 2025),M54、M300、M250-1、M250-2这四例个体应属于中高等级贵族或官员.由表2可见,这几例个体具有与其他先民较为接近的 $\delta^{13}\text{C}$ 值,但同时表现出了更高的 $\delta^{15}\text{N}$ 值,这表明他们在以粟黍为主、兼有麦稻的食物结构的基础上,还同时摄入了较多的动物蛋白.据《齐民要术》中的记载,十六国北朝时期中原地区已经以 C_4 类农作物(粟类)与 C_3 类农作物(麦类、豆类)等多种副产品作为饲料喂养家畜.因此,这几例个体摄入了较多的动物蛋白,更可能缘于具有更高营养级别的家畜.

个体M298(女性)出土于北贺村墓地.该墓共出土随葬品124件,有陶器、釉陶器、铜器、铁器、金银器、骨器、漆木器等,被认定为前秦的皇室成员(国家文物局, 2011; 刘杲运和赵海燕, 2023).M298的同位素数据($\delta^{13}\text{C}$ 值为-13.2‰; $\delta^{15}\text{N}$ 值为8.7‰),整体上与其他个体的同位素数据极为接近,并未显示出其因身份的不同而造成其食物资源的特殊性.

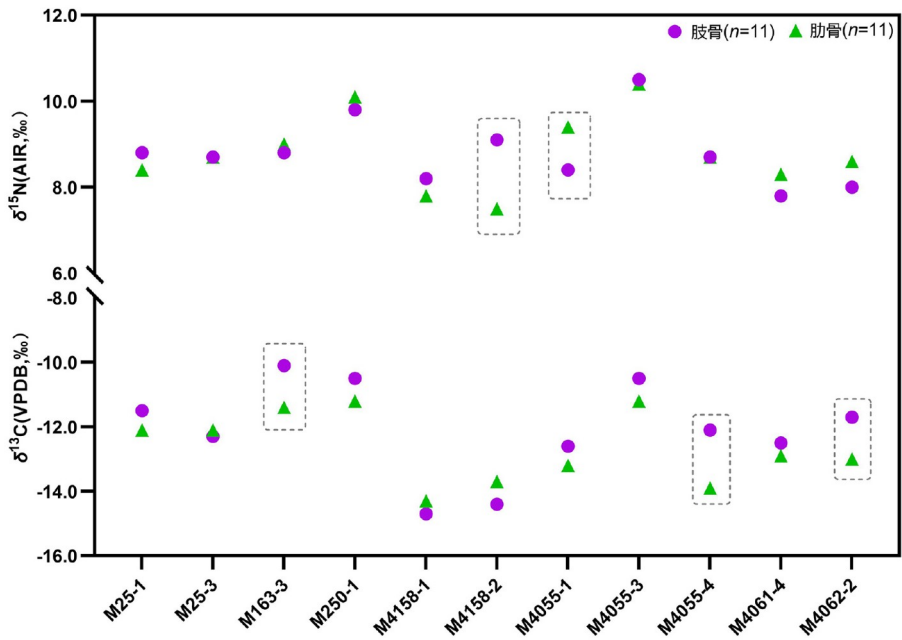


图3 同一个体肢骨与肋骨的 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{15}\text{N}$ 值对照

此外, $\delta^{13}\text{C}$ 值与年龄组之间呈现出一定的相关性. 如表3所示, 年龄越小的个体其食物中 C_4 类食物占比越高, C_3 类食物占比越低. 这表明年龄越小的个体摄入了更多的粟类食物, 而年龄较大的个体则摄入了更多的 C_3 类食物. 先民幼年时期摄取更多粟类食物的现象, 曾出现于陕西仰韶文化半坡遗址(Lei和Hu, 2024)、河南仰韶文化青台遗址(Lei等, 2023)以及四川宝墩文化高山遗址(Yi等, 2021), 被认为是粟类对儿童而言更容易消化且含有更多低过敏性的蛋白质. 由此可以看出, 十六国期间的人群, 很可能沿袭了粟作农业的文化传统. 然而, 考虑到本研究不同年龄阶段人群 $\delta^{13}\text{C}$ 值的差异并不大, 且无任何历史文献方面的支持, 在此我们仅将此现象进行阐述, 并不对其进行过度解读.

由上可以看出, 尽管人群的同位素数据呈现一定差异, 但这种差异似乎并未与先民的等级呈现出明显的相关性. 总体上, 数例高等级个体也基本上与其他等级人群具有相似的食物资源. 显然, 十六国期间先民的生存策略, 主要依赖于关中地区之前业已高度发达的农耕经济.

4.4 关中地区人群的饮食文化认同与融合

汉代, 作为京畿之地的关中地区是当时农耕人群和农耕经济(包括粟作农业、麦稻种植业、家畜饲养业等)的中心(张国文, 2011). 西晋末年至十六国时期, 随着北方草原游牧人群的不断南迁, 关中地区就成为中原农耕人群与游牧人群交锋乃至融合的前沿阵地. 至北魏孝文帝时期, 全面汉化的局面正式形成, 民族的融合和共同发展进入到新的发展阶段(瞿林东, 2022).

在此, 我们收集了关中地区汉代至北魏时期已发表的人骨同位素数据以及同时期北方草原匈奴人群、拓跋鲜卑的人骨同位素数据(表4、图1a、图1b、图4), 将之与本研究的数据进行对比, 并制成误差棒图(图4), 以期在揭示先民生存策略差异性变化与历时性变迁的基础上, 讨论人群的饮食文化认同和人群融合.

西安光明、官道和西咸机场汉代墓地先民是关中地区汉代农业人群的典型代表(张国文, 2011). 其人骨的 $\delta^{13}\text{C}$ 值(均值为 $(-11.5 \pm 1.4)\text{‰}$, $n=42$)和 $\delta^{15}\text{N}$ 值(均值为 $(9.5 \pm 1.1)\text{‰}$, $n=42$)(图4), 表明先民食物来源兼具 C_3 类和 C_4 类食物, 并摄入了一定量的肉类资源. 由此可以看

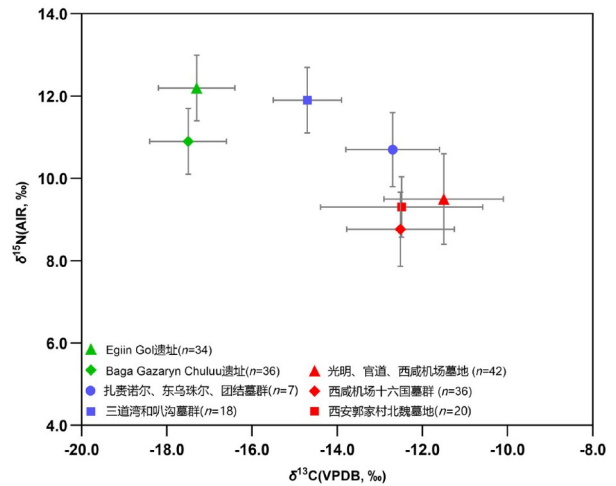


图4 关中与北方草原地区若干遗址出土人骨 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{15}\text{N}$ 值的误差棒图

出, 汉代关中的农业人群以粟作农业为基, 兼种植麦、稻, 并从事家畜饲养业.

十六国时期, 大量北方草原游牧人群进入关中地区. 这一时期先民人骨同位素的 $\delta^{15}\text{N}$ 值(均值为 $(8.8 \pm 0.9)\text{‰}$, $n=36$)明显低于汉代先民(图4), 表明肉食资源比重在人群食物中的地位降低. 同时, $\delta^{13}\text{C}$ 值(均值为 $(-12.4 \pm 1.2)\text{‰}$, $n=36$)也稍低于汉代的农业人群, 但变化幅度不大(图4), 这表明粟类作物依然是十六国时期先民重要的食物来源, 但麦、稻等 C_3 类食物在先民食物中的占比有所增加. 肉食与植物资源利用的相对变化, 似乎形成了一种动态平衡, 麦、稻等食物占比增加, 弥补了肉食资源利用降低带来了缺口. 这充分说明, 内迁的游牧人群不仅继承了汉代以来粟作农业的经济基础, 还主动发展了麦作和稻作经济.

北魏拓跋焘统一北方后, 关中地区正式纳入北魏政权版图(王仲荦, 1979). 与十六国时期人群相比, 西安郭家村北魏墓地人骨同位素的 $\delta^{13}\text{C}$ 值(均值为 $(-12.5 \pm 1.9)\text{‰}$, $n=20$)较为接近, 但 $\delta^{15}\text{N}$ 值(均值为 $(9.3 \pm 0.7)\text{‰}$, $n=20$)却稍有升高(图4). 可以看出, 尽管政权发生了更迭, 但以农为本的经济理念仍然得以延续, 且由于政权的稳定先民获取肉食资源的几率也有所提高.

需要指出的是, 关中地区游牧人群对农业经济的认可与接纳, 可追溯至中国北方草原地区的祖先. 如图4所示, 蒙古国的Egin Gol和Baga Gazaryn Chuluu遗址, 是匈奴人群的典型遗址(Machicek, 2011). 扎赉诺

表 4 关中与北方草原地区若干遗址的人骨C、N稳定同位素数据

位置	遗址	年代	$\delta^{13}\text{C}$ 均值(‰)	$\delta^{15}\text{N}$ 均值(‰)	数据来源
蒙古国	Egiin Gol遗址	200BC~200AD	-17.3±0.9(n=34)	12.2±0.8(n=34)	Machicek, 2011
蒙古国	Baga Gazaryn Chuluu遗址	200BC~200AD	-17.5±0.9(n=36)	10.9±0.8(n=36)	Machicek, 2011
内蒙古, 中国	扎赉诺尔、东乌珠尔、团结墓群	25~200AD	-12.7±1.1(n=7)	10.7±0.9(n=7)	Zhang等, 2015
内蒙古, 中国	三道湾和叭沟墓群	120~386AD	-14.7±0.8(n=18)	11.9±0.8(n=18)	Zhang等, 2015
陕西, 中国	西安光明、官道、西咸机场汉代墓地	汉代	-11.5±1.4(n=42)	9.5±1.1(n=42)	张国文, 2011
陕西, 中国	西咸机场遗址十六国墓群	十六国	-12.4±1.2(n=36)	8.8±0.9(n=36)	本研究
陕西, 中国	西安郭家村墓地	北魏	-12.5±1.9(n=20)	9.3±0.7(n=20)	张国文, 2023

尔、东乌珠尔、团结墓群和三道湾和叭沟墓群则分别代表了拓跋鲜卑早期和中期阶段(Zhang等, 2015)。这些人群皆具有高 $\delta^{15}\text{N}$ 值, 反映其摄取了大量的动物蛋白, 体现出典型牧业人群生存方式的特征。然而, 匈奴与拓跋鲜卑人群的 $\delta^{13}\text{C}$ 值, 却不同程度地呈现 C_4 类食物的特征, 说明其摄取了一定量的粟类食物。由此可以看出, 早在秦汉时期, 北方草原的匈奴与拓跋鲜卑人群就已经部分吸纳和发展了粟作农业(胡耀武, 2023; 侯亮亮等, 2023)。至十六国时期, 南迁至关中地区的先民则在长期与农耕人群的交融过程中, 完全适应并采用了农耕经济, 在食物上呈现出明显的转变(图4)。由此可以看出, 这种农业经济上的联系与文化渊源, 是促使内迁的游牧人群快速适应和转变生存策略的重要推动力之一, 反映了游牧人群对于中原农耕饮食文化的认同由来已久。

总而言之, 我们的研究首次提供了游牧人群进入关中地区以后对于中原农耕饮食文化高度认同的直接证据。关中地区十六国期间的游牧政权对农业经济的认同, 并非一蹴而就的质变, 而是不断发展直至水到渠成的量变。关中地区农耕经济在十六国时期的延续和发展, 促进了这一时期不同人群的融合和文化交融, 为中华民族共同体的形成与发展奠定了经济基础。

5 结论

由西咸机场遗址十六国时期人骨的C、N稳定同位素分析, 可得出如下结论:

(1) 先民的食物来源以粟类食物为主, 包含麦稻和一定量的动物蛋白。生存方式是以粟作农业为主的农业经济, 兼有麦稻种植以及家畜饲养。

(2) 同一个体肢骨和肋骨的稳定同位素值对比显示, 6例个体生前食物来源较为稳定, 5例个体生前食物来源出现明显变化, 推测与个体生前可能存在迁徙行为有关。

(3) M298等特殊个体作为中、高等级墓葬人群的代表, 其人骨稳定同位素数据反映了十六国时期的社会阶层中, 中高等级的人群对农耕经济的认同和依赖。

(4) 通过对比关中地区汉至北魏人群以及同时期北方草原匈奴、拓跋鲜卑人群的人骨稳定同位素数据, 发现牧业人群在秦汉时期即吸纳和发展了粟作农业, 十六国时期迁入关中后完全适应并采用了农耕经济, 这体现了游牧人群对农耕饮食文化认同的渐进变化, 这种饮食文化认同促进了这一时期人群和文化的交融。

最后, 需要指出的是, 因缺乏该墓地动植物的相关考古资料, 本文对人骨同位素数据的讨论或诠释, 可能尚不够清晰。此外, 由于人骨和墓葬考古资料仍在整理之中, 目前对不同等级人群食物来源差异的认识尚不够全面。这需要我们在今后进一步结合考古资料加以细致研究。

致谢 感谢审稿专家为本文修改完善提出的宝贵意见和建议。

参考文献

- 蔡慧婷, 尚雪, 胡耀武, 王志友, 徐雍初. 2023. 陕西西安马腾空遗址春秋时期秦人食谱分析. 第四纪研究, 43: 1493-1502
- 陈畅, 宋柯欣. 2017. 老官台文化生计方式研究. 北方文物, 4: 19-27
- 董雪迎. 2022. 十六国北朝墓葬出土鼓吹俑的类型与分期. 中国国家博物馆馆刊, 12: 37-50

- 费孝通. 2021. 中华民族多元一体格局 民族学文选. 北京: 生活·读书·新知三联书店. 487–493
- 付龙腾. 2019. 关中十六国墓葬所见民族关系研究. 云南民族大学学报(哲学社会科学版), 36: 126–133
- 葛天. 2019. 关中地区稻作农业史考述. 农业考古, 3: 40–46
- 郭霭春. 1981. 黄帝内经素问校注语译. 天津: 天津科学技术出版社. 150
- 郭怡, 夏阳, 董艳芳, 俞博雅, 范怡露, 闻方园, 高强. 2016. 北刘遗址人骨的稳定同位素分析. 考古与文物, 1: 115–120
- 国家文物局. 2011. 2010中国重要考古发现. 北京: 文物出版社. 136–140
- 何红中. 2010. 古代粟作研究. 博士学位论文. 南京: 南京农业大学. 1–215
- 侯亮亮, 古顺芳, 张昕煜, 戴玲玲, 武夏, 张国文, 郭怡. 2017. 农业区游牧民族饮食文化的滞后性——基于大同东信广场北魏墓群人骨的稳定同位素研究. 人类学学报, 36: 359–369
- 侯亮亮, 胡春佰, 赵燕妮, 邓惠. 2023. 内蒙古中南部秦汉时期的家畜饲养方式: 以福路塔墓地动物骨骼的C、N稳定同位素分析为例. 边疆考古研究, 2: 286–298
- 胡耀武, 张昕煜, 王婷婷, 杨岐黄, 胡松梅. 2020. 陕西华阴兴乐坊遗址家养动物的饲养模式及对先民肉食资源的贡献. 第四纪研究, 40: 399–406
- 胡耀武. 2023. 同位素视角下中华文明和中华民族共同体形成与发展的物质基础. 人民论坛·学术前沿, 12: 48–59
- 霍巍. 2021. 中国考古学的历史传统与时代使命. 考古学报, 4: 463–474
- 林泽洋. 2025. 关中地区十六国墓葬等级研究——兼论咸阳布里村M63的墓葬性质. 考古与文物, 2: 79–88
- 刘呆运, 赵海燕. 2023. 关中地区十六国墓葬分布研究. 考古与文物, 2: 78–87
- 刘晓迪, 魏东, 王婷婷, 张昕煜, 胡耀武. 2021. 内蒙古东南部战国时期的农业经济及人群融合. 人类学学报, 40: 764–775
- 刘欣, 朱宏斌. 2019. 汉唐时期关中小麦种植的发展及其影响. 农业考古, 3: 26–31
- 刘洋. 2015. 语言、饮食与文化认同——以上海客家人为例. 博士学位论文. 上海: 上海大学. 1–153
- 纳日碧力戈, 萨仁. 2022. 中华文化共同体的历史演进与内在逻辑. 西北民族研究, 2: 27–38
- 瞿林东. 2022. 论中华民族形成和发展的历史. 北京师范大学学报(社会科学版), 2: 29–53
- 冉万里, 刘呆运. 2023. 略论咸阳底张村十六国墓出土陶连枝灯上的佛像. 考古与文物, 2: 107–114
- 陕西省考古研究院, 咸阳市文物考古研究所. 2023. 陕西咸阳底张村十六国墓M54发掘简报. 考古与文物, 2: 3–16
- 邵象清. 1985. 人体测量手册. 上海: 上海辞书出版社. 34–56
- 时军军. 2020. 魏晋南北朝人口问题研究. 博士学位论文. 郑州: 郑州大学. 1–246
- 王若洋, 李博, 赵占锐. 2024. 咸阳布里村十六国墓M63出土乐俑研究. 考古与文物, 8: 99–108
- 王仲荦. 1979. 魏晋南北朝史. 上海: 上海人民出版社. 187–310
- 韦正. 2022. 民族交融视野下的十六国墓葬. 中原文物, 4: 24–37
- 习近平. 2020. 建设中国特色中国风格中国气派的考古学, 更好认识源远流长博大精深的中华文明. 求是, 23: 1–23
- 徐晨. 2022. 北朝时期关中氏族的分布与融合. 民族学刊, 13: 130–136+152
- 徐建新, 王明珂, 王秋桂, 徐杰舜, 彭兆荣, 邓启耀. 2005. 饮食文化与族群边界: 关于饮食人类学的对话. 广西民族学院学报(哲学社会科学版), 6: 83–89
- 张国文. 2011. 拓跋鲜卑汉化过程中生业模式转变的C、N、S稳定同位素分析. 博士学位论文. 北京: 中国科学院大学. 1–141
- 张国文, 易冰. 2022. 拓跋鲜卑生计方式综合研究. 考古, 4: 104–115
- 张国文. 2023. 拓跋鲜卑——北魏先民生计方式的稳定同位素考古研究. 北京: 科学出版社. 111–114
- 张洁. 2011. 魏晋南北朝饮食文化研究. 硕士学位论文. 西安: 西北农林科技大学. 1–58
- 张昕煜, 张旭, 索明杰, 魏东, 胡耀武. 2018. 东周时期内蒙古中南部人群和文化融合进程中的农业经济——以和林格尔大堡山墓地人骨C、N稳定同位素分析为例. 中国科学(地球科学), 48: 200–209
- 赵宾福. 2021. 走中国道路: 建设中国特色中国风格中国气派的考古. 考古, 9: 3–11
- 朱泓. 2004. 体质人类学. 北京: 高等教育出版社. 106
- Ambrose S H. 1990. Preparation and characterization of bone and tooth collagen for isotopic analysis. *J Archaeol Sci*, 17: 431–451
- Cox G, Sealy J. 1997. Investigating identity and life histories: Isotopic analysis and historical documentation of slave skeletons found on the Cape Town foreshore, South Africa. *Int J Historical Archaeology*, 1: 207–224
- DeNiro M J, Schoeniger M J. 1983. Stable carbon and nitrogen isotope ratios of bone collagen: Variations within individuals, between sexes, and within populations raised on monotonous diets. *J Archaeol Sci*, 10: 199–203
- DeNiro M J. 1985. Postmortem preservation and alteration of *in vivo* bone collagen isotope ratios in relation to palaeodietary reconstruction. *Nature*, 317: 806–809
- Hedges R E M. 2002. Bone diagenesis: An overview of processes. *Archaeometry*, 44: 319–328
- Hedges R E M, Clement J G, Thomas C D L, O'Connell T C. 2007. Collagen turnover in the adult femoral mid-shaft: Modeled from anthropogenic radiocarbon tracer measurements. *Am J Phys Anthropol*, 133: 808–816
- Kohn M J. 1999. You are what you eat. *Science*, 283: 335–336

- Leggett S. 2021. Migration and cultural integration in the early medieval cemetery of Finglesham, Kent, through stable isotopes. *Archaeol Anthropol Sci*, 13: 171
- Lei S, Gu W, Wu Q, Xin Y, Guo Y. 2023. Early childhood nurturing strategies in groups of the Yellow River's middle reaches from the late Yangshao culture (3500–2800 BCE): A stable isotope perspective. *Intl J Osteoarchaeol*, 33: 920–937
- Lei S, Hu Y. 2024. Synthesis of human isotopic data (8000–5000 BP) reveals subsistence strategies and social complexity at the southeast edge of the Loess Plateau, China. *Intl J Osteoarchaeol*, 34: e3345
- Machicek M L. 2011. Reconstructing diet, health and activity patterns in early nomadic pastoralist communities of Inner Asia. Doctoral Dissertation. Sheffield: University of Sheffield
- MacRoberts R A, Barrocas Dias C M, Matos Fernandes T, Santos A L, Umbelino C, Gonçalves A, Santos J, Ribeiro S, Schöne B R, Barros F, Correia F, Vasconcelos Vilar H, Maurer A F. 2020. Diet and mobility during the Christian conquest of Iberia: The multi-isotopic investigation of a 12th–13th century military order in Évora, Portugal. *J Archaeol Sci-Rep*, 30: 102210
- Price T D, Blitz J, Burton J, Ezzo J A. 1992. Diagenesis in prehistoric bone: Problems and solutions. *J Archaeol Sci*, 19: 513–529
- Reitsema L J, Kyle B, Vassallo S. 2020. Food traditions and colonial interactions in the ancient Mediterranean: Stable isotope evidence from the Greek Sicilian colony Himera. *J Anthropol Archaeol*, 57: 101144
- Riccomi G, Minozzi S, Zech J, Cantini F, Giuffrè V, Roberts P. 2020. Stable isotopic reconstruction of dietary changes across Late Antiquity and the Middle Ages in Tuscany. *J Archaeol Sci-Rep*, 33: 102546
- Richards M P, Hedges R E M. 1999. 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*, 26: 717–722
- Sheng P, Allen E, Ma T, Dao Y, Zhang J, Liu D, Han S, Meng H, Wen S. 2023. Human isotopic evidence from the Guanzhong Basin casts light on a century of agricultural and pastoral interactions at medieval metropolitan Chang'an during sixth century AD. *Humit Soc Sci Commun*, 10: 204
- Xia Y, Zhang J, Yu F, Zhang H, Wang T, Hu Y, Fuller B T. 2018. Breastfeeding, weaning, and dietary practices during the Western Zhou Dynasty (1122–771 BC) at Boyangcheng, Anhui Province, China. *Am J Phys Anthropol*, 165: 343–352
- Yi B, Zhang J, Cai B, Zhang Z, Hu Y. 2019. Osteobiography of a seventh-century potter at the Oupan kiln, China by osteological and multi-isotope approach. *Sci Rep*, 9: 12475
- Yi B, Liu X, Yan X, Zhou Z, Chen J, Yuan H, Hu Y. 2021. Dietary shifts and diversities of individual life histories reveal cultural dynamics and interplay of millets and rice in the Chengdu Plain, China during the Late Neolithic (2500–2000 cal. BC). *Am J Phys Anthropol*, 175: 762–776
- Yi B, Yuan H, Wang T, Cao D, Yang Y, Hu Y. 2024. Life history of a high-class noblewoman from the late Shu state in the Chengdu Plain during the Eastern Zhou period (770–221 BC): Childhood stresses and stable life. *Intl J Osteoarchaeol*, 34: e3282
- Zhang G, Hu Y, Wang L, Cao C, Li X, Wu X, Sun Z, Chen F, Bai J, Lv P, Song G, Wang C, Richards M P. 2015. A paleodietary and subsistence strategy investigation of the Iron Age Tuoba Xianbei site by stable isotopic analysis: A preliminary study of the role of agriculture played in pastoral nomad societies in northern China. *J Archaeol Sci-Rep*, 2: 699–707

(责任编辑: 李小强)