

# 太行山猕猴掌骨性别判别分析

胡海洋, 赵晓进, 周迪, 李洁, 胡晓林

(河南师范大学生命科学院, 新乡 453007)

**摘要:** 为了了解成年太行山猕猴5根掌骨的性差大小。本文对太行山猕猴掌骨标本40例(雄:10, 雌:30)进行观察并选择掌骨的9项形态变量进行测量。数据用SPSS19.0软件进行多变量判别分析。结果表明:5根掌骨长度等变量在性别之间有明显差异。用全模型法5根掌骨的性别正确判别率范围为94.1%~100.0%, 用逐步判别法掌骨性别正确判别率范围为93.8%~97.5%。有关掌骨的9个形态变量, 长度变量首先被挑选出来, 说明在性别判别中起重要作用。分别用左右侧掌骨的判别函数来判别性别时侧别差异不明显。结论:用每根掌骨的形态变量建立判别函数可以有效地区分性别, 对非人灵长类掌骨标本的性别鉴定有一定的理论意义和应用价值。

**关键词:** 猕猴; 掌骨; 性差; 判别分析

**中图法分类号:** Q915.87; **文献标识码:** A; **文章编号:** 1000-3193(2013)02-226-07

## 1 引言

有关非人灵长类掌骨的形态特征、性差大小和不对称性研究国外报道较多。McFadden等<sup>[1,2]</sup>报道狒狒、大猩猩和黑猩猩掌骨的相对长度存在明显性差。种属之间掌骨的形态特征、性差大小、位置和模式存在一定的差异。目前这些差异在功能上的意义还不是十分清楚。但是一系列研究表明非人灵长类和人类一样, 掌骨和跖骨长度变化与早期发育机制有关。除了性器官外, 人类手指长在未出生就呈现性差, 其他两性特征, 如身高、胸围和臀围等直到青春期才表现出来。非人灵长类可能与人类一样都是受出生前胚胎发育过程中性激素水平影响<sup>[1]</sup>。国内有关这一领域的研究开展较少。陆宏等<sup>[3]</sup>综述报道了人类指长比的研究进展。目前有关灵长类指长比的研究已成为发育生物学、人类学、行为学和遗传学专家学者所关注的热点问题。赵晓进等<sup>[4,5]</sup>最近报道了太行山猕猴掌骨长度变量的性差。这里的研究目的是进一步了解太行山猕猴掌骨性差特征。通过逐步判别分析, 建立掌骨性别判别函数, 为非人灵长类掌骨性差研究积累资料, 为种属之间比较和现生灵长类与化石资料对比提供数据。

收稿日期: 2012-02-17; 定稿日期: 2012-08-10

基金项目: 河南师范大学大学生创新性试验计划项目资助(2011-329)

作者简介: 胡海洋(1990-), 河南师范大学生命科学院, 本科在读。E-mail: 1175459224@qq.com

通讯作者: 赵晓进(1957-), 男, 河南师范大学生命科学院教授, 博士生导师。E-mail: zxj\_6119@163.com

## 2 材料与方法

### 2.1 材料

材料来自河南省北部济源市和卫辉市的太行山猕猴自然保护区。地理坐标北纬 34°54'~35°16'，东经 112°02'~112°52'。太行山猕猴自然保护区是中国境内非人灵长类分布的最北界<sup>[6]</sup>。猕猴掌骨标本按常规方法制备。标本要求干燥、完整、成年和性别确定。标本性别是根据原始档案的记录或犬齿确定。根据猕猴下颌第 3 臼齿出齐表明标本为成年。太行山猕猴掌骨标本数量见表 1。掌骨字母标识：第 1 掌骨为 *1Mc*，左侧第 1 掌骨为 *1Mc-L*，右侧为 *1Mc-R*；第 2 掌骨为 *2Mc*，左侧第 2 掌骨为 *2Mc-L*，右侧为 *2Mc-R*，其他类推。研究标本现存河南师范大学生命科学学院灵长类研究室。

表 1 猕猴掌骨标本组成

Tab.1 Sample size of metacarpals in *Macaca mulatta*

	<i>1Mc</i>	<i>2Mc</i>	<i>3Mc</i>	<i>4Mc</i>	<i>5Mc</i>
Male left	8	9	10	9	10
Male right	8	9	9	10	10
Female left	24	25	30	27	23
Female right	24	26	31	27	23

### 2.2 变量选择

根据资料选择掌骨 9 个形态变量<sup>[7,8]</sup>，分别标记为 *X1-X9*。其中代表掌骨骨体总特征的有 3 个变量 (*X1-X3*)；掌骨头（远侧端）球状关节面变量 4 个 (*X4-X7*)；掌骨底（近侧端）关节面变量 2 个 (*X8* 和 *X9*)。测量位点和变量字母标识见图 1。测量工具为游标卡尺，单位 mm，测量精度 0.02 mm，所有标本测量由专业技术人员完成，其他人进行复核。

### 2.3 统计学处理

采用 SPSS 19.0 统计软件进行数据分析。判别分析采用全模型法和逐步判别法分别建立每根掌骨性别判别函数。用 Wilks'λ 方法对判别函数进行检验。逐步判别分析用来确定每个变量对判别函数的相对贡献大小，判据使用 Wilks'λ 检验的概率值，当  $P < 0.05$  时，变量进入判别函数；当  $P > 0.10$  时，变量从函数中剔除。判别函数描述采用特征值 (Eigenvalue)、Wilks'λ 值、典型相关系数 (Canonical correlation)、卡方值 (Chi-square) 和两类判别的临界值 (Critical values) 等。分别计算每根掌骨的性别正确判别率。通过回代检验 (Original) 和交互验证 (Cross-validation) 结果比较来检验判别函数的判别效果和函数的稳定性。

## 3 结 果

掌骨 9 个变量描述性统计结果见表 2。运用全模型法 (Enter) 和逐步判别分析 (Stepwise) 分别建立 5 根掌骨性别判别函数见表 3。5 根掌骨性别判别函数特征描述见表 4。

结果表明：1) 5 根掌骨的形态变量在性别之间有明显差异。全模型法性别正确判别率范围为 94.1%-100.0%，逐步判别法掌骨性别正确判别率范围为 93.8%-97.5%。两种方法都显示具有较高的性别正确判别率。表明用掌骨变量进行性别检验有理论意义和应用价值。2) 回代检验性别正确判别率一般大于交互验证，特别是全模型法建立的判别函数这种差

异较为明显，说明判别函数的稳定性还不是很不好。3)根据SPSS系统判据标准，逐步判别选择进入函数的变量较少。这里进入函数的变量只有1-3个。值得注意的是性别正确判别率并未由于变量减少而明显降低，有时判别函数的稳定性相对增加。结果提示可能在掌骨9个形态变量中，真正对性别判别起作用的只是少数变量。每根掌骨的9个变量中挑出最多或最先被选择进入判别函数的变量是X1(10/10)，表明变量X1在性别判别中贡献相对较大。其次挑出来的掌骨头变量有X6和X7。掌骨干和掌骨底部也有少量变量被选择进入函数。4)5根掌骨之间的性别判别率比较表明没有明显差异。结果提示可能5根掌骨之间的性差大小差异不显著。5)5根掌骨侧别之间的性别正确判别率没有明显的差异。

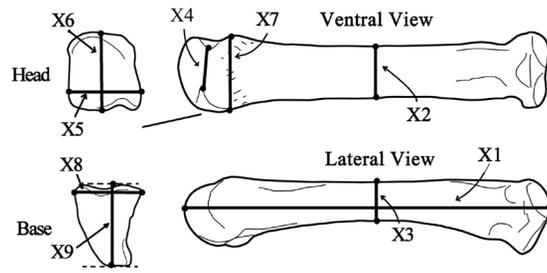


图1 掌骨变量测量定点示意图(据 Patel, 2010, Gordon, 2008 方法)

Fig.1 Metacarpal measurements from Patel et al, 2010, and Gordon et al, 2008

根据每根掌骨全模型判别函数得分值，得出雌雄掌骨标本性别判别直方图(图2)。X轴分别为左侧5根掌骨的判别函数得分值。Y轴表示标本频数。X轴上方为雌性标本，下方为雄性标本。垂直于X轴的虚线表示性别判别的临界值。雌雄标本主要在临界值的

表2 猕猴掌骨变量的平均值和标准差 (Mean±SD/mm)

Tab.2 The mean and SD of metacarpal variables of *Macaca mulatta* (Mean±SD/mm)

Bones	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9
Male									
1Mc-L	23.26±1.4	4.27±0.2	3.04±0.2	3.52±0.4	5.70±0.2	5.47±0.3	4.73±0.3	6.30±0.5	8.49±0.6
1Mc-R	23.28±1.5	4.26±0.2	3.05±0.3	3.50±0.4	5.66±0.2	5.45±0.5	4.72±0.5	6.41±0.7	8.54±0.7
2Mc-L	38.85±1.6	4.27±0.3	4.14±0.2	4.01±0.2	6.31±0.3	6.97±0.4	6.14±0.4	6.45±0.5	8.58±0.6
2Mc-R	38.61±2.1	4.22±0.4	4.18±0.3	4.07±0.3	6.23±0.3	6.95±0.4	6.14±0.5	6.43±0.5	8.68±0.6
3Mc-L	38.71±1.8	4.77±0.4	4.30±0.3	4.40±0.5	6.75±0.3	7.11±0.4	6.56±0.7	7.00±0.4	7.87±0.5
3Mc-R	39.03±1.7	4.68±0.4	4.33±0.4	4.47±0.6	6.70±0.4	7.14±0.4	6.52±0.7	6.99±0.6	7.92±0.5
4Mc-L	38.16±1.3	4.42±0.3	3.88±0.3	4.31±0.5	6.64±0.4	6.69±0.5	6.41±0.8	6.07±0.5	7.69±0.5
4Mc-R	37.78±1.5	4.35±0.3	3.89±0.3	4.25±0.6	6.53±0.5	6.62±0.6	6.31±0.8	6.04±0.5	7.59±0.6
5Mc-L	36.95±1.8	3.68±0.3	4.12±0.3	3.78±0.2	6.20±0.4	6.33±0.3	5.76±0.4	6.70±0.6	7.68±0.4
5Mc-R	37.00±1.8	3.68±0.3	4.13±0.3	3.82±0.3	6.11±0.4	6.37±0.3	5.76±0.4	6.68±0.6	7.74±0.5
Female									
1Mc-L	21.18±0.8	3.80±0.4	2.73±0.2	3.33±0.4	5.17±0.3	5.11±0.3	4.41±0.4	5.73±0.6	7.64±0.4
1Mc-R	21.12±0.8	3.79±0.4	2.74±0.2	3.34±0.4	5.19±0.4	5.10±0.4	4.41±0.4	5.73±0.5	7.66±0.4
2Mc-L	35.65±1.1	3.91±0.3	3.88±0.3	3.73±0.3	5.72±0.3	6.47±0.4	5.59±0.4	5.73±0.4	7.91±0.5
2Mc-R	35.58±1.2	3.99±0.3	3.91±0.3	3.79±0.3	5.77±0.4	6.51±0.3	5.67±0.4	5.73±0.4	7.96±0.5
3Mc-L	35.58±1.0	4.31±0.3	3.95±0.3	4.01±0.4	6.20±0.4	6.55±0.3	6.40±0.4	6.28±0.4	6.90±0.4
3Mc-R	35.49±1.0	4.33±0.3	4.02±0.3	4.06±0.4	6.17±0.4	6.61±0.4	6.31±0.4	6.38±0.5	6.99±0.5
4Mc-L	34.55±1.0	3.97±0.2	3.53±0.2	4.15±0.5	6.02±0.3	6.34±0.4	6.07±0.5	5.49±0.6	6.70±0.4
4Mc-R	34.58±1.0	3.97±0.2	3.49±0.2	4.24±0.4	6.03±0.3	6.37±0.3	6.08±0.5	5.58±0.6	6.92±0.4
5Mc-L	32.80±1.3	3.19±0.2	3.70±0.3	3.34±0.3	5.59±0.3	5.79±0.3	4.96±0.4	5.88±0.4	6.90±0.4
5Mc-R	32.80±1.3	3.19±0.22	3.67±0.26	3.31±0.35	5.63±0.37	5.83±0.34	5.00±0.45	5.91±0.38	6.87±0.39

表 3 五根掌骨的性别判别函数系数  
**Tab.3 Discriminant function coefficients for five metacarpals between males and females**

Methods	Bones	Canonical discriminant function coefficients									Constant	
		<i>X1</i>	<i>X2</i>	<i>X3</i>	<i>X4</i>	<i>X5</i>	<i>X6</i>	<i>X7</i>	<i>X8</i>	<i>X9</i>		
Enter	<i>1Mc-L</i>	0.572	2.105	4.343	0.228	2.531	-2.681	-2.253	-0.089	1.560	-34.738	
	<i>1Mc-R</i>	0.597	2.158	3.324	0.000	2.760	-2.209	-2.108	0.262	1.314	-36.330	
	<i>2Mc-L</i>	0.666	-0.096	-1.488	0.464	-0.015	1.226	0.633	1.150	-0.548	-33.811	
	<i>2Mc-R</i>	0.560	-2.887	-1.067	0.409	1.047	1.560	2.315	0.566	-0.370	-36.246	
	<i>3Mc-L</i>	0.585	0.493	0.052	0.461	0.784	1.681	-0.866	1.027	-0.370	-40.195	
	<i>3Mc-R</i>	0.751	0.013	-0.374	0.848	0.024	1.242	-0.765	0.535	0.364	-39.031	
	<i>4Mc-L</i>	0.818	1.788	1.187	0.084	-0.353	-0.049	-1.459	0.367	0.921	-38.078	
	<i>4Mc-R</i>	0.697	1.573	2.331	-0.420	0.780	-1.660	-1.046	0.680	0.998	-36.387	
	<i>5Mc-L</i>	0.492	1.929	2.120	1.312	-1.600	-0.475	1.497	-0.609	0.968	-34.746	
	<i>5Mc-R</i>	0.434	1.622	1.972	1.867	-1.453	-0.158	0.948	-1.008	1.074	-31.273	
Stepwise	<i>1Mc-L</i>	0.654	1.460							1.510	-31.777	
	<i>1Mc-R</i>	0.653	1.349							1.426	-30.643	
	<i>2Mc-L</i>	0.684							1.116		-31.571	
	<i>2Mc-R</i>	0.531							1.209		-26.447	
	<i>3Mc-L</i>	0.729					1.874				-39.048	
	<i>3Mc-R</i>	0.816					1.405				-39.072	
	<i>4Mc-L</i>	0.935									-33.168	
	<i>4Mc-R</i>	0.787		2.877				-0.838				-33.110
	<i>5Mc-L</i>	0.612						1.586				-29.101
	<i>5Mc-R</i>	0.608						1.312				-25.420

Note: Enter= enter independents together, Stepwise= stepwise method. Coefficients= unstandardized coefficients.

表 4 太行山猕猴掌骨变量性别判别函数的特征值、典型相关系数和临界值

**Tab.4 Eigenvalue, canonical correlation, chi-square and significance of discriminant function analysis for *Macaca mulatta* living in the Taihang mountains**

	Bones	Eigenvalue	Wilks'λ	Canoical correlation	Chi-square	df	P	Critical values	Dis. rate(%)	
									Original	Cross
Enter	<i>1Mc-L</i>	4.010	0.200	0.895	41.090	9	<0.001	1.120	100.0	84.4
	<i>1Mc-R</i>	4.176	0.193	0.898	41.921	9	<0.001	1.142	100.0	90.6
	<i>2Mc-L</i>	2.196	0.313	0.829	31.951	9	<0.001	0.767	94.1	84.2
	<i>2Mc-R</i>	2.078	0.325	0.822	32.039	9	<0.001	0.778	94.3	91.4
	<i>3Mc-L</i>	2.982	0.251	0.865	46.290	9	<0.001	0.972	100.0	92.5
	<i>3Mc-R</i>	3.053	0.247	0.868	46.882	9	<0.001	1.122	97.5	95.0
	<i>4Mc-L</i>	3.861	0.206	0.891	46.644	9	<0.001	1.103	94.4	94.4
	<i>4Mc-R</i>	4.145	0.194	0.898	49.963	9	<0.001	1.025	100.0	91.9
	<i>5Mc-L</i>	4.973	0.167	0.912	47.360	9	<0.001	0.927	97.0	93.9
	<i>5Mc-R</i>	4.701	0.175	0.908	46.127	9	<0.001	0.901	97.0	90.9
Stepwise	<i>1Mc-L</i>	2.199	0.313	0.829	33.143	3	<0.001	0.829	93.8	87.5
	<i>1Mc-R</i>	2.179	0.315	0.828	32.959	3	<0.001	0.825	96.9	90.6
	<i>2Mc-L</i>	1.861	0.350	0.807	32.587	2	<0.001	0.706	97.1	94.1
	<i>2Mc-R</i>	1.217	0.451	0.741	25.471	2	<0.001	0.595	94.3	94.3
	<i>3Mc-L</i>	2.204	0.312	0.829	43.081	2	<0.001	0.836	97.5	90.0
	<i>3Mc-R</i>	2.415	0.293	0.841	45.443	2	<0.001	0.998	95.0	95.0
	<i>4Mc-L</i>	2.257	0.307	0.832	39.553	1	<0.001	0.843	94.4	94.4
	<i>4Mc-R</i>	2.512	0.285	0.846	42.081	3	<0.001	0.798	94.6	91.9
	<i>5Mc-L</i>	3.294	0.233	0.876	43.715	2	<0.001	0.754	97.0	97.0
	<i>5Mc-R</i>	2.774	0.265	0.857	39.847	2	<0.001	0.708	97.0	97.0

字母标识见材料和方法

两侧分布。判别函数的应用，从现有标本中随机抽取一例掌骨标本，测量相关变量代入表 3 判别函数，得到函数得分值，该得分值如果大于临界值判为雄性，小于临界值的判为雌性。

### 4 讨 论

无论非人灵长类化石记录还是现生灵长类，是否适应于陆生地面的生活，主要是根据它的前肢解剖学特征来判断。毫无疑问非人灵长类动物的前肢在运动和取食等方面起到重要作用<sup>[8]</sup>。Nelson 等最近报道猕猴的 2D:4D 具有明显的家族遗传性<sup>[9]</sup>。他们的遗传力大小与人类指长比遗传力大小相似。McFadden 等报道在人类、非人灵长类和其他一些哺乳动物，掌骨包括它们连接的各段指骨长度是明显存在着性差，只是大小、方向和位置不同<sup>[2]</sup>。使用掌骨形态变量进行性别判别目前在国内外报道很少。赵晓进等对太行山猕猴掌骨长度性差进行报道，但是并未涉及到单根掌骨或其他掌骨变量<sup>[4,5]</sup>。本研究选择了掌骨多个变量，根据多变量判别函数得分值和临界值判断掌骨标本的雌雄归属，这对于现生非人灵长类和一些非人灵长类化石标本的性别鉴定具有明显的理论意义和应用价值。

本研究主要解决太行山猕猴掌骨性差的 3 个问题：1) 5 根掌骨中哪一根掌骨的性差相对较大；2) 掌骨形态变量中哪一些变量的性差较大；3) 哪一侧掌骨的性差较大。对这些结果出现的可能原因进行初步分析。

无论是全模型法还是逐步判别法，无论是左侧还是右侧，无论是回代检验还是交互检验，结果表明 5 根掌骨的性差都比较大（见表 4）。除了个别侧别外，大部分掌骨的性别正确判别率都超过 85.0%。目前对掌骨性差的起源和功能并不是很清楚。资料表明：非人灵长类掌骨的确存在性差。不同种属之间掌骨的性差大小可能不同<sup>[1,2]</sup>。表 4 中 5 根掌骨之间的的性别正确判别率差异较小，一般只表现在判错一两个标本上。观察结果提示太行山猕猴 5 根掌骨之间可能存在不同的性差，但是这种差异是很微弱的。可能与非人灵长类种属有关，也有可能与标本量偏小，特别是雄性标本量少有关。还有一种可能这种掌骨之间的性差会明显受到出生后生长环境、营养和健康状况的影响。证据之一，有关掌骨骨

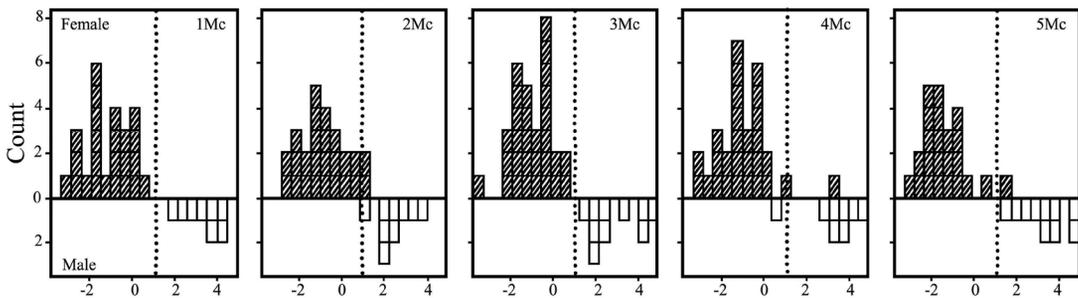


图 2 猕猴左侧 5 根掌骨判别函数得分值的两性分布直方图 (上: 雌, 下: 雄)

Fig.2 Histograms of the discriminant scores from the left based on variables of metatarsal variables in *Macaca mulatta* males and females (Females are above the X axis, and males are below the X axis)

字母标识见材料与方法，垂直于 X 轴中间的虚线表示性别判别的临界值 (The dotted lines in the middle of the X axis present the critical values for males and females)

干粗壮程度的变量 ( $X_2$  和  $X_3$ ) 在逐步判别分析中会优先选择出来进入函数, 说明这些变量在性别判别中起到一定的作用; 资料也显示这些变量主要受到出生后施加在骨干截面上的机械负荷影响, 骨骼构筑或重筑的可塑性较大<sup>[10]</sup>; 因为资料显示在人类第二掌骨骨干皮质厚度存在一定的性差<sup>[10]</sup>; 证据之二, 比较太行山猕猴两侧掌骨的不对称性后发现<sup>[11]</sup>, 一些掌骨标本的对称性较差, 一些掌骨会明显形变, 而这种不对称性发育明显与出生后生长发育环境有关。证据之三, 已有资料表明各掌骨的绝对长度与相对长度比较, 相对长度的性差变化会更加显著, 主要与遗传和出生前胚胎发育性激素环境有关<sup>[11]</sup>。

在逐步判别分析中, 掌骨的 9 个形态变量中  $X_1$  被挑出较多, 说明长度变量在判别函数中对性别判别的贡献率较大。很明显太行山猕猴掌骨长度的发育与人类相似。资料表明人类早期掌骨的发育是在一组高度保守的家族性 *Hoxa* 和 *Hoxd* 基因控制之下。如果这两组基因发生突变或异常, 就会造成掌骨长度和掌骨的发育缺陷和畸形<sup>[12]</sup>。结果提示种群水平上的掌骨长度性差主要受基因调控, 其他一些变量可能在基因调控的基础上同时受到出生后环境因素的影响。

除了掌骨长度变量外, 掌骨头上的一些变量  $X_6$  和  $X_7$  也被选择进入判别函数, 说明这些变量在掌骨的性别识别中占有一定的分量。Patel 等<sup>[7]</sup>对 324 例非人灵长类动物的掌骨形态进行线性测量, 确认了非人灵长类行走姿态与骨骼形态学上的关系。很明显掌骨头的形状和大小在不同种属之间有明显的差异, 是长期生物进化和环境适应的结果。如果采用趾行性走姿的非人灵长类, 就可以识别出这一类是陆地行走的动物。掌骨头的形状和大小是非人灵长类动物前肢形态属性之一, 这种自然属性就会反映到性别差异上。

本研究结果提示在判定性别时, 采用少数掌骨变量进行逐步判别比采用较多变量的全模型分析明显要好。可以看出逐步判别分析的 Wilks'  $\lambda$  检验结果, 概率  $P < 0.001$ , 说明逐步回归判别效果良好。性别正确判别率较高 (87.5%~97.5%), 选择变量较少 (1~3 个), 判别函数相对稳定。分析原因可能是掌骨有些变量 (如  $X_4$  和  $X_5$ ) 在性别判别函数中几乎不起作用。还有一些变量起干扰作用, 他们进入判别函数会增加错判的例数, 导致降低性别正确判别率。这一点与现代人类长骨性差研究结果一致<sup>[13]</sup>。

还有一个问题是这些变量的性差大小是否受到变量本身大小的影响, 毫无疑问掌骨长度变量是其他所有的变量的几倍甚至十几倍。McFadden 等对大猩猩和黑猩猩的研究结果证实, 当控制雌雄两组的身体大小相当时, 掌骨相对长度所表现出来的性差并没有减小或减弱<sup>[2]</sup>。这一结果在太行山猕猴掌骨长度性差研究中也得到证实<sup>[4]</sup>。

有资料表明大猩猩和黑猩猩掌骨相对长度的性差与侧别有一定的关系。一些性差只在一侧出现, 达到统计学意义<sup>[1,2]</sup>。这种差异的原因和功能意义目前还不是十分清楚。推测可能与种属差异、样本量大小、统计方法和变量选择有关。

关于掌骨性差的研究, 目前还存在很多问题, 有文献表明黑猩猩和大猩猩掌骨性差与其侧别有很大关系<sup>[2]</sup>, 但是本研究结果表明侧别之间无明显差异。由于缺乏其他非人灵长类掌骨变量性差资料, 所以未能进一步进行比较研究。

## 参考文献

- [1] Bracht MS. Sex differences in length ratios from the extremities of humans, gorillas, and chimpanzees[J]. *Horm Behav*, 2002, 41(4): 479-480
- [2] McFadden D, Bracht MS. Sex difference in the relative lengths of metacarpals and metatarsals in gorillas and chimpanzees [J]. *Horm Behav*, 2005, 47(1): 99-111
- [3] 陆宏, 霍正浩. 人类指长比的研究进展 [J]. *生命科学*, 2006, 18(5): 487-490
- [4] 赵晓进, 王训练, 党晓云, 等. 太行山猕猴掌骨和趾骨长度比率的性别差别 [J]. *解剖学报*, 2009, 40(6): 993-996
- [5] 赵晓进, 赵俊杰, 王耿, 等. 太行山猕猴掌骨和趾骨长度变量性别判别分析 [J]. *人类学学报*, 2009, 28(1): 88-94
- [6] 宋朝枢, 瞿文元. 太行山猕猴自然保护区科学考察集 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1996: 16-32
- [7] Patel BA. Functional morphology of cercopithecoid primate metacarpals[J]. *J Hum Evolut*, 2010, 58: 320-337
- [8] Gordon AD, Green DJ. Metacarpal proportions in *Australopithecus africanus*[J]. *J Hum Evolut*, 2008, 54: 705-709
- [9] Nelson E, Voraecik M. Heritability of digit ratio (2D:4D) in rhesus macaques (*Macaca mulatta*) [J]. *Primates*, 2010, 51:1-5
- [10] Roy TA, Ruff CB, Plato CC. Hand dominance and bilateral asymmetry in the structure of the second metacarpal[J]. *Am J Physical Anthropol*, 1994, 94: 203-211
- [11] 翟岷, 付香斌, 田原, 等. 太行山猕猴掌骨和跖骨的不对称性 [J]. *河南师范大学学报*, 2012, 39(6): 119-122
- [12] Goodman FR, Scambler PJ. Human HOX gene mutations[J]. *Clin Genet*, 2001, 59(1): 1-11
- [13] Sakaue K. Sexual determination of long bones in recent Japanese[J]. *Anthropol Sci*, 2004, 112: 75-81

## Discriminant Function Analysis of Metacarpals of *Macaca mulatta* Living in the Taihang Mountains

HU Hai-yang, ZHAO Xiao-jin, ZHOU Di, LI Jie, HU Xiao-lin

(College of Life Science, Henan Normal University, Xinxiang 453007)

**Abstract:** The purpose of this research was to understand sex differences in the five metacarpals of adult *Macaca mulatta* from the Taihang mountains. Nine osteometric measurements were taken from 40 adult skeletons (10 males and 30 females) and were analyzed using discriminant function analysis from SPSS (Version 19 for Windows). Results showed that metric traits of the five metacarpals were good indicators of sexual dimorphism with accuracy ranging from 94.1-100% (Enter Independents Together method) and 93.8-97.5% (Stepwise). For all nine measurements, maximum length of metacarpal was the first variable selected in the stepwise analysis, which indicates that this variable played an important role in sex determination. It was, however, difficult to determine sex differences between left and right sides. This paper demonstrates that the sex of *Macaca mulatta* can be identified from metacarpal morphology using discriminant function equations, and this technique can be applied to other non-human primates.

**Key words:** *Macaca mulatta*; Metacarpal; Sex dimorphism; Discriminatory analysis