



吕龙宝, 正高级工程师, 中国科学院昆明动物研究所实验动物中心主任, 国家非人灵长类实验动物资源库常务副主任, 中国科学院关键技术人才、云南省技术创新人才。长期从事实验动物资源(非人灵长类、树鼩、大鼠、小鼠等)、基础生物学、标准、动物福利、疾病动物模型、动物实验关键技术及树鼩实验动物化研究及管理工作。目前主持国家重点研发计划1项、省部级项目5项; 已获授权专利18项, 主编和参与国家、行业、地方、团体标准制定20项; 发表论文100余篇; 参编著作12部; 主持完成15个资质的认证/认可, 其中包括AAALAC国际认可和全国首家通过实验动物机构的中国合格评定国家认可委员会(CNAS)认可。兼任中国实验动物学会第七届理事会常务理事、CNAS实验动物机构认可评审员、中国实验灵长类养殖开发学会副会长、中国科学院实验动物工作委员会委员、中国实验动物学会实验动物标准委员会副主任委员、中国实验动物学会福利伦理专业委员会委员、云南省实验动物学会理事长、昆明市实验动物行业协会副理事长等, 同时是《中国实验动物学报》《中国比较医学杂志》《实验动物科学》《实验动物与比较医学》编委。



毛华明, 教授, 现任云南农业大学动物科学技术学院教授。兼任中国畜牧兽医学会动物营养学分会理事、云南省奶业协会会长、云南省青年联合会第八届常务委员、大理白族自治州人民政府顾问。主要从事反刍动物生产、资源保护利用、饲料加工处理技术及工艺领域的基础研究、技术研发和科技推广工作, 先后承担国家“863”、国家自然科学基金, 以及云南省自然科学基金、重大生物专项(奶业专项)和重点研发等项目。研究成果“乌骨绵羊的发现及其种质特征”获云南省自然科学一等奖(2008年, 排名第1), “云南肉羊肉牛产业化关键技术创建与集成示范”获云南省科技进步奖一等奖(2014年, 排名第2), “反刍动物饲料加工技术与工艺研究及新产品研发推广”(2008, 排名第1)和“优质牛奶配套生产技术”(2009年, 排名第1)获云南省科技进步奖二等奖。主编出版《龙陵黄山羊保护与开发》《槟榔江水牛保护与开发》等专著4部, 授权专利40余项, 发表论文300余篇, 其中以第一作者或通信作者发表SCI论文16篇。

浅谈非人灵长类实验动物从业人员的职业健康管理措施

李倩^{1,2}, 陈佳琦^{1,2,3}, 李丽红^{1,2}, 张飞燕^{1,2}, 毛华明³, 吕龙宝^{1,2}

(1. 中国科学院昆明动物研究所, 昆明 650223; 2. 国家非人灵长类实验动物资源库, 昆明 650223; 3. 云南农业大学动物科学技术学院, 昆明 650201)

[摘要] 非人灵长类因其与人类在遗传学和生理学上的高度相似性, 成为生命科学研究和生物医药开发的关键性实验动物, 不仅为神经系统疾病和传染病的机制研究提供理想平台, 还被广泛用于大分子药物的临床前安全性评估, 被誉为“金标准”。然而, 这种生物学相似性也导致从业人员因接触非人灵长类实验动物或其组织、体液而面临较高的人兽共患病传播风险。结合近年来国内外人兽共患病暴发情况及国家生物安全法颁布实施的背景, 本文综述了非人灵长类实验动物从业人员面临的职业风险因素(包括生物因素、化学因素、物理因素)、常见的人兽共患病及其病原体分类、传播途径、危害程度, 以及从业人员职业危害暴露的处理方式, 进而提出建立多维防控体系:

[基金项目] 国家重点研发计划项目“灵长类实验动物育种、繁育、SPF猴培育及资源保护研究”(2022YFF0710900)、“灵长类实验动物生物样本资源建设”(2022YFF0710902); 云南(昆明)院士专家工作站计划项目“贺争鸣实验动物专家工作站”(YSZJGZZ-2022063); 云南省贺争鸣专家工作站(202305AF150160)

[第一作者] 李倩(1986—), 女, 硕士, 工程师, 研究方向: 实验动物质量监测及营养管理。E-mail: liqian@mail.kiz.ac.cn。ORCID: 0009-0003-0980-6000;

陈佳琦(1987—), 女, 博士研究生, 工程师, 研究方向: 实验动物饲养管理、动物营养与饲料科学研究。E-mail: ynreddragonfly@126.com。ORCID: 0009-0004-8256-8579

[通信作者] 吕龙宝(1974—), 男, 博士研究生, 正高级工程师, 研究方向: 实验动物学。E-mail: lvlongbao@mail.kiz.ac.cn。ORCID: 0000-0002-8437-6333;

毛华明(1963—), 男, 博士, 教授, 研究方向: 研究方向为反刍动物资源与营养。E-mail: 3369252661@qq.com。ORCID: 0009-0002-9029-987X

(1) 风险评估与应急处理, 即通过职业健康安全委员会 (Occupational Health and Safety Committee, OHSC) 定期识别危险源, 制定暴露后紧急处理流程; (2) 管理体系优化, 即完善设施设计、个人防护装备配置, 并强化从业人员健康监护与疫苗接种; (3) 技术培训与规范操作, 即开展非人灵长类实验动物行为学、生物安全操作等专项培训, 推广智能监控技术以减少攻击性事件等措施。本文旨在提高非人灵长类实验动物从业人员的健康安全意识, 加强人员个人防护及专业技能操作的规范性指引, 从而保障从业人员健康安全, 降低职业暴露率, 有效预防实验动物相关职业病。

[关键词] 非人灵长类动物; 职业健康; 职业暴露; 生物安全; 人兽共患病

[中图分类号] R136; Q95-33 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1674-5817(2025)02-0197-09



Occupational Health Risk Management Measures for Personnel Handling Non-Human Primate Laboratory Animals: An Overview

LI Qian^{1,2}, CHEN Jiaqi^{1,2,3}, LI Lihong^{1,2}, ZHANG Feiyan^{1,2}, MAO Huaming³, LÜ Longbao^{1,2}

(1. Kunming Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650223, China; 2. National Resource Center for Non-Human Primates, Kunming 650223, China; 3. Faculty of Animal Science and Technology, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

Correspondence to: LÜ Longbao (ORCID: 0000-0002-8437-6333), E-mail: lvlongbao@mail.kiz.ac.cn;

MAO Huaming (ORCID: 0009-0002-9029-987X), E-mail: 3369252661@qq.com

[ABSTRACT] Owing to their high genetic and physiological similarities to humans, non-human primates (NHPs) have become pivotal animal models in life sciences research and biomedical development. NHP laboratory animals are not only an ideal platform for exploring the mechanisms of neurological diseases and infectious diseases, but they are also widely used in preclinical safety evaluations of macromolecular drugs, which are considered the "gold standard". Nevertheless, this biological similarity increases the risk of zoonotic disease transmission to personnel working with NHP laboratory animals, their tissues, and body fluids. In light of recent domestic and international outbreaks of zoonotic diseases as well as the implementation of the Biosafety Law, this study examines the occupational risk factors encountered by personnel working with NHPs. This includes biological, chemical, and physical factors. This paper also covers common zoonoses, classification of the corresponding pathogens, transmission routes, risk severity levels, and protocols for post-exposure management. A multidimensional prevention and control framework is proposed, which includes the following components. (1) Risk Assessment and Emergency Response: Regularly identify hazards through an Occupational Health and Safety Committee (OHSC) and develop post-exposure emergency protocols. (2) Optimization of Management Systems: Improve facility design, optimize the allocation of personal protective equipment, and enhance health surveillance and vaccination programs. (3) Technical Training and Standardized Operations: Provide specialized training in NHP laboratory animal ethology and biosafety practices. Additionally, implement intelligent monitoring technologies to reduce the occurrence of aggressive incidents. This paper outlines measures designed to enhance health and safety awareness among personnel working with NHP laboratory animals. It emphasizes the need for strengthened guidance on the use of personal protective equipment (PPE) and the standardization of professional operational practices. The goal is to safeguard personnel health and safety, reduce occupational exposure rates, and effectively prevent occupational diseases related to laboratory animals.

[Key words] Non-human primates; Occupational health; Occupational exposure; Biosafety; Zoonosis

非人灵长类 (non-human primates, NHPs) 作为目前备受瞩目的实验动物, 在推动生命科学研究、生物技术创新、生物医药产业发展中具有重要意义。NHPs

和人类的生长发育系统存在密切联系, 例如: 黑猩猩与人类共享98.77%的蛋白编码基因^[1], 食蟹猴蛋白质编码基因与人类的相似性为98.3%^[2]。NHPs不仅是研

究神经系统和传染性疾病的理想动物模型^[3]，而且作为临床前研究的“金标准”，在评估大分子候选药物的安全性、生物学活性或药理效应方面，展现出了不可替代的实验价值^[4]。

然而，正是因为NHPs在生物学和遗传学层面与人类具有高度相似性，从业人员与NHPs之间的病原生物传播风险较其他实验动物群体更大^[5]。许多自然感染NHPs的病原体可能跨物种传染给人类，一些人间传染性病原体也同样可传染给NHPs，并存在从NHPs再次传染给人类的可能。这一潜在风险意味着，与NHPs或其血液、组织有所接触的从业人员应更加关注职业健康安全，并在日常工作中严格做好个人防护及规范操作。

实验动物从业人员是指从事实验动物饲养管理、动物实验操作、技术支持、科学研究、行政管理、实验动物医疗护理、辅助作业，以及阶段性参与相关工作的各类专业人员^[6]。研究表明，直接接触实验动物的从业人员由于长期暴露在实验动物环境中，呼吸道和过敏性疾病的发生风险会明显增加^[7]。同时，人兽共患病和动物性气溶胶也可能对相关从业人员的健康构成较大威胁。此外，在动物实验操作过程中，还可能存在被动物抓伤或咬伤的风险，尤其是涉及感染性动物时，可能造成更为严重的后果。

尽管实验动物从业人员上岗前都会接受专业培训，但在实际操作中，个人防护工作落实不足或者操作不规范的问题依然普遍存在。例如，工作人员因护目镜影响视野而不愿佩戴，对动物保定技术不熟练，对职业健康安全风险的意识不足等。因此，如何保障NHPs从业人员的职业安全并减少职业危害，已成为不容忽视的问题。本文就NHPs从业人员可能存在的职业健康风险问题，结合相关法律法规、标准、认可准则以及本单位的实践经验，提出自己的见解，仅供同行探讨。

1 NHPs从业人员的职业风险因素

在与NHPs及其分泌物、排泄物直接接触的过程中，从业人员往往因为疏忽而可能暴露于多种对人体有害的物理、化学或生物因素^[8]，具体包含以下3个方面。

1.1 生物因素

涉及职业健康的生物因素可划分为两大类。

第一类是传染病，包括但不限于人兽共患病。可细分为以下3种：(1) 病毒类疾病，如埃博拉出血热、猴B病毒感染、黄热病、狂犬病、麻疹、猴痘等^[5]；(2) 病原菌类疾病，如结核病、志贺氏菌病、沙门菌

病等；(3) 病原寄生虫类疾病，如弓形虫病、阿米巴原虫病等。其传播途径包括：直接接触（咬伤、抓伤等）、飞沫传播、空气传播（生物气溶胶）、食物、水和污染物以及媒介传播等^[5,8]。

第二类是过敏原。过敏是一种常见于实验动物护理或使用人员的职业性疾病^[9-10]，可能对多达三分之一的动物实验人员的生活和工作产生不利影响，症状包括鼻炎、皮疹和哮喘等^[11]。NHPs主要过敏原包括毛发、排泄物、血液及组织液等。其主要传播途径是吸入，其次是皮肤接触和眼睛接触^[12-13]。空气流动性、湿度、清洁消毒等因素都能影响空气中过敏原的含量^[14]。

1.2 化学因素

在NHPs饲养和操作过程中，为保持环境洁净度而需要使用各类化学消毒剂，如乙醇、84消毒液、过氧乙酸等。在手术类实验中还会用到挥发性麻醉药（如异氟烷等），以及保存组织的化学试剂（如多聚甲醛等）。此外，实验动物饲养过程中还会产生大量的氨气等有害气体。这些化学物质的浓度达到一定水平时，会对人体的皮肤、眼睛、呼吸道及肺部组织等造成不同程度的损害；若长期暴露于此类化学物质中，人体的肝脏、神经系统及肌肉运动功能会出现紊乱，进而增加感染甚至癌变的风险。

1.3 物理因素

一是动物伤害：实验动物常因恐惧或疼痛而抓伤、扎伤、咬伤从业人员。二是物品伤害：在抬举笼具、动物、大型仪器、饲料等重物时，从业人员可能存在肌肉过度劳损、锐器伤害、摔倒等风险。三是噪声伤害：在动物饲养区、清洁区或实验操作区放置的高压灭菌器、麻醉机、B超机、监护仪、高频电刀等仪器设备会产生噪声污染，长时间在噪声环境中工作，可能会引起听力损伤、头痛、失眠等症状。此外，个人防护装备使用不当、热烧伤、低温冻伤等也是值得关注的物理风险因素。

2 NHPs从业人员常见的人兽共患病

世界卫生组织（World Health Organization, WHO）将人兽共患病（zoonosis）定义为由共同病原体引起的、能在脊椎动物与人类之间自然传播的疾病。这类疾病由人类和其他脊椎动物共有的病原体引起，且在流行病学上具有关联性。在已鉴别出的1 407种人类病原体中，属于人兽共患病的病原体占比高达58%。NHPs被视为人兽共患病的潜在宿主，约25%的人类新发传染病与非人灵长类宿主动物共有^[8]。NHPs从业人

员因职业特性需频繁接触动物，存在携带人兽共患病病原体的风险。因此，提升工作人员对于NHPs实验动物相关人兽共患病问题的认知尤为重要，让其充分了解并掌握必要的预防措施，尽量减少与病原体的直接接触，从而保障其身体健康与人身安全。

2.1 NHPs 相关的人兽共患病病原体

人兽共患病病原体可通过多种途径传播，包括针

头刺伤、动物咬伤和抓伤、污染物飞溅导致的意外摄入，黏膜污染、笼子和设备的污染，甚至传染性气溶胶等。表1总结了几种与NHPs相关的病原体，这些病原体可能存在于所有灵长类动物中，引起慢性或潜伏性感染^[5,15]。

2.2 NHPs 相关的人兽共患病

由于人类和NHPs具有密切的系统发育关系，这使

表1 NHPs 相关的人兽共患病病原体
Table 1 Zoonotic pathogens associated with NHPs

病原体类型 Pathogens types	病原体名称 Pathogen names	非人灵长类动物 Non-human primates types				
		猕猴 Macaques	狒狒 Baboons	长尾猴 Guenons	松鼠猴 Squirrel monkeys	黑猩猩 Chimpanzees
病毒 Viruses	猴疱疹病毒/B病毒	√				√
	猴D型逆转录病毒	√				
	猴免疫缺陷病毒	√		√		√
	猴T细胞趋向性病毒1型	√				
	猴泡沫病毒	√	√	√		
	猴空泡病毒40	√				
	猴麻疹病毒	√				
	猴痘病毒	√	√	√		√
	黄热病毒	√	√	√	√	√
	登革病毒	√	√	√	√	√
	埃博拉病毒	√				
	甲型肝炎病毒					√
	传染性软疣病毒					√
	乙型肝炎病毒					√
细菌 Bacteria	类鼻疽伯克霍尔德菌	√				√
	弯曲杆菌属	√	√	√	√	√
	结核分枝杆菌	√	√	√	√	√
	牛分枝杆菌	√	√	√	√	√
	麻风分枝杆菌	√				√
	钩端螺旋体属	√	√	√	√	√
	沙门菌属	√	√	√	√	√
	志贺菌属	√	√	√	√	√
	假结核耶尔森菌	√	√	√	√	√
	小肠结肠炎耶尔森菌	√	√	√	√	√
后生动物寄生虫 Metazoan parasites	微小膜壳绦虫	√	√		√	√
	结节线虫属	√	√	√		√
	类圆线虫属	√	√			
	鞭虫属	√	√	√	√	√
	蠕形住肠线虫	√	√	√		
	弓形虫属					√
	疣状肠杆菌					√
原动物寄生虫 Protozoan parasites	结肠小袋纤毛虫	√	√	√	√	√
	隐孢子虫属	√	√	√	√	√
	溶组织内阿米巴	√	√	√	√	√
	肠贾第鞭毛虫	√	√	√	√	√
	疟原虫	√	√	√	√	√
	克氏锥虫				√	

得二者之间的人兽共患病发生风险显著增大。在饲养、生产、实验、运输等过程中，工作人员可能通过多种途径被 NHPs 及其组织所携带的病原体感染，同时 NHPs 也可能通过与患病工作人员的接触而被感染。目前，NHPs 相关的主要人兽共患病种类、病原体危害程度、传播途径以及人类感染症状详见表 2。

3 NHPs 从业人员职业危害暴露的处理方式

从业人员在接触实验动物过程中，面临多种职业危害暴露风险。张朝阳等^[39] 研究显示，67.40% 的兽

医人员发生过职业危害暴露，其中生物化学伤害占 62%，伤害性暴露占 61%，吸入性暴露占 49%，接触性暴露占 44%，器械伤害占 25%。以下是针对 NHPs 职业危害暴露的处理方式。

3.1 紧急暴露处理

NHPs 从业人员发生紧急暴露事件时，可按如下步骤进行处理。(1) 皮肤暴露：首先应立即用流动清水快速冲洗伤口及周围皮肤，若遇出血状况，则需在冲洗的同时，适度挤压伤口以促进血液及潜在污染物的排出；持续冲洗伤口 15 min 以上，然后使用肥皂或聚

表 2 人兽共患病的传播途径及人员感染症状

Table 2 Transmission routes of zoonotic diseases and symptoms in infected humans

疾病名称 Disease names	病原体名称 Pathogen names	危害程度分类* Hazard classifications*	传播途径 Transmission routes	人体临床症状 Human clinical symptoms
猴 B 病毒感染 Simian B virus infection	猴疱疹病毒/B 病毒	第一类	咬伤、抓伤、黏膜暴露	伤口部位疱疹样病变、神经症状、脑炎。死亡率达 70% ~ 80% ^[16-20]
猴痘病毒感染 Monkeypox virus infection	猴痘病毒	第一类	呼吸道、直接接触 ^[21]	临床表现类似天花，但病情相对较轻，发热、全身不适及淋巴结肿大 ^[22-23]
埃博拉出血热 Ebola hemorrhagic fever	埃博拉病毒	第一类	直接接触动物分泌物或体液污染物	发热、呕吐、腹泻、出血。死亡率为 69% ~ 88% ^[24-25]
黄热病 Yellow fever	黄热病毒	第一类	蚊虫叮咬、传染性物质接触皮肤表面伤口、针头刺伤	部分呈隐性感染；发热、头痛、黄疸、出血、死亡 ^[5, 26]
猴免疫缺陷病毒感染 Simian immunodeficiency virus infection	猴免疫缺陷病毒	第二类	传染性物质接触黏膜、皮肤表面伤口、针头刺伤	已知的感染病例中未观察到临床症状 ^[5]
狂犬病 Rabies	狂犬病毒	第二类	咬伤、抓伤或舔舐	发热、疲劳、抽搐，死亡率近 100% ^[26]
麻疹 Measles	麻疹病毒	第三类	呼吸道、直接接触	发热、上呼吸道炎症、眼结膜炎、皮肤斑丘疹和颊黏膜有麻疹黏膜斑，疹退后遗留色素沉着伴糠麸样脱屑，可继发多种并发症 ^[27-30]
登革热 Dengue fever	登革病毒	第三类	蚊虫叮咬、针头刺伤	发热、皮疹、登革休克综合征、偶有死亡 ^[5]
结核病 Tuberculosis	结核分枝杆菌	第二类	呼吸道、消化道或破损的皮肤	可侵入人体全身各种器官，主要侵犯肺脏，属于慢性消耗性疾病 ^[31-36]
沙门氏菌病 Salmonellosis	沙门菌属	第三类	接触动物分泌物或粪便、黏膜接触或皮肤破损感染	胃肠炎（水样腹泻、腹痛、发热），病程 2 ~ 7 d；少数发展为败血症或局部化脓感染 ^[5]
志贺氏菌病 Shigellosis	志贺菌属	第三类	接触动物分泌物或粪便、黏膜接触或皮肤破损感染	血性腹泻、黏液脓血便、腹痛及里急后重，可伴高热（38 ~ 40 ℃） ^[5]
疟疾 Malaria	疟原虫	无	蚊虫叮咬、针头刺伤	周期性规律发作，全身发冷、发热、多汗，长期多次发作后可引起贫血和脾肿大 ^[37-38]
阿米巴痢疾 Amebic dysentery	溶组织内阿米巴	无	消化道	腹部不适、腹泻、大便有腐败腥臭味、肝脓肿等 ^[5]

注：*危害程度分类依据《人间传染的病原微生物目录》（2023 版）。
Note: *The classification of hazards is based on the List of Pathogenic Microorganisms Transmitted Among Humans (2023 edition).

维酮碘溶液擦拭伤口及周围皮肤^[40]；最后前往医疗机构，遵循医嘱进行相应疫苗的预防性接种。(2) 黏膜暴露：用洗眼器清洗污染的黏膜，持续清洗15 min以上，注意禁止用洗涤剂或防腐剂直接清洗眼睛。(3) 深度外伤：用聚维酮碘溶液浸泡消毒纱布，将纱布覆盖在伤口上，紧急送往医院治疗并遵医嘱。

3.2 暴露评估与处置

暴露后的风险评估取决于多种因素，包括暴露源的性质、暴露途径、动物种类及其潜在危险性，以及暴露人员的生理状态等。

对涉事实验动物进行评估，需要确定该实验动物的信息档案，包括其健康状况（包括体表、口腔、皮肤、黏膜的检查，以确定是否有疱疹、溃疡等病理性表征）、动物的用药情况及实验状态、动物种群的微生物学状态（包括查看既往B病毒及逆转录病毒的检测报告）等。

对人员进行评估，则包括以下几个方面：是否正确使用个人防护装备，是否遵循适当的暴露后应急处理流程，以及是否详细记录了暴露的时间、地点、严重程度、接触的体液或组织的类型等信息。此外，如果发生暴露事件的动物正处于使用免疫抑制剂等药物的研究项目，这可能会增加发生上述感染的风险，从而更容易将病原体传播给暴露人员。因此，根据涉事动物及暴露人员的检测结果，在专业医师的指导下，可对受伤人员进行相应治疗。若检测结果显示存在细菌感染，通常需要在暴露事件发生后3~5 d内使用抗生素进行治疗，直至感染症状完全消退时方可停药。另外，在感染情况较为严重，特别是存在破伤风感染风险的情况下，还需辅以破伤风抗毒素的注射治疗。

3.3 采样检测

发生职业暴露后，应当对暴露人员和涉事动物分别采集血清样本进行病毒检测。采样检测时间通常设置在暴露当天、暴露后3~6周，暴露后3个月这3个时间点，以确保能够捕捉到潜在的病毒感染变化。若涉事动物为猕猴，无论暴露人员有无临床症状，均应按感染B病毒的情况处理：受伤人员通常需口服3~5 d的阿昔洛韦、更昔洛韦和伐昔洛韦等抗病毒药物^[41]，以确保有效控制病毒感染。

4 NHPs从业人员的安全防护管理措施

4.1 职业健康安全计划

NHPs的血液、体液和细胞等被认为具有潜在危险，从业人员在接触NHPs或其组织时，存在感染风险。因此，所有涉及NHPs生产或实验的机构均应制定

相应的职业健康安全计划，并且该计划需要与国家 and 地方性法规相符。

4.1.1 危险识别

危险识别是制定和管理职业健康安全计划的重要组成部分。具体包括设施设计布局和运行机制是否合理，是否配备工程层面的安全保护设备，设施内部运行及标准操作规程是否适宜，工作场所的个人防护装备以及紧急救护物品是否合理齐备，人员是否按照规范要求执行等。

4.1.2 风险评估及预防措施

机构通常需要成立职业健康安全委员会（Occupational Health and Safety Committee, OHSC）或专项小组，定期检查本机构的职业健康安全运行情况，有效识别与评估潜在风险，并制定预防措施，以确保职业健康安全计划的切实执行，将工作场所的健康风险降至最低。一旦发生感染事件，OHSC可对暴露人员进行详尽的风险评估，并提供专业的医学治疗建议^[42]。此外，OHSC需要从预防医学的角度，对从业人员进行职业健康安全管理，包括：定期对实验动物从业人员进行健康评估；通过问卷调查的形式记录从业人员既往病史、当前使用药物、过敏史、妊娠计划、既往免疫接种及结核菌素皮试结果；在定期体检时，除常规体检项目外，增加与结核病相关的体检内容；提供必要的免疫接种服务，如麻疹疫苗、破伤风疫苗、所开展实验相关的病原体疫苗等。

4.2 职业健康管理体系

国际实验动物评估和认可管理委员会（Association for Assessment and Accreditation of Laboratory Animal Care International, AAALAC International）及中国合格评定国家认可委员会（China National Accreditation Service for Conformity Assessment, CNAS）对实验动物机构职业健康安全管理体系均有明确的规定^[42-43]。即实验动物机构应建立职业健康管理体系、提供必要的资源、控制相关的风险，并持续改进职业健康安全绩效。该管理体系主要包括风险评估、危险源管理及控制、行为规范、人员能力要求与培训、设施的设计保障及运行管理、设备检查与性能保证、个体防护装备、职业健康保健服务、职业健康安全信息沟通、职业健康安全绩效的监测、应急准备和响应等要求。

4.2.1 职业健康检查内容

具体包括工作人员上岗前体检、在岗期间检查、离岗前体检及应急健康检查，并建立职业健康监护档案及长效的职业健康监护评价体系。根据职业实际需求，对从业人员进行相关职业病检查，并采取接种必

要疫苗等预防性措施。在此基础上,结合从业人员所接触的职业病危害因素,对检查结果进行综合分析,及时发现职业禁忌证,以便及时得到合理防护或早期调离、早期诊断、早期治疗。

4.2.2 从业人员技术培训

兽医、饲养技术人员、研究人员、管理人员均需要持续开展专业培训^[44]。为此,需建立一套良好的兽医护理方案,实验操作人员必须具有从事该岗位相应的专业教育背景或单位相关培训,且需掌握一定的风险控制知识和技能^[45]。培训内容应包括:机构的职业健康与安全计划、人兽共患病的预防手段、防护设备使用说明、生物样本处理程序、职业暴露处理方式、NHPs行为特性、相关的标准操作程序和机构政策、安全工作实践,以及回顾处理方式和实验技术,并展示应用技术的熟练程度。通过培训,需确保从业人员严格执行各项操作规程,提高业务技能,减少因技术操作不当而引发的安全事故,重视和加强教育培训,使从业人员充分掌握防护要求及暴露后的紧急处理措施。

4.2.3 职业健康安全管理操作规程

饲养NHPs(尤其是猕猴)的机构应制定、实施和严格执行标准操作程序,最大限度降低实验人员与B病毒接触的潜在风险。此外,这些机构还需制定职业暴露紧急处理程序、工作人员健康防护规程,并定期评估和更新职业健康安全风险分析报告等。

4.3 个人防护要求

4.3.1 正确使用个人防护装备

个人防护装备能够为操作人员提供物理屏障,防止皮肤、眼睛和黏膜直接接触潜在的有害性或传染性物质,并尽量减少咬伤和划伤等身体伤害。NHPs操作人员应佩戴口罩、防护眼镜、一次性手套、专用的工作服或实验服。防护眼镜(面罩、环绕式防护眼镜或其他设备)的选择应根据工作类型、NHPs近身程度,以及工作人员视野清晰度需求来决定。此外,还需考虑实验方案、NHPs种类、所采用的技术或操作手段,以及相关制度政策等因素,进一步加强防护装备。例如,在处理猕猴实验时,佩戴双层手套是大多数机构的常规做法。

4.3.2 避免人身伤害

NHPs聪明、敏捷、强壮,在某些情况下还具有攻击性。这些特点,再加上实验过程中需要移动重型设备,或实施特定的研究方法,工作人员往往面临各种身体伤害的风险,包括被咬伤、划伤、割伤、针刺、挤压和腰背部损伤等。为避免人身伤害,工作人员应尽可能避免直接接触意识清晰的NHPs;对NHPs注射

镇静剂时,工作人员应在操作前检查并修剪其指甲;注意检查破损或有锋利边缘的笼子和设备,并将其撤出使用;堆放与搬移笼具时,应尽量使用手动或液压升降机;工作人员应穿防滑的安全鞋等。

4.4 实验操作安全工作规范

对NHPs进行实验操作的人员应遵循安全工作规范,以尽量减少伤害,降低感染人兽共患病的风险。其安全工作方式主要包括:(1)进入动物设施的操作人员应接受过与动物固有风险和危害相关的职业健康培训,并且应穿着适当的防护服;(2)在开展涉及NHPs的手术操作过程中,使用针头、注射器和其他利器时应特别小心,应尽可能使用带有可伸缩针头的注射器;如果使用了不可伸缩的针头,则不应回套针帽,而应在使用后直接放入防穿刺的利器盒中;(3)工作人员不得在饲养或使用NHPs的区域进食、饮水、吸烟、配戴或摘取隐形眼镜、化妆或服药;(4)工作人员在接触动物时,应将手和其他物品远离口、眼和鼻;(5)工作人员在离开饲养或使用NHPs的动物设施或指定工作区域前,应先脱去防护服,随后脱下防护手套并立即洗手;(6)应对接触NHPs及其体液和排泄物的表面(如治疗台)进行规范消毒,并定期评估环境质量^[46];(7)做好猴群(主要是猕猴)B病毒感染防控,需加强猴群病原微生物筛查,及时剔除B病毒阳性动物,避免猴群中出现B病毒潜伏感染个体排毒引发传播的事件,降低感染风险;(8)还需重视实验动物福利,减少动物应激,降低工作人员被抓伤和咬伤的风险。

5 总结

近年来,我国工业领域的职业健康安全逐步走向法治化、规范化的管理轨道,已构建起覆盖风险评估-过程控制-应急处置的全链条管理体系。然而,在实验动物行业领域,从业人员的职业健康防护仍存在短板,需要持续关注和研究实验动物从业人员的职业健康问题。尤其NHPs具备与人类高度相似的蛋白编码基因,其对多种人兽共患病病原体具有双向易感性,加之常见的NHPs相关人兽共患病具有较高的致死率,一旦感染,目前尚无有效治疗方法,这些均使得相关从业人员面临更大的职业健康安全风险。

因此,建议实验动物机构通过建立涵盖工程技术防护体系、风险分级管控机制、法规伦理、心理健康的多维防控体系,提高从业人员的综合素养及实验动物机构的安全管理水平,严格落实对从业人员职业健康安全问题的监督检查管理,定期开展职业体检及监

测工作, 严格做好个人防护, 以预防为主, 全面落实人员职业健康安全的防护工作, 从而有效保障从业人员的生命健康安全。

未来, 有望通过推进实验室智能监控系统, 如采用行为识别人工智能技术实时预警动物攻击行为等手段, 实现职业暴露事件发生率的大幅下降。同时随着国家监管力度的持续加强、《中华人民共和国生物安全法》配套细则落地, 以及人工智能技术在实验动物领域的逐渐应用, 我国正朝着“零感染、低压力、高福利”的实验动物研究目标稳步迈进, 将为全球生命科学研究提供新范本。

[作者贡献 Author Contribution]

李倩负责写作构思、文献检索, 并撰写稿件;

陈佳琦参与文章思路讨论、文献检索和内容修改;

李丽红和张飞燕负责内容修改和核定;

吕龙宝和毛华明负责综述框架构思及文章修改。

[利益声明 Declaration of Interest]

所有作者均声明本文不存在利益冲突。

[参考文献 References]

- GAO H, HAMP T, EDE J, et al. The landscape of tolerated genetic variation in humans and primates[J]. *Science*, 2023, 380(6648):eabn8153. DOI: 10.1126/science.abn8197.
- ZHANG S, XU N, FU L, et al. Integrated analysis of the complete sequence of a macaque genome[J/OL]. *Nature*, 2025(2025-02-26) [2025-03-30]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40011769/>. DOI: 10.1038/s41586-025-08596-w.
- FRIEDMAN H, ATOR N, HAIGWOOD N, et al. The critical role of nonhuman Primates in medical research[J]. *Pathog Immun*, 2017, 2(3):352-365. DOI: 10.20411/pai.v2i3.186.
- ZHANG X L, PANG W, HU X T, et al. Experimental Primates and non-human primate (NHPs) models of human diseases in China: current status and progress[J]. *Dongwuxue Yanjiu*, 2014, 35(6):447-464. DOI: 10.13918/j.issn.2095-8137.2014.6.447.
- OBERNIER J A. Occupational health and safety in the care and use of nonhuman primates: an ILAR report[J]. *Contemp Top Lab Anim Sci*, 2004, 43(3):64, 66, 68.
- 国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 实验动物 动物实验通用要求: GB/T 35823—2018[S]. 北京: 中国标准出版社, 2018.
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine; China National Standardization Administration. Laboratory animals-General requirements for animal experiment: GB/T 35823-2018[S]. Beijing: Standards Press of China, 2018.
- FERRAZ E, ARRUDA L K, BAGATIN E, et al. Laboratory animals and respiratory allergies: the prevalence of allergies among laboratory animal workers and the need for prophylaxis[J]. *Clinics (Sao Paulo)*, 2013, 68(6): 750-759. DOI: 10.6061/clinics/2013(06)05.
- BURGOS-RODRIGUEZ A G. Zoonotic diseases of Primates[J]. *Vet Clin North Am Exot Anim Pract*, 2011, 14(3):557-575. DOI: 10.1016/j.cvex.2011.05.006.
- ACTON D, MCCAULEY L. Laboratory animal allergy: an occupational hazard[J]. *AAOHN J*, 2007, 55(6): 241-244. DOI: 10.1177/216507990705500604.
- BUSH R K. Mechanism and epidemiology of laboratory animal allergy[J]. *ILAR J*, 2001, 42(1): 4-11. DOI: 10.1093/ilar.42.1.4.
- JONES M. Laboratory animal allergy in the modern era[J]. *Curr Allergy Asthma Rep*, 2015, 15(12):73. DOI: 10.1007/s11882-015-0575-4.
- MUZEMBO B A, EITOKU M, INAOKA Y, et al. Prevalence of occupational allergy in medical researchers exposed to laboratory animals[J]. *Ind Health*, 2014, 52(3): 256-261. DOI: 10.2486/indhealth.2012-0155.
- ACTON D, MCCAULEY L. Laboratory animal allergy: an occupational hazard[J]. *AAOHN J*, 2007, 55(6): 241-244. DOI: 10.1177/216507990705500604.
- D'OVIDIO M C, WIRZ A, ZENNARO D, et al. Biological occupational allergy: Protein microarray for the study of laboratory animal allergy (LAA)[J]. *AIMS Public Health*, 2018, 5(4):352-365. DOI: 10.3934/publichealth.2018.4.352.
- 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 人间传染的病原微生物目录 [EB/OL]. (2023-08-28) [2024-10-03]. <http://www.nhc.gov.cn/qjjys/s7948/202308/b6b51d792d394fbea175e4c8094dc87e.shtml>.
National Health Commission of the People's Republic of China. List of pathogenic microorganisms transmitted among humans[EB/OL]. (2023-08-28) [2024-10-03]. <http://www.nhc.gov.cn/qjjys/s7948/202308/b6b51d792d394fbea175e4c8094dc87e.shtml>.
- EBERLE R, JONES-ENGEL L. Questioning the extreme neurovirulence of monkey B virus [J]. *Adv Virol*, 2018, 2018: 5248420. DOI: 10.1155/2018/5248420.
- HUFF J L, BARRY P A. B-virus (cercopithecine herpesvirus 1) infection in humans and macaques: potential for zoonotic disease[J]. *Emerg Infect Dis*, 2003, 9(2):246-250. DOI: 10.3201/eid0902.020272.
- ELMORE D, EBERLE R. Monkey B virus (Cercopithecine herpesvirus 1)[J]. *Comp Med*, 2008, 58(1):11-21.
- WANG W L, QI W J, LIU J Y, et al. First human infection case of monkey B virus identified in China, 2021[J]. *China CDC Wkly*, 2021, 3(29):632-633. DOI: 10.46234/ccdcw2021.154.
- KRUG P W, SCHINAZI R F, HILLIARD J K. Inhibition of B virus (Macacine herpesvirus 1) by conventional and experimental antiviral compounds[J]. *Antimicrob Agents Chemother*, 2010, 54(1):452-459. DOI: 10.1128/AAC.01435-08.
- ALTINDIS M, PUCA E, SHAPO L. Diagnosis of monkeypox virus - an overview[J]. *Travel Med Infect Dis*, 2022, 50:102459. DOI: 10.1016/j.tmaid.2022.102459.
- GONG Q Z, WANG C L, CHUAI X, et al. Monkeypox virus: a re-emergent threat to humans[J]. *Virol Sin*, 2022, 37(4):477-482. DOI: 10.1016/j.virs.2022.07.006.
- MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ D E, FERNÁNDEZ-QUEZADA D, CASILLAS-MUÑOZ F A G, et al. Human monkeypox: a comprehensive overview of epidemiology, pathogenesis, diagnosis, treatment, and prevention strategies[J].

- Pathogens, 2023, 12(7):947. DOI: 10.3390/pathogens12070947.
- [24] NIEMUTH N A, FALLACARA D, TRIPLETT C A, et al. Natural history of disease in monkeys exposed to Ebola virus Kikwit strain demonstrates the reliability of this non-human primate model for Ebola virus disease[J]. PLoS One, 2021, 16(7): e0252874. DOI: 10.1371/journal.pone.0252874.
- [25] LETAFATI A, SALAH ARDEKANI O, KARAMI H, et al. Ebola virus disease: a narrative review[J]. Microb Pathog, 2023, 181: 106213. DOI: 10.1016/j.micpath.2023.106213
- [26] JIANG X, FAN Z, LI S, et al. A Review on Zoonotic Pathogens Associated with Non-Human Primates: Understanding the Potential Threats to Humans[J]. Microorganisms, 2023, 11(2): 246. DOI:10.3390/microorganisms11020246.
- [27] DOGADOV D I, KYUREGYAN K K, GONCHARENKO A M, et al. Measles in non-human Primates[J]. J Med Primatol, 2023, 52 (2):135-143. DOI: 10.1111/jmp.12630.
- [28] KLASSEN-FISCHER M K, NELSON A M, NEAFIE R C, et al. The reemergence of measles[J]. Am J Clin Pathol, 2023, 159(1):81-88. DOI: 10.1093/ajcp/aqac124.
- [29] ISLAM M R, DHAR P S, RAHMAN M M. Recent measles (rubeola) outbreak: etiology, symptoms, prevention, treatment, complications, and advice for medical professionals[J]. Int J Surg, 2023, 109(2):123-125. DOI: 10.1097/JS9.0000000000000053.
- [30] MOSS W J. Measles[J]. Lancet, 2017, 390(10111): 2490-2502. DOI: 10.1016/S0140-6736(17)31463-0.
- [31] PEÑA J C, HO W Z. Non-human primate models of tuberculosis[J]. Microbiol Spectr, 2016, 4(4): 1-13. DOI: 10.1128/microbiolspec.tb2-0007-2016.
- [32] SANCHEZ C R, HIDALGO-HERMOSO E. Mycobacterium tuberculosis sensu stricto in African apes, what is its true health impact? [J]. Pathogens, 2022, 11(5): 484. DOI: 10.3390/pathogens11050484.
- [33] KOCK R, MICHEL A L, YEBOAH-MANU D, et al. Zoonotic tuberculosis - the changing landscape[J]. Int J Infect Dis, 2021, 113(Suppl 1): S68-S72. DOI: 10.1016/j.ijid.2021.02.091.
- [34] BESPIATYKH D, BESPATYKH J, MOKROUSOV I, et al. A comprehensive map of tuberculosis complex regions of difference[J]. mSphere, 2021, 6(4): e0053521. DOI: 10.1128/mSphere.00535-21.
- [35] YEE J L, PRONGAY K, VAN ROMPAY K K A, et al. Tuberculosis detection in nonhuman primates is enhanced by use of testing algorithms that include an interferon- γ release assay [J]. Am J Vet Res, 2021, 83(1): 15-22. DOI: 10.2460/ajvr.21.08.0124.
- [36] ZHOU Z J, VAN HOOIJ A, VERVENNE R, et al. Quantitative rapid test for detection and monitoring of active pulmonary tuberculosis in nonhuman primates[J]. Biology (Basel), 2021, 10(12):1260. DOI: 10.3390/biology10121260.
- [37] VOINSON M, NUNN C L, GOLDBERG A. Primate malaras as a model for cross-species parasite transmission[J]. eLife, 2022, 11: e69628. DOI: 10.7554/eLife.69628.
- [38] GALINSKI M R. Systems biology of malaria explored with nonhuman Primates[J]. Malar J, 2022, 21(1):177. DOI: 10.1186/s12936-022-04199-2.
- [39] 张朝阳, 袁玲. 兽医人员职业暴露与防护情况调查[J]. 中国动物检疫, 2016, 33(4):50-52. DOI:10.3969/j.issn.1005-944X.2016.04.017.
- ZHANG C Y, YUAN L. Survey on occupational exposure and protection of veterinary staff[J]. China Anim Health Insp, 2016, 33(4):50-52. DOI: 10.3969/j.issn.1005-944X.2016.04.017.
- [40] COHEN J I, DAVENPORT D S, STEWART J A, et al. Recommendations for prevention of and therapy for exposure to B virus (cercopithecine herpesvirus 1) [J]. Clin Infect Dis, 2002,35(10):1191-1203. DOI: 10.1086/344754.
- [41] GOODLY L J, JARRELL V L, MILLER M A, et al. Developing a comprehensive animal care occupational health and safety program at a land-grant institution[J]. J Am Assoc Lab Anim Sci, 2016, 55(1):50-57.
- [42] NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Guide for the care and use of laboratory animals[M]. 8th ed. Washington: National Academies Press, 2011. DOI: 10.17226/12910. <https://doi.org/10.17226/12910>.
- [43] 中国合格评定国家认可委员会. 2018 实验动物饲养和使用机构质量和能力认可准则: CNAS-CL06[S/OL]. (2019-02-25)[2024-10-03]. https://www.cnas.org.cn/rkgf/sysrk/jbrkzz/art/2024/art_36c19cf167d9428d966d8f606d8e79.html.
China National Accreditation Service for Conformity Assessment. 2018 accreditation criteria for the quality and competence of laboratory animal institutions for care and using: CNAS-CL06[S/OL]. (2019-02-25) [2024-10-03]. https://www.cnas.org.cn/rkgf/sysrk/jbrkzz/art/2024/art_36c19cf167d9428d966d8f606d8e79.html.
- [44] 宋志刚, 刘芳, 任晓楠, 等. 实验动物从业人员环境健康安全管理体系中生物安全培训的重要性[J]. 中国比较医学杂志, 2018, 28 (8):7-10, 6. DOI: 10.3969/j.issn.1671-7856.2018.08.002.
- SONG Z G, LIU F, REN X N, et al. Importance of biosafety training in EHS management system for laboratory animal practitioners[J]. Chin J Comp Med, 2018, 28(8):7-10, 6. DOI: 10.3969/j.issn.1671-7856.2018.08.002.
- [45] 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会. 实验动物 动物实验生物安全通用要求: GB/T 43051—2023[S]. 北京: 中国标准出版社, 2023.
- State Administration for Market Regulation, Standardization Administration of the People's Republic of China. Laboratory animal—General requirements for biosafety in animal experiment: GB/T 43051-2023[S]. Beijing: Standards Press of China, 2023.
- [46] MAASKANT A, JANSSEN I, WOUTERS I M, et al. Assessment of indoor air quality for group-housed macaques (*Macaca spp.*)[J]. Animals, 2022, 12(14):1750. DOI: 10.3390/ani12141750.
- (收稿日期: 2024-06-21 修回日期: 2024-10-12)
(本文责任编辑: 张俊彦)

【引用本文】

- 李倩, 陈佳琦, 李丽红, 等. 浅谈非人灵长类实验动物从业人员的职业健康管理措施[J]. 实验动物与比较医学, 2025, 45(2): 197-205. DOI: 10.12300/j.issn.1674-5817.2024.088.
- LI Q, CHEN J Q, LI L H, et al. Occupational health risk management measures for personnel handling non-human primate laboratory animals: an overview[J]. Lab Anim Comp Med, 2025, 45(2): 197-205. DOI: 10.12300/j.issn.1674-5817.2024.088.