DOI:10.13300/j.cnki.cn42-1648/s.2026.10.014

圈养灵长类脱毛诱因分析及综合防控研究

——以东部白眉长臂猿和黑帽悬猴为例

郑雪琴,刘智豪,李春波,滕明生,喻元
重庆市动物园管理处,重庆 400050

摘要 [目的]针对圈养灵长类脱毛频发、常规干预效果不佳、核心诱因不明的问题,探究两类圈养灵长类脱毛发生机制,为动物园灵长类脱毛综合防控提供参考。[方法]选取4岁雄性东部白眉长臂猿1只(体重6.3±0.6 kg)、7岁雄性黑帽悬猴目标个体1只(体重4.1±0.4 kg)为研究对象,分为长臂猿单养组与悬猴社群组,观测周期15个月(2025年2月—2026年4月)。分别测定笼舍温湿度、脱毛分级、刻板行为频次及皮肤病原相关指标,并结合日粮营养组成分析,开展悬猴合群隔离与长臂猿冬季保温干预观察。[结果]长臂猿脱毛以低温应激为主因(<10 ℃时发生率75.00%),属环境应激型,推测冷刺激可能激活HPA轴进而影响毛囊周期;悬猴脱毛以社群心理应激为核心,隔离后自愈、合笼后第2天复发,高温高湿协同加重脱毛(夏季脱毛记录日占81.82%),属复合心理应激型,伴随刻板拔毛行为。两类动物均排除寄生虫、真菌及营养缺乏为原发病因,葡萄球菌仅属继发感染。[结论]两类脱毛本质可能均为应激源导致内分泌紊乱及毛囊周期异常。实施分群饲养、精准温控、应激管控、营养强化、疾病干预与情感丰容的综合防控方案,有助于阻断行为应激路径,降低圈养灵长类脱毛发生率。

关键词 圈养灵长类;脱毛;心理应激;HPA轴;行为福利;低温应激;情感丰容

Analysis of causes and comprehensive prevention and control of the alopecia in captive primates:

taking the eastern Hoolock Gibbons and Tufted Capuchins as an example

Zheng Xueqin, Liu Zhihao, Li Chunbo, Teng Mingsheng, Yu Yuan
Chongqing Zoo Administration, Chongqing 400050, China

Abstract [Objectives]The mechanism of alopecia occurring in 2 species of captive primates was studied to solve the problems of the frequent alopecia, unsatisfactory effects of conventional interventions and unknown core inducements in captive primates, to provide references for the comprehensive prevention and control of alopecia in primates in zoos.[Methods]A 4-year-old male eastern hoolock leuconedys with a body weight of 6.3±0.6 kg and a target 7-year-old male sapajus apella with a body weight of 4.1±0.4 kg was divided into a gibbon single-housing group and a capuchin social-housing group. The observation period lasted from February 2025 to April 2026 (15 months). The enclosure temperature and humidity, alopecia grade, frequency of stereotyped behavior, and skin pathogen-related indexes were measured. A grouping-isolation-regrouping controlled

收稿日期:2026-06-22
作者简介:郑雪琴,女,1988年生,畜牧师。

trial for capuchins and a winter warming intervention for gibbons were observed based on analyzing the nutritional composition in diet.[Results]Cold stress was the primary cause for the alopecia in gibbons with an incidence of 75.00% at temperatures less than 10 ℃, belonging to the environment-stress type which cold stimuli might activate the HPA axis and affect the hair follicle cycle. For capuchins, social psychological stress was the core factor, with spontaneous recovery during isolation and immediate relapse upon regrouping, high temperature coupled with high humidity synergistically exacerbated hair loss (alopecia-record days in summer accounted for 81.82%), belonging to the composite psychological-stress type, accompanied by stereotypic plucking behavior. Ectoparasites, fungi and nutritional deficiency were excluded as primary causes of the alopecia in the 2 animals. *Staphylococcus* spp. was only a secondary infection.[Conclusions]The essence of both types of alopecia may be endocrine disruption and follicular cycle abnormalities caused by stressors. Implementing a strategy of comprehensive prevention and control including the separate housing, precise control of temperature, management of stress, fortification of nutrition, disease intervention, and emotional enrichment can help block the pathway of behavioral stress and reduce the incidence of alopecia in captive primates.

Keywords　captive primates; alopecia; psychological stress; HPA axis; behavioral welfare; low-temperature stress; emotional enrichment

圈养灵长类动物脱毛是动物园常见的多因素健康问题，直接影响动物观赏价值与福利水平。脱发病因涉及环境应激、营养失衡、病原感染、激素紊乱及社群心理应激等，且不同物种间主因差异显著[1]。随着动物福利科学的发展，心理应激与异常行为在圈养野生动物皮肤病发生中的作用日益受到重视[2]。东部白眉长臂猿（hoolock leuconedys）为树栖昼行性小型类人猿，原生境为热带亚热带森林，对低温骤变高度敏感，倾向于在早上鸣叫[3]；黑帽悬猴（sapajus apella）则为群居性极强的猴类，群体内存在复杂的等级与社交行为，对社群冲突及高温高湿环境敏感。

重庆市动物园饲养的东部白眉长臂猿与黑帽悬猴近年来均出现周期性脱毛，常规驱虫、抗真菌及营养补充干预效果不佳，核心诱因不明。因此，本研究通过开展 15 个月（2025 年 2 月—2026 年 4 月）定期环境监测、行为学观察、病原检测、日粮营养分析及饲养对照试验，探究圈养东部白眉长臂猿与黑帽悬猴脱毛的季节性规律、核心诱因及其与心理应激、HPA 轴激活的内在关联，以期为圈养灵长类脱毛科学防控、提升饲养管理与动物福利水平提供理论依据。

1　材料与方法

1.1　研究对象

东部白眉长臂猿（以下简称“长臂猿”），雄性，体重（6.3±0.6）kg，2020 年出生于南京，2022 年回到重庆市动物园后单笼饲养，园区现仅饲养展示该个体。2023 年起，长臂猿背部及四肢出现斑块状脱毛，呈冬春高发、夏秋恢复的周期性特征。脱毛期曾采用口服甘草酸苷、特比萘芬及补充复合维生素及电解质预混剂等干预，均未能阻断复发。

黑帽悬猴（以下简称“悬猴”），雄性，体重（4.1±0.4）kg，重庆市动物园自然繁育，长期合群饲养（群体 5 只，1 雌 4 雄）。2023 年起，每年 3 月悬猴开始出现轻微脱毛，夏季加剧，冬季恢复，表现为习惯性拔毛、啃毛，脱毛集中于背部及后肢。虽然群体另有 2 只雄性个体也出现类似脱毛症状，但本研究重点观测对象为该雄性个体（下文称“目标个体”）。

1.2　观测方法与监测指标

采用定点观测法，覆盖完整四季（2025 年 2 月—2026 年 4 月），共 140 个有效观测日，累计采集 699 组数据。监测指标包括内/外室温度（℃）、相对湿度（% RH）、光照强度、大气压。脱毛程度按皮肤裸露面积分为 4 级：0 级正常（0%）、1 级轻微（＜5%）、2 级明显（5%～20%）、3 级严重（＞20%）。每个观测日固定 2 名研究人员独立评分，取平均值。研究人员同步记录长臂猿和悬猴的异常行为（来回踱步、自残、拔毛等刻板行为频率），实行量化分级记录。所有动物内室基础配备加温设施（油汀）、全

幅防风窗帘，低温天气提前开启加温设施、闭合窗帘阻挡冷风直吹。

1.3 试验设计

针对悬猴设计“合笼—隔离—再合笼”自身对照试验：①合笼期（2025年9月10—19日）：群体正常饲养，记录脱毛状态；②隔离期（2025年9月20—29日）：将目标雄性个体转移至单独笼舍（4 m^2，配备栖架和平台），每日观察悬猴拔毛行为及被毛恢复情况；③再合笼期（2025年9月30日）：重新引入原群体，第2天（2025年10月1日）评估悬猴脱毛复发情况。

针对长臂猿，在冬季低温期于内室主动开启加温设施（油汀）及防风窗帘，观察保温干预后当外环境仍低于10 ℃时长臂猿的脱毛表现。需要注意的是，园区仅饲养1只东部白眉长臂猿，无同年龄、同健康的平行对照个体，即便内室常年配备油汀加温、防风窗帘，也无法设置“无加温空白组”开展分组对比试验，仅依托全年自然温度梯度观测数据做相关性分析。

1.4 实验室检测与营养分析

研究人员采集长臂猿和悬猴的毛发胶带玻片及皮肤拭子，开展体外寄生虫、皮肤病原真菌、需氧致病菌专项检测。同时，参照相关文献及饲养标准对日常基础日粮及补充饲料中氨基酸、维生素、微量元素等营养组分进行分析[4-6]，探讨营养水平与毛发再生、脱毛恢复的相关性。

1.5 数据处理与分析

采用描述性统计方法分析脱毛发生频率与环境因子的关系。脱毛发生率计算公式：发生率=（脱毛记录日数/符合条件观测日数）×100%。季节划分：春季（3—5月）、夏季（6—8月）、秋季（9—11月）、冬季（12月—次年2月）。

2 结果与分析

2.1 饲养环境监测与温差应激分析

由表1可知，两类动物内室湿度偏高（70.73%～72.58% RH），内外室温差小（＜1 ℃），缺乏温湿度缓冲。关键环境阈值：温度＜10 ℃的观测日共16 d，其中12 d长臂猿出现新增脱毛斑块或脱毛评级较前1 d上升1级及以上（低温条件下脱毛发生率75.00%）。

观测周期内两类动物内室均已配套油汀加温设备与防风窗帘，用于缓冲昼夜温差、阻挡冷风直吹，但冬季极端低温下内室温度仍难以稳定维持≥10 ℃，冷应激刺激仍持续存在。2026年1月1—3日气温由9～10 ℃骤降至7～9 ℃，长臂猿于2026年1月3日当日即出现新生脱毛斑，提示冷刺激对毛囊干扰作用迅速。温度＞25 ℃、湿度＞75% RH的高温高湿日共22 d，悬猴全部出现脱毛扩张，脱毛发生率100%。

表1 目标动物饲养环境主要指标

动物种类	环境	平均温度/℃	平均湿度/（%RH）	平均光照/lx	平均气压/kPa
东部白眉长臂猿	内室	20.16±2.35	70.73±8.42	14.72±3.56	98.37±0.52
	外室	20.26±3.18	68.95±7.86	3 695.04±1 256.32	98.39±0.48
黑帽悬猴	内室	19.22±2.86	72.58±9.15	8.63±2.14	98.39±0.51
	外室	19.67±3.45	72.07±8.73	3 365.14±1 189.56	98.39±0.49
外环境（对照）	外环境	20.60±2.10	68.99±7.25	4 507.54±1 523.18	98.37±0.45

2.2 病原学检测与日粮营养评价

两类动物体外寄生虫镜检、皮肤真菌培养均为阴性。皮肤拭子检出条件致病性葡萄球菌（悬猴：尼泊尔葡萄球菌 *Staphylococcus nepalensis*、模仿葡萄球菌 *S. simulans*、马葡萄球菌 *S. equorum*；长臂猿：巴斯德葡萄球菌 *S. pasteuri*），具体见表2。

两类动物常规日粮由时令果蔬、鸡蛋、坚果及青绿枝叶组成，参照灵长类饲养标准及饲料营养成分数据对其日粮配方进行核算，各类氨基酸、维生素及微量元素的估算供给水平均可满足动物正常生理代谢需求，未提示存在原发性营养缺乏。

脱毛期及脱毛预防期，虽然在基础日粮上均额外补充复合维生素及电解质预混剂、必需脂肪酸、胱氨酸等，但是均未能阻断脱毛复发，进一步提示营养缺乏并非两类动物脱毛的原发性诱因。

2.3 东部白眉长臂猿脱毛规律与行为统计

2025年2月—2026年4月观测周期内共记录

表2　目标动物皮肤样本实验室检测结果

动物种类	样本类型	体外寄生虫	皮肤病原真菌	需氧致病菌	检测结论
黑帽悬猴	毛发透明胶纸玻片	阴性	阴性	—	无体外寄生虫、无皮肤真菌感染
黑帽悬猴	皮肤拭子	—	—	尼泊尔葡萄球菌、模仿葡萄球菌、马葡萄球菌	条件致病菌阳性
东部白眉长臂猿	毛发透明胶纸玻片	阴性	阴性	—	无体外寄生虫、无皮肤真菌感染
东部白眉长臂猿	皮肤拭子	—	—	巴斯德葡萄球菌	条件致病菌阳性

注：“—”表示未检出。检测结果引自苏州西山生物技术有限公司出具的报告（报告编号：RA0301-261432、RA0302-261652、RA0303-261431、RA0304-261651）。

77 个脱毛日（表 3），春季占 41.56%（32/77d），其中春季严重脱毛 15 d，为各季最高；冬季占 32.47%（25/77d），严重脱毛 13 d。夏秋季以恢复为主（夏季恢复期 18 d，秋季恢复期 2 d），呈典型低温应激季节性脱毛特征。即便冬季每日开启油汀加温、拉合防风窗帘，极端降温天气仍会出现新增脱毛斑块。

表3　东部白眉长臂猿脱毛状况季节分布（脱毛记录日数 77 d）

季节	轻微/d	明显/d	严重/d	恢复期观测日数/d	占比/%
冬季	4	8	13	0	32.47
春季	5	12	15	0	41.56
夏季	0	0	0	18	23.37
秋季	0	0	0	2	2.60

注：“恢复期”指脱毛面积较前一季节缩小或被毛新生。

此外，由于单笼饲养和缺乏丰容，冬季低温期该长臂猿个体常表现出在笼内频繁来回走动、鸣叫增加等轻度焦虑刻板行为，推测冷应激诱发了其明显的心理不适。

2.4　黑帽悬猴脱毛分布与社群心理应激分析

33 个脱毛记录日（表 4）中，夏季占比高达 81.82%（27/33 d），说明高温高湿季节脱毛风险显著上升。冬季、秋季为恢复期，未见新增脱毛现象。

表4　黑帽悬猴脱毛状况季节分布（脱毛记录日数 33 d）

季节	轻微/d	明显/d	严重/d	合计/d	占比/%
冬季	0	0	0	0	0
春季	6	0	0	6	18.18
夏季	4	15	8	27	81.82
秋季	0	0	0	0	0

注：冬季、秋季为恢复期，脱毛面积较前一季节缩小或被毛新生，未计入脱毛记录日数。

2025 年 9—10 月开展合笼—隔离—再合笼对照试验（表 5）。2025 年 9 月 20 日将目标个体转移至单独笼舍实施隔离，单养后该个体拔毛行为于 24 h 内停止，情绪趋于稳定，被毛逐渐自然恢复；2025 年 9 月 30 日重新合笼，10 月 1 日（合笼后第 2 天）即再现大面积脱毛，且研究人员观察到该个体受到群体中优势个体威吓时，立刻出现啃咬自身后腿毛发的刻板行为。群体另外 2 只雄性个体脱毛程度同步加重。隔离期虽然湿度较高（75.2%～82.0%），但温度适宜（23.0～24.5 ℃）且社群应激源消除，脱毛未继续扩大，该结果提示社群应激的主导作用大于环境湿度。

表5　不同阶段黑帽悬猴的脱毛状态与心理应激行为比较

阶段	日期	均温/℃	均湿/%	饲养模式	脱毛状态及心理应激行为
合笼	2025 年 9 月 10—19 日	25.5	76.4	合群	脱毛严重，常躲避角落，时有被同类啃毛
隔离	2025 年 9 月 20—21 日	23.5	82.0	单养	拔毛行为停止，情绪趋于稳定
隔离	2025 年 9 月 22—25 日	23.0	78.5	单养	脱毛停止扩大，原有创面结痂
隔离	2025 年 9 月 26—29 日	24.5	75.2	单养	严重但未扩大，新生毛发生长，主动采食增加
再合笼	2025 年 9 月 30 日	25.7	73.5	合群	受威吓即刻拔咬自身毛发，第 2 天大面积脱毛复发

注：目标个体指本试验重点观测的 7 岁雄性黑帽悬猴；优势个体指群体中等级最高、对目标个体实施威吓行为的个体。

3 讨 论

3.1 脱毛成因种间差异与HPA轴应激机制

本研究发现，两类灵长类呈现截然不同的脱毛模式，揭示脱毛诱因与动物生态习性及心理应激机制密切相关。动物在面临环境或社群压力时，可能会激活下丘脑－垂体－肾上腺（HPA）轴，分泌糖皮质激素（皮质醇）[7]。

1）长臂猿属环境应激型。当环境温度＜10 ℃时，冷刺激作为强应激源可能激活HPA轴。已有研究[8]表明，冷应激可促使下丘脑释放促肾上腺皮质激素释放激素（CRH），进而刺激垂体分泌促肾上腺皮质激素（ACTH），最终导致肾上腺皮质分泌糖皮质激素（皮质醇）增加。

持续的高水平皮质醇可能通过以下途径影响毛囊周期：一是抑制毛囊干细胞增殖，促使生长期毛囊提前进入退行期；二是减少毛囊周围血管生成，降低营养供应；三是干扰角质形成细胞分化，影响毛干结构完整性。

上述机制最终可能诱发毛囊提前进入休止期（telogen effluvium），导致被毛大量脱落[9]。本研究中，尽管在长臂猿内室增设了油汀与防风窗帘，但由于既有场馆保温性能有限，当遭遇寒潮气温骤降至＜10 ℃时，内室温度难以稳定升至10 ℃以上，脱毛现象仍无法避免。这从侧面反向验证了低于10 ℃的冷刺激在长臂猿脱毛中的核心诱因作用，同时也提示常规保温设施的局限性。

2）悬猴属复合心理应激型。该物种为高度社会化的新大陆猴，群体等级结构严格，低等级个体长期面临优势个体的威吓与压迫，处于慢性心理应激状态。本研究对照试验中，隔离单养后目标个体拔毛停止、被毛恢复，重新合笼次日即复发，符合行为学中“应激源移除－行为恢复”的因果推断标准[10]。

本试验结果表明，夏季目标个体脱毛记录占81.82%，与高温高湿环境高度吻合，高温高湿可能通过双重机制协同加重脱毛：一是生理层面，高湿度削弱皮肤屏障功能，增加局部不适感；二是心理层面，高温环境加剧个体烦躁情绪，促进刻板性拔毛行为。这解释了夏季症状最重的临床特征。悬猴在合笼受威吓时即刻出现拔毛行为，是一种典型的刻板行为表现，动物通过自我拔毛获取短暂的“自我安抚”[11]。

3.2 毛囊营养调控机理

日粮含硫氨基酸、B族维生素、锌元素直接决定毛囊增殖与角蛋白合成效率，是毛发再生核心物质，对应营养学机理如下：

1）蛋氨酸（含硫氨基酸）。毛发主要成分为角蛋白，约占毛干质量的65%～95%，而角蛋白富含胱氨酸、半胱氨酸、蛋氨酸等含硫氨基酸。其中，蛋氨酸是动物自身无法合成的必需氨基酸，也是体内生成半胱氨酸的唯一前体物质。在角蛋白合成过程中，半胱氨酸残基之间形成二硫键（-S-S-），是维持毛发机械强度与结构稳定性的关键化学键。当日粮蛋氨酸供给不足，或应激导致机体蛋白质大量分解、毛囊氨基酸相对匮乏时，角蛋白合成受阻，出现毛干变细、易断裂、毛囊周期紊乱等现象[12-15]。本研究推荐日粮蛋氨酸添加量为0.3%～0.5%，该区间参考毛皮动物饲粮蛋氨酸适宜水平的研究结果[12-15]，结合灵长类日粮蛋白水平折算确定，可满足毛囊角蛋白合成需求，同时避免过量蛋氨酸代谢引发高同型半胱氨酸血症风险。

2）B族复合维生素。B族维生素（特别是生物素、泛酸、维生素B_6和B_{12}）在毛囊代谢中发挥多重调控作用。生物素作为羧化酶辅因子，参与脂肪酸合成与糖异生过程，持续为毛囊干细胞增殖提供能量底物；泛酸是辅酶A的核心组成成分，广泛参与体内乙酰化反应与基础能量代谢；维生素B_6作为转氨酶辅酶，调控氨基酸代谢及神经递质合成，间接调节毛囊神经支配状态；维生素B_{12}参与一碳单位转运与细胞核酸合成，对毛囊分裂增殖至关重要。已有研究证实，日粮中B族维生素绝对缺乏，或是应激引发大量消耗造成体内相对不足时，均会直接缩短毛囊生长期、减小毛干直径；适量补充复合B族维生素能够改善毛囊代谢、提升毛发质量[14-16]。本试验中基础日粮B族维生素估算供给水平可满足需求，但长期低温、社群应激会大幅提升机体代谢消耗，因此仅靠维生素补充只能作为辅助修复手段，无法消除应激带来的周期性脱毛。

3）锌及锌指蛋白调控。锌是毛囊生长不可或缺的微量元素，其生理调控机制涉及多个关键层面，具体如下：

第一，锌指蛋白（zinc finger proteins）是一类依靠锌离子完成空间构象的转录因子，广泛参与毛囊

干细胞增殖、分化与生长周期调控；其中 *ZNF750* 特异性调控毛囊角质形成细胞终末分化，该基因表达紊乱会直接造成毛囊周期异常、皮肤发育受损。

第二，锌是 DNA 聚合酶、RNA 聚合酶等多种复制代谢酶的必需辅因子，直接决定毛囊细胞分裂效率与角蛋白合成水平。

第三，锌通过调控 Claudins、Occludin 等紧密连接蛋白的表达，维持表皮角质层完整皮肤屏障，降低破损继发细菌感染几率。

第四，锌具备抗氧化、抗炎双重作用，作为超氧化物歧化酶辅因子可清除自由基，有效缓解冷应激、社群应激带来的毛囊氧化和炎症损伤。

慢性应激状态下，动物肠道锌吸收率会显著下降，因此需要外源补充代偿消耗[14,17]。参考毛皮动物及实验动物饲粮锌适宜添加水平的研究结果[14,17]，本研究建议在基础日粮之上额外补充锌 40～60 mg/kg，该区间既能满足毛囊修复代谢需求，又可避免高锌诱导肠道金属硫蛋白过量合成、竞争性抑制铜吸收，防止继发铜缺乏症。

重庆市动物园两类动物常规日粮经配方核算，基础营养水平可满足正常生理代谢需求，未见原发性营养缺乏；营养添加剂仅作为辅助修复手段，可改善被毛质量，但难以从根本上阻断应激诱发的脱毛。

3.3　继发皮肤感染形成逻辑

应激分泌的激素会抑制皮肤局部免疫功能，破坏角质层屏障的完整性[9]，这解释了为何两类动物均检出条件致病性葡萄球菌。这些细菌并非原发病因，而是在动物因焦虑抓挠或拔毛导致毛囊受损、皮肤屏障开裂后趁虚而入的继发定植菌，引起的局部炎症反而延长了毛发恢复周期。常规抗感染治疗无法阻断复发的根本原因在于：未消除应激源，仅控制继发感染无法解决毛囊周期紊乱问题。

3.4　共性管理短板

两类动物笼舍均存在微气候调控不足的问题：内室湿度持续偏高（＞70%），内外室温差缓冲缺失，抗环境波动能力弱。同时，长臂猿单养个体缺乏情感陪伴和社群互动，悬猴群居个体长期承受社群压力，心理福利供给不足，均增大了脱毛发生几率[18]。单纯的营养补充或药物治疗无法解决根本问题，必须针对物种特性优化饲养管理模式。

3.5　综合防控技术

结合两类灵长类差异化应激诱因，建立分层次标准化防控体系：

1）分群与精准温控。针对悬猴社群应激主因，对悬猴脱毛易感及低等级个体实施单独分笼，从源头消除等级压迫带来的心理恐慌。技术参数：单养笼舍面积≥4 m²，层高≥2.5 m，配备多层栖架和平台，满足攀爬和躲避需求。长臂猿冬春季（11 月至第 2 年 3 月）内室需升级保温设施（如增加大功率油汀或地暖系统）及防风窗帘，力争稳定维持在≥10 ℃（建议目标 12～15 ℃），昼夜温差＜5 ℃。降温前（天气预报最低温＜12 ℃时），提前 24 h 开启保温设备。悬猴夏季（6—8 月）加强通风降温，控制内室温度≤28 ℃、湿度≤75%，必要时配置工业除湿机（除湿量 20 L/d）。预警阈值：悬猴内室温度＞26 ℃或湿度＞70% 时启动降温除湿。

2）应激管控与丰容。固定饲养操作流程，每日投喂时间误差＜15 min，清扫顺序固定，减少人为惊扰。饲养员培训：统一操作手势和语音指令，避免突发声响。长臂猿单养补偿：固定饲养员每日进行互动训练 15～20 min，包括目标棒训练、食物递送游戏，延长采食与探索时间，转移对冷应激的注意力，降低孤独感。增设悬挂式食物球（直径 15 cm 的 PVC 球，开孔直径 2 cm，内置坚果）等丰容设施，激发攀爬取食行为。悬猴增设攀爬架、隐蔽空间及啃咬类丰容玩具（麻绳编织球直径为 15 cm、填充食物的 PVC 管直径 50 mm、长 200 mm），每周更换 2 次，提供避险空间及发泄途径，替代自残性拔毛行为[19]。记录玩具使用频次，评估丰容效果（目标：异常行为时间占比＜10%）。

3）疾病干预与营养支持。脱毛区域保持清洁干燥，局部使用聚维酮碘稀释液（1∶100）擦拭，每周 2 次，避免过度消杀导致皮肤菌群失衡。继发感染时，应根据药敏试验结果选用抗生素，避免经验性长期用药。应避免使用戊二醛等刺激性广谱消毒剂直接接触脱毛创面。在常规日粮基础上，针对性补充蛋氨酸（0.3%～0.5%）、复合 B 族维生素（按产品说明书以体重计给药）及锌制剂（40～60 mg/kg），蛋氨酸与 B 族维生素在脱毛期可加倍补充（锌制剂维持原剂量以免高锌抑制铜吸收），连续补充 4～8 周，为受损毛囊重建提供底物支持，促进被毛再生[14]。高温高湿及骤冷降温期加密巡查，做到早发

现、早隔离、早干预。

4）监测预警与效果评估。建立四季环境监测台账，每周汇总温湿度、脱毛评级、行为异常频次等数据，形成“监测—预警—处置—评估”闭环管理。评估标准：每月 1 次脱毛评级，每季度 1 次综合评估，连续 2 个季度无新发脱毛且异常行为时间占比＜10%，视为防控有效。

3.6 研究局限与展望

受限于动物福利伦理及动物园现场条件，本研究未设置长臂猿刻意不加温的严酷对照试验，且未提供血液皮质醇等内分泌指标的直接定量数据，HPA 轴激活机制主要基于环境—行为关联分析及现有文献推断。下一步计划在冬季保温干预期间采集动物粪便或血清样本，开展皮质醇、ACTH 等激素的 ELISA 定量测定，以提供更为直接的生理学证据；同时，开展毛囊组织学检测，观察毛囊周期变化及营养因子受体表达，进一步验证营养代谢机制。

4 结 论

在本试验条件下，东部白眉长臂猿脱毛与低温应激密切相关，黑帽悬猴脱毛以社群心理应激为主因，两类脱毛均与应激源引起的内分泌紊乱及毛囊周期异常有关，寄生虫、真菌及营养缺乏均非原发病因。据此，提出分群饲养、精准温控、应激管控、营养强化、疾病干预与情感丰容相结合的综合防控方案为同类动物园提供参考。

参 考 文 献

[1] 张亚兰，应志豪，董京侨，等. 圈养灵长类动物脱毛原因及诊疗方法概述[J]. 浙江畜牧兽医，2020，45(4)：9-10.

[2] 张丽敏. 浅谈提高圈养野生动物福利的途径[J]. 中国动物保健，2022，24(2)：102-103.

[3] 张岛，袁胜东，崔亮伟，等. 云南高黎贡山大塘东部白眉长臂猿鸣叫行为[J]. 四川动物，2011，30(6)：856-860.

[4] 张鹏，渡边邦夫. 饲养条件下非人灵长类的营养需求[J]. 兽类学报，2010，30(1)：87-98.

[5] 朱梨梨，陈粉粉，周 伟，等. 高黎贡山赧亢白眉长臂猿春秋季主要食物营养成分比较[J]. 西南林业大学学报，2011，31(2)：62-65.

[6] 郭松涛，纪维红，常鸿莉，等. 灵长类营养生态学的研究进展[J]. 人类学学报，2011，30(4)：405-414.

[7] Zhuchaev K V，Suetov N V，Kaufmann O，et al. Effect of housing conditions with environment enrichment on physiological state of young pigs when weaning from sows[J]. Russian Agricultural Sciences，2014，40(6)：475-478.

[8] 钟秋萍，杨燕，王慧，等. 冷应激对畜禽神经内分泌及免疫功能影响的研究进展[J]. 畜牧与兽医，2026，58(3)：141-148.

[9] 郭红卫，郝飞. 皮肤 HPA 轴的研究进展[J]. 中国皮肤性病学杂志，2009，23(12)：841-843.

[10] 渠畅，赵丽娜，程鲲，等. 圈养环境下黑帽悬猴行为时间分配和活动节律[J]. 野生动物学报，2019，40(2)：279-284.

[11] 王俊杰. 缓解圈养野生动物刻板行为的动物园设计策略与途径[J]. 绿色科技，2025，27(19)：6-11.

[12] 康佳，段香茹，尹雪姣，等. 半胱氨酸、蛋氨酸对体外培养绒山羊次级毛囊生长及毛乳头细胞增殖的影响[J]. 畜牧兽医学报，2024，55(2)：515-527.

[13] 张莉蕊，张北育，李玉娟，等. 饲粮蛋氨酸水平对安哥拉兔产毛性能和毛囊发育的影响[J]. 畜牧兽医学报，2024，55(7)：3024-3031.

[14] 米巍巍，付冠华，孙海涛，等. 影响动物毛发生长的主要营养因素[J]. 动物营养学报，2025，37(4)：2225-2232.

[15] 刘磊，李淑，李福昌. 家兔毛囊生长发育及其营养调控[J]. 动物营养学报，2022，34(10)：6444-6450.

[16] 林颖，刘海英，朱延旭，等. 生物素对动物毛发生长的影响及其应用[J]. 动物营养学报，2020，32(5)：2046-2051.

[17] 赵曼，杨国雨，刘永需，等. 饲粮中锌添加水平对生长獭兔毛囊发育及相关基因表达的影响[J]. 动物营养学报，2021，33(6)：3532-3541.

[18] 刘召丽，暴文爽，姜广顺. 圈养野生动物福利：多维困境和优化路径[J]. 野生动物学报，2026，47(1)：30-40.

[19] 程舸巍，杨忠兴，王旭洪，等. 圈养野生动物日粮配比与食物丰容[J]. 饲料博览，2025(4)：38-40.

【责任编辑：胡 敏】