

人工取香操作对圈养马麝的行为生理效应

黄维^{①②} 吴佳忆^① 申立泉^① 周鑫^① 吕青昕^①
覃雨虹^① 袁乃秀^④ 曾凡刚^① 孟秀祥^{①②③*}

① 中国人民大学环境学院 北京 100872; ② 西昌学院动物科技学院 西昌 615000;
③ 西藏大学生态环境学院 拉萨 850000; ④ 生态环境部环境与经济政策研究中心 北京 100029

摘要: 驯养是濒危麝类动物 (*Moschus spp.*) 迁地保育和可持续供给药用麝香的有效方式, 具相关资格的麝养殖单位对圈养麝进行人工取香是每年进行的麝类驯养和麝香生产管理活动之一。本研究对甘肃省兴隆山马麝 (*M. chrysogaster*) 繁育中心的 46 头参与取香的雄性马麝进行了行为取样、同期粪样采集及粪样皮质醇代谢物水平的检测, 确定人工取香操作对不同年龄的圈养马麝粪样皮质醇代谢物水平及行为活动水平的效应。结果显示, 成体马麝取香操作后的粪样皮质醇代谢物水平为 (85.28 ± 5.00) ng/g, 显著高于操作前的 (56.08 ± 8.64) ng/g ($P < 0.05$), 而且其水平在操作后的 3 d 内持续升高, 第 4 天才恢复至取香前水平; 老年马麝在取香前后其粪样皮质醇代谢物水平无显著差异 ($P > 0.05$)。老年马麝与成体马麝的活动水平均在取香操作后下降, 并于取香操作后第 2 天达到最低值 (老年马麝 $59.04\% \pm 4.54\%$, 成体马麝 $73.03\% \pm 7.71\%$), 随后逐步恢复, 但仅老年马麝活动水平显著低于操作前 ($74.09\% \pm 3.97\%$) ($P < 0.05$)。本研究表明, 急性人工操作可导致圈养马麝产生行为生理应激反应, 应激强度存在年龄差异, 相比老年马麝, 成体马麝对人工操作的生理应激响应更加强烈。在驯养实践中, 可监测取香前后马麝的活动水平来即时评估马麝的应激强度, 并通过取香后单独圈养马麝、降低取香操作强度及利用慢性应激提升马麝驯化度。

关键词: 马麝; 圈养; 人工取香; 行为生理应激; 年龄

中图分类号: Q955 文献标识码: A 文章编号: 0250-3263 (2024) 03-379-08

Behavioral-Physiological Effects from Musk-Extraction Operation on Captive Alpine Musk Deer *Moschus chrysogaster*

HUANG Wei^{①②} WU Jia-Yi^① SHEN Li-Quan^① ZHOU Xin^① LÜ Qin-Xin^①
QIN Yu-Hong^① YUAN Nai-Xiu^④ ZENG Fan-Gang^① MENG Xiu-Xiang^{①②③*}

① School of Environment and Natural Resources, Renmin University of China, Beijing 100872; ② School of Animal Science, Xichang University, Xichang 615000; ③ College of Ecology and Environment, Tibet University,

基金项目 国家自然科学基金项目 (No. 32170489, 32211530443);

* 通讯作者, E-mail: meng2014@ruc.edu.cn;

第一作者介绍 黄维, 男, 硕士研究生; 研究方向: 动物生态; E-mail: huangwei6267@ruc.edu.cn.

收稿日期: 2023-04-17, 修回日期: 2024-01-20 DOI: 10.13859/j.cjz.202423072

Lhasa 850000; ④ Policy Research Center for Environment and Economy, Ministry of Ecology and Environment, Beijing 100092, China

Abstract: [Objectives] Musk-extraction from captive Alpine Musk Deer *Moschus chrysogaster* by Musk Deer breeding unit with relevant qualifications has become an effective measure to provide musk sustainably. However, the related musk-extraction operation (MEO) may cause behavioral-physiological stress on Musk Deer because it involves manipulations such as capturing, holding of Musk Deer and musk-extracting handling. **[Methods]** This study was conducted in the breeding Center of Musk Deer in Xinglongshan, Gansu Province, between November and December, 2020. We determined the levels of fecal cortisol metabolites and activity of 46 male Musk Deer with MEO. Generalized linear model and analysis of variance were used to explore the potential behavioral-physiological effects from MEO on Musk Deer of different ages. **[Results]** We found that the level of fecal cortisol metabolites in adult Musk Deer after MEO (85.28 ± 5.00 ng/g) was significantly higher than before (56.08 ± 8.64 ng/g) ($P < 0.05$, Fig. 1), and it increased after MEO, peaking on the third day after MEO and recovering to normal level on the fourth day after MEO (Table 1). However, cortisol level in elderly Musk Deer was not affected by MEO ($P < 0.05$, Fig. 1). Activity level in elderly and adult Musk Deer decreased after MEO and reached the lowest values on the second day after MEO (elderly: $59.04\% \pm 4.54\%$, adult: $73.03\% \pm 7.71\%$) and then gradually recovered. However, only the elderly Musk Deer show significantly lower level of activity than that before MEO ($74.09\% \pm 3.97\%$, $P < 0.05$, Table 2). **[Conclusion]** It was found that the MEO can cause behavioral-physiological stress on captive male Musk Deer, in which there existed the significant differences between age-classes.

Key words: Alpine Musk Deer, *Moschus chrysogaster*; In captivity; Musk-extraction operation (MEO); Behavioral-physiological stress; Age class

动物应激反应包括机体激素分泌增加、免疫激活、心血管扩张和食欲减退等一系列行为生理变化 (Sapolsky et al. 2000), 根据持续时间和强度可将其分为急性应激与慢性应激 (Dickens et al. 2010)。前者有助于动物适应或逃离应激源, 但后者损害机体健康 (Wingfield et al. 2002), 如影响动物下丘脑-垂体-肾上腺 (hypothalamic-pituitary-adrenal, HPA) 轴的活性 (Berga 2008), 因此应激水平被认为是衡量动物健康与福利的关键指标之一 (Sapolsky et al. 2000, Staley et al. 2018)。野生动物驯养中的人工操作 (human handling) 是人类直接作用于动物个体的行为, 包括喂养、清理等普通操作与抓捕、保定等急性操作 (何岚等 2014)。急性操作易引起动物应激, 如抓捕和运输导致白犀 (*Ceratotherium simum*) 皮质醇分泌增多、呼

吸频率与心率升高 (Yang et al. 2019); 麻醉象海豹 (*Mirounga leonina*) 的皮质醇和葡萄糖水平升高 (Champagne et al. 2012)。因此开展相关研究有助于优化野生动物驯养和迁地保护。

麝类动物 (*Moschus* spp.) 分泌的麝香被广泛用于传统医药和香水业。因历史上的过度利用及生境质量下降与丧失, 野生麝类已极度濒危 (Yang et al. 2003), 麝科麝属的所有种均被列为国家一级重点保护野生动物。目前, 麝类驯养是有效的麝类迁地保育和麝香可持续供给方式 (Meng et al. 2006, 2011)。在麝类驯养和麝香生产中, 人工取香是每年进行的必要操作, 涉及麝的抓捕、保定、取香、消毒以及放回等步骤, 为直接作用于圈养麝的急性应激源。然而, 其对麝的影响相关研究较少, 仅在林麝 (*M. berezovskii*) 有初步研究 (Yang et al. 2020)。

本研究对圈养马麝 (*M. chrysogaster*) 取香前后进行行为取样和粪样皮质醇代谢物水平检测, 分析圈养马麝对人工取香操作的应激响应及不同年龄个体的应激差异, 其结果将有助于优化麝类驯养和麝香生产。

1 材料与方 法

1.1 研究地点及对象

本研究于 2020 年 11 和 12 月期间在甘肃省兴隆山国家级自然保护区马麝繁育中心进行。麝场海拔 2 000 ~ 2 100 m, 年均气温 6.7 °C。麝场每个圈舍圈养马麝 3 ~ 5 头, 为一雄多雌圈。圈舍面积 10 m × 10 m, 泥质基底, 中间设长 × 宽 × 高为 2 m × 3 m × 2 m 的隐蔽棚。饲养员每日于固定时间 (06:00 时和 17:00 时) 饲喂 2 次, 主要饲喂精饲料、干树叶和水, 同时清扫圈舍, 其余时间马麝几乎不受人 为干扰。

本研究共涉及麝场自繁殖的 46 头参与取香的雄性马麝, 含老年马麝 27 头 (年龄不低于 9 岁) 和成体马麝 19 头 (年龄 2 ~ 8 岁) (Meng et al. 2011)。每头马麝均佩戴耳标, 可识别个体。

1.2 人工取香操作

人工取香操作 (musk-extracting operation, MEO) 包括对马麝的抓捕、保定、取香、消毒和放回环节, 历时 20 min 左右。徒手快捷安全地抓捕目标马麝, 再由一人进行马麝保定, 一人使用消毒后的专用手术勺从麝香囊中提取麝香, 根据麝香囊的大小和深浅掌握尺度, 提取麝香后, 放在粗纸上晾干麝香以除去水分, 称重并于密封棕色瓶中保存; 取香结束后, 将取香后的马麝放入原来圈群 (张慧珍等 2009)。

1.3 激素检测

本研究采取非损伤性粪便取样 (Waits et al. 2005)。参照 Hu 等 (2018) 的方法, 采集粪样及检测激素。

粪样采集: 对 46 头参与取香雄性马麝的粪样进行连续采集, 于取香前 1 d 和取香后连续 7 d 的饲喂时间, 采集人同饲养员进入圈舍, 采集马麝未经污染的新鲜粪样, 分装入密封袋,

低温 (-20 °C) 密封保存待用。共采集 184 份粪便样品。

激素提取: 称量所采粪样的鲜重, 烘干 12 h 后, 称量干重, 计算含水率 (water ratio, R_w), $R_w = 100\% (1 - W_1/W_2)$, 式中, W_1 为粪样烘干后的重量, W_2 为粪样烘干前的重量。研磨烘干的粪样, 将每份干样分装为 0.5 g/份的 2 小份分装样。向每份分装样中加入 90% 的乙醇 10 ml 并震荡 1 min, 60 °C 水浴 20 min, 之后 2 000 r/min 离心 15 min, 取上清液。在沉淀物中加入 90% 的乙醇 5 ml 并重复以上步骤, 获取上清液。合并两次上清液, 60 °C 水浴加热蒸干, 加入 1.5 ml 40% 甲醇摇匀, 保存待测。

激素测定: 采用北京北方生物技术研究所生产的皮质醇激素放射免疫分析试剂盒, 利用放射免疫分析法 (radioimmunoassay, RIA) 检测粪样皮质醇代谢物水平。用 γ -计数器测定各管分装样待测物的放射性计数, 计算剂量反应标准曲线方程, 据此获取各管分装样的皮质醇代谢物浓度, 换算得各管分装样的皮质醇代谢物含量 (cortisol metabolites concentration, C_{cm}), 换算公式为 $C_{cm} = CV/W$ (ng/g), 式中, C 为各管分装样的皮质醇代谢物浓度 (mg/L), V 为各管待测样总体积 (ml), W 为烘干分装粪样的重量 (g)。取 2 管分装样的皮质醇代谢物含量均值作为激素检测结果。

1.4 行为取样

参考驯养马麝的全行为谱 (孟秀祥等 2007), 分别于取香前 1 d 和取香后连续 7 d 的 6:30 ~ 11:00 时和 15:00 ~ 19:00 时 (即马麝晨昏活动高峰期) 观察记录参与取香的 46 头马麝的行为, 采用望远镜协助观察。每个行为取样单元时长为 10 min, 若在取样单元内因外界干扰或动物离开视野等导致取样中断, 则该记录不纳入计算。通过连续记录方法记录各行为取样单元内马麝静卧反刍时间总和, 计算马麝活动率 (activity level, L_A), $L_A = 100\% (1 - T_1/T_2)$, 式中, T_1 为行为取样单元内马麝静卧反刍时间总和, T_2 为行为取样单元时长。有效行为样本

共 184 个, 即有效取样时长共 1 840 min。

1.5 数据分析

老年马麝和成体马麝的活动率和粪样皮质醇代谢物含量数据按取香操作前后及取香操作前后各天分别取平均值。采用广义线性模型 (generalized linear model, GLM), 取香操作 (操作前、操作后两个水平) 和年龄 (成年、老年两个水平) 为固定因子, 分析两个因子及其交互效应对马麝粪样皮质醇代谢物水平及活动率的影响; 分别采用 *T* 检验和方差分析 (ANOVA) 比较马麝皮质醇及活动率在人工取香前后及各天的差异。采用 SPSS 26.0 分析数据, 显著水平设置为 $P < 0.05$ 。

2 结果

2.1 取香操作前后马麝粪样的皮质醇代谢物水平变化

取香操作前后 46 头马麝的粪样皮质醇代谢物水平无显著变化, 成体马麝与老年马麝的粪样皮质醇代谢物水平无显著差异 (取香操作: $\chi^2 = 3.75$, $df = 1$, $P > 0.05$; 年龄: $\chi^2 = 0.12$, $df = 1$, $P > 0.05$)。取香操作与年龄的交互效应显著 ($\chi^2 = 6.51$, $df = 1$, $P < 0.05$), 即取香操作后成体马麝粪样皮质醇代谢物平均水平 (85.28 ± 5.00) ng/g ($n = 57$) 显著高于取香操作前 (56.08 ± 8.64) ng/g ($n = 19$) ($P < 0.05$), 而取香操作前与取香操作后老年马麝粪样皮质醇代谢物平均水平 [操作前: (70.47 ± 7.25) ng/g ($n = 27$); 操作后: (66.46 ± 4.18) ng/g ($n = 81$)] 无显著差异 ($P > 0.05$) (图 1)。

2.2 取香操作后马麝粪样皮质醇代谢物水平的逐日比较

成体马麝粪样皮质醇代谢物水平于取香操作后 1~3 d 升高, 3 d 后呈下降趋势。其中, 成体马麝的粪样皮质醇代谢物水平取香操作前与取香操作后第 2 天 ($t = -2.21$, $df = 27$, $P < 0.05$)、第 3 天 ($t = -3.44$, $df = 26$, $P < 0.05$) 差异显著; 其余天数间差异均不显著 ($P > 0.05$)

(表 1)。

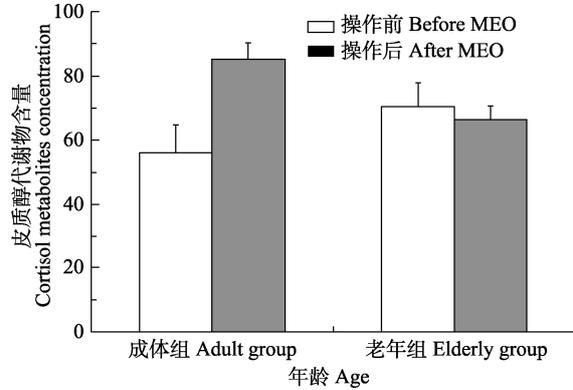


图 1 取香操作前后成体与老年马麝粪样皮质醇代谢物水平

Fig. 1 Fecal cortisol metabolites concentration in adult and elderly captive *Moschus chrysogaster* before and after musk-extraction operation (MEO)

取香操作对老年马麝各天粪样皮质醇代谢物水平效应不显著 ($F_{7,100} = 0.13$, $P > 0.05$), 其粪样皮质醇代谢物水平在取香操作前后各天均无显著差异 ($P > 0.05$) (表 1)。

表 1 取香后 7 d 内成体与老年马麝的粪样皮质醇代谢物水平 (ng/g)

Table 1 Fecal cortisol metabolites concentration in adult and elderly captive *Moschus chrysogaster* within 7 d after musk-extraction operation (ng/g)

时间 Day	成体组 Adult group	老年组 Elderly group
0	56.08 ± 8.64, $n = 19$	70.47 ± 7.25, $n = 27$
1	83.59 ± 10.33, $n = 9$	62.17 ± 11.23, $n = 14$
2	100.91 ± 18.42, $n = 10$	35.27 ± 9.78, $n = 13$
3	109.39 ± 13.54, $n = 9$	71.43 ± 12.72, $n = 11$
4	73.36 ± 11.12, $n = 10$	68.37 ± 7.38, $n = 16$
5	82.61 ± 17.55, $n = 7$	65.80 ± 6.36, $n = 8$
6	65.37 ± 20.49, $n = 6$	70.79 ± 9.38, $n = 8$
7	68.55 ± 9.23, $n = 6$	64.00 ± 10.20, $n = 11$

时间 0 为取香前。

Time 0 means before musk-extraction operation.

2.3 取香操作前后马麝活动率的变化

取香前后 46 头马麝活动率无显著变化 ($\chi^2 = 1.26$, $df = 1$, $P > 0.05$), 但年龄差异显著 ($\chi^2 = 12.94$, $df = 1$, $P < 0.05$), 即操作前与操作后成体马麝活动率 ($87.77\% \pm 4.74\%$ 和 $82.92\% \pm 2.74\%$) 均显著高于老年马麝 ($74.09\% \pm 3.97\%$, $P < 0.05$ 和 $70.91\% \pm 2.29\%$, $P < 0.05$)。取香操作与年龄对马麝活动率的交互效应影响不显著 ($\chi^2 = 0.06$, $df = 1$, $P > 0.05$), 即成体与老年马麝活动率在操作后均下降, 但差异不显著 ($P > 0.05$) (图 2)。

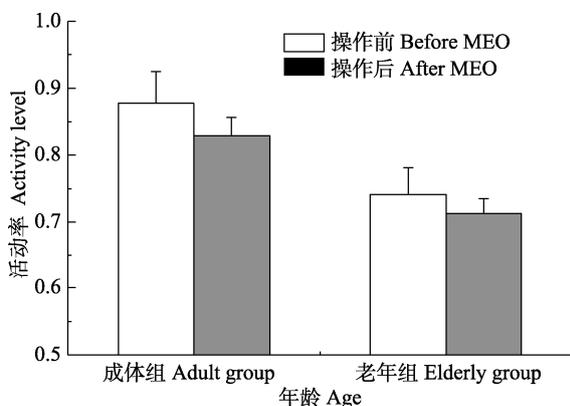


图 2 取香操作前后成体与老年马麝活动率

Fig. 2 Activity level in adult and elderly captive *Moschus chrysogaster* before and after musk-extraction operation (MEO)

2.4 取香操作后马麝活动率的逐日比较

取香后成体马麝活动率下降并于第 2 天达到最低值, 而后逐步恢复。其中操作后第 2 天活动率与操作前 ($t = 1.81$, $df = 27$, $P > 0.05$)、操作后第 4 天 ($t = -2.06$, $df = 18$, $P > 0.05$) 差异最大, 但不显著。其余天数间差异均不显著 ($P > 0.05$) (表 2)。

同成体马麝类似, 老年马麝活动率在取香后下降, 第 2 天达最低值。但其活动率在取香后第 4 天后出现波动。其中, 第 2 天活动率显著低于操作前 ($t = 2.16$, $df = 54$, $P < 0.05$)、操作后第 4 天 ($t = 3.01$, $df = 27$, $P < 0.05$) 和第 7 天 ($t = 3.00$, $df = 22$, $P < 0.05$)。其余天

数间无显著差异 ($P > 0.05$) (表 2)。

表 2 取香后 7 d 内成体与老年马麝活动率

Table 2 Activity level in adult and elderly captive *Moschus chrysogaster* within 7 d after musk-extraction operation

时间 Day	成体组 Adult group (%)	老年组 Elderly group (%)
0	87.77 ± 4.74, n = 19	74.09 ± 3.97, n = 27
1	81.57 ± 5.82, n = 9	67.45 ± 5.67, n = 14
2	73.03 ± 7.71, n = 10	59.04 ± 4.54, n = 13
3	80.46 ± 5.47, n = 9	71.12 ± 6.72, n = 11
4	90.50 ± 3.57, n = 10	78.23 ± 4.40, n = 16
5	90.64 ± 6.19, n = 7	63.67 ± 5.76, n = 8
6	54.61 ± 8.55, n = 6	76.10 ± 8.95, n = 8
7	81.75 ± 9.45, n = 6	80.00 ± 5.44, n = 11

时间 0 为取香前。

Time 0 means before musk-extraction operation.

3 讨论

濒危野生动物迁地保育时, 虽已尽可能为其模拟构建野外生存环境, 但急性人工操作仍极易导致野生动物应激 (Grandin 1997)。皮质醇是动物应激后反应级联中分泌的激素 (周显青等 2001), 可反映动物所受压力状况。一般情况下, 应激状态下动物皮质醇水平较高 (李春旺等 2003)。本研究中经取香操作后的成体马麝皮质醇激素水平显著上升, 表明人工取香操作对马麝产生了明显胁迫, 进一步验证了人工操作是引发动物内稳态失衡的急性应激源 (Grandin 1997)。类似结果可见于牛 (*Bos indicus*) (Browning et al. 2013)、羊 (*Ovis aries*) (Fisher et al. 2010) 等家畜, 以及林麝 (Yang et al. 2020)、虎 (*Panthera tigris*) (Dembiec et al. 2004) 和大熊猫 (*Ailuropoda melanoleuca*) (Snyder et al. 2012) 等驯养的濒危野生动物。

本研究显示, 与成体马麝不同, 老年马麝的皮质醇水平稳定, 这与老年马麝经历的人工取香次数相对较多有关, 即与成体马麝相比, 老年马麝对急性人工操作具有相对较高的适应

性。与本研究类似,唐丹等(2019)报道,年龄较小的大熊猫在经历运输后出现明显的生理应激反应,其皮质醇水平显著升高,而年龄较大个体的皮质醇水平相对稳定。Lynn等(2017)对东南鸽(*Sialia sialis*)的冷刺激与Fowler(1999)对企鹅(*Spheniscus magellanicus*)的游客干扰研究也表明动物对应激具有适应性。Yang等(2020)对林麝取香应激研究发现,部分皮质醇水平基线较高的林麝在取香后可能出现皮质醇分泌减少的现象,同本研究中老年马麝情况类似。马麝独居性与警戒性极强,在群居性的圈养环境下长期处于社群胁迫(Zhou et al. 2023),进而导致慢性应激反应。另一方面,动物驯养中的长期胁迫因素可影响动物HPA轴的生理活性及交感神经系统,从而抑制动物应激(Romero 2004, Yang et al. 2020)。因此,麝类驯养中存在的圈养胁迫因素可导致圈养麝产生慢性应激反应,但在生产实践中,长期圈养胁迫因素也可降低圈养麝的应激响应强度,提升圈养麝的驯化度。

动物生理应激时,机体皮质醇分泌增多起始于应激源产生后的短时间内(Sapolsky et al. 2000)。在本研究中,成体马麝粪样皮质醇代谢物水平显著增高出现在操作后第2天和第3天。已有较多的研究表明,动物粪样中的皮质醇代谢物水平变化与应激源产生的时间存在一定时滞,且时滞长短与物种有关,如草原狒狒(*Papio cynocephalus*)的粪样皮质醇代谢物水平具36 h左右的时滞(Wasser et al. 2000),非洲草原象(*Loxodonta africana*)的时滞是30 h左右(Ganswindt et al. 2003),山羊(*Capra hircus*)的时滞是9~17 h(El-Bahr et al. 2005)。本研究结果表明,圈养马麝粪样皮质醇代谢物水平变化与应激源呈现间具有24 h左右的时滞。

动物行为具有可塑性,其表达需耗费能量及时间等资源(蒋志刚等 2001)。本研究中,马麝活动率在人工取香操作后下降,并于取香后3 d左右完全恢复。人工取香后,马麝因抓捕、保定和取香等急性人工操作影响而导致能

耗较多,因而取香后倾向于减少跳跃、快跑和冲突等能耗较大的弹性行为的表达强度,而展现静卧等状态行为增多。这是马麝对人工操作刺激的行为适应,与孟秀祥等(2002a)提出的马麝活动格局符合最佳能量分配对策的结论吻合。此外,老年马麝活动水平在操作前后均显著低于成体马麝,表明成体马麝拥有更充盈的能量储备。取香3 d后,圈养马麝活动水平均恢复到操作前状态,但老年马麝活动率恢复后出现下降又迅速恢复的状况。圈养马麝行为受气温、发情状态等因素影响(孟秀祥等 2002b),且第5天老年马麝活动率与其余天数之间均无显著差异,因此推测该波动与取香操作无关。本研究中,老年马麝在取香后活动减少,表明其受取香操作胁迫,但皮质醇代谢物水平稳定。Owen等(2004)对大熊猫的噪音应激研究发现,大熊猫应激具有性别差异,在哺乳期等特殊时期的雌性大熊猫生理稳定,但行为变化明显。与上述结果类似,圈养马麝对急性人工操作的应激响应也存在年龄差异性。

基于本研究结果,针对圈养马麝的人工取香管理,提出以下建议:1)在取香操作前后对不同年龄的马麝进行活动强度监测,及时评估其应激强度;2)操作后,可单独圈养马麝(尤其年龄小的马麝)3 d,避免其进一步受到社群胁迫的影响;3)改善对参与取香马麝的抓捕方式,尽量减少抓捕及保定等对麝的刺激;4)对参与取香马麝的行为和粪样皮质醇代谢物水平等进行连续多年的监测,确定应激反应较弱的个体,构建圈养马麝驯化和品系培育的基础圈群。

参 考 文 献

- Berga S L. 2008. Stress and reproduction: a tale of false dichotomy? *Endocrinology*, 149(3): 867–868.
- Browning R, Leite-Browning M L. 2013. Comparative stress responses to short transport and related events in Hereford and Brahman steers. *Journal of Animal Science*, 91(2): 957–969.
- Champagne C D, Houser D S, Costa D P, et al. 2012. The effects of

- handling and anesthetic agents on the stress response and carbohydrate metabolism in northern elephant seals. *PLoS ONE*, 7(5): e38442.
- Dembiec D P, Snider R J, Zanella A J. 2004. The effects of transport stress on tiger physiology and behavior. *Zoo Biology*, 23(4): 335–346.
- Dickens M J, Delehanty D J, Michael R L. 2010. Stress: an inevitable component of animal translocation. *Biological Conservation*, 143(6): 1329–1341.
- El-Bahr S M, Kahlbacher H, Rausch W D, et al. 2005. Excretion of catecholamines (adrenaline and noradrenaline) in domestic livestock. *Wiener Tierärztliche Monatsschrift*, 92(9): 207–213.
- Fisher A D, Niemeyer D O, Lea J M, et al. 2010. The effects of 12, 30, or 48 hours of road transport on the physiological and behavioral responses of sheep. *Journal of Animal Science*, 88(6): 2144–2152.
- Fowler G S. 1999. Behavioral and hormonal responses of Magellanic penguins (*Spheniscus magellanicus*) to tourism and nest site visitation. *Biological Conservation*, 90(2): 143–149.
- Ganswindt A, Palme R, Heistermann M, et al. 2003. Non-invasive assessment of adrenocortical function in the male African elephant (*Loxodonta africana*) and its relation to musth. *General and Comparative Endocrinology*, 134(2): 156–166.
- Grandin T. 1997. Assessment of stress during handling and transport. *Journal of Animal Science*, 75(1): 249–257.
- Hu X L, Wei Y T, Huang S L, et al. 2018. Effects of breeding center, age and parasite burden on fecal triiodothyronine levels in forest musk Deer. *PLoS ONE*, 13(10): e0205080.
- Lynn S E, Kern M D. 2017. Ecologically relevant cooling early in life alters pre fledging adrenocortical response in free-living songbirds. *Physiological and Biochemical Zoology*, 90(1): 118–123.
- Meng X X, Gong B C, Ma G, et al. 2011. Quantified analyses of musk deer farming in China: a tool for sustainable musk production and *ex situ* conservation. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 24(10): 1473–1482.
- Meng X X, Zhou C Q, Hu J C, et al. 2006. Musk Deer farming in China. *Animal Science*, 82(1): 1–6.
- Owen M A, Swaisgood R R, Czekala N M, et al. 2004. Monitoring stress in captive giant pandas (*Ailuropoda melanoleuca*): behavioral and hormonal responses to ambient noise. *Zoo Biology*, 23(2): 147–164.
- Romero L M. 2004. Physiological stress in ecology: lessons from biomedical research. *Trends in Ecology & Evolution*, 19(5): 249–255.
- Sapolsky R M, Romero L M, Munck A U. 2000. How do glucocorticoids influence stress responses? Integrating permissive, suppressive, stimulatory, and preparative actions. *Endocrine Reviews*, 21(1): 55–89.
- Snyder R J, Perdue B M, Powell D M, et al. 2012. Behavioral and hormonal consequences of transporting giant pandas from China to the United States. *Journal of Applied Animal Welfare Science*, 15(1): 1–20.
- Staley M, Connors M G, Hall K, et al. 2018. Linking stress and immunity: Immunoglobulin A as a non-invasive physiological biomarker in animal welfare studies. *Hormones and Behavior*, 102: 55–68.
- Waits L P, Paetkau D. 2005. Noninvasive genetic sampling tools for wildlife biologists: a review of applications and recommendations for accurate data collection. *Journal of Wildlife Management*, 69(4): 1419–1433.
- Wasser S K, Hunt K E, Brown J L, et al. 2000. A generalized fecal glucocorticoid assay for use in a diverse array of nondomestic mammalian and avian species. *General and Comparative Endocrinology*, 120(3): 260–275.
- Wingfield J C, Kitaysky A S. 2002. Endocrine responses to unpredictable environmental events: stress or anti-stress hormones? *Integrative and Comparative Biology*, 42(3): 600–609.
- Yang L L, Wang W X, Huang S L, et al. 2019. Individual stress responses of white rhinoceros (*Ceratotherium simum*) to transport: implication for a differential management. *Global Ecology and Conservation*, 17: e00588.
- Yang Q S, Meng X X, Xia L, et al. 2003. Conservation status and causes of decline of musk deer (*Moschus spp.*) in China. *Biological Conservation*, 109(3): 333–342.
- Yang S, Zhang M, Li Y, et al. 2020. The effect of musk extraction procedures on the stress response of farmed forest musk Deer (*Moschus berezovskii*). *The Journal of Animal and Plant Sciences*, 30(6): 1424–1434.

- Zhou X, Lv Q X, Qin Y H, et al. 2023. Effects of social stress on the welfare of captive male Alpine musk Deer: Stereotypic behavior, fecal cortisol, and musk secretion. *Applied Animal Behaviour Science*, 258: 105828.
- 何岚, 葛兴芳, 刘刚, 等. 2014. 野生动物的应激状态研究及其在物种保护上的应用. *四川动物*, 33(1): 156–160.
- 蒋志刚, 李春旺, 彭建军, 等. 2001. 行为的结构、刚性和多样性. *生物多样性*, 9(3): 265–274.
- 李春旺, 蒋志刚, 曾岩, 等. 2003. 圈养雄性麝鹿血清睾酮和皮质醇含量在发情期的变化. *动物学研究*, 24(1): 49–52.
- 孟秀祥, 冯金朝, 周宜君, 等. 2007. 麝类行为谱的初步建构及行为型的描述性定义. *四川动物*, 26(1): 46–50.
- 孟秀祥, 杨奇森, 冯祚建, 等. 2002a. 圈养马麝夏秋冬活动格局的比较. *兽类学报*, 22(2): 87–97.
- 孟秀祥, 杨奇森, 冯祚建, 等. 2002b. 圈养马麝发情交配后期的日活动格局. *动物学杂志*, 37(6): 35–42.
- 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.
- 张慧珍, 王敏, 李吉有, 等. 2009. 林麝养殖中活体取香的方法和步骤. *野生动物*, 30(4): 175–176.
- 周显青, 孙儒泳, 牛翠娟. 2001. 应激对水生动物生长、行为和生理活动的影响. *动物学研究*, 22(2): 154–158.

(上接第 357 页)

查阅《中国动物志 爬行纲 第三卷 (有鳞目: 蛇亚目)》(赵尔宓等 1998)、《中国爬行动物图鉴》(中国野生动物保护协会 2002)、《中国蛇类》(赵尔宓等 2006)、《常见爬行动物野外识别手册》(齐硕 2019)和《中国蛇类图鉴》(黄松 2021)等专著, 以及相关文献(戴宗兴等 1996, 戴琦等 2011), 均无山烙铁头蛇在湖北分布的记录。根据文献描述, 山烙铁头蛇体较粗短(体长约 56~110 cm), 尾较短, 尾梢棕黄色; 头呈三角形, 与颈区分明显, 头背黑部具棕褐色斑块或斑点, 眼后具上浅下黑 2 条斑纹, 向后延伸至颈侧; 体背面黄褐色或红褐色, 有并排排列或交错排列的近矩形深褐色斑纹, 体两侧具若干不规则的深棕色或黑褐色小斑块, 腹面密布大多略呈方形的棕褐色、浅棕灰色或灰黑色碎斑(齐硕 2019, 车静等 2020, 黄松 2021)。本次发现的山烙铁头蛇外观与上述描述相符。方响亮等(2012)报道湖北恩施宜恩、来凤和利川县分布有台湾烙铁头蛇(*O. makazayazaya*), 与山烙铁头蛇形态相似, 主要区别在于, 台湾烙铁头蛇头背橘红色, 体背具大块橘红色斑(齐硕 2019)。山烙铁头蛇分类上隶属蝰科(Viperidae)烙铁头蛇属(*Ovophis*), 国内分布于西藏、云南、四川以及西北地区的甘肃南部及陕西南部等地(齐硕 2019, 王凯等 2020, 黄松 2021)。此次记录是山烙铁头蛇在湖北省的首次发现。

李佳^① 雷小勇^② 刘芳^③ 李迪强^③ 邓正群^{④*}

① 中国林业科学研究院生态保护与修复研究所 北京 100091; ② 江西省上饶市余干县林业局 上饶 335100;

③ 中国林业科学研究院森林生态环境与自然保护研究所/国家林业和草原局生物多样性保护重点实验室 北京 100091;

④ 襄阳南河湿地省级自然保护区管理局 襄阳 441000