

# 猕猴骶骨性别判别分析

韩霄帆<sup>1</sup>, 张楚一<sup>2</sup>

(1. 中国地质大学 地球科学与资源学院, 北京 100083; 2. 上海外国语大学, 上海 201620)

**摘要:**目的:探讨太行山猕猴骶骨指数性差. 材料和方法:成年猕猴骶骨标本 55 例(雄 17, 雌 38). 选择骶骨 5 个线性变量和 4 个指数变量; 统计处理采用 ANOVA、多元判别分析和二元逻辑回归分析. 结果:大部分骶骨线性变量存在性差( $P < 0.05$ ), 雄性大于雌性; 猕猴骶骨相对宽指数性差显著( $P < 0.01$ ), 雌性大于雄性. 多元判别分析性别正确判别率为 78.2%~87.3%. 逻辑回归分析性别正确判别率为 83.6%~87.3%. 结论:骶骨变量性差显著, 骶骨体长和骶骨相对宽性别判别的能力较强.

**关键词:**猕猴; 骶骨; 性差; ANOVA; 判别分析

**中图分类号:** Q954

**文献标志码:** A

古生物学家和人类学家常利用骶骨形状来识别灵长类动物化石的性别<sup>[1-2]</sup>. 灵长类的骶骨与人类骶骨不同, 一般由 3 块骶椎融合而成, 楔在两块髌骨之间, 其腹面构成盆腔的后壁. 骶骨不仅能够维持脊椎和骨盆的相对稳定, 而且有助于下肢骨骼质量传输和妊娠期间骨盆保持一定的运动性<sup>[3]</sup>.

Rusk 等<sup>[4]</sup>最近报道人类骶骨指数性差, 提出使用人类骶骨指数可以有效地识别个体的性别, 已被广泛应用于解剖学、法医学和人类体质学的调查中. Moffett 等<sup>[5]</sup>报道了 7 种非人灵长类骶骨指数性差, 并对灵长类动物具有较大头盆比例导致雌性个体具有相对较宽的骶骨提出质疑. 他们指出雌性大猩猩具有较小的头盆比例, 但同样具有相对较宽的骶骨, 说明雌性具有较大的骶骨指数对于顺利分娩来说没有太大的意义. 本研究的目的是探讨太行山猕猴骶骨性差大小、分布和性别鉴定.

## 1 材料和方法

骨骼材料来自河南省北部太行山猕猴自然保护区. 标本收集于 1990~2016 年, 现保存在河南师范大学生物标本馆. 选取成年猕猴骶骨标本 55 例(雄 17, 雌 38), 要求干燥、对称、完整和健康, 性别是已知的.

依据资料选择骶骨 5 个线性变量和 4 个指数变量<sup>[6-8]</sup>, 测量位点和变量标识见图 1. 测量工具为电子数显卡尺, 分辨力:0.01 mm.

数据处理采用 SPSS 22.0 统计软件. 性差检验采用单因素方差分析(ANOVA). 性别判别分析采用多元回归和二元逻辑回归分析; 用逐步判别法选出性差显著的变量; 用交互检验判断判别函数的稳定性.

## 2 结果

表 1 显示 5 个线性变量除了骶骨宽外性差都有统计学意义( $P < 0.05$ , 表 1), 性差是雄性大于雌性. 4 个指数变量有 2 个指数性差有统计学意义( $P < 0.01$ ), 性差是雌性大于雄性.

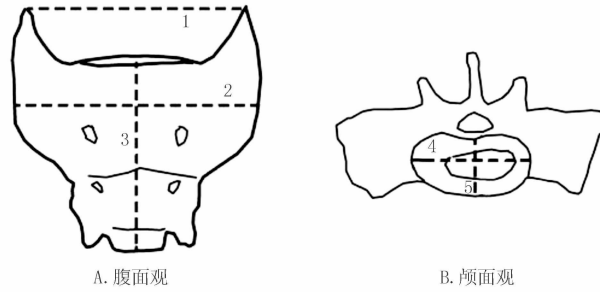
多元判别分析结果表明:全模型法性别正确判别率为 78.2%~87.3%, 正确率较高, 但判别函数并不稳

收稿日期:2017-03-20; 修回日期:2017-06-01.

基金项目:河南省基础与前沿技术研究计划项目(132300410136); 河南省重点科技攻关项目(172102310721); 河南师范大学博士科研启动课题(5102109179103).

作者简介(通信作者):韩霄帆(1989-), 女, 河南新乡人, 中国地质大学(北京)博士研究生, 从事灵长类生物学研究, E-mail: hanxf21@163.com.

定;逐步判别法正确判别率为85.5%~87.3%,正确率较高且判别函数较稳定.根据SPSS系统默认判别标准( $F > 3.84$ 时,变量进入模型; $F < 2.7$ 时,变量从模型中剔除),逐步判别法选择了2个骶骨变量(骶骨长和骶骨宽/骶骨长)进入判别模型,结果提示在骶骨形态和指数变量中,真正对性别判别起作用的变量只有少数变量(表2).



1:骶骨颅面宽;2:骶骨宽;3:骶骨长;4:骶骨关节横径;5:骶骨关节矢径.

图1 骶骨测量位点

根据骶骨9个变量得到3个逻辑回归模型,分别是进入法、向前条件进入法和向后条件进入法,性别正确判别率的范围是83.6%~87.3%(表3).3个模型比较来看,逐步回归向后条件进入法判别效果较好,选择了6个变量进入模型,正确判别率是87.3%;向前条件进入法选择了2个变量,正确判别率83.6%.

表1 骶骨变量描述性统计和单因素方差分析

单位:mm

变量	雄性			雌性			ANOVA	
	N	均值	SD	N	均值	SD	F	P
骶骨颅面宽	17	49.93	2.95	38	47.64	2.97	7.06	0.010*
骶骨宽	17	47.30	3.59	38	46.82	3.27	0.24	0.629
骶骨长	17	43.67	2.05	38	40.80	2.61	16.04	0.000***
骶骨关节横径	17	25.54	1.88	38	23.62	1.57	15.49	0.000***
骶骨关节矢径	17	13.71	1.20	38	12.73	1.01	9.85	0.003**
骶骨颅面宽/骶骨关节横径	17	1.96	0.12	38	2.02	0.13	3.12	0.083
骶骨颅面宽/骶骨长	17	1.14	0.05	38	1.17	0.07	1.91	0.172
骶骨宽/骶骨关节横径	17	1.86	0.14	38	1.99	0.15	9.26	0.003**
骶骨宽/骶骨长	17	1.08	0.07	38	1.15	0.07	10.73	0.002**

注:\*  $P < 0.05$ , \*\*  $P < 0.01$ , \*\*\*  $P < 0.001$ .

表2 全模型法和逐步法判别结果

方法	模型	雄性			雌性			合计		
		对	错		对	错		对	错	
		N	N	%	N	N	%	N	N	%
全模型法	初始检验	14	3	82.4	34	4	89.5	48	7	87.3
	交叉检验	12	5	70.6	31	7	81.6	45	12	78.2
逐步法	初始检验	15	2	88.2	33	5	86.8	48	7	87.3
	交叉检验	15	2	88.2	32	6	84.2	47	8	85.5

全模型法:13个变量都进入模型.逐步法:进入模型的变量有2个,分别是骶骨长和骶骨宽/骶骨长.

### 3 讨论

本文首次在国内报道猕猴骶骨性差大小,骨骼标本数目较大( $N=55$ ),期望为非人灵长类骶骨形态学研究提供基本理论资料,为古生物学家和体质人类学家提供参考.

结果显示,骶骨大部分线性变量性差有统计学意义( $P < 0.01$ ),性差是雄性大于雌性,与个体性差大小方向一致,说明猕猴骶骨大部分线性变量性差形成机制与身体大小性差形成机制一致,与资料报道的人类和非人灵长类的骨盆性差结果一致<sup>[9-11]</sup>。

骶骨体宽没有性差,但是相对骶骨宽显示出明显性差,说明可能由于青春期雌性正异速生长较快使得骶骨宽的性差被掩盖.这与一些灵长类髌骨坐一耻骨指数性差结果是一致的<sup>[10-11]</sup>。

表 3 二元逻辑回归分析判别结果

方法	模型	雄性			雌性			合计		
		对	错	%	对	错	%	对	错	%
		N	N	%	N	N	%	N	N	%
全模型法	进入法	12	5	70.6	35	3	92.1	47	8	85.5
逐步法	向前条件	11	6	64.7	35	3	92.1	46	9	83.6
	向后条件	12	5	70.6	36	2	94.7	48	7	87.3

进入法:9个变量都进入模型.逐步法向前条件:进入模型的变量有2个,分别是骶骨长和骶骨宽/骶骨长.逐步法向后条件:进入模型的变量有6个,分别是骶骨颅面宽、骶骨宽、骶骨关节横径、骶骨长、骶骨宽/骶骨关节横径和骶骨宽/骶骨长。

猕猴具有较大的头盆比例<sup>[11]</sup>,加上较宽的骶骨体,推测可能是由于雌性骨盆需要较大的空间和入口横径来保证正常妊娠和分娩<sup>[12]</sup>。这种骶骨变量的绝对值没有性差、相对指数变量存在性差的现象在非人灵长类动物中普遍存在,而且这种相对变量的性差有时会提供更有价值的信息<sup>[8-9]</sup>。

有趣的是猕猴骶骨颅面宽性差显著,但两个相应的指数却不存在性差(表 1)。骶骨宽和所对应的两个指数形成明显反差是在意料之中的,观察猕猴的骨盆结构可以解释这一结果<sup>[12]</sup>。骶骨就像一个楔子,上大下小,楔在两块髌骨之间.从解剖结构上来看真正影响骨盆入口横径的变量是骶骨体宽,就是说如果骶骨体较宽,那么骨盆入口的横径就会相对增宽.而骶骨颅面宽并不影响骨盆入口的横径,推测骶骨颅面宽主要与运动功能和传送下肢重力到中轴骨有关<sup>[3]</sup>。另外,许多资料显示灵长类动物骨盆的性差是运动功能和生殖功能之间交互作用的结果,雄性灵长类的骨盆形态特征主要是为满足四足行走和敏捷运动需求,是长期自然选择或定向选择的结果<sup>[13]</sup>;雌性骨盆的形态既要满足行走和运动需求,还要满足妊娠和分娩的需求,是“双向选择”的结果<sup>[14]</sup>。由此可见骶骨颅面宽主要与运动功能有关,骶骨体宽主要与繁殖功能有关。

需要指出的是,猕猴与人类和其他非人灵长类的相对骶骨宽也是不同的.人类骶骨呈倒三角形,人类骶骨指数 = 骶骨最大宽 × 100 / 骶骨长<sup>[1-2]</sup>,说明猕猴骶骨指数与人类骶骨指数是不同的.人类骶骨性差一般较高,采用多元判别分析性别正确判别率为 100%<sup>[10,15]</sup>。本研究显示猕猴骶骨性别正确判别率范围为 83.6% ~ 87.3%。这些差异的一个合理解释是人类直立行走彻底改变了骨盆的结构,并限制了骨盆的高度和宽度,从而导致人类骨盆与其他灵长类骨盆明显不同<sup>[15]</sup>。

Moffett 等<sup>[5]</sup>报道雌性大猩猩中有相对较宽的骶骨,但是大猩猩的头盆比例较小.说明雌性具有较大的相对骶骨宽对于分娩是否顺利来说没有太大的影响.Moffett 解释这一结果主要归因于系统演化过程中雄性选择了相对较窄的骶骨,而不是雌性选择了相对较宽的骶骨去满足分娩需要.雄性大猩猩具有相对狭窄的骶骨可能与独特的运动方式所面临的压力大小有关.不同灵长类的骶骨性差大小和分布是不同的<sup>[5-6]</sup>,这种差异产生的原因尚不清楚.目前依据资料推测个体系统发育或运动方式差异对骶骨性差大小发挥重要的作用;另外一个推测就是与个体体型性差大小和头盆比例大小的组合有关.例如,大猩猩属于大体型和小头盆比例组合;猕猴属于大体型和大头盆比例组合;白掌长臂猿属于小体型和大头盆比例组合.很明显不同的组合骶骨性差模式是不同的<sup>[5-6]</sup>。

参 考 文 献

[1] Talsaniya D, Kukadiya U. Determination of sex of human sacrum - a metric study[J]. International Journal of Health Sciences & Research, 2015, 5(4): 132-136.

[2] Yadav N, Saini K, Patil K. Determination of sex using dry adult human sacrum - a morphometric study[J]. International Journal Current Research and Review, 2015, 17(3): 23-26.

[3] Dubey A, Roy S S. Comparative study of sacral index v/s Kimura's base wing index in sex determination through sacrum[J]. International

- Journal of Anatomy and Research, 2016, 14(2): 204-206.
- [4] Rusk K M, Ousley S D. An evaluation of sex- and ancestry-specific variation in sacral size and shape using geometric morphometrics[J]. American Journal of Physical Anthropology, 2016, 159(4): 646-654.
- [5] Moffett E A, Maddux S D, Ward C V. Sexual dimorphism in relative sacral breadth among catarrhine primates[J]. American Journal of Physical Anthropology, 2013, 152(4): 435-446.
- [6] Tojima S. Tail length estimation from sacrocaudal skeletal morphology in catarrhines[J]. Anthropological Science, 2013, 121(1): 13-24.
- [7] Ahm M K, Shamim A, Mesbahul II, et al. Significance of sacral index in estimation of sex in sacra of cadavers in Bangladesh[J]. Bangladesh Journal of Anatomy January, 2013, 11(1): 11-14.
- [8] Patel M M, Gupta B D, Singel T C. Sexing of sacrum by sacral index and kimura's base-wing index[J]. Journal of Indian Academy of Forensic Medicine, 2005; 27(1): 5-8.
- [9] Apoorva D, Patil G V, kumar S, et al. A study on sacral index in kerala population of south India[J]. Journal of the Anatomical Society of India, 2015, 64(5): 17.
- [10] Black E S. Sexual Dimorphism in the ischium and pubis of three species of South American monkeys[J]. Journal of Mammalogy, 1970, 51(4): 794-796.
- [11] Schultz A II. Sex differences in the pelvis of primates[J]. American Journal of Physical Anthropology, 1949, 7(3): 401-424.
- [12] Tague R G. Big-bodied bales help us recognize that females have big pelvis[J]. American Journal of Physical Anthropology, 2005, 127(4): 392-405.
- [13] Wood B A, Chamberlain A T. The primate pelvis: Allometry or sexual dimorphism [J]. Journal of Human Evolution, 1986, 15(4): 257-263.
- [14] Tague R G. Variation in pelvic size between males and females in nonhuman anthropoids[J]. American Journal of Physical Anthropology, 1995, 97(3): 213-233.
- [15] Ravichandran D, Shanthi K C, Shankar K, et al. A study on sacral index in Tamil Nadu and Andhra Pradesh population of southern India [J]. Journal of Clinical and Diagnostic Research, 2013, 7(9): 1833-1834.

## Sexual Discriminant of Sacrum in *Macaca mulatta*

Han Xiaofan<sup>1</sup>, Zhang Chuyi<sup>2</sup>

- (1. School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China;  
2. Shanghai international Studies University, Shanghai 201620, China)

**Abstract:** Objective: To study sexual dimorphism of sacrum in *Macaca mulatta* from the Taihang Mountains. Materials and Methods: Sacrum specimens of 55 mature *Macaca mulatta* (17 males and 38 females) were examined. The measurements included 5 liner variables of the sacrum and 4 index variables. ANOVA, multivariate discriminant analysis and binary logistic regression analysis were used for statistical analysis. Results: Most of the liner variables were sexual dimorphism ( $P < 0.05$ ) and the variables values were higher in males than in females. The relative widths of sacrum, which were sexual dimorphism ( $P < 0.01$ ), were larger in females than in males. The accuracy of multivariate discriminant analysis for sex discrimination ranged from 78.2% to 87.3%. While by using logistic regression analysis, the accuracy ranged from 83.6% to 87.3%. Conclusion: There are significant difference in sacral sexual dimorphism. Additionally, the sacral lengths and relative widths of sacrum are important parameters for sex discrimination.

**Keywords:** *Macaca mulatta*; sacrum; sexual dimorphism; ANOVA; discriminant analysis

[责任编辑 王凤产]