

研究论文 ORIGINAL PAPERS

正强化训练对黑麂行为模式的影响

周桓治, 刘赫*, 张玥琨, 刘萍

(北京动物园管理处, 北京 100044)

稿件运行过程

收稿日期: 2024-09-11

修回日期: 2024-11-08



关键词: 黑麂;

正强化训练;

认知丰富;

动物行为

Keywords: Black muntjac (*Muntiacus crinifrons*);

Positive reinforcement training;

Cognitive enrichment;

Animal behavior

中图分类号: Q958.1

文献标志码: A

文章编号:

2310-1490(2025)-03-0544-11

DOI: 10.12375/ysdwx.20250308

摘要

正强化训练被广泛应用于圈养动物的饲养管理中,对黑麂(*Muntiacus crinifrons*)这类神经敏感物种尤其重要。通过对北京、杭州和合肥三地动物园的34只黑麂进行正强化行为训练,观察并记录训练前后的行为,探讨正强化训练对圈养黑麂行为模式的影响。结果显示:训练后黑麂的运动行为显著提高,静止行为,尤其是站息行为显著减少,表明正强化训练有效增加了黑麂的运动时长和频次,对其健康具有积极作用。此外,训练还降低了黑麂的警戒行为,有助于脱敏,并可应用于治疗和运输等饲养管理,减少应激行为。黑麂的摄食行为则存在显著的地域性差异,北京和合肥地区的黑麂经过训练后摄食行为增加的程度大于杭州,可能与黑麂对训练人员熟悉程度有关。因此,正强化行为训练可在短时间内提高圈养黑麂自然行为的表达,减少应激反应,优化饲养管理模式。

Effects of Positive Reinforcement Training on the Behavioral Patterns of Black Muntjac

ZHOU Huanzhi, LIU He*, ZHANG Yuekun, LIU Ping

(Beijing Zoo, Beijing 100044, China)

Abstract: Positive reinforcement training is widely applied in the management of captive animals, especially important for sensitive species like the black muntjac (*Muntiacus crinifrons*). This study investigates the impact of positive reinforcement training on the behavioral patterns of captive black muntjac by conducting behavior training on 34 individuals across zoos in Beijing, Hangzhou, and Hefei, observing and recording behaviors before and after the training. The results showed that the active behavior of black muntjacs significantly increased after training, and the rest behavior, especially the standing rest behavior,

基金项目: 北京市公园管理中心科技项目(ZX2022016)

第一作者简介: 周桓治(1997—),男,硕士研究生;主要从事动物保护研究。E-mail:sy7sy7@126.com

*通信作者: 刘赫, E-mail:liuherstar@163.com

significantly decreased. This indicated that positive reinforcement training effectively increased the activity duration and frequency of black muntjacs, and had a positive effect on their health. Additionally, behavioral training also reduced the vigilance behavior of black muntjacs, which aided in desensitization and was applicable to various aspects of breeding management, including treatment and transportation, thereby reducing stress-related behaviors. The feeding behavior of black muntjacs exhibited significant regional variations, with individuals in Beijing and Hefei showing a greater increase in feeding behavior after training compared to those in Hangzhou, possibly related to their familiarity with the trainers. Consequently, positive reinforcement behavioral training can rapidly enhance the expression of natural behaviors in captive black muntjacs, reduce stress responses, and optimize breeding management.

行为训练作为认知丰容的一种方式,为圈养动物提供了更多掌控环境的机会和选择,从而减少因圈养条件产生的应激反应和刻板行为^[1]。正强化训练作为行为训练中高效且应用广泛的方法,在圈养动物的饲养管理中扮演着重要角色。其基本原理源于操作性条件反射和经典条件反射理论,通过合理运用指令和正向奖励,在人与动物之间建立信任感和主动合作性,让动物在自然平静的状态下完成训练目标,建立期望的自然行为模式^[2-4]。

在众多研究中,正强化训练已被验证为一种重要的行为健康治疗方法。经过行为训练的动物可以在没有制约和强迫的条件下,平静自然地完成日常管理和治疗^[5]。这种训练方法不仅减少了动物对医疗程序和日常护理的应激反应,还为其提供了认知丰容。例如:上海动物园对易应激的獐(*Hydropotes inermis*)实施行为训练,成功降低其警戒性,使其能够接受直肠体温测量^[6];太原动物园则通过正强化训练,使圈养非洲象(*Loxodonta africana*)能够平静地接受日常的足部护理、口腔检查和耳部采血等医疗操作。在训练中,非洲象与人类的互动和学习不仅促进其成长,还增加了象的新鲜体验,从而丰富其认知^[7]。正强化训练也适用于大型猛兽,如东北虎(*Panthera tigris altaica*)接受正强化训练后,能主动配合训练员进行口腔检查、前爪检查、尾部采血以及转移笼舍等一系列训练任务^[8]。同样,经过训练的大熊猫(*Ailuropoda melanoleuca*)能够完成肌内注射、腕部采血和体温测量等医疗程序^[9]。行为训练有效地减少了动物在医疗和运输过程中的应激反应,有利于保障动物和饲养员双方的安全^[10]。此外,正强化训练也被用于改善群居动物的社会关系,福州市

动物园对山魈(*Mandrillus sphinx*)实施正强化训练后,山魈群内的强势个体和弱势个体间的关系得到了改善,减少了群体内的冲突,促进了群体成员间的良性互动^[11]。部分行为训练还可以与科普教育相结合,通过向公众展示训练过程来丰富游客的参观体验,有助于提升游客对动物行为和福利的了解^[12]。

黑麂(*Muntiacus crinifrons*)作为我国的特有种,仅分布于浙江省、江西省、安徽省和福建省,被列为国家一级重点保护野生动物,其生态价值和保护地位极为显著^[13-14]。据估计,当前野生黑麂的种群数量为5 000~8 000只,甚至可能低于5 000只,且其栖息地面积仍在持续减少^[15-17]。因此,除了强化黑麂原生栖息地的保护外,开展圈养繁殖和野化放归也成为保护黑麂的必要措施^[15-16]。目前仅有北京动物园、杭州动物园、合肥野生动物园与皖南国家野生动物救护中心拥有圈养黑麂种群,大约40只^[16,18]。与野外复杂多变的环境相比,圈养环境的单一性对动物的身心健康构成了潜在挑战。在圈养条件下,动物虽免于食物短缺和天敌威胁,但同时也失去了自然环境中激发运动行为的诸多因素,而且狭小的饲养空间限制了其活动范围,减少了必要的运动,加之长时间暴露于游客、噪音和城市光源等压力源中,导致动物容易出现刻板行为和肥胖等一系列健康问题^[19-21]。因此,为圈养黑麂种群提供行为管理对于维护其健康非常必要,有助于促进动物自然行为的表达,在黑麂迁地保护中至关重要^[22]。

当前对黑麂的研究主要集中在生态与遗传进化领域,多项研究已强调迁地保护的重要性,但关于圈养黑麂的行为研究,尤其是训练方面,却相对稀少^[17,23]。本研究旨在探究在不同圈养条件下黑麂的行为训练

效果是否存在差异,发现行为训练如何影响行为及其潜在应用。为此,对北京、杭州和合肥三家动物园的圈养黑麂进行正强化训练,分析训练前后的行为模式,以期改善其福利和保护提供科学依据。

1 方法与材料

1.1 研究对象与训练环境

研究对象为3个地区的34只黑麂,其中北京动物园22只(11♂, 11♀)、杭州动物园6只(3♂, 3♀)、合

肥野生动物园6只(3♂, 3♀)。训练主要在室外笼舍进行,视野良好,便于训练员与黑麂接触。各地区的笼舍环境特点:合肥地区的笼舍围栏为金属网状结构,一个笼舍内饲养1或2只黑麂(图1(a));北京地区的笼舍采用玻璃围栏,笼舍内饲养5~10只黑麂(图1(b));杭州地区有模拟野外山坡的笼舍(图1(c)),其环境更接近自然状态,围栏同样为金属网状结构,但也有部分非展出的传统小笼舍,每个笼舍饲养1~4只(图1(d))。



图1 三地黑麂笼舍环境

Figure 1 Enclosures for black muntjacs in three locations

1.2 训练方法

正强化行为训练始于2023年4月,每次训练安排在喂食前进行。训练器材包括响片、目标棒和食物背桶。强化物包括去核红枣、花生和树叶,强化物放置于背桶中。

训练人员使用响片训练法对黑麂进行定位训练,每只黑麂的训练时间控制在30 min以内,以避免黑麂因训练时间过长产生厌烦情绪。考虑到黑麂的高警惕性和对环境的敏感性,训练环境保持安静,避免其他动物、人员和声音的干扰,整个训练过程均由同一名操作人员完成,以免影响训练效果^[24]。此外,

为确保结果的准确性,研究团队在训练前进行了详细的动物情况交流,并针对不同训练环境和个体制定训练方案;而后,通过脱敏训练,确保黑麂能够保持参与训练的时长。黑麂的行为训练方法见表1。

1.3 行为观察与整理

采用目标取样法,观察并记录每只黑麂在训练前30 min和训练后30 min的行为。结合之前研究中黑麂的行为谱^[18],依据观察结果,将行为分为运动和静止两大类,确定本研究的黑麂行为谱(表2)。记录行为的持续时间,依据每小时的行为持续时间,计算行为发生的百分比。

表1 黑麂行为训练步骤分解
Table 1 Decomposition of training steps

训练阶段 Steps	训练分解目标 Decomposition of training goals	具体方法 Training methods
1	建立信任	采用开放式群体训练方法, 训练员进入黑麂的圈养空间。当黑麂主动接近时, 训练员给予强化物, 以此建立信任关系
2	桥接食物	通过响片与食物的结合使用, 建立食物与响片之间的联系。当黑麂靠近训练员时, 按下响片并给予食物奖励, 进行多次重复训练
3	目标棒脱敏	使用目标棒轻触黑麂鼻部, 若黑麂不逃避, 则按下响片并给予强化物
4	目标棒跟随	利用目标棒引导受训黑麂进行小范围移动。当黑麂主动用鼻部触碰目标棒时, 按下响片并给予强化物。训练结束时, 给予大量奖励, 以确保训练有一个愉快的结尾

表2 圈养黑麂行为谱
Table 2 Behavioral spectrum of captive black muntjac

行为类别 Behavioral classification	行为 Behavior	行为描述 Behavior description
运动行为 Active behavior	奔跑	运动频率高, 运动距离长, 尾翘起, 露出臀部显著的白斑。诱发黑麂奔跑通常有 2 种因素: 一种是在警戒状态结束, 当确认外界干扰可能危害自身时, 迅速逃逸, 其臀斑为明显的警戒色, 同时嘴里还发出“吱吱”示警声; 另一种情况无明显外界干扰因素, 通常发生在晨昏, 黑麂可能因为兴奋而狂奔数十米(如嬉戏时的相互追逐)
	蹭痒	用体侧、颊部在树干、墙壁上来回摩擦, 或用后肢弯曲前伸蹭痒
	互相修饰	♀—♀和♂—♀之间在交往过程中均有发生, 通常是一方主动修饰另一方, 被修饰方静立不动, 或二者同时为对方修饰体毛
	刻板	单一、无明显目的、反复出现和无立即性功能的简单行为
	慢走	呈放松状态行走
	摄食	站姿或卧姿进食的行为
	修饰	用舌头舔自己的脖子、面部, 以及用舌头舔或牙齿咬体侧、臀和尾基部等部位的毛
静止行为 Inactive behavior	嗅闻	使用其嗅觉系统来探测、识别和响应环境中化学物质的行为
	警戒	黑麂生性机警, 在受到外界干扰时, 无论处于何种行为状态, 都会立即中断并站立、静止不动, 全身肌肉紧张, 两眼注视目标, 耳不时向声源方向转动, 随时准备逃离
	排泄	黑麂在排粪时有前肢交替扒土数次的习性, 先用前肢在地面标记 1 个“<”, 尖端与头的方向一致, 接着两后肢弯曲, 略向外展, 呈蹲式, 尾翘起, 不时上下抖动
	卧息	身体处于完全放松状态, 四肢无明显动作, 以卧息为主要休息方式
	站息	身体处于完全放松状态, 四肢无明显动作, 但保持站立的姿势
	反刍	可观察到食团在食管运动, 反刍过程包括逆呕、再咀嚼和吞咽, 在站息和卧息时常伴有反刍动作

1.4 统计分析

采用 SPSS 23 统计软件进行数据分析。通过单样本 Kolmogorov-Smirnov 检验黑麂运动与静止行为数据的正态性, 符合正态分布应用参数检验, 不符合正态分布则应用非参数检验。本研究统计后显示行

为数据不符合正态分布, 因此使用非参数检验。黑麂训练前和训练后行为用 Wilcoxon 符号秩检验法。北京、杭州和合肥 3 个不同地区的行为数据则通过 Kruskal-Wallis 检验来分析地区间的差异。

2 结果

2.1 训练前后行为的整体与地域变化

正强化训练后,黑鹿的运动行为和静止行为均发生显著变化。训练后,黑鹿的运动行为显著增加($P = 0.042$),静止行为显著减少($P = 0.005$),并且静止行为的减少幅度更大(图2)。北京、杭州和合肥

三地的黑鹿同样是训练后运动行为增加、静止行为减少(图3)。三地的黑鹿在训练后运动行为普遍增加,但变化并不显著(北京 $P = 0.232$, 杭州 $P = 0.507$, 合肥 $P = 0.214$)。静止行为则在三地均减少,但变化同样不显著(北京 $P = 0.074$, 杭州 $P = 0.300$, 合肥 $P = 0.056$)。

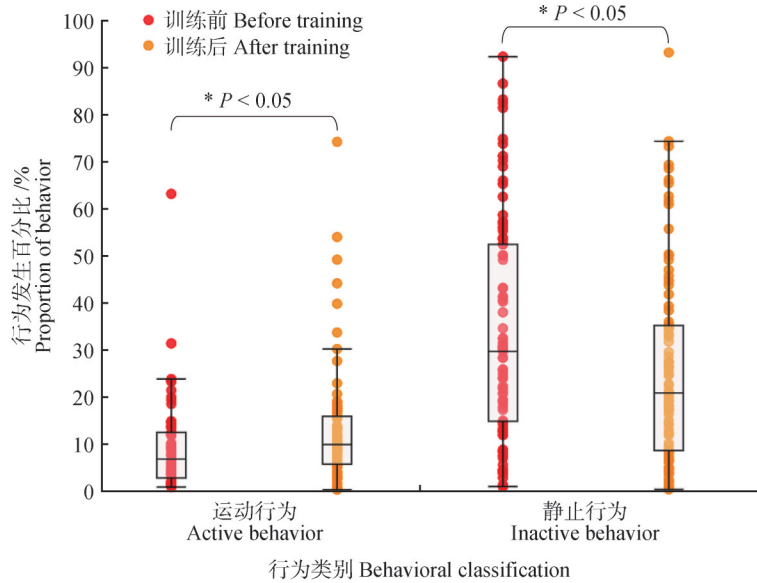


图2 黑鹿训练前后整体运动行为和静止行为的变化

Figure 2 Comparison of active and inactive behavior in black muntjac before and after training

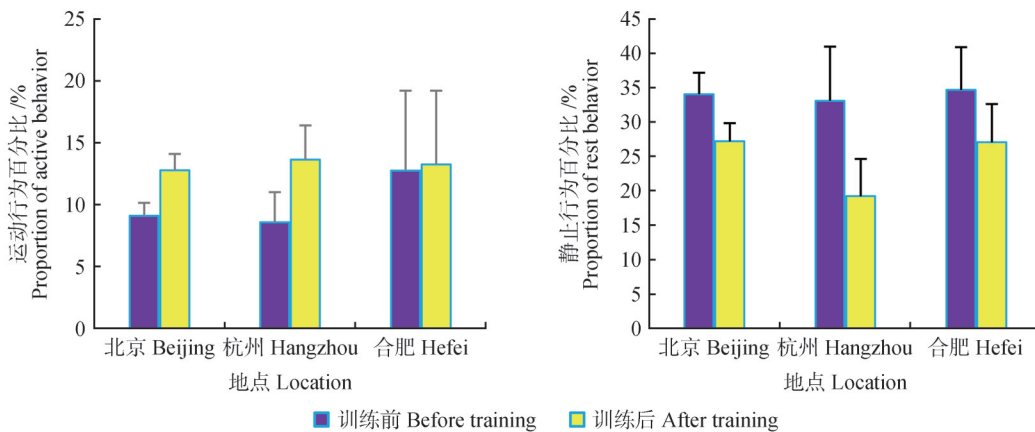


图3 三地黑鹿种群训练前后运动行为和静止行为的变化

Figure 3 The change in active behavior and rest behavior in Beijing, Hangzhou, and Hefei before and after training

2.2 静止行为和运动行为的变化

黑鹿的具体行为中部分行为记录过少,不足以进行有效分析,因此针对黑鹿的4种静止行为(站息、慢走、卧息和警戒)和3种运动行为(修饰、反刍和摄食)进行统计分析。经过正强化训练后,黑鹿的

所有静止行为均有减少趋势,其中站息行为于训练后显著减少($P = 0.026$,图4)。运动行为在训练前后均未出现显著变化,修饰和慢走行为有所增加,但摄食行为却减少(图4)。

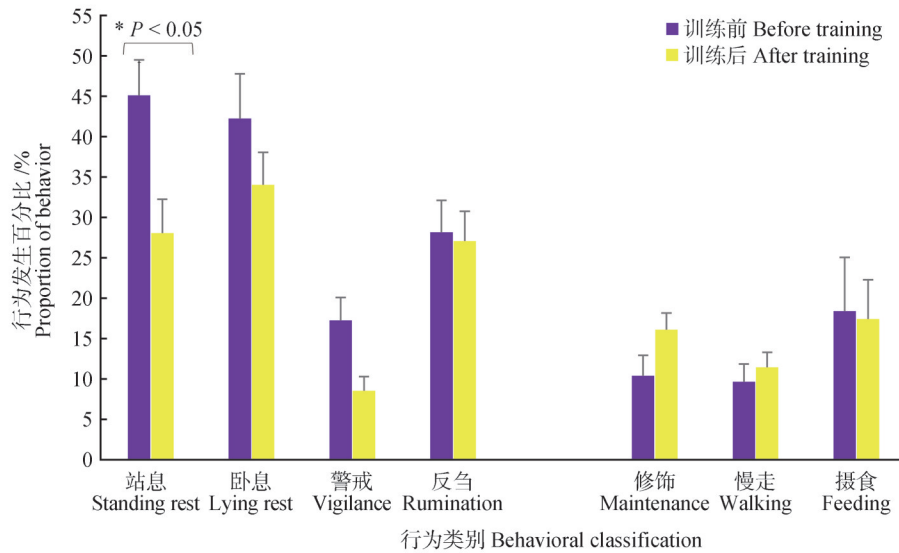


图4 黑麂训练前后的具体行为变化

Figure 4 The specific behavioral change in Beijing, Hangzhou, and Hefei before and after training

2.2.1 静止行为的地域变化

从地域看,黑麂的站息行为在北京和合肥两地减少,杭州反而有所增加。卧息行为在北京和杭州两地减少,而在合肥则有所增加。站息和卧息行为

的变化在杭州和合肥两地呈现反趋势。北京地区的黑麂训练后,警戒行为消失,杭州与合肥两地的警戒行为也有所减少。反刍行为则在训练后普遍增加,尤其是杭州和合肥地区(图5)。

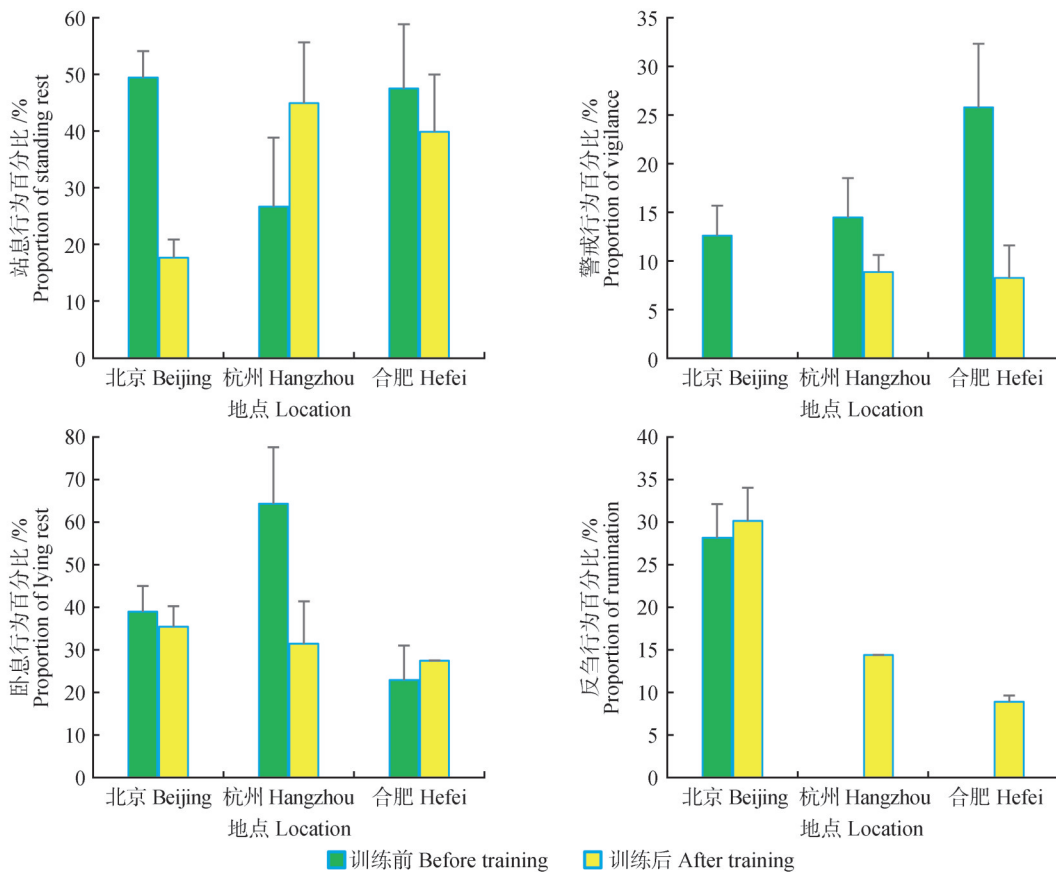


图5 三地黑麂种群训练前后静止行为的变化

Figure 5 Changes in standing rest, vigilance, lying rest, and rumination behaviors in Beijing, Hangzhou, and Hefei zoo before and after training

2.2.2 运动行为的地域变化

经过正强化训练后,各地区黑麂在摄食行为上展现出显著差异($P = 0.020$,图6)。北京和合肥两地黑麂训练前均未表现出摄食行为,但训练后迅速展现出了积极的摄食行为;杭州地区的黑麂在训练前已出现摄食行为,训练后的摄食行为却有所减少。修饰行为

则在训练前已在各区间表现出显著差异($P = 0.040$),训练后修饰行为虽在所有地区均有增加,尤其是合肥地区仅在训练后才出现该行为,但各地间差异不再具有显著性($P = 0.128$)。慢走行为则在训练前后各区间均未发现显著差异,其在北京和杭州地区有所增加,在合肥地区则有所减少(图6)。

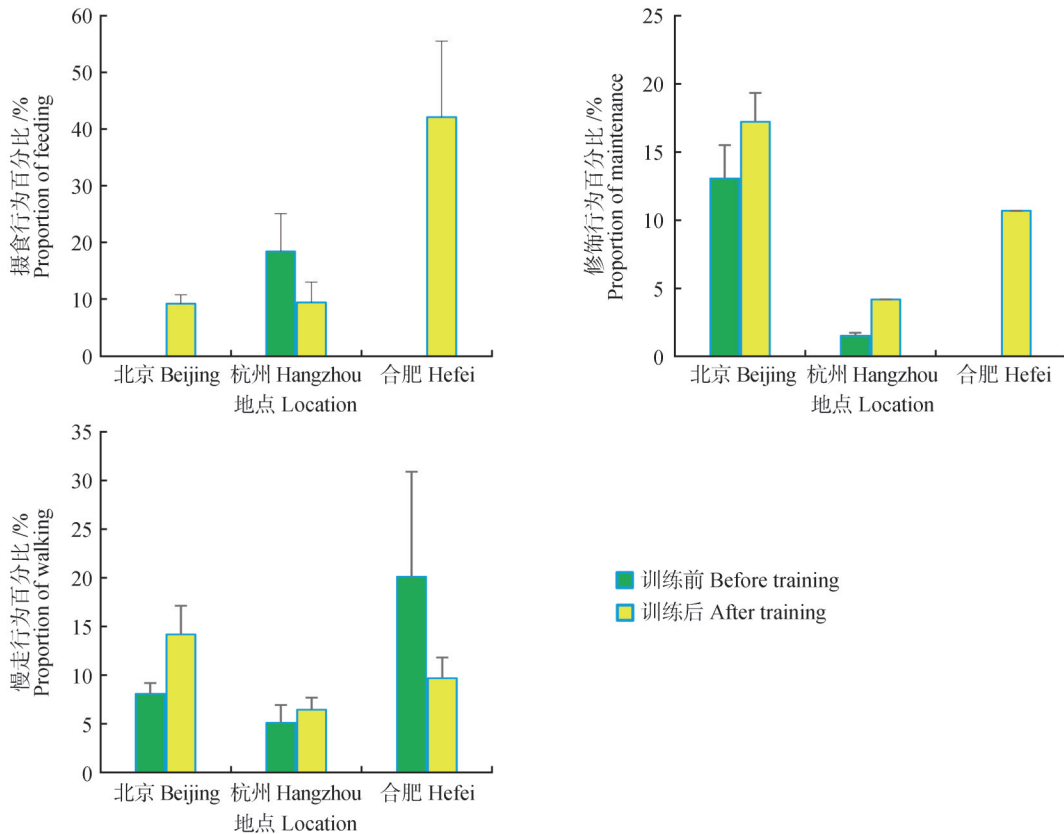


图6 三地黑麂种群训练前后运动行为的变化

Figure 6 Changes in feeding, maintenance and walking behaviors in Beijing, Hangzhou, and Hefei before and after training

3 讨论

3.1 正强化训练的作用

认知丰容是一种旨在提升动物大脑活动的环境丰富手段,通过提供认知挑战,为圈养动物提供更多控制环境的机会和选择,从而使其感到更加自然和舒适。这包括提供新事物体验和行为训练,以帮助动物缓解在枯燥环境中积累的压力并促进整体福祉^[1,22,25]。正强化训练作为认知丰容的一种方法,通过积极的反馈和奖励机制,鼓励动物学习新的行为和技能,进一步丰富其生活体验^[2-3,10]。

在本研究中,正强化训练被应用于圈养黑麂,并在短时间内发生了显著的行为改变,提高了黑麂活

动水平。其中,黑麂的站息行为显著减少,北京和合肥地区的黑麂摄食行为变得更加积极。在自然环境中,食草动物通常需要花费大量时间和精力不停采食,以获取生存所需的能量,而较少的时间用于休息。圈养环境空间狭小且食物容易获得,动物的摄食行为往往减少,而休息行为增加^[26]。因此,站息行为的减少和摄食行为的增加,进一步验证了正强化训练在提高黑麂活跃度方面的有效性,这种训练激励黑麂更加积极地与环境互动。此外,北京地区黑麂的警戒行为在训练后显著降低,杭州与合肥地区的警戒行为也有所减少,这反映了正强化训练在减轻动物应激反应方面的积极作用。

3.2 地域差异与训练效果

北京、杭州和合肥三地的变化与整体趋势相似, 同样表现出训练后运动行为增加和静止行为减少, 但此变化并未达到统计学上的显著性。这一结果可能归因于数据分散至3个不同地区, 较小的样本量降低了统计效能。同样, 各地区训练前后具体行为变化的不显著性, 也可能出于相同的原因。具体行为在地域上则没有表现出同样的统一性。在北京地区, 除了反刍行为外的其他行为的变化均是运动行为增加和静止行为减少, 而杭州和合肥地区并未表现出这种趋势。杭州地区黑麂的站息和反刍行为增加, 摄食行为减少。合肥则是卧息和反刍行为增加, 慢走行为减少。这种反刍行为的增加可能与黑麂的休息行为相关, 因为黑麂常在站息和卧息时伴有反刍动作^[18]。

杭州地区的摄食行为整体上呈现下降趋势, 但三地训练后的数据间存在显著差异, 这可能表明杭州地区存在特定的环境或管理因素。此外, 训练前摄食行为的记录仅包括杭州地区的3例, 这一有限的样本量可能使得训练前摄食行为的占比被高估。北京和合肥地区黑麂的摄食行为增加, 表明正强化训练有效地激发了黑麂的活跃程度, 促使其更加积极地探索环境。合肥地区的摄食行为则经历了训练前后从无到有的过程, 并且训练之后大幅增加, 这可能导致黑麂将更多精力花费在摄食上, 减少了慢走行为。而且在饲料方面, 北京和合肥在训练中使用的强化物均选自日常饲料, 而杭州的黑麂之前则未接触过花生、红枣等强化物, 因此对新食物的警惕性可能增加了它们试探强化物的时间, 影响了训练进度^[27]。

在合肥野生动物园, 笼舍围栏的网眼导致游客投喂动物的情况较为频繁, 可能削弱了强化物饲料对黑麂的吸引力。相比之下, 北京地区采用了无缝的玻璃围栏, 而杭州地区的笼舍与游客参观点的距离超过100 m, 这些措施都有效地减少了游客投喂。然而, 杭州的场地广阔且地形复杂, 动物能够避开训练人员, 导致训练效率降低。此外, 合肥和杭州传统小笼舍的训练场地较小, 有限的空间可能导致动物紧张焦虑, 进而降低了训练效果^[21]。

在种群结构上, 杭州和合肥的黑麂饲养密度相对较低, 通常以1~4只为一组进行饲养, 并且在训练时多采取单只训练的方式, 这种较低的饲养密度

减少了群体和等级结构对个体训练的影响。北京动物园的黑麂主要以5~10只组成的大群饲养, 训练主要在群体环境中开展。虽然这种群体训练可能会受到其他个体的干扰, 但作为自然环境中群居的动物, 黑麂也能够通过相互接触来降低对新刺激的敏感性, 并从彼此的行为中学习。此外, 北京地区在训练黑麂时采用了和谐取食法, 这种方法有助于建立群体中和平共处的取食秩序, 使得所有成员都能在没有争抢和打斗的情况下共同进食, 这可能进一步增强了它们对人类互动的适应性和认知能力^[28]。

在本研究中, 北京地区的黑麂训练后的行为变化与整体趋势更为一致, 相较于杭州和合肥地区表现出更明显的行为差异。这可能是杭州和合肥作为黑麂的原分布地, 与北京的气候存在显著差异^[29]。但北京地区与其他两地的行为差异可能并非仅由地域因素导致, 本研究的训练团队主要由北京动物园人员组成, 与北京地区黑麂的长期互动可能降低了黑麂对人类的警惕性, 从而提高了训练效果。相比之下, 杭州和合肥的黑麂尽管接受了相同的行为训练, 但可能与训练人员不熟悉而产生了警惕和压力, 是其未能展现出与北京地区相同行为变化的原因之一^[24]。

因此, 笼舍环境、饲料组成、种群结构、训练人员和训练经历等因素都可能对训练效果造成影响。尽管还存在各种区域性影响因素, 但实验结果显示了一致的趋势, 所有地区的黑麂在接受行为训练后, 整体运动量均有所增加。这表明行为训练对动物产生了积极的影响, 能够在短时间内提高它们的活动水平。

3.3 黑麂行为训练的应用

本次行为训练在30 min内便显著增加了黑麂整体的活动量。然而, 训练的效果不仅限于短期内行为的改善, 其长期的积极影响也同样重要。从长远来看, 正强化训练作为认知丰容的一种手段, 有望对圈养黑麂的福祉产生积极作用, 可以增强其对环境的好奇心和探索能力, 减少刻板行为的发生^[1, 25, 30]。除了缓解黑麂在圈养环境下的压力外, 正强化训练也有助于维护黑麂的生理健康。圈养动物通常面临较小的生活空间和较少的运动机会, 导致出现肥胖、蹄甲异常生长等健康问题^[20-21]。正强化训练的引入在短时间内显著促进了动物的自发运动, 从而增强新陈代谢, 调节动物的生理机能, 维护其健康状

态^[31]。此外,考虑到黑麂天性敏感且易受惊吓,行为训练的实施对黑麂在医疗和运输过程中的管理尤为重要,可减轻黑麂在操作中的应激反应,从而促进健康检查、治疗以及繁育工作的顺利实施,增强迁地保护的效果^[1,7-8,32]。

长期的训练计划能为科学研究提供全面准确的数据,同时可以提升黑麂的福利,还能与科普教育相结合,通过行为展示和科普讲解来提高公众的认知^[12,33]。作为中国特有的濒危物种,黑麂的知名度远低于大熊猫,但其体型小巧、危险性低,需要的安全措施较少,这使其有潜力成为向公众展示的本土特有物种。通过行为训练向公众展现黑麂,不仅可以增加对该物种的保护意识和研究潜力,而且丰富了艺术审美的多样性,从而为黑麂的保护工作增加更多的支持^[34-35]。此外,行为展示为黑麂提供了长期的训练日程,确保了持续的认知丰富,为游客提供了高质量的科普展示。提高黑麂的公众关注度也有助于平衡公众对大熊猫等明星物种的过度关注,减轻相关饲养机构的社会舆论压力,同时促进公众对其他重要本土物种的了解,进而提升整体的自然保护意识。

黑麂天性敏感且胆小,但已在目前的圈养环境中展现出了良好的适应能力。鉴于黑麂的自然栖息地正面临日益严重的缩减,提升这一物种的公众关注度对其保护工作至关重要^[14,17]。增加公众对黑麂的认识和兴趣,不仅能够增强社会对黑麂保护的意识,也可为保护措施的实施提供更广泛的支持和资源。考虑到小麂(*Muntiacus reevesi*)和獐在科普展示方面已有成功的训练案例,对黑麂进行类似的适应性训练并评估其在展示环境中的表现,将是一项具有深远意义的研究^[36]。

总之,正强化训练显著提升了圈养黑麂的活动水平,减少其静止行为,并降低了警戒行为,有利于减少应激反应。尽管不同地区的黑麂对训练的反应存在差异,但整体趋势表明行为训练对增加黑麂的活动量有积极作用。本研究为改善圈养黑麂的饲养管理提供了数据支持,为未来的研究和实践提供了基础。

致谢: 诚挚感谢北京动物园魏珊、席帆、郝菲儿,杭州动物园江志、楼毅、陆玉良,合肥野生动物园江浩、王根红、方磊、易刚、王艳,以及全体黑麂饲养

员在此过程中提供的帮助!

参考文献:

- [1] 刘赫,张铁卓,王泽重,等. 浅析圈养动物丰容[J]. 经济动物学报,2014,18(2):107-110.
LIU H, ZHANG Y Z, WANG Z Z, *et al.* Enrichment and training for captive animals[J]. *Journal of Economic Animal*, 2014, 18(2): 107-110.
- [2] 刘赫. 动物行为训练的理论基础[J]. 中国动物保健,2014,16(2):23-25.
LIU H. A review on the basic principles involved in animal training [J]. *China Animal Health*, 2014, 16(2):23-25.
- [3] 刘珑. 环境丰容及正强化行为训练在动物园繁殖管理中的应用[J]. 黑龙江动物繁殖,2020,28(4):46-49.
LIU L. Application of environmental enrichment and positive reinforcement training in zoo reproduction management [J]. *Heilongjiang Journal of Animal Reproduction*, 2020, 28(4):46-49.
- [4] 尚玉昌. 动物的经典条件反射和操作条件反射学习行为[J]. 生物学通报,2005,40(12):7-9.
SHANG Y C. Animal classical conditioning and operant conditioning learning behavior [J]. *Bulletin of Biology*, 2005, 40(12):7-9.
- [5] 刘赫,张金国,王泽重,等. 动物行为训练的意义和方法[J]. 中国动物保健,2014,16(1):20-22.
LIU H, ZHANG J G, WANG Z Z, *et al.* Signification and techniques of animal training [J]. *China Animal Health*, 2014, 16(1): 20-22.
- [6] 孙文婷. 圈养獐的行为训练和体温测量[J]. 野生动物学报, 2023, 44(2):450-456.
SUN W T. Behavior training and body temperature measurement of captive Chinese water deer [J]. *Chinese Journal of Wildlife*, 2023, 44(2):450-456.
- [7] 卫泽珍,崔媛媛,刘珑,等. 非洲象的正强化行为训练探讨[J]. 野生动物学报,2018,39(1):118-121.
WEI Z Z, CUI Y Y, LIU L, *et al.* Positive reinforcement training of African elephant [J]. *Chinese Journal of Wildlife*, 2018, 39(1): 118-121.
- [8] 张政,孔繁铭,李艳,等. 圈养东北虎的正强化行为训练[J]. 野生动物学报,2022,43(3):804-809.
ZHANG Z, KONG F M, LI Y, *et al.* Positive reinforcement training for captive *Panthera tigris altaica* [J]. *Chinese Journal of Wildlife*, 2022, 43(3):804-809.
- [9] 黄勉,左珂菁,梁文星,等. 大熊猫医疗行为训练[J]. 野生动物,2013,34(2):73-74;88.
HUANG M, ZUO K J, LIANG W X, *et al.* Training of captive giant panda for veterinary care [J]. *Chinese Journal of Wildlife*, 2013, 34(2):73-74;88.
- [10] 刘文荣,刘美艳,宋伟斌,等. 丰容与行为训练在圈养野生动物管理中的作用和意义[J]. 现代农业科技,2021(18): 204-207.

- LIU W R, LIU M Y, SONG W B, *et al.* The role and significance of enrichment and behavioral training in the management of captive wild animals [J]. *Modern Agricultural Science and Technology*, 2021(18):204-207.
- [11] 陈霖. 正强化行为训练在圈养山魈行为管理中的应用[J]. *野生动物学报*, 2021, 42(4):1138-1143.
- CHEN L. Positive reinforcement training on the behavior management of captive mandrill (*Mandrillus sphinx*) [J]. *Chinese Journal of Wildlife*, 2021, 42(4):1138-1143.
- [12] 崔媛媛, 卫泽珍, 刘珑, 等. 圈养象正强化行为训练探讨[J]. *安徽农业科学*, 2020, 48(13):102-105.
- CUI Y Y, WEI Z Z, LIU L, *et al.* Discussion on the training of positive reinforcement behaviors in captive elephants [J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2020, 48(13):102-105.
- [13] 国家重点保护野生动物名录(2021年2月1日修订)[J]. *野生动物学报*, 2021, 42(2):605-640.
- List of national key protected wildlife in China (revised on February 1, 2021) [J]. *Chinese Journal of Wildlife*, 2021, 42(2):605-640.
- [14] 郑祥, 鲍毅新, 葛宝明, 等. 古田山自然保护区黑麂资源分布与保护现状[J]. *自然资源学报*, 2005, 20(4):508-513.
- ZHENG X, BAO Y X, GE B M, *et al.* The current distribution and conservation status of black muntjac in Gutian Mountain Nature Reserve [J]. *Journal of Natural Resources*, 2005, 20(4):508-513.
- [15] 胡均. 皖南山区黑麂的保护现状与建议[J]. *中国兽医杂志*, 2011, 47(5):89-90.
- HU J. Conservation status and suggestions for the black muntjac (*Muntiacus crinifrons*) in southern Anhui mountain area [J]. *Chinese Journal of Veterinary Medicine*, 2011, 47(5):89-90.
- [16] 吴良银, 李群, 张文兴. 皖南地区圈养黑麂驯养繁育的人工管理因素[J]. *中国动物保健*, 2024, 26(8):83-84.
- WU L Y, LI Q, ZHANG W X. Artificial management factors in the domestication and breeding of black muntjac in southern Anhui [J]. *China Animal Health*, 2024, 26(8):83-84.
- [17] 雷军成, 王莎, 王军围, 等. 未来气候变化对我国特有濒危动物黑麂适宜生境的潜在影响[J]. *生物多样性*, 2016, 24(12):1390-1399.
- LEI J C, WANG S, WANG J W, *et al.* Potential effects of future climate change on suitable habitat of *Muntiacus crinifrons*, an endangered and endemic species in China [J]. *Biodiversity Science*, 2016, 24(12):1390-1399.
- [18] 杨凌帆, 王君, 张恩权, 等. 夏季圈养黑麂对室外圈舍的选择利用[J]. *安徽农业科学*, 2023, 51(20):101-108.
- YANG L F, WANG J, ZHANG E Q, *et al.* Selection of an outdoor enclosure by captive black muntjac (*Muntiacus crinifrons*) at Beijing Zoo in summer [J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2023, 51(20):101-108.
- [19] BASTIAN M L, GLENDINNING D R, BROWN J L, *et al.* Effects of a recurring late-night event on the behavior and welfare of a population of zoo-housed gorillas [J]. *Zoo Biology*, 2020, 39(4):217-229.
- [20] 刘赫, 张轶卓, 张媛媛, 等. 圈养大熊猫刻板行为的节律[J]. *应用与环境生物学报*, 2022, 28(6):1629-1634.
- LIU H, ZHANG Y Z, ZHANG Y Y, *et al.* The rhythm of stereotypic behaviors in captive giant panda (*Ailuropoda melanoleuca*) [J]. *Chinese Journal of Applied and Environmental Biology*, 2022, 28(6):1629-1634.
- [21] KUSUMANINGSIH P, ROSIANA I W. The benefit of enrichment application on animals in captivity [C]//IOP conference series: earth and environmental science: Vol. 1174: the second International Conference of Advanced Veterinary Science and Technologies for Sustainable Development. [S. l.]: IOP Publishing, 2023: 012025.
- [22] 张媛媛, 姚雪梅, 曹雅妮, 等. 分区饲养和环境丰容对黑麂行为的影响[J]. *生物学通报*, 2024, 59(3):1-5.
- ZHANG Y Y, YAO X M, CAO Y N, *et al.* The impact of partitioned housing and environmental enrichment on the behavior of black muntjacs [J]. *Bulletin of Biology*, 2024, 59(3):1-5.
- [23] 路瑞, 胡雪琴, 肖地秀, 等. 基于文献计量的黑麂研究热点与趋势分析[J]. *江西科学*, 2024, 42(1):187-193.
- LU R, HU X Q, XIAO D X, *et al.* Research hotspot and trend analysis of *Muntiacus crinifrons* based on bibliometric analysis [J]. *Jiangxi Science*, 2024, 42(1):187-193.
- [24] 朱荣江, 沙炳福. 食草动物行为训练小结[C]//中国动物园协会华东协作区2019年年会论文集. 赣州: 中国动物园协会, 2019:286-287.
- ZHU R J, SHA B F. Summary of behavioral training for herbivorous animals [C]//Proceedings of the 2019 annual meeting of the east China cooperation zone of Chinese Association of Zoological Gardens. Ganzhou: Chinese Association of Zoological Gardens, 2019:286-287.
- [25] ZEBUNKE M, PUPPE B, LANGBEIN J. Effects of cognitive enrichment on behavioural and physiological reactions of pigs [J]. *Physiology & Behavior*, 2013, 118:70-79.
- [26] 刘群秀, 张佰莲, 耿广耀. 环境丰容对圈养旋角羚昼间行为的影响[J]. *野生动物学报*, 2023, 44(3):674-680.
- LIU Q X, ZHANG B L, GENG G Y. Effects of environmental enrichment on the diurnal behavior of captive addax [J]. *Chinese Journal of Wildlife*, 2023, 44(3):674-680.
- [27] 袁杭. 褐家鼠 (*Rattus norvegicus*) 对新异食物的选择性[D]. 扬州: 扬州大学, 2012.
- YUAN H. Selection of Norway rats (*Rattus norvegicus*) to novel food [D]. Yangzhou: Yangzhou University, 2012.
- [28] 楼毅, 朱岩, 胡红卫. 和诺取食训练在山魈饲养管理中的应用[J]. *野生动物学报*, 2015, 36(4):382-385.
- LOU Y, ZHU Y, HU H W. Cooperative feeding training on the husbandry of mandrill (*Mandrillus sphinx*) [J]. *Chinese Journal of*

- Wildlife, 2015, 36(4): 382-385.
- [29] 盛和林. 中国特产动物: 黑麂[J]. 动物学杂志, 1987, 22(2): 45-48.
SHENG H L. China's unique animal: the black muntjac[J]. Chinese Journal of Zoology, 1987, 22(2): 45-48.
- [30] 刘舒华. 动物刻板行为的表现及产生原因[J]. 速读, 2019(8): 265-267.
LIU S H. Manifestations and causes of stereotypic behavior in animals[J]. Speed Reading, 2019(8): 265-267.
- [31] 何鑫, 王福云, 张秀秀, 等. 正强化训练对笼养黑叶猴粪便代谢组的影响[J]. 野生动物学报, 2020, 41(1): 35-41.
HE X, WANG F Y, ZHANG X X, *et al.* Effect of positive reinforcement training on feces metabolome of caged François' langur (*Trachypitecus francoisi*) [J]. Chinese Journal of Wildlife, 2020, 41(1): 35-41.
- [32] 胡娟, 谢培根, 李婷婷, 等. 同域分布的黑麂和小麂的时空生态位分化[J]. 兽类学报, 2022, 42(6): 641-651.
HU J, XIE P G, LI T T, *et al.* Temporal and spatial niche differentiation of sympatric black muntjac and Reeves' muntjac[J]. Acta Theriologica Sinica, 2022, 42(6): 641-651.
- [33] 王聪, 俞锦华, 张卫平, 等. 黑猩猩的医疗行为训练及展示[J]. 野生动物学报, 2021, 42(3): 825-830.
WANG C, YU J H, ZHANG W P, *et al.* Chimpanzee's medical behavior training and demonstration[J]. Chinese Journal of Wildlife, 2021, 42(3): 825-830.
- [34] 保罗·戈比斯特. 西方生态美学的进展: 从景观感知与评估的视角看[J]. 杭迪, 译. 学术研究, 2010(4): 2-14; 159.
GOBSTER P H. Development of ecological aesthetics in the west: a landscape perception and assessment perspective [J]. HANG D, trans. Academic Research, 2010(4): 2-14; 159.
- [35] CARLSON A. Contemporary environmental aesthetics and the requirements of environmentalism[J]. Environmental Values, 2010, 19(3): 289-314.
- [36] 王智佳, 程翊欣, 孙文婷. 野生动物饲养与科普讲解的创新结合方式初探[J]. 今日畜牧兽医, 2020, 36(8): 54-56.
WANG Z J, CHENG Y X, SUN W T. Preliminary exploration of the innovative combination of wildlife breeding and educational interpretation[J]. Today Animal Husbandry and Veterinary Medicine, 2020, 36(8): 54-56.