



杨玉琴，高级兽医师，硕士研究生导师，现任上海交通大学附属第一人民医院实验动物中心主任，实验动物管理委员会副主任。兼任上海市实验动物生物安全委员会委员，《中国实验动物学报》和《中国比较医学杂志》通讯编委、《实验动物与比较医学》青年编委，入选上海市科委专家库。目前主要研究方向是构建标准化的皮下、原位和转移性人源肿瘤异体移植模型库，同时构建携带病人肿瘤组织和人免疫系统的双人源化小鼠模型，并在此基础上开展肿瘤发病和转移机制及临床药物的筛选评估等研究。发表国内外学术论文20多篇，授权专利2项，并主持和参与多项国家重点基础研究发展计划、科技部、基金委和上海市科委项目。

实验动物屏障设施管理中面临的生物安全问题及对策探讨

杨玉琴

(上海市第一人民医院实验动物中心, 上海 200080)

[摘要] 生物安全是国家安全的重要组成部分，有效控制实验动物生物危害是使用实验动物的基础。本文从实验动物设施管理者的角度，以上海市第一人民医院实验动物中心的生物安全管理经验为基础，分析了目前实验动物屏障设施在保证动物实验顺利开展过程中所面临的潜在生物安全威胁，并探讨了降低此类风险的相关对策，以期为良好控制动物实验中生物安全问题提供借鉴。

[关键词] 实验动物；生物安全；设施管理；问题与对策

[中图分类号] Q95-33；R-332 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1674-5817(2022)02-0095-07

Biosafety Problems and Countermeasures in the Management of Barrier Facilities for Laboratory Animals

YANG Yuqin

(Department of Laboratory Animal Center, Shanghai General Hospital, Shanghai 200080, China)

Correspondence to: YANG Yuqin, E-mail: fudanyan2007@sina.com

[ABSTRACT] Biosafety is an important part of national security, and effective control of biological hazards of laboratory animals is the basis of using laboratory animals. Based on the experience of biosafety management in the Laboratory Animal Center of Shanghai General Hospital, this paper analyzed the potential biosafety threats faced by laboratory animal barrier facilities in the process of ensuring the smooth conducting of animal experiments from the perspective of a laboratory animal facility manager, and discussed the relevant countermeasures to reduce such risks, in order to provide a reference for the proper control of biosafety problems in animal experiments.

[Key words] Laboratory animals; Biosafety; Facility management; Problems and countermeasures

《中华人民共和国生物安全法》明确指出，生物安全是国家安全的重要组成部分，是指有效防范和应对

危险生物因子及相关因素威胁，生物技术能够稳定健康发展，人民生命健康和生态系统相对处于没有危险

[基金项目] 上海市科学技术委员会资助科技计划项目(201409002300)

[作者简介] 杨玉琴(1980—)，女，硕士，主要从事实验动物管理及动物实验研究。E-mail: fudanyan2007@sina.com

和不受威胁的状态,生物领域具备维护国家安全和持续发展的能力。实验动物生物安全是指在生产或使用实验动物过程中,有效防范和控制实验动物或动物实验研究对环境和人类可能产生的潜在风险或现实危害。目前,几乎所有生命科学领域的科研、教学、生产、检定、安全评价和成果评定都离不开动物实验。科学研究中使用实验动物的种类、品种、品系和数量越来越多,实验动物生物安全已引起国内外高度重视。这种生物安全的危险来自实验动物本身所携带的人兽共患病或实验室获得性疾病,这些疾病病原给人和环境带来感染的风险^[1]。Mark等^[2]分析发现,目前已知1145种人类传染病中超过60%为人兽共患病,从1991年至今报告的24种新发传染病中有16种是从动物传播来的,包括2003年暴发的严重急性呼吸综合征(severe acute respiratory syndrome, SARS)和H7N9型禽流感疫情。还有文献^[3]报道,几乎每年都会有一种或两种新发或再现的病原体感染人类并传播,从长远看,这样的发展速度意味着人类将面临着被疾病大肆侵害的危险。

针对实验动物生物安全,我国一直在完善相关的国家标准和法律法规:1994年颁布第一版实验动物国家标准GB 14922.2—1994和GB 14925—1994,其中实验动物分为普通级、清洁级、无特定病原体级和无菌级,实验动物设施分为开放系统、亚屏障系统、屏障系统和隔离系统;2001年第二版的实验动物国家标准GB 14922.2—2001和GB 14925—2001中取消了普通级大小鼠和亚屏障环境;2011年第三版的实验动物国家标准GB 14922.2—2011和GB 14925—2010中对污水、废弃物及动物尸体处理有了较具体的规定;2020年第四版的实验动物国家标准征求意见稿GB 14922.2—2020中取消了清洁级动物分类。2021年4月15日开始实施的《中华人民共和国生物安全法》标志着我国生物安全进入依法治理的新阶段。屏障设施是目前开展动物实验研究中建造和使用数量最多的一种实验动物设施^[4],因此对该类设施中生物安全管理需要进行深入研究探索。2021年罗银珠等^[5]曾探讨了病原微生物防控在实验动物设施管理与生物安全控制中的作用。本文将以上海市第一人民医院实验动物中心的生物安全管理经验为基础,围绕实验动物屏障设施管理中涉及的三个主体即实验动物、人员和环境可能存在的生物安全问题进行分析并提出相应对策,以期为国内同行提供参考。

1 实验动物安全

实验动物是动物设施生物安全防控中最为重要的一环。屏障设施建设和管理的主要目的是在保障动物安全的前提下顺利开展实验,但在动物的引进、饲养和实验中都存在病原微生物感染、繁殖及向环境、人类扩散的风险,从而出现生物安全问题。近年来发生的多起生物安全相关事故即反映了这个问题,如2001年北京某高校因使用不合格动物、动物实验操作不规范而发生鼠源性人兽共患病流行性出血热,致使1名教职人员死亡和700多名师生隔离;2011年黑龙江省某高校的27名学生及1名教师因使用4只未检疫山羊进行实验而感染布鲁氏菌病;2021年北京某设施的一名兽医因感染猴B病毒而死亡^[6-7]。因此加强对实验动物及实验动物设施等各方面的生物安全管理显得尤为重要。

1.1 引进实验动物的安全

引进实验动物是使用实验动物的第一道流程。加强实验动物质量管理,完善动物检验检疫体系,能从源头上避免生物安全事故的发生,并且减少生物安全隐患。实验动物的引进主要有以下几个途径:国外公司和科研院所、国内生产实验动物的公司和科研院所。

1.1.1 来源于国外有资质公司和科研院所的实验动物安全管理

进口实验动物主要是从国外的实验动物公司和科研院所引进。随着实验动物进口数量的增加,输入病原微生物的风险也会逐渐增加。国内首次发现小鼠牛棒状杆菌就是从进口的裸鼠体内分离获得。2010年一批经上海海关进口入境的裸鼠在隔离期间皮肤表面出现了白色鳞片状样物质,短时间内80%的小鼠都出现了相同的症状,经鉴定为牛棒状杆菌。此前该病在日本、美国和意大利的实验动物设施内暴发,是国外实验动物供应商重点监测的裸鼠疫病之一,但在我国尚未有发生该病的动物病例报道^[8],也未将其作为检测项目列入进境动物检疫疫病名录内。因此,2020年1月农业农村部会同海关总署组织发布了新的《中华人民共和国进境动物检疫疫病名录》,里面涉及了很多国内外常见的病原微生物,目前从国外引进的实验动物均按该名录内的项目进行检测,尽量避免新型病原微生物的输入。经过入境口岸隔离检疫后的动物,在进入设施时还应按实验目的及进入的设施区域不同,采取不同的检验检疫方法。我院实验动物中心的经验是:

如后续做动物实验,在进入实验区前需要对动物进行隔离检疫,隔离检疫期间进行一般状态观察和/或病原微生物检测;如后续开展长期的保种繁殖,则在进入繁殖区前还需要完成生物净化。

1.1.2 来源于国内实验动物生产公司的实验动物安全管理

目前,国内实验动物生产公司的动物质量逐年提高,但个别公司由于一些原因也存在动物病原微生物感染的情况。若携带按国标需排除的病原微生物的动物直接进入设施,会给实验动物设施带来较大的生物安全风险^[9-10]。因此,我院实验动物中心对目前国内主要的实验动物生产单位进行筛选,挑选出有资质的可信任供应商,与之建立长期合作关系,以保证实验动物的质量。并根据订购动物的来源不同,采取不同的管理方法。如实验动物来自可靠的供应商且进入实验区做实验前,需对实验动物进行隔离检疫和适应性饲养;在此期间,应对实验动物进行一般状态观察和动物病原微生物的随机抽检。如实验动物来自非可靠供应商,检疫内容主要包括动物一般状态观察和动物病原微生物的每批按比例检测。对于计划开展长期保种繁殖的动物,均需生物净化后方可进入繁殖区。

1.1.3 来源于国内有资质科研院所的实验动物安全管理

目前,国内各科研院所的实验动物设施硬件条件参差不齐,动物病原微生物管控侧重点也不尽相同^[7]。故来源于科研院所的实验动物直接进入设施,潜在风险较大,需要严格控制。我院实验动物中心的要求是:如动物需进入实验区做短期实验,需对每批动物进行隔离检疫及适应性饲养,隔离检疫期间对实验动物进行一般状态观察和按比例病原微生物检测;待实验动物监测合格后,方可从检疫室进入饲养室。进入繁殖区开展长期保种繁殖的动物,先需要完成生物净化。

1.2 动物饲养过程中的安全

规范实验动物的饲养是屏障设施管理的核心,也是实验动物使用的最基本保障。屏障内实验动物的规范饲养应符合国家标准,除硬件设施外,还应有与之相匹配的软件管理体系。2007年广州市某高校实验动物中心发生了实验人员感染肾综合征出血热的事件,其原因就是设施内饲养的大鼠被外源性野鼠感染了出血热病毒^[11]。因此,在设施管理中要保证进入的物品、人员和动物的可控性,不能进入的坚决禁止,同

时做好内部饲养、消毒和检测工作,保证设施的正常运行,降低实验动物感染风险,减少生物安全事故的发生。

1.2.1 饲养相关物品和笼器具的安全管理

进入设施中与饲养相关的物品主要包括水、饲料、垫料和动物笼盒等。如果物品传入管理不当会给整个设施带来严重的污染问题,故相关物品必须保证无菌。目前我院实验动物中心的要求是:饮用水需经反渗透过滤制备或高温高压灭菌,灌装存放有效期不应超过5 d;垫料和动物笼盒必须经过高温高压灭菌后进入;袋装辐照饲料需用消毒水浸泡,确认其外包装的密闭性后,经喷雾结合紫外消毒的方式处理后进入;洁净的笼具在设施内有效存放时间不能超过2周。物品在设施内移动都应保持单向流动:洁物间→清洁走廊→动物饲养室或实验室→污染走廊→缓冲间→清洗间。即从相对洁净的区域流向相对污染的区域,不能反向流动。同时制定严格的清洁消毒制度,清洁消毒需由专人负责,定期检查。定期做好笼盒、水瓶的更换和仪器设备及环境的消毒工作,动物饲养笼盒每1~2周更换一次,饮水瓶按需更换,设施内部每周整体打扫消毒一次;每批动物实验结束后,必须更换该批动物的笼具、水瓶,用消毒液擦拭笼架后,方可开展下一实验;饲养室每3~6个月清空一次,进行整体消毒等。

1.2.2 防范野生动物进入和设施内部动物逃逸的安全管理

野生动物是很多人兽共患病的宿主^[12-13],见表1。屏障设施有非常高的密闭性,但设施外围的野鼠、昆虫数量众多,极可能在设施门开闭时进入,防不胜防。一旦与设施内实验动物接触或污染饲料垫料,极有可能引发生物安全事故。因此,必须做好防虫防鼠的措施。我院实验动物中心采取的措施主要包括以下三点:首先,清除吸引或支持害虫生存的环境因素,加强设施周围的环境治理,垃圾和积水是野生鼠和蚊虫繁殖和生存的重要条件^[14],因此制定了相应的管理制度并及时清理垃圾和积水,搞好外围环境卫生;其次,消除野生动物潜在入口,在设施的各个进出口设置挡鼠板,对进入人员加强随手关门的教育和管理,防止开门时野鼠乘机进入;最后,可以采用器械和药物对野生鼠和蚊虫进行捕抓,如在一定范围内设置诱饵等。

设施内部动物的管理也非常重要。屏障设施是一个动态的系统,空气环境、物品和实验动物都在不断的更新,因此需要加强防护,降低因某间饲养室或某

表1 野生啮齿类动物携带的常见人兽共患病原微生物

Table 1 Common zoonotic protomicroorganisms carried by wild rodents

疾病病原体	病原体类型	人兽共患病	可能携带病原体的动物
肝毛细线虫	寄生虫	是	野生啮齿类动物
棘球绦虫	寄生虫	是	野生啮齿类动物
脑胞内原虫	寄生虫	是	野生啮齿类动物
粗带绦虫	寄生虫	是	普通田鼠
带状绦虫	寄生虫	是	普通田鼠
弓形虫	寄生虫	是	普通田鼠
虫媒病毒	病毒	是	野生啮齿类动物
脑心肌炎病毒	病毒	是	野生啮齿类动物
汉坦病毒	病毒	是	普通田鼠、家鼠以及其他野生啮齿类动物
淋巴细胞性脉络丛脑膜炎病毒	病毒	是	普通田鼠
正痘病毒	病毒	是	野生啮齿类动物
副痘病毒	病毒	是	野生啮齿类动物
巴尔通体	细菌	是	普通田鼠
螺旋体	细菌	是	岸鼠、普通田鼠
衣原体	细菌	是	多种野生啮齿动物
伯纳特立克次体	细菌	是	岸鼠、普通田鼠
钩端螺旋体	细菌	是	岸鼠、普通田鼠
鸟型副结核分枝杆菌	细菌	是	黄颈田鼠
立克次体	细菌	是	岸鼠、普通田鼠
金黄色葡萄球菌	细菌	是	野生啮齿类动物

只动物感染造成影响范围和危害程度扩大。在屏障设施内开展各种需要打开笼盒的操作，条件允许时尽量在负压操作台内进行。发现实验动物逃逸，应迅速关闭门，及时进行抓捕。要查明逃逸原因，并制定相关措施，防止实验动物再次逃逸。原则上逃逸动物一律处死，做好相关记录。如因实验需要必须保留此动物，实验人员须给出充足的理由并降级别饲养。

1.2.3 具有潜在风险的特殊品系动物安全管理

基因修饰动物是通过基因工程和克隆技术获得新的实验动物模型。目前，基因修饰动物应用范围非常广泛，数量庞大，但其遗传物质变化带来的风险一般无法在表型上鉴别，可能会对自然环境和人类健康造成潜在的威胁^[15]。尤其是当使用这些实验动物的人员不能确保正确合理的操作和管理，使其逃逸到自然环境中，与同种类动物发生遗传物质的交换和传代，就可能把人类疾病的易感基因转移出去，造成传染病的大流行，破坏生态环境平衡，直接危害人类健康。另外免疫缺陷动物由于免疫功能较低，很容易被环境和人的病原微生物感染，形成病原微生物的放大效应，且该动物主要被应用于细胞和生物样本的接种实验，也易引发生物安全事故^[16]。因此，我院实验动物中心对于这些特殊品系的动物安排独立的房间和饲养人员进行饲养，减少与其他实验动物接触。

1.2.4 设施整体和处理系统的安全管理

影响实验动物健康的因素非常复杂，不同的病原微生物传播途径也不尽相同。一旦设施内部某个环节发生问题，又未及时发现和处理，即会造成重大的污染事故。因此要建立定期对实验动物屏障设施进行监测和优化的管理体系。

我院实验动物中心的监测内容主要包括以下几个方面：设施环境方面，每三个月对设施内部环境、仪器设备表面和进出风口进行病原微生物检测；实验动物方面，饲养人员每日观察，结合兽医每周巡检和每三个月对哨兵鼠进行国家标准以上的病原微生物检测；物品方面，不定期对传入设施内部的饲料、垫料和水进行病原微生物检测。监测到以上任何一方面有问题，都需要从这三个方面进行排查，确定问题原因和范围。如果仅仅是环境或物品出现问题，未影响到实验动物，那么处理相对简单，可以加强消毒并严格管控物品。如果出现患病动物，则需要进一步确定患病动物范围和是否为传染病。如果是个别动物患病，应将异常动物放入隔离室单独饲养，兽医确认患病原因，与项目负责人商议是否治疗或者处死；如需治疗，应详细记录治疗的理由、批准手续、检查情况、药物处方、治疗日期和结果（治疗原则以不影响试验结果为准）；如需处死，则采取安乐死方法，尸体置于冰柜暂存。如

果是整群动物患病,则由兽医人员和项目负责人确诊,不能排除时请兽医专家会诊结合有关单位检测来确定;若诊断为传染性疾病,应立即处死所有患病动物并交给有资质的医疗废物处置机构,按《中华人民共和国动物防疫法》进行无害化处理,同时对整个设施内所有动物进行检查,核查被感染的范围,及时上报当地的实验动物管理和动物防疫监督机构。

1.3 动物实验过程中的安全

能高效开展动物实验且获得有效的实验数据是使用实验动物的根本目的。动物的引进和饲养都是为动物实验开展提供的基础保障。但开展动物实验的过程中涉及到人员、实验物品和动物的相互交叉,如不能有效控制其潜在风险,易引发重大的生物安全事故。

1.3.1 实验项目的安全管理

为了保证动物实验的顺利开展,所有在设施内开展的实验项目均需向该设施所在单位的实验动物伦理委员会提交申请,对该实验项目开展的必要性、实验方法、伦理福利措施及设施是否符合动物实验要求等进行审核。需要强调,屏障设施不能开展涉及病原微生物等的感染类实验。

1.3.2 实验材料的安全管理

实验人员所携带的动物实验材料也是“屏障关”较难控制的方面。我院实验动物中心对实验材料进入屏障的总体管理原则是分类传入:可高压物品必须高温高压处理;不耐高温的物品可以用消毒液喷雾或紫外照射;既不耐高温高压,也不能采用消毒液浸泡处理的物品,可用消毒液熏蒸处理后进入。在外配制的试剂和细胞,需留样抽检。对于难以消毒灭菌的碎冰、手机等,禁止传入;可以在屏障内配置高性能的相机或平板电脑,方便数据的收集。在屏障内外放置低温金属浴,以保障需要在低温保存试剂和细胞的实验的顺利开展。此外,生物材料在实验动物模型制作方面的广泛应用也为实验动物防疫安全提出了挑战。因此,在生物安全管理上尤其要做好各种来源的生物材料安全性检测,防止携带人源或动物源传染性病原的标本用于实验动物。

1.3.3 实验人员操作的安全管理

在医院和高校的动物屏障设施内实验人员人数较多且进出频繁,是屏障环境防疫安全较难控制的因素。实验操作过程中的任何不规范现象,都会对实验结果、动物和环境造成不良的影响。对申请进入设施开展动物实验的人员要进行理论和实践方面的培训,包括设

施使用、动物实验技术和无菌手术操作等,让实验人员严格遵守操作规程,规范化、程序化、标准化地开展动物实验,减少在设施内独立开展实验时发生生物安全事故的概率。同时兽医在屏障设施内巡查时,应对实验人员进行动物实验操作过程中出现的问题进行及时纠错,以保证将人员危险因素降到最低。

1.3.4 实验中取出动物的安全管理

在实验动物屏障设施内开展各种类型的实验,需要的仪器设备也各式各样,但在设施内无法配全所有的仪器设备,因此就会出现有一部分实验需要将动物取出设施,在设施外完成实验。但取出后动物是不能再返回屏障设施内的,因此很多单位都会在屏障外设置一个暂养区^[17]。在该区域可以短期内继续进行实验观察,把潜在的风险排除在屏障设施之外,避免屏障内其他动物受到影响。

暂养区作为屏障设施外的一个有效的补充区域,不仅降低了取出的实验动物在屏障设施外实验区域发生安全事故概率,也保障了实验的顺利开展;但放置在暂养区的动物因为均在外部暴露过,被感染的概率非常高,因此需对暂养区房间及动物加强管理。我院实验动物中心目前主要在设施条件、动物饲养和取出动物返还等方面加强了管理。暂养区的内部设有独立通气笼盒和负压换笼工作站,饲养、消毒管理与屏障系统一致;饲养在暂养区的动物不允许繁殖,且饲养时间不能超过2个月;同时设置哨兵鼠对该区域内动物的病原微生物进行监测。

凡允许返回到暂养区的实验动物需满足以下几点:(1)实验动物移至屏障环境外的实验室,必须通过单位实验动物伦理委员会的审查;(2)实验人员在运输该批实验动物时,选择了合适的运输工具和运输方式,并保证了动物的生物安全且符合伦理要求;(3)该批实验动物在区域外未与其他不明来源的动物接触,未接触可能存在污染风险的仪器设备;(4)返还的实验动物规格(品系、数量、周龄等)须和取出的实验动物一致,如有数量的变化需标明及记录。兽医将对返回的实验动物按国家标准进行定期抽检。

2 实验和饲养人员安全

目前,在屏障设施的生物安全管理过程中,人们关注点大多集中在动物的安全上,而对于实验和饲养人员的人身健康及生命安全的关注较少^[18]。由于实验或饲养人员会与实验动物及排泄物直接接触,所以一

旦发生人兽共患病或操作意外,即可能造成较严重的后果。因此,必须加强对实验和饲养人员的生物安全防护工作。

2.1 安全防护设备的配备

屏障系统内必须配备安全防护设备。安全防护设备可分为个人防护设备(personal protective equipment, PPE)和生物安全柜(biosafety cabinet, BSC)^[19]。PPE是对实验和饲养人员的重要保护屏障。因此进入设施应正确穿戴防护装备,如手套、口罩、鞋套、隔离服等。实验人员手上有皮肤破损或皮疹时应戴双层手套;实验人员进行动物抓取操作不熟练时,需佩戴防咬手套;针对可能发生的实验动物咬伤或抓伤,手术器械如手术针、手术刀、手术剪、注射器等锐器刺伤等伤害事件,设施内需要配备利器盒,设施外需配备医疗急救箱等,以提高整体防护等级,保护实验人员安全。

在实验动物饲养和实验开展过程中有很多操作可能产生气溶胶^[6],尤其在笼盒更换、动物实验解剖、脏垫料处理过程中,实验或饲养人员会直接接触动物及其排泄物,如果实验动物患有人兽共患病,其产生的大量的微生物气溶胶会对相关人员造成危害。BSC是目前最常用且最有效的实验室生物安全防护设施,它可以将传染性气溶胶限制在一定空间内,使其不会扩散出去危害操作者。因此在我院实验动物设施内各个操作间配备相应的负压的换笼工作站、生物安全柜,在设施外放置了负压垫料处理柜,以上措施可有效减少气溶胶导致的人员生物安全事故的发生。

2.2 安全培训体系的建立

为了确保人员安全,实验动物设施的管理者需建立一套知识面广、内容细致且可行性强的课程体系,包括人员个人防护、实验动物技术操作和仪器使用操作规范等,通过培训不断加强饲养及实验人员的自我保护意识^[20]。内容可包括但不限于:根据实验动物设施生物安全个人防护的配备原则,穿着合适的PPE;规范实验动物技术操作,加强熟练性训练,逐步掌握正确的防护措施,从而有效避免针刺伤、锐器伤和动物咬伤等伤害事件;正确使用设施内的各种仪器设备,加大仪器标准操作的宣传力度,以充分发挥设备的防护作用。例如,可将实验动物相关安全概念及危害等做成展板海报,贴在实验动物设施的宣传栏内。

3 环境安全

在实验动物设施运行过程中,主要产生固体、液

体和气体三种形式废弃物^[21],如果按照普通生活垃圾处理,将固体废弃物随意丢弃,液体废弃物直接排入下水管道,气体废弃物直接排放到周围大气中,不仅污染环境,还增加传染性疾病传播的概率,给人类日常生活带来巨大的威胁。因此,应对实验动物废弃物进行分类收集,通过相应设备进行处理后排放或者交由有资质单位进行无害化处理。

3.1 液体废弃物的排放

液体废弃物主要是由清洗动物笼具及各种实验用品产生的大量含有实验动物排泄物的污水^[22]。感染性动物因含有大量的病原菌,其废水不宜直接排放,要先经消毒处理;非感染性动物废水可不进行消毒,但所有废水的氨氮和其他指标需达到相应的国家和地方标准后方可排入市政污水管网。

3.2 气体废弃物的排放

气体废弃物主要是由动物粪尿发酵分解产生的具有特殊气味的有害气体,主要含有氨、氯、硫化氢和硫醇等。废气未经有效处理就直接排放,会对周边环境造成很大程度的污染,需要在设施的排风系统末端连接除臭设备,经过滤除臭,达到相应的国家和地方标准后再进行排放。

3.3 固体废弃物的排放

固体废弃物主要是实验产生的废化学试剂、动物粪便混合的饲料、垫料、动物尸体及更换的各类过滤器,均应作为医疗废弃物,委托当地的固体废物处置中心或有资质的公司进行专业处理^[23]。

4 结语

21世纪以来,全球范围内发生的公共卫生事件中,人兽共患病所占的比例不断增加^[24]。人类、动物和环境的联系越来越紧密,“同一健康(One Health)”理念应运而生。这一理念注重人类、动物和环境健康间的关联性,强调跨学科、跨部门、跨区域的合作,重视环境在疫病传播过程中的作用,旨在实现人类、动物和环境的整体健康^[25]。屏障系统作为目前我国建造和使用数量最多的实验动物设施,对其涉及的动物、人员和环境的生物安全风险进行有效的分析评估,并建立其相应的生物安全防范措施,才能实现安全管理,保障动物相关教学、科研有条不紊地进行。希望笔者的探索和尝试可为其他实验动物屏障系统的生物安全管理提供参考和借鉴。

[利益声明] 作者声明本文不存在利益冲突。

[参考文献]

- [1] 李秀, 黎宁, 杨寿清, 等. 屏障系统内实验动物饲养管理中的生物安全、动物福利与伦理[J]. 上海畜牧兽医通讯, 2013(5):46-47. DOI:10.3969/j.issn.1000-7725.2013.05.024.
- [2] WOOLHOUSE M E J, GOWTAGE-SEQUERIA S. Host range and emerging and reemerging pathogens[J]. Emerg Infect Dis, 2005, 11(12):1842-1847. DOI:10.3201/eid1112.050997.
- [3] CUNNINGHAM A A, DASZAK P, WOOD J L N. One Health, emerging infectious diseases and wildlife: two decades of progress? [J]. Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci, 2017, 372 (1725):20160167. DOI:10.1098/rstb.2016.0167.
- [4] 王锡乐, 巩薇, 贺争鸣, 等. 中国大陆地区实验动物使用现状分析[J]. 实验动物科学, 2017, 34(6):42-48, 54. DOI:10.3969/j.issn.1006-6179.2017.06.010.
- [5] 罗银珠, 闵凡贵, 王静, 等. 病原微生物防控在实验动物设施管理与生物安全控制中的作用探讨[J]. 实验动物与比较医学, 2021, 41(5):443-449. DOI:10.12300/j.issn.1674-5817.2020.219.
- [6] 马春峰, 郭振东, 汤文庭. 动物生物安全实验室常见生物危害及控制措施[J]. 畜牧与兽医, 2019, 51(9):119-124.
- [7] 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.
- [8] 张强, 熊炜, 李健, 等. 裸鼠过度角化症牛棒状杆菌的分离鉴定[J]. 中国预防兽医学报, 2011, 33(8):581-584. DOI:10.3969/j.issn.1008-0589.2011.08.01.
- [9] 杨国淋, 李阳友, 苏畅, 等. 实验动物屏障系统建设与管理探讨[J]. 现代农业科技, 2017(16):236-237, 241. DOI:10.3969/j.issn.1007-5739.2017.16.142.
- [10] 李春秋, 孙艺洋, 王景伟, 等. 高校实验动物生物安全管理与建设[J]. 特种经济动植物, 2020, 23(11):8-12.
- [11] 董智强, 罗雷, 王玉林, 等. 广州市某高校动物实验室生物安全事件的调查与分析[J]. 医学动物防制, 2010, 26(1):14-15, 18.
- [12] 李凯航, 杨显超, 吴秀娟, 等. 三种人畜共患病在多种动物中的血清学调查[J]. 上海畜牧兽医通讯, 2018(1):29-31. DOI:10.14170/j.cnki.cn31-1278/s.2018.01.011.
- [13] TRIMMEL N E, WALZER C. Infectious wildlife diseases in Austria-A literature review from 1980 until 2017[J]. Front Vet Sci, 2020, 7:3. DOI:10.3389/fvets.2020.00003.
- [14] 汪诚信. 实验动物饲养场所的害鼠治理[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2007(2):85-88.
- [15] XU J X, LI N. Biosafety assessment of genetically engineered animals: a review[J]. Sheng Wu Gong Cheng Xue Bao, 2012, 28(3):267-281.
- [16] CHOI S A, YUN J W, JOO K M, et al. Preclinical biosafety evaluation of genetically modified human adipose tissue-derived mesenchymal stem cells for clinical applications to brainstem glioma[J]. Stem Cells Dev, 2016, 25(12):897-908. DOI:10.1089/scd.2015.0324.
- [17] 谢忠忱, 江轶, 黄开胜, 等. 高校实验动物生物安全管理模式研究[J]. 实验技术与管理, 2020, 37(2):1-5. DOI:10.16791/j.cnki.sjg.2020.02.001.
- [18] 马小琴, 徐望娴. 实验动物从业人员职业危害及其防护研究进展[J]. 中国职业医学, 2014, 12(6):735-738. DOI:10.11763/j.issn.2095-2619.2014.06.028.
- [19] 罗琴, 范才文. 高校动物实验的安全与防护[J]. 华夏医学, 2019, 32(2):163-165. DOI:10.19296/j.cnki.1008-2409.2019-02-051.
- [20] 刘厚茹, 徐铭. 浅谈医学院校动物实验室生物安全管理与防范[J]. 甘肃畜牧兽医, 2021, 51(07):18-21.
- [21] 李鹏辉, 张宗兴, 徐新喜. 生物安全实验室初级防护设备和废弃物处理设备现状及发展建议[J]. 医疗卫生装备, 2021, 42(5):59-65. DOI:10.19745/j.1003-8868.2021100.
- [22] 李润林, 董鹏程, 陈靖, 等. 实验动物废弃物无害化处理的现状和对策[J]. 中兽医医药杂志, 2020, 39(6):85-88. DOI:10.13823/j.cnki.jtcvm.2020.06.021.
- [23] 张晶, 代明, 黄智翔, 等. 动物生物安全实验室生物废弃物安全处置管理与探索[J]. 实验技术与管理, 2020, 37(8):280-283, 288. DOI:10.16791/j.cnki.sjg.2020.08.062.
- [24] CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION. CDC report on the potential exposure to Anthrax[J]. Int Microbiol, 2014, 17(2):119-127. DOI:10.2436/20.1501.01.214.
- [25] GIBBS E P J. The evolution of One Health: a decade of progress and challenges for the future[J]. Vet Rec, 2014, 174 (4):85-91. DOI:10.1136/vr.g143.

(收稿日期:2021-10-25 修回日期:2021-12-10)

(本文编辑: 张俊彦, 郭嘉欣)

关于本刊论文格式的新要求

从2022年第3期起,为实现中文期刊的国内外科技交流目标,本刊对论文格式新增要求如下:

- 1、通讯作者需提供科研人员唯一学术标识,即开放研究者与贡献者身份识别码(Open Researcher and Contributor ID, ORCID);
- 2、研究报告类型的论著文章中,图表的标题和注解请中英文对照表达,图表内容则请全英文呈现。
- 3、文后参考文献若来源于中文,请同时提供其相应的英文,均列在同一序号之下。

(《实验动物与比较医学》编辑部)