

陕西公王岭蓝田直立人内耳迷路的复原及形态特点

吴秀杰¹, 张亚盟^{1,2}

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演化与人类起源重点实验室, 北京 100044;
2. 中国科学院大学, 北京 100049

摘要: 1964 年在陕西公王岭发现的蓝田人头骨的形态比周口店直立人和印度尼西亚爪哇直立人原始, 其厚重的骨壁及较小的脑量, 落入了早期人属成员的变异范围。最新测年结果将蓝田人的生存年代从原先普遍接受的距今 115 万年提早到大约 163 万年前, 接近能人和南方古猿生存年代变异范围的下限, 蓝田人是迄今为止我国发现的有确定年代数据的最早的古人类化石。本文采用高分辨率 CT 技术对蓝田人的颞骨岩部进行了扫描, 对骨性内耳迷路进行了 3D 虚拟复原, 通过与和县直立人、欧洲古老型智人、早期人属成员、南方古猿非洲种、粗壮傍人和现代人内耳迷路的 21 项测量项目的对比和分析, 结果显示蓝田人内耳迷路的测量数据与南方古猿非洲种最接近, 其次为现代人和欧洲古老型智人, 而与早期人属成员和粗壮傍人相差较大。主成分分析结果显示, 蓝田人内耳迷路与早期人属成员、欧洲古老型智人、南方古猿非洲种及现代人都有重叠区域, 距离最近的是南方古猿非洲种 Sts 5, 其次为和县直立人和南方古猿非洲种 Sts 19, 而与粗壮傍人距离较远。本文研究提供了中更新世中国古人类内耳迷路的形态数据, 为进一步探讨蓝田人体质特征演化上的意义提供了参考资料。

关键词: 蓝田直立人; 内耳迷路; 中更新世; 南方古猿; 3D 复原

中图法分类号: Q981.4; **文献标识码:** A; **文章编号:** 1000-3193(2016)01-0014-10

The Temporal Bony Labyrinthine Morphology of Lantian *Homo erectus* from Gongwangling, Shaanxi Province

WU Xiujie¹, ZHANG Yameng^{1,2}

1. Key Laboratory of Vertebrate Evolution and Human Origins of Chinese Academy of Sciences, Institute of Vertebrate Paleontology and Paleoanthropology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100044;
2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049

Abstracts: The morphological features of the Lantian skull found in Gongwangling, Lantian, in 1964, is more primitive than the *Homo erectus* fossils from Zhoukoudian and Java, Indonesia.

收稿日期: 2015-02-11; 定稿日期: 2015-03-30

基金项目: 中国科学院重点部署项目 (KZZD-EW-03)、国家自然科学基金 (41272034, 41302016) 资助

第一作者简介: 吴秀杰, 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所研究员, E-mail: wuxiujie@ivpp.ac.cn

Citation: Wu XJ, Zhang YM. The temporal bony labyrinthine morphology of Lantian *Homo erectus* from Gongwangling, Shaanxi province[J]. Acta Anthropologica Sinica, 2016, 35(1): 14-23

The extraordinary thickness of the cranial wall and the rather small cranial capacity make Lantian fall into the variation range of early *Homo*. The newly dated Lantian fossil to ca. 1.63 Ma BP, close to the lower limit of *Homo habilis* and *Australopithecus* variation range is significantly older than the previously supposed date of 1.15 Ma BP. This new date now makes the Lantian the earliest fossil hominin in China.

In this paper, we extracted and reconstructed the three-dimensional bony labyrinth image of Lantian's petrous part of the temporal bone using high-resolution computed tomography (CT) technology. Comparison of this area with the Hexian *Homo erectus*, four Middle European Pleistocene archaic *Homo*, four early *Homo*, four *Australopithecus africanus*, three *Paranthropus robustus* and 26 modern humans using 21 measurement variables gives the following results. Measurements of the Lantian labyrinth have most in common with *Australopithecus africanus*, followed by modern humans and the Middle Pleistocene archaic *Homo* group. The Lantian specimen differs mostly with early *Homo* and *Paranthropus robustus*. According to the results of principal component analysis, the Lantian labyrinth overlaps with those of early *Homo*, the Middle Pleistocene archaic *Homo* group, *Australopithecus africanus* and modern humans. By cluster analysis, the nearest specimen to Lantian is *Australopithecus* Sts 5, followed by the Hexian *Homo erectus* and *Australopithecus* Sts 19, and far away from *Paranthropus robustus*. This study provides new data on the bony labyrinthine morphology of Middle Pleistocene Chinese human fossils, and supplies new references for exploring the Lantian physical features.

Key words: Lantian; *Homo erectus*; Labyrinth; Middle Pleistocene; *Australopithecus*; 3D reconstruction

1 引言

陕西公王岭蓝田人头骨化石发现于 1964 年^[1], 头骨从胶结的堆积物中修理出来时裂成了 6 个部分, 包括较为完整的额骨 (PA 105(1))、顶骨的大部分 (编号: PA 105(2))、右侧颞骨碎片 (编号: PA 105(3))、右侧上颌骨碎片 (编号: PA 105(4))、左侧上颌骨碎片 (编号: PA 105(5)) 和 1 枚左侧上颌第二臼齿 (编号: PA 105(6))。1966 年, 吴汝康对蓝田人化石标本进行了研究, 根据化石的解剖部位、形态特征、色泽、牙齿磨耗及颅缝愈合情况, 提出公王岭发现的人类化石应该属于同一个体, 吴汝康将其命名为蓝田猿人^[2], 又称蓝田直立人, 或者蓝田人。

多年来, 学术界对公王岭发现的蓝田直立人的年代一直存有争议。与公王岭蓝田人化石伴生的哺乳动物化石近 40 种^[3], 有 16 个种在更新世初期已经出现, 有 3 种小型哺乳动物在我国最早出现于更新世中期, 蓝田发现的大角鹿比周口店的要古老, 周明镇推测公王岭人类化石的年代老于周口店直立人^[4]。Aigner 和 Laughlin 根据生物地层提出公王岭人类化石的年代为距今 70 万年^[5]。刘东生和丁梦麟根据含人类化石的黄土层位与深海沉

积古气候旋回的对比,认为公王岭的年代为距今 73-80 万年^[6]。采用古地磁方法对公王岭人类化石层位的测定获得的数据分别为距今 75-80 万年、100 万年及 115-110 万年^[7-8]。最近,朱照宇等对公王岭地层进行了重新研究,他们在公王岭遗址附近的黄土序列中找到了与人类头骨相近的剖面,采用多学科方法,提出蓝田公王岭直立人的生存年代可能距今 163 万年前^[9]。新的测年结果将蓝田公王岭直立人的生存年代从原先普遍接受的距今 115 万年前推进了将近 50 万年,成为非洲以外仅次于 Dmanisi 的最古老的直立人头骨化石。

以往对蓝田人的关注点主要是聚焦在其头骨的外表面的形态上,对其内部细致结构的研究很少。虽然吴汝康采用 X 射线方法发现蓝田人右侧颞骨岩部保存有耳蜗和三个半规管^[2],但限于当时的技术水平及可对比的化石材料的局限性,没有对内耳迷路进行详细的研究。本文作者在 2014 年虽然 3D 复原了蓝田人的内耳迷路,但因为文章侧重于晚更新世许家窑内耳迷路的研究,对蓝田人内耳迷路的形态并没有进行深入研究^[10]。

内耳迷路是埋藏在颞骨岩部内部的结构,由半规管、前庭和耳蜗三部分组成,在脊椎动物的各个门类中,内耳迷路的形态有很大差别,内耳迷路的大小和形态不存在年龄、侧别和性别的差异,是反映遗传变异形态的最好证据之一^[11-12]。迄今为止,中国境内发现的古人类化石,保存有内耳迷路的年代最早的是蓝田直立人,本文采用高分辨率工业微 CT,对蓝田人保存的颞骨岩部进行扫描和内耳迷路的 3D 虚拟复原,通过与欧洲古老型智人、早期人属成员等内耳迷路的对比,为进一步探讨蓝田人的演化地位及相关的中国更新世早期人类演化问题提供参考数据。

2 材料与方 法

2.1 研究材料

本文的研究材料为蓝田人的右侧颞骨岩部,标本来自中国科学院古脊椎动物与古人类研究所,标本编号为 PA 105(3B)。容纳内耳迷路的弓状隆起部位(图 1 A)及内耳门保存完整(图 1 B),图 1 C 展示了这件标本在现代人颞骨的大致位置。

考虑到蓝田人的年代为约距今 160 万年前,根据近年来发表的文章情况及可获得的对比标本的数量,本文选用的对比材料为:和县直立人、欧洲古老型智人、早期人属成员、南方古猿非洲种、粗壮傍人和现代人。表 1 罗列了本文用来与蓝田对比的标本情况。本文对比的早期人属成员,根据 Braga 的研究,为不确定的早期人类化石,可能为能人或者鲁道夫人^[13]。

2.2 颞骨 CT 扫描及内耳迷路重建

使用中国科学院古脊椎动物与古人类研究所存放的高分辨率工业 CT 机(225 KV- μ CT,中国科学院高能物理研究所研制)对蓝田人和 26 例现代人颞骨进行扫描。扫描参数为:电压 150 kV,电流 110 μ A,像素分辨率 44 μ m。CT 扫描的原始数据通过中科院高能物理研究所研发中心开发的重建软件转换成二维影像。在 Dell 图形工作站上,使用可视化三维图像处理软件 Mimics 16.1 (Leuven: Materialise NV),对二维断层扫描影像进行分

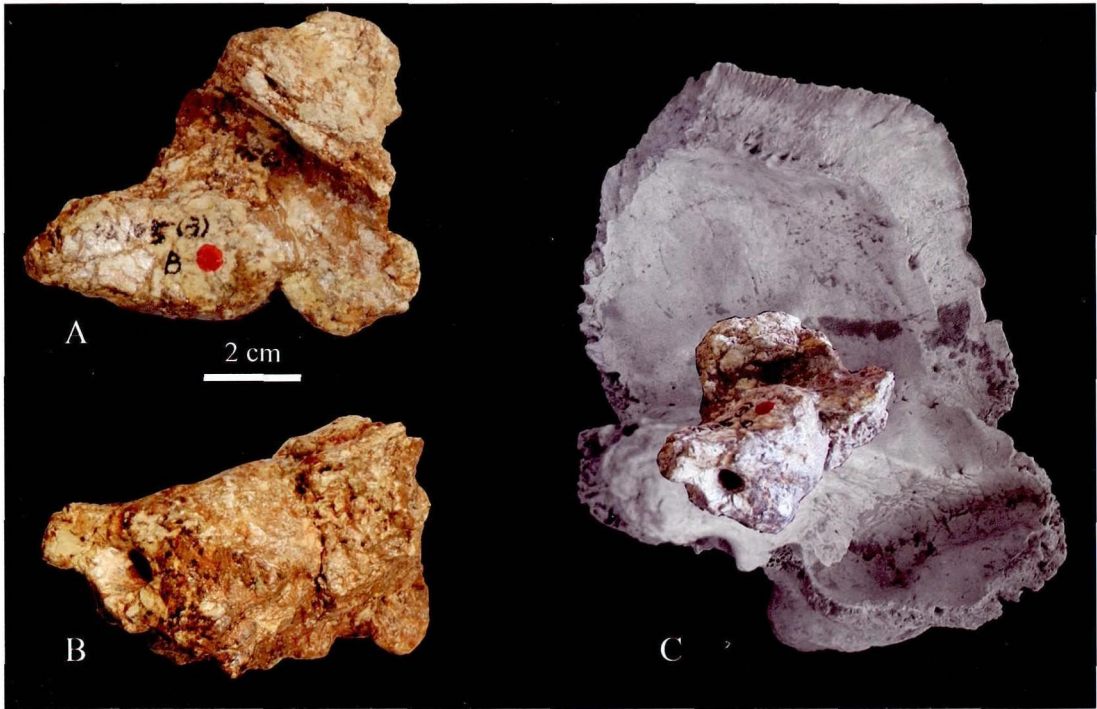


图 1 蓝田人右侧颞骨岩部

Fig.1 Lantian right petrous bone

A. 上面观 Superior view; B. 后面观 Posterior view; C. 现代人颞骨内面观，示与蓝田岩部重叠位置 Interior view of the modern temporal bone showing the position of the Lantian petrous bone.

表 1 本文使用的与蓝田直立人对比的标本材料

Tab.1 The Lantian and comparative labyrinthine samples, references

样本组 Samples	标本信息 Informations	数据来源 References
和县人	中国直立人	[10]
欧洲古老型智人	Biache SV1, SV2, La Chaise-Suard 3, Steinheim 1	[13], [14]
早期人属成员	KB6067, SK 847, Stw53g	[15]
南方古猿非洲种	Sts19, Sts 5, Taung, MLD37/38	[15]
粗壮傍人	SK879, SK47, SK46	[15]
现代人	n=26	本文

割，提取三维影像。图 2 展示了蓝田人颞骨及内部 3D 虚拟复原的内耳迷路。

2.3 内耳迷路的测量及数据分析方法

根据 Spoor 等^[16]内耳迷路的测量方法，本文选取了 21 项变量进行分析，包括 8 项线性测量变量（前半规管宽 ASCw、前半规管高 ASCh、后半规管宽 PSCw、后半规管高 PSCh、水平半规管宽 LSCw、水平半规管高 LSCh、耳蜗宽 COw、耳蜗高 COh），8 项指数变量（前半规管宽高指数 ASCh/w、后半规管宽高指数 PSCh/w、水平半规管宽高指数

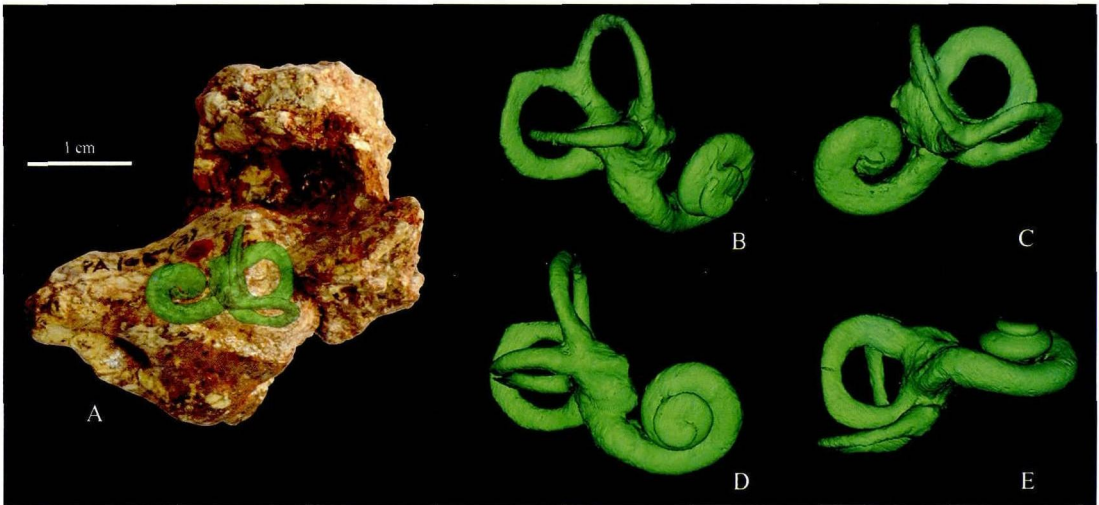


图 2 蓝田人颞骨及内部 3D 虚拟复原的内耳迷路 (A)

Fig.2 The Lantian temporal bone and interior 3D virtual reconstructed labyrinth (A)

B: 内耳迷路外面观 Exterior view of the labyrinth; C: 内耳迷路顶面观 Superior view of the labyrinth; D: 内耳迷路前面观 Anterior view of the labyrinth; E: 内耳迷路后面观 Posterior view of the labyrinth

LSCh/w、耳蜗宽高指数 COh/w、前半规管比例 ASC%R、后半规管比例 PSC%R、水平半规管比例 LSC%R、内耳迷路矢状面指数 SLI) 和 5 项角度测量变量 (前半规管扭转角度 ASCtor、后半规管扭转角度 PSCtor、水平半规管扭转角度 LSCtor、外半规管平面与前后壶腹线夹角 LSCm<APA、外半规管平面与耳蜗矢状面夹角 LSCm<COs)。这些变量基本反映出内耳迷路的大小、三个半规管的比例及扭转角度。使用 Rapidform 软件, 在电脑上对 3D 复原的内耳迷路进行测量, 获取蓝田直立人内耳迷路的测量数值。

利用 Excel 对蓝田人内耳迷路及其对比标本的各项测量数值进行统计, 分析蓝田人内耳迷路的各项测量值与对比组之间的差异。为进一步揭示蓝田人内耳迷路的形态与对比样本之间的差异情况, 采用古生物统计学软件 PAST 进行主成分分析和聚类分析^[7], 并采用邻接法 (Neighbour joining clustering, UPGMA) 重建系统发生树, 以判断蓝田人与和县直立人、欧洲古老型智人、南方古猿非洲种、粗壮傍人、早期人属成员和现代人的关系。

3 结果

3.1 测量数值比较

表 2 为蓝田与对比标本内耳迷路的线性测量数值、指数及角度的统计分析结果。

与和县直立人内耳迷路比较, 蓝田人的三个半规管的尺寸、扭转度以及耳蜗都较小, 半规管的宽高比例及百分比与和县相似。

欧洲古老型智人 (Biache SV1, SV2, La Chaise-Suard 3, Steinheim1) 的内耳迷路的测量数值变异较大, 其中 La Chaise-Suard 3 的半规管明显大于其他 3 例标本。与欧洲古老型

表 2 蓝田人内耳迷路及其对比标本的测量值比较
Tab.2 Measurements of the bony labyrinth of Lantian and comparative samples

标本组	ASch	ASCw	PSCh	PSCw	LSCh	LSCw	COh	COw	ASC h/w	PSC h/w	LSC h/w	CO h/w	SLI	ASC %R	PSC %R	LSC %R	ASCtor	PSCtor	LSCtor	APA< LSCm	Cos< LSCm
蓝田	4.1	5.4	4.4	4.9	3.5	4.7	4.8	3.6	84	96	76	122	41	38	34	29	9	-5	-4	33	49
和县	6.6	7.4	6.2	6.4	5.3	6.1	5.2	4.4	89	95	88	119	54	37	33	30	11	-9	2	32	52
Biache SV1	5.8	5.9	5.3	5.5	4.2	5.0	5.5	3.8	98	96	84	145	51	37	34	29	24	-12	-2	40	47
Biache SV2	5.2	5.8	5.7	5.2	4.5	5.2	5.0	3.4	90	109	87	145	40	35	35	31	24	-8	1	33	43
La Chaise-Suard 3	6.1	6.4	6.2	4.7	5.0	5.5	5.0	4.1	95	132	91	122	60	37	32	31	24	-13	2	39	54
Steinheim 1	5.6	5.5	6.7	5.8	4.5	4.3	3.8	3.7	102	115	104	103	21	34	38	27	-7	-2	33	33	43
KB 6067	5.4	6.0	5.6	5.4	4.9	5.3	3.8	2.7	90	105	92	143	44	35	38	31	16	-8	4	36	41
SK 847	5.8	6.6	5.8	5.7	4.4	4.9	4.2	3.1	88	102	90	135	51	37	37	28	12	-15	-1	40	68
Stw 53g	5.1	6.4	5.5	5.7	5.4	5.9	4.7	3.0	80	96	92	157	33	34	37	33	11	-14	6	35	47
Sts 19	3.6	5.2	5.3	4.7	3.8	4.8	4.5	3.4	69	113	79	131	43	32	37	31	14	-14	1	35	44
Sts 5	4.1	5.4	4.4	4.9	3.5	4.7	4.8	3.6	75	91	74	133	45	35	34	30	7	-5	0	35	46
Taung	4.4	4.7	5.9	5.0	3.7	5.0	5.2	4.2	94	118	74	124	39	32	37	30	12	-2	5	33	31
MLD37/38	4.9	6.5	5.1	5.7	4.3	5.4	5.9	4.2	75	90	80	142	33	36	33	30	23	-5	-1	30	43
SK 879	4.6	6.3	5.7	6	5	5.5	5.1	3.4	73	95	91	150	32	33	38	32	1	8	4	29	44
SK 47	4.5	6.2	4.5	5.2	4.4	5.1	5.2	3.4	73	87	86	151	45	36	33	32	13	-1	-2	29	45
SK 46	3.8	6.3	5.5	5.5	5.1	5.1	4.8	3.1	60	100	100	155	38	32	38	33	5	3	14	31	39
现代人均值	5.6	6.5	5.5	5.7	4.0	4.7	5.1	4.1	87	97	85	124	50	38	35	27	10	-18	0.5	37	5
标准偏差	0.5	0.4	0.5	0.4	0.4	0.3	0.2	0.2	4.8	8.9	6.2	4.9	5.8	1.2	1.9	1.3	4.1	5	3.6	3.5	7.0
变异范围	6.6-4.8	7.3-5.4	7.3-4.9	6.4-4.9	4.9-3.2	5.1-3.8	5.6-4.6	4.5-3.7	96-77	122-77	100-72	133-112	65-40	40-35	39-32	30-25	5-4	(-10)-(-28)	(7)-(-7)	43-30	73-53

智人相比, 蓝田人半规管略为低矮、前半规管和水平半规管的宽高指数略小、前半规管比例及后半规管扭转角度略大。蓝田人内耳迷路的 21 项变量 38.1% (8/21) 的测量数据位于欧洲古老型智人的变异范围之外。

非洲早期人属成员 (KB6067, SK 847 和 Stw53g) 的内耳迷路测量数据的变异小于欧洲古老型智人。与早期人属成员相比, 蓝田人三个半规管窄而低矮, 耳蜗较大, 水平半规管和耳蜗宽高指数较小, 前半规管比例较大, 后半规管比例较小, 水平半规管扭转角度略小。蓝田人内耳迷路的 21 项变量 71.4% (15/21) 的测量数据位于早期人属成员的变异范围之外。

南方古猿非洲种 (Sts19, Sts 5, Taung, MLD37/38) 的内耳迷路测量值的标准偏差较小, 蓝田人内耳迷路的 21 项变量 23.8% (5/21) 的测量数据位于南方古猿非洲种的变异范围之外。与南方古猿非洲种相比, 蓝田人耳蜗的宽高指数略小, 前半规管比例略大, 水平半规管比例及扭转度略小。

粗壮傍人 (SK879, SK47, SK46) 的内耳迷路测量值的变异范围较小, 蓝田人内耳迷路的 21 项变量 71.4% (15/21) 内耳迷路的测量数据位于粗壮傍人变异范围之外。与粗壮傍人相比, 蓝田人半规管和耳蜗的尺寸较小, 前半规管宽高指数及所占比例较大, 水平半规管宽高指数及所占比例较小, 耳蜗宽高指数及后、外半规管扭转较大较小, 水平半规管平面与前后壶腹线夹角水平外半规管平面与耳蜗矢状面夹角略大。

现代人内耳迷路测量数据的变异范围较小, 蓝田人内耳迷路的 21 项变量 28.6% (6/21) 内耳迷路的测量数据位于现代人变异范围之外。与现代人相比, 蓝田人前、后半规管较为低矮, 耳蜗宽高指数较小, 前半规管扭转角度较大, 水平外半规管平面与耳蜗矢状面夹角略小。

综合内耳迷路的 21 项变量的比较结果, 蓝田人内耳迷路的尺寸较小, 与南方古猿非洲种相差最小, 其次为现代人和欧洲古老型智人, 与早期人属成员及粗壮傍人相差最多。

3.2 主成分分析

表 3 和图 3 展示了蓝田人与对比标本的主成分分析结果。从主成分因子负荷及贡献率来看 (表 3), 前两个主成分因子的贡献率总和为 59.3%, 其中第一主成分 (PC 1) 和第二主成分 (PC 2) 对变量信息的贡献率分别为 36.5 % 和 22.8 %。COh/w, ASC%R, LSC%R, PSCtor 和 Cos<LSCm 在 PC 1 中具有较大的因子载荷, 早期人属成员、欧洲古老型智人、南方古猿非洲种及现代人都有重叠区域, 蓝田人落在了早期人属成员和欧洲古老型智人重叠区域之间, 同时距离南方古猿非洲种和现代人也较近, 而距离粗壮傍人较远。PSCh, PSCh/w 和 LSCtor 在 PC 2 中具有较大的因子载荷, 蓝田人落在了早期人属成员、欧洲古老型智人、南方古猿非洲种及现代人变异范围之间。综合 PC1 和 PC2 两个因子的载荷, 蓝田人与和县、欧洲更新世人类 Biache SV1, SV2, 及南方古猿非洲种 Sts19, Sts 5 距离较近。

3.3 聚类分析

图 4 为蓝田人及其对比标本采用最近邻接法聚类分析关系图, 和县直立人与现代人聚集在一个分支上, 蓝田人与南方古猿非洲种 Sts 5 聚集在一起。与蓝田人距离最近是南方古猿非洲种 Sts 5, 其次为和县直立人和南方古猿非洲种 Sts 19。

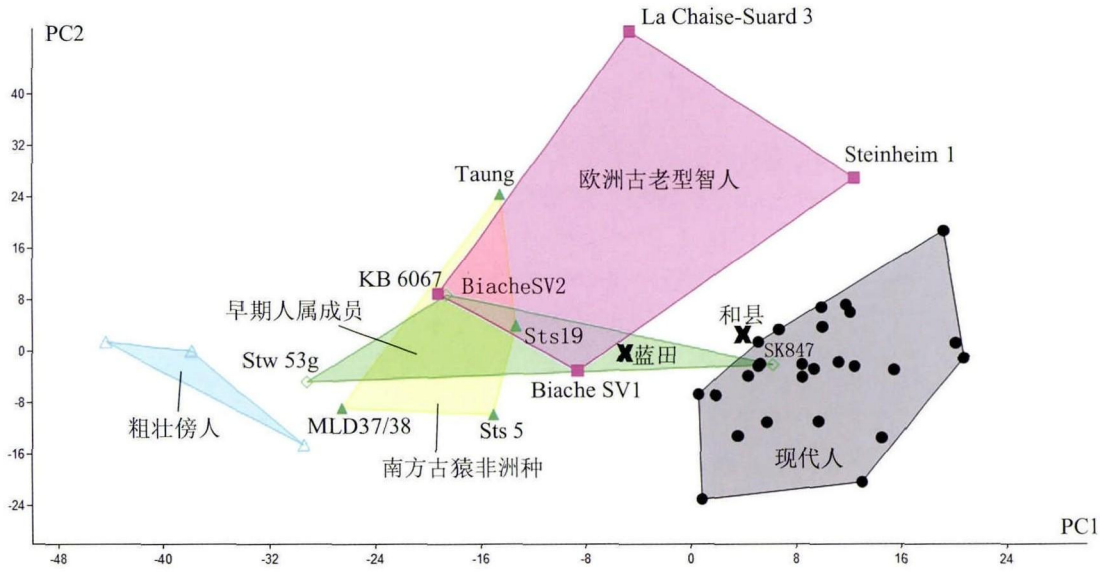


图 3 蓝田人及其对比组内耳迷路测量数据主成分分析前两个因子二维坐标分布图

Fig.3 First and second principal components, and distribution of Lantian with the five comparative groups

表 3 主成分分析前两个因子负荷

Tab.3 Principal components analysis loadings of the first and second principal components

	PC 1	PC 2
ASCh	0.68	0.11
ASCw	0.37	-0.40
PSCCh	0.28	0.63
PSCw	0.19	-0.31
LSCCh	-0.38	0.32
LSCw	-0.42	0.01
COh	0.07	-0.42
COw	0.67	-0.04
ASCh/w	0.57	0.54
PSCCh/w	0.12	0.83
LSCCh/w	-0.12	0.49
COh/w	-0.79	-0.32
SLI	0.66	-0.32
ASC%R	0.72	-0.36
PSC-%R	-0.22	0.19
LSC%R	-0.77	0.11
ASCtor	0.03	0.02
PSCtor	-0.72	0.44
LSCtor	-0.27	0.62
APA<LSCm	0.63	0.04
Cos<LSCm	0.84	-0.22
百分比	36.5%	22.8%

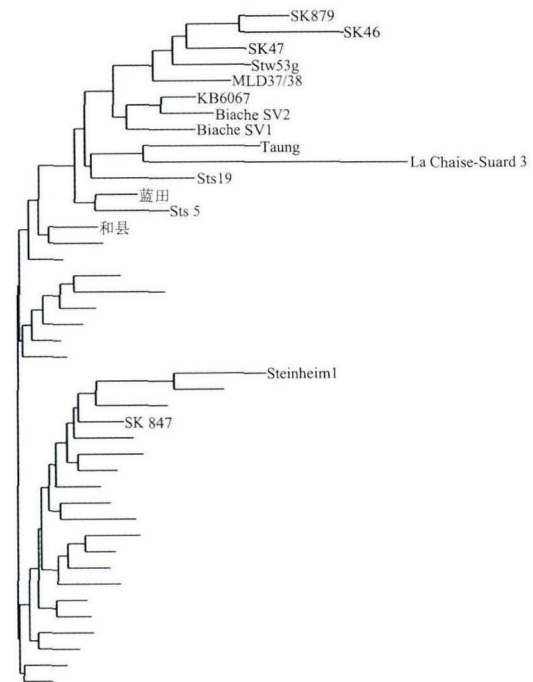


图 4 蓝田人及其对比标本最近邻接法聚类分析关系

图. 没有标注的标本为现代人

Fig.4 Graph of neighbour joining clustering of Lantian with comparative materials. Specimens without labels are recent modern humans

4 讨论和分析

目前学术界流行的观点认为,世界各地的直立人起源于非洲,直立人最早出现在距今 200~180 万年前的非洲,在大约 180 万年前离开非洲,向欧亚地区扩散。非洲直立人到达欧洲格鲁吉亚 Dmanisi 的时间为 175 万年前^[18],到达印度尼西亚桑吉兰的时间约为距今 150~160 万年前^[19],到达陕西蓝田公王岭的时间为距今 110 万年左右^[8]。最新的测年结果赋存陕西公王岭蓝田直立人的年代为距今 163 万年左右^[9],将非洲直立人到达东亚的时间向前推进了 50 万年。新的测年结果为直立人可能在更早时间出现在欧亚大陆提供了证据,近年来一系列研究进展使人们也注意到这些在欧洲和亚洲发现的直立人化石除具有直立人的特征外,还呈现出一些早期人属成员的表现特点,因而有人提出,这些出现在欧亚地区的早期人类不属于直立人,而可能是更早的人属成员,这一看法引发了学术界关于欧亚地区直立人独立于非洲直立人演化可能性的争论^[20]。

蓝田人的骨壁极其厚重,脑量约 780mL,位于直立人脑量变异范围的下限,接近于能人;额骨前部的眶上圆枕粗壮且在眼眶上方几乎形成一直条横行的骨嵴,眶上圆枕的两侧明显向外侧延展,不同于周口店直立人的稍稍向后弯曲的圆枕之后明显的缩窄,公王岭发现的蓝田人类化石呈现出比周口店标本更为原始形态特征,代表一种比周口店猿人更为原始的直立人类型^[2],但是对于蓝田人与更早的人属成员的关系,目前还不是很清楚。蓝田人保存完整的颞骨岩部为复原内耳迷路提供了难得的重要研究材料。

内耳迷路埋藏在颞骨岩部的内部,是听觉和平衡的器官,脊椎动物的各个门类的内耳迷路的形态有很大差别,在古人类学方面,耳迷路的研究主要聚焦在不同灵长类运动方式的差别和直立行走的人类的发育上^[21]。近年来,高分辨率 CT 的应用,促进了内耳迷路的研究,与人类近亲类人猿相比,人类的前半规管和后半规管较大,水平半规管略小^[22];相比现代人,南方古猿非洲种和粗壮傍人的内耳迷路更接近非洲大猿,而直立人和早期人属成员 SK 847 的内耳迷路在形态上很相似^[21];早期人属成员 KB 6067 的内耳迷路与现代人不同,而是更接近于早期人属成员 StW 53 及粗壮傍人^[15]。东亚古人类在演化过程中存在两种模式的内耳迷路形态,即一般的现代人类型的“祖先内耳迷路模式”和尼安德特人衍生性状类型的“尼人内耳迷路模式”,许家窑人具有尼安德特人内耳迷路的表现特点^[10],全新世初期隆林人内耳迷路的形态与现代人关系最近,而与尼安德特人相差较大^[23]。虽然物种之间内耳迷路的大小和形状的变异已经被广泛研究,但是对于头骨生长对半规管大小形状的影响还不是很清楚,鉴于古人类化石的不完整性,人类演化过程中内耳迷路的变异所知甚少。

本文采用高分辨率工业 CT 对蓝田人颞骨化石进行了扫描及内耳迷路的 3D 复原,蓝田人内耳迷路的形态特征与对比的和县直立人、欧洲古老型智人、早期人属成员、南方古猿非洲种、粗壮傍人和现代人都存在差异。蓝田人的半规管较小,耳蜗中等大小,水平半规管低矮,前半规管所占比例大于另外两个半规管。从总的形态上看,蓝田人内耳迷路最接近南方古猿非洲种 Sts 5,其次为和县直立人和南方古猿非洲种 Sts 19。南方古猿化石的生存年代在距今 440~150 万年前,根据对化石解剖特征的研究,南方古猿最为重要的特征是已经能够两足直立行走,Sts 5 和 Sts 19 的颅容量为分别为 480 mL、436mL^[24],比蓝田人的 780mL 小很多。

从本文研究结果来看，蓝田人内耳迷路与各对比样本组的相似或差别难以用简单的年代演化框架来解释，蓝田人可能与南方古猿非洲种具有某种演化上的意义。由于本文只是分析了蓝田人的一个性状，限于对比标本的局限性，未来需要更多的证据来阐明这个问题。

参考文献

- [1] 贾兰坡. 蓝田猿人头骨发现经过及地层概况[J]. 科学通报, 1965, 10: 477-481
- [2] 吴汝康. 陕西蓝田发现的猿人头骨化石[J]. 古脊椎动物与古人类, 1966, 10: 1-16
- [3] 吴新智, 袁振新, 韩德芬, 等. 陕西蓝田公王岭猿人地点 1965 年发掘报告[J]. 古脊椎动物与古人类, 1966, 10: 23-28
- [4] 周明镇. 蓝田猿人动物群的性质和时代[J]. 科学通报, 1965, 10: 482-487
- [5] Aigner JS, Laughlin WS. The dating of Lantian man and his significance for analyzing trends in human evolution[J]. American Journal of Physical Anthropology, 1973, 39: 97-110
- [6] 刘东生, 丁梦麟. 中国早期人类化石层位与黄土—深海沉积古气候旋回的对比[J]. 人类学学报, 1984, 3: 93-101
- [7] 马醒华, 钱方, 李普, 等. “蓝田人”年代的古地磁学研究[J]. 古脊椎动物与古人类, 1978, 16: 238-243
- [8] 安芷生, 高万一, 祝一志, 等. “蓝田人”的磁性地层年龄[J]. 人类学学报, 1990, 9: 1-7
- [9] Zhu ZY, Dennell R, Huang WW et al. New dating of the *Homo erectus* cranium from Lantian (Gongwangling), China[J]. Journal of Human Evolution, 2015, 78: 144-157
- [10] Wu XJ, Crevecoeur I, Liu W, et al. The temporal labyrinths of eastern Eurasian Pleistocene humans[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences USA, 2014, 111: 10509-10513
- [11] Jeffery N, Spoor F. Prenatal growth and development of the modern human labyrinth[J]. Journal of Anatomy, 2004, 204: 71-92
- [12] Ni XJ, Flynn JJ, Wyss AR. The bony labyrinth of the early platyrrhine primate *Chilecebus*[J]. Journal of Human Evolution, 2010, 59: 595-607
- [13] Bouchneb L, Crevecoeur I. The inner ear of Nazlet Khater 2 (Upper Paleolithic, Egypt)[J]. Journal of Human Evolution, 2009, 6: 257-262
- [14] Guipert G, de Lumley MA, Tuffreau A, et al. A late Middle Pleistocene hominid: Biache-Saint-Vaast 2, north France[J]. Comptes Rendus Palevol, 2010, 10: 21-33
- [15] Braga J, Thackeray JF, Dumoncel J, et al. A new partial temporal bone of a juvenile hominin from the site of Kromdraai B (South Africa)[J]. Journal of Human Evolution, 2013, 65: 447-456
- [16] Spoor F, Hublin JJ, Braun M, et al. The bony labyrinth of Neanderthals[J]. Journal of Human Evolution, 2003, 44: 141-165
- [17] Hammer Ø, Harper D, Ryan PD. PAST: Paleontological Statistics Software Package for education and data analysis[A]. Palaeontologia Electronica 4[A]. 2001
- [18] Gabunia L, Vekua A, Lordkipanidze D et al., Earliest Pleistocene hominid cranial remains from Dmanisi, Republic of Georgia: Taxonomy, geological setting, and age[J]. Science, 2000, 288: 1019-1025
- [19] Zaim Y, Ciochon RL, Polanski JM et al. New 1.5 million-year-old *Homo erectus* maxilla from Sangiran (Central Java, Indonesia)[J]. Journal of Human Evolution, 2011, 61: 363-376
- [20] Balter M, Gibbons A. Were ‘little people’ the first to venture out of Africa?[J]. Science, 2002, 297: 26-27
- [21] Spoor F, Wood B, Zonneveld F. Implications of early hominid labyrinthine morphology for the evolution of human bipedal locomotion [J]. Nature, 1994, 369: 645-648
- [22] Spoor F, Zonneveld F. Comparative review of the human bony labyrinth[J]. Year book of Physical Anthropology, 1998, 41: 211-251
- [23] 吉学平, 吴秀杰, 吴运, 等. 广西隆林古人头骨内耳迷路的 3D 复原及形态特征[J]. 科学通报, 2014, 59: 3517-3525
- [24] Holloway RL, Broadfield DC, Yuan MS. The Human Fossil Record, Volume 3: Brain Endocasts—The Paleoneurological Evidence[M]. New Jersey: John Wiley-Liss Publication, 2004