

晶”,学生提出疑问为什么脑脊液存在羊齿状结晶?后面教师通过引导,让其带着疑问回去自己查找资料,发现其实是因为加了生理盐水,生理盐水滴在玻片上干燥后会出现盐水结晶,这结晶与羊齿状结晶相似。通过对自己在实际临床中遇到的问题,自己查阅文章去求证,学生都会有一种自己的努力被认可的成就感,而在这种成就感中学生的科研兴趣也会被激发出来。同时,在学生的毕业论文选题中,兴趣也发挥着重要作用。现在各大高校对毕业论文都要求具有创新性^[13]。对于本科生来说,做到自主选题、拟题这一点是一大难题,此时就需要教师加以引导,可以根据学生在实习过程中感兴趣的专题,进行定向突破或者互动式交流帮助学生发散思维,解决问题。另外除了讨论诱导的形式,还可以开展特色读书报告会,给学生们带来学术前沿资讯,鼓励他们尝试创新。

6 总 结

在这个检验技术快速发展的时代,社会对人才的要求和需求也在变化,检验科老师需重新定位目标,跟随着变化的步伐来提高人才的综合素质和满足人才培养的需求。本文中临床和科研融合模式的教学模式改革正是顺应变化,通过 PBL、CBL、PDCA 模式或兴趣培养等多元化的教学模式,来培养学生的临床和科研思维能力,适应高等教育要求,以及学生未来的职业展望。在这种模式中作为“主导者”,自主学习,在已有理论知识的基础上与教师在讨论中形成知识网架,发挥模式的巨大优势。

参考文献

[1] 任艳丽,张秀瑜. 科研与临床结合指导医学检验实习带教新策略探讨[J]. 国际检验医学杂志,2019,40(4):505-507.

教学·管理 DOI:10.3969/j.issn.1672-9455.2023.18.035

[2] 朱杰华,石彬,陈莉,等. 医学检验技术专业培养目标定位与科研思维培养实践[J]. 大学教育,2018(3):95-97.

[3] 廖林,向利群,林发全. 科研成果融入临床检验实习教学的探索与实践[J]. 检验医学与临床,2021,18(18):2766-2767.

[4] 刘湘祁. 医学检验技术专业实验教学现存问题及对策[J]. 经济师,2022(5):237-239.

[5] 杜娟,殷子斐,张亚妮,等. PBL 结合 CBL 教学法在《实验中医学》教学中的体会[J]. 中国继续医学教育,2022,14(1):49-52.

[6] 阳茂春,陈春伟,谢丽. PBL 联合思维导图在临床检验实习血检与止血教学中的应用[J]. 检验医学与临床,2020,17(5):4.

[7] 杨宇君,杨双双. PBL+CBL 混合式教学法在医学检验技术专业本科生实习教学应用中的思考[J]. 现代医药卫生,2022,38(17):3028-3030.

[8] 徐敏. 罕见病数据库建设的探索与实践[J]. 中国数字医学,2017,12(5):4.

[9] 别立翰,马晨芸,徐正,等. 案例教学法在医学检验科实习教学中的应用[J]. 中国继续医学教育,2021,13(30):5.

[10] 沈蕾,曹卫东,吴辉,等. PDCA 循环在医院中青年科研人才梯队建设中的应用[J]. 现代医院管理,2022,20(4):63-65.

[11] 王娟娟. VUCA 情境下领导意义给员工主动性行为的影响[J]. 福建商学院学报,2022(2):7.

[12] 王云鹏. VUCA 时代下大学生就业力问题的实证研究[J]. 中国高等医学教育,2022(7):3.

[13] 梁璐,丁磊,余文红,等. 提高医学检验技术本科毕业论文质量的对策研究[J]. 国际检验医学杂志,2021,42(17):2167-2169.

(收稿日期:2023-01-28 修回日期:2023-07-06)

二级生物安全实验室建设探讨

秦伟坤,王慇杰[△],赵东霞,任 洁,张蓬雪

国家癌症中心/国家肿瘤临床医学研究中心/中国医学科学院北京协和医学院肿瘤医院检验科,北京 100021

摘 要:为建立规范化的二级生物安全(BSL-2)实验室,使生物安全实验室建设在设计、施工和验收等方面满足生物安全防护要求和备案标准,能够有效防范实验室意外事件的发生。该文参照相关行业标准并结合 BSL-2 实验室建设经验,对检验科 BSL-2 实验室建设进行探讨。

关键词:二级生物安全; 实验室建设; 检验科; 实验室设计

中图法分类号:R197.2

文献标志码:B

文章编号:1672-9455(2023)18-2777-04

生物安全是国家安全不可或缺的一部分,随着国家安全战略发展,生物安全问题成为国家安全谋划和布局中的重中之重^[1]。BSL-2 实验室是开展医疗研究、卫生教学、临床科研、疾病预防检测的重要场所^[2-4],在医疗、科研、传染病监测和突发疫情防控工

作方面发挥着重要作用^[5-6];随着医疗卫生行业的发展,特别是应对新型冠状病毒感染疫情防控的需要,BSL-2 实验室数量在我国逐年增多,其规范化建设也成为我国广大医疗机构及科研院所的重中之重。当前大多数医疗机构中,对生物安全认识有所提高^[7],

[△] 通信作者,E-mail:chinaminjie@sina.com。

网络首发 [https://link.cnki.net/urlid/50.1167.R.20230801.1426.004\(2023-08-01\)](https://link.cnki.net/urlid/50.1167.R.20230801.1426.004(2023-08-01))

但在 BSL-2 实验室建设过程中,面临着专业人才短缺与经验匮乏的问题,本文对 BSL-2 实验室的规范化建设进行探讨。

1 实验室生物安全

1.1 概念 实验室生物安全是指通过一系列措施保护工作人员,避免人员直接或间接接触生物危害因子,保护公众健康和生存环境免受病原体、气溶胶等危害,同时不改变试验对象的原有本性^[8]。

1.2 实验室生物安全级别 根据实验室所处理对象的生物危害程度和采取的防护措施,微生物生物安全实验室分为四级:BSL-1、BSL-2、BSL-3 和 BSL-4,其中 BSL-2 生物安全实验室的布局结构、设备设施、安全操作规程、防护措施用于对人或环境具有中等潜在危害的微生物^[9]。生物安全实验室的规范化建设是临床防护、设备正常运行的硬件基础,是临床实验活动的根本保障,也是保护实验人员、实验环境和保证实验结果准确性的基本屏障。

1.3 依据 《病原微生物实验室生物安全通用准则》(WS-233-2017)、《病原微生物实验室生物安全管理条例》(2018 修订版)、《人间传染的病原微生物名录》(2006)、《中华人民共和国传染病防治法》(2013)、《医学生物安全二级实验室建筑技术标准》(T/CECS 662-2020)、《生物安全实验室建筑技术规范》(GB 50346-2011)、《综合医院建筑设计规范》(GB 51039-2014)、《临床实验室生物安全指南》(WS/T442-2014)。

2 检验科 BSL-2 实验室建设

2.1 设计与建造 医疗机构 BSL-2 医学实验室建筑设计应符合相关标准,并与生物安全防护等级相适应^[10]。在图纸设计与工程建造时需要考虑工艺流程、人流物流、供电系统、给排水、通信网络、照明系统、通风、空调、空气净化、气流流向、房间压差、消防安全、废物处理等。

2.1.1 工艺流程 BSL-2 实验室设计时要遵循国家有关部门发布的设计、施工、材料等规范和行业标准,考虑各安装行业间的衔接配合;随着智能化 3A 建筑的推行,BSL-2 实验室的设计理念要兼顾节能、环保、安全和人文。

2.1.2 人流物流 实验室布局要考虑洁污分区、医患分流^[11-12]。实验室通道应人流、物流分开,人员和物品应有独立的出入口,且出入口有显著标识。实验室污物要有专用出口和通道^[13],且内部有专用电梯或步行梯送至医院集中的医疗废物存放点,不得使用医院客梯,避免造成医院内感染或携带未知病原体标本外泄。随着生物安全意识的提高,国家卫生健康委员会增加了对医疗废物的管控,实验室废物由指定机构进行回收,集中处理^[14]。

2.1.3 供电系统

2.1.3.1 稳定性 BSL-2 实验室要保证用电稳定性,实验室用电负荷不宜低于二级。供电稳定性无法

保证时,应采用一个独立供电电源;特别重要的实验设备应设置应急电源;应急电源采用不间断电源的方式时,断电时供电时间应不小于 30 min。

2.1.3.2 发展性 要充分考虑实验室的长远发展,避免后期出现实验室供电位点布置缺失、扩展性不足的情况;特别是在大型设备布局设计时,需要提前预留电源、空气开关和特殊设备专用 16A 电源。

2.1.4 给排水

2.1.4.1 给水系统 BSL-2 实验室工作区的给水管应设置防止回流污染的倒流防止器或其他有效装置;实验室出入口处、缓冲间、非实验区域设置非手动式洗手池,工作区域内配备洗眼装置;实验室内操作刺激或腐蚀性物质时,应在以设备为中心直径 30 m 内或 10 s 内人员能到达的地方设置紧急喷淋装置^[15],装置附近设置地面排水地漏。

2.1.4.2 纯水系统 BSL-2 实验室的纯水给水管道需要提前铺设,应提前确定纯水设备供应商并与厂家确定好纯水设备房间的装修需求、摆放位置、功率、用水量等参数。根据临床检验的实际需求,BSL-2 实验室纯水管路和接头建议采用 PPR 或 PVC 材质。水质方面,实验室纯水质量与临床检验质量密切相关^[16],BSL-2 实验室纯水水质应能满足实验室的试剂配制、校准品和质控品复溶等,具体要求参考相应文件^[17];实验室应提前与纯水供应商确定好纯水水质监测方案,并要求供应商按时出具水质检测报告,实验室专人负责存档备查。

2.1.4.3 排水系统 BSL-2 实验室实验区内排水管道需要单独设置^[18],与生活区排水分开,以确保医疗污水直接进入医院污水处理站。实验区内水槽存水弯、地漏保持畅通,水封处必须保证充满水或消毒液防止有毒有害气体或虫类进入。存水弯水封高度不得小于 50 mm,且不得大于 100 mm。

2.1.5 通信网络 BSL-2 实验室应满足实验室信息化管理的通讯要求,实验室内设置足够多的电话网络终端接口。主要实验场所应安装视频监控设备,可实时录制实验室活动情况及实验室周围情况,在危险情况下及时预警。监视设备应具备高清以上的分辨率,存储介质应有足够的数据存储容量,达到最大存储容量后能够自动上传至云端保存。实验室入口处设置门禁系统并张贴生物安全标识,非实验室人员禁止入内。

2.1.6 照明系统 BSL-2 实验室室内照明灯具宜采用吸顶式密闭洁净灯,并具有防水功能,实验区光照度 ≥ 350 LUX,非实验区光照度 ≥ 200 LUX。空气消毒可采用悬吊式直接照射消毒,灯管吊装高度一般距地面 1.8~2.2 m,安装紫外线的数量平均 ≥ 1.5 W/ m^3 ^[19]。紫外线开关设计在门口位置,并设置有集体开关和独立开关,方便工作人员进出消杀。实验室内疏散指示牌、应急灯、出口指示灯的数量和位置按照消防法的相关规定进行设计。

2.1.7 空调、通风、净化 BSL-2 实验室内空调、净化系统的划分应根据操作对象的危害程度、平面布置等情况,经技术比较后确定,并采取有效措施避免污染和交叉污染^[20]。有负压要求的分子实验室和微生物实验室应设置独立的通风系统和空调系统,避免实验室内交叉污染。实验区域内有生物安全柜或排风柜等设备时,应考虑静态或动态气流变化,保证设备正常使用及气流流向,BSL-2 实验室污染区内的排风送风应符合定向气流,排风口设在室内污染风险最高的地方,采用上送下排,排风下边沿应高于地面 0.1 m,且低于 0.15 m;排风 ≤ 1 m/s。空调系统应满足实验区域温度 18~26℃,湿度 30%~70%,不建议采用暖气片供暖。

2.1.8 消防安全 BSL-2 实验室耐火等级与所在建筑等级相同且不宜低于二级。科室疏散出口都应有消防疏散指示标志和消防应急照明措施。由于实验室内有大量精密仪器设备,灭火器建议采用二氧化碳和水基型灭火器,实验室备有消防面罩、消防毯等基础消防物资。

2.1.9 废物处理 实验室医疗废物是危险废物中的一类,是在一些实验活动中产生感染性、毒性或其他危害性的废物^[21-22]。对实验室医疗废物处置不当可能会造成病原体传播或危害公众卫生安全^[23-24]。实验室要根据《医疗废物分类目录》的规定分类处置医疗废物。(1)感染性废物:将患者血液、体液、排泄物等污染以外的废物、一次性医疗材料和经高压灭菌后病原微生物实验室废弃物收集于符合《医疗废物专用包装袋、容器和警示标志标准》的医疗废物包装袋中;隔离的传染病患者或疑似传染病患者产生的医疗废物应使用双层包装盛装。(2)损伤性废物:将废弃的针头、移液器枪头、玻片等能刺伤或割伤人体的锐器收集于符合《医疗废物专用包装袋、容器和警示标志标准》的利器盒中,利器盒达到 3/4 满时严密封闭^[25]。医疗废物移交指定单位进行处理销毁。废液应在消毒后经专用通道排放,不得把未处理的医疗废液直接倒入下水道,避免污染环境。

2.2 检测与验收 BSL-2 实验室的验收内容包括实验室工程建设与设计文件、施工文件和必要的检测报告等。工程验收应由具有资质的质检部门进行并出具工程验收报告。实验室宜采用目测法对室内结构、设备设施、水电面板开关进行检查。必要时请有资质的机构进行环境检测,环境要求参考相关文件。生物安全实验室内的移液器、生物安全柜、压力灭菌器安装后要有计量局出具的性能检测报告,存档备查。

2.3 备案 BSL-2 实验室在完成图纸设计、审核和建造后,应向所在区域市级医疗卫生主管部门申请备案。新建、扩建、改建的实验室应在投入使用前 1 个月内进行备案。拟备案的实验室应具备生物安全设备,包括个人防护和防护技术支持设备、隔离实验对象的操作设备、通风过滤设备、密闭安全控制设备、去

污消毒设备等^[26]。同时提供备案相关的申请材料、实验室制度文件、人员资质、生物安全培训、消毒防护措施、生物安全评估等。

3 讨论与总结

实验室生物安全一直是国家安全的重要环节,而生物安全实验室建设是生物安全工作的重要基础。在这次抵抗新型冠状病毒感染疫情传播中,BSL-2 实验室发挥了关键作用,不仅为防控病毒传播提供决策判断,也为临床诊疗提供有力支撑。我们应在实践中不断强化生物实验室建设工作,扎实贯彻、落实中央决策部署,筑牢国家生物安全屏障。

总之,规范化的 BSL-2 实验室建设,是安全开展一切实验活动的基础。规范的实验室设计、建造至关重要,不仅可以保护实验室的工作人员、保护环境,也是实验室安全质量管理及保障实验数据准确的关键。因此,BSL-2 实验室的建设应全面考虑,从设计开始着手,对建设项目中的各个要素进行跟踪和把握,确保实验室最大程度上满足实验工作需求、符合医院发展战略、推动区域性医疗卫生行业质量管理水平。相对于国外,我国的生物实验室建设起步较晚,在需求激增的新形势下,设计和建设单位也越来越多,存在设计队伍和技术力量良莠不齐的现状,在设计与建造过程中,施工建造重于设计,导致实验室建设及使用过程中出现布局不合理、安全问题突出、整体规划缺陷等不能满足相关标准和备案要求。因此,在 BSL-2 实验室的建设过程中,我们要多参考借鉴国内外优秀实验室建设案例的经验,取长补短,建设与当地医疗卫生事业发展相适应的实验室,为全面落实“健康中国 2030”规划纲要,为保障人民生活健康、安定和社会和谐、稳定做贡献。

参考文献

- [1] 王明程,张冬冬,丁寒. 国家安全视阈下生物监测情报体系建设研究[J]. 情报杂志,2021,40(6):71-81.
- [2] 周剑涛,姚尧,丁海峰,等. 医学检验专业教学实验室“安全态”的探讨[J]. 国际检验医学杂志,2013,34(11):1475-1476.
- [3] 夏志强,杜海军,夏冬,等. BSL-2 实验室开展 SARS-CoV-2 核酸检测过程中的生物安全管理[J]. 国际病毒学杂志,2021,28(1):62-66.
- [4] 刘琦,卢耀勤,刘涛. 国内外生物安全实验室的研究进展[J]. 职业与健康,2021,37(12):1724-1728.
- [5] ZOU J, XIA H, SHI P Y, et al. A single-round infection fluorescent SARS-CoV-2 neutralization test for COVID-19 serological testing at a biosafety level-2 laboratory[J]. Viruses,2022,14(6):211.
- [6] NAEEM W, ZEB H, RASHID M I. Laboratory biosafety measures of SARS-CoV-2 at containment level 2 with particular reference to its more infective variants[J]. Biosaf Health,2022,4(1):11-14.
- [7] 毕洁,王如刚. 二级实验室生物安全管理探讨[J]. 中国卫生检验杂志,2020,30(19):2425-2427. (下转第 2784 页)

殊感染无法明确病原菌,因此,加强微生物实验室建设、提高实验室诊断能力、提高实验室人员专业技能非常重要。对于有条件的微生物实验室,应在传统培养鉴定技术的基础上,加强实验室自身能力建设,如引入质谱、宏基因组下一代测序等新技术,可提高病原菌鉴定能力和缩短鉴定时间,更好地服务于患者及临床。

参考文献

[1] 陈东科,孙长贵.实用临床微生物学检验与图谱[M].北京:人民卫生出版社,2011:480-481.
[2] 周庭银,章强强.临床微生物学诊断与图解[M].上海:上海科学技术出版社,2007:500-502.
[3] 尚红,王毓三,申子瑜.全国临床检验操作规程[M].4版.南京:东南大学出版社,2015:629-631.
[4] Clinical and Laboratory Standards Institute. Methods for antimicrobial dilution and disk susceptibility testing of infrequently isolated or fastidious bacteria; M45 [S]. 3rd Ed. Wayne, PA, USA: CLSI, 2015: 32-34.
[5] REVEST M, EGMANN G, CATTOIR V, et al. HACEK endocarditis: state-of-the-art [J]. Expert Rev Anti Infect Ther, 2016, 14(5): 523-530.
[6] JORGENSEN J H, PFALLE M A. 临床微生物学手册 [M]. 11 版. 王辉, 马筱玲, 钱渊, 等译. 北京: 中华医学电

子音像出版社, 2017: 823-824.
[7] 林慧珍, 李泰阶, 林青, 等. 1 例侵蚀艾肯菌与星座链球菌混合感染致儿童脓毒血症的分析 [J]. 国际检验医学杂志, 2022, 43(12): 1531-1533.
[8] 李程亮, 张瑾, 王梓合, 等. 侵蚀艾肯菌致鼻咽部合并中耳感染 1 例诊治分析并文献复习 [J]. 浙江医学, 2021, 43(7): 769-771.
[9] 李丽娟, 王吉生, 周华强, 等. 侵蚀艾肯菌致儿童耳后脓肿 1 例 [J]. 中国感染与化疗杂志, 2020, 20(6): 692-693.
[10] 赵硕, 徐瑞龙, 单小云. 侵蚀艾肯菌致颈前瘰管感染 1 例 [J]. 临床检验杂志, 2007, 25(2): 119.
[11] 张康, 白宇哲, 时宇, 等. 侵蚀艾肯菌致胫骨慢性骨髓炎一例报告 [J]. 中国骨与关节杂志, 2022, 11(10): 798-800.
[12] 彭海林, 田凤喜, 陈亚宝. 侵蚀艾肯菌致新生儿结膜炎一例 [J]. 海南医学, 2013, 24(19): 2950.
[13] 巢世兰, 徐雯, 刘国伟, 等. 侵蚀艾肯菌致胸部感染一例并文献复习 [J]. 国际检验医学杂志, 2020, 41(6): 766-768.
[14] 周万青, 王箐箐, 张之烽. 侵蚀艾肯菌致血流感染 1 例 [J]. 临床检验杂志, 2017, 35(4): 319-320.
[15] GILBERT D N, CHAMBERS H F, SAAG M S, et al. 热病: 桑福德抗微生物治疗指南 [M]. 46 版. 范洪伟, 王焕玲, 周宝桐, 等译. 北京: 中国协和医科大学出版社, 2016: 70.

(收稿日期: 2023-02-08 修回日期: 2023-07-17)

(上接第 2779 页)

[8] BAYOT M L, LIMAIE M F. Biosafety guidelines [M]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2023.
[9] 马文颖, 马洪旭. 生物安全防护二级实验室的建筑设计及卫生要求 [J]. 中国地方病防治杂志, 2020, 35(5): 574-575.
[10] 卫生部关于印发《医疗机构临床实验室管理办法》的通知 [J]. 中华人民共和国卫生部公报, 2006(3): 56-59.
[11] 夏璠. 广州市第八人民医院三期工程规划与设计 [J]. 建筑技术开发, 2022, 49(2): 10-12.
[12] 苏亮, 刘玉照. 如何实现就医分流: 以青岛市医疗改革与医患行为互动为例 [J]. 河北学刊, 2021, 41(1): 198-206.
[13] 汤建华. 医疗废物专用通道在医疗管理中的应用分析 [J]. 中国医学装备, 2012, 9(12): 85-87.
[14] 程亮, 张箐, 陶亚, 等. 我国“十四五”医疗废物集中处置体系优化思路 [J]. 环境工程学报, 2021, 15(2): 401-408.
[15] 中华人民共和国应急管理部. 眼面部防护—应急喷淋和洗眼设备—第 2 部分: 使用指南: GB/T 38144. 2-2019 [S]. 北京: 中国国家标准化管理委员会, 2019.
[16] 童清, 王清涛. 临床实验室试剂水的规范管理 [J]. 中华检验医学杂志, 2007, 30(2): 211-213.
[17] 国家卫生健康委员会临床实验室试剂用纯化水 (发布稿): WS/T 574-2018 [S]. 北京: 国家卫生健康委员会, 2018.
[18] 李素梅. 上海市综合医疗大楼临床实验室纯水系统及特殊排水系统介绍 [J]. 给水排水, 2019, 45(10): 114-117.
[19] 徐飞飞, 代林林, 陈晓红, 等. 不同紫外线杀菌灯辐照强度

及其作用范围研究 [J]. 护理研究, 2020, 34(22): 4122-4124.
[20] 龙洋波, 房电伟, 邢哲理. 某负压二级生物安全实验室空调通风设计探讨 [J]. 制冷与空调 (四川), 2021, 35(1): 111-114.
[21] 陈扬, 吴安华, 冯钦忠, 等. 新时期医疗废物管理模式的嬗变及发展 [J]. 中国感染控制杂志, 2017, 16(6): 493-496.
[22] World Health Organization. Safe management of wastes from health-care activities: a summary [R]. Geneva: World Health Organization, 2017: 1-24.
[23] LETHO Z, YANGDON T, LHAMO C, et al. Awareness and practice of medical waste management among health-care providers in National Referral Hospital [J]. PLoS One, 2021, 16(1): e0243817.
[24] JIANG C, REN Z, TIAN Y, et al. Application of best available technologies on medical wastes disposal/treatment in China (with case study) [J]. Procedia Environ Sci, 2012, 16: 257-265.
[25] 医疗废物分类目录: 2021 年版 [J]. 中国感染控制杂志, 2021, 20(12): 1166-1167.
[26] ZHANG Z, WU J, HAO L, et al. Development of biosafety equipment for high containment laboratory and for personal protection in China [J]. Biosaf Health, 2020, 2(1): 12-17.

(收稿日期: 2023-03-06 修回日期: 2023-07-19)