

太行山猕猴掌骨和 骨长度的性别判别

赵晓进, 赵俊杰, 王 耿, 马 静, 刘 宇

(河南师范大学生命科学院, 新乡 453007)

摘要: 研究太行山猕猴掌骨和 骨长度的性别差异。对 24 例掌骨和 26 例 骨的长度变量进行测量, 用 SPSS13.0 统计软件进行单因素方差分析和多变量判别分析。结果表明: 掌骨和 骨的长度变量在性别之间有极显著性差异 ($P < 0.00$)。各掌骨和各 骨的长度顺序在侧别之间和性别之间有一定差异, 但是尚未达到统计学意义 ($P > 0.05$)。用全模型法和逐步判别法根据长度变量分别建立性别判别函数, 其性别正确判别率掌骨分别为 91.7% 和 93.8%, 而 骨的性别判别率为 84.6%。表明猕猴掌骨和 骨长度性别之间存在明显性差。使用掌骨和 骨长度变量进行性别鉴定有一定理论价值和应用价值。

关键词: 猕猴; 掌骨和 骨; 长度; 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(2009)01-0088-07

1 引言

有关群体手指指长比与个体不同特性、形态发育和生理功能异常等方面的相关性研究国外报道较多^[1-4]。McFadden 等^[2]通过对人体手指和脚趾的研究发现女性第 2 指和第 4 指的比接近于 1, 而男性的比值小于 1, 即男性的食指相对的短。McFadden 等 2002 年又报道狒狒掌骨和 骨的相对长度存在明显的性别差异^[3]。2005 年又发现大猩猩和黑猩猩的掌骨和 骨也存在明显的性别差异^[4]。尽管在人类和非人灵长类发现掌骨和 骨长度存在性差, 目前还没有明确有什么功能上的意义, 但是这种性差特征仍然被得到广泛的关注, 是十分敏感的话题, 有关专家推测这一细微的差异很可能与人们每天的日常生活中手的灵活运用有关^[5]。

太行山猕猴目前是我国黄河以北分布最集中、数量最大的猕猴自然分布种群^[6], 在形态、生理、生态行为、遗传和食性等方面均有其特殊性^[7]。本研究的目的是扩展掌骨和 骨长度性差研究到太行山猕猴。进一步探讨猕猴掌骨和 骨长度性差特征, 为运用掌骨和 骨长度变量进行性别鉴定提供理论依据, 为灵长类的生物学研究积累资料。

2 材料方法

成年太行山猕猴掌骨 24 例(雄性 7 例, 雌性 17 例), 骨 26 例(雄 10 例, 雌 16 例)。根

收稿日期: 2008-03-05; 定稿日期: 2008-07-02

基金项目: 河南省动物重点学科基金项目(豫教财 2001.160 号)

作者简介: 赵晓进(1957), 男, 山东聊城人, 河南师范大学生命科学院, 教授。主要从事灵长类生物学研究。

E-mail: xj_6119@163.com

据上颌和下颌第 3 臼齿出齐与骨缝线完全愈合表明标本为成年, 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。

分别测量左右侧掌骨和 骨标本的最大长度。测量定点参见赵晓进等^[7]。

字母标识: 第 1 掌骨标记为 1Mc, 第 2 掌骨标记为 2Mc, 其它类推。第 1 骨标记为 1Mt, 第 2 骨标记为 2Mt, 其它类推。

数据分析采用 SPSS13.0 统计软件, 计算掌骨和 骨长度变量的平均值和标准差。性别判别运用多变量建立性别判别函数, 判别分析采用全模型法和逐步判别法。

3 结果

太行山猕猴掌骨和 骨标本长度变量量度见表 1。

结果表明: (1) 雄性标本长度变量的量度值明显大于雌性标本, 单因素方差分析表明所有长度变量雌雄之间的差异在统计学上均达到 $P < 0.00$ 水平; (2) 雄性标本的数量少于雌性标本的数量, 雄性标本的长度变量标准差大于雌性, 说明长度变量在雄性标本个体之间变异程度较大; (3) 分别计算了 5 根掌骨和 5 根 骨单一长度变量的性别判别率。性别正确判别率比较高, 特别是 5 根掌骨, 平均达到 88.76%, 而 4Mc 和 5Mc 超过 90.00%。

表 1 猕猴掌骨和 骨标本长度量度 (mm)

Average lengths and variability for the metapodials of *Macaca mulatta* (mm)

Variables	Male		Female		Male+ Female		F*	P**	Discri. Rate***
	Mean ±SD	N	Mean ±SD	N	Mean ±SD	N			
Metacarpal									
1Mc	23.22 ± 1.13	14	21.46 ± 0.98	34	21.98 ± 1.30	48	29.06	0.00	79.2
2Mc	40.03 ± 1.58	14	36.67 ± 1.11	34	37.65 ± 1.98	48	69.90	0.00	89.6
3Mc	38.66 ± 1.48	14	35.38 ± 1.29	34	36.34 ± 2.01	48	58.81	0.00	85.4
4Mc	39.22 ± 1.78	14	35.01 ± 1.33	34	36.24 ± 2.42	48	81.51	0.00	95.8
5Mc	36.89 ± 1.69	14	32.92 ± 1.10	34	34.08 ± 2.23	48	92.95	0.00	93.8
Metatarsal									
1Mt	34.72 ± 2.01	20	32.82 ± 1.31	32	33.55 ± 1.85	52	17.07	0.00	76.9
2Mt	48.59 ± 2.26	20	45.39 ± 1.69	32	46.62 ± 2.47	52	33.88	0.00	84.6
3Mt	50.88 ± 2.42	20	47.53 ± 1.70	32	48.82 ± 2.58	52	34.48	0.00	78.8
4Mt	50.50 ± 2.50	20	47.53 ± 1.67	32	48.68 ± 2.48	52	26.51	0.00	76.9
5Mt	48.43 ± 2.54	20	45.48 ± 1.84	32	46.61 ± 2.56	52	23.56	0.00	71.2

注: * 单因素方差分析的 F, ** 雌雄之间比较的检验概率 ($P < 0.00$), *** 单一长度变量性别正确判别率。统计时左右侧标本合并统计。

运用 5 根掌骨和 5 根 骨长度变量建立多变量性别判别函数(表 2)。运用全模型法和逐步判别法, 掌骨和 骨各得到 2 个判别函数式 F1 和 F2, 判别函数将每个标本的 5 个长度变量代入可以得到一个函数得分值, 根据两类的临界值, 可以判断该标本的雌雄归属。

采用全模型法和逐步判别法掌骨的性别正确判别率分别是 91.7% 和 93.8%; 骨的性别正确判别率都是 84.6%。

结果表明: 1) 掌骨的性别正确判别率较 骨高, 采用逐步判别法在 5 个变量中挑出一个变量(5Mc); 2) 骨采用逐步判别法在 5 个变量中也挑出一个变量(2Mt); 3) 无论哪种方法,

性别判别率接近。通过回代检验和交互验证的方法检验判别函数, 结果表明该函数具有一定的稳定性。

表 2 猕猴掌骨和 骨长度变量性别判别函数、临界值和判别率

Discriminant rates, functions and critical values about lengths in *Macaca mulatta* metacarpals and metatarsals

Metapodial	Method	Functions	Critical values	Discriminates (%)
Metacarpal	F1*	$D_1 = 0.053 \times 1Mc + 0.058 \times 2Mc + 0.121 \times 3Mc + 0.187 \times 4Mc - 0.420 \times 5Mc - 28.827$	0.645	91.7
	F2**	$D_2 = 0.772 \times 5Mc - 26.313$	0.638	93.8
Metatarsal	F1*	$D_1 = 0.020 \times 1Mt + 0.499 \times 2Mt + 1.093 \times 3Mt - 1.204 \times 4Mt + 0.069 \times 5Mt - 21.884$	0.240	84.6
	F2**	$D_2 = 0.550 \times 2Mt - 25.672$	0.218	84.6

* F1: Enter independent together. ** F2: Stepwise Method.

利用箱线图可以从视觉上直接观察各个变量的分布及各掌骨和 骨长度顺序排列(图 1)。图 1 上部是掌骨, 左侧为雄性, 右侧是雌性; 下部是 骨。因为第 1 掌骨和第 1 骨的长度最短, 很容易与其它 4 根区分, 所以在作图时将其舍去。箱线图表示出每组变量的中位数、第 25 百分位数和第 75 百分位数等统计量。中间的是箱本体, 表示每组变量的 50% 的观测值落在这一区域。超过箱本体的值有奇异值和极值, 奇异值用空心圆表示。极值用星号表示。

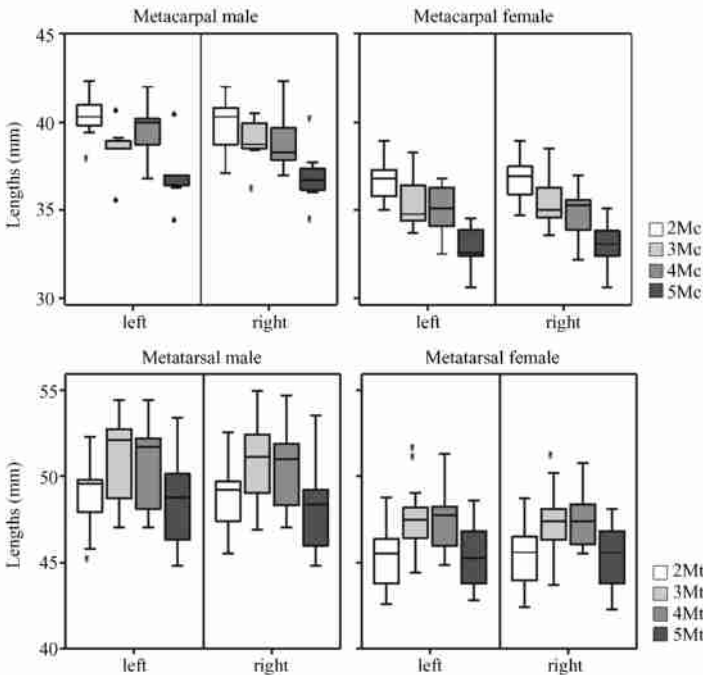


图 1 太行山猕猴掌骨和 骨的不同侧别和不同性别之间的箱线图
Comparison of boxplots of metapodial lengths between the male and the female and between the left and the right

根据判别函数的得分值为坐标, 得出雌雄掌骨标本的散点图见图 2 左 ($N = 24$), X 轴为判别函数 F1 的得分值, Y 轴为判别函数 F2 的得分值。临界值分别为 0.645 和 0.638。大于该值判为雄性, 小于该值判为雌性。雌雄 骨标本的散点图见图 2 右 ($N = 26$)。临界值分别为 0.240 和 0.218。判别方法同掌骨。

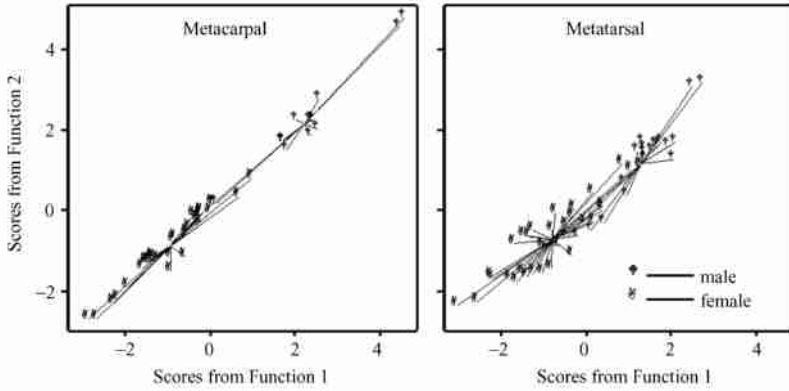


图 2 判别函数得分值在掌()骨标本中两性别分布(左:掌骨,右: 骨)
Distribution of the scores from the discriminant function 1 and function 2 in *Macaca mulatta* males and females for the metapodials. (left: metacarpals, right: metatarsals)

4 讨论

灵长类掌骨和 骨的种间相似性和差异性长期以来成为体质人类学家感兴趣的话题, 种间比较能够为行为、运动、力学、手的灵活性等方面的种间差异提供有效的信息^[8]。McFadden 和 Bracht 等报道了狒狒、大猩猩和黑猩猩的各个长度变量中存在明显的性差^[9]。同样 Tague 也报道了 17 种灵长类中有 3 种在某些掌骨的长度比率上表现出明显的性差^[10]。在 McFadden 之后, Roney 等发现在狒狒的指骨长度变量上出现性差^[11]。Brown 等^[12] 和 Mianing 等^[13] 报道小鼠后趾的某些长度比率上出现明显的性差。Burly 等^[14] 发现斑马第 2 和第 4 脚趾长度的比率有明显性别差异, 雌性明显小于雄性, 性差大小和方向竟然与人类脚趾相同^[12]。从目前整体研究结果来看, 在脊椎动物、哺乳动物以及灵长类、人类, 各个掌骨或 骨包括它们连接的所有的各段指骨或趾骨的长度是明显存在着性差, 只是大小、方向和位置不同而已。有专家指出, 指长比的研究可以提供令人惊奇的生长发育信息^[4]。

本研究发现在太行山猕猴的掌骨和 骨的各个长度变量中存在明显的性差, 这种性差的大小似乎比人们的想象或预测的要大(表 1)。目前, 人们对灵长类掌骨和 骨的长度变量中存在性差的机制不是十分清楚, 还需要一定的时间去认识。但是根据已经研究的结果和存在的事实可以进行一些合理的推测。首先是出生前性激素的释放已经涉及到与掌骨和 骨的性差有关, 涉及到人的身体、大脑、行为等方面。还有一些证据表明在儿童刚出生 2 岁在某些指骨比率上就出现性差, 也许最令人信服的证据就是在人类性激素的释放会影响到手骨长度的变化。实验结果来自两项对人类疾病 CAH (congenital adrenal hyperperlasia) 的研究^[15]。这种疾病的主要特征是出生前的发育期肾上腺产生异常高的雄激素水平, 而这种

疾病状态会明显影响出生后儿童的一些行为及指骨长度比率的变化。这样的报告也出现在灵长类身上^[2-4]。另外有些证据表明这种掌骨和 骨长度的性差与灵长类的运动、食性以及一些重要的习性有关^[16]。按照现在的活动方式, 尽管是系统的长期演化和动物生物进化的结果, 但是这种明显的性差或多或少与动物的行为和习性有关。现在的问题是很难想象猕猴掌骨和 骨的长度性差对于手脚的灵活运用、生物力学以及完成精细的抓握、攀缘等活动到底有多大的影响? 而且这种掌骨和 骨的长度性差还存在其它动物身上。例如, 斑马、小鼠的趾骨长度。一个比较含糊的解释是这种性差最初出现在脊椎动物, 是一种适应或过渡, 这种适应一直持续到鸟类、哺乳类和灵长类。另外一种可能就是这种性差在鸟类、哺乳类和灵长类进化时出现分化, 所以在不同的动物身上这种性差的大小、位置、程度和方向表现不同。另外一项研究结果表明^[4], 在大猩猩的掌骨和 骨的长度变量出现性差不能简单的推测与身体性差大小有关, 就是说现在的研究结果提示掌骨和 骨长度性差与身体(体重)性差大小无关或相关性很弱。提示这种性差很可能在生命的早期就已经存在, 随着身体的发育这种性差继续存在。

本研究结果显示, 在雄性各掌骨长度顺序中在侧别之间出现差异(图 1), 从长到短的顺序, 左侧是 $2Mc > 4Mc > 3Mc > 5Mc > 1Mc$, 右侧是 $2Mc > 3Mc > 4Mc > 5Mc > 1Mc$ 。差异表现在 $3Mc$ 和 $4Mc$ 上。同样在各掌骨长度顺序中在性别之间出现差异。右侧雄性是 $2Mc > 3Mc > 4Mc > 5Mc > 1Mc$, 右侧雌性是 $2Mc > 4Mc > 3Mc > 5Mc > 1Mc$ 。差异同样表现在 $3Mc$ 和 $4Mc$ 上。尽管 Brown^[16] 和 Okten 等^[17] 报道了在人类的指骨和趾骨长度在侧别和性别之间都出现了统计学上的差异($P < 0.05$)。但是这里的根据观察的结果就下结论还为时过早。其主要原因是(1) 本研究的标本偏少, 特别是雄性标本只有 7 例, 而且长度变量分布不是明显的正态分布(图 1)。所以抽样误差或个体差异不能完全排除。(2) 以前的研究表明, 运用单因素方差分析, 掌骨 $3Mc$ 和 $4Mc$ 长度变量之间的差异未达到统计学上意义($P > 0.05$)。因此, 有关太行山猕猴的掌骨和 骨长度顺序的侧别和性别差异还有待于进一步研究。

使用掌骨和 骨长度变量进行性别判别目前在国内外尚未见报道。本研究选择掌骨和 骨长度 5 个变量, 运用 SPSS 的全模型法和逐步判别法, 建立性别的判别函数, 根据判别函数得分值, 可以判断该标本的雌雄归属。判别率较高, 特别是掌骨长度变量, 性别正确判别率分别为 91.7% 和 93.8%。具有明显的理论意义和实用价值。

为什么掌骨长度的性别判别率大于 骨? 作者认为可能与猕猴的生活习性、使用频率、活动范围以及灵活程度有关。也有可能和样本的大小有关。为什么单一变量的性别判别率较高? 有时甚至超过多变量判别分析的判别率。尽管采取不同的判别方法或使用重叠率等方法去检验, 但是这一问题目前还没有得到合理的解释。需要进一步比较或补充标本数量来解决。

致谢: 感谢河南师范大学生命科学学院张红绪教授提供部分猕猴骨骼标本。感谢河南师范大学薛德明、吕九全高级实验师提供部分猕猴掌骨和 骨标本和珍贵资料。本研究得到河南省动物重点学科基金项目资助。得到中国地质大学(北京)2007 年度优秀博士论文扶持奖励基金的资助, 特此致谢。

参考文献:

- [1] McFadden D. Masculinization effects in the auditory system [J]. Arch Sex Behav, 2002, 31: 93-105.
- [2] McFadden D, Bracht MS. Sex differences in length ratios from the extremities of humans, gorillas, and chimpanzees [J]. Horm Behav, 2002, 42(2): 41.
- [3] McFadden D, Shubel E. Lack of correlation between otoacoustic emissions and relative lengths of fingers in humans (the 2D:4D ratio) [J]. Horm Behav, 2002, 41: 480.
- [4] 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.
- [5] 陆宏, 霍正浩. 人类指长比的研究进展[J]. 生命科学, 2006, 18(5): 487-790.
- [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] 赵晓进, 张岩, 安娜, 等. 太行山猕猴掌骨和 骨形态学[J]. 解剖学杂志, 2008, 31(3): 412-415.
- [8] Susman RL. Comparative and functional morphology of hominoid fingers[J]. Am J Phys Anthropol, 1979, 50: 215-236.
- [9] McFadden D, Bracht MS. The relative lengths and weights of metacarpals and metatarsals in baboons (*Papio hamadryas*) [J]. Horm Behav, 2003, 43(2): 347-355.
- [10] Tague RG. Variability of metapodials in primates with rudimentary digits: *Ateles geoffroyi*, *Colobus guereza*, and *Perodicticus potto*[J]. Am J Physical Anthropol, 2002, 117: 195-206.
- [11] Roney JR, Whitham JC, Leoni M, *et al.* Relative digit lengths and testosterone levels in Guinea baboons[J]. Horm Behav, 2004, 45: 285-290.
- [12] Brown WM, Finn CJ, Breedlove SM. Sexual dimorphism in digit-length ratios of laboratory mice[J]. Anat Rec, 2002a, 267: 231-234.
- [13] Manning JT. Digit Ratio: a Pointer to Fertility[M]. Piscataway N J, ed. Behavior, and Health. Rutgers University Press, 2002, 1-20.
- [14] Burley NT, Foster VS. Digit ratio varies with sex, egg order and strength of mate preference in zebra finches [J]. Proc R Soc. 2004, 271: 239-244.
- [15] Manning JT, Stewart PE, Bundred RL, *et al.* Sex and ethnic differences in 2nd to 4th digit ratio of children[J]. Early Hum Dev, 2004, 80: 161-168.
- [16] Brown WM, Hines M, Fane B, *et al.* Masculinizes finger length patterns in human males and females with congenital adrenal hyperplasia[J]. Horm Behav, 2002b, 42: 380-386.
- [17] Okten A, Kalyoncu M, Yaris N, *et al.* The ratio of second and fourth digit lengths and congenital adrenal hyperplasia due to 21-hydroxylase deficiency[J]. Early Hum Dev, 2002, 70: 47-54.

Sex Assessment in the Lengths of Metacarpals and Metatarsals of *Macaca mulatta* Living in the Taihang Mountains

ZHAO Xia-jin, ZHAO Jun-jie, WANG Geng, MA Jing, LIU Yu

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

Abstract: This paper analyzes sexual differences in metacarpal ($N = 24$) and metatarsal ($N = 26$) length in adult *Macaca mulatta*, using one-way ANOVA and multi-variable discriminant function analysis (SPSS 13.0 for Windows). The results indicate that all of the metacarpal and metatarsal lengths show a significant difference between the sexes ($P < 0.00$). The order of average metacarpal length is different between the two sides of the body with the different sexes, but that difference is not significant ($P > 0.05$). Using SPSS, the established discriminant functions based on the lengths of metacarpals and metatarsals uses two methods: enter independents together and stepwise. To distinguish between the sexes using the metacarpals gives accuracies of 91.7% (enter independents together) and 93.8% (stepwise method). If both methods are applied the accuracy for metatarsals is 84.6%. This paper has demonstrated that the sex of *Macaca mulatta* can be identified by assessing discriminant functions based on metacarpal and metatarsal lengths.

Key words: *Macaca mulatta*; Metacarpals and metatarsals; Length; Sex differences; Discriminant analysis