

# 雄性川金丝猴睾酮分泌与其社群环境变化的关系<sup>\*</sup>

任宝平 夏述忠 李庆芬 梁冰 邱军华 张树义<sup>\*\*</sup>

(中国科学院动物研究所, 北京 100080) (北京师范大学生命科学学院, 北京 100875) (上海野生动物园, 上海 201300)

**摘要** 采用化学免疫发光法, 跟踪测定了上海野生动物园一个半放养川金丝猴群中 3 只先后参与交配繁殖活动的成年雄猴一年中尿中睾酮含量, 并结合行为学记录对其性激素和性行为间的相互影响关系进行了初步研究。发现成年雄猴睾酮分泌峰的出现更多的是由其社会因素的变化引起的, 而且, 睾酮分泌峰出现的时期并不与雌性受孕高峰期相重叠, 提示雄性繁殖具非季节性特点。睾酮分泌峰的出现, 一方面说明此时社群的社会关系处于不稳定状态, 另一方面发现睾酮水平的提高对雄猴攻击能力的增强起促进作用。由此, 本研究认为川金丝猴雌雄性个体在繁殖中采用了不尽相同的繁殖策略 [动物学报 49 (3): 325~331, 2003]。

**关键词** 川金丝猴 睾酮分泌 社会因素 攻击性

## Relationships between levels of adult male urinary testosterone and social context in a confined group of Sichuan snub-nosed monkeys (*Rhinopithecus roxellana*)<sup>\*</sup>

REN Bao-Ping XIA Shu-Zhong LI Qing-Fen LIAN G-Bing  
QIU Jun-Hua ZHANG Shu-Yi

( Institute of Zoology, The Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)

( College of Life Sciences, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

( Shanghai Wild Animal Park, Shanghai 201300, China)

**Abstract** We studied annual changes in urinary testosterone in three adult male Sichuan snub-nosed monkeys at the Shanghai Wild Animal Park using the Access Immunoassay System during May 2000 - May 2001. The studied monkey group consisted of two units, one was a breeding family with one adult male, three adult females and four adolescents; the other was an all-male unit with four adult and one sub-adult males at the beginning of the study. The whole group would be let out in the daytime to an outdoor island for exhibition to the public until about 16:40 in the afternoon when it was caged. Focal animal sampling was employed to survey the monkey's social behaviors throughout the study period. In the meantime, urine samples of the target adult males were collected from the cage floor using single use medical injectors between 05:30 - 07:30 in the morning, once a month. The urine samples were preserved at -18 - -20 in the park's freezer until assay. For urinary hormone assay, a paramagnetic chemiluminescent immunoassay was used for the quantitative determination of testosterone levels in urine samples. It was confusing that two peaks of urinary testosterone metabolite levels in the three adult males occurred outside the adult females' receptive period. We suggest that social factors are closely correlated with the adult males' high secretion of testosterone, which also enhanced their aggressiveness and caused a short-term increase in social tension. The results also confirm that, unlike the female, male Sichuan snub-nosed monkeys do not play a very important role in regulating the reproductive period. The investigation suggests that the

2002-08-08 收稿, 2002-10-28 修回

<sup>\*</sup> 中国科学院“知识创新工程”重要创新方向 (KSCX 2-1-03) 项目和基金委杰出青年基金项目 (项目号 No: 30025007) 资助 [This research was funded by grants from “The Innovative Young Scientists Bio-science and Bio-technology Group” (KSCX2-1-03) of the Chinese Academy of Sciences (CAS), and the National Natural Science Foundation of China (No. 30025007)]

<sup>\*\*</sup> 通讯作者 (Corresponding author). E-mail: Zhangsy@panda.ioz.ac.cn

第一作者简介 任宝平, 30 岁, 博士。研究方向: 动物生态学和灵长类学。renbp@263.net

© 2003 动物学报 Acta Zoologica Sinica

different sexes adopt very different reproductive strategies generally, but this remains unknown and needs further research [Acta Zoologica Sinica 49 (3): 325 - 331, 2003].

**Key words** Sichuan snub-nosed monkeys (*Rhinopithecus roxellana*), Urinary testosterone, Social context, Aggressiveness

性激素的分泌不仅决定着多数哺乳类雄性动物的交配能力,而且影响着它们的交配兴趣(Wallen, 1990)。雌鼠在交配过程中常摆出一种弓背姿势(Lordotic-type posture)受其卵巢激素控制,这种姿势利于阴茎插入阴道(Diakow, 1974)。一旦该激素分泌不足,交配过程将不能完成。据报道,非发情期雌豚鼠(*Cavia porcellus*)的阴道口封闭,只在排卵期才打开。只有进入排卵期血中雌激素浓度迅速增加到远高于其正常生理浓度时,阴道口才重新开放(Young, 1937)。大多数动物中,雄激素是阴茎有效勃起所必需的,但在较高等的灵长类动物中,性激素对其性行为的这种控制作用已大大削弱乃至消除(Miller, 1931)。在这些灵长类动物中,性激素主要影响它们的交配动机(Wallen, 1999),这种交配能力与性行为动机的分离,使动物性行为的表达受其社会经历和社群环境等社会因子的影响成为可能(Wallen, 2001)。

川金丝猴(*Rhinopithecus roxellana*)是一种季节性繁殖的疣猴(Ren *et al.*, 1995),它们常在秋季(10月~来年2月)出现一个明显的交配峰,并于来年4~5月集中生育,表现出一个生育季节(Ren *et al.*, 2003)。据报道,随着交配季节的到来,季节性繁殖物种的群体中,成年雄性的攻击性和性活动也随之增加。例如,与平常相比,交配期的雄性猕猴(*Macaca mulatta*)具有更大的攻击性(Wilson *et al.*, 1970),甚至还表现出雄性离开其出生群体进入新群体的个体换群现象(Lindburg, 1969)。在交配高峰期,雄性离群出走的现象已经在秦岭金丝猴自然群中发现(任宝平\*)。但迄今为止,雄性川金丝猴的性活动是否存在季节性变化,以及雄性对雌性邀配高峰的出现做出何种反应等问题尚无相关报道。新近对金丝猴雄性性行为的研究发现,雄性的爬跨和射精并不存在季节性变化(任宝平等, 2002)。那么,对雄性性激素分泌和性行为间关系的研究则尤显重要。鉴此,本研究欲从雄性川金丝猴的性行为、攻击行为和性激素的年变化

等方面着手,对这些因素间的相互作用做一初步探讨,以期增加人们对金丝猴的行为和性激素间相互关系的了解。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究对象

2000年5月至2001年5月,我们对上海野生动物园一小群(13只,2000年6~7月有两只成年雄猴因病死亡)外放于一个人工小岛上的川金丝猴进行了为期一年的观察研究,所有个体均能识别,每个个体均有一个名字(任宝平等, 2002)。观察群由3只成年雌性和1只成年雄性组成的一个小繁殖单元和一个全雄单元两部分组成(表1),除人工投食和早晚归笼外,其它活动基本可以模拟野生群体的活动模式。

### 1.2 尿样采集和处理

在对群体个体行为进行观察记录的同时,我们每月一次连续收集了群中所有成年雄猴(共计5只)的晨尿。采尿样的时间一般在早晨5:30~7:30,此时猴子在水泥地面的笼舍中,撒尿之后可以用注射器采集。7:40~8:00猴群将会被外放活动,活动场是草地,尿液会很快渗入土中,因此无法在笼舍外采集。猴群一旦被外放到室外活动场,饲养员即对笼舍进行彻底冲洗、打扫,每周四全面消毒1次,以保持笼舍内清洁卫生。尿液采集后装入10 ml干净注射液小瓶中,标注个体、采集日期后密封,没有添加任何防腐剂(Heistermann *et al.*, 1996),然后及时送到园中冷库(常年温度保持在-18℃左右)保存。

### 1.3 激素测定

在观察过程中,先后有4次小家庭主雄替换事件发生,其间8号雄猴和小馋嘴死亡,因而只有3只成年雄性先后参与了交配活动,并且这3只雄猴(5号、三王和短尾巴)在整个观察期的活动记录未曾中断,事件记录完整,鉴此我们只对这3只雄猴的尿液中的睾酮含量进行了测定。

\* Ren, B. P. 1999 Spatial distribution in a free-ranging group of Sichuan snub-nosed monkeys in the Qinling Mt. Master Thesis. Xi'an: Northwest University, 30~31. [任宝平 1999 秦岭川金丝猴群中个体空间分布模式的研究. 硕士学位论文,西安:西北大学, 30~31.]

表 1 2000 年 5 月到 6 月 7 日期间研究川金丝猴群的结构及组成

Table 1 Group structure and composition of Sichuan snub-nosed monkeys during May-June, 2000

	呼名 Name	年龄 Age	性别 Sex	备注 Other information
小家庭 (Family)	8 号 (8 <sup>#</sup> )	11		2000 年 7 月 13 日死亡 (Died on July 13, 2000)
	1 号 (1 <sup>#</sup> )	13		991 号, 971 号和小东西母亲 (Mothered 991 <sup>#</sup> , 971 <sup>#</sup> and XDX)
	2 号 (2 <sup>#</sup> )	15		981 号母亲 (Mother of 981 <sup>#</sup> )
	3 号 (3 <sup>#</sup> )	9		982 号母亲 (Mothered 982 <sup>#</sup> )
	971 号 (971 <sup>#</sup> )	3		
	981 号 (981 <sup>#</sup> )	2		
	991 号 (991 <sup>#</sup> )	1		
	982 号 (982 <sup>#</sup> )	2		
全雄群 (All-male band)	三王 (SW)	15		971 号父亲 (Fathered 971 <sup>#</sup> )
	短尾巴 (DW)	9		
	小东西 (XDX)	6		亚成体 (Subadult)
	小馋嘴 (XCZ)	9		2000 年 6 月 7 日死亡 (Died on June 7, 2000)
	5 号 (5 <sup>#</sup> )	10		

括号内为个体的呼名缩写 (Abbreviated names of individuals' indicated by parentheses)

测定前处理: 尿样经 20 ~ 27 °C 水浴解冻 20 min 后, 移入干净离心管, 离心 6 min (2 000 r/min), 吸取 600 μl 上清液注入测试管, 加入标准液和特异抗体, 直接放入测定系统。该系统一次可测定样品量 50 个, 我们的总样品数只有 36 个, 可一次测定, 这样利于降低系统误差。

测定: 使用化学免疫发光法, 该方法是新近推出最快速、安全的性激素测定法, 较之传统的放射免疫法测定的结果更稳定、更准确。测定系统是美国 Beckman Coulter™ 公司产 Access-0005 全自动微粒子化学发光免疫分析系统。

#### 1.4 行为学观察方法

本研究主要采用焦点动物取样法对群中个体的各种社会行为进行记录, 有关取样过程和行为定义已有过详细报道 (任宝平等, 2002)。成年雄性川金丝猴之间存在着一定的社会等级序位关系, 在群体不出现大的变动, 如个体死亡、移出或被其他个体打败时则很稳定。在对灵长类群体中个体间社会等级序位的判定, 常采用趋近 - 回避或打斗胜负快速确定其等级序位 (Zumpe *et al.*, 1986)。

## 2 结果

### 2.1 雄性社会等级序位的变化

因金丝猴个体间的打斗很少发生, 多见于趋近 - 回避行为, 因观察期间发生多次主雄替换事件, 其社群等级序位有不同程度变动, 现给出本研究开始时对群体中雄性等级序位确定结果 (表 2)。

表 2 利用趋近 - 回避和追撵 - 逃跑对研究群 5 只成年雄猴在 2000 年 5 月 ~ 6 月间的社会等级关系确定结果

Table 2 Interaction matrix of social rank order in target group of 5 adult males as determined by approach and avoidance and by chasing and fleeing behaviour

输方 Loser	胜方 Winner					
	8 号 8 <sup>#</sup>	三王 SW	小馋嘴 XCZ	5 号 5 <sup>#</sup>	短尾巴 DW	小东西 XDX
8 号 (8 <sup>#</sup> )	—	0	0	0	0	0
三王 (SW)	4	—	1	0	0	0
小馋嘴 (XCZ)	4	3	—	7	0	0
5 号 (5 <sup>#</sup> )	7	9	2	—	0	0
短尾巴 (DW)	9	3	8	1	—	1
小东西 (XDX)	13	9	4	5	26	—

在我们的观察中，共观察到 5 次群中雄猴（尤指成年个体）间社会等级关系的变动（表 3）。第一次发生在 2000 年 5~7 月中旬，5 号雄猴成为繁殖群主雄。其间，先由小馋嘴（约 9 岁）与 5 号、主雄 8 号打斗开始，在三王的帮助下打败 5 号雄猴，在向主雄 8 号挑战中多次被打败而受伤，后于 2000 年 6 月 7 日因病死亡。5 号因劲敌小馋嘴死亡，经过向高等级序位的三王、主雄 8 号挑战，于 7 月 9 日成功打败三王，于 7 月 13 日打败打伤主雄 8 号，在 8 号被园中医护人员隔离治疗其间进入繁殖群，成为新主雄。8 号在 7 月 13 日治疗过程中死亡，群中成年雄猴只剩下三王、短尾巴和新主雄 5 号。

2000 年 8 月 1 日至 9 月 28 日，因小岛上饲养场改建，外放群被分成繁殖群和全雄群转移别处，分别关养。在此期间，即 9 月 15 日，三王患病被隔离治疗，两天后放出，其等级地位明显低于同笼的短尾巴，此时全雄群等级序位为：短尾巴 > 三王 > 小东西，这个关系一直持续到 2001 年 1 月 29 日才改变。2000 年 9 月 28 日，猴群被重新放回小岛上的饲养场，猴群合并复原。

2000 年 11 月 17 日，主雄 5 号吞食一只不知名大黑蜘蛛，于 20 日右脸突然变黑肿胀，明显中毒，隔离治疗。短尾巴赶开三王，进入繁殖群，获得交配权，成为新主雄。11 月 26 日，5 号放出进入全雄群，自动位居三王之下。

2001 年 1 月 29 日，5 号雄猴和短尾巴先后患病，被隔离治疗，三王乘机进占繁殖群。2 月 2 日短尾巴放出；2 月 3 日，5 号雄猴被放出入大群。此时全雄群等级关系如下：短尾巴 > 5 号 > 小东西。2 月 4 日，短尾巴又被抓治疗，放出后其等级

序位即屈居 5 号雄猴之下：5 号 > 短尾巴 > 小东西。

2001 年 2 月 23 日，5 号雄猴打败现任主雄三王，夺回交配权，成为新主雄。三王进入全雄群，但其等级序位仍高于短尾巴。

表 3 整个研究期间研究群成年雄性间社会等级序位的变化

Table 3 Dominance rank changes among adult males throughout the study

事件 Case	个体 (individuals)					
	8 号 8#	三王 SW	小馋嘴 XCZ	5 号 5#	短尾巴 DW	小东西 XDX
Case 1						
Case 2	—		—			
Case 3	—		—			
Case 4	—		—			*
Case 5	—		*	—		

“—”表示此时该个体不存在或死亡（“—”stands for the monkey death or absence）“\*”表示在这个阶段该个体的等级序位一度发生变化，序位和哪一个重合就是当时正与该个体处于争斗之中，输赢难断，但最终被定位在前一个序位上（“\*”indicates social dominance was not able to be determined during this period in individuals of the same social rank）

2.2 尿中睾酮浓度变化

在整个观察过程中，作者先后收集了 8 号、小馋嘴，短尾巴，小东西，5 号以及三王的晨尿，但由于 8 号雄猴和小馋嘴中途死亡，小东西从未参与交配活动，故最后仅对短尾巴、5 号和三王三只雄猴的尿样一共 36 个尿样（每月采集一次）做了睾酮浓度测定，结果见图 1。

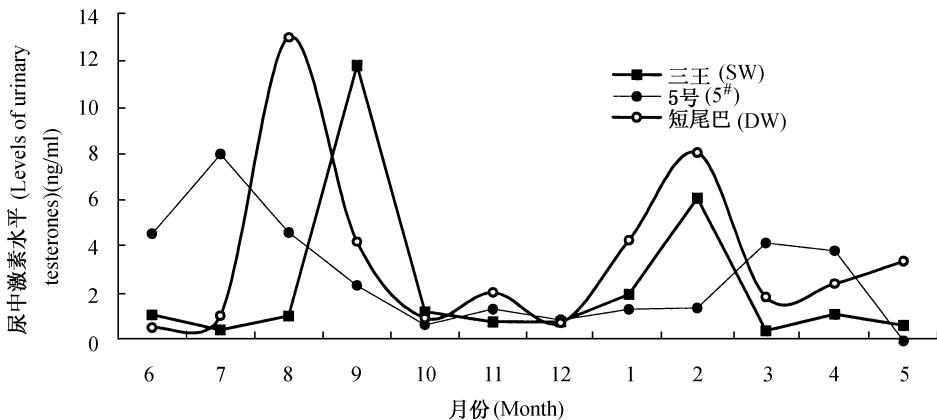


图 1 三个成年雄性金丝猴个体尿中睾酮分泌水平的年变化

Fig. 1 Change of testosterone level in the urine of three target adult males throughout the year

从图 1 中我们可以看到, 三只金丝猴尿中的睾酮浓度在整个观察期先后出现两个较大峰: 一个出现在 2000 年 7~9 月份, 计算得知其峰值是日常浓度的 12.9~31.2 倍; 另一个出现在 2001 年 1~2 月份, 其峰值是日常浓度的 4.9~11 倍。因缺乏雄性川金丝猴有关生理基础睾酮浓度的数据, 此处的日常浓度是由尿样中测定结果中小于 2 ng/mL 的取平均值得到的, 为  $0.95 \pm 0.10$  ng/mL (平均值  $\pm$  标准误,  $n=21$ )。

11 月是雌性的交配受孕期, 下旬因为 5 号生病, 短尾巴入主繁殖群。在此阶段其睾酮水平略有升高, 其次是 5 号的, 三王则达到一个新低。三者的睾酮浓度相近 ( $\chi^2=0.092$ ,  $df=2$ ,  $P>0.95$ , 卡方检验), 与日常无异 ( $t$  检验:  $t=0.834$ ,  $df=7$ ,  $P=0.790$ )。至 12 月, 群体秩序井然, 三者的睾酮水平都有所下降, 几乎处于同一水平。

短尾巴入主繁殖群后不久, 其睾酮水平从 2001 年 1 月开始呈上升趋势, 至 2 月达到第二个高峰。2001 年 1 月 30 日, 短尾巴生病被隔离治疗, 三王入主繁殖群, 其睾酮水平达到整个观察期的第二个高峰, 随后急剧下降, 至 3 月降至如常水平。短尾巴失去优势地位, 2 月 4 日, 其在全雄群中的等级序位已低于 5 号。5 号在 2000 年 12 月~2001 年 2 月中旬之前, 因序位低和身体尚未完全复原, 其睾酮浓度基本保持常态, 一直到 2001 年 2 月下旬重新从三王手中夺回主雄位置才于三月达到又一个高峰, 但比第一次的峰值小。在 5 号再次入主繁殖群期间 (2001 年 3 月~5 月), 其心理和健康状况大不如第一次, 对于全雄群的控制力下降, 时常受到三王的挑战, 并各有输赢。短尾巴和小东西冲击繁殖群中成年雌性个体的事件时有发生。短尾巴在 5 月的时候其睾酮水平还在上升, 此时三王和 5 号的则已降到日常水平。

### 2.3 成年雌性的性行为的年变化

在观察期间, 我们对雌性的性行为, 即主动邀配雄性的行为表现, 做了较详细记录。其年变化见图 2。

在整个观察过程中, 共记录到 1 630 次邀配, 其中由雌性发起的为 1 535 次, 占总记录数的 94%, 而雄性发起的只有 95 次。就雌性而言, 它们的邀配行为随着月份的不同波动极大, 不便于比较, 因此本文在数据处理上采用了邀配频次的月平均值, 并把每月的雌性邀配频次的变化绘于图 2 中。如图所示, 邀配在 11 月达到峰值, 尤其是 3

号雌猴 ( $\chi^2=818.7$ ,  $df=12$ ,  $P<0.001$ )。

我们对三个雌性的邀配频率的月均值分布进行 F 检验。结果表明, 它们之间在这个参量上没有表现出个体差异 ( $F_{12,26}=1.75$ ,  $df=2$ ,  $P=0.113$ )。这在一定程度上提示, 该群体中雌性在性行为表现上具有某种程度的同步性。这是因为生理上引起的还是社会效应的条件反射引起的呢? 尚需进一步的研究结果来证实。1 号雌猴邀配频率的年变化分布相对比较均匀 ( $\chi^2=23.756$ ,  $df=12$ ,  $P<0.05$ )。2 号和 3 号雌猴邀配行为出现波动的季节性表现明显 ( $\chi^2=277.20$ ,  $df=12$ ,  $P<0.001$ )。

## 3 讨论

虽然性激素控制并调节着大多数哺乳动物的交配能力, 但性激素对性行为的这种控制力在较高等灵长类动物中被削弱, 甚至已消除 (Wallen, 1990)。性激素更多地被用以维持个体的第二性征。摆脱激素对性行为表现的控制, 使灵长类动物的性行为的表现受其社会环境和个体的社会经历的影响成为可能 (Wallen, 2001), 这样, 性激素将只对个体的交配动机产生影响 (Wallen, 1990)。本研究测定了三个成年雄性川金丝猴的睾酮浓度, 发现雄性睾酮水平出现高峰期与雌性的繁殖交配盛期基本不重叠, 说明雄性大量分泌睾酮更多的是由其社会环境的变化引起的。这从一个侧面提示, 在川金丝猴中, 繁殖活动的时间主要是由雌性个体来调节的。

Wade (1976) 给大鼠肌注睾酮, 发现受试动物的体重明显下降, 提示高水平睾酮浓度表明动物身体处于高能耗状态。在雄性中, 这种高耗能状态常常与个体间的紧张关系紧密联系。Dixson (1993) 对雄性成年狨 (*Callithrix jacchus*) 个体的攻击行为和睾酮浓度间关系的研究, 发现睾酮对雄性个体攻击行为的产生起促进作用, 即睾酮浓度升高, 该雄性个体的攻击性会正向增强, 而社会环境的紧张也会促使雄性分泌大量的睾酮, 两者相辅相成。所以睾酮分泌峰的出现反过来也可以反映争斗个体之间的紧张程度和此时社群的稳定程度。在本研究中, 三个雄性川金丝猴睾酮分泌峰的出现无一不与其社会等级序位的变动过程相联系, 尤以与不同时期发生的四次繁殖群主雄的替换相吻合。如图 1 所示, 第一个睾酮分泌峰的出现, 是在小馋嘴与前任主雄 8 号和敌对雄性 5 号打斗争夺交配权和优

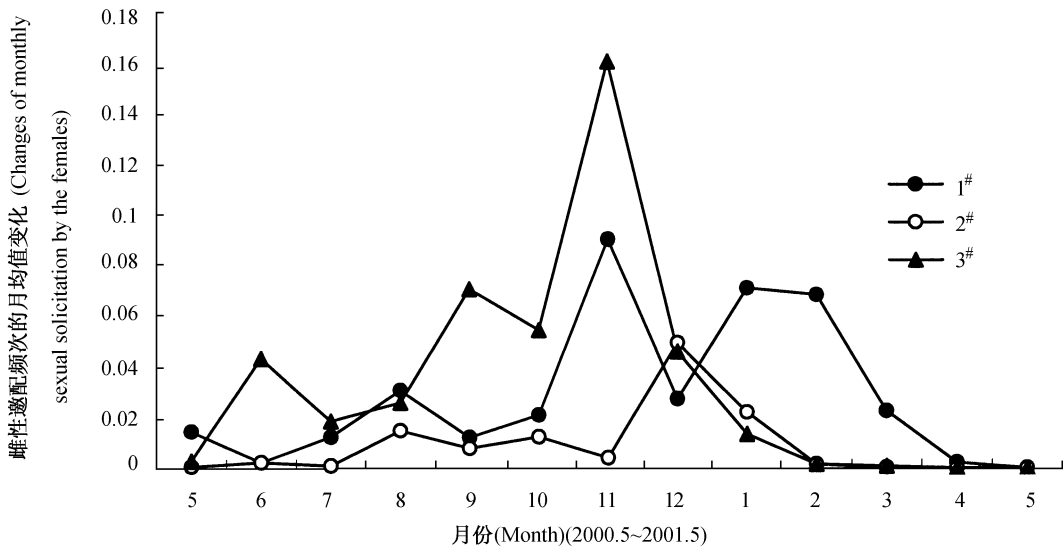


图 2 雌性邀配频次月均值的年变化

Fig. 2 Sexual soliciting fluctuations of each female per month during the survey year

势序位突然因病死亡之后。群体结构处于不稳定状态，其中涉及所有成年雄性个体，包括三王、短尾巴。2000年7月13日，5号打败三王和8号获得主雄地位，此时其睾酮浓度达到高峰（是日常的12.9倍），随着其主雄地位的日渐巩固，其睾酮水平呈下降趋势，到10月降至最低（0.13 ng/mL）。此时，整个群体处于不稳定状态，成年雄性个体因为交配权相互争夺，同时也增加了竞争个体自身的紧张感，睾酮分泌峰的出现自然是由这种社会紧张激发的。

至于三王和短尾巴，因金丝猴展馆在2000年8~9月重建，所有个体被转移到别处，繁殖群和全雄群被分开关在两个笼舍中。对5号主雄地位的威胁完全消除。大约在9月中旬，三王生病被隔离，短尾巴的社会地位急剧上升为全雄群的第一位。来自三王的威胁和压制被完全解除，相反，三王和小东西、971号开始受到短尾巴的攻击。短尾巴在全雄群中最高等级序位逐渐稳固，其睾酮水平也快速下降，至10月到最低。三王因健康问题使其等级序位下降，又受到短尾巴的欺凌追撵，在2000年9月出现一个睾酮分泌峰。直到9月28日，猴群被重新搬回展馆放置在一起，情况发生急剧变化，短尾巴因为主雄5号的存在收敛了其对其他雄性的攻击性，此后三王的睾酮水平很快恢复到日常水平。

本研究发现，睾酮分泌峰的出现，不仅增强了个体的攻击性，同时也增加了低序位雄性个体的紧

张感。正因为高浓度睾酮水平的维持是一个高能耗过程（Wade, 1976），那么不难理解，为什么川金丝猴雄性在其社会稳定局势刚出现，就快速将其睾酮浓度降到日常的低水平状态的原因。

一般地，雄性动物的攻击性大小决定着该个体在群中的社会等级序位关系中的位置。正如我们在上面的分析那样，睾酮浓度对动物攻击性的增加起促进作用。那么雄性的睾酮浓度大小是否与雄性的个体社会等级序位也存在这种关系呢？我们的结果显示，睾酮水平的高低与个体的社会等级序位的高低之间不存在决定关系。如图1所示，5号在入主繁殖群过程中，其睾酮分泌水平变化幅度均较三王和短尾巴的小。而且在第二次睾酮分泌峰出现时，5号的等级序位最高，其次是三王，而短尾巴的最低，此时，这三个体的睾酮水平正好与其社会等级序位的顺序相反。只有在2000年8~10月期间，短尾巴的等级序位和睾酮浓度大小均高于三王的。从三王和短尾巴的睾酮浓度剧烈波动情况来看，睾酮分泌峰的出现更多地是社群中个体间社会关系紧张程度的反映。

从图1和图2可看出，雄性个体睾酮分泌峰的出现与雌性的邀配高峰（致孕期）不完全重叠。说明雄性性激素分泌峰的出现更多地是因为社群中个体间社会关系的变动造成的紧张引起的，并不是为了配合雌性的生殖目的。同时，也从侧面反映出川金丝猴雄猴和雌猴在繁殖上采用的是不相同的策略。显然，川金丝猴繁殖活动主要由雌性来调节，

雄性的繁殖无季节性。至于它们为什么要采取这样的繁殖策略, 有待进一步的研究来证实。

致谢 本研究得到上海野生动物公园的支持, 特此致谢。

### 参考文献 (References)

- Diakow, C. 1974 Motion picture analysis of rat mating behavior. *J. Comp. Physiol. Psychol.* **88**: 318 ~ 335.
- Dixon, A. F. 1993 Effects of testosterone propionate upon the sexual and aggressive behavior of adult male marmosets (*Callithrix jacchus*) castrated as neonates. *Horm. Behav.* **27** (3): 216 ~ 230.
- Heistermann, M., U. Möhle, H. Vervaecke, L. van Elsäcker and J. K. Hodges 1996 Application of urinary and fecal steroid measurements for monitoring ovarian function and pregnancy in the bonobo (*Pan paniscus*) and evaluation of perineal swelling patterns in relation to endocrine events. *Biol. Reprod.* **55**: 844 ~ 853.
- Lindburg, D. G. 1969 Rhesus monkeys: mating season mortality of adult males. *Science* **166**: 1 176 ~ 1 178.
- Miller, G. S. 1931 The primate basis of human sexual behavior. *Q. Rev. Biol.* **6**: 379 ~ 410.
- Ren, B. P., S. Y. Zhang, S. Z. Xia, Q. F. Li, B. Liang and J. H. Qiu 2003 Proceptive behaviors of female Sichuan snub-nosed monkeys (*Rhinopithecus roxellana*). *Int. J. Primatol.* **24** (3): 575 ~ 589.
- Ren, B. P., S. Z. Xia, S. Y. Zhang, Q. F. Li, B. Liang and J. H. Qiu 2002 Male copulatory patterns in a confined group of the Sichuan snub-nosed monkey (*Rhinopithecus roxellana*). *Acta Zool. Sin.* **48** (5): 577 ~ 584. [任宝平, 夏述忠, 张树义, 李庆芬, 梁冰, 邱军华 2002 川金丝猴 (*Rhinopithecus roxellana*) 雄性的交配模式. *动物学报* **48** (5): 577 ~ 584.]
- Ren, R. M., K. H. Yan, Y. J. Su and H. J. Qi 1995 The reproductive behavior of golden monkeys in captivity (*Rhinopithecus roxellana roxellana*). *Primates* **36** (1): 135 ~ 143.
- Wade, G. N. 1976 Sex hormones, regulatory behaviors and body weight. *Adv. Stud. Behav.* **6**: 201 ~ 279.
- Wallen, K. 1990 Desire and ability: hormones and the regulation of female sexual behavior. *Neurosci. Biobehav. Rev.* **14**: 233 ~ 241.
- Wallen, K. 1999 Risky business: social context and hormonal modulation of primate sexual desire. In: Wallen, K. and J. Schneider ed. *Reproduction in Context*, Cambridge: MIT Press, 289 ~ 323.
- Wallen, K. 2001 Sex and context: hormones and primate sexual motivation. *Horm. Behav.* **40**: 339 ~ 357.
- Wilson, A. P. and R. C. Boelkins 1970 Evidence for seasonal variation in aggressive behavior by *Macaca mulatta*. *Anim. Behav.* **18**: 719 ~ 724.
- Young, W. C. 1937 The vaginal smear picture, sexual receptivity, and the time of ovulation in the guinea pig. *Anat. Rec.* **67**: 305 ~ 325.
- Zumpe, D. and R. P. Michael 1986 Dominance index: a simple measure of relative dominance status in primates. *A. M. J. Primatol.* **10**: 291 ~ 300.