

现代中国人群形成与分化的形态证据 ——中国与非洲和欧洲人群头骨非测量特征分析

刘 武¹, 吴秀杰¹, 邢 松^{1 2}, Victoria GIBBON^{3 4}, Ronald CLARKE⁴

(1. 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所, 中国科学院脊椎动物进化系统学重点实验室, 北京 100044;

2. 中国科学院研究生院, 北京 100049; 3. Purdue University, West Lafayette, USA;

4. University of the Witwatersrand, Johannesburg, South Africa)

摘要: 现代人群形成与分化导致生活在世界不同地区的人类形成了具有明显体质特征差别的人群(或种族)。对更新世末期及全新世以来不同地理区域近代和现代人群体质特征差别、相互亲缘关系的分析是现代人群形成与分化研究的重要组成部分。本文通过对 21 项头骨非测量特征在近代和现代中国人群, 以及现代非洲和欧洲人群共 330 例标本的出现率和表现特点的观察和数据分析, 发现绝大多数特征的出现率或表现特点在三个种群间都具有不同程度的差异, 有些特征在种群间的差异甚至非常明显。与非洲及欧洲人群相比, 现代中国人头骨总体显得纤细, 眉弓、角圆枕、颧三角、颧结节等反映头骨粗壮程度的特征在现代中国人群的发育明显弱于非洲和欧洲人群。此外, 现代中国人群还具有一些明显不同于非洲和欧洲人群的头骨非测量特征, 包括锐利的眶外下缘、相对平坦的眉间鼻根点、较圆隆的颅侧壁、平坦的顶孔人字区、深弧形的上颌颧突下缘, 梯形和左右不一的鼻额-额颌缝走向等。采用判别分析可以将 67.0%—79.5% 的标本正确地判别归入其原来所属的组群。其中对中国人群的正确判别率分别达到 70.4% 和 82.9%。个体标本分布显示非洲人群表现较大的分散性, 而中国和欧洲人群样本的分布明显密集集中, 提示中国和欧洲人群似乎具有更多的衍生性特征。本研究还发现多数在种群间差别显著的头骨非测量特征与头骨粗壮程度有关, 作者对相关的问题进行了分析探讨。

关键词: 头骨非测量特征; 现代中国人群; 现代非洲人群; 现代欧洲人群

中图法分类号: Q981.6 文献标识码: A 文章编号: 1000-3193 (2011) 03-0250-15

1 引言

长期以来, 生活在世界各地的现代人类按照自然地理分布和体质特征被划分为不同的地区人群(或种族)。区分这些人群的体质特征包括肤色、毛发颜色、面型等体表外观、骨骼与牙齿特征, 以及血液及 DNA 水平的差异等^[1-2]。近 20 年来, 随着对现代人起源研究与争论的深入, 与此相关的现代人群的形成、分化、体质特征表现特点及其影响因素受到了日益增多的关注^[3-5]。一些学者通过对世界范围更新世晚期人类化石与近代-现代人群标本的研究提出区分现代人类群体的形态特征形成于全新世以后^[6-7]。由于研究这些问题需要近

收稿日期: 2010-12-07; 定稿日期: 2011-03-10

基金项目: 科技部国际合作重点项目(2009DFB20580)、中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX2-YW-459)及中国科学院战略性先导科技专项(XDA05130102)资助

作者简介: 刘武, 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所研究员, E-mail: liuwu@ivpp.ac.cn

1 万年来近代和现代人体质特征的证据,尤其需要对一些古代人群体质特征、文化习俗、迁徙、融合、彼此间的亲缘关系,以及与现代人群之间的关系进行分析,因此骨骼和牙齿成为研究现代人群形成与分化的主要信息来源。

现代人头骨大小尺寸、比例关系及外观形态等特征表现多样。这些变异在很大程度上可以归结为个体和人群间差异,或在演化过程中对环境及人口格局变化的遗传性反应所造成的人群分化。因此,通过形态观察和数据测量分析等手段可以辨识出某一特定人群所具有的标志性头骨特征,进而对与人群形成及分化有关的问题进行探讨。近年来,人类头骨非测量特征在现代人群形成与分化研究中的价值得到了较多的重视^[8-9]。非测量特征(nonmetric traits)即人类学的观察项目^[10-11]。这些形态变异可出现在现代人类和化石人类骨骼和牙齿。近年来,一些学者通过对头骨非测量特征在世界各人群出现率和表现情况的调查和数据分析,就世界各主要人群头骨非测量特征表现及人群关系进行了研究^[12-13]。在这些研究中,代表东亚地区现代人群(蒙古人种)的中国人群数据还不多,使用的材料主要来自国外研究机构收藏的标本,数量少,来源不确定。国内学者对现代中国人头骨非测量特征做过一些研究,但开展的工作相对局限,尤其缺乏与世界范围各主要人群的对比^[14-15]。这些情况使得学术界对头骨非测量特征在现代中国人群表现情况还不是很了解,也未能归纳总结出一些代表中国人群的标志性头骨非测量特征。这在很大程度上影响了对现代中国人群形成与分化过程的理解。

基于这样的背景,本文拟通过对部分头骨非测量特征在现代中国人、现代非洲黑人、现代欧洲白人标本的观察、数据统计和对比分析,探讨以下问题:(1) 头骨非测量特征在现代中国人群的表现特点;(2) 头骨非测量特征在世界主要人群之间的差别情况,试图找出一些人群的标志性特征,尤其是代表现代中国人群的特征;(3) 探讨头骨非测量特征在现代人群关系研究上的价值;(4) 分析这些特征在世界主要人群表现特点、人群差异的可能机制以及在人群形成与分化上的意义。

2 材料与方法

2.1 研究材料

考虑到本文主要目的是通过对中国与世界主要人群头骨非测量特征的观察和对比,获取代表现代中国人群特征头骨非测量特征的基础数据并总结出头骨非测量特征在现代中国人群的表现特点,进而探讨头骨非测量特征在现代人群形成及分化上的作用,本文选择的代表现代中国人群的头骨由两组现代人和两组考古遗址出土的古代居民遗骸组成。用于对比的是现代非洲人和现代欧洲人头骨标本。

现代中国人:用于本研究的中国人现代组标本为现代华北人头骨 35 例和现代云南人头骨 37 例。近代组为在陕西战国时代墓葬采集的头骨 36 例和在北京延庆出土的春秋时代人类头骨 127 例。以上 4 组标本合计 235 例。这些标本分别收藏在中国科学院古脊椎动物与古人类研究所和北京大学文博学院。

现代非洲人:用于本文对比的现代非洲人标本为南非威特沃特斯兰德大学(University of the Witwatersrand)医学院解剖系收藏的生活在南非的现代非洲黑人骨骼标本。本文观察标本包括 Zulu 和 Soto 两个族群,共 62 例。这些标本属于“达特标本(Dart Collections)”的

一部分。

现代欧洲人:用于本文对比的现代欧洲人头骨标本也来自南非威特沃特斯兰德大学收藏的“达特标本”,这些标本是生活在南非的近代和现代英国人,共 33 例。

以上三组现代中国人、现代非洲人和现代欧洲人头骨标本均为成年个体,不分性别。颅骨表面无影响形态观察的病变或变形(表 1)。

表 1 本文使用的标本情况

Tab. 1 The cranial specimens used in the present study

标本组(samples)	例数(N)	标本情况(Specimen information)	收藏(Curator)
现代中国人(合计)	235	两组现代人标本为近百年来生活在华北和云南的现代人骨骼标本。两组近代标本均为考古遗址出土的古代居民遗骸。分别采自陕西陇县战国时代墓地和北京延庆春秋时代墓地。	中国科学院古脊椎动物与古人类研究所及北京大学文博学院
现代华北人	35		
现代云南人	37		
战国时代	36		
春秋时代	127		
现代非洲人	62	非洲标本采自 9 个班图语系的现代南非部落人群骨骼标本。	南非威特沃特斯兰德大学医学院
现代欧洲人	33	欧洲标本为居住在南非的英国及荷兰人	南非威特沃特斯兰德大学医学院

2.2 本文观察的头骨非测量特征

作者参照近年有关学者对更新世晚期人类演化及现代人群关系研究所使用的头骨形态特征,选取了 21 项非测量特征,在选取确定特征时,尽量避免可能反映相同解剖变异的特征。这些特征涉及颅骨整体形态、面部与枕部形态、反映骨骼粗壮程度的局部特殊形态特征以及缝间骨等,具体观测标准基本按照有关作者的研究^[6,8,14-15],有些根据本文的需要做了一些调整,具体特征及其观察方法详见有关文献及本文结果与分析部分。除特别解释外,本文采用的头骨非测量特征的定义和分级标准在文献 14 和 15 中有详细的介绍。图 1 展示了本文观察的头骨非测量特征。

2.3 数据分析

在对各样本组头骨非测量特征观察、描述和对比的基础上,统计所有特征在各样本组的出现率,表现程度,记录是否具有特殊现象。在此基础上,采用两样本间非参数检验(two independent samples nonparametric tests)方法确定所有特征在各样本组之间差异的显著水平。根据显著性检验结果,采用判别分析方法对部分特征在三个样本组的观察数据进行分析,从而综合检验头骨非测量特征在世界主要人群的分布情况,尤其这些特征区分人群关系的价值。为提高判别分析的可靠程度,在进行判别分析计算时采取交互检验(Cross-Validation)方法。这种计算方法在计算判别函数时依次去掉一例标本,然后用建立起来的判别函数对该例标本进行判别,进而有效地避免来自相同标本的干扰。

3 结果与分析

3.1 头骨非测量特征在世界三大人群的表现特点

在对头骨非测量特征观察记录的基础上,计算了各项特征不同表现级别在三个人群的出现率,并对这些特征在各人群之间的差异情况进行了统计检验。表 2 罗列了对上述数据



图 1 本文研究的头骨非测量特征

Fig. 1 The cranial nonmetric traits used in the present study

的统计结果。从观察及数据统计结果看, 本文研究的 21 项头骨非测量特征在三个人群的表现特点分为以下几种情况。

(1) 单一人群特异性: 具有这种特点的特征在一个人群的出现率明显高于或低于另外两个人群, 或其表现特点明显不同于另外两个人群, 呈现出较独特的人群特点。在本文研究的非测量特征中, 属于这种类型的特征有颅侧壁形状、前凶隆起、鼻梁冠状隆起等。

颅侧壁形状: 这一特征主要反映颅骨(主要是顶骨)向两侧隆起程度, 本文将颅侧壁形状分为圆隆和平直两种情况。在本文观察的三个人群标本中, 圆隆形颅侧壁的出现率都高于平直形。这两种表现特点在中国人群和非洲人群出现率接近, 圆隆形在 65.7%—75.4%, 平直形在 24.6%—34.3%。而在欧洲人群, 圆隆形颅侧壁的出现率在 90% 以上, 平直形出现率非常低。因而高出现率的圆隆形颅侧壁是欧洲人群的特征。

前凶隆起: 这个特征表现为前凶中心或周边呈现肉眼可见的隆起, 高于附近的颅骨表面。前凶隆起在中国人群和欧洲人群出现率极低(3.1%—3.8%), 而在非洲人群前凶隆起出现率高达 22.9%。因而相对高出现率的前凶隆起似乎是非洲人群的特征。

鼻梁冠状隆起: 这项特征反映由两侧鼻骨构成的曲度或角度, 本文将这个特征分为平滑、略隆起、明显隆起、锐利隆起 4 个级别。中国人群和非洲人群各级别出现率大致接近, 而欧洲人群平滑和略隆起出现率仅仅 3.1%, 明显隆起和锐利隆起出现率高达 96.9%, 明显高于中国人和非洲人。

枕区突隆: 枕区隆突表现为从人字点到枕脊或到枕顶平面交界之间整个枕骨中央区域

呈球状或馒头状隆起。这个特征在非洲人群较中国和欧洲人群的更为常见,表现程度也更显著。按照本文的不存在和存在两个级别的观察标准,枕区突隆在非洲人群的出现率为 36.1%,明显高于中国和欧洲标本的 10.5% 和 15.6%。

顶孔人字区平坦:本文参照相关研究,将出现在顶孔到人字缝整个或局部区域的平坦或凹陷定义为顶孔人字区平坦,并划分为存在和不存在两种情况。本文观察数据显示,顶孔人字区平坦出现率在中国人群(69.3%)高于非洲(45.9%)和欧洲人群(58.1%),其中与非洲人差别较大。

眉弓:按照吴汝康等^[21]确定的 4 级划分标准,眉弓在中国和非洲人群表现都很弱,无和微弱两个级别在这两个人群的出现率都在 70% 以上。相比之下,欧洲人群眉弓发育程度略显著,达到中等程度的标本为 36.4%。

矢状脊:本文观察的矢状隆为出现在额骨或顶骨正中部位的平台状,或脊状骨质隆起。欧洲人群矢状脊出现率(64.5%)明显高于中国和非洲人群(47.6%和 44.3%)。

角圆枕:本文将角圆枕分为不存在、微显、中等、显著 4 个级别。从观察数据统计结果看,角圆枕在欧洲人群表现最为显著,中等和显著级别的出现率达到 27.3%,而这一特征在中国和非洲人群表现非常微弱。在本文观察的 105 例中国人标本中,没有观察到中等及显著级别的角圆枕,角圆枕缺失的标本高达 78.1%。在非洲人群,微显和无两个级别的出现率分别为 37.7% 和 52.5%。

(2) 在两个人群具有相似的表现:这类特征表现特点在三个人群中的两个人群接近,而与第三人群差别较大。

眶外下缘钝圆:人类眼眶外下缘可呈现锐利到圆钝的不同表现。本文将眼眶外下缘分为锐利、略圆钝及非常圆钝 3 个级别。从表 2 数据可以看出,这个特征在本文观察的三组样本间的差别主要表现在非常圆钝级别。非洲人群和欧洲人群眼眶外下缘为非常圆钝形的标本分别占 28.3% 和 27.3%,而中国人眼眶外下缘非常圆钝的标本仅仅为 2.3%。因而高出现率的圆钝形眼眶外下缘是非洲和欧洲人群的特征。

颧三角:本文数据显示,这项出现在眶上缘外侧,额骨与颧骨相接区域的骨质隆起在非洲和欧洲人群明显较现代中国人群为强壮。按照 4 个观察等级,中等和显著表现的颧三角在非洲和欧洲人的出现率分别为 34.4% 和 45.5%,而在中国人仅为 11.8%。因而发育显著的颧三角似乎是代表着非洲和欧洲人群的特征。

颧结节:本文将这项出现在颧骨表面的骨质隆起划分为无、微弱、中等、显著 4 个级别。中等和显著这两个级别的出现率在非洲和欧洲人(21.3%和 75.7%)明显高于中国人(10.0%)。颧结节在欧洲人表现尤其明显,显著程度的标本高达 54.5%。

枕外脊:枕外脊是出现在枕骨大孔后缘与上项线之间的纵行骨质隆起。本文根据纵脊的出现情况,将枕外脊分为无或微弱、中等、显著三种情况。本文数据显示枕外脊在中国人群及欧洲人群表现较明显,达到显著程度的标本数量分别占 38.8% 和 36.4%;相比之下,达到显著程度的枕外脊在非洲人群的出现率仅为 6.6%,即便是中等程度的枕外脊在非洲人群的出现率也只有 21.3%,仍明显低于中国和欧洲人的出现率(48.8%和 42.4%)。

枕圆枕:这个特征的表现特点与枕外脊相似,即在中國人群和欧洲人群现率很高,在非洲人群明显为低。按照本文确定的不存在和存在两级划分标准,枕圆枕在中国人群和欧洲人群的出现率分别达到 59.6% 和 48.5%,而在非洲人群仅为 8.2%。

表 2 头骨非测量特征在世界主要人群的出现率及差异情况

Tab. 2 The frequencies and variations of the cranial nonmetric traits in three main human groups

特征项目 (Features and grading)	中国人 (Chinese)		非洲人 (African)		欧洲人 (European)		差异显著性检验 (P 值) Test of significant levels (P-values)		
	出现率 (%)	例数 (N)	出现率 (%)	例数 (N)	出现率 (%)	例数 (N)	中国-非洲	中国-欧洲	非洲-欧洲
颅侧壁形状		105		61		31	0.193	0.008**	0.090*
平直	34.3	36	24.6	15	9.7	3			
圆隆	65.7	69	75.4	46	90.3	28			
前凶隆起		105		61		32	0.000**	0.857	0.014*
无隆起	96.2	101	77.1	47	96.9	31			
微弱隆起	3.8	4	21.3	13	3.1	1			
明显隆起	0.0	0	1.6	1	0.0	0			
眉弓 (>中等)	22.0	232	26.7	60	36.4	33	0.002**	0.045*	0.890
无	46.6	108	20.0	12	30.3	10			
微弱	31.5	73	53.3	32	33.3	11			
中等	21.1	49	21.7	13	36.4	12			
显著	0.9	2	5.0	3	0.0	0			
眶外下缘钝圆		132		60		33	0.000**	0.001**	0.978
锐利		16.7	22	10.0	6	9.1	3		
略圆钝	81.1	107	61.7	37	63.6	21			
非常圆钝	2.3	3	28.3	17	27.3	9			
矢状脊		225		61		31	0.648	0.077	0.068
不存在	52.4	118	55.7	34	35.5	11			
存在	47.6	107	44.3	27	64.5	20			
顶孔入区平坦		212		61		31	0.001**	0.210	0.273
不存在	30.7	65	54.1	33	41.9	13			
存在	69.3	147	45.9	28	58.1	18			
枕区突隆		105		61		32	0.000**	0.429	0.040*
不存在	89.5	94	63.9	39	84.4	27			
存在	10.5	11	36.1	22	15.6	5			
角圆枕	0.0	105	9.8	61	27.2	33	0.000**	0.000**	0.120
不存在	78.1	82	37.7	23	30.3	10			
微显	21.9	23	52.5	32	42.4	14			
中等	0.0	0	9.8	6	24.2	8			
显著	0.0	0	0.0	0	3.0	1			
颧三角	11.8	135	34.4	61	45.5	33	0.009**	0.000**	0.047*
无	48.9	66	37.7	23	24.2	8			
微弱	39.3	53	27.9	17	30.3	10			
中等	11.1	15	29.5	18	15.2	5			
显著	0.7	1	4.9	3	30.3	10			
颧结节 (>中等)	10.0	130	21.3	61	75.7	33	0.020*	0.000**	0.000**
无	69.2	90	54.1	33	9.1	3			
微弱	20.8	27	24.6	15	15.2	5			
中等	9.2	12	13.1	8	21.2	7			
显著	0.8	1	8.2	5	54.5	18			
枕外脊 (>中等)	87.6	121	27.9	61	78.8	33	0.000**	0.467	0.000**
无或微弱	12.4	15	72.1	44	21.2	7			
中等	48.8	59	21.3	13	42.4	14			
显著	38.8	47	6.6	4	36.4	12			

续表 2

特征项目 (Features and grading)	中国人 (Chinese)		非洲人 (African)		欧洲人 (European)		差异显著性检验 (P 值) Test of significant levels (P-values)		
	出现率 (%)	例数 (N)	出现率 (%)	例数 (N)	出现率 (%)	例数 (N)	中国-非洲	中国-欧洲	非洲-欧洲
枕圆枕		213		61		33	0.000**	0.228	0.000**
不存在	40.4	86	91.8	56	51.5	17			
存在	59.6	127	8.2	5	48.5	16			
颧颌缝脊突起		95		61		33	0.252	0.332	0.977
不存在	72.6	69	63.9	39	63.6	21			
存在	27.4	26	36.1	22	36.4	12			
鼻额颌缝走向		197		61		33	0.022*	0.000**	0.016*
直线	4.1	8	6.6	4	15.2	5			
斜线	3.0	6	6.6	4	15.2	5			
弧形	33.0	65	41.0	25	45.5	15			
梯形	45.2	89	39.3	24	21.2	7			
左右不一	14.7	29	6.6	4	3.0	1			
眉间鼻根点凹陷(> 凹陷)	27.9	122	80.0	60	90.9	33	0.000**	0.000**	0.006**
平坦	72.1	88	20.0	12	9.1	3			
凹陷	23.8	29	55.0	33	36.4	12			
显著凹陷	4.1	5	25.0	15	54.5	18			
鼻梁冠状隆起(> 明显隆起)	30.6	111	36.1	61	96.9	32	0.593	0.000**	0.000**
平滑	18.9	21	16.4	10	3.1	1			
略隆起	50.5	56	47.5	29	0.0	0			
明显隆起	23.4	26	32.8	20	15.6	5			
锐利隆起	7.2	8	3.3	2	81.3	26			
梨状孔外侧部突隆		58		61		33	0.422	0.678	0.271
不存在	50.0	29	42.6	26	54.5	18			
存在	50.0	29	57.4	35	45.5	15			
犬齿窝		98		61		32	0.000**	0.513	0.001**
不显	32.7	32	16.4	10	46.9	15			
中等	53.1	52	32.8	20	31.3	10			
显著	14.3	14	50.8	31	21.9	7			
上颌颧突下缘形态		98		61		33	0.095	0.017*	0.310
直线或浅弧	52.0	51	65.6	40	75.8	25			
深弧	48.0	47	34.4	21	24.2	8			
人字缝小骨		103		60		33	0.002**	0.084	0.470
不存在	70.9	73	46.7	28	54.5	18			
存在	29.1	30	53.3	32	45.5	15			
印加骨		104		60		33	0.528	0.160	0.090
不存在	94.2	98	91.7	55	100.0	33			
存在	5.8	6	8.3	5	0.0	0			

眉间鼻根点凹陷: 这个反映鼻骨与额骨相交构成的曲度或角度的特征在非洲和欧洲人群表现非常显著, 而在中国人群则相对微弱。按照本文确定的平坦、凹陷、显著凹陷三级标准, 达到显著凹陷程度的标本在非洲和欧洲人群分别为 25.5% 和 54.5%, 而在中国人群仅为 4.1%。如果将凹陷与显著凹陷一并统计, 则非洲和欧洲人群高达 80.0% 和 90.9%, 中国人群仅为 27.9%。

犬齿窝: 本文观察发现, 犬齿窝在三个人群的表现特点与眉间鼻根点凹陷相似。按照本

文的三级观察标准,达到显著程度的标本在非洲和欧洲人群分别为 50.8% 和 21.9%,在中国标本仅为 14.3%,但中等程度的犬齿窝出现率在中国标本较高(53.1%)。

人字缝小骨:缝间骨是常见于现代人类头骨的形态变异,以出现在人字缝的小骨多见。本文对三个人群标本的观察发现,人字缝小骨在非洲人群和欧洲人群出现率(53.3% 和 45.5%)明显高于中国人群(29.1%)。

印加骨:这个特征在本文观察的三个现代人群出现率都很低,但在中国人群和非洲人群分别达到 5.8% 和 8.3%,明显高于欧洲人群(0.0%)。

此外,前囟隆起不仅在非洲人群具有较高的出现率,在中国人群和欧洲人群的极低出现率,以及角圆枕在中国和非洲人群总体表现较欧洲人群为弱也是一个两个人群的表现特点。

(3) 三个人群人群各有特点:在本文观察的 21 项头骨非测量特征中,有 2 项特征的表现特点在三个人群各自之间都不一致。

鼻额-额颌缝走向:本文参照相关研究^[8],将鼻额额-额颌缝走向分为直线、斜线、弧形、梯形、左右不一致 5 种类型,这种分类方法曾在对山顶洞和现代华北人头骨研究中采用^[15]。从本文观察统计数据看,尽管梯形和弧形两种类型的鼻额额-额颌缝走向在三个种群的出现率都高于其他类型,但这两个类型以及其他类型的出现率在各人群之间的出现率都具有各自的表现特点。梯形和左右不一两种类型在中国人群出现率最高(分别为 45.2% 和 14.7%);非洲人群以弧形和梯形出现率高为特点(分别为 41.0% 和 39.3%);而直线型和斜线型在欧洲人群的出现率(分别为 15.2%),明显高于中国和非洲人群(分别为 4.1%—6.6% 及 3.0%—6.6%)。

上颌颧突下缘形态:按照本文确定的直线或浅弧形以及深弧形两种类型,上颌颧突下缘形态在中国、非洲和欧洲三个种群的表现特点是:直线或浅弧形出现率在这三个种群依次增加,深弧形出现率顺序减少。深弧形在中国人群出现率最高,直线或浅弧形在欧洲人群出现率最高,两种类型在非洲种群的出现率都是居中。

(4) 人群间似乎差别不明显:在本文观察分析的头骨非测量特征中,个别特征的出现率或表现特点在人群间的差异似乎不明显,包括额颌缝脊突起、梨状孔外侧部突隆两项特征。

3.2 现代中国人群头骨非测量特征表现特点

根据以上对头骨非测量特征观察数据的分析,在本文研究的 21 项头骨非测量特征中,绝大多数特征的出现率或表现特点在人群间都具有不同程度的差异,有些特征在人群间的差异甚至非常明显。与非洲及欧洲人群相比,现代中国人头骨非测量特征具有一些自身的表现特点。

现代中国人群头骨总体观显得比较纤细,颅侧壁形状较圆隆、顶孔人字区大多平坦、上颌颧突下缘多为深弧形,鼻额-额颌缝走向在现代中国人群大多为梯形和左右不一两种类型。锐利形的眶外下缘在中国人群的出现率明显高于非洲和欧洲人群,而显著凹陷的眉间鼻根点出现率明显较非洲人和欧洲人为低。人字缝小骨出现率在现代中国人群明显低与非洲和欧洲人群。

值得注意的是,反映头骨粗壮度的特征总体上在现代中国人群表现微弱。如眉弓、角圆枕、颧三角、颧结节这四项反映头骨粗壮程度的特征在现代中国人群的发育明显较非洲和欧洲人群为弱。

除此之外,现代中国人群还具有某些头骨非测量特征的表现特点与非洲或欧洲某一

群接近,而不同于另一人群的现象。其中包括两项与头骨粗壮度相关的特征枕圆枕和枕外脊,这两个特征在中国人群和欧洲人群表现较明显。印加骨虽然在三个现代人群出现率都很低,但在中国人群和非洲人群的出现情况明显高于欧洲人群。

3.3 人群间的差异检验

为进一步检验头骨非测量特征在人群间的差异程度,采用两样本间非参数检验方法对 21 项非测量特征在三个人群相互之间差异的显著水平进行了检验。从表 2 罗列的检验结果看,21 项特征中,有 15 项特征(71.4%)在人群间的差异显著($P < 0.05$),6 项特征(28.6%)的表现在人群间的差异不显著($P > 0.05$)。这些特征在三个人群相互间差异显著性水平情况与前述的特征出现率及表现特点大致一致,也表现为同样的几种情况。

(1) 颧三角、颧结节、鼻额颌缝走向和眉间鼻根点凹陷这四项特征在三个人群各自之间均有显著性差别($P < 0.05$),提示这些特征在三个人群都具有一定的单一人群特异性。

(2) 前凶隆起、枕区突隆、枕外脊、枕圆枕这四项特征在中国与非洲,以及非洲与欧洲人群之间具有显著性的差异,而这些特征在中国与欧洲人群之间差异尚未达到显著性程度,说明这四项特征的表现现在非洲人群具有其独特的特点。

(3) 颅侧壁形状、眉弓、角圆枕、鼻梁冠状隆起这四项特征在中国与欧洲人群,以及欧洲与非洲人群各自之间具有显著性差异,而这四项特征在中国与非洲人群之间的差异未达到显著性水平,说明这些特征的表现现在欧洲人群具有不同于中国和非洲人群的特点。

(4) 眶外下缘钝圆、犬齿窝、人字缝小骨这三项特征的表现现在中国与非洲人群,以及中国与欧洲人群各自之间呈现有显著性的差别。但这三项特征在非洲与欧洲人群之间没有显著性差异,说明这些特征中国人群具有不同于非洲和欧洲人群的表现特点。

(5) 矢状脊、顶孔人区平坦、颧颌缝脊突起、梨状孔外侧部突隆、上颌颧突下缘形态以及印加骨的表现现在所有三个人群相互之间的差异均未达到显著性水平。

上述对非测量特征在人群间差异显著性检验结果与 3.1 节揭示的头骨非测量特征在世界三大人群的表现特点基本一致,个别差异可能与标本例数有关。

3.4 判别分析

本文对 21 项头骨非测量特征观察数据的分析显示多数特征都具有不同程度的人群分布特点,71.4%的特征在人群间的差异显著($P < 0.05$)。为进一步探讨这些特征在人群关系研究上的价值,本文采用判别分析方法对头骨非测量特征在三个人群的观察数据进行了处理。在判别分析变量选取上,主要依据人群间显著性检验结果,采用两种特征组合的方式。

首先,选取在三个人群相互之间都具有显著性差异的颧三角、颧结节、鼻额颌缝走向和眉间鼻根点凹陷 4 项特征数据进行判别分析。从表 3 和图 2 展示的结果看,使用这 4 项特征对中国、非洲和欧洲人群标本的正确判别率分别为 70.4%、56.7% 和 75.8%。其中对欧洲人群的正确判别率最高,非洲人群最低,中国人群居中。在分析的 98 例中国人标本中,69 例判别正确,占 70.4%。使用这 4 项特征在三个人群的平均正确判别率是 67.0%,仍然不是很高。第二组数据分析增加了眉弓、眶外下缘钝圆、枕外脊、枕圆枕 4 项特征,使得变量增加到 8 个。判别分析结果(表 3 和图 2)显示对中国、非洲和欧洲三个人群标本的正确判别率分别为 82.9%、75.9% 和 78.7%,对三个人群的平均正确判别率为 79.5%。

表 3 采用两组头骨非测量特征数据获得的判别函数(非标准化数据)

Tab. 3 The discriminant functions based on the cranial nonmetric traits (unstandardized data)

样本组 (Samples)	采用 4 项特征 (Four features)		采用 8 项特征 (Eight features)	
	第一维度 (Dimension-1)	第二维度 (Dimension-2)	第一维度 (Dimension-1)	第二维度 (Dimension-2)
颧三角	0.006	0.187	-0.128	0.089
颧结节	0.665	-1.086	-0.394	0.746
鼻额颌缝走向	-0.281	-0.053	0.123	-0.206
眉间鼻根点凹陷	0.906	1.385	-0.911	0.376
枕外脊			0.579	0.742
枕圆枕			1.631	0.818
眉弓			0.366	-0.587
眶外下缘钝圆			-0.473	-0.267
常数(Constant)	-1.860	-0.608	-1.027	-2.502
变异百分比	86.5%	13.5%	71.3%	28.7%
卡方值	134.300	22.556	239.887	82.915
显著性水平	($P < 0.001$)	($P < 0.001$)	($P < 0.001$)	($P < 0.001$)

表 4 判别分析结果

Tab. 4 The results of discrimination for the three main human groups

样本组 (Samples)	采用 4 项特征的标本判别情况(百分比%) (Discrimination rate with four features%)				采用 8 项特征的标本判别情况(百分比%) (Discrimination rate with eight features%)			
	中国	非洲	欧洲	例数	中国	非洲	欧洲	例数
中国	69(70.4)	22(22.4)	7(7.1)	98(100.0)	58(82.9)	12(17.1)	0(0.0)	70(100.0)
非洲	14(23.3)	34(56.7)	12(20.0)	60(100.0)	7(12.1)	44(75.9)	7(12.1)	58(100.0)
欧洲	2(6.1)	6(18.2)	25(75.8)	33(100.0)	3(9.1)	4(12.1)	26(78.8)	33(100.0)
平均正确判别率	67.0%				79.5%			

4 讨 论

4.1 现代中国人群头骨非测量特征表现特点

本文对 21 项头骨非测量特征在现代华北和云南,以及春秋和战国时代 4 组人群共 235 例标本的出现率和表现特点进行了观察、分析,并与现代非洲和欧洲人群标本进行了对比,试图揭示现代中国人群头骨非测量特征的表现特点。根据以上对头骨非测量特征观察数据的分析和对比,在本文研究的 21 项头骨非测量特征中,绝大多数特征的出现率或表现特点在三个种群间都具有不同程度的差异,有些特征在人群间的差异甚至非常明显。与非洲及欧洲人群相比,现代中国人头骨非测量特征的表现特点主要体现在头骨总体显得纤细,眉弓、角圆枕、颧三角、颧结节等反映头骨粗壮程度的特征在现代中国人群的发育明显较非洲和欧洲人群为弱。此外,现代中国人群还具有一些明显不同于非洲和欧洲人群的头骨非测量特征,包括锐利眶外下缘、相对平坦的眉间鼻根点、较圆隆的颅侧壁、平坦的顶孔人字区、深弧形的上颌颧突下缘、梯形和左右不一的鼻额-额颌缝走向等。

4.2 头骨非测量特征与人群关系研究

从本文对 21 项头骨非测量特征在中国、非洲和欧洲三个种群共 330 例标本的观察和对

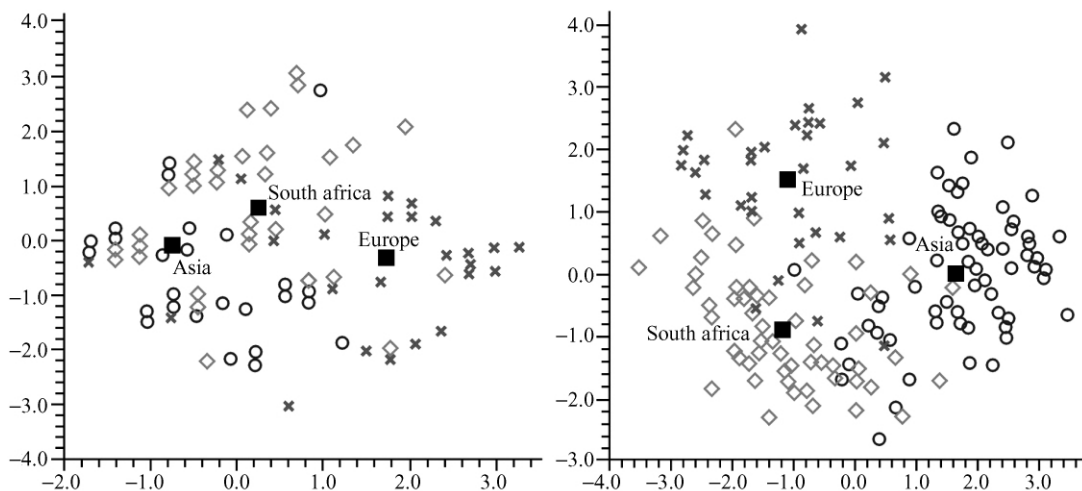


图 2 采用头骨非测量特征对中国、非洲和欧洲人群判别分析的各人群样本分布图

Fig. 2 The specimen distributions of Chinese , African and European populations

based on the discriminant functions of cranial nonmetric traits

圆形: 亚洲(中国); 菱形: 非洲; 叉号: 欧洲; 深黑色方形: 各人群中心点 (group centroid) (circle: Chinese; rhombus: Africans; cross: Europeans; black square: group centroid of each populations)

左图: 采用颧三角、颧结节、鼻额颌缝走向、眉间鼻根点凹陷 4 项特征; 右图: 采用颧三角、颧结节、鼻额颌缝走向、眉间鼻根点凹陷、眉弓、眶外下缘钝圆、枕外脊、枕圆枕 8 项特征(Left figure: four features of zygomatic trigone , zygomaxillary tuberosity , course of frontonasal and frontomaxillary sutures , intraglabellar notch were used; right figure: eight features were used with supraorbital structure , rounding of the infero-lateral margin , occipital ridge and occipital torus added)

比结果看, 尽管大多数特征都呈现出一定的人群分布特点, 甚至某些特征呈现较明显的单一人群分布性, 但这些人分布特点都是体现在出现率差异上, 几乎所有特征的表现特点在各人群间仍然存在相当的重叠, 仅仅依靠单个特征进行区分人群的研究效果非常有限。为更有准确地使用头骨非测量特征信息进行人群关系的研究, 本文采用判别分析方法建立了区分中国、非洲、欧洲三个人群的判别函数, 并检验了所建立的判别函数的准确判别率。判别分析是一种可以将多个变量各自具有的样本间差异信息综合到少量的判别函数中, 更加准确地判别划分样本组群的多元统计分析方法。根据各特征在人群间差异的显著性检验结果, 本文选取的 4 项和 8 项非测量特征数据进行判别分析所建立的两组判别函数平均可以将 67.0%—79.5% 的标本正确地判别归入其原来所属的组群。其中对中国人群的正确判别率分别达到 70.4% 和 82.9%。从根据两组判别分析建立的判别函数, 对三个人群样本进行判别分类的单一标本分布看(图 2), 中国、非洲和欧洲三个人群都有各自的分布区域, 相互重叠的范围不大。在由 4 项非测量特征建立的判别函数标本分布图上(图 2 左), 三个人群在各自分布区域集中或分散程度大致接近, 表现为都具有一定的分散性。但在 8 项非测量特征建立的判别函数标本分布图上(图 2 右), 非洲人群仍表现为与 4 项非测量特征判别函数标本分布图相似的分散性, 而中国和欧洲人群样本的分布明显密集集中。这样的结果一方面说明适当增加变量数目, 可以进一步提高判别分析的准确程度, 更加可靠地区分样本间的差异。另一方面, 中国和欧洲人群不同于非洲人群的密集分布提示相比于非洲人群, 中国和欧洲人群似乎具有更多的衍生性特征。这些可能的衍生性特征变化与亚洲和欧洲现代

人群的形成和分化之间的关系尚需要进一步的深入研究。

4.3 头骨粗壮程度与人群差异

多年来,学术界对头骨非测量特征在不同现代人群以及化石人类的出现、缺失及表现程度(特点)做过许多研究。其中多数研究是从系统演化的角度来解释这些特征变异,近年的一些研究开始关注这些特征的功能形态学(functional morphology)意义,试图从这些头骨结构的生物力学基础来解释其表现与变异。一些学者在研究近代和现代人群头骨特征人群间差异及其在人群关系上的价值时,注意到许多在人群间具有差异的非测量特征都与头骨的粗壮程度有关^[12,16-17]。头骨“粗壮度(robusticity)”是指骨骼构建上的粗壮程度。头骨粗壮度不仅涉及头骨尺寸大小和厚度,而且还由一系列形态特征来体现,如骨表面的隆起脊、圆枕、结节等。这些非测量特征曾被叫做“头骨表面结构(cranial superstructures)”^[18]。

现代人头骨大小和形状(形态)变异非常大。一般认为,这些变异主要是现代人群形成与分化过程中对环境和人口格局变化的遗传反应。这些反映人群间差异的头骨特征包括粗壮度水平。在包括现代和近代人群的形成与分化过程的整个人类演化过程中,反映头骨粗壮度的特征经历过出现、消失,以及不同表现特点等。这些头骨粗壮度特征的各种表现方式在不同人群差别很大。

因此,对这些特征的出现、缺失、以及表现特点的数据采集和分析可以作为重建近代和现代人群演化历史的重要信息来源。虽然现代智人演化的重要标志是骨骼的纤细化,但不同程度的粗壮度特征仍表现在一些化石早期现代人和近代-现代人类骨骼标本中,是现代人群的形成和分化过程中头骨粗壮特征的保留。

从本文对 21 项头骨非测量特征在中国、非洲和欧洲三个种群出现率和表现特点的对比分析看,多数在人群间差别显著的特征都与头骨的粗壮程度有关。如本文判别分析采用的 8 项特征中,颧三角、颧结节、眉弓、枕外脊、枕圆枕 5 项特征都属于与头骨粗壮程度相关的特征。此外,角圆枕、前凶隆起也与头骨粗壮程度有关。这样的结果提示在现代中国人群形成与分化的过程中,与骨骼粗壮程度相关的特征发挥了很重要的作用。

关于这些与骨骼粗壮程度有关的形态特征在现代人群形成与分化过程中的作用,在古人类学界还有不同的认识^[16-19]。虽然这些特征的人群分布特点得到了普遍的认同,但对这些特征是长期适应选择而形成的受遗传控制的人群特征,还仅仅是对某些环境因素的短期性功能适应还不是很清楚。Brace^[20]认为更新世末期以来,人类生存适应能力明显增强,尤其是地炉等烹饪技术的使用极大地减轻了咀嚼负荷,进而导致了一系列与咀嚼负荷相关的头骨和下颌骨特征减弱。Lahr 和 Wright 的研究发现头骨超级结构与某些头骨尺寸存在相关性,如头长、上面宽、面底长、上腭尺寸等。基于这些发现,他们指出头骨超级结构不仅与某些头骨尺寸有关,而且也受这些尺寸相互之间的相关性的影响。他们认为澳大利亚土著人的头骨粗壮特征并非反映与演化相关的古老或原始状态,而是代表着这个种群对当地环境适应而形成的尺寸缩小,保留头骨粗壮度的特定迁移历史。因而,这些特征不应作为独立的系统演化特征。但 Anton 等^[17]最近的一项研究指出强壮的咀嚼负荷不能被用于解释存在于澳大利亚土著和爪哇直立人之间头骨的相似性,而其他有关功能适应造成的头骨粗壮度增加的观点还有待验证。

本文作者认为尽管有关学者对与粗壮度相关的特征的形成机制有不同的解释,但分歧主要集中在这些特征是否已经成为相对长期稳定的具有系统演化价值的人群特征。但对于



图 3 选自欧洲(A)、非洲(B)和中国人群(C)的头骨正面和侧面观

Fig. 3 The frontal and lateral views of crania from European (A) ,African(B) and Chinese populations(C)

这些特征即便与功能适应有关,但在相对短的时间内已经具有了人群分布性不持疑义。因而这些特征记载了近代和现代人群关系,包括现代人群的形成与分化的重要信息。从本文对世界三个主要人群头骨非测量特征观察数据的对比分析看,欧洲人群头骨特征较中国和非洲人群明显粗壮,提示这些人群在形成过程中因生存环境、食物,或行为等因素造成了功能适应和形态的改变,最终形成了区域性的人群特征。这样的发现和认识还有待更多证据的进一步的证实。

致谢: 本文使用的非洲和欧洲人群头骨标本由南非威特沃特斯兰德大学医学院解剖系提供。作者在观测标本过程中得到相关工作人员的协助,谨此致谢。

参考文献:

[1] Delson E , Tattersal I , Couvering J , et al (Eds) . Encyclopedia of Human Evolution and Prehistory [M] . Carland Publishing Inc , 2000 , 609-611 .

[2] Mai L , Owl M , Kersting M (Eds) . The Cambridge Dictionary of Human Biology and Evolution (M) . Cambridge University Press , 2005 , 448-449 .

[3] Hanihara T . Craniofacial continuity and discontinuity of far Easterners in the Late Pleistocene and Holocene [J] . Journal of Human Evolution , 1994 , 27 : 417-441 .

[4] Lahr M . Patterns of modern human diversification: Implications for Amerindian origins [J] . Yearbook of Phys Anthropol , 1995 , 38 : 163-198 .

[5] Manica A , Amos W , Balloux F , et al . The effect of ancient population bottlenecks on human phenotypic variation [J] . Nature , 2007 , 448 : 346-349 .

[6] Lieberman DE . Testing hypotheses about recent human evolution from skulls [J] . Current Anthropology , 1995 , 36 : 159-

- 197.
- [7] Lahr M ,Foley R. Towards a theory of modern human origins: Geography , demography , and diversity in recent human evolution [J]. *Yearbook of Physical Anthropology* ,1998 ,41: 137-176.
- [8] Lahr MM. The evolution of modern human diversity: a study of cranial variation [M]. Cambridge , UK: Cambridge University Press. 1996 , p 1-416.
- [9] Hanihara T ,Ishida ,Dodo Y. Characterization of biological diversity through analysis of discrete cranial traits. *American Journal of Physical Anthropology* [J] ,2003 ,121: 241-251.
- [10] Ossenberg NS. Discontinuous morphological variation in the human cranium. Ph. D. thesis. Toronto: University of Toronto. 1969.
- [11] Scott GR ,Turner CG II. The anthropology of modern human teeth: dental morphology and its variation in recent human populations[M]. Cambridge: Cambridge University Press. 1997.
- [12] Lahr MM ,Wright RVS. The question of robusticity and the relationship between cranial size and shape in *Homo sapiens* [J]. *Journal of Human Evolution* ,1996 ,31: 157-191.
- [13] Hanihara T ,Ishida H ,Dodo Y. Characterization of biological diversity through analysis of discrete cranial traits [J]. *American Journal of Physical anthropology* ,2003 ,121: 241-251.
- [14] 刘武 ,Emma Mbua ,吴秀杰 ,等. 中国与非洲近代-现代人类某些颅骨特征的对比及其意义——中国与非洲人类头骨特征对比之二 [J]. *人类学学报* ,2003 ,22(2) : 89-104.
- [15] 刘武 ,何嘉宁 ,吴秀杰 ,等. 山顶洞人与现代华北人部分头骨非测量性特征比较及中国更新世晚期人类演化的一些问题 [J]. *人类学学报* ,2006 ,25(1) : 26-41.
- [16] Antón S. Tendon-associated bone features of the masticatory system in Neandertals [J]. *Journal of Human Evolution* ,1996 ,31: 391-408.
- [17] Antón S ,Carter-Menn H ,DeLeon V. Modern human origins: continuity , replacement , and masticatory robusticity in Australasia [J]. *Journal of Human Evolution* ,2011 ,60: 70-82.
- [18] Weidenreich F. The torus occipitalis and related structures and their transformations in the course of human evolution. *Bulletin of Geology Society of China* [J]. 1940 ,19: 479-544.
- [19] Curnoe D. Possible causes and significance of cranial robusticity among Pleistocene-Early Holocene Australians [J]. *Journal of Archaeological Sciences* ,2009 ,36: 980-990.
- [20] Brace CL ,Smith S ,Hunt K. Human tooth size , past and present [A]. In: Kelley MA and Larsen CS (Eds.) *Advances in Dental Anthropology*. New York: Wiley-Liss ,1991 ,33-57.
- [21] 吴汝康 ,吴新智 ,张振标. 人体测量方法 [A]. 北京: 科学出版社 ,1984.

Morphological Evidence of the Formation and Diversification of Modern Chinese: Analysis of Cranial Non-metric Traits in Chinese , African and European Populations

LIU Wu¹ , WU Xiu-ji¹ , XING Song^{1 2} , Victoria GIBBON^{3 4} , Ronald CLARKE⁴

- (1. *Key Laboratory of Evolutionary Systematics of Vertebrates , Institute of Vertebrate Paleontology and Paleoanthropology , Chinese Academy of Sciences , Beijing 100044 , China;*
 2. *Graduate School of the Chinese Academy of Sciences , Beijing 100049 , China;*
 3. *Department of Anthropology , Purdue University , West Lafayette , USA;*
 4. *Institute of Human Evolution , University of the Witwatersrand , Johannesburg , South Africa*)

Abstract: The formation and diversification of modern human populations brought about the

emergence of current human populations (or races) living in various geographical regions. . Physical differences and biological affinities are an important component of studying the formation and diversification of modern human populations. In the present study , the frequency and expression patterns of 21 cranial non-metric traits were analyzed in 330 crania from three main human groups of recent-modern Chinese , modern African and European populations. Our result and some impressions are as follow:

1. Crania of modern Chinese were characterized by gracile morphology with features of robusticity (e. g. , supraorbital structure , angular torus , zygomatic trigone and zygomaxillary tuberosity) much less developed compared to African and European populations. Modern Chinese crania differed from African and European populations in terms of their sharp infero-lateral margin , flat intraglabellar notch , round cranial later profile , flat obelionic and lambdoid region , deeply arc-shaped lower zygomaxillary margin and different frontonasal and frontomaxillary sutures.

2. In terms of non-metric cranial features and population affinities , our results showed different frequency and patterns in most of the features among the three populations with some anatomical traits having significant inter-population differences. The value of differentiating populations with only one feature is very limited , so in order to explore populational relationships of these non-metric cranial features , discriminant analysis was used to distinguish the three main population groups. Using this approach , between 67 and 79.5 percent of the specimens could be correctly classified (70.4% -82.9% of the Chinese specimens were correctly classified) . In the discrimination plots of individual specimens , the African crania were scattered widely , while Chinese and European crania were closely concentrated , suggesting that Chinese and European populations were more derived.

3. Recent studies of non-metric cranial features have begun to analyze the functional or biomechanical morphology of these features , relating them to cranial robusticity , or how robust the crania are in structure. Cranial robusticity is also related to cranial size and thickness , but also expressed by a series of morphological features (referred to as cranial superstructures) including the uplifting ridge , torus and tubercles on the cranial surface. The expression of these robust features is influenced by both genetic and environmental factors and can be very different among populations. Although the evolution of modern *Homo sapiens* is characterized by skeletal gracilization , a number of robust features still occur in some fossils of early modern humans , as well as recent and modern human skeletons.

This analysis of 21 cranial non-metric features in Chinese , African and European modern human populations indicates that most of the examined features show interpopulation differences related to cranial robusticity , and therefore these types of features must have played a significant role in the formation and diversifications of modern Chinese populations.

Key words: Cranium; Non-metric traits; Modern peoples