

中国汉族、回族、蒙古族、苗族 和维吾尔族的牙齿形态

祝海歌¹, 乔辉¹, 杨晨¹, 管海娟¹, 张航²,
文少卿¹, 夏斌², 谭婧泽¹

1. 复旦大学现代人类学教育部重点实验室, 科技考古研究院, 上海 200438;

2. 北京大学口腔医学院儿童口腔科, 国家口腔医学中心, 北京 100081

摘要: 研究表明牙齿形态特征具有高度遗传性, 在不同群体中存在明显差异。本研究针对中国汉族、回族、蒙古族、苗族和维吾尔族 5 个人群的牙齿形态特征, 进行侧别、性别、年龄等检验, 并对这 5 个人群与其他中国人群及日本、东北亚、东南亚、欧洲、非洲等地区人群进行多元统计分析。研究结果显示, 5 个人群的多数牙齿特征未见侧别和性别差异, 多数牙齿特征与年龄无显著相关性。汉族、维吾尔族的铲形门齿和双铲形门齿出现率较高及 Y 型沟纹出现率偏低与东北亚人群相似; 苗族的铲形门齿和双铲形门齿出现率也偏高; 蒙古族、回族的铲形门齿和双铲形门齿出现率较低与东南亚人群相似; 维吾尔族的四尖型出现率较高与欧洲人群相似。多元统计分析结果证实蒙古人种牙齿复合体及巽他型齿、中国型齿是客观存在的。

关键词: 牙齿形态; 特征; 人类学; 汉族; 少数民族

Teeth morphology of Han, Hui, Mongolia, Miao and Uyghur peoples in China

ZHU Haige¹, QIAO Hui¹, YANG Chen¹, GUAN Haijuan¹, ZHANG Hang²,
WEN Shaoqing¹, XIA Bin², TAN Jingze¹

1. Key Laboratory of Contemporary Anthropology of Ministry of Education, Institute of Archaeological Science, Fudan University, Shanghai 200438; 2. Department of Pediatric Dentistry, Peking University School and Hospital of Stomatology, National Center of Stomatology, Beijing 100081

Abstract: Studies showed that the dental morphological traits are mostly controlled by multiple genes, and environmental factors have a relatively small impact on them. Therefore, there are significant distribution differences in different geographical or ethnic groups. The formation of

收稿日期: 2023-12-04; 定稿日期: 2024-05-07

基金项目: 国家自然科学基金 (32271186)

作者简介: 祝海歌, 硕士研究生, 主要从事体质人类学研究。E-mail: 20210700109@fudan.edu.cn

通讯作者: 谭婧泽, 副教授, 主要从事体质人类学研究。E-mail: jztan@fudan.edu.cn

Citation: Zhu HG, Qiao H, Yang C, et al. Teeth morphology of Han, Hui, Mongolia, Miao and Uyghur peoples in China[J]. Acta Anthropologica Sinica, 2024, 43(4): 613-628

these differences is closely related to the origin and evolution of populations or ethnic groups in different regions, as well as the communication and integration between populations. It is of great significance for revealing the origin and evolution of populations and the relationships between populations. In this study, 26 dental morphological traits of Han Chinese, Hui, Mongolian, Miao, and Uyghur populations were analyzed. We conducted the side consistency analysis, gender difference analysis, correlation analysis between traits and age to explore the characteristics of dental morphological traits in five populations. Based on the population frequency data, the dental morphological traits of the five populations were compared with other Chinese populations, Japanese populations, Northeast Asia populations, Southeast Asia populations, European populations and African populations by multivariate statistical analysis. We explored the group relationships between five Chinese populations and global populations, as well as the dental morphological traits of the five populations. Our results showed that there was no difference between left and right sides in most dental morphological traits of the five populations, no gender difference in all traits, most dental traits showed no significant correlation with age. Multivariate statistical analysis revealed that results confirmed that there objectively exist two types of dental features called Sundadonty and Sinodonty. The Han Chinese in Taizhou belongs to Northeast Asia populations, and has a high frequency of Shoveling and Double Shoveling. The Miao in Guizhou is located between Northeast Asia and Southeast Asia populations, and the incidence of Shoveling is relatively high. The Mongolian in Inner Mongolia and Hui in Ningxia belong to Southeast Asian population by the principal component analysis and multidimensional scale analysis, but they are located between Northeast Asia and Southeast Asia populations, and are clustered with the Miao in Guizhou through the adjacency network diagram. The lower frequency of Shoveling and Double Shoveling of Mongolian and Hui are similar to the Southeast Asian population. The Uyghur population is located between the East Asian population, the European, and North African populations, and is closest to the Han Chinese in Taizhou. The high-frequency Shoveling, Double Shoveling, and low-frequency Y-Groove are very similar to the Northeastern Asian population, but the absolute high-frequency of the Cusp4 is similar to the European population, confirming that the Uyghur population is a typical Eurasian mixed population.

Keywords: Dental Morphological; Traits; Anthropology; Han; Ethnic Minority

1 前言

研究表明人类牙齿形态特征大多是受多基因遗传控制, 环境因素对其影响较小, 因而在不同地理人群或民族群体中存在明显的分布差异, 这种差异的形成与各地区人群或民族的起源和进化及人群间的交流融合有着十分密切的联系^[1-4], 对于揭示当时人类的生存环境、营养与健康状况及各人群之间的相互关系、人群的起源与演化等, 都具有十分重要的意义^[5]。

牙齿形态特征的研究最早可以追溯到 19 世纪末至 20 世纪初。Hrdlička 最早发现美洲印第安人和亚洲人门齿舌面的形态均呈现铲形, 与欧洲人、非洲人在铲形门齿的出现频率上存在很大不同^[6]。维也纳牙医 Carabelli 用自己的名字命名上颌第一白齿舌侧面上的小结节为 Cusp of Carabelli, 现在被称为卡氏尖 (Carabelli's Trait)^[7]。Dietz 认为卡氏尖在欧洲人群中广泛分布, 其形态明显受到遗传因素影响^[8]。Dahlberg 制定了一套包含 16 项牙齿形态特征的分级标准及模型, 以供研究者学习^[9]。20 世纪中叶, Turner 等人在此基础上开发并建立了更多分级标准。1991 年, Turner 等人建立了“亚利桑那州立大学牙齿人类学系统 (Arizona State University Dental Anthropology System, ASUDAS)”^[10]; 定义了包括牙冠、牙根等共 38 项牙齿形态特征, 并附有用于观察分级的牙齿模型标本, 此后该标准在世界人类学领域得到广泛应用和发展。Scott 和 Turner 调查了世界范围的古代和现代人类牙齿, 根据牙齿形态特征的表现特点和多元统计分析结果, 将世界范围内人类群体划分为 5 种主要类型, 即西欧亚 (Western Eurasia) 类型、撒哈拉南非洲 (Sub-Saharan Africa) 类型、中国 - 美洲 (Sino-Americas) 类型、巽他 - 太平洋 (Sunda-Pacific) 类型以及萨乎 - 太平洋 (Sahul-Pacific) 类型^[11]。20 世纪 90 年代以来, 中国学者依据 ASUDAS 的观察标准和参考模型开展了一系列研究工作, 使中国牙齿人类学得到长足发展。

本研究将对我国汉族、回族、蒙古族、苗族和维吾尔族 5 个人群的 26 项牙齿形态特征, 开展侧别一致性分析、性别差异分析、特征与年龄相关性分析, 并结合已发表的世界其他人群数据, 针对共有的 10 项牙齿形态特征的群体频率数据进行多元统计分析, 探讨汉族、回族、蒙古族、苗族和维吾尔族牙齿形态特征的表现特点, 论证现代东亚人群是否存在蒙古人种牙齿复合体及巽他型齿、中国型齿等牙齿特征类型, 以及探讨中国人群与世界其他人群之间的关系。

2 材料与方法

2.1 研究对象

经复旦大学伦理委员会批准, 遵循受试者知情同意原则 (签署书面知情同意书), 采用随机整群抽样方法, 本研究团队于 2010 年采集新疆医科大学 (乌鲁木齐市) 维吾尔族, 2014 年采集江苏泰州市白马镇汉族, 2015 ~ 2019 年采集宁夏银川市贺兰县回族、内蒙古鄂尔多斯市蒙古族、贵州麻江县苗族, 共计 1755 例个体的牙齿模型标本。其中, 汉族 381 例 (男性 94、女性 287), 平均年龄 50.13 ± 8.03 岁 (男 50.47 ± 9.14 、女 50.02 ± 7.65); 回族 435 例 (男性 147、女性 288), 平均年龄 46.69 ± 10.48 岁 (男 46.2 ± 11.11 、女 46.97 ± 10.16); 蒙古族 434 例 (男性 160、女性 274), 平均年龄 48.59 ± 10.52 岁 (男 48.43 ± 10.77 、女 48.68 ± 10.39); 苗族 278 例 (男性 131、女性 147), 平均年龄 41.73 ± 10.86 岁 (男 42.65 ± 12.14 、女 40.9 ± 9.56); 维吾尔族 227 例 (男性 87、女性 140), 平均年龄 20.7 ± 1.48 岁 (男 21.36 ± 1.15 、女 20.29 ± 1.51)。本研究所选择的被调查对象的籍贯为该省或自治区, 身份证信息为该民族群体, 且三代及以上均为该民族, 并在该省或自治区长期居住生活超过 5 年。

2.2 研究方法

本研究根据 ASUDAS 的牙齿形态特征分析标准和分类等级^[10,11], 对所采集的牙齿石膏模型进行形态特征读取, 共获得 26 项特征数据, 记录不同齿位的 90 个牙齿形态特征变量, 包括 45 个出现的变量(1)和 45 个不出现的变量(0)。采用个体记录法(Individual Count)^[12]: 当双侧牙齿形态特征表现不对称时, 即一侧表现为 1、而另一侧为 0 时, 记录为 1, 因为出现侧可以代表该个体的遗传背景; 当仅存在单侧牙齿形态特征数据, 另一侧因缺失或破损未能被观察时, 以存在的一侧为准, 并将该个体按双侧对称看待, 这种方法使个体牙齿形态特征的最大表现形式在计算群体出现频率时得以充分体现。具体观察方法和记录标准、牙齿形态特征示意图和牙齿模型分类等级图参考《中华民族体质表型调查方法》^[13](26 项牙齿形态特征的中英文名称及英文简写详见本网络版附属材料)。

本研究应用 Excel2016、R4.1.2、SplitsTree4 等统计软件对数据进行清洗、分析与可视化, 具体分析过程和处理方法如下:

1) 数据质量控制: 首先, 在现场采集样本时, 将年龄偏大牙齿缺损和磨耗比较严重的样本剔除未纳入采样对象; 在观察读取牙齿形态特征和清洗数据时, 又将不易辨认的数据记录为缺失并删除, 尽量减少因牙齿磨损而造成的干扰。删除缺失数据比例大于 50% 的牙齿形态特征, 以确保被统计的特征有足够大的样本量; 删除缺失数据比例大于 20% 的个体, 确保每个样本的采样情况不出现极大偏差。

2) 左右侧别一致性分析: 采用卡帕一致性检验(Kappa Test for Agreement), Kappa 系数一般在 0~1 之间。其中, $k \leq 0.2$, 一致性极低; $0.2 < k \leq 0.4$, 一致性一般; $0.4 < k \leq 0.6$, 一致性中等; $0.6 < k \leq 0.8$, 高度一致; $k > 0.8$, 完全一致。并针对 Kappa 系数进行显著性检验(检验水平 $\alpha=0.05$), 分析牙齿形态特征在同个体左侧和右侧之间的差异。

3) 男女性别差异分析: 采用卡方检验(Chi-Square Test)和费舍精确检验(Fisher's Exact Test), 分析牙齿形态特征在男性与女性之间的差异(检验水平 $\alpha=0.05$)。

4) 牙齿形态特征与年龄的相关性分析: 使用点二列相关(Point Biserial Correlation)系数进行相关性分析, 计算个体年龄与表型数据的点二列相关系数, 并对 P 值进行错误发现率(False Discovery Rate, FDR)校正(检验水平 $\alpha=0.05$), 分析随年龄的增长牙齿形态特征的变化特点。其中, $r=0$, 无线性相关; $0 < |r| \leq 0.2$, 极弱相关; $0.2 < |r| \leq 0.4$, 弱相关; $0.4 < |r| \leq 0.7$, 中等相关; $0.7 < |r| < 1.0$, 强相关; $r=1.0$, 完全线性相关。 $P < 0.01$, 相关性有统计学意义; $P > 0.01$, 相关性无统计学意义^[14,15]。

5) 本研究 5 个人群在牙齿形态特征上的群体关系分析: 应用主成分分析(Principal Component Analysis, PCA)、多维尺度分析(Multidimensional Scaling, MDS)及邻接网络分析(Neighbor-Net), 探讨 5 个目标人群(中国汉族、回族、蒙古族、苗族和维吾尔族人群)与中国其他人群及世界其他人群(日本、东北亚、东南亚、欧洲和非洲人群)之间的群体关系, 并论证现代东亚人群(中国、日本、东北亚和东南亚人群)是否存在蒙古人种牙齿复合体及巽他型齿、中国型齿等牙齿特征类型。仅考虑牙齿形态特征的出现频率进行主成分分析; 计算群体两两之间的史密斯生物学距离(Smith's mean measure of divergence, MMD), 并对 MMD 矩阵进行多维尺度分析; 根据主成分分析结果, 选取累积解释度超过 95% 的前几项主成分观测值, 多重维度计算群体表型之间的欧式距离, 然后利用 Splits Tree 4 构建邻接网

络树。邻接网络树的比例尺代表对应分割的 0.01, 线的距离代表人群间的距离远近, 共享更多网格连接部分的群体代表相互间具有网状特征流。

3 结果

3.1 牙齿形态特征的左右侧别一致性分析

对汉族、回族、蒙古族、苗族和维吾尔族的牙齿形态特征开展左右侧别的一致性分析(具体数据详见本文网络版附属材料)。结果显示, 牙齿形态特征在上下颌及每个齿位上的左右侧之间 Kappa 系数的一致性大部分达到中等以上($k > 0.4$), 且具有统计学意义上的显著性, 说明大部分牙齿形态特征在左右侧的出现情况是一致的。存在个别牙齿形态特征一致性较低($k \leq 0.2$)的情况, 但该一致性检验结果不具有显著性($P > 0.05$)。在后续群体关系分析中, 采用个体记录法将左右侧别数据合并, 以获得每项牙齿形态特征的最大表现程度, 这一方法也与其他学者相一致^[4,11]。

3.2 牙齿形态特征的男女性别差异分析

对汉族、回族、蒙古族、苗族和维吾尔族的牙齿形态特征开展男女性别的差异分析(具体数据详见本文网络版附属材料)。结果显示, 这 5 个人群的 26 项牙齿形态特征在上下颌及每个齿位上的男女性别间差异均无统计学意义($P > 0.05$)。在后续群体关系分析中, 将男女数据合并在一起分析, 这一方法也与其他学者相一致^[4,11]。

3.3 牙齿形态特征与年龄的相关性分析

对汉族、回族、蒙古族、苗族和维吾尔族开展牙齿形态特征与年龄的相关性分析(具体数据详见本文网络版附属材料)。结果显示, 这 5 个人群的 26 项牙齿形态特征在上下颌及每个齿位上与个体年龄的相关关系不具有显著性($P > 0.05$), 即大部分牙齿形态特征与年龄不存在相关性; 少部分牙齿形态特征与年龄存在弱($r \leq 0.4$)或极弱($r \leq 0.2$)的相关性, 且几乎都为负值, 说明此类牙齿形态特征的出现情况会随年龄增长逐渐减少, 可能与年龄增长而造成的磨损有一定的关系。在后续群体关系分析中, 将不考虑年龄因素, 这一方法也与其他学者相一致^[4,11]。

3.4 本研究 5 个人群在牙齿形态特征上的群体关系分析

在不区分侧别、性别和年龄的情况下, 对中国汉族、回族、蒙古族、苗族、维吾尔族 5 个人群的 10 项牙齿形态特征统计频率数据, 并结合已发表的世界其他人群的频率数据^[2,11,16-24], 应用主成分分析、多维尺度分析、邻接网络分析等方法进行群体间多元统计分析, 以探讨汉族、回族、蒙古族、苗族、维吾尔族等中国人群与世界其他人群在牙齿形态特征上的群体关系。牙齿形态特征变量相关分析如图 1 所示, 世界人群的 10 项牙齿形态特征频率数据如表 1、表 2 所示。

分析图 1 可知, 上颌中央门齿铲形、上颌中央门齿双铲形、下颌第二臼齿四尖型、下颌第二臼齿 Y 型沟纹、下颌第一臼齿第 7 尖, 对区分世界人群(中国、日本、东北亚、

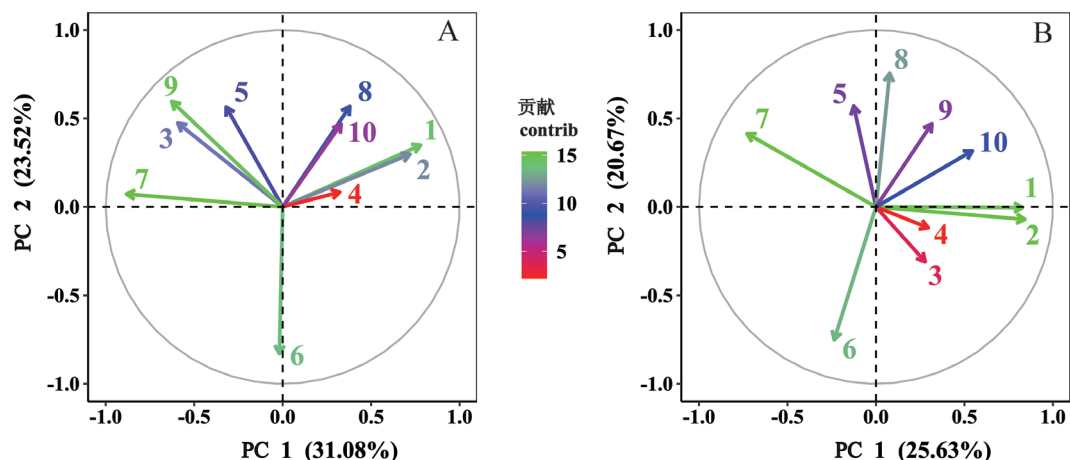


图 1 牙齿形态特征变量相关图

Fig.1 Variables Correlation of Dental Morphological Traits

A. 世界人群 World Populations; B. 东亚人群 East Asia Populations; 1. 铲形门齿 Shoveling (SUI1); 2. 双铲形门齿 Double Shoveling (DSUI1); 3. 近中嵴 Mesial Ridge (MRUC); 4. 卡氏尖 Carabelli's Trait (CCUM1); 5. 第 5 尖 Cusp 5 (C5UM1); 6. 四尖型 Cusp 4 (C4LM2); 7. Y 型沟纹 Y-Groove (GPYLM2); 8. 第 6 尖 Cusp 6 (C6LM1); 9. 第 7 尖 Cusp 7 (C7LM1); 10. 转向皱纹 Deflecting Wrinkle (DWLM1)

东南亚、欧洲和非洲人群)的贡献度较大(图 1: A); 上颌中央门齿铲形、上颌中央门齿双铲形、下颌第二臼齿四尖型、下颌第二臼齿 Y 型沟纹、下颌第一臼齿第 6 尖, 对区分东亚人群(中国、日本、东北亚和东南亚人群)的贡献度较大(图 1: B)。

观察牙齿形态特征的出现频率(表 1, 表 2): 上颌中央门齿铲形和双铲形, 在东北亚人群和大多数中国人群中的出现率较高, 在东南亚人群和日本绳文人群中的出现率较低, 欧洲和非洲人群的出现率最低。铲形门齿和双铲形门齿在汉族、苗族和维吾尔族中的出现频率相对较高, 而蒙古族和回族的出现频率相对偏低; 下颌第二臼齿四尖型, 在欧洲人群中拥有绝对的高频率, 维吾尔族的四尖型频率也较高; 下颌第二臼齿 Y 型沟纹, 在非洲人群和日本绳文人中的出现率最高, 在欧洲和东南亚人群的出现率略高于东北亚和中国人群。汉族和维吾尔族的 Y 型沟纹出现率明显偏低与东北亚人群相似, 而回族、蒙古族和苗族的 Y 型沟纹出现率与东南亚人群非常相似; 下颌第一臼齿第 6 尖, 在欧洲人群的出现率明显低于其他人群, 维吾尔族第 6 尖的频率也很低; 下颌第一臼齿第 7 尖, 在非洲人群的出现率明显高于其他人群。

本研究关注的 5 个中国人群与中国其他人群及世界人群的主成分分析图(图 2: A)和多维尺度分析图(图 2: B)显示: 中国、日本、东北亚和东南亚等东亚人群与非洲人群、欧洲人群存在明显的区域差异, 非洲人群分布在图片左侧上方, 欧洲和北非人群分布在图片左侧下方, 而东亚人群分布在图片的右侧和中间。东亚人群内部也存在明显的差异, 东北亚人群聚类于右侧, 而东南亚人群聚类于中间, 大多数中国人群与东北亚人群相聚集。邻接网络分析的系统发育树(图 2: C)显示: 中国、日本、东北亚和东南亚等东亚人群与非洲人群、欧洲人群之间的区域差异也非常明显。非洲人群和欧洲人群聚集在图片的右侧, 而东亚人群分布于图片的左侧和中间。科伊桑、西非、南非聚类为一支, 北非虽在地理位置上属非洲, 但在牙齿形态特征上却与西欧、北欧更为相似。在东亚人群中, 东北亚人群

表 1 10 项牙齿形态特征在世界人群中的频率分布 (1)
 Tab.1 Frequencies of 10 dental morphological characteristics in the World Populations (1)

人群Populations		编号 No.	铲形门齿 Shoveling (I)		双铲形门齿Double Shoveling(II)		近中嵴Mesial Ridge (C)		卡氏尖Carabelli's Trait (M1)		第5尖 Cusp 5 (M1)	
			样本 n 占比 R		样本 n 占比 R		样本 n 占比 R		样本 n 占比 R		样本 n 占比 R	
5个中国人群 Five Chinese populations	泰州汉族 Taizhou Han	1	381	80%	381	29%	358	6%	381	21%	381	11%
	宁夏回族 Ningxia Hui	2	421	22%	435	7%	435	11%	435	37%	435	31%
	内蒙古蒙古族 Neimenggu Mongolia	3	390	23%	434	6%	434	8%	434	27%	434	30%
	贵州苗族 Guizhou Miao	4	256	45%	278	14%	278	7%	277	39%	274	49%
	新疆维吾尔族 Xinjiang Uyghur	5	227	39%	227	22%	227	10%	227	67%	227	7%
中国其他人群 Other Chi- nese popula- tions	苗族Miao ^[16]	6	92	61%	94	17%	94	13%	96	10%	83	17%
	普米族Pumi ^[16]	7	76	63%	84	11%	80	8%	85	22%	75	24%
	纳西族Naxi ^[16]	8	92	64%	97	13%	90	11%	89	6%	87	13%
	哈尼族Hani ^[16]	9	80	55%	86	15%	76	8%	90	16%	86	17%
	傣族Dai ^[16]	10	89	34%	93	45%	90	0%	93	16%	93	29%
	达斡尔族Dafur ^[17]	11	172	51%	172	32%	166	11%	163	36%	159	17%
	回族Hui ^[18]	12	162	58%	155	47%	167	10%	157	46%	166	24%
	朝鲜族Chaoxian ^[19]	13	167	69%	165	50%	166	11%	157	50%	153	27%
	满族Man ^[20]	14	208	62%	200	43%	211	8%	212	34%	212	26%
	辽宁汉族Liaoning Han ^[21]	15	145	57%	143	23%	147	5%	135	16%	130	20%
	布依族Bunui ^[22]	16	95	77%	90	42%	86	7%	94	47%	90	36%
	阿美人Ami ^[23]	17	146	71%	141	33%	135	6%	146	42%	138	26%
	雅美人Yami ^[23]	18	192	70%	191	23%	155	10%	197	37%	192	41%
	中国蒙古族China Mongolia 1 ^[11]	19	542	72%	545	29%	615	3%	774	16%	633	24%
	中国蒙古族China Mongolia 2 ^[2]	20	200	84%	213	30%	255	2%	374	30%	295	28%
	香港Hong Kong ^[2]	21	307	64%	299	28%	305	3%	301	38%	276	22%
	华南South China ^[2]	22	35	74%	33	24%	55	4%	99	25%	62	16%
	史前台湾Prehistoric Taiwan ^[2]	23	22	59%	21	0%	10	0%	15	33%	9	22%
日本人群 Japanese populations	现代日本Recent Japan 1 ^[11]	24	276	66%	267	20%	365	3%	458	15%	390	20%
	现代日本Recent Japan 2 ^[2]	25	276	66%	267	19%	365	3%	458	31%	390	20%
	绳文Jomon 1 ^[11]	26	117	26%	138	1%	136	2%	181	2%	146	32%
	绳文Jomon 2 ^[2]	27	117	26%	138	1%	136	2%	181	8%	146	32%
东北亚人群 Northeast Asia populations	贝加尔湖Lake Baikal ^[2]	28	13	92%	10	50%	16	6%	10	30%	3	67%
	阿穆尔Amur ^[2]	29	16	69%	18	44%	27	11%	60	27%	42	21%
东南亚人群 Southeast Asia popula- tions	巴厘岛Bali ^[24]	30	172	25%	169	12%	173	2%	169	59%	168	29%
	菲律宾Philippines ^[2]	31	54	43%	29	17%	76	3%	146	37%	132	27%
	泰国Thailand ^[2]	32	127	37%	111	9%	143	8%	179	40%	143	29%
	缅甸Burma ^[2]	33	15	13%	13	0%	33	6%	93	30%	72	33%
	尼泊尔Nepal ^[2]	34	10	20%	11	9%	17	0%	50	26%	50	32%
	史前东南亚Early Southeast Asia 1 ^[11]	35	184	31%	182	16%	235	6%	262	19%	328	32%
	史前东南亚Early Mainland SE Asia 2 ^[2]	36	99	32%	100	10%	120	3%	140	37%	132	37%

续表 1 10 项牙齿形态特征在世界人群中的频率分布 (1)

人群Populations		编号 No.	铲形门齿 Shoveling (I1)		双铲形门齿Double Shoveling (I1)		近中嵴Mesial Ridge (C)		卡氏尖Carabelli's Trait (M1)		第5尖 Cusp 5 (M1)	
			样本n		占比R		样本n		占比R		样本n	
东南亚人群 Southeast Asia populations	现代东南亚Recent Southeast Asia 1 ^[11]	37	261	35%	199	12%	366	6%	701	21%	581	31%
	现代东南亚Recent SE Asia 2 ^[2]	38	13	46%	14	29%	39	3%	93	42%	74	14%
	现代印尼-马来西亚Recent Indomalaysia ^[2]	39	49	24%	36	11%	82	6%	207	46%	177	36%
	史前马来群岛Early Malay Archipelago ^[2]	40	71	30%	67	28%	103	10%	100	23%	90	24%
	东马来群岛East Malay Archipelago ^[2]	41	12	8%	3	0%	16	6%	28	50%	22	45%
欧洲人群 European populations	西欧Western Europe ^[11]	42	186	3%	184	4%	230	4%	249	27%	238	12%
	北欧Northern Europe ^[11]	43	46	2%	100	5%	125	0%	138	18%	140	26%
非洲人群 African populations	北非North Africa ^[11]	44	194	8%	175	9%	261	6%	200	20%	357	19%
	西非West Africa ^[11]	45	41	7%	39	3%	55	29%	61	21%	48	63%
	南非South Africa ^[11]	46	220	9%	282	2%	398	13%	246	11%	439	22%
	科伊桑Khoisan ^[11]	47	155	13%	79	0%	77	35%	155	17%	66	35%

注：上颌牙齿用大写字母，下颌用小写字母表示 maxillary teeth are represented by upper case letters, mandibular teeth are represented by lower case letters

表 2 10 项牙齿形态特征在世界人群中的频率分布 (2)

人群Populations		编号 No.	四尖型Cusp 4 (m2)		Y型沟纹 Y-Groove (m2)		第6尖Cusp 6(m1)		第7尖Cusp 7(m1)		转向皱纹Deflecting Wrinkle (m1)	
			样本n		占比R		样本n		占比R		样本n	
5个中国人 Five Chinese populations	泰州汉族 Taizhou Han	1	366	36%	373	5%	357	19%	381	4%	381	15%
	宁夏回族 Ningxia Hui	2	430	24%	435	32%	424	18%	425	10%	435	8%
	内蒙古蒙古族 Neimenggu Mongolia	3	433	23%	434	17%	408	21%	416	13%	434	5%
	贵州苗族 Guizhou Miao	4	271	14%	274	15%	253	33%	267	9%	274	22%
	新疆维吾尔族 Xinjiang Uyghur	5	227	70%	227	7%	221	8%	226	8%	225	15%
中国其他人群 other Chinese populations	苗族 Miao ^[16]	6	68	18%	77	10%	68	35%	89	6%	80	0%
	普米族 Pumi ^[16]	7	72	50%	71	4%	57	21%	77	1%	64	2%
	纳西族 Naxi ^[16]	8	76	34%	80	5%	64	23%	81	1%	68	1%
	哈尼族 Hani ^[16]	9	79	53%	79	4%	76	8%	88	3%	67	1%
	傣族 Dai ^[16]	10	90	49%	90	4%	86	30%	90	4%	82	1%
	达斡尔族 Dafur ^[17]	11	155	33%	160	4%	150	54%	157	10%	158	22%
	回族 Hui ^[18]	12	147	30%	153	5%	159	34%	160	8%	159	33%
	朝鲜族 Chaoxian ^[19]	13	160	34%	161	3%	153	40%	156	6%	152	7%
	满族 Man ^[20]	14	207	36%	209	3%	209	34%	208	6%	209	28%
	辽宁汉族 Liaoning Han ^[21]	15	112	28%	115	1%	115	41%	115	5%	107	31%

续表 2 10 项牙齿形态特征在世界人群中的频率分布 (2)

Tab.2 Frequencies of 10 dental morphological characteristics in the World Populations (2) (Continued)

人群Populations		编号 No.	四尖型Cusp 4 (m2)		Y型沟纹 Y-Groove (m2)		第6尖Cusp 6(m1)		第7尖Cusp 7(m1)		转向皱纹Deflecting Wrinkle (m1)	
			样本 <i>n</i>	占比 <i>R</i>	样本 <i>n</i>	占比 <i>R</i>	样本 <i>n</i>	占比 <i>R</i>	样本 <i>n</i>	占比 <i>R</i>	样本 <i>n</i>	占比 <i>R</i>
中国其他人群 Other Chinese populations	布依族Bunui ^[22]	16	85	27%	84	6%	76	47%	79	9%	70	31%
	阿美人Ami ^[23]	17	144	40%	146	5%	137	34%	142	12%	122	31%
	雅美人Yami ^[23]	18	141	22%	144	8%	190	46%	188	5%	188	26%
	中国蒙古族China Mongolia 1 ^[11]	19	639	21%	646	8%	538	36%	721	8%	343	16%
	中国蒙古族China Mongolia 2 ^[2]	20	258	17%	338	7%	211	37%	341	9%	89	29%
	香港Hong Kong ^[2]	21	296	24%	228	7%	267	34%	295	9%	215	10%
	华南South China ^[2]	22	77	19%	80	13%	60	40%	85	11%	39	18%
	史前台湾Prehistric Taiwan ^[2]	23	21	19%	19	11%	15	47%	33	6%	9	44%
日本人群 Japanese populations	现代日本Recent Japan 1 ^[11]	24	345	14%	352	13%	314	43%	382	6%	262	15%
	现代日本Recent Japan 2 ^[2]	25	345	14%	352	13%	314	43%	382	7%	262	15%
	绳文Jomon 1 ^[11]	26	244	29%	290	32%	214	47%	285	3%	162	5%
	绳文Jomon 2 ^[2]	27	244	29%	290	32%	214	47%	285	5%	162	5%
东北亚人群 Northeast Asia populations	贝加尔湖Lake Baikal ^[2]	28	18	22%	21	5%	9	33%	21	19%	2	0%
	阿穆尔Amur ^[2]	29	52	12%	56	13%	44	50%	55	7%	38	39%
东南亚人群 Southeast Asia populations	巴厘岛Bali ^[24]	30	155	41%	51	0%	157	20%	162	8%	146	13%
	菲律宾Philippines ^[2]	31	122	28%	123	13%	98	39%	129	6%	74	19%
	泰国Thailand ^[2]	32	163	26%	176	19%	120	28%	178	6%	80	19%
	缅甸Burma ^[2]	33	28	21%	33	6%	21	52%	35	9%	14	0%
	尼泊尔Nepal ^[2]	34	28	54%	30	23%	21	43%	34	6%	14	7%
	史前东南亚Early Southeast Asia 1 ^[11]	35	314	32%	348	18%	248	40%	370	8%	150	22%
	史前东南亚Early Mainland SE Asia 2 ^[2]	36	163	39%	187	17%	136	37%	217	10%	76	32%
	现代东南亚Recent Southeast Asia 1 ^[11]	37	555	30%	587	18%	418	33%	588	7%	290	16%
	现代东南亚Recent SE Asia 2 ^[2]	38	79	32%	83	16%	61	28%	84	7%	36	19%
	现代印尼-马来西亚 ^[2] Recent Indomalaysia	39	134	30%	142	18%	97	36%	137	13%	66	11%
	史前马来群岛Early Malay Archipelago ^[2]	40	130	25%	139	19%	99	45%	131	5%	66	11%
	东马来群岛East Malay Archipelago ^[2]	41	24	46%	25	20%	18	39%	25	4%	17	0%
欧洲人群 European populations	西欧Western Europe ^[11]	42	284	71%	257	27%	217	8%	291	5%	154	5%
	北欧Northern Europe ^[11]	43	225	84%	319	21%	130	17%	179	5%	75	16%
非洲人群 African populations	北非North Africa ^[11]	44	381	66%	402	31%	352	8%	414	9%	267	8%
	西非West Africa ^[11]	45	75	12%	67	33%	47	45%	71	44%	30	17%
	南非South Africa ^[11]	46	370	30%	392	46%	362	19%	385	27%	298	18%
	科伊桑Khoisan ^[11]	47	88	7%	89	72%	85	5%	87	26%	60	17%

注: 上颌牙齿用大写字母, 下颌用小写字母表示 maxillary teeth are represented by upper case letters, mandibular teeth are represented by lower case letters

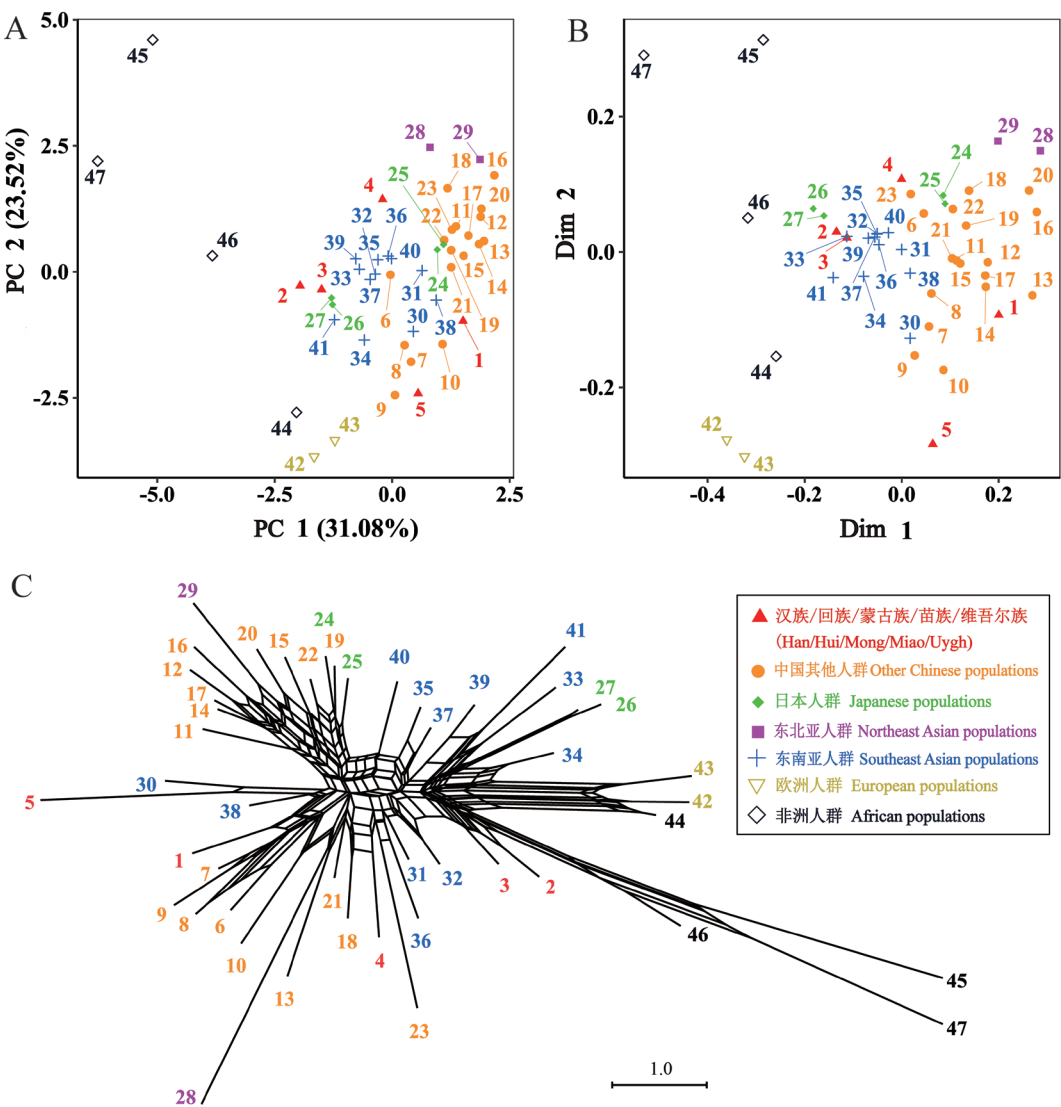


图 2 5 个目标人群与世界人群的牙齿形态特征群体关系图

Fig.2 Dental Morphological Traits Relationship of the Five Populations and the World Populations

A. 主成分分析 Principal Component Analysis (PCA); B. 多维尺度分析 Multidimensional Scaling (MDS); C. 邻接网络分析 Neighbor-Net。本研究人群数据信息来源及人群序号与表 1、表 2 一致 The population data for this study and the population numbers are consistent with table 1 & table 2

和中国人群主要分布于图片的左侧，而东南亚人群和日本绳文人主要分布于图片的中间。本研究关注的汉族、回族、蒙古族和苗族在所有分析图中均落在东亚人群的范围 内，维吾尔族在主成分分析图和多维尺度分析图上位于东亚人群和欧洲、北非人群之间，在邻接网络分析图上与中国其他人群相聚集，尤其是和泰州汉族距离最近。

本研究所关注的 5 个中国人群与其他中国人群、日本人群、东北亚人群及东南亚人群的主成分分析图（图 3: A）和多维尺度分析图（图 3: B）显示：东亚人群内部存在明显的区域差异，中国人群和东北亚人群主要分布在图片的右侧，东南亚人群主要分布在图片

的左侧。日本人群均位于图片的上侧, 在第一维度 (PC 1 和 Dim 1) 上现代日本人更靠近东北亚人群, 而日本绳文人靠近东南亚人群。本研究所关注的 5 个中国人群, 汉族位于中国人群和东北亚人群的分布范围内; 蒙古族和回族位置紧挨在一起, 居于东南亚人群的范围内, 但在第二维度 (PC 2 和 Dim 2) 上与已发表的中国蒙古族和回族较为接近; 苗族介于东北亚和东南亚人群之间, 靠近史前台湾、纳西族, 第一维度上与已发表的苗族几乎一

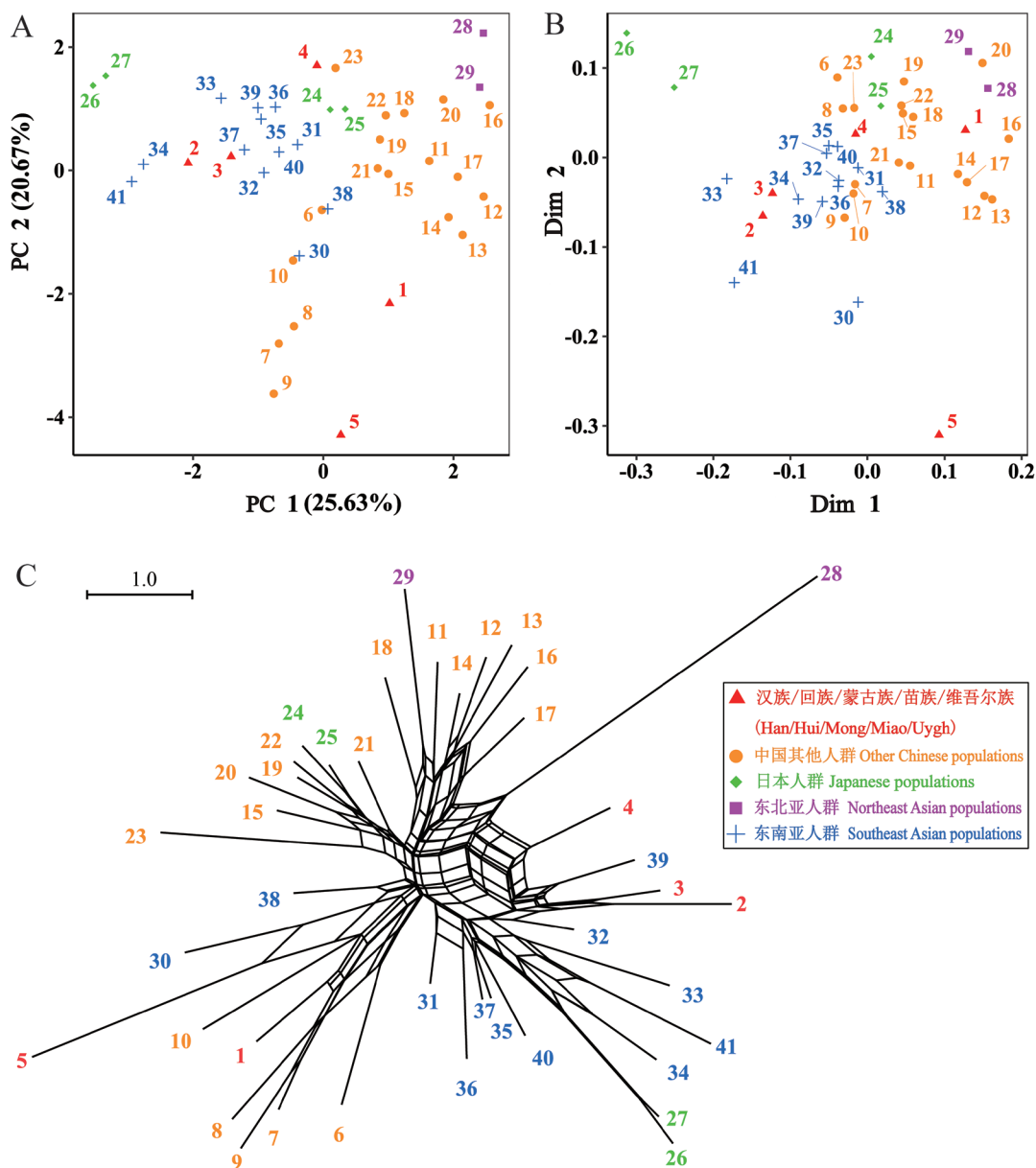


图 3 5 个目标人群与东亚人群的牙齿形态特征群体关系图

Fig.3 Dental Morphological Traits Relationship of the Five Populations and the East Asia Populations

A. 主成分分析 Principal Component Analysis (PCA); B. 多维尺度分析 Multidimensional Scaling (MDS); C. 邻接网络分析 Neighbor-Net。本研究人群数据信息来源和人群序号与表 1、表 2 一致 The population data for this study and the population numbers are consistent with table 1 & table 2

致；维吾尔族在第一维度上与中国人和东北亚人群非常接近，但在第二维度上与东亚群体存在明显的距离。邻接网络分析的系统发育树（图 3: C）显示：东南亚人群和日本绳文人位于图片的右侧；阿穆尔、贝加尔湖两个东北亚群体、现代日本人与中国人位于图片的左侧。本研究关注的汉族和维吾尔族距离最近，与中国其他人群相聚集；苗族、蒙古族、回族相互间聚集，位于东南亚和东北亚人群之间。

4 讨论

4.1 侧别差异的探讨

在双生子^[25,26]和家族研究^[27]中，研究者发现没有显著的遗传因素可以导致左右侧的不对称，其遗传度接近于零。本研究中的 26 项牙齿形态特征在 5 个人群中的左右侧一致程度达到中等以上，与前人的研究观点基本一致，反映了牙齿的左右侧结构可能是彼此的镜像。

4.2 性别差异的探讨

牙齿形态特征的性别差异在不同研究中的发现结果并不相同。例如，有学者发现上颌犬齿远中副嵴^[28]和上颌臼齿卡氏尖^[29]表现出显著的性别差异，这两类特征在男性中更常见。但也有研究认为卡氏尖不存在性别差异^[30]。在本研究中，5 个人群的 26 项牙齿形态特征均未表现出性别差异，这一发现与在中国新疆维吾尔族人群^[31]、美洲印第安人群^[32]、马来西亚人群^[33]中的观察结果一致。

4.3 牙齿形态特征与年龄的关系探讨

年龄是影响牙齿磨损程度的重要因素，牙齿的使用习惯、饮食文化等也会对其产生影响^[34]。Burnett 等人研究发现，牙齿磨损会导致牙齿形态特征的出现频率发生变化，比如上颌铲形门齿、上颌犬齿远中副嵴和下颌臼齿第 5 尖的出现频率会随着磨损程度的增加而下降，呈递减趋势^[34]。Stojanowski 等人在上颌双铲形门齿和下颌臼齿转向皱纹等牙齿形态特征中也观察到类似的现象^[35]。随着年龄增长，牙齿磨损程度加重，磨损会导致牙冠表面的信息丢失，而牙齿形态特征的出现频率也会随年龄增长而减少^[36,37]。本研究在采样、观察读取特征和清洗数据时均进行过数据筛选，尽量减少了因牙齿磨损而造成的干扰。研究结果显示，5 个人群的 26 项牙齿形态特征中，仅少数牙齿形态特征表现出与人群年龄的弱（ $r \leq 0.4$ ）或极弱（ $r \leq 0.2$ ）相关性，因此可能与年龄增长而造成的磨损有一定的关系。

4.4 5 个人群在牙齿形态特征上的群体关系探讨

1970 年，日本学者 Hanihara 定义了由上颌铲形门齿、下颌第二臼齿原副尖、下颌第二臼齿转向皱纹、下颌第二臼齿第 6 尖、下颌第二臼齿第 7 尖等 5 项牙齿形态特征构成的“蒙古人种牙齿复合体 (Mongoloid Dental Complex)”，并认为这 5 项特征在蒙古人种中的出现频率远高于高加索人，是蒙古人种所特有的牙齿特征^[1]。本研究结果显示（图 2），中国、日本、东北亚和东南亚等东亚人群与非洲人群、欧洲人群之间存在明显的区域差异，东亚人群相互之间有着相对较近的关系，证明“蒙古人种牙齿复合体”确实存在，只是支持“蒙古人种牙齿复合体”的牙齿形态特征类型可能有所不同。由分析图 1: A 可知，上

颌中央门齿铲形、上颌中央门齿双铲形、下颌第二臼齿四尖型、下颌第二臼齿 Y 型沟纹、下颌第一臼齿第 7 尖对区分世界人群的贡献度较大。在中国、日本、东北亚和东南亚等东亚人群中铲形门齿的出现频率远高于欧洲人群和非洲人群, 所以铲形门齿应该是“蒙古人种牙齿复合体”的特征之一。Hanihara 认为下颌第二臼齿第 7 尖也是“蒙古人种牙齿复合体”, 但本研究发现第 7 尖在非洲人群中的出现率较高, 而东亚人群的出现率并不高, 所以第 7 尖应该是非洲人群的主要牙齿特征。Hanihara 认为的下颌第二臼齿转向皱纹、下颌第二臼齿第 6 尖也是“蒙古人种牙齿复合体”, 但本研究并未发现这两个牙齿特征在亚、欧、非三大人群中表现出明显的差异。本研究还发现上颌中央门齿双铲形在东亚人群中的出现率远高于欧洲人群和非洲人群, 所以双铲形门齿也是东亚人群所特有的牙齿特征, 也应该属于“蒙古人种牙齿复合体”。另外, 本研究发现下颌第二臼齿 Y 型沟纹在非洲人群和日本绳文人中具有较高的出现率, 下颌第二臼齿四尖型在欧洲人群和北非人群中表现出绝对的高频率。Scott 和 Turner 也认为下颌第二臼齿四尖型是西欧亚人群的主要特点之一^[11]。

Turner 认为亚洲人群的牙齿形态特征可以进一步划分为巽他型齿 (Sundadonty) 和中国型齿 (Sinodonty) 两种类型: 巽他型齿原始、简单, 表现为下颌第二臼齿四尖型出现率高, 上颌中央门齿铲形和上颌中央门齿双铲形等特征出现率低且表现程度弱, 主要人群分布在东南亚、太平洋岛屿等地区; 而中国型齿复杂、特化, 表现为上颌中央门齿铲形、上颌中央门齿双铲形、下颌第一臼齿转向皱纹、第三臼齿退化等特征的出现率较高且表现程度显著, 主要人群分布在中国及日本、蒙古国和朝鲜等东北亚地区^[2-4]。本研究结果显示 (图 3), 东北亚人群和东南亚人群之间有着非常明显的距离, 大部分中国人群位于东北亚人群范围内, 证实巽他型齿和中国型齿两个牙齿特征类型是客观存在的, 只是支持巽他型齿和中国型齿的牙齿特征类型可能有所不同。由分析图 1: B 可知, 上颌中央门齿铲形、上颌中央门齿双铲形、下颌第二臼齿四尖型、下颌第二臼齿 Y 型沟纹、下颌第一臼齿第 6 尖对区分中国、日本、东北亚和东南亚等东亚人群的贡献度较大。从牙齿形态特征的出现频率可以看出, 铲形门齿和双铲形门齿在中国人群和东北亚人群中的出现率明显高于东南亚人群, 说明铲形门齿和双铲形门齿是中国型齿的主要牙齿特征类型。Turner 认为下颌第二臼齿四尖型的高出现率是东南亚人群巽他型齿原始、简单化的具体体现^[2-4]。本研究结果显示, 四尖型在东南亚人群和部分中国人群中的出现率略高于阿穆尔、贝加尔湖两个东北亚人群及现代日本人和部分中国人群, 四尖型是欧洲人的典型特点之一。下颌第一臼齿转向皱纹也曾被认为是区分巽他型齿和中国型齿的关键牙齿特征之一, Turner 认为转向皱纹在东北亚人群中的出现率高于东南亚人群^[4]。但是本研究发现转向皱纹对区分东北亚和东南亚人群的贡献度比较小, 而且这两个人群也未表现出明显的频率差异。本研究还发现 Y 型沟纹在东南亚人群中的出现率高于中国人群和东北亚人群, 说明 Y 型沟纹也应该是区分巽他型齿和中国型齿的关键牙齿特征之一。

基于线粒体 DNA 和 Y 染色体 DNA 的研究表明, 汉族可区分为北方汉族和南方汉族^[38]。而基于全基因组关联分析研究发现, 还有中间汉族类型存在, 中间汉族可能是北方汉族与南方汉族的混合^[39]。体质测量学研究发现, 泰州汉族在体质形态特征上也属于中间汉族类型, 但在群体关系上与偏北方的河南郑州汉族关系更接近, 而与偏南方的广西南宁汉族关系较远^[40-43]。本研究中的泰州汉族拥有较高频率的铲形门齿和双铲形门齿及较

低频率的 Y 型沟纹, 与东北亚人群的牙齿形态特征非常相似。在群体关系分析中位于东北亚人群范围内, 也佐证了泰州汉族与中国北方汉族群体之间的关系可能更为密切。

研究表明苗族的 Y-SNP 单倍群主要属于南方少数民族类型, 其中的 O3a4-M7 单倍群与孟高棉人群同源^[44]。苗族的基因组中还携带有大量东方海岱人群常见的 O γ -F11(O3a1c1-F11) 单倍型, 可能与 6800 年前的湖广地区高庙文化有关^[45]。本研究中的贵州苗族牙齿形态特征既显示出东北亚人群的特点, 如铲形门齿和双铲形门齿的出现频率相对较高; 又显示出东南亚人群的特点, 如 Y 型沟纹的出现率与东南亚人群非常相似。在群体关系分析上, 苗族的位置介于东北亚人群和东南亚人群之间, 暗示苗族的牙齿形态特征为南北混合特点, 可能与其祖先在从江淮湖广地区迁徙至西南地区的过程中, 与西南地区原住的偏南方类型居民发生过基因交流有关。

研究表明蒙古族的 Y 染色体单倍群主要是 C3, 但蒙古族人群中也携带有大量 O γ -F11 单倍群^[46]。李辉和金雯俐的研究认为 6800 年前的湖广地区高庙文化在向西南方向迁徙的同时, 也较大规模地向东方扩散, 并在东方形成了山东大汶口文化, 即海岱地区的古老族群^[45]。大汶口文化在 4500 年前转变为典型龙山文化, 此后龙山文化迅速发展并向中原及北方扩张, O γ -F11 基因也被源源不断地带到东北及内蒙古地区, 与当地的原住居民交流融合^[47]。同时 O γ -F11 基因在东南亚地区也有广泛分布, 说明大汶口文化和龙山文化的强烈扩张对东南亚人群也有深远影响^[46]。历史上回族和蒙古族之间有着十分密切的人群往来和基因交流, 全基因组测序显示, 回族与蒙古族、土族、汉族等东亚群体关系非常密切^[48]。体质测量学研究也显示, 回族与蒙古族及北方汉族之间关系最近^[49,50]。个体数据的牙齿特征分析显示蒙古族、回族和苗族之间关系非常紧密^[51]。本研究中的内蒙古蒙古族和宁夏回族, 在主成分分析图和多维尺度分析图中居于东南亚人群范围内。但在邻接网络分析图中, 蒙古族、回族与苗族相聚类, 介于东北亚人群和东南亚人群之间。蒙古族、回族的铲形门齿和双铲形门齿出现频率较低与东南亚人群非常相似, Y 型沟纹的出现频率也与东南亚人群类似, 这种情况可能与高庙文化、大汶口文化及龙山文化的向南扩张, 以及与 O γ -F11 有关。

体质人类学^[52]和基因组^[53]的研究均表明, 维吾尔族是典型的东西方混合人群。本研究中新疆维吾尔族的铲形门齿和双铲形门齿出现率较高、Y 型沟纹的出现率较低, 与东北亚人群非常相似; 但维吾尔族的下颌四尖型出现频率较高, 又与欧洲人群类似。在群体关系分析上, 维吾尔族介于东亚人群和欧洲人群、北非人群之间, 从牙齿人类学角度进一步证实维吾尔族的东西方混合特点。基于个体数据的牙齿特征分析显示, 维吾尔族与泰州汉族之间的关系非常密切^[51]。本研究中的维吾尔族与泰州汉族之间的群体关系也相对较近, 可能与他们共同拥有较高频率的铲形门齿、双铲形门齿, 及较低频率的 Y 型沟纹有关。体质测量学的研究还发现, 维吾尔族与汉族、藏族之间在体质形态上具有许多相似性^[52,54], 说明汉族和藏族等东方人群对维吾尔族的形成有着非常显著的遗传贡献。

在悠长的历史中, 我国各民族群体经过不断的演化迁徙和交流融合, 形成了深厚的文化纽带和紧密的血脉联系, 各民族群体的体质形态特征(包括牙齿形态特征)既有明显的同质特点(共性), 也存在一定的异质特点(差异)。解读出我国现代各民族群体牙齿形态特征的表现特点, 为探讨现代各民族群体的演化历史及人群交流提供牙齿人类学依据, 同时还将为今后探索各民族群体的牙齿复杂遗传结构提供重要的基础表型数据支撑。

附属材料 本文网络版附有如下相关材料: 附表 1—26 项牙齿形态特征的中英文名称及英文简写; 附表 2— 牙齿形态特征的左右侧别一致性分析; 附表 3— 牙齿形态特征的男女性别差异分析; 附表 4— 牙齿形态特征与年龄的相关性分析。敬请查阅。

参考文献

- [1] Hanihara K. Mongoloid dental complex in the deciduous dentition with special reference to the dentition of the Ainu[J]. The Journal of Anthropological Society of Nippon, 1970, 78(1): 3-17
- [2] Turner CG II. Late Pleistocene and Holocene population history of East Asia based on dental variation[J]. American Journal of Physical Anthropology, 1987, 73(3): 305-321
- [3] Turner CG II. Teeth and prehistory in Asia[J]. Scientific American, 1989, 260(2): 88-96
- [4] Turner CG II. Major features of Sundadonty and Sinodonty, including suggestions about East Asian microevolution, population history, and late Pleistocene relationships with Australian aboriginals[J]. American Journal of Physical Anthropology, 1990, 82(3): 295-317
- [5] 刘武. 《牙齿人类学进展》评介 [J]. 人类学学报, 1996, 15(1): 89-91
- [6] Hrdlička A. Shovel-shaped teeth[J]. American Journal of Physical Anthropology, 1920, 3(4): 429-465
- [7] 李春芳, 皮昕, 陈国栋, 等. 卡氏尖名称的探讨 [J]. 口腔医学纵横杂志, 1995, 11(4): 237-238
- [8] Dietz, VH. A common dental morphotropig factor the carabelli cusp[J]. The Journal of the American Dental Association, 1944, 31(11): 784-789
- [9] Dahlberg, AA. Materials for the establishment of standards for classification of tooth characters, attributes, and techniques in morphological studies of the dentition[D]. Chicago: Zollar Laboratory of Dental Anthropology, University of Chicago (mimeo), 1956, 34-681
- [10] Turner CG II, Nichol CR, Scott GR. Scoring procedures for key morphological traits of the permanent dentition: the Arizona State University dental anthropology system[A]. In: Kelley M, Larsen CS(eds). Advances in Dental Anthropology[C]. New York: Wiley-Liss Inc, 1991, 13-31
- [11] Scott GR, Turner CG II. The anthropology of modern human teeth[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2018: 23-52, 216-219, 253-262, 285-295
- [12] Turner CG II. Expression count: A method for calculating morphological dental trait frequencies by using adjustable weighting coefficients with standard ranked scales[J]. American Journal of Physical Anthropology, 1985, 68(2): 263-267
- [13] 金力, 席焕久, 谭婧泽. 中华民族体质表型调查方法 [M]. 北京: 科学出版社, 2024, 151-168
- [14] Jacob C. Statistical power analysis for the behavioral sciences: differences between correlation coefficients[M]. Academic Press, 1977, 109-143
- [15] Buda A, Jarynowski A. Life time of correlations and its applications[M]. ABRASCO - Associação Brasileira de Saúde Coletiva Press, 2010, 132-153
- [16] 金泽英作, 佐竹隆, 佐佐木佳世子, 等. 中国云南省 5 个少数民族人群的牙齿性状 [J]. 现代人类学通讯, 2009, 15: 77-84
- [17] Chikushi S. Dental characteristics in the Dafurs tribe of Inner Mongoria, China.[J]. The Journal of the Kyushu Dental Society, 2001, 55(3): 189-205
- [18] Kiyosue T. Dental characteristics in the Hui of Liao-ning, China[J]. The Journal of the Kyushu Dental Society, 2000, 54(6): 510-520
- [19] Jin H. Dental characteristics in the Chaoxian of Liao-ning province, China[J]. The Journal of the Kyushu Dental Society, 1999, 53(5): 529-537
- [20] Fukunari F. Dental characteristics in the Manchu tribe of Xin-Bin, China[J]. The Journal of the Kyushu Dental Society, 1999, 53(1): 63-88
- [21] Kikuti N. Dental characteristics in the Han of Liao-Ning, China[J]. The Journal of the Kyushu Dental Society, 1997, 51(1): 193-216
- [22] Manabe Y, Rokutanda A, Kitagawa Y, et al. Genealogical position of native Taiwanese(Bunun Tribe) in East Asian populations based on tooth crown morphology[J]. The Journal of the Anthropological Society of Nippon, 1991, 99(1): 33-47
- [23] Manabe Y, Rokutanda A, Kitagawa Y. Nonmetric tooth crown traits in the Ami tribe, Taiwan aborigines: comparisons with other east Asian populations[J]. Human Biology, 1992, 64(5): 717-726
- [24] Yamaguchi Y. Dental characteristics in Balinese[J]. The Journal of the Kyushu Dental Society, 1996, 50(4): 663-680

- [25] Corruccini RS, Potter RHY. Developmental correlates of crown component asymmetry and occlusal discrepancy[J]. American Journal of Physical Anthropology, 1981, 55: 21-31
- [26] Mizoguchi Y. Mirror imagery and genetic variability of lateral asymmetries in the mesiodistal crown diameters of permanent teeth[J]. Bulletin of the National Science Museum, 1987, 13: 11-19
- [27] Townsend GC, Brown T. Dental asymmetry in Australian aboriginals[J]. Human Biology, 1980, 52: 661-673
- [28] Scott GR. Classification, Sex dimorphism, Association, and Population variation of the canine distal accessory ridge[J]. Human Biology, 1977, 49(3): 453-469
- [29] Townsend GC, Brown T. The Carabelli trait in Australian Aboriginal dentition[J]. Archives of Oral Biology, 1981, 26(10): 809-814
- [30] Scott GR. Population Variation of Carabelli's Trait[J]. Human Biology, 1980, 52: 63-78
- [31] Tan J, Peng Q, Li J, et al. Characteristics of dental morphology in the Xinjiang Uyghurs and correlation with the EDARV370A variant[J]. Science in China: Life Sciences, 2014, 57(5): 510-518
- [32] Matthew W. Tocheri. The Effects of Sexual Dimorphism, Asymmetry, and Inter-trait Association on the Distribution of Thirteen Deciduous Dental Nonmetric Traits in a Sample of Pima Amerindians[J]. Dental Anthropology Journal, 2002, 15
- [33] Khamis M. Jane AT, Samsudin A. et al. Variation in dental crown morphology in Malaysian populations[J]. Dental Anthropology Journal, 2018, 19(2): 49-60
- [34] Burnett SE, Irish JD, Fong MR. Wear's the problem? Examining the effect of dental wear on studies of crown morphology. Anthropological Perspectives on Tooth Morphology[M]. Cambridge University Press, 2013, 535-554
- [35] Stojanowski CM, Johnson KM. Observer error, dental wear, and the inference of new world sundadonty[J]. American Journal of Physical Anthropology, 2015, 156(3): 349-362
- [36] Molnar S. Sex, age, and tooth position as factors in the production of tooth wear[J]. American Antiquity, 1971, 36(2): 182-188
- [37] Tomenchuk J, Mayhall JT. A correlation of tooth wear and age among modern Igloolik Eskimos[J]. American Journal of Physical Anthropology, 1979, 51(1): 67-77
- [38] Wen B, Li H. Genetic evidence supports demic diffusion of Han culture[J]. Nature, 2004, 431(7006): 302-305
- [39] Xu S, Yin X, Li S, et al. Genomic dissection of population substructure of Han Chinese and its implication in association studies[J]. American Journal of Human Genetics, 2009, 85(6): 762-774
- [40] Qiao H, Tan JZ, Wen SQ, et al. De novo dissecting the three-dimensional facial morphology of 2379 Han Chinese individuals[J]. Phenomics, 2024, 4: 1-12
- [41] 李紫君. 头面部观察类形态特征揭示现代汉族的多样性 [D]. 硕士研究生学位论文, 上海: 复旦大学, 2020, 57-61
- [42] 殷杏. 中国汉族头面部测量特征的南北差异性研究 [D]. 硕士研究生学位论文, 上海: 复旦大学, 2020, 78-88
- [43] 吴佳姿. 现代汉族人群体部测量表型的差异研究 [D]. 硕士研究生学位论文, 上海: 复旦大学, 2021, 61-91
- [44] 陆艳, 蔡晓云, 李辉. 苗瑶与孟高棉人群的遗传同源 [J]. 现代人类学通讯, 2011, 5: 214-223
- [45] 李辉, 金雯俐. 人类起源和迁徙之谜 [M]. 上海: 上海科技教育出版社, 2020, 144-173
- [46] Wang CC, Yan S, Qin ZD, et al. Late Neolithic expansion of ancient Chinese revealed by Y chromosome haplogroup O3a1c-002611[J]. J Syst Evol, 2013, 51 (3): 280-286
- [47] 韦兰海. 东欧亚人群父系 Y 染色体谱系树的更新 [D]. 博士研究生学位论文, 上海: 复旦大学, 2016, 60-62
- [48] Ma X, Yang W, Gao Y, et al. Genetic Origins and Sex-Biased Admixture of the Huis[J]. Molecular Biology and Evolution, 2021, 38(9): 3804-3819
- [49] 郑连斌, 陆舜华. 我国 23 个群体体质的聚类分析与主成分分析 [J]. 人类学学报, 1997, 16(2): 151-158
- [50] 张兴华, 张尚才, 字克莉, 等. 山东、安徽汉族与我国 19 个族群体质特征的聚类分析与主成分分析 [J]. 天津师范大学学报(自然科学版), 2014, 34(3): 76-80
- [51] 祝海歌, 乔辉, 杨晨, 等. 中国 5 个人群的牙齿形态特征对比研究 [J]. 复旦学报(自然科学版), 2023, 62(6): 765-774
- [52] Yu K, Li Y, Zhang X, et al. Physical characteristics of the Uyghurs: anthropometric data from Kashgar[J]. Science in China: Life Sciences, 2020, 50(9): 983-995
- [53] Feng Q, Lu Y, Ni X, et al. Genetic History of Xinjiang's Uyghurs Suggests Bronze Age Multiple-Way Contacts in Eurasia[J]. Molecular Biology and Evolution, 2017, 34(10): 2572-2582
- [54] 陆九正, 乔辉, 孙畅, 等. 汉族、黎族、维吾尔族和藏族头面部测量特征比较 [J]. 解剖学报, 2022, 53(4): 526-1356