

# 太行山猕猴下颌骨变量的波动不对称

胡海洋<sup>a</sup>, 王艳梅<sup>a</sup>, 田华香<sup>b</sup>, 翟鹏飞<sup>c</sup>, 张红绪<sup>a</sup>, 赵晓进<sup>b</sup>

(河南师范大学 a. 生命科学学院; b. 水产学院; c. 体育学院, 河南 新乡 453007)

**摘要:**探讨太行山猕猴下颌骨波动不对称特征及影响因素. 太行山猕猴下颌骨标本 60 例(♀42, ♂18), 按性别和年龄分组. 选择下颌骨两侧对称的 11 个变量, 转换为波动不对称值. 结果显示下颌骨的波动不对称在性别组间和年龄组间没有明显的统计学差异( $P>0.05$ ); 不同变量的波动不对称值不同; 波动不对称的变化趋势是雌性大于雄性, 亚成体组大于成年组. 结果表明太行山猕猴下颌骨波动不对称特征与他们的肢骨不对称特征不同, 在某种程度上反映了太行山猕猴早期生长发育和环境因素对下颌骨结构不对称的综合影响.

**关键词:**猕猴; 下颌骨; 波动不对称; 性别; 年龄

**中图分类号:**Q954.61

**文献标志码:**A

波动不对称(FA)是指具有对称性结构的生命体在发育过程中出现了细微的随机偏离, 导致对称结构出现了某种程度的不对称现象<sup>[1]</sup>. FA 的水平可用来指示某一种群对环境压力的进化和适应能力<sup>[2]</sup>. FA 可作为个体发育稳定性的一个标记. 目前认为 FA 的遗传力较小, 主要是生物机体在发育过程中受到环境压力、发育稳态性等共同作用的结果<sup>[1]</sup>. 很明显如果某些生物个体的结构表现出良好的对称性, 说明这些个体能够对不断变化的内外环境做出精细的调节, 具有较强的适应能力<sup>[3]</sup>. Hallgrímsson<sup>[4]</sup>观察测量 138 例食蟹猴 6 个颅骨对称变量的 FA, 结果表明颅骨变量的 FA 与年龄有关. 王凤产等<sup>[5]</sup>报道了太行山猕猴掌跖骨的 FA, 指出猕猴掌跖骨上不同变量的 FA 明显不同, 掌跖骨 FA 值存在一定程度的性差. 本研究对太行山猕猴下颌骨 FA 进行观察研究, 探讨太行山猕猴下颌骨波动不对称特征、影响因素及下颌骨变量 FA 模式和变化趋势, 为非人灵长类之间的比对提供数据, 为太行山猕猴骨骼不对称研究提供基本资料, 非人灵长类是人类的近亲, 本研究为人类骨骼不对称的研究提供了比对资料.

## 1 材料和方法

太行山猕猴下颌骨标本全部来自河南省太行山猕猴自然保护区, 标本采集时间是 1989 年至 2014 年, 标本现保存于河南师范大学生物标本馆. 太行山猕猴下颌骨标本要求干燥完整, 将明显出现缺损、变异或增生的标本剔除(共剔除 4 例标本), 以避免对下颌骨波动不对称的研究造成影响. 根据原始记录和牙齿萌发情况, 标本按性别和年龄分组<sup>[6]</sup>. 符合测量标准的下颌骨标本共 60 例, 按性别分组: 雌性 42 例, 雄性 18 例; 按年龄分组: 亚成体 17 例(齿式为 2121/2121 或 2122/2122), 成年 43 例(齿式为 2123/2123).

根据资料选择下颌骨两侧对称的测量位点<sup>[6]</sup>. 使用电子数显游标卡尺对 11 个变量进行测量, 精度控制: 0.01 mm. 为了消除下颌骨变量绝对值大小可能对 FA 产生的影响, FA 需要做标准化转换, 计算公式如下:

$$FA = |R - L| \times 100 / [(R + L) / 2]$$

$L$  = 下颌骨左侧某一变量,  $R$  = 下颌骨右侧相对应的变量,  $FA$  = 波动不对称值.

数据采用 SPSS 20.0 统计处理. 采用 Lilliefors 和 Shapiro-Wilk 两种方法对下颌骨变量的 FA 值进行正态分布检验. 组间差异用非参数独立样本 Mann-Whitney 检验. 变量的字母标记和测量位点见图 1.

收稿日期:2015-03-15; 修回日期:2015-08-01.

基金项目:河南省基础与前沿技术研究计划项目(132300410136)

第 1 作者简介:胡海洋(1990-),男,河南新乡人,河南师范大学在读硕士研究生,主要从事动物学方面的研究.

通信作者:赵晓进,河南师范大学教授, E-mail: zxj\_6119@163.com.

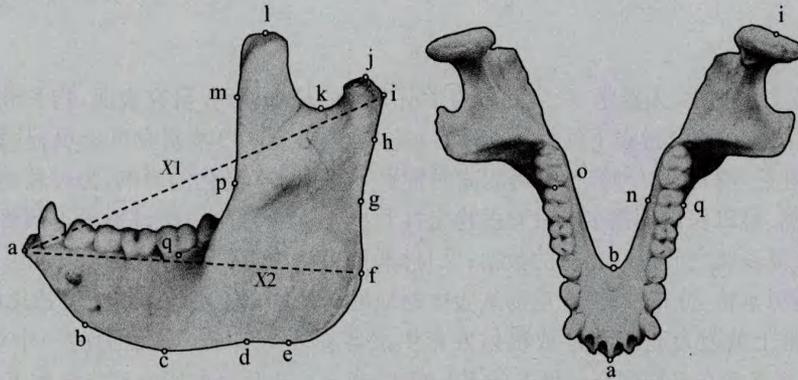


图1 变量标识: X1 (a-i): 下齿槽点至下颌髁突后缘长(图中虚线所示); X2 (a-f): 下齿槽点至下颌支后缘最大长(图中虚线所示); X3 (b-i): 颏下点至下颌髁突后缘长; X4 (e-q): 下颌体最低点至第二臼齿颊部中点; X5 (d-l): 下颌角前切迹至喙突尖点; X6 (e-k): 下颌角点至下颌切迹; X7 (e-j): 下颌角点至髁突最高点; X8 (g-p): 下颌支最小宽; X9 (h-m): 下颌支最大宽; X10 (n-q): 下颌体第二臼齿处厚; X11 (a-o): 下齿槽点至第二臼齿后缘中点。

图1 下颌骨变量测量位点变量

## 2 结果

### 2.1 正态分布检验

采用两种方法对 FA 值进行正态分布检验. 结果表明:除了少数变量(X9 和 X10)在 K-S 检验中的  $P \geq 0.200$  外,其他都是  $P < 0.05$  或接近 0.05. 说明 FA 值基本上是非正态分布的,故本文采用非参数统计方法进行组间检验. K-S 和 S-W 方法之间有一定的差异,S-W 方法可能更为敏感,所有变量的正态分布进行测试结果显示  $P < 0.05$  或 0.01.

### 2.2 组间比较

性别组之间和年龄组之间下颌骨 FA 的描述性统计和非参数 Mann-Whitney 检验结果(表 2)显示:所有下颌骨 11 个变量 FA 在性别之间无显著性差异( $P > 0.05$ ),同样所有 11 个变量 FA 在年龄之间无显著性差异( $P > 0.05$ ). 结果提示下颌骨 11 个变量的 FA 在雌雄之间或亚成体和成年组之间没有显著统计学差异.

表 1 变量标记和正态分布检验

方法	统计量	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11
K-S	Statistic	0.116	0.112	0.135	0.130	0.118	0.140	0.158	0.165	0.097	0.100	0.126
	P	0.043	0.061	0.009	0.014	0.037	0.005	0.001	0.000	0.200*	0.200*	0.018
S-W	Statistic	0.899	0.947	0.909	0.934	0.943	0.869	0.861	0.878	0.924	0.945	0.909
	P	0.000	0.011	0.000	0.003	0.008	0.000	0.000	0.000	0.001	0.010	0.000

注: \* 表示样本数据呈正态分布. K-S:Kolmogorov-Smirnov 检验;S-W:Shapiro-Wilk 检验.

### 2.3 FA 变化趋势

通过对性别组和年龄组总体 FA 进行 M-W 检验,尽管两组之间的差异没有达到显著的统计学意义( $P > 0.05$ )(表 2),但是下颌骨变量 FA 还是显示出一定的变化趋势,总体上 FA 是雌性大于雄性,亚成体组大于成年组(图 2). 推测如果增大样本量,可能会有更明显的趋势或者达到统计学意义.

表 2 性别组和年龄组 FA 值描述性统计(中位数)和 Mann-Whitney 检验

		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11
性别	雄性	0.567	0.807	0.721	2.278	0.839	1.413	1.034	1.386	2.465	1.804	0.944
	雌性	0.853	0.769	0.597	2.301	1.308	1.253	1.227	1.201	1.615	2.467	0.893
	Z 值	-0.883	-0.734	-0.463	-0.402	-0.926	-0.140	-0.664	-0.804	-1.014	-1.328	-0.227
	P	0.377	0.463	0.643	0.688	0.354	0.889	0.507	0.421	0.311	0.184	0.820
年龄	亚成体	0.724	0.585	0.617	1.619	1.292	1.733	1.092	1.317	2.000	2.639	1.065
	成体	0.736	0.788	0.646	2.435	0.909	1.002	1.247	1.138	1.592	2.312	0.836
	Z 值	-0.008	-0.550	-0.402	-0.139	-1.435	-1.304	-1.353	-0.238	-0.517	-0.812	-1.206
	P	0.993	0.583	0.688	0.889	0.151	0.192	0.176	0.812	0.605	0.417	0.228

### 3 讨论

FA 研究已经成为生物学、人类学、医学和行为学所关注的热点问题. 研究表明, 指长波动不对称与男性不育等许多疾病有关<sup>[7-8]</sup>. 研究猕猴下颌骨波动性不对称意义在于: (1) 本研究可以填补国内有关猕猴下颌骨 FA 研究资料的匮乏; (2) 探讨年龄、性别等因素对猕猴下颌骨 FA 变化的影响, 为灵长类或人类进一步深入研究提供基本数据. 可以探讨猕猴生长发育的稳定性和抗干扰能力; (3) 探讨猕猴下颌骨变量 FA 模式和变化趋势, 提供非人灵长类之间进行比对的数据; (4) 猕猴是人类的近属动物, 在组织结构、生理生化等方面同人类相似. 猕猴资源丰富、分布广泛, 在动物试验中的地位是其他种类实验动物无法替代的. 动物的 FA 量度可以作为群体水平上的发育是否稳定或机体发育中抗各种环境因素干扰能力的一个重要指标<sup>[9]</sup>. Stub 等<sup>[10]</sup>研究了 3 个小鼠品系在不同饲养环境下的 FA 变化, 指出由于环境的影响可以导致 FA 降低. 动物的生活方式、自然环境、社会地位和化学污染等因素可以明显影响到动物对称结构的发育稳定性<sup>[11]</sup>.

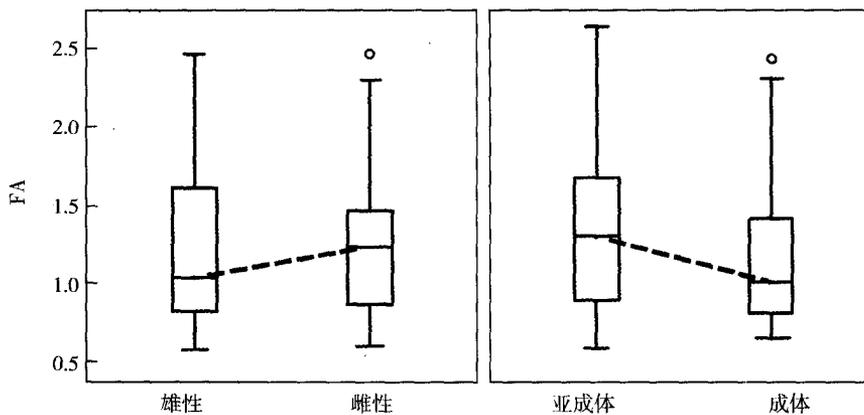


图2 不同年龄之间和不同性别之间FA比较

Manning 等<sup>[1]</sup>报道具有良好对称性的赛马可能会具有更强的奔跑能力. Hallgrímsson<sup>[4]</sup>研究了食蟹猴 (*Macaca Fascicularis*) 颅骨的 FA, 结果显示性别组之间没有差异, 雌雄两性的 FA 变化和发育的时间并不是完全均衡的, 这种差异主要是由于胚胎发育早期一些环境条件的变化引起的. 本文研究结果与其一致. 本文结果显示太行山猕猴性别组间整体上 FA 值不存在显著性差. Seth<sup>[12]</sup>对懒猴和蜂猴 (*Nycticebus Coucang*) 的锁骨和四肢长骨的 FA 进行了研究, 结果表明几乎所有的四肢长骨不对称均值都是雌性大于雄性, 但是他们并没有对这一结果进行解释. Helmkamp 等<sup>[13]</sup>对 137 例猕猴尺骨变量的 FA 进行研究, 结果表明雌性的尺骨变量不对称性明显大于雄性 ( $P = 0.045$ ), 雄性骨骼不对称变化随着年龄增长而减少. 推测雌雄猕猴骨骼不对称性的发育可能存在异速生长模式的差异. 人类颅骨变量的 FA 是否存在性差, 学术界颇有争议<sup>[14]</sup>. 本文结果显示太行山猕猴下颌骨的 FA 没有性差. 如果考虑到不对称的发育趋势, 相对而言是雌性大于雄性, 与本课题组最近报道猕猴颅骨一些变量的 FA 结果相似<sup>[15]</sup>.

年龄组之间 FA 的变化可能反映了整体上从亚成体到成体过渡阶段的特征. Ferguson 等<sup>[16]</sup>报道了一种杂合体的鳉鱼 (*Squaliobarbus Ourrliculus*) 身体发育不对称特征, 指出其 FA 特征与生长发育速率呈负相关. Hallgrímsson<sup>[3]</sup>对食蟹猴颅骨 FA 观察结果表明, 颅骨两侧对称结构会出现轻微的偏差, 主要是由于胚胎发育的环境不同和出生前后环境的机械刺激的不对称性所致. 对骨骼 FA 的影响大小取决于器官与环境之间的相互作用, 很明显生长速度越快可能导致 FA 值变化越大, 所以在个体发育过程中, FA 一般随着身体大小和相对生长速率而逐渐减弱. 但是, 有一些试验结果表明 FA 与发育时间呈正相关<sup>[17]</sup>. 有关年龄与 FA 的关系比较复杂, 需要进一步在不同种群中去观察和验证.

总之, 在讨论非人灵长类骨骼包括下颌骨不对称变化模式或规律时, 必须考虑到可能存在的各种因素, 例如: 遗传和非遗传性因素, 出生前和出生后的环境因素, 不同部位的骨骼和同一骨骼的不同变量, 以及人类和非人灵长类种属特异性等<sup>[4]</sup>.

## 参 考 文 献

- [1] Manning J T, Ockenden L. Fluctuating asymmetry in racehorses[J]. *Nature*, 1994, 370(6486): 185-186.
- [2] 杨旭, 刘云波, 孙淑华, 等. 实验动物产生波动性不对称的影响因素[J]. *中国比较医学杂志*, 2009, 19(1): 63-66.
- [3] Van Valen L. A study of fluctuating asymmetry[J]. *Evolution*, 1962, 16(2): 125-142.
- [4] Hallgrímsson B. Fluctuating asymmetry in *Macaca fascicularis*: A study of the etiology of developmental noise[J]. *International Journal of Primatology*, 1993, 14(3): 421-443.
- [5] 王凤产, 胡晓林, 赵晓进, 等. 太行山猕猴掌骨和趾骨的波动性不对称[J]. *江西师范大学学报(自然科学版)*, 2012, 36(5): 547-550.
- [6] Schultz A H. Cranial and dental variability in *Colobus* monkeys[J]. *Proceedings of the Zoological Society of London*, 1958, 130(1): 79-105.
- [7] 陆宏, 刘永杰, 霍正浩, 等. 指长波动性不对称与男性不育的相关性[J]. *人类学学报*, 2012, 31(1): 82-87.
- [8] 陆宏, 党洁, 霍正浩, 等. 生物体波动性不对称与人类疾病的研究进展[J]. *宁夏医科大学学报*, 2011, 33(9): 899-992.
- [9] Knierim U, Van Dongen S, Forkman B, et al. Fluctuating asymmetry as an animal welfare indicator-A review of methodology and validity[J]. *Physiology and Behavior*, 2007, 92(3): 398-421.
- [10] Stub C, Ritskes-Hoitinga M, Thon R, et al. Fluctuating asymmetry in mice and rats: evaluation of the method[J]. *Laboratory Animals*, 2002, 36(1): 193-199.
- [11] Klingenberg C P. Fluctuating asymmetry and animal welfare: How far are we and how far should we go[J]. *The Veterinary Journal*, 2003, 166(1): 5-6.
- [12] Seth P K. Asymmetries of the long bones of the limbs and of the clavicles in Indian *Lorises*[J]. *Primates*, 1969, 10(2): 163-170.
- [13] Helmkamp R C, Falk D. Age- and sex-associated variations in the directional asymmetry of rhesus macaque forelimb bones[J]. *American Journal of Physical Anthropology*, 1990, 83(2): 211-218.
- [14] 王兴. 中国人容貌美学的三维颅面结构基础研究[D]. 北京: 北京医科大学, 1988.
- [15] 田华香, 胡凤霞, 胡海洋, 等. 猕猴颅骨变量的波动不对称性[J]. *四川动物*, 2015, 34(4): 500-504.
- [16] Ferguson M M. Developmental stability of rainbow trout hybrids: Genomic coadaptation or heterozygosity[J]. *Evolution*, 1986, 40(2): 323-330.
- [17] Saunders S R, Mayhall J T. Fluctuating asymmetry of dental morphological traits: New interpretations[J]. *Human Biology*, 1982, 54(4): 789-799.

## Fluctuating Asymmetry of Mandibles Characters of *Macaca mulatta* in Taihang Mountains

HU Haiyang<sup>a</sup>, WANG Yanmei<sup>a</sup>, TIAN Huaxiang<sup>b</sup>, ZHAI Pengfei<sup>c</sup>, ZHANG Hongxu<sup>a</sup>, ZHAO Xiaojin<sup>b</sup>

( a. College of Life Science; b. College of Fisheries; c. College of P. E., Henan Normal University, Xixiang 453007, China)

**Abstract:** The fluctuating asymmetry (FA) of the mandible of *Macaca mulatta* and the factors which likely influenced FA variation were investigated in the present study. A total of 60 mandible specimens were divided into four groups according to gender and age (♀ 42, ♂ 18). Eleven variables on both sides of the mandible were selected, and were converted into FA values. Results show that, totally, there were no significant differences in the asymmetry in these dimensions by age or sex groups. The FA values tended to be higher in female than in male, and tended to be higher in the sub-adults than the adults but their differences were not statistically significant ( $P > 0.05$ ). Results from this study suggested that the FA patterns of mandible variables may be different from ones of their limb bones, and may reflect, to some degree, the plasticity in bilateral asymmetry with respect to genetic, environmental, and intrinsic developmental factors in *Macaca mulatta*.

**Keywords:** *Macaca mulatta*; mandible; fluctuating asymmetry; sex; age