

笼养黄颊长臂猿月经周期中 性激素分泌特征

屈元元^{①#} 杨波^{①#} 桓宗锦^② 赖燕舞^① 黄河源^①
邹文勇^① 陈锐^① 童建华^① 李侗^①
凌珊珊^① 赵波^② 黄炎^{①*}

① 中国大熊猫保护研究中心, 大熊猫国家林业和草原局重点实验室, 邛崃山、岷山濒危野生动植物保护生物学
国家长期科研基地 成都 610057; ② 成都动物园(成都市野生动物研究所) 成都 610081

摘要: 月经周期监测可以有效用于非人灵长类动物迁地保护中的繁育管理。本研究采取非损伤取样法收集了成都动物园 1 对黄颊长臂猿 (*Nomascus gabriella*) 1 年的粪便样品, 并利用酶联免疫吸附法 (ELISA) 测定了粪便中雌激素 (E1G)、孕酮 (P4) 和睾酮 (TEST) 含量。经统计分析, 发现雌性 11 个完整月经周期中雌激素和孕酮都表现出明显的周期性变化, 月经周期平均长度为 (23.3 ± 3.1) d (21 ~ 31 d), 与据雌激素双峰间隔时间推算的月经周期 (21.3 ± 3.8) d 间无显著差异性 ($Z = -1.562, P = 0.133$), 也与据孕酮变化规律推算的 (20.9 ± 2.2) d 间无显著差异性 ($Z = -1.693, P = 0.101$); 此外, 还发现雌性的卵泡期长度为 (7.9 ± 2.4) d, 黄体期为 (13.4 ± 2.8) d。根据卵泡期雌激素变化规律, 可以对雌性发情高潮期进行预判, 并指导对黄颊长臂猿进行配种; 也可以基于黄体期孕酮水平对雌性是否怀孕进行初步诊断。雄性粪便中睾酮未呈现出明显周期性变化, 雄性睾酮与雌性雌激素间也不存在相关性 ($r = 0.139, P = 0.097$)。结果表明, 黄颊长臂猿具有与其他灵长类动物相似的月经周期; 该雌性个体的月经周期比较明显, 且具规律性; 月经周期性的性激素指标可以对黄颊长臂猿乃至其他灵长类动物的不孕不育进行辅助诊断。

关键词: 黄颊长臂猿; 月经周期; 性激素

中图分类号: Q955 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2024) 04-536-09

Sex Hormone Levels and Menstrual Cycle of Yellow-Cheeked Gibbons *Nomascus gabriellae* in Captivity

QU Yuan-Yuan^{①#} YANG Bo^{①#} HUAN Zong-Jin^② LAI Yan-Wu^①
HUANG He-Yuan^① ZOU Wen-Yong^① CHEN Rui^① TONG Jian-Hua^①
LI Ti^① LING Shan-Shan^① ZHAO Bo^② HUANG Yan^{①*}

基金项目 大熊猫国际资金项目 (No. WL05), 中国大熊猫保护研究中心 2018 年科研年项目 (No. CCRCGP181929);

* 通讯作者, E-mail: pandayard@hotmail.com;

共同第一作者 屈元元, 女, 工程师; 研究方向: 野生动物保护与营养生态研究; E-mail: qyy1988214@126.com;

杨波, 男, 高级工程师; 研究方向: 野生动物繁殖生理与辅助生殖研究; E-mail: yangb_198701@163.com。

收稿日期: 2023-10-09, 修回日期: 2024-02-05 DOI: 10.13859/j.cjz.202423190

① China Conservation and Research Centre for the Giant Panda, Key Laboratory of State Forestry and Grassland Administration on the Giant Panda, Qionglai and Minshan Mountains Conservation Biology of Endangered Wild Animals and Plants National Permanent Scientific Research Base, Chengdu 610057; ② Chengdu Zoo (Institute of Chengdu Wildlife), Chengdu 610081, China

Abstract: [Objectives] Menstrual cycle monitoring is an effective method for the breeding management in ex-situ conservation of non-human primates. Based on analyses of fecal sex steroid hormone of a female Yellow-cheeked Gibbon *Nomascus gabriellae*, the duration and regularity of its menstrual cycles were determined, and attempts to assess whether females have reproductive disorders from a reproductive endocrine perspective were made. Androgens were used as indicators to explore whether males have reproductive physiological disorders. The study helps to provide data support for the natural breeding of captive Yellow-cheeked Gibbons and the application of artificial assisted reproduction technology in the future. **[Methods]** From April 2016 to April 2017, fecal samples from a pair of Yellow-cheeked Gibbon were collected every 1 - 3 d non-invasively. These samples were further analyzed for estrone-3- glucuronide (E1G), progesterone (P4) and testosterone (TEST) levels by ELISA. The coefficient of variation CV for hormone determinations was < 5% within batches and < 10% between batches. The data were sorted by Excel and analyzed by SPSS 22.0 with normal distribution and homogeneity of variance test. One-way ANOVA was used for significance analysis for sampling that conformed to normal distribution, nonparametric tests Mann-Whitney *U* test was used for those that did not conform to normal distribution. The correlation between female estrogen and male testosterone was analyzed using the Pearson's method of analysis (two-tailed test). The significance level was set at 0.05. **[Results]** Estrogens and progesterones were synchronized during menstrual cycles (Fig. 1). More precisely, at the start of oestrus, estrogen level began to increase from a baseline, after reaching the first peak, dropped dramatically, and followed by ovulation, which signifying the end of the follicular phase. Progesterones remained at a base level during the follicular phase. After ovulation, both progesterones and estrogens shared an ascending pattern, and then decreased to base levels after reaching the peak values simultaneously. A total of 11 complete menstrual cycles of the female "Vivi" were found during the study period (Fig. 2), and the average length of menstrual cycles was 23.3 ± 3.1 d (21 - 31 d) (Table 1), which was not significantly different from that of the menstrual cycles based on the estrogen (E1G) bimodal interval (21.3 ± 3.8) d ($Z = -1.562, P = 0.133$), nor from that of the progesterone (P4) pattern 20.9 ± 2.2 d ($Z = -1.693, P = 0.101$). The length of the follicular phase in females was 7.9 ± 2.4 d, and the luteal phase was 13.4 ± 2.8 d. TEST levels in male feces did not show significant cyclic variation (Fig. 3). The correlation between male (TEST) and female (E1G) during the first 10 menstrual cycles was analyzed, and there was no correlation between these two parameters ($r = 0.139, P = 0.097$). **[Conclusion]** The results showed that the Yellow-cheeked Gibbon had a similar menstrual cycle to other primates, and the menstrual cycle of this female individual was relatively obvious and regular. Based on the changing pattern of estrogen during the follicular phase, it is possible to prejudge the climax of estrus in females and guide the mating of Yellow-cheeked Gibbons. It is also possible to make a preliminary diagnosis of whether a female is pregnant or not based on the level of progesterone during the luteal phase. The sex hormone index of menstrual regularity can be an aid in the diagnosis of infertility in the Yellow-cheeked Gibbon and even in other primates.

Key words: *Nomascus gabriellae*; Menstrual cycle; Sex steroids

黄颊长臂猿 (*Nomascus gabriellae*), 为冠长臂猿属物种, 被 IUCN 列入濒危物种红色名录濒危级 (Endangered, EN), 分布于柬埔寨、越南和缅甸 (Geissmann et al. 2007)。野生黄颊长臂猿面临着栖息地减少、生境破碎化、分布不均匀及偷猎等威胁, 种群数量急剧下降, 承受着较大的生存压力 (Bach et al. 2017)。我国有近 20 年的黄颊长臂猿圈养繁育历史, 但种群数量还不足百只 (李云乔等 2018, 魏斌 2020)。该状况很可能归因于黄颊长臂猿具很强的配偶选择性, 配对成功率不高, 繁殖成活率低, 是目前公认较难饲养和繁育的动物之一, 因此生殖生物学研究对黄颊长臂猿的圈养繁殖显得至关重要 (卜海侠等 2019)。相较于野生黄颊长臂猿个体, 圈养个体的生存环境、营养供给得到极大的保障, 在生殖间隔、性成熟时间、繁殖年限和生命周期等指标具有明显优势 (李云乔等 2018)。研究显示, 野生黄颊长臂猿一般在 6.5~8 岁性成熟, 一年四季均可发情交配, 交配高峰期集中在 9 和 10 月, 每 2~3 年繁育一次, 1 胎产 1 仔 (范鹏飞 2012, 卜海侠等 2019); 而圈养个体全年均可发情、繁殖, 没有季节之分, 怀孕期为 210 d 左右 (卜海侠等 2019)。

部分育龄雌性动物 (包括人类) 卵巢的卵泡生长、排卵、黄体形成和退化都会伴随雌激素和孕激素明显的周期性分泌, 未受孕时黄体的退化会导致孕激素与雌激素分泌不足而引发子宫内膜剥脱、出血, 该现象称为月经 (menstruation, M), 而月经周期 (menstrual cycle, IMI) 指的是本次月经来潮至下次月经第一天的间隔时间。在黄颊长臂猿生殖生物学研究中, 除了繁殖行为、人工育幼等研究外 (卜海侠等 2019, 孙杨等 2019), 目前国内外对于雌性的月经周期研究相对较少, 监测月经周期对圈养种群的繁殖管理具有相当重要的意义。

长臂猿与其他灵长类物种一样具有明显的月经周期, 前期研究主要利用月经出血 (Pocock 1905, Carpenter 1941, 郑荣洽 1989)、外生殖

器隆起 (Breznock et al. 1977, Nadler et al. 1993, Cheyne et al. 2006) 和卵巢性激素 (Czekala et al. 1985, Nadler et al. 1993, Lukas et al. 2002, Maheshwari et al. 2005, Morikaku et al. 2006, Geissmann et al. 2009, Rafacz et al. 2013, 傅兆水等 2019, 李威等 2023) 等方法来推算动物的月经周期长度。雌激素和孕激素可指示卵巢生理状态, 在月经周期中起主要调控作用 (Lukas et al. 2002)。而雄激素 (睾酮) 能刺激精子发生, 促进雄性器官发育和第二特征表现, 主要参与雄性求偶、交配和生殖竞争的调控 (Wingfield et al. 1990, Wiley et al. 2003)。此外, 研究表明发情期雌性雌激素和雄性睾酮水平会明显上升, 且交配期两种激素会显著高于其他时期 (乔征磊 2018)。鉴于此, 本研究基于粪糖类固醇性激素对黄颊长臂猿雌性个体的月经周期进行推算和规律性分析, 尝试从生殖内分泌角度评估雌性是否存在生殖问题; 并将睾酮作为指标, 探讨雄性是否存在繁殖生理障碍, 以为圈养黄颊长臂猿的自然繁育以及未来人工辅助生殖技术的应用提供数据支撑。

1 材料与方法

1.1 研究对象与饲养情况

一对黄颊长臂猿来源于成都动物园。雌性呼名为“Vivi”, 出生于 1999 年 4 月 25 日, 于 2006 年 9 月转移至成都动物园; 雄性呼名为“Pete”, 出生于 1997 年 5 月 15 日, 于 2008 年 12 月转移至成都动物园并与雌性合笼。从合笼至今, 雌性无繁育经历。

每日 08:00 时和 15:00 时投食, 主要投喂水果、窝窝头和熟鸡蛋等。圈舍分为室内展厅和室外展厅, 内展厅面积约 40 m², 设有平台、栖架及绳梯等设施; 室外展厅面积约 60 m², 设有平台、栖架、绳梯和轮胎等丰容设施。

1.2 样品采集与处理

于 2016 年 4 月至 2017 年 4 月, 每 1~3 d 采集长臂猿新鲜粪便一次, 最终获得雌性粪样 200 份和雄性粪样 177 份。研究期间, 个体采

食正常, 健康状况良好。

每日 8:00 时左右将动物引入内笼舍排便, 使用一次性 PE 手套采集新鲜粪便。粪便样品放入自封袋, 并详细记录动物个体名称、采样日期和时间, 1 h 内置于 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冻存。利用真空冷冻干燥法 (冻干机型号为 Telstar lyoquest-55) 冻干粪便样品至恒重, 粉末化后筛取粪便粉末。称取 $0.09\sim 0.10\text{ g}$ 粪便粉末, 利用 90% 乙醇萃取粪便激素, 操作步骤参照唐丹等 (2019) 的方法。采用酶联免疫吸附法 (enzyme-linked immunosorbent assay, ELISA) 测定待测样品中雌激素, 即雌酮-3-葡萄糖醛酸苷 (estrone-3-glucuronide, E1G)、孕酮 (progesterone, P4) 和雄激素睾酮 (testosterone, TEST) 的含量。单克隆抗体 E1G R_{583} 、P4 C_{1425} 及 TEST $R_{156/7}$ 由 Coralie Munro 研发, 来源于美国加州大学戴维斯分校人口健康与生殖系临床内分泌学实验室 (Kersey et al. 2010, 2011)。

1.3 数据处理

黄颊长臂猿卵巢各生理期的定义如图 1 所示, 卵泡期 (follicular phase, F , 单位: d) 为月经期结束至排卵之前的时期, 其中雌激素从最低水平开始上升, 排卵时间推算为第一次雌激素峰后 2 天 (郭春燕 1999)。黄体期 (luteal phase, L , 单位: d) 为排卵结束至下次月经开始之间的时期。月经期 (M , 单位: d) 为月经开始至月经结束之间的时期, 根据 Lukas 等 (2002) 研究结果估测黄颊长臂猿的月经期为 $1\sim 4\text{ d}$ 。本研究对月经周期 (I_{MI}) 定义为卵泡期开始至下次卵泡期开始之间的时间间隔 (单位: d); P_1 表示从卵泡期开始至雌激素第一峰的时间间隔 (单位: d), P_2 表示雌激素第一峰至孕酮峰的时间间隔 (单位: d); 卵泡期 (F) 的推算公式为 $F = P_1 + 2$, 黄体期为 $L = I_{\text{MI}} - F - M$ 。

激素测定的批内变异系数 $CV < 5\%$, 批间变异系数 $CV < 10\%$ 。利用 Excel 对数据进行整理, 使用 SPSS 22.0 进行正态分布及方差齐性检验, 符合正态分布的采用单因素方差分析进

行差异显著性分析; 不符合正态分布的则采用非参数检验 (Mann-Whitney U test); 雌性雌激素与雄性睾酮的相关性利用 Pearson 法分析 (双尾检验)。显著性水平设为 0.05。

2 结果

2.1 雌性月经周期

雌性月经周期中雌激素与孕酮存在同步变化规律 (图 1), 具体表现为, 当雌性进入发情期, 其雌激素水平从低值逐渐上升至峰值后剧降, 随后排卵发生即卵泡期结束。卵泡期的孕酮始终保持在较低水平, 排卵发生后孕酮逐渐上升至峰值, 雌激素也相应出现第二个峰值, 随后两种激素同步下降至最低水平。

研究期间共发现雌性 “Vivi” 的 11 个完整月经周期 (图 2), 统计发现其月经周期长度平均为 $(23.3 \pm 3.1)\text{ d}$ ($21\sim 31\text{ d}$) (表 1); 其中卵泡期 (F) 为 $(7.9 \pm 2.4)\text{ d}$ ($5\sim 12\text{ d}$), P_1 为 $(5.9 \pm 2.4)\text{ d}$ ($3\sim 10\text{ d}$); 黄体期 (L) 为 $(13.4 \pm 2.8)\text{ d}$ ($9\sim 19\text{ d}$), P_2 为 $(9.9 \pm 2.4)\text{ d}$ ($6\sim 14\text{ d}$)。

2.2 雌性性激素变化

月经周期中雌激素 (E1G) 与孕酮 (P4) 均存在单独的变化趋势, 且理论上在一个周期里仅存在一个激素峰, 因此可以利用 P4 峰间隔或 E1G 峰间隔时间分别来推测月经周期 (图 2)。P4 峰间隔为 $(20.9 \pm 2.2)\text{ d}$ ($16\sim 24\text{ d}$), E1G 峰间隔为 $(21.3 \pm 3.8)\text{ d}$ ($16\sim 30\text{ d}$), 两者间无显著差异 ($F = 0.076$, $df = 20$, $P = 0.785$) (表 1)。此外, 本文 2.1 所得月经周期分别与 P4 峰间隔期 ($Z = -1.693$, $P = 0.101$) 和 E1G 峰间隔期 ($Z = -1.562$, $P = 0.133$) 间都不存在显著性差异。

2.3 雄性睾酮变化

雄性粪便中睾酮 (TEST) 水平未呈现出明显的周期性变化 (图 3)。分析雌性前 10 个月经周期期间雄性 TEST 与雌性 E1G 的相关性, 两者间不存在明显的相关性 ($r = 0.139$, $P = 0.097$)。

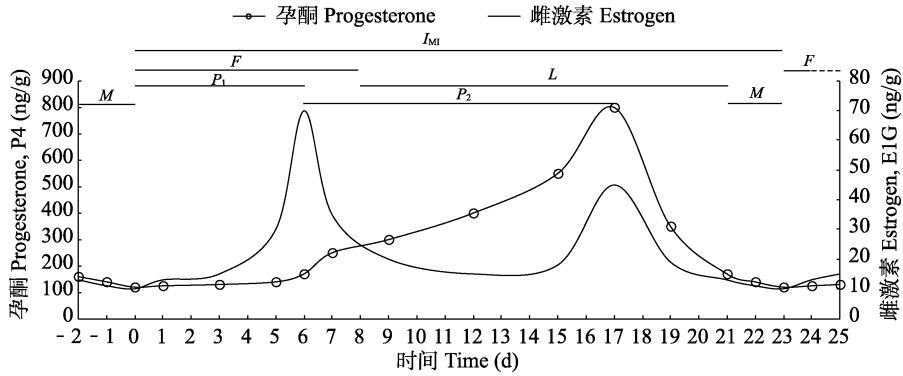


图 1 黄颊长臂猿月经周期各时期定义示意图

Fig. 1 A schematic illustration of the definition of the periods of the menstrual cycle of *Nomascus gabriellae*

F. 卵泡期; I_{MI} . 月经周期; L. 黄体期; M. 月经期; P_1 . 从卵泡期开始至雌激素第一峰的时间间隔; P_2 . 雌激素第一峰至孕酮峰的时间间隔。

F. Follicular phase; I_{MI} . Menstrual cycle; L. luteal phase; M. menstruation; P_1 . Interval between follicular phase and the first peak of estrogen level; P_2 . Interval between the first peak of estrogen level and progesterone peak.

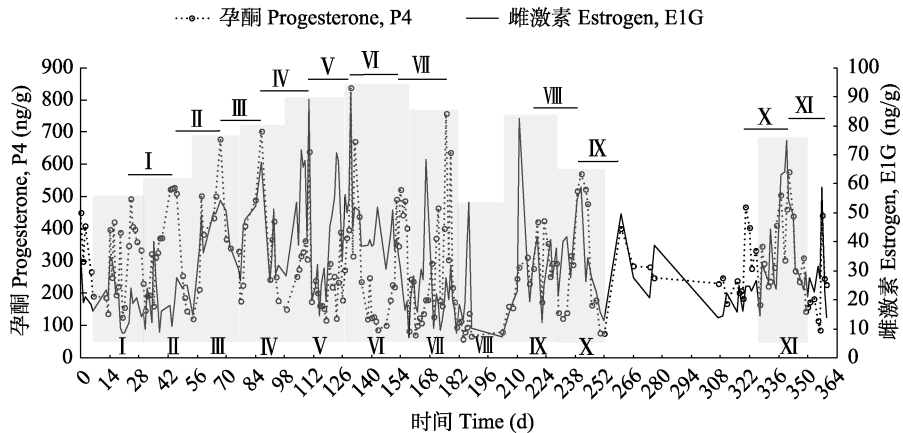


图 2 雌性黄颊长臂猿月经周期划分

Fig. 2 Division of menstrual cycles in a female *Nomascus gabriellae*

将 2016 年 4 月 10 日记为“0 d”。图中一个矩形阴影视为一个月经周期，所对应标识为周期序数；横线上方标识为孕酮 (P4) 峰间隔期序数。

Mark April 10, 2016 as “0 d”. Menstrual cycles are separated by grey rectangular boxes, and are labeled with Roman numbers underneath. Cycles based on intervals of progesterone (P4) peaks are represented by horizontal lines, and are labeled with roman numbers above.

3 讨论

月经周期监测能为灵长类动物的生殖生理、内分泌和辅助生殖等领域的研究提供实验依据，也对黄颊长臂猿圈养种群的繁育管理起着重要作用 (Geissmann et al. 2009, 傅兆水等 2019)。

月经周期中性激素水平呈规律性变化，因此可根据性激素周期来推算月经周期 (Lukas et al. 2002, Geissmann et al. 2009, Rafacz et al. 2013, 李威等 2023)。非损伤性采样法可以有效应用于野生动物的性激素水平动态监测 (李春等 2003)，为此本文测定了 1 只雌性黄颊长臂猿的

表 1 基于三种方法推算雌性黄颊长臂猿的月经周期

Table 1 Calculation of intermenstrual interval in a female *Nomascus gabriellae* based on three different methods

周期 Cycle	月经周期 Menstrual cycle, IMI (d)				孕酮峰间隔 (d) Interval between two progesterone peaks	雌激素峰间隔 (d) Interval between two estrone-3-glucuronide peaks
	卵泡期 Follicular phase, $F (P_1)$	黄体期 Luteal phase, $L (P_2)$	月经期 Menstruation, M	合计 Total		
I	7 (5)	13 (10)	2	22	21	21
II	5 (3)	15 (10)	2	22	22	23
III	5 (3)	15 (9)	2	22	20	19
IV	11 (9)	9 (6)	1	21	23	23
V	12 (10)	11 (14)	3	26	20	20
VI	8 (6)	19 (-)	4	31	24	20
VII	9 (7)	11 (10)	2	22	22	16
VIII				21	22	21
IX	9 (7)	14 (12)	3	26	19	24
X	6 (4)	14 (8)	1	21	21	30
XI	7 (5)	13 (-)	2	22	16	17
平均值 Mean	$7.9 \pm 2.4 (5.9 \pm 2.4)$	$13.4 \pm 2.8 (9.9 \pm 2.4)$	$2.2 \pm 0.9^*$	23.3 ± 3.1	20.9 ± 2.2	21.3 ± 3.8

根据 Lukas 等 (2002) 研究结果进行估测。 Estimation based on Lukas et al. (2002).

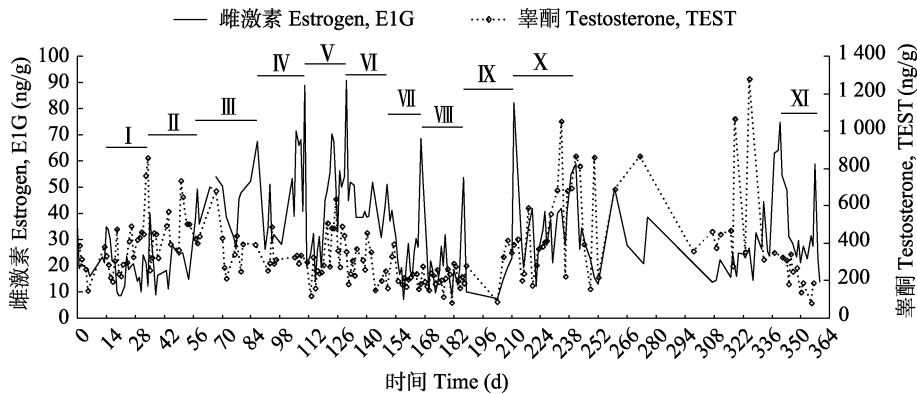


图 3 黄颊长臂猿雌性雌激素与雄性睾酮变化

Fig. 3 Changes of female estrogen and male testosterone of *Nomascus gabriellae*

将 2016 年 4 月 10 日记为“0 d”，横线上方标识为雌激素 (E1G) 峰间隔期序数。

April 10, 2016 is marked as “0 d”. Cycles based on intervals of estrogen (E1G) peaks are represented by horizontal lines, and are labeled with Roman numbers above.

粪便雌激素和孕激素含量，结果显示其月经周期平均长度为 $(23.3 \pm 3.1) \text{ d}$ ($n = 11$)，而根据雌激素 (E1G) 推算月经周期为 $(21.3 \pm 3.8) \text{ d}$ ，据孕酮 (P4) 推算为 $(20.9 \pm 2.2) \text{ d}$ ，三种方

法所得结果间都无显著性差异 ($P > 0.05$)，这些结果与 Geissmann 等 (2009) 得出的 $(21.1 \pm 1.2) \text{ d}$ ，以及傅兆水等 (2019) 得出的 $(23 \pm 1.5) \text{ d}$ 和 $(24.3 \pm 3.0) \text{ d}$ 相符。本研究测定

的月经周期长度与以往用内分泌学方法所得其他长臂猿的周期长度也几乎相同,如北白颊长臂猿 (*N. leucogenys*) 的 (21.9 ± 2.9) d (Lukas et al. 2002) 与 (23.1 ± 1.5) d (Rafacz et al. 2013), 戴帽长臂猿 (*Hylobates pileatus*) 的 (21.1 ± 0.8) d (Morikaku et al. 2006), 银白长臂猿 (*H. moloch*) 的 (25.4 ± 8.4) d (Hodgkiss 2007) 和白掌长臂猿 (*H. lar*) 的 (20.7 ± 5.1) d (Barelli et al. 2007) 等。

基于性激素所得长臂猿月经周期与表观指标如性肿胀、经血及交配等获得的月经周期相比偏小 (Barelli et al. 2007, Hodgkiss 2007, Geissmann et al. 2009), 这种现象可能与发情期交配监测难以全部捕获、性器官肿胀不明显和经期经血难以观察等因素有关, 从而导致后者推定结果出现偏差, 因此这些表观特征不宜作为月经周期监测的精确指标 (Geissmann et al. 2009, Heistermann 2010, 傅兆水等 2019)。卵巢性激素可指示雌性动物的卵巢生理状态, 可以有效地用于灵长类动物的月经周期推算与规律性评估。本文对月经周期中性激素的变化规律进行了分析, 再次证实了黄颊长臂猿具有典型的灵长类动物卵巢生理周期, 与其他灵长类 (包括人类) 的相关报道所述一致 (刘世范等 1981, 马南花等 2008), 这也反映出该雌性个体的性激素分泌正常、月经周期比较规律。

本文初步分析了黄颊长臂猿的卵泡期和黄体期时长, 结果表明卵泡期为 (7.9 ± 2.4) d ($5 \sim 13$ d), 黄体期为 (13.4 ± 2.8) d ($9 \sim 19$ d), 这与前人报道的白掌长臂猿卵泡期 (10.9 ± 2.9) d 与黄体期 (10.3 ± 2.6) d (Czekala et al. 1985, Nadler et al. 1993, Barelli et al. 2007) 相似, 但与银白长臂猿的卵泡期 (18.4 ± 7.1) d 与黄体期 (7.0 ± 1.9) d 略有差异 (Hodgkiss 2007), 这种差异或许来源于生物学差异、个体差异或方法差异。此外, 本研究中雌性卵泡期中雌激素存在一个明显的上升趋势, 而且上升的节点也很容易被监测到, 从该节点到雌激素

第一峰的时间为 (5.9 ± 2.4) d ($3 \sim 10$ d), 可以据此来预判雌激素峰的发生时间。雌激素峰发生时间是指导动物配种或人工授精的重要参考指标, 具有重要的实践意义 (杨波等 2022)。有研究表明, 月经周期的性激素周期性与怀孕结果有关, 正常怀孕人类的孕激素在黄体期的平均水平高于非怀孕者, 且在黄体中期的孕激素水平不存在明显下降趋势 (董红星 2005)。我们发现非怀孕长臂猿第一次雌激素峰至孕酮峰的时间间隔为 (9.9 ± 2.4) d ($6 \sim 14$ d), 若发现黄体期的孕酮峰出现的时间明显变长, 或者孕酮水平持续升高且未出现明显下降趋势, 则推断该个体存在怀孕的可能性, 或许可以将黄体期孕酮水平作为黄颊长臂猿是否怀孕的诊断指标之一。

长臂猿在圈养条件下会表现出强烈择偶性和排斥性, 雌雄个体只有在相互接受的前提下才能保证交配成功 (傅建平 2018, 卜海侠等 2019)。Lukas 等 (2002) 发现白颊长臂猿雌性个体在雌激素达高峰期时与雄性的社会距离更近, 雌性表现出更多的为雄性理毛和邀配等亲近行为。本研究期间曾观察到黄颊长臂猿雌、雄个体间有互相理毛和二重唱行为, 雌性也会表现出邀配行为, 但未观察到雄性有交配行为, 截至 2023 年雌性未有成功繁殖记录。从生理和行为上看, 雌性具备正常繁殖能力; 而对于雄性而言, 雄性粪便中睾酮水平未呈现出明显周期性变化, 与雌性雌激素间也不存在相关性, 雄性偶有接纳雌性的行为发生。综上所述, 推测这对黄颊长臂猿未生育的原因有以下几种可能: 雄性在长期的圈养条件下性行为发育不完全或缺失 (Mootnick et al. 1997); 喧闹的饲养环境制约雌雄性行为的完全表达 (Mootnick et al. 1997, 李宏兵等 2020); 雄性对人类产生强烈的依赖性, 降低了性熟练程度 (Mootnick et al. 1994, Lukas et al. 2002); 雄性或许存在其他生殖障碍如精液质量不佳、不排精等情况。鉴于此, 建议在黄颊长臂猿的圈养繁殖管理中, 需要持续性开展性激素监测, 在发情配种期为

其提供安静、舒适的饲养环境, 对游客进行动物保护宣传, 并尽可能减少游客干扰。

参 考 文 献

- Bach T H, Chen J, Hoang M D, et al. 2017. Feeding behavior and activity budget of the southern yellow-cheeked crested Gibbons (*Nomascus gabriellae*) in a lowland tropical forest. *American Journal of Primatology*, 79(8): 10.1002/ajp.22667.
- Barelli C, Heistermann M, Boesch C, et al. 2007. Sexual swellings in wild white-handed gibbon females (*Hylobates lar*) indicate the probability of ovulation. *Hormones and Behavior*, 51(2): 221–230.
- Brenzock A W, Harrold J B, Kawakami T G. 1977. Successful breeding of the laboratory-housed gibbon (*Hylobates lar*). *Laboratory Animal Science*, 27(2): 222–228.
- Carpenter C R. 1941. The menstrual cycle and body temperature in two Gibbons (*Hylobates lar*). *The Anatomical Record*, 79(3): 291–296.
- Cheyne S M, Chivers D J. 2006. Sexual swellings of female Gibbons. *Folia Primatologica; International Journal of Primatology*, 77(5): 345–352.
- Czekala N M, Shideler S E, Lasley B L. 1985. A comparison of hominoid female reproductive physiology. *American Journal of Physical Anthropology*, (66): 161–162.
- Geissmann T, Andayani N, Bleisch B, et al. 2007. Status reassessment of the Gibbons: results of the Asian primate red list workshop. *Gibbon Journal*, (3): 5–15.
- Geissmann T, Anzenberger G. 2009. Hormonal correlates of the ovarian cycle in the yellow-cheeked crested gibbon (*Nomascus gabriellae*), and a review of ovarian cycles in gibbons (*Hylobatidae*). *Gibbon Journal*, (5): 61–73.
- Heistermann M. 2010. Non-invasive monitoring of endocrine status in laboratory Primates: methods, guidelines and applications. *Advances in Science and Research*, 5(1): 1–9.
- Hodgkiss S. 2007. Characterising the physical and hormonal correlates of the ovarian cycle in female Javan gibbons (*Hylobates moloch*). UK: Oxford Brookes University.
- Kersey D C, Wildt D E, Brown J L, et al. 2010. Parallel and seasonal changes in gonadal and adrenal hormones in male giant pandas (*Ailuropoda melanoleuca*). *Journal of Mammalogy*, 91(6): 1496–1507.
- Kersey D C, Wildt D E, Brown J L, et al. 2011. Rising fecal glucocorticoid concentrations track reproductive activity in the female giant panda (*Ailuropoda melanoleuca*). *General and Comparative Endocrinology*, 173(2): 364–370.
- Lukas K E, Barkauskas R T, Maher S A, et al. 2002. Longitudinal study of delayed reproductive success in a pair of white-cheeked Gibbons (*Hylobates leucogenys*). *Zoo Biology*, 21(5): 413–434.
- Maheshwari H, Toelihere M R, Wijayakusuma R, et al. 2005. Urinary steroid and genital swelling during the ovarian cycle of the captive Javan gibbons (*Hylobates moloch*). 19th Annual Meeting of the Society for Conservation Biology, Book of Abstracts. Universidade de Brasil.
- Mootnick A R, Baker E. 1994. Masturbation in captive *Hylobates* (gibbons). *Zoo Biology*, 13(4): 345–353.
- Mootnick A R, Nadler R D. 1997. Sexual behavior of maternally separated Gibbons (*Hylobates*). *Developmental Psychobiology*, 31(2): 149–161.
- Morikaku K, Somura H, Kusuda S, et al. 2006. Changes in urinary gonadal steroid hormone concentrations in pileated gibbon, *Hylobates pileatus* conceived by artificial insemination. In Joint International Symposium of the 12th Annual Meeting of the Japanese Society of Zoo and Wildlife Medicine and the 21st Century COE Program of Gifu University-Evaluation of environmental condition based on ecology and pathology of wild animals, 25–28 Sep. Gifu, Japan, 110–111 (Abstract only).
- Nadler R D, Dahl J F, Collins D C. 1993. Serum and urinary concentrations of sex hormones and genital swelling during the menstrual cycle of the gibbon. *The Journal of Endocrinology*, 136(3): 447–455.
- Pocock R I. 1905. Observations upon a female specimen of the Hainan Gibbon (*Hylobates hainanus*), now living in the Society's Gardens. *Proceedings of the Zoological Society of London*, 75(3): 169–180.
- Rafacz M L, Margulis S W, Santymire R M. 2013. Hormonal and behavioral patterns of reproduction in female hylobatids. *Animal Reproduction Science*, 137(1/2): 103–112.
- Wiley C J, Goldizen A W. 2003. Testosterone is correlated with

- courtship but not aggression in the tropical buff-banded rail, *Gallirallus philippensis*. *Hormones and Behavior*, 43(5): 554–560.
- Wingfield J C, Hegner R E, Dufty A M, et al. 1990. The “challenge hypothesis”: theoretical implications for patterns of testosterone secretion, mating systems, and breeding strategies. *The American Naturalist*, 136(6): 829–846.
- 卜海侠, 孙伟东. 2019a. 黄颊长臂猿配对选择性研究. *特种经济动植物*, 22(11): 1–3.
- 卜海侠, 孙伟东, 赵玲玲, 等. 2019b. 圈养黄颊长臂猿的繁殖行为研究. *特种经济动植物*, 22(12): 1–3, 5.
- 董红星. 2005. 生殖相关激素与怀孕结局相关性研究. 合肥: 安徽医科大学硕士学位论文, 32–48.
- 范鹏飞. 2012. 中国长臂猿科动物的分类和保护现状. *兽类学报*, 32(3): 248–258.
- 傅建平, 金晓军, 汪春妹. 2018. 白颊长臂猿的饲养与繁殖. *上海畜牧兽医通讯*, (6): 58–59.
- 傅兆水, 陈蓉, 吕冉, 等. 2019. 雌性黄颊长臂猿发情期粪便中性激素水平的研究. *畜牧兽医科技信息*, (11): 24–26.
- 郭春燕. 1999. 月经周期中卵巢激素分泌的周期性变化及调控. *忻州师范专科学校学报*, 15(2): 35–36.
- 李春, 魏辅文, 李明, 等. 2003. 粪便类固醇激素研究简史及其在野生动物研究中的应用. *四川动物*, 22(4): 272–276.
- 李宏兵, 徐迅, 杨君, 等. 2020. 不同环境对圈养白颊长臂猿行为的影响. *畜牧兽医杂志*, 39(5): 74–77.
- 李威, 卢学理, 齐旭明, 等. 2023. 海南长臂猿粪便性激素水平报道. *四川动物*, 42(3): 303–310.
- 李云乔, 朱尤帅, 杨玉钊, 等. 2018. 中国圈养长臂猿种群现状及保护对策. *林业调查规划*, 43(2): 120–123, 160.
- 刘世范, 王忠兴, 顾锡根, 等. 1981. 十九例正常育龄妇女月经周期血清中七种激素的放射免疫测定. *生殖与避孕*, 1(3): 43–47.
- 马南花, 黎宗强, 覃坚, 等. 2008. 雌性食蟹猴月经周期中血清雌激素、孕激素水平的变化. *实验动物与比较医学*, 28(2): 106–109.
- 乔征磊. 2018. 圈养东北虎繁殖期的行为、性激素和性信息素研究. 哈尔滨: 东北林业大学博士学位论文, 24–29.
- 孙杨, 张藐. 2019. 黄颊长臂猿的人工育幼. *湖北畜牧兽医*, 40(1): 7–10.
- 唐丹, 杨波, 张志忠, 等. 2019. 运输对圈养大熊猫应激影响初探. *野生动物学报*, 40(3): 753–757.
- 魏斌. 2020. 圈养黄颊长臂猿社会与繁殖行为研究. 桂林: 广西师范大学硕士学位论文, 8–9.
- 杨波, 赖燕舞, 周强, 等. 2022. 圈养雌性大熊猫发情及排卵监测方法论述及展望. *四川动物*, 41(3): 348–360.
- 郑荣洽. 1989. 黑长臂猿月经周期的初步观察. *动物学研究*, 10(2): 154–162.