

# 动物高等级生物安全实验室培训体系的构建

杨梦莉, 董荫良, 龙海亭, 高家红, 匡德宣\*

中国医学科学院/北京协和医学院医学生物学研究所, 云南 昆明

收稿日期: 2024年5月7日; 录用日期: 2024年7月23日; 发布日期: 2024年7月31日

## 摘要

动物高等级生物安全实验室是新发突发烈性动物传染病、人畜共患传染病研究实验活动的重要技术平台, 危险系数大。为了保护进入其中从事病原体研究的工作人员及管理人员不被感染、外界环境不受污染、保证实验室的科学研究质量和效果, 提高生物安全专业水平, 维护好实验室生物安全, 必须对人员定期开展相关的岗位培训。本文将目前国内动物高级别生物安全实验室人员培训与“互联网+职业技能培训”技术结合, 采用“线上+线下”培训方式, 探索构建了生物安全人员培训体系新模式, 为动物高等级病原微生物实验室的人员培训提供一个参考与借鉴模式。

## 关键词

动物高等级生物安全实验室, 互联网, “线上+线下”培训模式, 培训体系

# Construction of the Training System for Animal High-Level Biosafety Laboratory

Mengli Yang, Yinliang Dong, Haiting Long, Jiahong Gao, Dexuan Kuang\*

Institute of Medical Biology, Chinese Academy of Medical Science and Peking Union Medical College, Kunming Yunnan

Received: May 7<sup>th</sup>, 2024; accepted: Jul. 23<sup>rd</sup>, 2024; published: Jul. 31<sup>st</sup>, 2024

## Abstract

Animal high-level biosafety laboratory is an important technical platform for the research and experimental activities of new and acute animal infectious diseases and zoonotic infectious dis-

\*通讯作者。

文章引用: 杨梦莉, 董荫良, 龙海亭, 高家红, 匡德宣. 动物高等级生物安全实验室培训体系的构建[J]. 生物医学, 2024, 14(3): 511-515. DOI: 10.12677/hjbm.2024.143055

eases, with a high risk factor. In order to protect the workers and managers who enter the causative agent research from being infected, The external environment is not polluted, to ensure the quality and effect of scientific research in the laboratory, to improve the professional level of biosafety, and to maintain the biosafety of the laboratory, it is necessary to carry out relevant job training on a regular basis. This paper combines the current domestic high-level animal biosafety laboratory personnel training with the “Internet + vocational skills training” technology. The “online + offline” training mode was adopted to explore and construct a new model of biosafety personnel training system, which provided a reference and reference model for the personnel training of high-level animal pathogenic microbiology laboratory.

## Keywords

Animal High-level Biosafety Laboratory, Internet, “Online + Offline” Training Mode, Training System

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

动物高等级生物安全实验室(Animal High-level Biosafety Laboratory, ABSL)包括生物安全 3 级和 4 级实验室(简称 ABSL-3/ABSL-4 实验室), 不仅是开展严重急性呼吸综合症、霍乱、黄热病、鼠疫、埃博拉出血热、中东呼吸综合症、寨卡病毒感染、登革热、日本脑炎以及高致病性禽流感 and 炭疽等新发突发性人畜共患病病原体流行病学调查与溯源、动物模型创制、发病机制、疾病防治、诊断试剂、疫苗研发及药物评价等相关研究实验活动的重要技术平台[1] [2] [3]。同时也是集病原体管理、实验研究、设备设施控制、生物安全管理于一体的系统安全工程, 涉及的环节和学科门类广泛且专业性较强, 综合微生物学、生物化学、烈性动物传染病研究和检测、人畜共患防控、建筑设计、安全工程等各领域的专业人员[4] [5]。我国 ABSL-3/ABSL-4 实验室起步和建设较晚, 运行时间不长, 在实验室生物安全人员培训方面经验较欠缺, 如存在重理论轻实践、重过程轻评估、专业化人才相对缺乏、培训师资不足和培训标准参差不齐等问题[6]。为了确保 ABSL-3/ABSL-4 实验室生物安全和顺利高效运转, 必须制定标准化、规范化及科学化的配套培训体系, 对每名 ABSL-3/ABSL-4 实验室工作人员定期开展相关的岗位培训, 让训练有素和经验丰富的专业工作人员在新发突发性传染性病原体的研究或防控中发挥重要作用。随着信息技术和互联网的发展日益成熟, “互联网 + 职业技能培训” 逐渐成为社会各界专业人士广泛接受的一种培训方式[7]。本文将目前国内动物高级别生物安全实验室人员培训与“互联网 + 职业技能培训” 技术结合, 采用“线上 + 线下” 深度融合, 分散学习与集中教学相结合的培训方式, 探索构建了生物安全人员培训体系新模式, 为 ABSL-3/ABSL-4 实验室人员相关培训提供灵活、便捷的途径和参考资料。

## 2. ABSL-3/ABSL-4 实验室人员线下培训

针对不同背景、不同岗位的人员知识和技能水平, 制订不同的线下培训方案, 通过实地授课、讲座、演讲、研讨会等教学方式实施培训, 在实际的现场进行理论和实操培训活动, 更加具有实践性, 让实验室内所有相关工作人员更加深入地了解培训流程和内容。具体培训流程和内容参考夏菡等文献[8] [9], 见表 1。

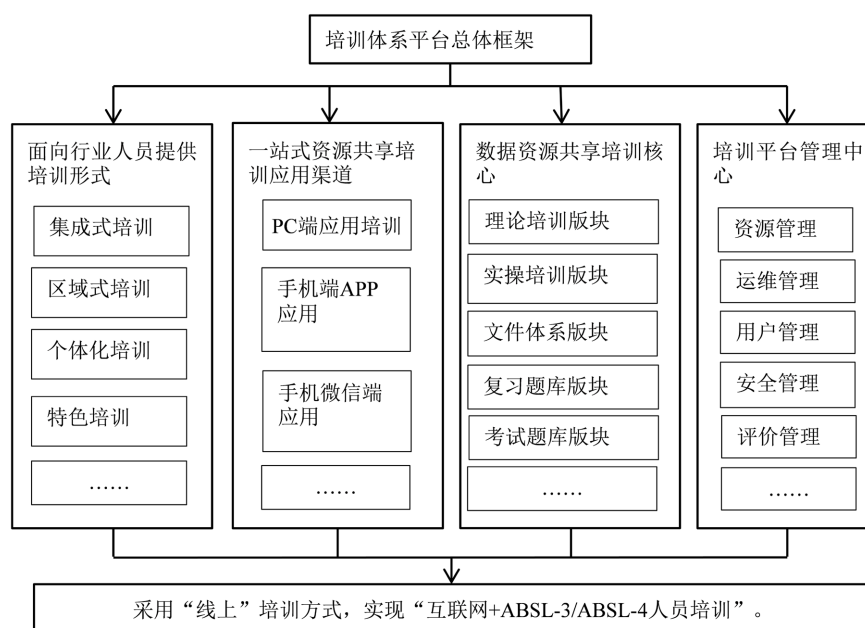
**Table 1.** Process of personnel training system and content  
**表 1.** 人员培训体系流程及内容

培训流程 Training process	培训内容 training content
(1) 培训前评估	申请人先填写申请培训相关的表格，提交至实验室生物安全管理与培训部门，部门对申请人背景、健康、心理素质、精神和情绪稳定性、灵活应变能力、有无药物或酒精滥用或依赖等多方面进行综合调查评估，确定合格签字后，再由实验室主任对其申请进行审核、签字批准和授权。
(2) 理论培训	ABSL-3/ABSL-4 实验室管理组织机构、文件体系及建筑的布局、设计、结构和设施设备、标识、功能分区等。实验室生物材料的控制和管理制度、国家或地方性的生物安保及生物安全法律法规、实验室及其所属单位的制度和规程等。
(3) 实操培训	采用小班或一对一教学方式在专门的模拟实验室中进行培训。个人防护方面包括：ABSL-3 实验室呼吸机、防护服、手套、防护镜或呼吸罩等示范操作；ABSL-4 实验室正压防护服穿戴、高效空气过滤装置、生命支持系统、化学消毒淋浴系统、通信设备等使用和维护。常用仪器设备包括：生物安全柜、消毒灭菌器、超高速离心机、培养箱、显微镜、麻醉机、血液分析仪器、气密门等示范使用和操作。人员实验操作包括：更衣和人员进出流动、细胞培养、菌斑分析、病毒繁殖、锐器使用、废弃物及废水处理、消毒和灭菌、病原体运输转移、空间气体消毒、实验数据传输等示范操作。动物实验方面把包括：动物挑选转入饲养、健康状况观察、笼具更换、粪便消毒、抓取固定、麻醉、攻毒、采样、解剖、组织处理、尸体处置和动物福利等示范操作。实验室应急方面包括：病原体外溢或泼洒、意外暴露、动物逃逸或抓咬、防护服破损、安全和警报设施异常以及其他伤害事故等的报告和处置示范操作。
(4) 在职培训与资格评估认证	由具备资质且经验丰富的 ABSL-3/ABSL-4 实验室工作人员对培训对象提供在真实实验室环境中进行指导培训。ABSL-3/ABSL-4 实验室科研工作人员的独立准入资格最少需要累计 20 h 的在职培训，ABSL-4 实验室科研工作人员的独立准入资格除了累 100 h 的在职培训外，还需要进出实验室至少 40 次。最终进行书面理论考试和实际操作技能考核，达到相应的实验室进出次数和工作时间的积累评估认证，综合考核合格，实验室主任的审核批准方可获得独立准入资格。
(5) 实验室科研项目/人员准入评估	填写《实验室病原微生物申请审批表》、项目研究计划书、项目风险评估表、实验人员名单及背景资料(身份证、学历学位证、专业技术能力资格证明、生物安全相关的培训和上岗资格证明、授权或任命的证明、健康档案等)、《实验动物伦理审批表》、安全责任书、知情同意书、保密协议、菌毒种使用责任书等，项目负责人签字确认，提交至生物安全管理部门审核签字，最后实验室主任批准签字，方可进入。
(6) 继续教育培训	每年对实验室准入工作人员开展 1~2 次继续培训教育，确保工作人员能掌握实验室不断更新的规定和要求。

### 3. ABSL-3/ABSL-4 实验室线上培训体系平台

在 ABSL-3/ABSL-4 人员线下培训的基础上，通过网络和计算机等电子媒介或工具，利用信息通信和“互联网+”多媒体技术，参考李会萍等文献[10]，以 php、MySQL 数据库为开发工具，基于 B2C 模式在 PC 端开发一站式共享培训平台，平台同步与移动智能手机端(iOS 系统和安卓系统)数据接口对接，通过智能手机端布署 APP 和微信端应用，将 ABSL-3/ABSL-4 实验室人员线下培训的内容和相关知识导入网络系统，构建“互联网+ABSL-3/ABSL-4 实验室人员”培训体系共享平台和数据系统的多元化应用渠道。简单来讲就是在“互联网+”环境下，充分利用信息通信以及互联网技术，将互联网与 ABSL-3/ABSL-4 人员培训进行深度融合，发挥“互联网+”实时、交互、开放、共享、连接、智能等特点在 ABSL-3/ABSL-4 实验室领域催生出新形态，提升 ABSL-3/ABSL-4 实验室人员培训的创新力，建立严格标准的 ABSL-3/ABSL-4 人员网络培训体系平台。在网上进行实施 ABSL-3/ABSL-4 实验室人员在线学习和培

训活动,更加灵活、便捷,老师或专家可以在异地通过现代的视频、音频技术远程监控来进行培训、指导和监督实验室的研究活动[11]。ABSL-3/ABSL-4 实验室人员培训体系平台目前由作者单位负责规范化、精细化运行、宣传、推广、运营、安全管理和授权使用,从业内聘请相关专家或技术专员为平台提供意见和建议,进行监督管理,确保为行业提供更科学、合理、便捷的培训服务平台,带动 ABSL-3/ABSL-4 实验室人员新型培训服务模式的应用。ABSL-3/ABSL-4 实验室人员线上培训体系平台的设计框架包括:理论培训、实操培训、文件体系、复习题库、考试题库等 5 个功能版块,每个功能版块包含多个内容,实现资源集成式、区域式、个性化等培训服务。平台管理中心负责资源、安全、运维、用户等协同管理服务,确保为行业提供更科学、合理、便捷的资源共享培训服务。见图 1。



**Figure 1.** Overall framework of the platform  
**图 1.** 平台总体框架

#### 4. 总结与展望

ABSL-3/ABSL-4 实验室生物安全包括人员安全、实验室安全运行、生物安全管理三要素。其中,实验室生物安全事件发生的主要原因是人为因素导致,实验室人员的实际操作技能、安全责任意识和行为自律对有效保证高等级实验室生物安全起到更加关键的决定性作用[12]。近几年来,随着我国 ABSL-3/ABSL-4 数量不断增加和研究规模不断扩大,从事 ABSL-3/ABSL-4 实验室管理和从事研究的专业化人才相对缺乏,接触到管制生物剂和高危烈性病原体的从业人员日趋增多,实验室生物安全防护的风险随之增加,人的主观能动性成为实验室主要的内部安全隐患[13]。ABSL-3/ABSL-4 实验室生物安全知识种类多、信息量大,培训教学资源还比较欠缺,学员组成范围广且层次差异较大[14]。另外,对实验室人员的后期实践操作和生物安全的培训也未形成制度化,相关从业人员的生物安全责任意识、安全操作水平和事故处理技能均有待进一步提高。

本文设计的整个培训体系将 ABSL-3/ABSL-4 实验室现状、行业特点、资源共享、服务需求等与“互联网+职业技能培训”相结合,建立了一站式培训共享平台,提供线上线下一体化培训。通过标准化、规范化及科学化的培训,确保所有相关从业人员具备扎实的基础知识、熟练的安全操作技能、良好的生物

安全意识和生物安全价值观,减少实验室人为安全事故,确保 ABSL-3/ABSL-4 实验室安全运行。当然培训平台的建设是一个长期、复杂的过程,由于本人专业背景和实践经历有限,对我国 ABSL-3/ABSL-4 实验室人员培训的实际现状无法做到透彻掌握,所提出培训体系存在一定的局限性和片面性。今后将结合 ABSL-3/ABSL-4 实验室人员的工作岗位、专业背景和能力需求的层次差异等做进一步深入调研分析、完善优化,力求使培训体系具备更强的针对性、有效性和持续性,以期对相关培训提供更全面、更切合实际的参考资料。

## 参考文献

- [1] 薛康宁, 刘晓宇, 荣蓉, 等. 我国主要新发与再发人兽共患病相关介绍[J]. 中国人兽共患病学报, 2016, 32(3): 290-294.
- [2] 由继红. 实验室生物安全问题的研究[J]. 实验技术与管理, 2011, 28(10): 169-171.
- [3] 李宁, 吴思捷, 张媛, 等. 兽医高等级生物安全实验室安全隐患分析及对策建议[J]. 中国兽医杂志, 2018, 54(8): 120-122.
- [4] 陈洁君. 高等级病原微生物实验室建设科技进展[J]. 生物安全学报, 2018, 27(2): 80-87.
- [5] 靳晓军, 李京京, 程洪亮, 等. 高等级生物安全实验室风险及其对策[J]. 生物技术通讯, 2015, 26(5): 704-707.
- [6] 郑玉红, 侯雪新, 李振军. 生物安全培训问题分析及系统培训方法建立的研究[J]. 实用预防医学, 2015(6): 126-128.
- [7] 叶苗, 薛蓓. “互联网+”模式下的科技创新服务平台模式研究[J]. 电脑知识与技术, 2016, 12(33): 281-282.
- [8] 夏菡, 黄弋, 马海霞, 等. 美国高等级生物安全实验室人员培训体系及其启示[J]. 实验室研究与探索, 2019, 38(12): 252-255.
- [9] Huang, Y., Huang, J.C., Xia, H., *et al.* (2019) Networking for Training Level 3/4 Biosafety Laboratory Staff. *Journal of Biosafety and Biosecurity*, 1, 46-49. <https://doi.org/10.1016/j.jobbb.2018.12.004>
- [10] 李会萍, 王小明, 杨锦淳, 等. “互联网+”实验动物资源共享服务平台模式研究[J]. 中国比较医学杂志, 2018, 28(9): 69-73.
- [11] 李京京, 靳晓军, 程洪亮, 等. 高等级生物安全实验室风险案例分析和思考[J]. 生物技术通讯, 2018, 29(2): 271-276.
- [12] 马雪娇, 卢耀勤, 刘涛. 实验室生物安全管理研究进展[J]. 中国预防医学杂志, 2018, 19(3): 238-241.
- [13] 章欣. 生物安全 4 级实验室建设关键问题及发展策略研究[D]: [博士学位论文]. 北京: 军事医学科学院, 2016: 205.
- [14] 张晶, 代明, 余倩, 等. 建立生物安全实验室废弃物处置培训体系的探索[J]. 实验技术与管理, 2021, 38(4): 316-319.