

猕猴颊齿大小的性差研究初报

赵晓进^{1,2}, 胡春红², 王 斌², 刘晓瑞², 秦园春², 张 林¹

(1. 中国地质大学地球科学与资源学院, 北京 100083; 2. 河南师范大学生命科学学院, 新乡 453007)

摘要: 对 28 例太行山成年猕猴(10, 18)的上、下颌颊齿齿冠面积进行测量。运用 SPSS 10.0 统计软件的多变量分析, 选择有关颊齿变量建立性别判别函数。结果表明: 猕猴颊齿具有明显的性差。选择不同的变量和选择不同的判别函数其性别正确判别率不同。上、下颌颊齿的性差有一定差异。使用逐步判别法建立判别函数, 其性别正确判别率上颌颊齿为 89.3%, 下颌颊齿为 92.3%。

关键词: 猕猴; 颊齿; 性差; 判别分析

中图法分类号: Q954 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3193 (2005) 04-0334-07

牙齿是动物分类依据的重要特征之一, 其大小和形态特征可以推断灭绝动物个体的种类、大小、性别、食性等^[1-4]。一般认为任何一个牙齿的大小通常与性别有关, 被认为是两性之间的整体大小差别的反映^[5], 是研究古生物、古人类化石十分重要的依据。在讨论现生灵长类时, 牙齿同样是不可缺少的材料之一^[6-9]。

太行山猕猴主要分布在豫、晋两省交界的太行山及中条山南端, 是我国黄河以北分布最集中、数量最多、面积最大的猕猴自然分布种群。在形态、行为、遗传、食性、骨学等方面均有其特殊性^[10]。目前, 有关太行山猕猴骨骼形态和颅骨的性差研究已有一些报道^[11-12]。有关太行山猕猴牙齿性差研究特别是颊齿性差研究尚未见报道。本文试图通过对其颊齿的有关变量的研究, 找出一些方法及变量, 分别建立性别判别函数, 进一步探讨猕猴颊齿的性差特征。

1 材料和方法

1.1 材料

太行山猕猴上下颌标本 28 例, 其中雌性 18 例(上颌: 18, 下颌: 17, 一例下颌标本缺失), 雄性 10 例(上颌: 10, 下颌: 9, 一例下颌标本损坏), 都是 M²、M₃ 出齐和骨缝线完全愈合, 标本来自太行山区河南省济源市和卫辉境市辖区, 现存于河南师范大学生命科学学院生物标本馆。

1.2 测量方法

用 SONY 数码相机对颊齿标本与 10mm 标准刻度标尺拍照。用 Photoshop 7.0 图像处理软件, 对牙齿有关变量进行测量(精确度: 0.01mm), 测量其颊齿近中-远中径(mesiodistal

收稿日期: 2004-12-27; 定稿日期: 2005-09-02

基金项目: 河南省动物重点学科基金项目资助(编号: 豫教财[2001]160号)

作者简介: 赵晓进(1957-), 山东聊城人, 教授, 主要从事动物学教学和研究。

diameter) 和颊-舌径(buccolingual diameter)^[8]。测量时均以左侧牙齿为准,如有损坏或缺失则以右侧代替。由于颊齿变量长和宽在个体之间的变异程度较大,不如面积稳定,本研究选择每个颊齿的齿冠面积(例: P^3 = 上颌第一前臼齿的近中-远中长 \times 颊-舌径,其它类推)为变量。测量定点如图 1。

1.3 统计分析

采用 SPSS10.0 统计分析软件,运用全模型法和逐步判别法分别对上、下颌颊齿的 5 项变量(上颌 P^3 、 P^4 、 M^1 、 M^2 、 M^3 和下颌 P_3 、 P_4 、 M_1 、 M_2 、 M_3 ,见表 1)分别建立性别判别函数,通过回代检验方法来验证性别的正确判别率。

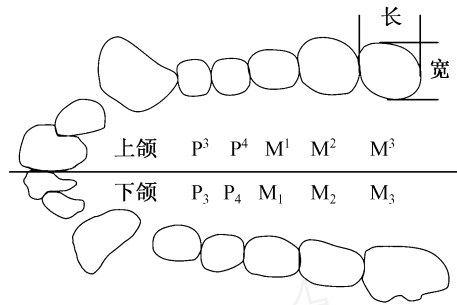


图 1 猕猴颊齿变量测量位点
Measurements made on the molar crown
area in *Macaca mulatta*

2 结果

2.1 颊齿量度

上、下颌颊齿面积的平均值、标准差及 F 假设检验见表 1、图 2。结果表明,有 3 项变量(P^3 、 M^3 和 P_3)在雌雄之间有统计学意义($P < 0.01$),1 项变量(M_3)在 0.05 水平上有统计学意义($P < 0.05$)。

表 1 太行山猕猴颊齿齿冠面积基本统计量

Measurements of the cheek teeth crown area of *M. mulatta* in the Taihang mountains (mm^2)

变量 Var.	均值 \pm 标准差 Mean \pm SD	变异系数 CV %	均值 \pm 标准差 Mean \pm SD	变异系数 CV %	P 值 P Value
P^3	36.50 \pm 7.07	19.38	30.36 \pm 3.57	11.75	0.003 **
P^4	36.95 \pm 7.04	19.05	34.93 \pm 4.82	13.80	0.286
M^1	52.24 \pm 10.95	20.97	48.58 \pm 6.42	13.21	0.293
M^2	73.54 \pm 15.86	21.56	65.91 \pm 11.27	17.10	0.134
M^3	82.70 \pm 11.50	13.91	69.87 \pm 9.93	14.40	0.006 **
P_3	35.50 \pm 11.03	31.07	25.72 \pm 4.22	16.42	0.003 **
P_4	31.93 \pm 7.47	23.40	28.61 \pm 3.30	11.54	0.127
M_1	40.39 \pm 8.17	20.22	37.95 \pm 4.36	11.50	0.322
M_2	59.03 \pm 11.83	20.04	55.26 \pm 6.81	12.32	0.251
M_3	87.88 \pm 13.22	15.05	76.76 \pm 11.68	15.37	0.043 *

注:表中的变量 P^3 、 P^4 代表相应颊齿的齿冠面积 = 近中-远中长 \times 颊-舌径,其它类推。

** : $P < 0.01$; * : $P < 0.05$

2.2 性别判别分析

用全模型法(Enter independents together)和逐步判别法(Stepwise method),根据 Fisher 判别系数建立相应的性别判别函数式。运用全模型法,不管变量贡献大小全部进入判别函数式。应用时,将待测标本或性别不详的新标本的有关颊齿变量代入其判别函数式,凡 D 值大于临界值判定为雄性,反之判定为雌性。运用逐步判别法,判别分析方法选择 Wilks' lambda,

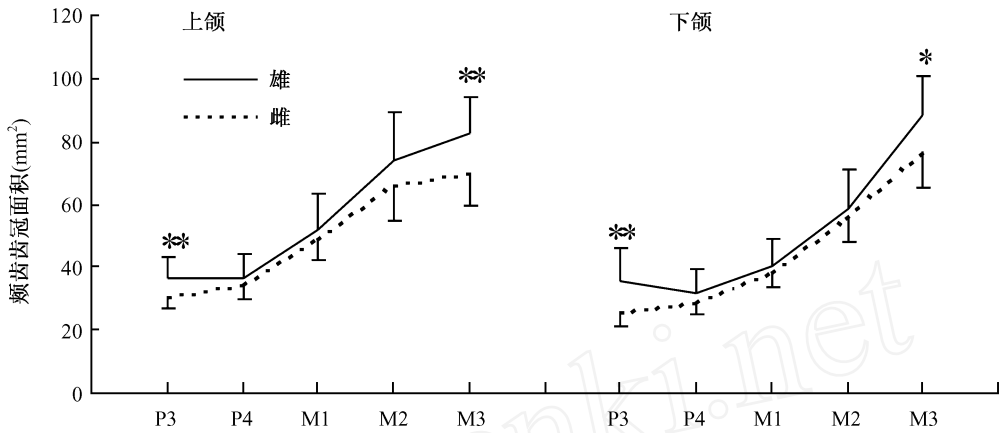


图 2 猕猴上下颌颊齿齿冠面积均值、标准差及 F 检验

Means, SD and F-test on the cheek teeth crown area of the maxillary and mandible in *Macaca mulatta*

每步都是 Wilk 的 计量最小的先进入判别函数,逐步判别停止变量进入的准则用 F 值。选择变量原则是变量最少且判别率最高。结果上颌颊齿有 3 项变量 (P³、P⁴、M³),下颌颊齿有 4 项变量 (P₃、M₁、M₂、M₃) 进入判别函数。判别函数的应用同全模型法(表 2)。

通过回代检验分别得出两种方法的正确判别率,见表 3。

逐步判别法的函数得分为 X 轴,水平线上方为雄性标本,下方为雌性标本,28 例标本性别分布散点图见图 3。图中列出各类重心、判别临界值及性别判错的标本。

表 2 猕猴颊齿齿冠面积变量的性别判别函数、临界值和判别率

Sex discriminant functions, critical values and reliable rates about the cheek teeth crown area in *Macaca mulatta*

方法 Method	判别函数式 Discriminant functions	临界值 Critical value
全模型法	$D_1 = 0.219P^3 - 0.283P^4 + 0.070 M^1 + 0.000 M^2 + 0.076 M^3 - 6.176$	0.287
Enter	$D_2 = 0.316P_3 - 0.139 P_4 - 0.131 M_1 - 0.157 M_2 + 0.092 M_3 + 1.438$	0.424
逐步判别法	$D_3 = 0.202 P^3 - 0.193 P^4 + 0.084 M^3 - 5.950$	0.270
Stepwise	$D_4 = 0.266 P_3 - 0.181 M_1 - 0.150 M_2 + 0.090 M_3 + 0.546$	0.396

3 讨 论

本研究的理论意义在于探讨猕猴颊齿有无性差,如果有,如何确定猕猴颊齿性差大小及选择什么方法,进一步探讨影响性差大小和性别正确判别率高低的有关因素。目前有关灵长类性差在国外一直是研究的热点。但在我国该领域的研究资料较少,尤其是对灵长类两性差别的模式缺乏深入的了解,对灵长类两性差别的变动以及形成这种差别的原因所知更少^[7]。

表 3 猕猴臼齿变量回代检验和交互验证判别结果

Discriminant results in original on the molar variables of *Macaca mulatta*

方法 Method	性别 Gender	上颌臼齿 Maxillary cheek			下颌臼齿 Mandible cheek		
		合计 Count			合计 Count		
全模型法		7	3 *	10	8	1 *	9
Enter independents together	判别率	0	18	18	2 *	15	17
逐步判别法		7	3 *	10	8	1 *	9
Stepwise method	判别率	0	18	18	1 *	16	17
			89.3 %			88.5 %	
			89.3 %			92.3 %	

* Misclassified case

结果表明,太行山猕猴颊齿性别差异显著。由图 2 知,太行山猕猴颊齿的各项变量中,雄性平均值大于雌性。就个体之间的变异程度而言,雄性也明显大于雌性,见表 1。产生这种差异的原因可能是多种多样的。可以从下面几个方面进行讨论。(1) 牙齿性差是整体性差大小(一般

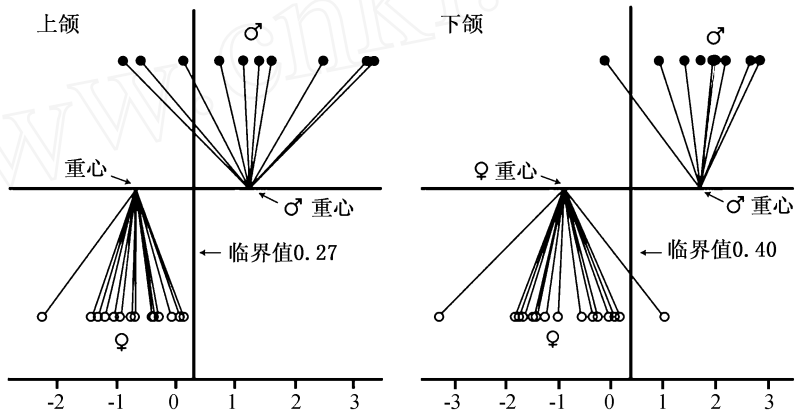


图 3 判别函数 1 得分值在 28 例标本中的两性分布

Sex distribution of the scores of discriminant function 1 in 28 *Macaca mulatta*

用体重表示)的一种反映,即种群的体重性差大,牙齿性差也大。其主要依据是性差在小于 10kg 的灵长类中尤其明显^[7]。太行山猕猴雄性体重平均 8.8kg,雌性体重平均 6.5kg^[13];颊齿作为一个整体,它可以在一定程度上反映新陈代谢的大小,Wood(1979)报道颊齿与体重为正的异速生长,很接近个体的新陈代谢率;性差特征均表现为雄性大于雌性^[14]。(2) 牙齿的形态特征与取食种类和食性有关。已知主要依赖低质量食物的物种比食高质量食物的物种体重性差明显,在那些主要食用高质量食物和四季供给丰富的物种中,雌性体重与雄性体重基本相等,甚至大于雄性(如黑猩猩)^[7]。而太行山猕猴虽然从取食的种类上来看是最多的,但是食物的质量是较差的,夏秋两季取食主要以嫩枝、树叶、花果为食。到了冬季和早春可供摄食的植物很少,只能采食树根、树皮及一些坚果^[15],为了适应这种温带气候及植被环境,解决的办法就是母体减轻自身体重,这样与雄性相比吃同样多的食物可以有相对较多的能量用来妊娠和哺乳。有关体重性差形成的原因,目前流行的观点是性别选择和异速生长^[14]。(3) 太行山猕猴颊齿性差主要表现在第一前臼齿和第三后臼齿上(见图 2)。似乎上颌性差大于下颌,前臼齿大于后臼齿。有资料表明灵长类的上颌颊齿与体重(或颅长)有相对较高的相关性,有可能是在个体发育过程中上颌与颅骨相连,促进了上颌牙齿的生长发育^[14]。第一前臼齿性差相对明显,其可能原因是猕猴在摄食过程中主要是第一前臼齿发挥

作用。另外它与性差极为明显的犬齿相连,是否受其影响值得考虑。本研究结果与卢卡斯(1986)报道的卷尾猴、狭鼻猴颊齿性差和吴汝康(1987)报道的禄丰西瓦古猿颊齿的性差指数结果有相似之处^[16]。关于第三后臼齿的性差特征很可能与其在齿列中的特殊位置和太行山猕猴所处的地理位置及食物条件的特殊性与复杂性有关,有待进一步论证。(4)需要指出,太行山猕猴颊齿性差表现是长期与生活环境相互适应的一种自然属性,不同臼齿表现出不同程度的性差,这种差别是相对的,只是程度不同。例如,如果与犬齿性差相比其性差是很微弱的^[7];如果用单一变量来进行性别鉴定是没有实际意义的,这是因为任一单变量的测量数据在雌雄之间有很大范围的重叠;如果按照每公斤体重的颊齿咬合面积来计算性差的话,一般情况下是雌性大于雄性(如太行山猕猴),这是由于雌性体重虽小,但是实际上每公斤体重在单位时间内比雄性可以加工更多的食物以维持妊娠和哺乳的额外消耗^[7]。

运用逐步判别法选择变量时,上颌颊齿是 M^3 、 P^3 先进入判别函数,下颌颊齿是 P_3 、 M_1 先进入判别函数式,说明这些变量在性别判别函数中具有较大的贡献。有趣的是运用全模型法建立性别判别函数时,上颌 M^2 的函数系数小于 0.000(已经过多次检验和盲测确实如此。盲测包括原来标本回代,也有新标本代入检验),说明 M^2 变量对建立性别判别函数的贡献几乎是 0。

盲测采用随机取出一个旧标本和一个刚制作的新猕猴颅骨标本,分别测量其上、下颌的臼齿齿冠面积,测量数据为 No1 和 No2。

- No1: 上颌齿冠面积为:28.91 30.50 48.28 62.40 70.31(mm²)
 下颌齿冠面积为:22.50 26.52 31.35 47.40 71.28(mm²)
- No2: 上颌齿冠面积为:37.20 42.13 47.78 74.56 69.87(mm²)
 下颌齿冠面积为:29.59 30.14 39.64 63.96 76.76(mm²)

将上述变量数据分别代入上述的 4 个判别函数,结果如下。
 判别依据凡 D 值大于临界值判定为雄性,反之判定为雌性。

使用全模型法代入判别函数结果:

$$D_{No1} = 0.219 \times 28.91 - 0.283 \times 30.50 + 0.070 \times 48.28 + 0.000 \times 62.40 + 0.076 \times 70.31 - 6.176$$

$$= 0.233(\text{临界值} = 0.287) \text{ 小于临界值判定为雌性。}$$

$$D_{No1} = 0.316 \times 22.50 - 0.139 \times 26.52 - 0.131 \times 31.35 - 0.157 \times 47.40 + 0.092 \times 71.28 + 1.438$$

$$= -0.088(\text{临界值} = 0.424) \text{ 小于临界值判定为雌性}$$

$$D_{No2} = 0.219 \times 37.20 - 0.283 \times 42.134 + 0.070 \times 47.78 + 0.000 \times 74.56 + 0.076 \times 69.87 - 6.176$$

$$= -1.309(\text{临界值} = 0.270) \text{ 小于临界值判定为雌性。}$$

$$D_{No2} = 0.316 \times 29.59 - 0.139 \times 30.14 - 0.131 \times 39.64 - 0.157 \times 63.96 + 0.092 \times 76.76 + 1.438$$

$$= -1.529(\text{临界值} = 0.396) \text{ 小于临界值判定为雌性。}$$

判别结果与实际性别相符。使用逐步判别法代入方法同上,不再赘述。

SPSS 回代检验结果表明,上、下颌颊齿都具有较高的性别判别率(>85.00%),下颌略高



于上颌。这也许是较上颌更易活动的下颌具有更好的发育机会,或许是下颌受周围结构的限制较小所致^[3],可能与遗传有关,当然也与采用的判别方法和变量的选择有关。在猕猴有关牙齿的性别判别中,犬齿的性差最显著,但其有后天形成的差别,如易磨损、形状不规则、易缺失、个体之间悬殊较大等,所以难以测量和作为性差鉴别的标准。而门齿数量太少,缺失较多,变形较大,一般不作为性别判别的依据。而颊齿稳定性较强,特别是成年猕猴的颊齿,缺失少,易测量,应用的价值较高。

需要指出,本研究结果与以往一些报道有一定差异。如迪尔巴赫对 *Pan troglodytes verus* 的 277 例头骨进行了测量研究^[5],结果是除了犬齿外,犬齿后齿列性别二态不明显,变异范围重叠,认为不能由此鉴定性别;卢卡斯研究了灵长类牙齿尺寸的性别二态^[6],认为卷尾猴和狭鼻猴头骨的性别一般来说可用犬齿来决定^[7]。产生这种结果差异的原因,作者分析可能有以下几点:(1)测量对象不同,不同灵长类种属之间由于遗传和进化程度会有一定的种间差异;(2)测量的方法不同,包括测量定点、测量工具和测量方法等;(3)怎样确定灵长类性差或性别二态,不同的人有明显不同的认识,有人认为用形态观察比较直观,一目了然,是可靠的依据;而有人认为形态观察主观性很强,结果不可靠,主张用统计数据作为依据。所以说研究性差的方法本身就具有十分重要的意义,本研究的主要目的之一就是通过多变量判别分析,找出一种性差模式和有效的确定性差的方法。有相当一部分专家学者认为采用多变量分析是一种必须的性差比较方法(Oxnard, 1973, 1984, Zuckerman *et al.*, 1973; Manaster, 1979);(4)采用统计分析的方法不同也会得到不同的结果,如建立不同的判别函数(全模型法、逐步判别法等),选择不同的牙齿变量(齿冠面积、颊齿近中-远中 长和颊-舌径、选择犬齿或门齿等)和性别正确判别率的检验方法(回代检验法、交互验证法等)等。上述意见仅供其他作者参考。

在性别判别方法的选择上,一般情况下,运用全模型法能得到较高的正确性别判别率。但也不尽如此,本研究表明,无论上颌颊齿还是下颌颊齿变量,逐步判别法的判别率都高于或等于全模型法。分析原因可能是有些变量(如 P_4) 在性别判别函数中起干扰作用,它的进入会增加错判的例数。有些变量(如 M^2) 在判别函数中几乎不起作用。运用逐步判别法,可以尽量减少误差,提高性别判别函数的使用价值。研究结果表明,运用逐步判别法不仅减少了变量数目,排除了无效项、干扰项,而且明显提高了性别正确判别率。因此,对猕猴颊齿性差的研究,逐步判别法实用价值较大。

综上所述,太行山猕猴颊齿变量有较明显的性别差异;使用不同的判别方法或判别函数其性别的正确判别率不同;上颌颊齿和下颌颊齿的性差程度略有不同。由于篇幅所限,本研究仅限于猕猴颊齿的齿冠面积的多变量性差判别分析,其它形态差异和性差大小有待于进一步研究。

参考文献:

- [1] Hylander W. Incisor size and diet in anthropoids with special reference to Cercopithecidae[J]. *Science*, 1975, 189:1095—1098.
- [2] Gingerich PD. Correlation of tooth size and body size in living hominoid primates, with a note on relative brain size in *Aegyptopithecus* and *Proconsul*[J]. *Amer J Phys Anthropol*, 1977, 47:395—398.
- [3] Gingerich PD, Smith BH. Allometry scaling the dentition of primates and insectivores[A]. In: Jungers WL ed. *Size and Scaling in Primate Biology*. New York: Plenum Press, 1985, 257—272.

- [4] Buettner-Janusch J. *et al.* The use of the incisors by primate grooming[J]. *Amer J Phys Anthropol*, 1962, 20(2) :127—129.
- [5] Dierbach A. Intraspecific variability and sexual dimorphism in the skull of *Pan troglodytes verus* [J]. *Human Evolution*, 1986, 1: 41—50.
- [6] Lucas PH. Corlett and Luke DA. Sexual dimorphism of tooth size in anthropoids[J]. *Human Evolution*, 1986, 1: 23—29.
- [7] 吴汝康. 灵长类的性别二态问题[J]. *人类学学报*, 1987, 6(3) :255—261.
- [8] 吴汝康, 王令红. 禄丰古猿的两性差别[J]. *人类学学报*, 1987, 6(3) :169—174.
- [9] 张耀平, 李志祥, 彭燕章, 等. 金丝猴的牙齿[J]. *动物学报*, 1983, 29(2) :239—248.
- [10] 宋朝枢, 瞿文元. 太行山猕猴自然保护区科学考察[M]. 北京: 中国林业出版社, 1996, 16—113.
- [11] 赵晓进, 翟心慧, 宛霞, 等. 太行山猕猴下颌骨变量相关性研究[J]. *人类学学报*, 1999, 18(1) :60—64.
- [12] 赵晓进. 太行山猕猴髁骨变量研究初报[J]. *人类学学报*, 2003, 22(1) :69—74.
- [13] 赵晓进, 仇怀林, 吕锡太, 等. 太行山猕猴某些形态指标的调查研究[J]. *河南师范大学学报*, 1989, 2:120—125.
- [14] 潘汝亮, 彭燕章, 叶智彰. 金丝猴牙齿与体重的相关性研究[J]. *动物学研究*, 1990, 11(1) :73—81.
- [15] 吕九全, 路纪琪, 李景原, 等. 太行山猕猴的食性[J]. *生态学杂志*, 2002, 21(2) :29—31.
- [16] 吴汝康, 王令红. 禄丰古猿的两性差别[J]. *人类学学报*, 1987, 6(3) :169—174.

Preliminary Study on Sexual Dimorphism of the Cheek Teeth Size in *Macaca mulatta*

ZHAO Xiao-jin^{1,2}, HU Chun-hong², WANG Bin²,
LIU Xiao-rui², QIN Yuan-chun², ZHANG Lin¹

(1. *Faculty of Earth and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083;*

2. College of Life Science, Henan Normal University, Xinxiang 453007)

Abstract: In this paper 28 (male 10 and female 18) cheek teeth samples of the adult rhesus macaques (*Macaca mulatta*) in the Taihang Mountains were collected and 5 molar area variables (crown length multiplied by width) of permanent cheek teeth were measured by the method suggested by anthropometry. Sexual discriminant functions were constructed by mean of Fisher's method employing SPSS 10.0 for windows. The statistical test showed that the correct sex discriminant rates of maxillary and mandible cheek teeth reached 89.3% and 92.3% respectively. The results of stepwise discriminant analysis confirmed the functions were suitable for sexual discrimination of the molar, and it suggested their high applicative values in practice.

Key words: *Macaca mulatta*; Cheek teeth; Sexual dimorphism; Discriminant analysis