

DOI: 10.16359/j.cnki.cn11-1963/q.2015.0041

太行山猕猴髌骨异速增长和性别判定研究

胡凤霞¹, 赵晓进¹, 赵哲¹, 毛晓静^{1,2}

1. 河南师范大学水产学院, 新乡 453007; 2. 中国地质大学地球科学与资源学院, 北京 100083

摘要: 目的是了解太行山猕猴髌骨性差特征及异速增长模式。太行山猕猴髌骨标本 66 例 (雄 21 例, 雌 45 例)。选择髌骨 4 个比值变量。数据分析采用 SPSS 20.0。组间均值比较采用单因素方差分析。性别判别分析采用逐步判别法。结果表明: 成年太行山猕猴大部分髌骨变量性差显著 ($P < 0.01$), 未成年组之间髌骨变量性差不显著 ($P > 0.05$)。根据髌骨变量的异速增长分析可以得到 3 种模式。回归模型检验有统计学意义 ($P < 0.01$)。用少量髌骨变量可以有效地识别性别, 性别正确判别率是 87.0%。结论: 髌骨变量的性差与异速增长模式主要与雌性髌骨变量青春期异速增长有关, 髌骨的形态特征是猕猴运动功能与生殖功能交互作用的结果。

关键词: 猕猴; 髌骨; 性差; 异速增长

中图法分类号: Q915.87; 文献标识码: A; 文章编号: 1000-3193(2015)03-0417-08

Discriminant Analysis and Allometric Growth Pattern of Hip Bones in Rhesus Monkey from the Taihang Mountains

HU Fengxia¹, ZHAO Xiaojin¹, ZHAO Zhe¹, MAO Xiaojing^{1,2}

1. College of Fisheries, Henan Normal University, Xinxiang 453007;

2. Faculty of Earth and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083

Abstract: This research explored the sexual differences and allometric growth pattern of hip bones in rhesus macaques. Hip bone specimens were obtained from 66 skeletons of *Macaca mulatta* (21 male and 45 female). Four innominate variables were selected, and SPSS (Version 20.0) was used for statistical analysis. The one-way analysis of variance was used to compare the mean of each variable between the sexes, and the stepwise function analysis was used to establish discriminant functions that can be used to estimate sex for the hip bones. Most of measurements of hip bones of mature rhesus monkey were shown to be sexually dimorphic ($P < 0.01$), while

收稿日期: 2014-01-22; 定稿日期: 2014-05-12

基金项目: 河南省基础与前沿技术研究计划项目 (132300410136) 资助

第 1 作者: 胡凤霞 (1989-), 女, 河南师范大学, 在读硕士, 主要从事灵长类生物学研究。E-mail: eternal2336@163.com

通讯作者: 赵晓进 (1957-), 男, 河南师范大学, 主要从事灵长类生物学研究。E-mail: zxj_6119@163.com

Citation: Hu FX, Zhao XJ, Zhao Z, et al. Discriminant Analysis and Allometric Growth Pattern of Hip Bones in Rhesus Monkey from the Taihang Mountains[J]. Acta Anthropologica Sinica, 2015, 34(3): 417-424

those of immature were not sexually dimorphic. Innominate bones of immature monkeys of both sexes resembled pelves of mature males. Three patterns of allometric growth in the innominate were tested in this study. Stepwise analysis showed that using the functions with only a single hip variable would effectively identify the sex of the adult monkey, with a correct classification rate of 87.0%. In the sample of *Macaca mulatta* pelves studied here, it is not possible to distinguish unfused male pelves from unfused female pelves. Sexual dimorphism in the pelvis of *Macaca mulatta* is related to the interaction between locomotory and obstetrical function, as the female pelvis acquires morphological features during postnatal development that differentiates them from mature male pelves and from immature pelves of both sexes.

Key words: *Macaca mulatta*; Hip bones; Sex differences; Allometry

灵长类的骨盆主要与生殖、支撑身体和运动功能有关^[1-2]。髋骨是构成骨盆的主要结构之一,包括髌骨、耻骨和坐骨。有关灵长类髋骨形态和性差研究已有许多资料报道^[3-4]。但是国内目前尚未见到有关猕猴髋骨异速增长和未成年猕猴髋骨性差特征报道。异速生长(allometry)是用来描述个体躯干各部分变量不成比例的相对生长关系的术语,是自然科学研究中常用的专业名词。目前,骨骼异速生长分析已经大量地用来探讨生物个体发育中的各种变化以及种间或种内的生长差异。通过对骨骼异速生长分析,有助于了解骨骼变量的生长发育规律以及个体由于对环境的适应而产生的形态学变化。猕猴髋骨的异速生长,尤其是雌性猕猴髋骨的异速生长导致了成年猕猴骨盆出现性差,这一差异的生理学意义主要在于:1)在保证不影响猕猴运动行为和能力的情况下,最大限度的确保雌性猕猴正常分娩;2)雌性猕猴髋骨的异速生长是分娩与四足行走的骨盆结构之间的一种进化上的权衡与妥协,这一点与人类直立行走的骨盆结构不完全相同,从而使分娩机制和分娩过程不同于人类。

有关灵长类骨盆性差的形成令人信服的证据是认为与雌性髋骨的异速增长有关。Mobb等^[3]认为髋骨的性差是由于青春期在某些因素的刺激下雌性耻骨选择性异速增长。后来Wood等^[5]研究发现,雌性选择性的异速增长不仅仅是局限于耻骨某些变量,还涉及到其他一些变量,所以提出“雌性选择性骨盆生长”理论。Macaluso^[6]最近对20世纪法国人髋骨标本进行性别鉴别。采用了多元判别分析和逻辑回归分析,使用髋臼变量(横径、周长和面积)得到的性别正确判别率在84.1%-89.6%。

Gingerich^[2]对松鼠猴骨盆性差的研究发现,松鼠猴骨盆性差是由于雌性个体在经过青春期发育后才获得的形态属性。Mobb等^[3]用髋骨一些变量进行回归分析,发现坐骨-耻骨指数是一个很好的性别判别指标。赵晓进等^[7-8]报道了太行山猕猴有关髋骨变量的性差。

太行山猕猴分布于中国的华北地区。目前为中国境内野生猕猴自然分布最北界种群之一,具有较为特殊的地理分布^[9]。以前的研究主要集中在成年骨骼标本和髋骨线性变量的多元判别分析。本研究的目的是观察未成年猕猴及成年猕猴髋骨指数的性差特征,探讨髋骨变量的异速增长模式,用髋骨指数变量建立性别判别函数。

1 材料与方法

1.1 材料

材料来自河南省北部太行山猕猴自然保护区。猕猴髌骨标本现保存在河南师范大学生物标本馆。髌骨标本 66 例，根据资料^[2]和髌骨标本愈合情况将标本分为 4 组：成年雄性 17 例，成年雌性 37 例。未成年雄性 4 例，未成年雌性 8 例。将未完全愈合的髌骨描述为未成年组，主要是依据齿式的萌出情况（齿式：2121/2121-2122/2122 中期），推测出未成年组的个体发育时期是幼年期和少年期^[10]。完全愈合的髌骨描述为成年组（齿式：2122/2122 后期-2123/2123）。标本要求干燥、完整。标本的性别和年龄根据原始记录确定。

1.2 变量与测量

选择变量的依据是根据非人灵长类相关资料^[2-4]，选择髌骨 4 个线性变量进行测量，然后换算为 4 个指数变量。线性变量：AC：耻骨长，AB：坐骨长，AD：髌骨长，EF：耻骨上支宽。指数变量：AC/AB：耻骨坐骨比值，AC/AD：耻骨髌骨比值，AB/AD：坐骨髌骨比值，EF/AD：耻骨支宽髌骨比值。测量位点见图 1。

统计时只选择左侧髌骨数据。测量所用工具为国际标准骨骼测量仪，测量精度 0.02mm。为减少误差，数据测量由本文第二作者独立完成。

1.3 统计学处理

测量数据和作图采用 SPSS 20.0 统计软件。线性回归采用 Linear 模型： $Y=a+bX$ ；异速增长分析采用非线性 Power 模型： $Y=aX^b$ ；X 为自变量，Y 为因变量；a 为常数，b 为生长系数。这里采用两种回归模型是为了便于进行线性和非线性模型比较。Power 模型是目前国内外研究非人灵长类骨骼不同变量异速增长最常用的模型之一^[3,11,12]。模型中的 Rsq 值是描述一个模型拟合程度的指标，体现了回归模型所能解释的因变量变异性的百分比。Rsq=1，表示所有的观测点全部落在回归线上。

根据各组变量关系绘出散点图，然后用线性回归来描述各组散点的分布趋势。

性别判别分析采用 4 个指数变量进行逐步判别分析，按照 SPSS 系统默认程序，根据 Wilks'λ 最小化准则，选择出少数对性别判别贡献较大的变量，加权这些变量进入模型。将原始数据回代得到性别正确判别率。

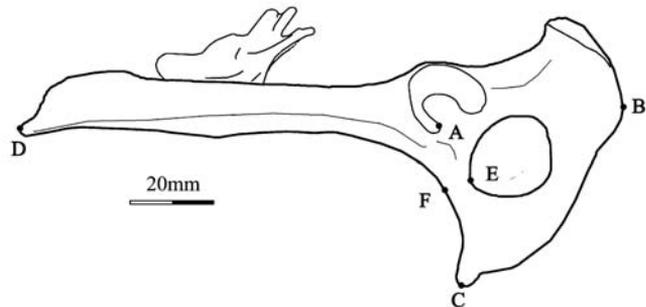


图 1 左侧髌骨变量线性测量位点

Fig.1 Diagram for measurements of the left pelvic variables

AC：耻骨长，AB：坐骨长，AD：髌骨长，EF：耻骨上支宽。

注：A 点是坐骨、耻骨和髌骨 3 块骨骼愈合点 (Point A is the fusion of ischium, pubis and ilium)

2 结 果

2.1 髌骨变量性差

太行山猕猴髌骨 4 个指数变量的描述性统计和 F 检验结果见表 1。结果表明：成年组的 4 个变量中有 3 个变量的性差有统计学意义 ($P<0.000$)；性差较大的变量是成年组的 AC/AB、AC/AD 和 AB/AD。注意性差的方向，AC/AB 和 AC/AD 是雌性大于雄性，AB/AD 是雄性大于雌性。未成年组的 4 个变量的性差均无统计学意义 ($P>0.05$)。

2.2 髌骨变量的异速增长

髌骨变量线性 Linear 回归和曲线 Power 回归模型见表 2。根据模型的决定系数 (Rsq) 和 P 值，16 个回归模型都有统计学意义 ($P<0.01$)。不同变量和不同性别的回归模型结果显示：1) Power 模型比 Linear 模型的拟合效果要好一些，说明在多数情况下变量之间的生长关系不是线性的；2) 除了 EF/AD 外，雌性 Power 模型和 Linear 模型的拟合效果要比雄性好一些，说明各髌骨变量在不同性别之间的生长方式或速度是不同的；3) 拟合效果最好的模型是雌性的 AD-AC 和 AB-AC，都与 AC (耻骨长) 有关。结果提示髌骨的性差主要与耻骨变量的异速增长有关。

根据髌骨变量的异速增长分析可以得到 3 个模式 (见图 2)。1) AD-AC 和 AB-AC 模式。主要表现出雌性大于雄性，说明随着 AD (髌骨长) 和 AB (坐骨长) 的生长，AC (耻骨长) 的异速增长是雌性大于雄性；2) AD-AB 模式。主要表现出雄性大于雌性，两条散点分布趋势走向接近平行。说明 AD 和 AB 这些代表个体大小的变量还是表现出雄性大于雌性，几乎同步增长；由于未愈合的未成年髌骨标本较少，这里提出的模式主要是成年髌骨标本的生长趋势。3) AD-EF 模式。主要表现出雌性和雄性先同步生长，然后当髌骨完全愈合后，雄性 EF 继续生长，雌性生长速度减慢，造成雌性和雄性的 AD-EF 两条回归线走向出现交叉。

2.3 髌骨性别判别函数

选择成年髌骨的 4 个指数变量，采用逐步判别分析建立性别判别函数。结果表明 4 个髌骨指数中只选择出 1 个指数进入模型。

$$Z=14.441AC/AB-12.757$$

AC/AB：耻骨坐骨指数。说明在 4 个髌骨指数中真正对性别鉴定起作用的是 AC/AB。这里 Z= 用未标准化系数计算的判别函数得分值。根据判别函数得分值可以计算出 AC/AB

表 1 髌骨有关变量的平均值、标准差和 F 检验

Tab.1 Mean, standard deviation and F-test of four indices used for the hip bone

Variable	Fused		P	Unfused		P
	Male(17)	Female(37)		Male(4)	Female(8)	
AC/AB	0.773±0.070	0.934±0.069	0.000*	0.679±0.127	0.686±0.109	0.922
AC/AD	0.394±0.033	0.438±0.036	0.000*	0.361±0.034	0.329±0.048	0.266
AB/AD	0.511±0.033	0.469±0.026	0.000*	0.542±0.097	0.482±0.053	0.188
EF/AD	0.088±0.008	0.086±0.011	0.438	0.087±0.008	0.086±0.005	0.773

*: $P<0.000$ 的显著水平。性别后括号里的数字是该组的样本数。字母缩写见材料和方法。

表 2 猕猴髌骨变量线性和幂函数模型

Tab.2 The linear and power model of four measurements for the hip bone of *Macaca mulatta*

X-Y	Sex	Equation	Rsq	df	F values	P	a	b
AD-AC	Male	Linear	0.798	19	74.905	0.000	-35.017	0.737
		Power	0.824	19	89.141	0.000	0.005	1.946
	Female	Linear	0.805	43	177.611	0.000	-26.136	0.698
		Power	0.855	43	254.277	0.000	0.007	1.890
AB-AC	Male	Linear	0.411	19	13.259	0.002	-0.214	0.759
		Power	0.389	19	12.101	0.003	0.807	0.982
	Female	Linear	0.776	43	149.348	0.000	-25.418	1.469
		Power	0.819	43	194.742	0.000	0.038	1.830
AD-AB	Male	Linear	0.453	19	15.710	0.001	4.438	0.469
		Power	0.431	19	14.370	0.001	0.834	0.894
	Female	Linear	0.711	43	105.658	0.000	7.273	0.394
		Power	0.739	43	121.546	0.000	0.853	0.869
AD-EF	Male	Linear	0.605	19	29.048	0.000	-3.816	0.126
		Power	0.592	19	27.567	0.000	0.012	1.438
	Female	Linear	0.364	43	24.578	0.000	1.935	0.065
		Power	0.444	43	34.362	0.000	0.224	0.788

Male =Fused male+ Unfused male; Female= Fused female+ Unfused female; 字母标识见材料和方法

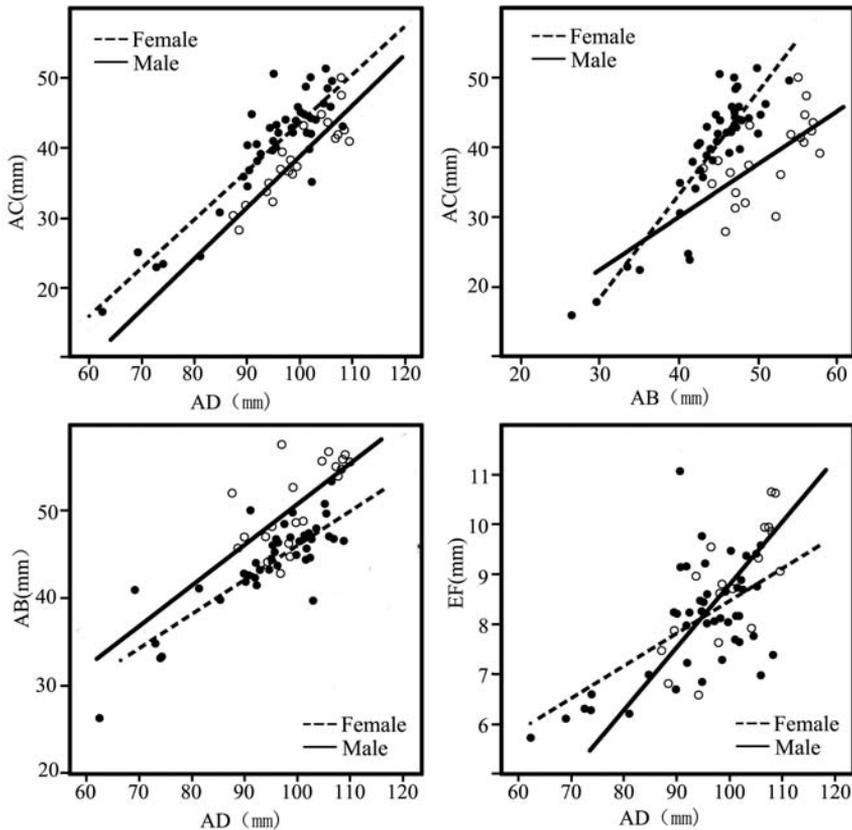


图 2 根据 4 个髌骨变量绘制的线性回归图

Fig.2 Plots of the relationship of the four measurements using the innominate bone

AD: 髌骨长; AC: 耻骨长; AB: 坐骨长; EF: 耻骨上支宽

的均值，雄性为 -1.589，雌性为 0.730。
临界值的计算如下：

$$(-1.589+0.730)/2=-0.428$$

如果 Z 得分值 <-0.428，髌骨判为雄性；得分值 >-0.428，髌骨判为雌性。

例如，一例左侧髌骨的 AC/AB=0.765，a=-12.757，b=14.441。判别

函数得分值计算如下：Z=14.441×0.765-12.757=-1.710。

Z=-1.710，< 临界值 -1.589，所以该个体被判为雄性。很明显如果得分值越小，表明该髌骨标本是雄性的可能性越大。将所有髌骨标本的 AC/AB 值回代判别函数检验，结果表明性别正确判别率是 87.0%。

如果将未完全愈合的髌骨标本代入上述判别函数，结果表明 12 例髌骨中有 10 例被判为雄性，2 例判为雌性，12 例标本判断正确的只有 4 例，总的性别正确判别率是 33.3%（表 3）。说明用成年髌骨指数变量建立性别判别函数不能对未成年髌骨进行有效识别。

表 3 各组判别函数 Z 值均值和标准差
Tab.3 Mean and standard deviation of the discriminant function Z for each category studied

	Mean±SD	N	Dis. rate(%)
Fused males	-1.589±1.017	17	87.0
Fused females	0.730±0.992	37	
Unfused males	-2.955±1.828	4	33.3
Unfused females	-2.885±1.573	8	

3 讨 论

这里探讨了成年猕猴髌骨尤其是耻骨的性差和异速增长模式。结果表明只采用坐骨-耻骨指数就可以有效地识别成年猕猴的性别（87.0%），但是对于未完全愈合的髌骨标本却不能做出有效识别（33.3%）。很明显在髌骨愈合前的未成年个体之间的髌骨性差很小，与成年后雌性髌骨的性差完全不同。这一点与 Gingerich 报道的新大陆猴的松鼠猴髌骨研究结果相似^[2]。认为未成年的髌骨的雌雄个体都具有成年雄性髌骨的特征，经历青春期后雌性髌骨从原来的未成年的雄性髌骨特征中分化出来^[2]。

较早的一些资料显示猕猴可能像人类一样随着性成熟的发育而导致骨盆出现明显的性差^[13]。但是由于人类与非人灵长类的生殖、行走姿态和运动方式等存在明显差异，导致在骨盆形态上存在差异，已有许多资料报道^[4,6]，这里不再赘述。实际上猕猴（旧大陆猴）和松鼠猴（新大陆猴）等与一些哺乳动物（例如大鼠和小鼠）的骨盆性差发育机制完全不同。未成年的大鼠和小鼠的骨盆并没有显示出雄性骨盆特征^[14]。推测这些差异是种属特异性和生物多样性的结果，是生物长期进化和环境适应的结果。

太行山猕猴髌骨性差的形成可能与下列一些因素有关。

许多资料报道非人灵长类骨盆性差与整体性差的大小有关。像体重、颅骨、犬齿和长骨等具有性差一样^[15-16]。这一假设主要由 Schultz 等^[1]提出，依据是猩猩（如 Orangutan），由于猩猩整体上性差显著，所以骨盆性差也显著；而骨盆性差较小的长臂猿（Gibbons）和黑猩猩（Chimpanzees）总体上性差也较小。这里的结果看起来是支持这一假设，因为猕猴整体上存在明显的性差^[16-17]，这种整体上的性差会反映到骨盆的一些区域。资料报道成年雌性猕猴体重与雄性体重比值是 68^[1]。太行山成年雌性猕猴体重与雄性体重比值是 73.86^[17]。表明成年雌性猕猴的体重明显比雄性要轻。

尽管如此，根据这里的观测结果和以前报道的资料比较可以证明猕猴髌骨性差的形成并不像颅骨和牙齿性差那样简单。1) 耻骨性差的方向与其他骨骼性差的方向相反(表1和图2)，这一特征主要是由于雌性个体生殖选择导致髌骨部分变量异速增长的结果。2) 猕猴骨盆性差和年龄有显著关系。在3块髌骨未愈合前，猕猴雌雄髌骨没有性差，髌骨性差是在髌骨愈合后或青春期后获得的属性，以前的许多资料也证明了这一点^[2-3]。3) Elizabeth^[18]对猿猴属的骨盆变量和股骨变量进行了比较观察，结果表明3个与髌骨关系密切的股骨变量没有明显的性差，而大部分骨盆变量性差显著，提示骨盆差异并不是由于股骨性差存在而引起的。

资料显示能够刺激成年雌性猕猴髌骨特别是耻骨异速增长的主要原因有两个：1) 仔猴出生体重与母猴体重的比例。Elizabeth^[18]报道在一些非人灵长类中异速增长速度与仔猴体重和母猴体重的比例呈明显的负相关，即如果仔猴体重相对母猴体重较大，可能会刺激骨盆异速增长。Leutenegger^[19]报道金熊猴和树熊猴(*Perodicticus potto* and *Arctocebus calabarensis*)的耻骨坐骨指数没有明显的性差。对这一结果不要惊讶，因为原猴类(prosimian primates)的仔猴体型是相对较小的。猕猴的仔猴与母猴的体重指数为1.86^[10](体重指数是根据Elizabeth资料^[18]，计算出仔猴体重与母猴体重之比的百分比，然后取自然对数后得到)。与Elizabeth报道的小嘴狐猴(*Microcebus murinus*)仔猴体重指数2.15比较相对较小；但是比人类(1.61)、豚尾猴(1.81)和狒狒(1.76)明显要大^[10]。2) 仔猴出生时个体大小，特别是仔猴头部的大小与母猴骨盆入口大小的关系。很明显如果仔猴头部相对母猴骨盆入口较大，可能会刺激骨盆某些变量异速增长，否则会导致难产或流产^[18]。

陈元霖等^[10]报道了南方猕猴骨盆的长径65.0mm，最大横径43.0mm。赵晓进等^[7-8]报道了成年太行山猕猴雌性骨盆入口背腹径66.8mm，横径42.9mm。Schultz^[1]报道了28例仔猴的头径长66.3mm，头径宽50.7mm。表明仔猴头径与母猴骨盆入口的口径几乎相等。仔猴的头径宽略微大于骨盆最大横径。根据作者实际观察和一些资料^[10]显示猕猴的分娩过程较长，会发出呻吟，表现出不安和痛苦。可能与这些结构有关。相比之下黑猩猩骨盆的性差较小，坐骨耻骨指数在两性之间有较多重叠，但是由于仔猴头径明显小于母猴骨盆入口径，所以即使仔猴体重较大(1900g)，仔猴的分娩是“快速和容易的”^[1]。结果提示骨盆性差大小与雌性灵长类分娩难易无关。非人灵长类是否顺利分娩主要依赖于仔猴头部大小和母猴骨盆入口大小的关系，相对较大的仔猴头部可能是导致雌性骨盆异速增长的原因之一。

不同灵长类的运动习性会直接或间接影响到髌骨性差大小。目前普遍认为骨盆的性差是动物在运动功能和生殖功能需求之间一种交互作用的结果。很明显雄性灵长类的骨盆形态特征主要是满足运动需求而产生自然选择的结果^[18]。而雌性骨盆的形态是在生殖和运动功能之间交互作用“双向选择”的结果。尽管有些资料报道运动对骨盆性差的影响是复杂和难以解释的^[14]，但是还是有一些数据可以证明骨盆功能与形态的辩证关系。1) 总体上太行山猕猴雄性骨盆较雌性骨盆粗壮，髌骨的大部分线性变量是雄性大于雌性，其中部分变量之间性差显著($P < 0.05$)^[8]。这一特征与猕猴前后肢长骨性差研究结果相似^[20]。结果提示猕猴骨盆的总体特征与四足行走、善于攀缘、跳跃和抓握等运动行为相适应；2) 髌骨未完全愈合之前，猕猴骨盆显示出成年雄性骨盆的形态特征。这一特征主要是与其运动功能相适应；3) 雌性骨盆的生长明显与青春期发育有关。这个时期的雌性个体由于生殖需要，

导致骨盆的形态特征发生分化,特别是耻骨变量的异速增长,部分会明显超过成年雄性。这是因为雌性个体的骨盆形态必须为生殖功能做出调整,必须由原来的单一运动功能调整为兼生殖功能。4) 雌性耻骨长的异速增长明显增加了骨盆的背腹径,可以解释为有利于仔猴的正常分娩,这一点与仔猴头部的长径相适应。尽管猕猴骨盆的最大横径也参与了生殖,对胎儿正常分娩也起到一定的作用,但是这些变量可能没有背腹径那样重要。总体上猕猴骨盆的最大宽度与猩猩、黑猩猩、狒狒和人相比是最小的^[10],可能是由于猕猴需要快速灵活的运动,骨盆横径发育受到一定的限制^[17]。另外,雌性猕猴耻骨联合韧带的高度较小^[10],在分娩时会快速拉伸,使得两侧耻骨发生一定程度的分离,以保证胎儿顺利分娩。

致谢: 感谢审稿专家及编辑部老师提出的审稿意见! 本研究得到河南省基础与前沿技术研究计划项目资助。得到河南师范大学生命科学学院张红绪教授的猕猴骨骼标本支持,特此致谢。

参考文献

- [1] Schultz AH. Sex differences in the pelves of primates [J]. *American Journal of Physical Anthropology*, 1949, 7(2): 401-424
- [2] Gingerich PD. The development of sexual dimorphism in the bony pelvis of the squirrel monkey [J]. *The Anatomical Record*, 1972, 172(3): 589-595
- [3] Mobb GE, Wood BA. Allometry and sexual dimorphism in the primate innominate bone [J]. *American Journal of Anatomy*, 1977, 150(4): 531-537
- [4] Steyn M, Patriquin ML. Osteometric sex determination from the pelvis-Does population specificity matter?[J]. *Forensic Science International*, 2009, 191(1): 113.e1-113.e5
- [5] Wood BA, Chamberlain A T. The primate pelvis: Allometry or sexual dimorphism?[J]. *Journal of Human Evolution*, 1986, 15(4): 257-263
- [6] Macaluso Jr PJ. Sex discrimination from the acetabulum in a twentieth century skeletal sample from France using digital photogrammetry[J]. *HOMO-Journal Comparative Human Biology*, 2011, 62(1): 44-55
- [7] 赵晓进. 太行山猕猴髌骨变量研究初报 [J]. *人类学学报*, 2003, 22(1): 69-74
- [8] 赵晓进, 张红绪, 雷梦云, 等. 成年猕猴骨盆的性别逐步判别分析 [J]. *解剖学杂志*, 2004, 27(6): 585-588
- [9] 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: 56-69
- [10] 陈元霖, 曾中兴, 白寿昌. 猕猴 [M]. 北京: 科学出版社, 1985, 88-100, 166-167
- [11] 张瑞昌, 岳明. 异速生长模型及其应用概述 [J]. *生物学通报*, 2011, 46(8): 6-9
- [12] 赵晓进, 季青, 胡春红, 等. 太行山猕猴部分活体形态指标的异速生长分析 [J]. *河南师范大学学报: 自然科学版*, 2007, 34(4): 139-141
- [13] Polacek P, Novotny VL. Sex differences in the bony pelvis in growing macaques [J]. *Folia Morphology*, 1965, 13: 145-157
- [14] Berdnikovs S, Bernstein M, Metzler A, et al. Pelvic growth: ontogeny of size and shape sexual dimorphism in rat pelves[J]. *Journal Morphology*, 2007, 268(1): 12-22
- [15] 赵晓进, 胡春红, 王斌, 等. 猕猴颊齿大小的性差研究初报 [J]. *人类学学报*, 2005, 24(4): 334-340
- [16] 赵晓进, 翟鹏飞, 张红绪, 等. 猕猴颅骨变量和面角的性差研究 [J]. *河南师范大学学报: 自然科学版*, 2005, 32(4): 83-86
- [17] 赵晓进, 仇还林, 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: 自然科学版*, 1989, 62(2): 120-125
- [18] Clair EMS. Sexual dimorphism in the pelvis of *Microcebus*[J]. *International Journal Primatology*, 2007, 28(5): 1109-1122
- [19] Leutenegger W. Sexual dimorphism in the pelves of African lorises[J]. *American Journal of Physical Anthropology*, 1973, 38(2): 251-254
- [20] 苏亚. 太行山猕猴肢骨形态研究 [D]. 北京: 中国地质大学, 2012