

# 小熊猫妊娠期粪便中孕酮、雌二醇的水平变化

李 春<sup>1\*</sup> 魏辅文<sup>2</sup> 胡锦矗<sup>3</sup>

(1 华东师范大学生命科学学院, 上海, 200062) (2 中国科学院动物研究所, 北京, 100080)

(3 西华师范大学珍稀动植物研究所, 南充, 637002)

**摘要:** 2000年3~8月在成都动物园和成都大熊猫繁育研究基地, 用放射免疫分析法测定了6只雌性小熊猫粪样中孕酮(P)和雌二醇(E2)的水平变化, 同时对其繁殖行为进行了观察。研究表明, 交配后的雌体粪样中E2浓度下降至基础水平, P浓度在30 d后上升至150 ng/g以上; 怀孕雌体在妊娠期粪样中P水平在200 ng/g以上, P峰值可以达到500 ng/g以上; 假妊娠者粪样中P水平一般不超过150 ng/g, P峰值在200 ng/g以下; 雌体产前半个月孕酮迅速下降, E2缓慢上升, 产后P保持在基础水平。这意味着可通过测定粪便中P水平进行早孕诊断、产期预测和真假妊娠判断。根据行为观察和粪样激素分析可知, 雌兽妊娠期123~128 d ( $\bar{x} = 124$ ,  $N = 5$ ), 产仔率为1.8/胎 ( $N = 5$ )。

**关键词:** 小熊猫; 粪便; 雌二醇; 孕酮; 妊娠; 假孕

**中图分类号:** Q954.53

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-1050 (2005) 04-0385-05

## Fecal Progesterone and Estradiol Levels during Gestation and the Correlation to Parturition in Female Red Pandas (*Ailurus fulgens*)

LI Chun<sup>1\*</sup> WEI Fuwen<sup>2</sup> HU Jinchu<sup>3</sup>

(1 College of Life Sciences, East China Normal University, Shanghai, 200062, China)

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

(3 Institute of Rare Animals and Plants, China West Normal University, Nanchong, 637002, China)

**Abstract:** This paper analyzed with the method of radioimmunoassays the fecal estradiol (E2) and progesterone (P) concentrations and investigated the mating activity of six female red pandas (*Ailurus fulgens*) in Chengdu Zoo and Chengdu Research Base of Giant Panda from March to August 2000. The findings indicate that fecal E2 concentration of fertilized females declined to a basal level and fecal P concentration rose to 150 ng/g after 30 days of pregnancy. During pregnancy, fecal P concentration was more than 200 ng/g and the peak of P concentration reaches over more than 500 ng/g. Fecal P concentration of pseudo-pregnant female is normally no more than 150 ng/g and the peak of P concentration is below 200 ng/g. Fecal P concentration of the females decreases quickly half a month before bearing and maintains a basal level after parturition, while E2 increases slowly. The investigation and analysis show that the early diagnoses of pregnancy and pseudo-pregnancy, as well as forecasting of parturition, can be made by measuring the P and E2 concentrations in female red panda feces. Based on the behavioral observations and fecal steroid analysis, we have also found that the gestation period of red pandas is 123~128 days ( $\bar{x} = 124$ ,  $N = 5$ ) and the bearing rate is 1.8/fetus ( $n = 5$ ).

**Key words:** Estradiol; Feces; Progesterone; Pregnancy; Pseudo-pregnancy; Red pandas (*Ailurus fulgens*)

雌性哺乳动物体内的孕激素对动物正常生殖机能的维持具有决定性作用, 孕酮 (Progesterone, P) 是孕激素生理上最重要的代表, 在妊娠期间它能抑制丘脑下部中枢发出促进卵泡成熟和排卵的冲动, 并有维持妊娠和保胎的作用 (王建辰等, 1998)。

自从放射免疫测定法 (Radioimmunoassay, RIA) 问世以来, 雌二醇、孕酮测定法在发情鉴定、动物生殖力鉴定、胚胎死亡的判断、早孕诊断等方面显示了非常重要的作用 (Wasser *et al.*, 1988, 1991, 1993, 1994, 1996; Whitten *et al.*, 1998; Carosi *et*

基金项目: 华东师范大学“十五”、“211工程”重点学科建设子项目

作者简介: 李春 (1975-), 女, 博士生, 讲师, 主要从事珍稀濒危哺乳动物生态学研究。

收稿日期: 2004-11-02; 修回日期: 2005-02-28

\* 通讯作者, correspondence author, E-mail: lichunbio@126.com

al., 1999; Bardi et al., 2001)。

小熊猫 (*Ailurus fulgens*) 是季节性繁殖的动物, 雌性在 18~20 ( $\bar{x}=19.1$  月;  $N=7$ ) 月龄时性成熟, 在 24~26 ( $\bar{x}=25.2$ ;  $N=7$ ) 月龄时可第 1 次产仔。每年 1 月中旬到 3 月中旬为发情期 (胡锦矗, 1991)。有关行为观察数据表明小熊猫怀孕时间长度变化很大, 在 114~145 d 的范围内, 平均 131 d ( $N=9$ ); 多数在 6、7 月份产仔, 6 月份的产仔率为 70.2%, 7 月份为 20.3%; 小熊猫每胎产 1~4 仔, 多数为 2 仔, 平均 1.7 仔 (Roberts and Kessler, 1979; Muller, 1989; Stevenson et al., 1989; Wei et al., 1998)。小熊猫在野外栖息于茂密的森林, 以晚间活动为主, 白天常隐藏于洞中或浓荫的树冠中, 产仔于洞中, 因此, 不适于在强光照下活动。尤其在繁殖期, 临产时不仅需要环境安静, 还需避免强光的刺激。在圈养条件下, 由于各种不利环境条件的影响, 母兽产生嗜仔和频繁叼仔等行为, 导致出生的幼仔死亡率很高, 高达 40% (胡锦矗等, 1992)。此外, 受孕后的雌兽由于雄兽的追逐和再次交配, 容易造成流产。因此, 在雌性小熊猫妊娠期和产仔期采取适当的管理方式、安排好适宜的环境条件对提高小熊猫产仔率和幼仔存活率有着非常重要的意义。

小熊猫与大熊猫 (*Ailuropoda melanoleuca*) 一样, 孕期和产仔期不易预测, 常受几种因素的影响, 一是每次发情期短, 多次交配, 个别个体已怀孕还接受交配; 二是怀孕雌体形体变化不明显; 三是气候反常, 或环境改变, 导致延迟着床 (胡锦矗, 1991)。以往对小熊猫孕期和产仔期的推测主要通过行为观察来完成 (Roberts and Kessler, 1979; Muller, 1989; Stevenson et al., 1989), 缺乏对其妊娠期和产仔期的生殖激素的研究。本文对小熊猫妊娠期的雌二醇、孕酮进行了分析研究, 以期寻找早孕诊断的方法, 推测产仔日期和判断真假妊娠。

在以往的动物性激素研究中, 人们采用了血液、毛发、尿液和粪便 4 种方法 (Li et al., 2001; Risler et al., 1987; Wasser et al., 1988; 郭大智等, 1994)。通常情况下, 采取血液需要首先麻醉动物。众所周知, 特殊的麻醉药会破坏其内分泌激素的活力 (Clarke et al., 1983; Fuller et al., 1984; Johnson and Gay, 1981; Lawson, 1985)。而且麻醉剂会干扰或阻碍雌性动物排卵 (Howard et al., 1992), 这样就会影响实验结果的准确性。尤其是对珍稀濒危动物, 用此方法更为不妥。毛发、尿液和粪便均

属非损伤性取样, 但小熊猫属观赏性动物, 经常采取毛发将影响美观; 小熊猫尿量少, 且活动场地多为泥土, 采取样品难度较大, 且样品易污染。而粪便易取且可避免污染, 故在本实验中, 我们采用粪便取样法研究雌性小熊猫妊娠期和产仔期生殖激素水平的变化情况。

## 1 研究方法

### 1.1 实验动物

2000 年 3~8 月, 我们收集了成都大熊猫繁育研究基地和成都动物园健康雌性成年小熊猫雌体 6 只 (1#, 2#, 3#, 4#, 5#, 6#) 的粪样。1#、2# 共同与 1 只雄性饲养在一个活动场, 3# 与 4 只雄性小熊猫饲养在一个活动场, 4#, 5#, 6# 分别与各自的配偶饲养在一起。圈养场地是直径约 20~30 m 的圆形露天活动场, 场中有直径 15~25 m 的圆形土堆, 土堆上有树、草、竹子和人造山洞。每天 07:00~09:00, 饲养员清理活动场, 08:00 和 16:00 分别投放一次食物。

### 1.2 样品的采集和保存

为排除性激素水平波动的干扰, 只取早晨新鲜粪便。小熊猫一般在进食中或进食后易排便, 故在试验期间, 每天早晨 07:00~09:00 在活动场外观察, 发现实验对象排便后立即进入活动场, 取粪便中间未经污染的部分作为样品, 并马上装入塑料袋密封, 做好记录, 放入 -20℃ 冰箱保存。尽量每只动物每两天收集一次样品。共收集样品 226 个。

### 1.3 激素提取

以 Wasser 等 (1991)、陈玉燕等 (1996) 和李春旺等 (2000) 的方法, 改进后用来提取粪样中的激素, 具体操作如下:

将湿粪便粉碎混匀, 去除砂粒和粗纤维等, 取 1 份 (0.5~1.0 g) 称重, 120℃ 烘干后再称重, 测含水量。取研磨混匀的湿粪样 0.5 g, 加入甲醇:蒸馏水 (v/v = 8:1) 的混合液 4 ml 振荡 1.5 min, 再加入 2.5 ml 石油醚, 振荡 0.5 min (以除去脂质), 然后离心 10 min (1 500 r/min), 取甲醇层 2 ml 于小试管中, 室温放置于水浴蒸干 (37℃), 测试时加入 0.02 mol/L 的磷酸缓冲液 (pH = 7.0~7.2) 2 ml, 震荡 5 min, 制成待测样品。

### 1.4 激素含量的测定

用北京福瑞生物工程公司生产的雌二醇和孕酮放射免疫分析测定试剂盒, 对上述各待测样品进行双管平行样测定。以国营二六二厂生产的 FJ-2008

型  $\gamma$  自动免疫计数器计数。

## 1.5 数据统计和分析

用 Curve Expert 1.3 和 Microsoft Excel 软件进行数据处理和作图。利用 SPSS 统计软件包中的 Mann-Whitney test 检验激素水平差异。

## 2 结果

1<sup>#</sup> 小熊猫在 3 月 11 日自然交配一次。7 月 15 日生产 1 对幼仔, 自然交配后 E2 下降至 300 pg/g 以下, 并一直维持在此基础水平。生产前 E2 略有回升, 产后又回到基础水平。P 水平在发生交配行为后, 从 3 月 15 日开始持续增长, 4 月 12 日上升到 150 ng/g 以上, 并在整个妊娠期维持较高水平。生产前半个月 (6 月 27 日以后) P 迅速下降至基础水平 100 ng/g 以下 (图 1)。

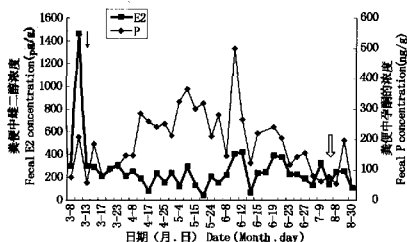


图 1 1<sup>#</sup> 小熊猫粪便中雌二醇、孕酮变化  
Fig.1 Changes of fecal E2 and P concentration in red panda No.1  
“↓” 交配 Copulation, “▽” 产仔 Production

2<sup>#</sup> 小熊猫在 3 月 17 日自然交配一次。7 月 18 日生产 1 对幼仔, 自然交配行为发生后 E2 下降至 350 pg/g 以下, 妊娠前中期一直维持在此基础水平以下, 生产前有所回升。产后又回到基础水平。P 水平从 4 月 12 日持续维持在 100 ng/g 以上。生产前 7 月 5 日起, P 水平下降至 100 ng/g 以下, 并一直保持在基础水平 (图 2)。

1<sup>#</sup>、2<sup>#</sup> 在妊娠期 P 水平多在 200 ng/g 以上, P 峰值最高可达 500 ng/g 以上, 与非妊娠期差异显著 ( $P < 0.01$ )。

3<sup>#</sup> 小熊猫当年未产仔, 也未观察到有交配行为。其 E2 水平从 3 月至 5 月上旬显著高于其他时期 ( $P < 0.01$ )。P 值在 5 月 15 日至 7 月 16 日有一定程度的上升, 其余时间均处于基础水平 (图 3)。

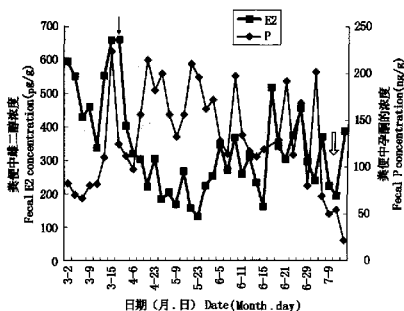


图 2 2<sup>#</sup> 小熊猫粪便中雌二醇、孕酮变化  
Fig.2 Changes of fecal E2 and P concentration in red panda No.2  
“↓” 交配 Copulation, “▽” 产仔 Production

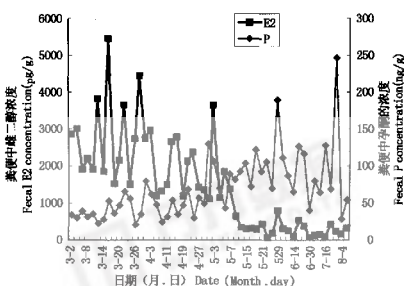


图 3 3<sup>#</sup> 小熊猫粪便中雌二醇、孕酮变化  
Fig.3 Changes of fecal E2 and P concentration in red panda No.3

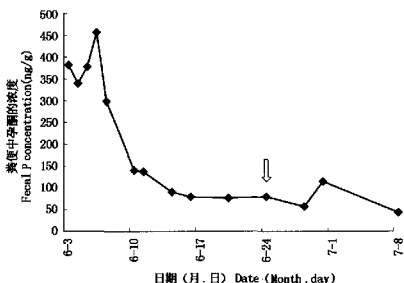


图 4 4<sup>#</sup> 小熊猫生产前粪便中孕酮变化  
Fig.4 Changes of fecal P concentration before breeding in red panda No.4  
“▽” 产仔 Production

4<sup>#</sup>小熊猫6月25日产仔1对,死亡。5<sup>#</sup>小熊猫7月3日产仔1只。6<sup>#</sup>小熊猫2月26日交配,7月4日产仔1对。从图4、5、6可以看出,这3只雌体的P水平在产前半个月左右开始迅速下降,并于产前下降至基础水平(图4~6)。

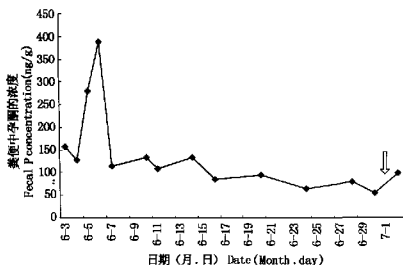


图5 5<sup>#</sup>小熊猫生产前粪便孕酮变化

Fig.5 Changes of fecal P concentration before breeding in red panda No.5  
“♂”产仔 Production

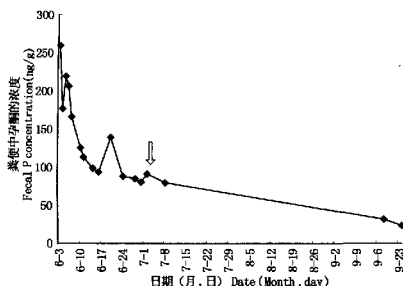


图6 6<sup>#</sup>小熊猫生产前粪便孕酮变化

Fig.6 Changes of fecal P concentration before breeding in red panda No.6  
“♂”产仔 Production

### 3 讨论

许多哺乳动物在排卵前E2有一个明显的高峰(He et al., 2001; 施少清等, 1988)。结合交配行为的发生时间, 我们根据E2水平推断, 1<sup>#</sup>、2<sup>#</sup>小熊猫分别在3月11日和3月17日交配后受精。交配后的P浓度维持在高水平上(图1、图2), E2浓度持续低水平, 这可能是由于胎盘产生了大量孕酮维持妊娠和卵巢分泌雌激素减少造成的。因为大量的孕酮对雌性性行为有抑制作用(Zehr et al., 1998)。故妊娠期高水平的P浓度不仅可使雌性小

熊猫保持性冷淡, 有利于胚胎的稳固, 减少流产, 而且还可维持子宫粘膜增生、刺激子宫腺增长、弯曲增多、分泌加强, 有利于维持妊娠; 此外, P还通过对中枢的作用, 抑制催产素的释放和子宫肌肉的自发性活动, 使子宫保持安静(王建辰和章孝荣, 1998)。据此, 我们可以通过检测雌性小熊猫的E2、P水平的变化及时有效地进行早期妊娠诊断。

有人认为, 在妊娠期间孕酮能阻滞子宫肌肉的活动, 分娩的先决条件之一是除去这种“阻滞”(董伟, 1985)。因此, 在产前半个月左右, 1<sup>#</sup>、2<sup>#</sup>、4<sup>#</sup>、5<sup>#</sup>、6<sup>#</sup>的P水平开始下降(图1~6), 于产前下降到最低水平。妊娠最后两周孕酮浓度的逐渐降低和雌激素的升高是由于孕体功能的改变或成熟导致分娩过程的来临(董伟, 1985)。其他哺乳动物也有此种情况发生, 如黑犀牛(*Diceros bicornis minor*)受精后孕激素浓度持续上升, 在60~250 d之间高出5~10倍, 分娩前两星期粪便孕激素下降(Schwarzenberger et al., 1993; Garnier et al., 1998)。因此, 我们可以通过监测雌性小熊猫的P激素水平的变化情况推测产仔日期, 从而在管理上采取相应措施, 创造良好的环境条件, 使其安全顺利生产。

结合P、E2水平的变化情况, 妊娠的开始是以引起排卵的交配行为发生时算起, 本次实验雌性动物的妊娠期为123~128 d ( $\bar{x} = 124$  d,  $N = 4$ )。其孕期的变化范围明显小于Roberts和Kessler(1979)通过观察所得数据111~145 d。因此, 我们认为判断小熊猫的妊娠周期必须结合测定其性激素水平的变化来进行, 否则会造成较大误差。本次实验动物的产仔率为1.8个/胎( $N = 5$ ), 多数为2只/胎, 与以前的报道基本相同。

未孕个体3<sup>#</sup>在繁殖期一直未见P值的持续上升, 虽然从5月上旬至7月上旬P值升高了一段时间, 但其P水平一般不超过150 ng/g, P峰值在200 ng/g以下(图3)。并且P水平升高持续时间明显短于1<sup>#</sup>、2<sup>#</sup>(图1~3)。由于该小熊猫当年未产仔, 我们认为这可能是一种假妊娠现象, 出现的P值持续升高可能是排卵后黄体期分泌的P所致。不论怀孕与否的家猫黄体期, 粪便中的P代谢浓度均会上升, 但假孕家猫P代谢浓度上升所持续的时间仅为真孕家猫的一半(Brown et al., 1994)。类似的情况在大熊猫(谢钟等, 1994)、云豹(*Neofelis nebulosa*) (Brown et al., 1995)和猎豹(*Acinonyx*

*jubatus*) (Brown *et al.*, 1996) 中存在。因此, 我们可以根据小熊猫的 P 水平高低来判断受孕与否, 以及区别真假妊娠, 可避免管理上的误差。已确认怀孕的个体应单独饲养, 既可避免雄性的继续进攻而造成流产, 又可对其进行特殊照顾, 保证妊娠安全、顺利。

致谢: 本工作得到了成都大熊猫繁育基地和成都动物园的大力支持, 谨致衷心感谢。

## 参考文献:

- Bardi M, Shimizu K, Fujita S, Borgognini-Tarli S, Hoffman M. 2001. Hormonal correlates of maternal style in captive macaques (*Macaca fasciata* and *M. mulatta*). *Am J Primatol*, 22: 647–662.
- Brown J L, Wasser S K, Wildt D E, Graham L H. 1994. Comparative aspects of steroid hormone metabolism and ovarian activity in felids, measured noninvasively in feces. *Biology of Reproduction*, 51: 776–786.
- Brown J L, Wildt D E, Graham L H, Byers A P, Collins I, Barrett S, Howard J. 1995. Natural versus chorionic gonadotropin-induced ovarian responses in the clouded leopard (*Neofelis nebulosa*) assessed by fecal steroid analysis. *Biology of Reproduction*, 53: 93–102.
- Brown J L, Wildt D E, Wielekownski N, Goodrowe K L, Graham L H, Wells S, Howard J G. 1996. Reproductive activity in captive female cheetahs (*Acinonyx jubatus*) assessed by faecal steroids. *Journal of Reproduction and Fertility*, 106: 337–346.
- Carosi M, Heistermann M, Visalberghi E. 1999. Display of proceptive behaviors in relation to urinary and fecal progesterone levels over the ovarian cycle in female tufted capuchin monkeys. *Horm Behav*, 36: 252–265.
- Clarke J J, Doughton B W. 1983. Effect of various anesthetics on resting plasma concentrations of luteinizing hormone, follicle-stimulating hormone and prolactin in ovariectomized ewes. *Journal of Endocrinology*, 98: 79–89.
- Fuller C B, Hobson W C, Reyes F I, Winter J S D, Faiman C. 1984. Influence of restraint and ketamine anesthesia on adrenal steroids, progesterone and gonadotropins in rhesus monkeys. *Proceedings of the society for Experimental Biology and Medicine*, 175: 487–490.
- Garnier J N, Green D I, Pickard A R, Shaw H J, Holt W V. 1998. Non-invasive diagnosis of pregnancy in wild black rhinoceros (*Diceros bicornis minor*) by faecal steroid analysis. *Reproduction and Fertility Development*, 10: 451–458.
- He Y M, Pei Y J, Zou R J, Ji W Z. 2001. Changes of urinary steroid conjugates and gonadotropin excretion in the menstrual cycle and pregnancy in the Yunnan snub-nosed monkey (*Rhinopithecus bieti*). *Am J Primatol*, 55: 223–232.
- Howard J G, Barone M A, Donoghue M A, Wildt D E. 1992. The effect of pre-ovulatory anesthesia on ovulation in laparoscopically inseminated domestic cats. *Journal of Reproduction and Fertility*, 96: 175–186.
- Johnson L M, Gay V L. 1981. Luteinizing hormone in the cat. *I Tonic secretion. Endocrinology*, 109: 240–246.
- Lawson D M. 1985. Anesthetics and neuroendocrine function. In: Steger R W, Johns A J eds. *CRC handbook of pharmacological methodologies for the study of the neuroendocrine system*. Florida: CRC Press, 385–424.
- Li C, Jiang Z, Jiang G, Fang J. 2001. Seasonal changes of reproductive behavior and fecal steroid concentrations in Pere David's deer. *Hormones and Behavior*, 40: 518–525.
- Müller P. 1989. Keeping and breeding red panda at Leipzig Zoo. In: Galtston A R ed. *Red Panda Biology*. The Hague: SPB Academic Press, 95–102.
- Risler L, Wasser S K, Sackett G P. 1987. Measurement of excreted steroids in *Macaca nemestrina*. *American Journal of Primatology*, 12: 91–100.
- Roberts M S, Kessler D S. 1979. Reproduction in red pandas (*Ailurus fulgens*) (Carnivora: Ailuridae). *J Zool*, 188: 235–249.
- Schwarzenberger F, Francke R, Goldenboth R. 1993. Concentrations of faecal immunoreactive progesterone metabolites during the oestrous cycle and pregnancy in the black rhinoceros (*Diceros bicornis michaeli*). *Journal of Reproduction and Fertility*, 98: 285–291.
- Stevenson M, Amess L, Hanning J, Smith N. 1989. Red pandas at Edinburgh Zoo. In: Galtston A R ed. *Red Panda Biology*. The Hague: SPB Academic Press, 103–114.
- Wasser S K. 1996. Reproductive control in wild baboons measured by fecal steroids. *Biology of Reproduction*, 55: 393–399.
- Wasser S K, Monfort S L, Southers J, Wildt D E. 1994. Excretion rates and metabolites of estradiol and progesterone in baboon (*Papio cynocephalus cynocephalus*) faeces. *Journal of Reproduction and Fertility*, 101: 213–220.
- Wasser S K, Monfort S L, Wildt D E. 1991. Rapid extraction of faecal steroids for measuring reproductive cyclicity and early pregnancy in free-ranging yellow baboons (*Papio cynocephalus cynocephalus*). *Journal of Reproduction and Fertility*, 92: 415–423.
- Wasser S K, Risler L, Steiner R A. 1988. Excreted steroids in primate feces over the menstrual cycle and pregnancy. *Biology of Reproduction*, 39: 862–872.
- Wasser S K, Thomas R, Nair P P, Guidry C, Southers J, Lucas J, Wildt D E, Monfort S L. 1993. Effects of dietary fibre on faecal steroid measurements in baboons (*Papio cynocephalus cynocephalus*). *Journal of Reproduction and Fertility*, 97: 569–574.
- Wei F, Feng Z, Hu J, Sheng Q, Yang Z, Li G, Yu J. 1998. Brief history of raising and breeding red pandas in China. In: Galtston A R ed. *The red and lesser panda studbook*. Diergaarde: Stichting Koninklijke Rotterdam, 10.
- Whitten P L, Brochman D K, Slavisky R C. 1998. Recent advances in noninvasive techniques to monitor hormone-behavior interaction. *Am J Phys Anthropol*, 27 (Suppl.): 1–23.
- Zehr J L, Muestripieri D, Wallen K. 1998. Estradiol increases female sexual initiation independent of male responsiveness in rhesus monkeys. *Hormones and Behavior*, 33 (2): 95–103.
- 干建发, 章孝荣主编. 1998. 动物生殖调控. 合肥: 科学技术出版社.
- 李春旺, 蒋志刚, 房继明, 美国华, 尹玉华, 沈华, 徐安红. 2000. 麝鹿繁殖行为和激素水平变化的关系. 兽类学报, 20 (2): 88–99.
- 陈玉燕, 张希贤, 赵明杰, 吴丙新. 1996. 圈养食蟹猴之行为模式与繁殖生理研究. 台北动物园学报, 8: 1–16.
- 胡锦斌. 1991. 小熊猫的繁殖生物学研究. 1991. 四川师范学院学报, 12 (1): 1–5.
- 胡锦斌, 吕向东, 宋云芳, 魏辅文. 1992. 美丽的小熊猫. 成都: 电子科技大学出版社.
- 施少清, 董琳, 陈玉村, 冯丹丹. 1988. 大熊猫雌性个体发情期生殖内分泌变化的研究. 兽类学报, 8 (1): 1–6.
- 郭大智, 刘显义, 陈发菊, 宋雪华, 王升荣, 邱贤猛, 汤纯香, 张和民, 何廷美, 陈猛, 张贵权. 1994. 大熊猫被毛中孕酮、睾酮含量的季节性变化. 见: 张安居, 何光晰主编. 成都国际大熊猫保护学术研讨会论文集. 成都: 科学技术出版社, 256–259.
- 董伟. 1985. 家畜的生殖激素. 北京: 农业出版社.
- 谢树, 刘维新, 刘农林. 1994. 大熊猫尿中雌二醇、孕酮含量周期性变化的初步研究. 见: 张安居, 何光晰主编. 成都国际大熊猫保护学术研讨会论文集. 成都: 科学技术出版社, 238–241.