

圈养大熊猫催产素水平与母性行为之间关系

王子叶^{1,2} 毕温磊² 吴蔚² 余姣姣² 周延山²
侯蓉² 向左甫^{1*} 齐敦武^{2*}

(1 中南林业科技大学, 长沙410004)

(2 成都大熊猫繁育研究基地, 四川省濒危野生动物保护生物学重点实验室, 成都610081)

关键词: 大熊猫; 母性行为; 催产素

中图分类号: Q958.12

文献标识码: A

文章编号: 1000-1050 (2021) 06-0721-10

A study on the relationship between oxytocin level and maternal behavior in captive giant pandas

WANG Ziyue^{1,2}, BI Wenlei², WU Wei², YU Jiaojiao², ZHOU Yanshan², HOU Rong², XIANG Zuofu^{1*}, QI Dunwu^{2*}

(1 Central South University of Forestry and Technology, Changsha 410004, China)

(2 Chengdu Research Base of Giant Panda Breeding, Sichuan Key Laboratory of Conservation Biology for Endangered Wildlife, Chengdu 610081, China)

Abstract: Maintaining a good cub-rearing relationship is of great significance for the healthy development of newborn giant panda cubs. Oxytocin plays a key role in this cub-rearing relationship development during the breeding period. To investigate the relationship between oxytocin levels and maternal behavior, we sampled the maternal behavior of 6 adult female giant pandas (3 in lactation group, 3 in non-lactation group) at Chengdu Research Base of Giant Panda Breeding from June to September 2019 by using the focal sampling method, and tested the urine oxytocin level of each individuals by using enzyme-linked immunosorbent assay. The results showed that the oxytocin levels were significantly higher in the lactation group ($278.86 \text{ pg/mg} \pm 44.42 \text{ pg/mg}$) than in the non-lactation group. For the two types of breastfeeding groups, the level of oxytocin in the multiparous female pandas ($185.64 \text{ pg/mg} \pm 44.61 \text{ pg/mg}$) was significantly lower than that in the primiparous female pandas ($465.30 \text{ pg/mg} \pm 82.39 \text{ pg/mg}$). Compared with the primiparous female pandas, the multiparous female pandas had more embracing cub behavior ($77.45\% \pm 1.24\%$) and feeding behavior ($15.22\% \pm 1.62\%$), but less licking cub ($14.26\% \pm 0.91\%$) and position adjustment behavior ($1.69\% \pm 0.29\%$). Finally, we found the licking cub behavior was significantly positively correlated with the oxytocin level in the lactation group, and the embracing cub behavior was significantly negatively correlated with the oxytocin level in the lactation group. The results indicate that primiparous female pandas show more maternal behavior, less individual behavior and higher oxytocin levels. The results of this study suggest that the different reactions of oxytocin in the two types of giant panda females may help to improve the refined and differentiated breeding techniques for captive giant pandas in the future.

Key words: Giant panda (*Ailuropoda melanoleuca*); Maternal behavior; Oxytocin

催产素 (oxytocin, OT) 是能够对社会关系和共情能力产生重要影响的肽类激素, 通过与其受体

基金项目: 国家自然科学基金 (31772484); 四川省科学技术厅项目 (2017JQ0026, 2018SZDX0037); 成都大熊猫繁育研究基金会项目 (CPF2017-20)

作者简介: 王子叶 (1996-), 硕士研究生, 主要从事动物行为学方面的研究. E-mail: 1291001787@qq.com

收稿日期: 2020-09-29; 接受日期: 2021-04-26

* 通讯作者, Corresponding authors, E-mail: xiangzf@csuft.edu.cn; qidunwu@163.com

(oxytocin receptor, OTR) 结合而发挥作用 (Crockford *et al.*, 2013)。对抚育幼体的啮齿类雌性动物, 分娩时子宫的收缩会刺激下丘脑处的催产素神经元释放催产素, 从而影响母性行为的产生, 母性攻击行为可能表现得更明显 (Pedersen and Boccia, 2003)。在妊娠和分娩期间, 催产素水平升高则会与产后母婴关系更为亲密 (Levine *et al.*, 2007; Feldman *et al.*, 2010)。分娩时释放的催产素可以刺激母性行为迅速出现, 如母体舔舐幼仔行为 (Kojima and Alberts, 2011)。哺乳动物催产素具有较为稳定的昼夜变化, 这种相对稳定的分泌模式与其行为之间具有紧密的联系 (Forsling *et al.*, 1998; Blagrove *et al.*, 2012)。

动物良好的母性行为是幼体正常发育的重要保障, 雌体对其后代或亲缘个体后代提供抚育活动可提高幼体成活率 (赵晓莲等, 2010), 如筑巢、哺乳及抚育等行为 (孙伟等, 2013)。在幼体成长过程中, 若缺乏母性关怀, 其成年后会表现出较高的焦虑和压力反应等负面影响 (Liu *et al.*, 2000; Feldman and Bakermans-Kranenburg, 2017), 影响后代的社会性, 削弱后代的社会联系 (Mayumi, 2020)。母性行为不能健康表现会对种群的繁衍不利 (Dwyer, 2014)。

大熊猫 (*Ailuropoda melanoleuca*) 初生幼仔非常弱小, 幼仔的行动和视觉都受到很大限制, 良好的母性行为对幼仔生长发育来说尤为重要 (张志和和魏辅文, 2006; 刘璇等, 2019)。在圈养条件下, 母兽哺育的幼仔表现活跃, 比人工辅助育幼的幼仔更早独立活动, 若大熊猫的母性行为表现较弱, 可能会影响幼体正常的行为发育 (周应敏等, 2010; 周晓等, 2013)。催产素在亲社会行为中被集中释放, 从而调节其他社会行为, 如母性行为等, 而面临危险时催产素会倾向于减少焦虑与反社会行为 (Szymanska *et al.*, 2017)。触觉刺激如按摩和拥抱会导致动物体内的催产素水平升高 (Pohl *et al.*, 2018), 从而增加信任和依恋行为 (Carter, 2017; Taubert *et al.*, 2019)。在催产素作用下, 母幼的联系更为紧密, 从而确保幼体的健康发育 (Lévy, 2016)。因此, 明晰圈养大熊猫育幼期母性行为表达和生理水平之间的关系, 有助于提高圈养大熊猫种群繁衍和饲养管理水平。

本文旨在通过对育幼雌性大熊猫母性行为与

其催产素水平联系的分析, 揭示母性行为表达与生理水平呈现的关系。研究假定大熊猫母体母性行为越强, 其催产素水平越高, 反之, 则越低。研究结果可在一定程度上揭示大熊猫的母性强弱是否会在生理水平上得到呈现, 此结果将对圈养大熊猫的成长发育和种群繁衍以及与之相关的圈养管理提供理论支撑。

1 研究方法

1.1 研究地点和研究对象

研究地点为成都大熊猫繁育研究基地。研究对象为 6 只雌性大熊猫 (3 只已产仔, 3 只未产仔) 和 5 只幼仔, 所有幼仔均于 2019 年 6—7 月出生, 研究进行期间研究对象均为健康无疾病个体 (表 1)。

1.2 样品采集

在 2019 年 6—9 月期间, 每周采集 2 次尿液, 采集时间为 08:00—17:00。在圈舍地面干燥情况下, 采用一次性医用注射器采集地面上的新鲜尿液, 将样品保存在 5 mL 冻存管, 立即放入 -20℃ 冰箱中, 随后放入 -80℃ 冰箱长期保存。根据研究期间是否育幼将研究对象分为哺乳组与非哺乳组, 在哺乳组产仔后采集母兽的尿液样本, 与此同时, 采集非哺乳组雌性大熊猫的尿液样本。尿液样本共计 73 份, 其中阿宝 12 份、绩丽 15 份、成大 16 份, 其余福禄、妮妮和美轮分别为 10、9、11 份。为了减少催产素分泌的节律变化给实验带来的影响, 仅采用 08:00—11:00 的尿液样本进行分析, 研究对象参与分析的有效样本均为 5 份 (Leeds *et al.*, 2018; Kagerbauer *et al.*, 2019)。

采用焦点动物取样法, 在 2019 年 6—10 月分别对 3 只母兽进行育幼期 45 d 的行为记录, 各实验对象每周观察 3 d, 时间为 08:00—17:00, 观察过程中对每次行为类型和持续时间做记录, 并对实验个体进行视频录制, 以备后期分析。共计获得每个实验对象每周 27 h 的记录, 有效时长约为 800 h。参照大熊猫个体行为定义的相关研究 (Kleiman and Colling, 1972; 胡锦涛等, 1985; Snyder *et al.*, 2003; 何永果等, 2015; Rebecca *et al.*, 2016), 结合实验需求将行为谱归纳总结为两大类: 一类是涉及到母兽和幼仔两者的母性行为; 一类是母兽自身的个体行为, 共 13 种行为类型 (表 2)。

表 1 研究对象基本信息表
Table 1 Basic information of the experimental subjects

母兽 Female giant panda	谱系号 Pedigree number	年龄（岁） Age (year)	尿液样本（份） Urine sample (n)	育幼经验 Parity	体重 Body weight (kg)	幼仔 Cub
绩丽 (JL)	671	12	5	经产 Multiparous	108	绩笑 Jixiao (♀)
成大 (CD)	824	8	5	经产 Multiparous	112	成凤 Chengfeng (♀)
				经产 Multiparous	112	成浪 Chenglang (♀)
阿宝 (AB)	801	9	5	初产 Primiparous	124	宝哥 Baoge (♂)
				初产 Primiparous	124	宝妹 Baomei (♀)
美轮 (ML)	870	6	5	—	111	—
福禄 (FL)	883	6	5	—	106	—
妮妮 (NN)	725	11	5	—	105	—

“—” 表示 2019 年未产仔或未育幼
‘—’ indicates that no offspring were born in 2019

表 2 行为描述及定义
Table 2 Behavior description and definition

行为分类 Behavioral category	主要行为 Principal behaviors	描述 Description
母性行为 Maternal behavior	叼仔 Nibbling cub	用嘴巴叼起幼仔以便哺乳或者嘴叼幼仔走动 The mother picks up the cub in her mouth to suckle or move around
	舔仔 Licking cub	用舌头舔舐幼仔身体 The mother licks her cub's body with her tongue
	抱仔 Embracing cub	蹲坐或躺着将幼仔放在怀里哺乳或让其睡觉 The mother sits or lies down with the cub in her lap to breastfeed or let it sleep
	位置调整 Position adjustment	用嘴或身体改变幼仔的位置 The mother uses her mouth or body to change the position of her cub
	调整姿势 Posture adjustment	母体改变自己的身体姿势 The mother changes its body position
	修饰 Modifying	母兽抱着幼仔时，舔舐自身各部分 While holding her cub, the mother licks all parts of herself
	弃仔 Putting away cub	如推开幼仔，拒绝哺乳等 The mother pushed her cub away and refused to breastfeed
个体行为 Individual behavior	求适 Grooming	舒适性行为，以舔、舔毛（掌）、擦痒、抓痒为主的行为 The mother's comfort behavior is mainly licking, licking the fur (palm), scratching, scratching
	休息 Resting	未抱仔，静止状态或躺或坐 The mother does not cuddle, or is lying or sitting still
	探究 Exploring	盯住并缓慢走到某一物体前，嗅闻或张望，有时在兽舍内爬栏张望 The mother watched and walked slowly to an object, sniffing or looking, and sometimes climbing a fence in the den to look
	摄食 Feeding	包括食用竹子、竹笋、窝窝头、苹果、水和蜂蜜等食物 The mother eats bamboo, bamboo shoots, apples, water, honey, etc.
	运动 Moving	包括刻板、走动、跑动、攀爬、游戏等行为 This includes stereotyping, walking, running, climbing, playing, etc.
	其他 Others	除上述行为以外的其他行为，如离开排便等 Other than the above, such as leaving the stool, etc.

1.3 实验方法

采用 ELISA 法测定尿液催产素含量，试剂盒为 Arbor Assays (K048-H1)，所有样品的处理及检测均保证正常操作。检测所得浓度数值除以肌酐水

平，以控制不同尿液浓度的差异，浓度值以 pg/mg 表示。肌酐检测量采用尿液苦味酸法：将尿液稀释 20 倍后加到 96 孔板中，加入 0.05 mL 0.4 mol/L 的苦味酸和 0.05 mL 0.75 mol/L 的 NaOH。在室温

下 (25℃) 孵育 15 min 后, 酶标仪 (490 nm) 检测 OD 值。当肌酐值低于 0.1 mg/mL 时认为样品被水污染, OT 值不采用 (罗婵等, 2011)。

采用焦点动物取样法和扫描取样法 (1 min) 对行为类型进行叠加汇总, 将实验对象行为数据看做一个独立样本, 该独立样本内行为类型 A1 发生次数 n_1 与所有行为类型发生总次数 N 的比值, 即为 A1 的行为发生频率, 用 n_1/N 表示。行为数据有效样本总计 61 个 (Li *et al.*, 2020)。以 2019 年是否产仔为依据将研究对象分为哺乳组和非哺乳组; 在哺乳组中以是否有育幼经验分为初产个体 (2019 年初次生产) 与经产个体 (2019 年非初次生产), 用来进行组间差异分析。

1.4 数据统计分析

采用 Excel 2016 和 SPSS 24.0 软件整理和分析数据, 所有数据测定值表示为: 平均值 $\pm$ 标准误差 (mean $\pm$ SE)。用 Kolmogorov-Smirnov 检验数据的分布型, 结果发现所有数据都不属于正态分布, 因此, 采用 Mann-Whitney U 检验分析哺乳组和非哺乳组的催产素水平差异以及初产个体与经产个体之间催产素水平差异, Mann-Whitney U 检验分析哺乳组个体之间母性行为与个体行为差异 (田丽等, 2011), 采用 Spearman 相关性分析检测催产素与母性行为之间的相关性以及母兽行为之间的相关性。

2 结果

2.1 大熊猫哺乳组与非哺乳组催产素水平比较

幼仔 0 ~ 45 日龄, 大熊猫催产素水平随时间变化不明显, 处于稳定的动态变化, 仅大熊猫阿宝处于不稳定状态且变化明显 (图 1)。哺乳组催产素平均水平 ($278.86 \text{ pg/mg} \pm 44.42 \text{ pg/mg}$) 显著高于非哺乳组 ($147.51 \text{ pg/mg} \pm 39.84 \text{ pg/mg}$) ($Z = -2.924, P = 0.003$) (图 2), 初产个体的催产素水平 ($465.30 \text{ pg/mg} \pm 82.39 \text{ pg/mg}$) 显著高于经产个体 ($185.64 \text{ pg/mg} \pm 44.61 \text{ pg/mg}$) ($Z = -2.817, P = 0.005$) (图 3)。

2.2 母性行为分布特征

大熊猫初产个体母性行为主要是抱仔 ($54.91\% \pm 4.49\%$) 和舔仔 ($34.75\% \pm 3.39\%$) 两种行为; 其它行为则较少, 如位置调整 ($4.40\% \pm 0.73\%$)、调整姿势 ($3.88\% \pm 0.46\%$)、修饰 ($1.61\% \pm 0.45\%$)、叼仔 ($0.38\% \pm 0.19\%$) 和弃仔

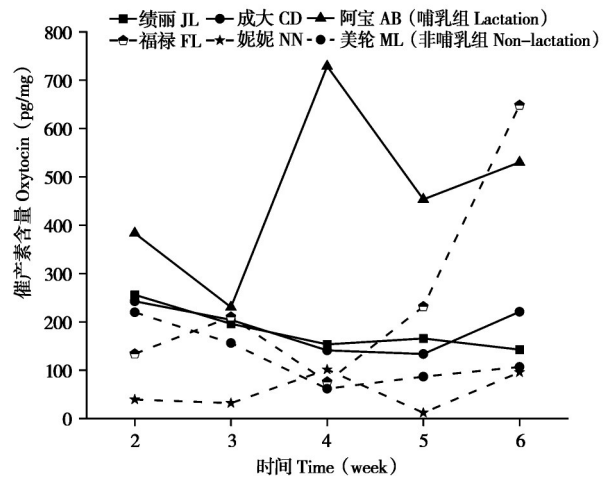


图 1 圈养大熊猫尿液催产素 (OT) 的动态变化 ($n = 30$). JL、CD、AB 为 2019 年产仔且带仔个体; ML、FL、NN 为 2019 年未产仔且未带仔个体

Fig. 1 Dynamic change of oxytocin (OT) over time ($n = 30$). JL, CD and AB are the individuals who gave birth in 2019 and carried offspring; ML, FL and NN are the individuals who did not give birth in 2019 and did not carry offspring

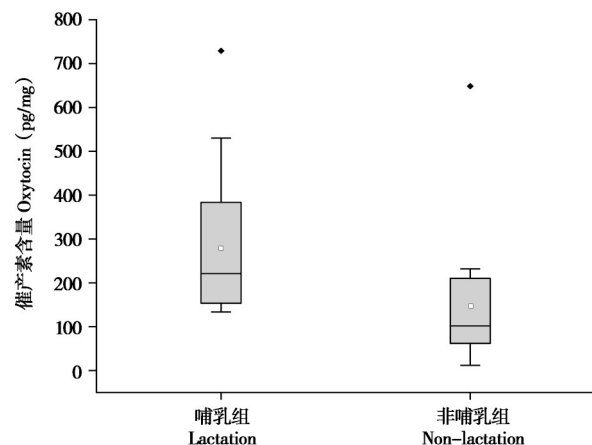


图 2 哺乳组和非哺乳组圈养大熊猫的催产素水平 (哺乳组 $n = 15$, 非哺乳组 $n = 15$)

Fig. 2 Oxytocin level in both the lactation and non-lactation captive giant pandas (Lactation: $n = 15$, Non-lactation: $n = 15$)

($0.07\% \pm 0.06\%$)。

与初产个体相比, 经产个体抱仔行为显著增加 ($Z = -4.769, P < 0.001$), 舔仔行为 ($14.26\% \pm 0.91\%, Z = -5.452, P < 0.001$)、位置调整 ($1.69\% \pm 0.29\%, Z = -3.325, P = 0.001$) 以及叼仔 ($0.33\% \pm 0.06\%, Z = -1.973, P = 0.049$) 显著减少, 其余行为无显著差别, 如调整姿势 ($4.74\% \pm 0.23\%, Z = -1.397, P = 0.162$)、修饰 ($1.23\% \pm 0.28\%, Z =$

-0.293, $P = 0.769$) 和弃仔 ($0.21\% \pm 0.14\%$, $Z = -0.095$, $P = 0.925$) (图4)。

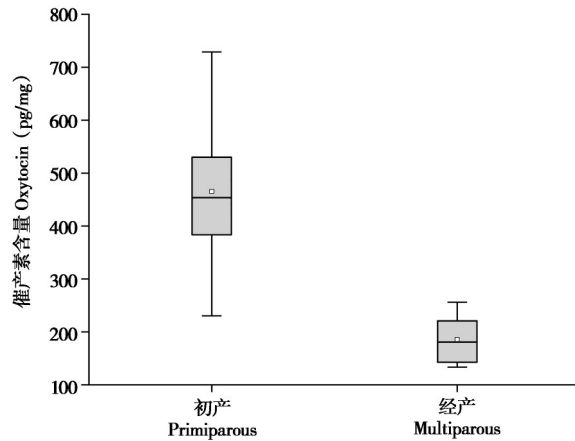


图3 初产和经产圈养大熊猫催产素水平

Fig. 3 Oxytocin level in primiparous and multiparous captive giant pandas

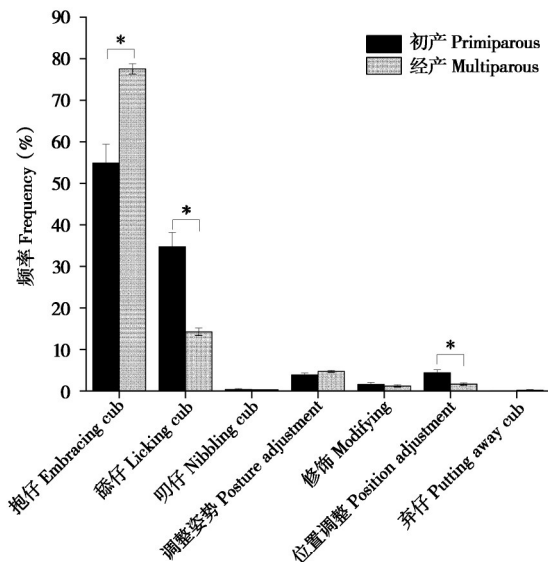


图4 初产和经产圈养大熊猫母性行为分布。*表示 $P < 0.05$

Fig. 4 Distribution of maternal behavior in primiparous and multiparous captive giant pandas. * $P < 0.05$

2.3 母体的行为分布

幼仔0~45日龄, 圈养大熊猫育幼个体的行为主要是母性行为 ($57.54\% \pm 2.89\%$) 和休息 ($28.08\% \pm 2.66\%$), 其它行为较少, 依次为探究 ($5.07\% \pm 0.43\%$)、摄食 ($4.86\% \pm 0.50\%$)、运动 ($2.67\% \pm 0.37\%$)、求适 ($0.84\% \pm 0.17\%$) 和其他 ($0.95\% \pm 0.07\%$) (图5)。

初产大熊猫的个体行为主要是休息 ($52.62\% \pm$

7.39%) 和运动 ($17.15\% \pm 5.11\%$), 其它行为较少, 依次为探究 ($14.33\% \pm 1.72\%$)、摄食 ($7.29\% \pm 1.85\%$)、求适 ($1.56\% \pm 0.46\%$) 和其他 ($7.06\% \pm 2.08\%$)。初产个体与经产个体相比较, 发现经产个体摄食行为显著增加 ($Z = -3.201$, $P = 0.001$), 其它行为无显著差别, 如探究 ($15.79\% \pm 2.40\%$, $Z = -0.608$, $P = 0.543$)、休息 ($54.80\% \pm 4.45\%$, $Z = -0.241$, $P = 0.810$)、运动 ($9.18\% \pm 1.60\%$, $Z = -0.0173$, $P = 0.863$)、求适 ($2.07\% \pm 0.45\%$, $Z = -0.772$, $P = 0.440$) 及其他 ($2.95\% \pm 0.40\%$, $Z = -0.315$, $P = 0.752$) (图6)。

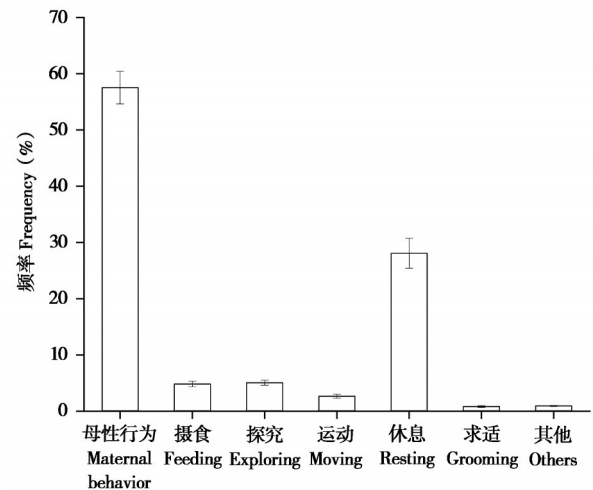


图5 圈养大熊猫行为分布

Fig. 5 Behavioral distribution of captive giant pandas

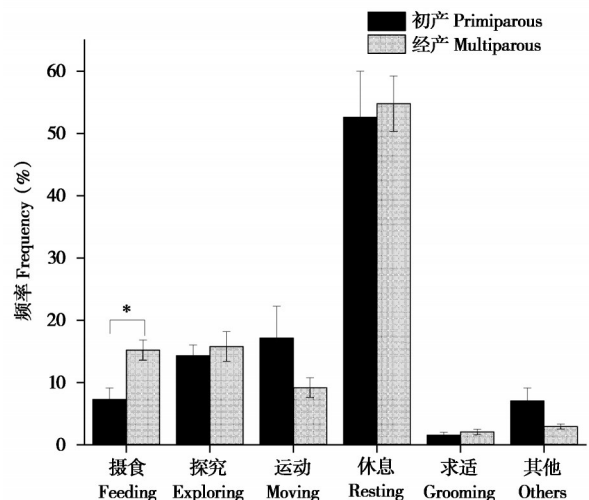


图6 初产和经产圈养大熊猫个体行为分布。* $P < 0.05$

Fig. 6 Individual behavior distribution of the primiparous and multiparous captive giant pandas. * $P < 0.05$

2.4 催产素与母性行为关系分析

母体与幼体行为类别中, 催产素水平与舔仔行为 ($r = 0.554, P = 0.032$) 呈显著性正相关, 与抱仔行为 ($r = -0.575, P = 0.025$) 显著性负相关, 与叼仔 ($r = -0.030, P = 0.917$)、调整姿势 ($r = -0.375, P = 0.168$)、修饰 ($r = -0.038, P = 0.893$)、位置调整 ($r = 0.455, P = 0.089$)、弃仔 ($r = -0.042, P = 0.881$) 等行为则不存在相关性。在母体的个体行为中, 所有的行为类型都与其催产素水平不相关, 比如摄食 ($r = -0.350, P = 0.201$)、探究 ($r = 0.275, P = 0.321$)、求适 ($r = 0.036, P = 0.899$)、休息 ($r = 0.164, P = 0.559$)、运动 ($r = -0.250, P = 0.369$)、其他 ($r = -0.182, P = 0.516$) (表3)。

3 讨论

作为哺乳动物的一种神经肽, 催产素不仅在分娩和哺乳过程中具有生理功能, 而且对维持其母幼联系也起着重要作用 (Suzuki *et al.*, 2020)。对未进行交配的雌性动物注射催产素后, 其也能够表现出一定的母性行为 (Burkett *et al.*, 2016; Filipa *et al.*, 2019), 催产素可作为启动因子来诱导母性行为的产生 (Zelkowitz *et al.*, 2014)。本研究, 哺乳组大熊猫在育幼期具有较强的母性行为, 其催产素水平也明显较非哺乳组高, 这与人类和其他动物中的关于催产素的研究一致 (Barman *et al.*, 2018)。因此, 尽管本研究涉及到的样本量偏少且重复不足, 但仍然表明催产素在大熊猫母性行为发生过程中有可能产生重要效应, 这可以为圈养大熊猫育幼行为管理提供借鉴。此外, 研究发现初产组大熊猫催产素水平高于经产组, 这或许与母体是否具有育幼经验有关。非哺乳组中大熊猫福祿后期催产素不稳定可能是由于初次妊娠, 因为繁育经验丰富的母体对激素调节的依赖比初次生产的母体要少 (Dulac *et al.*, 2014)。初产个体尚无育幼经验, 导致育幼期生理反应过激而分泌更多的催产素, 从而表现出与经产个体催产素上的差异。

母性行为直接关系到子代的健康成长, 有利于动物生产和种群繁衍 (Moraes *et al.*, 2016)。不同物种母性行为的表达方式有所不同 (田丽等, 2011)。母体对幼体舔舐和梳理毛发的行为较多, 幼体会在成年期表现出较低的应激反应 (Bölükbas

et al., 2020); 幼犬 (*Canis lupus familiaris*) 出生后, 母犬会舔舐其肛门一生殖器, 这对刺激幼犬排尿和排便非常重要, 舔舐幼犬头部似乎也能引导找到乳腺便于哺乳 (Santos *et al.*, 2020)。这表明舔舐行为对母幼联系尤为重要, 这与本文的研究结果是相一致的。育幼期大熊猫的母性行为中, 舔仔不仅可以清除幼仔身上异味, 还能促使幼仔排便, 对幼仔进行标记 (薛芮等, 2017), 本研究结果也证实了这一点。初产组母兽的舔仔和位置调整 2 种母性行为较经产组多, 这可能是由于母兽初次育幼, 更为关注幼仔的成长发育。大熊猫初生幼仔体型较小且身体较弱, 体温调节能力较差, 母兽抱仔能够维持幼仔的体温 (黄祥明等, 2007)。有研究发现在产后的一段期间, 初产母犬与经产母犬的母性行为表达具有明显不同, 圈养大熊猫母性行为也具有类似结果 (Guardini *et al.*, 2015)。本文经产母兽表现更多的抱仔行为和调整姿势, 这可能是由于经产母兽具有一定的母性经验, 而能够协调幼体需求和自身需要 (丁桥棋等, 2019); 而圈养条件下的初产母兽缺乏母性经验, 需要人工饲喂的方式帮助进食, 以保证母兽育幼耗能所需。这一点在其行为上也有一定体现, 例如经产母兽的摄食、休息及求适行为明显较多。因此, 圈养大熊猫的母性强弱与其母性行为有关, 初产个体由于育幼经验不足而对幼体做出过于谨慎灵敏的反应; 经产个体由于有足够的抱仔经验, 能够准确掌握幼体需求。

动物催产素与母性行为和亲密关系有关, 催产素水平更高的母亲对幼体表现出更专注的母性行为 (Feldman *et al.*, 2010; Mehta *et al.*, 2016)。催产素水平的升高能够改善母体在外界因素刺激下对幼体的保护行为 (Mah *et al.*, 2015)。野生黑猩猩 (*Pan troglodytes*) 亲密伴侣间一系列亲密行为的发生过程中, 催产素发挥了积极作用, 这也增强了群体间的社会联系 (Crockford *et al.*, 2013)。人类群体中, 催产素与父母照顾幼仔行为的发生有关, 因为与自己的孩子相比, 母亲在与陌生孩子的互动后催产素水平更高 (Bick and Dozier, 2010)。有研究表明催产素增加了初产母犬在产后 21 d 内的母性行为 (Guardini *et al.*, 2015)。母体对幼体表现出强烈关怀行为的同时, 催产素也有高水平表现 (Nagasawa *et al.*, 2012)。这些研究都表明催产素与母幼

表 3 圈养大熊猫催产素与母性行为之间的相关性
Table 3 The correlation between oxytocin and maternal behavior

项目 Item	催产素 Oxytocin	抱仔 Embracing cub	舔仔 Licking cub	叼仔 Nibbling cub	调整姿势 Posture ad- justment	修饰 Modifying	位置调整 Position ad- justment	弃仔 Putting away cub	摄食 Feeding	探究 Exploring	运动 Moving	休息 Resting	求适 Grooming	其他 Others
催产素 Oxytocin	1.000	-0.575*	0.554*	-0.030	-0.375	-0.038	0.455	0.042	-0.350	0.275	-0.250	0.164	0.036	-0.182
抱仔 Embracing cub	-0.575*	1.000	-0.900*	-0.472	-0.021	-0.065	-0.851*	-0.320	0.275	-0.018	0.550*	-0.282	0.473	0.125
舔仔 Licking cub	0.554*	-0.900*	1.000	0.443	-0.179	-0.287	0.658*	0.127	-0.268	0.075	-0.561*	0.229	-0.473	-0.021
叼仔 Nibbling cub	-0.030	-0.472	0.443	1.000	0.151	-0.044	0.338	0.053	0.360	-0.120	-0.668*	0.332	-0.407	-0.293
调整姿势 Posture adjustment	-0.375	-0.021	-0.179	0.151	1.000	0.189	-0.095	0.018	0.304	-0.271	-0.314	0.054	-0.086	0.218
修饰 Modifying	-0.038	-0.065	-0.287	-0.044	0.189	1.000	0.349	0.335	-0.308	-0.216	0.052	0.299	0.154	-0.523*
位置调整 Position adjustment	0.455	-0.851*	0.658*	0.338	-0.095	0.349	1.000	0.467	-0.338	-0.051	-0.266	0.262	-0.420	-0.182
弃仔 Putting away cub	0.042	-0.320	0.127	0.053	0.018	0.335	0.467	1.000	-0.254	0.121	0.199	-0.109	-0.448	0.151
摄食 Feeding	-0.350	0.275	-0.268	0.360	0.304	-0.308	-0.338	-0.254	1.000	0.250	0.039	-0.475	0.054	0.321
探究 Exploring	0.275	-0.018	0.075	-0.120	-0.271	-0.216	-0.051	0.121	0.250	1.000	0.321	-0.757*	0.459	0.439
运动 Moving	-0.250	0.550*	-0.561*	-0.668*	-0.314	0.052	-0.266	0.199	0.039	0.321	1.000	-0.689*	0.262	0.389
休息 Resting	0.164	-0.282	0.229	0.332	0.054	0.299	0.262	-0.109	-0.475	-0.757*	-0.689*	1.000	-0.269	-0.746*
求适 Grooming	0.036	0.473	-0.473	-0.407	-0.086	0.154	-0.420	-0.448	0.054	0.459	0.262	-0.269	1.000	-0.129
其他 Others	-0.182	0.125	-0.021	-0.293	0.218	-0.523*	-0.182	0.151	0.321	0.439	0.389	-0.746*	-0.129	1.000

* $P < 0.05$

关系之间存在积极作用, 尽管样本量偏少, 但本文的研究结果呈现了类似趋势, 即催产素在大熊猫母性行为中也产生了积极影响。研究结果显示, 圈养大熊猫催产素水平与母性行为之间存在相关性, 尤其与舔仔行为呈正相关, 与抱仔行为呈显著负相关。舔仔行为能够帮助幼仔排便、清洁, 抱仔能保持幼仔的体温, 母兽投入大量精力在这两种行为中, 可能给自身带来了压力而需要分泌催产素调节 (薛芮等, 2017)。圈养条件下, 大熊猫面临外界的安全压力较小, 表现为抱仔行为明显下降, 舔仔行为则明显增加。由于来自外界威胁减少, 其催产素水平变化不明显, 这种内分泌反馈与认知过程相结合可能为大熊猫提供了一种交流机制, 使得母幼之间的亲密关系得以形成, 从而促进幼体的行为发育 (Kosfeld *et al.*, 2005)。

本文通过对6只大熊猫催产素和母性行为进行初步研究, 推测初产母兽的母性行为更为明显。为了保证幼仔的生长发育, 初产母兽表现的母性行为 (例如舔仔、位置调整) 较多, 同时催产素水平也较高。在今后的大熊猫育幼中, 建议在饲养管理方面尽量给予其宽松的环境以降低其紧张度, 比如减少过多的人为干扰。饲养管理人员要充分认识到不同类型的母体育幼差异, 从而进行精细化差别化管理。此外, 可以适当增加育幼期母体的营养, 让母体有更多的精力照顾幼仔, 增加母兽与幼仔的相处时间, 使得母兽表现良好的母性行为来保证幼仔的健康成长, 促进大熊猫种群的繁衍。

参考文献:

- Barman D, Kotresh P C, Mahanthesh M T, Panchbhai G, Choudhary S, Panwar M. 2018. Importance of behavioral aspects and its implications on physiological status, relationships and production of dairy animals. *International Journal of Livestock Research*, **8** (10): 19-29.
- Bick J, Dozier M. 2010. Mothers' concentrations of oxytocin following close, physical interactions with biological and nonbiological children. *Developmental Psychobiology*, **52** (1): 100-107.
- Blagrove M, Fouquet N C, Baird A L, Pace-Schott E F, Davies A C, Neuschaffer J L, Henley-Einion J A, Weidemann C T, Thome J, McNamara P, Turnbull O H. 2012. Association of salivary-assessed oxytocin and cortisol levels with time of night and sleep stage. *Journal of Neural Transmission*, **119** (10): 1223-1232.
- Bölükbas I, Mundorf A, Freund N. 2020. Maternal separation in rats induces neurobiological and behavioral changes on the maternal side. *Scientific Reports*, **10** (1): 22431.
- Burkett J P, Andari E, Johnson Z V, Curry D C, de Waal F B M, Young L J. 2016. Oxytocin-dependent consolation behavior in rodents. *Science*, **351** (6271): 375-378.
- Carter C S. 2017. The role of oxytocin and vasopressin in attachment. *Psychodynamic Psychiatry*, **45** (4): 499-517.
- Crockford C, Wittig R M, Langergraber K, Ziegler T E, Zuberbühler K, Deschner T. 2013. Urinary oxytocin and social bonding in related and unrelated wild chimpanzees. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, **280** (1755): 20122765.
- Ding Q Q, Yu J H, Xie C Y, Xu C Z, Su Q, Bi J H, Chu Q P, Zhou Y M, Wu F. 2019. A preliminary study on the maternal behavior of female giant pandas in Shanghai Wild Animal Park. *Acta Theriologica Sinica*, **39** (3): 302-210. (in Chinese)
- Dulac C, O'Connell L A, Wu Z. 2014. Neural control of maternal and paternal behaviors. *Science*, **345** (6198): 765-770.
- Dwyer C M. 2014. Maternal behaviour and lamb survival: from neuroendocrinology to practical application. *Animal: An International Journal of Animal Bioscience*, **8** (1): 102-112.
- Feldman R, Bakermans-Kranenburg M J. 2017. Oxytocin: a parenting hormone. *Current Opinion in Psychology*, **15**: 13-18.
- Feldman R, Gordon I, Schneiderman I, Weisman O, Zagoory-Sharon O. 2010. Natural variations in maternal and paternal care are associated with systematic changes in oxytocin following parent-infant contact. *Psychoneuroendocrinology*, **35** (8): 1133-1141.
- Feldman R, Weller A, Zagoory-Sharon O, Levine A. 2010. Evidence for a neuroendocrinological foundation of human affiliation: plasma oxytocin levels across pregnancy and the postpartum period predict mother-infant bonding. *Psychological Science*, **18** (11): 965-970.
- Filippa M, Poisbeau P, Mairesse J, Monaci M G, Baud O, Hüppi P, Grandjean D, Kuhn P. 2019. Pain, parental involvement, and oxytocin in the neonatal intensive care unit. *Frontiers in Psychology*, **10** (715): 1-15.
- Forsling M L, Montgomery H, Halpin D, Windle R J, Treacher D F. 1998. Daily patterns of secretion of neurohypophysial hormones in man: effect of age. *Experimental Physiology*, **83** (3): 409-418.
- Guardini G, Bowen J, Raviglione S, Farina R. 2015. Maternal behaviour in domestic dogs: a comparison between primiparous and multiparous dogs. *Dog Behavior*, **1**: 23-33.
- He Y G, Song S X, Ma K, Feng L, Li D S, Liu D Z. 2015. Translocating two lactating giant pandas and their cubs after behavioral training did not impair maternal behavior: a case study. *Acta Theriologica Sinica*, **35** (3): 342-347. (in Chinese)
- Hu J C, Schaller G B, Pan W S, Zhu J. 1985. *Giant Pandas in Wolong Nature Reserve*. Chengdu: Sichuan Science and Technology Press, 100-146. (in Chinese)
- Huang X M, Zhang Z H, Wang C D, Yu X M, Lan J C, Li M X, Koji I, Tatsuko N, Toshi W, Injen P. 2007. Observations on a captive giant panda nursing twin cubs. *Acta Theriologica Sinica*, **27** (3):

- 267-273. (in Chinese)
- Kagerbauer S M, Debus J M, Martin J, Gempt J, Jungwirth B, Hapfelmeier A, Podtschaske A H. 2019. Absence of a diurnal rhythm of oxytocin and arginine-vasopressin in human cerebrospinal fluid, blood and saliva. *Neuropeptides*, **78**: 101977.
- Kleiman D G, Colling L R. 1972. Preliminary observations on scent marking social behaviour and play in the juvenile giant pandas (*Ailuropoda melanoleuca*). *American Zoologist*, **12** (4): 644.
- Kojima S, Alberts J R. 2011. Oxytocin mediates the acquisition of filial, odor-guided huddling for maternally-associated odor in pre-weanling rats. *Hormones Behavior*, **60** (5): 549-558.
- Kosfeld M, Heinrichs M, Zak P, Fischbacher U, Fehr E. 2005. Oxytocin increases trust in humans. *Nature*, **435** (7042): 673-676.
- Leeds A, Dennis P M, Lukas K E, Stoinski T S, Willis M A, Schook M W. 2018. Validating the use of a commercial enzyme immunoassay to measure oxytocin in unextracted urine and saliva of the western lowland gorilla (*Gorilla gorilla gorilla*). *Primates*, **59** (6): 499-515.
- Levine A, Zagoory-Sharon O, Feldman R, Weller A. 2007. Oxytocin during pregnancy and early postpartum: Individual patterns and maternal-fetal attachment. *Peptides*, **28** (6): 1162-1169.
- Lévy F. 2016. Neuroendocrine control of maternal behavior in non-human and human mammals. *Annales Dendocrinologie*, **77** (2): 114-125.
- Li Y, Ma G, Zhou Q, Huang Z. 2020. Seasonal variation in activity budget of assamese macaques in limestone forest of southwest Guangxi, China. *Folia Primatologica*, **91** (5): 495-511.
- Liu D, Diorio J, Day J C, Francis D D, Meaney M J. 2000. Maternal care, hippocampal synaptogenesis and cognitive development in rats. *Nature Neuroscience*, **3** (8): 799-806.
- Liu X, Xue F, Guo J L, Wu W, Hou R, Zhou J, Qi D W, Zhang Z H. 2019. Study on the vocal communication behavior of infant giant panda. *Sichuan Journal of Zoology*, **38** (6): 601-606. (in Chinese)
- Luo L, Li J, Zhang Z H, Hou R, Wang C D, Huang X M, Lan J C, Xiao Y G, Huang H. 2011. The progesterone change in parturition giant pandas. *Journal of Southwest University for Nationalities* (Natural Science Edition), **37** (5): 752-756. (in Chinese)
- Mah B L, Bakemans-Kranenburg M J, Van IJzendoorn M H, Smith B. 2015. Oxytocin promotes protective behavior in depressed mothers: a pilot study with the enthusiastic stranger paradigm. *Depress Anxiety*, **32** (2): 76-81.
- Mayumi N. 2020. Effects of early-life stress on the brain and behaviors: Implications of early maternal separation in rodents. *International Journal of Molecular Sciences*, **21** (19): 7212.
- Mehta D, Eapen V, Kohlhoff J, Mendoza Diaz A, Barnett B, Silove D, Dadds M R. 2016. Genetic regulation of maternal oxytocin response and its influences on maternal behavior. *Neural Plasticity*, **7**: 1-7.
- Moraes A B D, Poli C, Fischer V, Aita M F, Fajardo N M, Prociúncula G. 2016. Ewe maternal behavior score to estimate lamb survival and performance during lactation. *Acta Scientiarum Animal Sciences*, **38** (3): 327-332.
- Nagasawa M, Okabe S, Mogi K, Kikusui T. 2012. Oxytocin and mutual communication in mother-infant bonding. *Frontiers in Human Neuroscience*, **6** (31): 1-10.
- Pedersen C A, Boccia M L. 2003. Oxytocin antagonism alters rat dams' oral grooming and upright posturing over pups. *Physiology & Behavior*, **80** (2-3): 233-241.
- Pohl P, Carlsson G E, Käll L B, Nilsson M, Blomstrand C. 2018. A qualitative exploration of post-acute stroke participants' experiences of a multimodal intervention incorporating horseback riding. *PLoS ONE*, **13** (9): 1-18.
- Rebecca J S, Bonnie M P, Zhang Z H, Terry L M, Benjamin D C. 2016. Giant panda maternal care: a test of the experience constraint hypothesis. *Scientific Reports*, **6**: 27509.
- Santos N R, Beck A, Fontbonne A. 2020. A review of maternal behaviour in dogs and potential areas for further research. *Journal of Small Animal Practice*, **61** (2): 85-92.
- Snyder R J, Zhang A J, Zhang Z H, Li G H, Tian Y Z, Huang X M, Luo L, Bloomsmith M A, Forthman D, Maple T L. 2003. Behavioral and developmental consequences of early rearing experience for captive giant pandas (*Ailuropoda melanoleuca*). *Journal of Comparative Psychology*, **117** (3): 235-245.
- Sun W, Zhang X N, Zuo Q S, Ni R, Wang L P, Zhang Y F, Chen L, Wu W Z, Zhou H. 2013. Analysis on genetic polymorphism of exon 10 of PRLR gene and its association with distribution type of its maternal behavior in Hu Sheep. *Acta Veterinaria Et Zootechnica Sinica*, **44** (5): 673-680. (in Chinese)
- Suzuki S, Fujisawa T, Sakakibara N, Fujioka T, Takiguchi S, Tomoda A. 2020. Development of social attention and oxytocin levels in maltreated children. *Scientific Reports*, **10** (1): 1-10.
- Szymanska M, Schneider M, Chateau-Smith C, Nezelof S, Vulliez-Coady L. 2017. Psychophysiological effects of oxytocin on parent-child interactions: literature review on oxytocin and parent-child interactions. *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, **71** (10): 690-705.
- Taubert J, Flessert M, Liu N, Ungerleider L G. 2019. Intranasal oxytocin selectively modulates the behavior of rhesus monkeys in an expression matching task. *Scientific Reports*, **9** (1): 1-13.
- Tian L, Zhou C Q, Wu K J, Wang Q, Hu J H. 2011. Calving and nursing behaviors of the captive leopard. *Sichuan Journal of Zoology*, **30** (4): 593-595. (in Chinese)
- Xue R, Yang J D, Feng F F, Chen C, Li Y X, Hou R, Zhang Z H, Zhou C Q, Pu C L, Mu Y Q, Qi D W. 2017. Behavioral changes and activity rhythms of red pandas during nursing period. *Journal of Sichuan Forestry Science and Technology*, **38** (2): 59-64. (in Chinese)
- Zelkowitz P, Gold I, Feeley N, Hayton B, Carter C S, Tulandi T, Abenhaim H A, Levin P. 2014. Psychosocial stress moderates the relationships between oxytocin, perinatal depression, and maternal behavior. *Hormones Behavior*, **66** (2): 351-360.

- Zhang Z H, Wei F W. 2006. *Giant Panda Ex-Situ Conservation Theory and Practice*. Beijing: Science Press, 280-297. (in Chinese)
- Zhao X L, Qi S F, Jia X Y. 2010. Research progress on maternal behavior. *Heilongjiang Medicine and Pharmacy*, **33** (5): 90-91. (in Chinese)
- Zhou X, Huang Y, Huang J Y, Zhou S Q, Liu D. 2013. Behavioral development of giant panda and influencing factors in husbandry management. *Chinese Wildlife*, **34** (2): 106-110. (in Chinese)
- Zhou Y M, Wu D F, Yang C J, Wei R P, Zhang H M. 2010. A case of foster mother training of female giant panda. *Chinese Wildlife*, **31** (5): 238-239. (in Chinese)
- 丁乔棋, 俞锦华, 谢春雨, 徐春忠, 孙强, 毕靖征, 褚青坡, 周应敏, 吴锋. 2019. 上海野生动物园大熊猫育幼行为初步研究. 兽类学报, **39** (3): 302-310.
- 何永果, 宋仕贤, 马凯, 冯莉, 李德生, 刘定震. 2015. 哺乳期圈养雌性大熊猫圈舍转移及其育幼行为变化. 兽类学报, **35** (3): 342-347.
- 胡锦矗, Schaller G B, 潘文石, 朱靖. 1985. 卧龙的大熊猫. 成都: 四川科学技术出版社, 100-146.
- 黄祥明, 张志和, 王成东, 余星明, 兰景超, 李明喜, 今津孝二, 中尾健子, 渡部敏, 藩英仁. 2007. 圈养大熊猫同时哺育双胞胎行为观察. 兽类学报, **27** (3): 267-273.
- 刘璇, 薛飞, 郭俊良, 吴蔚, 侯蓉, 周江, 齐敦武, 张志和. 2019. 圈养大熊猫初生幼仔声音通讯行为研究. 四川动物, **38** (6): 601-606.
- 罗婵, 李键, 张志和, 侯蓉, 王成东, 黄祥明, 兰景超, 肖勇刚, 黄河. 2011. 产仔大熊猫孕激素变化规律研究. 西南民族大学学报(自然科学版), **37** (5): 752-756.
- 孙伟, 张向楠, 左其生, 倪蓉, 王兰萍, 张有法, 陈玲, 吴文忠, 周洪. 2013. 湖羊催乳素受体基因外显子10多态性与其母性行为性状的关联分析. 畜牧兽医学报, **44** (5): 673-680.
- 田丽, 周材权, 吴孔菊, 王强, 胡锦矗. 2011. 圈养金钱豹产仔及育幼行为初步观察. 四川动物, **30** (4): 593-595.
- 薛芮, 杨建东, 冯菲菲, 陈超, 李有绪, 侯蓉, 张志和, 周材权, 蒲春林, 牟永强, 齐敦武. 2017. 小熊猫育幼期间时间分配、活动节律以及育幼行为的研究. 四川林业科技, **38** (2): 59-64.
- 张志和, 魏辅文. 2006. 大熊猫迁地保护理论与实践. 北京: 科学出版社, 280-297.
- 赵晓莲, 齐淑芳, 贾秀月. 2010. 母性行为的研究进展. 黑龙江医药科学, **33** (5): 90-91.
- 周晓, 黄炎, 黄金燕, 周世强, 刘巖. 2013. 大熊猫的行为发育及饲养管理中的影响因素. 野生动物学报, **34** (2): 106-110.
- 周应敏, 吴代福, 杨长江, 魏荣平, 张和民. 2010. 大熊猫义母育幼培训一例. 野生动物学报, **31** (5): 238-239.