

疫情后新时代长学制基础医学拔尖人才培养模式中微生物学教学改革与思考

邹清华, 沈弢*

北京大学基础医学院, 北京 100191

邹清华, 沈弢. 疫情后新时代长学制基础医学拔尖人才培养模式中微生物学教学改革与思考[J]. 微生物学通报, 2024, 51(4): 1272-1280.

ZOU Qinghua, SHEN Tao. Reform and reflection on Microbiology teaching in the cultivation of top-notch talents in basic medicine of the long-term system in the post-COVID-19 era[J]. Microbiology China, 2024, 51(4): 1272-1280.

摘要: 新型冠状病毒疫情全球大流行使人们深刻认识并高度重视“医学微生物学”, 进而对基础医学教育提出了新的要求。本文聚焦疫情后新时代长学制基础医学拔尖人才培养模式中微生物学教学内容和教学方法, 秉持“以学生为本, 与时代同步”的教改理念, 采用多轨道教学模式, 探索医学微生物学教学改革的新途径。医学微生物学教改将重新梳理教学内容, 并加强微生物学与其他医学知识整合; 紧跟微生物学前沿研究热点, 突出新发突发传染病的病原学知识点以及生物安全和疫情防控的重要性; 完善医学微生物学实验教学体系, 加强创新和实践能力培养, 激发学生的科研兴趣和思维。本研究可为疫情后新时代长学制基础医学拔尖人才的培养模式提供借鉴。

关键词: 疫情后新时代; 长学制基础医学拔尖人才; 微生物学; 教学改革

Reform and reflection on Microbiology teaching in the cultivation of top-notch talents in basic medicine of the long-term system in the post-COVID-19 era

ZOU Qinghua, SHEN Tao*

School of Basic Medical Sciences, Peking University, Beijing 100191, China

Abstract: The global pandemic of COVID-19 has made people get aware of the great importance of Medical Microbiology and put forward new requirements for the education of basic medicine. This study focused on the teaching content and methods of Medical

资助项目: 北京大学本科教学改革项目(71009Y0057)

This work was supported by the Undergraduate Teaching Reform Project in Peking University (71009Y0057).

*Corresponding author. E-mail: taoshen@bjmu.edu.cn

Received: 2023-11-01; Accepted: 2024-01-01; Published online: 2024-02-05

Microbiology in the cultivation of top-notch talents in basic medicine of the long-term system in the post-COVID-19 era. The teaching reform emphasized the concepts of being student-centered and keeping pace with the times and adopted the multi-track teaching mode to explore new approaches of teaching in Medical Microbiology. The teaching reform of this course reorganized the teaching content and strengthened the integration of microbiology with other medical knowledge. The cutting-edge research hotspots in microbiology were included in the teaching, highlighting the etiological knowledge of emerging infectious diseases and the importance of biosafety and epidemic prevention and control. The teaching system of experiments in Medical Microbiology was improved to cultivate students' innovation and practical abilities and stimulate students' interest and thinking in scientific research. The teaching reform of Medical Microbiology can provide a reference for the cultivation of top-notch talents in basic medicine of the long-term system in the post-COVID-19 era.

Keywords: post-COVID-19 era; top-notch talents in basic medicine of the long-term system; Microbiology; teaching reform

新型冠状病毒疫情(简称“新冠疫情”)的全球传播对医学教育提出了新的思考:在新冠疫情后新时代,如何培养兼具创新能力和实践经验的医学拔尖人才,是当前基础医学教育亟待解决的问题。2018年10月,六部门联合发布《关于实施基础学科拔尖学生培养计划2.0的意见》^[1],旨在促进基础学科拔尖人才的培养,创新培养模式,打造并引领新时代中国特色的教育标准。随后相关政策也明确了基础医学拔尖人才培养和发展策略。

北京大学自2001年起推行八年制基础医学专业本博连贯培养计划,遵循“八年一贯、本博融通”的原则,致力于培养高层次、创新型的基础医学专业人才。长期以来,始终以人才培养为核心,充分发挥学院的教学和科研优势,确保学生在掌握扎实的医学知识和技能的同时,也受益于系统的科研训练。新冠疫情突显了国家生物安全和应急反应的重要性,特殊的时代背景下,亟须培养既熟练掌握微生物学和卫生技术,又兼具创新应用能力、解决实际问题能力的医学人才,以构筑国家生物安全防线。作为医学的基础学科,医学微生物学是医学领

域最具挑战性和创新性的学科之一,它在培养国家生物安全防控专家和人才等方面扮演至关重要的角色。在这一背景下,微生物学的教学模式及实践需要不断创新和调整。近年来,我们在“医学微生物学”课程中进行了系列改革和探索,构建了一套综合的教学模式:包括“课程群教学”“科研思维训练”“问题导向学习”等模块,辅以“本科生导师制”“长学制学生创新人才培养”“网络在线虚拟仿真实验课程”等措施和辅助课程。在教学过程中,我们注重学习和应用国际先进的教学理念、模式和管理经验等,立足于全球视野,不断推进医学微生物学教学发展和创新型人才培养。

1 医学微生物学教学在疫情后新时代的特点及需求

新冠疫情的出现让全世界深刻意识到新的病原体仍在不断涌现,对人类健康和社会稳定造成巨大威胁,我们必须储备足够的能力以应对突如其来的疫情。新时代背景也对医学微生物学教学提出了新的要求。

1.1 更新教学内容

目前,全球仍不断有新发突发传染病出现,如 SARS-CoV、SARS-CoV-2、MERS-CoV、甲型 H1N1/H7N9 病毒、埃博拉病毒、寨卡病毒等造成的流行给人类健康造成巨大的威胁。传统的教学内容已经比较陈旧,亟须更新教学内容,反映最新的病原谱。

1.2 创新实践教学模式

近年来,医学微生物学领域新知识和新技术发展迅猛,例如高通量基因测序技术、mRNA 疫苗研发、高通量药物筛选、新型诊断技术的应用和诊疗新靶点的不断涌现等^[2-4]。传统教学模式已无法及时反映这些变化,亟须加强与实验室的合作,提供实践机会与指导。

1.3 融合跨学科知识

新发突发传染病的研究与医学微生物学关系密切,对于已知病原的深入研究以及大量未知新病原的发现和鉴定与药理学、流行病学、分子生物学、生物信息学等多学科关系密切。传统教学模式往往缺乏对这些跨学科知识融合的需求,导致学生在综合应用方面存在困难。

1.4 提供生物安全培训

微生物学是一门实践性很强的学科,实验操作和观察微生物是学习的重要环节,比如 SARS-CoV-2 的病毒学研究、HIV、流感病毒的大量培养必须满足生物安全三级实验室条件^[5]。因此,亟须加强对学生的生物安全教育和培训,与生物安全实验室进行合作,提供学生参与相关实验的机会。

2 医学微生物学教学在疫情后新时代的改革与思考

2.1 多轨道教学,夯实微生物多学科融合

2.1.1 摒弃传统教学模式弊端,探索医学“课程群教学”新形式

传统的医学微生物学教学模式往往局限于

单一学科领域,忽视了各学科间的协同和联系,导致学生往往难以综合运用所学应对实践中的挑战。为突破这一瓶颈,我们创新性探索“病原生物与医学免疫学基础课程群”新形式,将医学微生物学融入更广泛的教学框架中。该课程群由多位资深院士和著名教授共同牵头规划课程内容,对各学科的教学大纲进行系统性整合,把医学微生物学、免疫学、寄生虫学和药理学等多学科的核心知识点融为一体。其中属于医学微生物学部分有 44 学时,包括理论课 34 学时,实验课 10 学时,其中部分内容如感染免疫、抗结核免疫、微生物防治策略等的教学有免疫学专家深度参与。教学上,鉴于课程融合首先需要教师具有融合知识储备,因此要求不同专业授课老师随堂听其他专业的理论课;教材上,需要编写融合教材,目前正在教育部支持下由多学科专家联合编写《医学病原与免疫基础》“101”规划教材;在内容组织上,根据知识点属性,对各学科间可能出现的重复内容进行了筛选和整合,确保每个主题都在最适合的环境下进行讲解,从而避免了知识点的遗漏、冗余和顺序混乱。打破教学资源壁垒,对学科间可能存在的争议或知识冲突进行梳理、总结及纠错,提供了权威的解释和统一的认识,确保学科知识的连贯性和完整性。另外,“病原生物与医学免疫学基础课程群”也积极与其他课程群开展学术交流,如“医学分子细胞遗传基础课程群”和“医工信课程群”,同时也积极邀请国内的有关领域专家来学院开展学术讲座,拓宽学生科研视野。

与传统的教学模式相比,“课程群教学”模式具有 4 个显著优势。

1) 资源共享与协同效应

“课程群教学”模式鼓励各学科间的资源共享。不仅减少重复建设,还实现了师资力量、

教学设备和实验材料等教学资源的最大化利用,形成协同效应,有利于提高教学质量。

2) 高效有趣的学习体验

“课程群教学”模式为学生提供了更加全面和逻辑化的学习体验,能够帮助学生建立更加立体和系统的基础医学知识体系,从而提高学习效果和效率。通过整合各学科知识,充分激发学生的学习热情,帮助学生更好地理解 and 运用所学知识。

3) 多维思维和能力培养

新模式强调各学科之间的内在联系,进一步提升学生的创新思维、实践技能以及灵活应用能力,培养他们的跨学科思维和综合分析能力。在面对复杂的医学问题时,学生能够从多个角度进行思考和分析,而不是仅限于单一学科的知识框架。

4) 适应未来医学发展

该教学模式还鼓励学生主动参与课程设计,满足他们的个性化学习需求,增强了教学的灵活性。随着医学的发展,跨学科合作和研究将成为未来的趋势。通过“课程群教学”模式,学生将更加适应这一趋势,为未来的医学研究和实践打下坚实的基础。

2.1.2 创新人才计划联合 PBL 教学多维提升低年级本科生科研素养

为培养低年级学生的创新能力,我校推行了“创新型医学人才培养”项目^[6-7]。这一项目旨在为有创新思维的低年级本科生提供开放科研实验室平台,实施本科生导师制^[8]。基础医学院现有本科生创新人才导师 140 余人,可为基础医学长学制学生实现 1:1 或 1:2 匹配。病原生物学系有 15 位硕博研究生导师同时为创新人才导师,接纳学生并为他们提供学习和研究多种病原体的机会。学生通过与导师一对一沟通和交流,得到更加个性化的指导和培养。创新

人才项目不仅是本科生首次深入科研工作的平台,更是培养学生科研沟通能力、团结协作能力、创新思维能力和科研诚信理念的宝贵机会,项目的实施需要学生、指导教师和科研团队的紧密合作。首先,依据学生的兴趣和导师的研究方向指导学生选择适合的研究题目,并为其提供学术支持和建议,指导学生撰写申请书。申请获得批准后,学生进入实验阶段,不仅能得到专业实验技能的培训和实践,还能深入了解导师团队研究的各种病原体知识和相关技术。如果申请未获批准,也允许学生进入实验室学习观摩,并继续提升申请书质量,为下一次申请做好充分准备。为确保实验顺利进行,指导教师和科研团队会提供全方位的支持和指导。通过在项目进展过程中亲自收集、整理和分析数据,学生科学研究的思维方式和数据处理的能力将得到大幅提升。项目的中期和结题答辩是学生研究成果展示和评估的关键环节,进一步培养学生的学术表达能力和交流技巧。本系在肝炎病毒、艾滋病病毒、肠道病毒、真菌、细菌等方面具有丰富的研究历史,基于此,学生们在肝炎病毒、肠道菌群、细菌耐药等兴趣方向申请创新课题开展研究。学生普遍认为,参与这些项目后科研能力得到明显提高。近年来创新人才参与发表学术论文 20 余篇,其中以第一作者发表 6 篇,如 HCV、HIV 以及 HCV/HIV 共感染人群的肠道菌群变化,以及鲍曼不动杆菌耐药性分析等,相关研究结果发表于 *Viruses* 和 *Microbial Pathogenesis* 等杂志^[9-10]。

问题导向学习(problem-based learning, PBL)教学模式通过引入真实临床案例和问题,激发学生的深入探索与思考。在该模式引导下,学生利用小组讨论、自主学习、多媒体展示等多种方式来寻找并提出解决方案,从而锻炼独立

思考及团队合作能力。北京大学基础医学院是国内最早开展 PBL 教学的医学单位,在培养本科生科研思维方面取得了卓越的教学成果^[11]。为了加深学生对相关病原微生物的理解和认识,我们专门设计了 HBV、HIV 的 PBL 案例,引导学生通过查阅文献掌握 HBV、HIV 相关知识,培养人文素养。此外,我们针对性地将 PBL 教学和创新人才项目进行融合,挑选在 HIV 和 HBV 相关案例中表现优秀的学生进入创新人才项目,并让其作为创新项目的负责人带领学生进行文献检索及课题设计,以激发学生学习兴趣、启发科研思维、增强自主学习能力,进一步挖掘学生的潜能并增强其解决问题的综合能力。

2.1.3 科研与思维训练类课程夯实高年级本科生科研能力基础

面对新冠疫情这样的全球性危机,培养具备科学思维的医学专业人才至关重要。为此,北京大学基础医学院开设了科研与思维训练课程。科研思维训练目前开设 4 个方向,具体为神经科学、肿瘤、心血管和感染免疫。其中感染免疫方向与医学微生物学最为密切。科研思维训练课程的导师遴选制度严格,所有指导老师均由经验丰富且主持在研国际级课题的博导担任,其中一半以上为优青、杰青、长江学者等高水平杰出人才。授课模式包括线上慕课、腾讯会议、Classin 以及线下小组讨论会,以不超过 12 人的小组进行研讨,旨在促进理论学习和科研思维训练。课程以具体案例为引子,针对这些问题,教授学生如何有效利用医学文献数据库,为课题申报及标书撰写提供翔实指导。同时以线下模式进行科研实践的训练,根据所拟课题的开展需求,设计相关实验并进行实验操作,包括组织标本收集、细胞培养及实验动物操作等,在实践中锻炼相关实验技能,

最终完成课题设计的撰写。学生也可参与导师的课题研究,在导师与其研究生的联合指导下参与开展课题。通过科研与思维训练课程的学习,学生将更好地理解并应对新冠疫情等公共卫生危机,为未来面对类似挑战提供必要的科学知识和技能储备。

2.2 加强生物安全和疫情防控,注重创新和转化核心导向

新冠疫情对全球医学教育造成了前所未有的挑战,也促使医学界高度重视对生物安全和疫情防控教育。为更好地应对此类挑战,我们对教学计划进行了重新定位和精细化调整,强化对生物安全和疫情防控的教育。

2.2.1 强化生物安全观念

医学生在学习生涯及未来职业生涯中会与各类病原体频繁接触,因此必须具备严格的生物安全意识和熟练的操作技能。首先,通过加强实验室生物安全培训,确保学生充分理解并掌握与生物安全相关的法律和规定,如《中华人民共和国生物安全法》^[12]《病原微生物实验室生物安全管理条例》^[13]和《人间传染的病原微生物目录》^[14]等,使学生深刻意识到生物安全的重要性。其次,高度重视实验室生物安全防护措施,加强无菌操作技能培训,向学生传授正确的实验操作流程和个人防护方法,以及如何评估和处置潜在的生物安全风险,确保在实验操作中既保障自身安全也防护他人。为此,我们在每学期初开设实验导论课,邀请生物安全专家对医学研究中的学术规范、生物安全防护与相关法规进行系统介绍,同时对所有微生物本科实验教学平台进行改造,实验室生物安全达到 P2 级水平。最后,采取多元化教学方法,鼓励学生积极参与实验课前期准备和微生物废弃物物的标准化处理、重新选择和评价菌种和病毒株的安全性。完善多媒体教学平台^[15],便于

学生自主学习。考虑到 SARS-CoV-2 等气溶胶带来的巨大生物安全威胁^[16], 我们团队引导学生思考如何在实验室和人群密集场所实现监测和快速检测病毒气溶胶以降低潜在的生物安全隐患, 带领长学制本科生积极探索可富集病原微生物气溶胶的新方法。

2.2.2 教学实践突出疫情防控

新冠疫情的暴发使得疫情防控成为医学教育的重要组成部分。为此, 我们加强了对传染病流行病学和疫情防控策略的教学, 引导学生如何利用郭霍法则鉴定新的病原体, 如何进行传染病监测, 并深入学习疫情防控的基本原则和方法, 以及如何参与疫情防控工作。同时, 为医学生提供了实践培训, 确保他们有能力深入疫情防控前线, 增强其应对策略并积累实践经验。2022 年带领学生参观中国生物制品行业博物馆, 全景式地学习了中国生物制品事业在百年发展道路上走过的非凡历程, 了解了以汤飞凡为代表的一代代中国生物制品工作者传承接力所付出的智慧和辛勤汗水, 认识到一百年来, 特别是新中国成立七十年来防病治病、保障人民群众生命健康取得的重要成就。疫情期间, 我系多个科研团队带领长年制本科生积极开展新冠研究, 取得了不俗的成绩。如 Li 等通过对大学生群体长达 15 个月的随访监测, 揭示了三针灭活疫苗接种前后对 SARS-CoV-2 早期毒株和 Omicron B1.1.529 变异株的免疫反应和保护效力^[17-18]。另外, Yin 等对具有代表性的高质量 SARS-CoV-2 变异株全基因序列的系统研究, 深入了解了病毒基因组核苷酸变化和突变特征随时间推移的长期动态模式, 体现了持续基因组监测在预料未来潜在变异方面的价值^[19]。

2.2.3 注重创新和转化核心导向

北京大学病原生物学系长期致力于产、学、研的融合合作, 安排长学制本科生积极参与科

技转化有利于提升学生的学习兴趣, 培养学生的创新思维。目前, 本系已建立 3 个研究经费超过 1 000 万的横向合作实验室, 分别为“北大-亚辉龙感染性疾病分子诊断联合实验室”“北大-先思达糖组学联合实验室”和“北大-圣湘生物分子医学联合实验室”, 初步构建了全新的“产、学、研、用”四位一体的全产业链科研合作模式。本系的联合实验室一直积极吸纳长学制本科生积极参与科技创新与转化, 已有多个科技专利的申请有长学制本科生的参与。2023 年“北大-亚辉龙感染性疾病分子诊断联合实验室”与深圳亚辉龙生物科技有限公司共有知识产权的新冠病毒抗原胶体金检测试剂获国家药品监督管理局批准(国械注准 20223400395), 该试剂的研发中就有本科生、博士生和博士后为主的青年创新团队的贡献。目前在院士和资深专家引领下的青年团队正在积极探索乙型肝炎和丁型肝炎相关的诊断新技术新方法和新型 mRNA 疫苗的开发与应用。

2.3 优化实验教学体系, 激发学生科研潜力

新冠疫情突显了传统医学教育模式在应对突发公共卫生事件时的局限性。传统教学模式侧重于理论知识的灌输, 然而在面对现实世界中的复杂问题时, 学生往往因缺乏实践经验和解决策略而手足无措。对此, 医学微生物学实验教学体系的优化更新显得尤为迫切。

首先, 革新意味着舍旧, 淘汰不再适应现代医学研究的过时实验内容, 引入新的、贴近现实应用的实验。例如使用 qPCR 技术检测病毒核酸^[20], 不仅让学生了解新冠病毒的检测手段, 也深入学习并掌握先进的实验技术和方法。其次, 引入虚拟仿真实验技术^[21], 如 BSL-2 实验室中流感病毒的分离培养及鉴定, 使学生在最接近实际的环境中学习, 学生能够在保障绝

对安全的同时,体验到与真实的实验过程无异的操作感受,并从中学习实验技术和方法。再次,制作一系列精练、直观的实验短视频,如革兰染色、细菌培养及鉴定、病毒培养及鉴定、真菌培养等,向学生展示标准化的实验操作,学生可以更好地理解并掌握实验的详细过程及可能出现的结果和原因,提高学习效率。最后,设计系列综合性、开放性实验项目,如肠道致病菌的分离培养及鉴定、流感病毒的分离培养及鉴定等实验,鼓励学生自主设计实验方案并实施,从而培养他们的创新能力和团队合作精神。

2.4 聚焦学科前沿热点,拓宽学生科研视野

医学微生物学作为一门前沿学科,一直以来都备受关注。近年来,随着科技的不断发展和研究方法的不断创新,医学微生物学领域也涌现出许多热点问题和新的研究进展。病原生物学系常年为长学制本科生和研究生开设“重要传染病病原学研究进展”和“病毒性肝炎分子病原学”课程。这些课程建立在学生已系统地学习医学基础和临床科目基础上,特别是在医学微生物学和免疫学方面。课程内容从宏观的流行趋势到微观的分子层面,涵盖了重大及新发传染病的病原学基础知识及研究热点,旨在使学生深入了解近年重大传染病的最新发展动态,并在分子水平深化对重要病原体的生物学性状、致病机理、病原学检测与诊断、疫苗研制及抗微生物治疗的认识。此外,课程的授课团队均由我国传染病防控领域卓有成就的资深院士及一线的顶级专家组成。讲授的专题囊括了“新发和再发传染病与人类社会”“生物芯片在病原微生物检测中的应用”“HIV 的最新研究进展”“流感的侵入、释放与大流行”等众多方面。课程的开设极大地拓宽了学生的研究视野,

增强了他们对专业学科的兴趣,广大学生踊跃参与的同时也给予了高度评价。

3 结语

在疫情后新时代长学制基础医学拔尖人才的培养模式中,医学微生物学教学改革势在必行。作为医学领域中的重要学科,医学微生物学对于培养具备应对新兴病原体 and 传染病挑战的医学人才至关重要。秉持“以学生为本,与时代同步”的教改理念,结合多学科融合教学、开展创新人才培养计划、PBL 教学、科研思维训练课程、生物安全教育、优化微生物实验教学、开展重要病原体研究进展讲座等多样化形式,可以深化并丰富教学内容,确保学生在全面掌握专业知识的同时,多位一体锻炼其思维创新性和科研素养。教学改革的实践和探索永无止境,我们应积极借鉴国内外先进的教学理念和经验,不断完善和革新医学微生物学的教学模式,为培育高素质的长学制基础医学拔尖人才添砖加瓦。

REFERENCES

- [1] 教育部等六部门关于实施基础学科拔尖学生培养计划 2.0 的意见[J]. 中华人民共和国教育部公报, 2018(10): 29-31.
Opinions of the six departments on the implementation of the plan 2.0 for training top students in basic disciplines[J]. Bulletin of the Ministry of Education of the People's Republic of China, 2018(10): 29-31 (in Chinese).
- [2] BOERS SA, JANSEN R, HAYS JP. Understanding and overcoming the pitfalls and biases of next-generation sequencing (NGS) methods for use in the routine clinical microbiological diagnostic laboratory[J]. *European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases*, 2019, 38(6): 1059-1070.
- [3] DUAN Y, WANG H, YUAN Z, YANG H. Structural biology of SARS-CoV-2 M^{pro} and drug discovery[J]. *Current Opinion in Structural Biology*, 2023, 82: 102667.

- [4] XUE W, LI T, GU Y, LI S, XIA N. Molecular engineering tools for the development of vaccines against infectious diseases: current status and future directions[J]. *Expert Review of Vaccines*, 2023, 22(1): 563-578.
- [5] PENTELLA MA. Update on biosafety and emerging infections for the clinical microbiology laboratory[J]. *Clinical in Laboratory Medicine*, 2020, 40(4): 473-482.
- [6] 蒲丹, 李彤, 彭宜红, 何晓燕, 吴立玲, 王宪, 管又飞, 王韵. 基础知识与 PBL 学习过程对医学生能力提高的不同影响[J]. *基础医学与临床*, 2014, 34(11): 1590-1593.
- PU D, LI T, PENG YH, HE XY, WU LL, WANG X, GUAN YF, WANG Y. Different effects of basic medical knowledge and PBL on comprehensive abilities of undergraduate students[J]. *Basic & Clinical Medicine*, 2014, 34(11): 1590-1593 (in Chinese).
- [7] 王韵. “新途径”教育教学改革指导下的本科生神经生物学课程改革实践[C]//中国神经科学学会. 中国神经科学学会第十届全国学术会议论文摘要集, 2013.
- WANG Y. The practice of undergraduate neurobiology curriculum reform guided by the “new approach” education and teaching reform[C]//Chinese Neuroscience Society. Proceedings of the 10th National Academic Conference of the Chinese Neuroscience Society, 2013 (in Chinese).
- [8] 裴斐, 刘嘉洋, 崔子佳, 李昕阳. 基础医学教育阶段创新型本科培养的导师制工作体会: 以北京大学医学部病理学系为例[J]. *中国高等医学教育*, 2022(2): 14-15.
- PEI F, LIU JY, CUI ZJ, LI XY. Practice and thinking of undergraduate medical education by tutorial system in department of pathology, school of basic medical sciences at Peking University[J]. *China Higher Medical Education*, 2022(2): 14-15 (in Chinese).
- [9] YIN Y, TUOHUTAERBIEKE M, FENG CJ, LI XJ, ZHANG YQ, XU Q, TU J, YANG EC, ZOU QH, SHEN T. Characterization of the intestinal fungal microbiome in HIV and HCV mono-infected or co-infected patients[J]. *Viruses*, 2022, 14(8): 1811.
- [10] DONG JF, LIU CW, WANG P, LI L, ZOU QH. The type VI secretion system in *Acinetobacter baumannii* clinical isolates and its roles in antimicrobial resistance acquisition[J]. *Microbial Pathogenesis*, 2022, 169: 105668.
- [11] 初明, 陈曦, 裴军, 李燕, 徐兰, 姚义凡, 朱蕴兰, 王月丹. 基于问题的混合式教学在医学免疫学实验教学中的设计与应用[J]. *中国免疫学杂志*, 2020, 36(18): 2257-2260, 2264.
- CHU M, CHEN X, PEI J, LI Y, XU L, YAO YF, ZHU YL, WANG YD. Design and application of problem-based blended teaching in experimental teaching of Medical Immunology[J]. *Chinese Journal of Immunology*, 2020, 36(18): 2257-2260, 2264 (in Chinese).
- [12] 中华人民共和国生物安全法[J]. 中国人大, 2021(8): 15-21.
- Biosafety Law of the People's Republic of China[J]. National People's Congress of China, 2021(8): 15-21 (in Chinese).
- [13] 刘晓辉, 刘芳. 解读《生物安全法》对病原微生物实验室的管理要求[J]. *口岸卫生控制*, 2021, 26(6): 34-35.
- LIU XH, LIU F. Interpretation of the management requirements of biosafety law on pathogenic microorganism laboratory[J]. *Port Health Control*, 2021, 26(6): 34-35 (in Chinese).
- [14] 国家卫生健康委办公厅. 人间传染的病原微生物目录[OL]. 中华人民共和国卫生健康委员会官网. [2023-08-28].
- General Office of the National Health Commission. List of Pathogenic Microorganisms Transmitted from Human to Human[OL]. Official website of the Health Commission of the People's Republic of China. [2023-08-28] (in Chinese).
- [15] 邓娟, 何晓燕, 屠静, 彭宜红. “医学微生物学”本科实验教学中生物安全的落实与实践[J]. *微生物学通报*, 2018, 45(3): 504-508.
- DENG J, HE XY, TU J, PENG YH. The implementation and practice of biological safety in the experimental curriculum of Medical Microbiology for undergraduate students[J]. *Microbiology China*, 2018, 45(3): 504-508 (in Chinese).
- [16] 詹永有, 林养, 杨康士, 李春鸿, 骆小娟, 张美玲. 冠状病毒气溶胶感染研究进展及实验室生物安全[J]. *中国国境卫生检疫杂志*, 2020, 43(6): 450-453.
- ZHAN YY, LIN Y, YANG KT, LI CH, LUO XJ, ZHANG ML. Research progress of coronavirus aerosol infection and laboratory biosafety[J]. *Chinese Frontier Health Quarantine*, 2020, 43(6): 450-453 (in Chinese).
- [17] LI XJ, ZHANG YQ, WANG J, HAN J, SHEN T. Long-term dynamic shifts in genomic base content and

- evolutionary trajectories of SARS-CoV-2 variants[J]. Journal of Medical Virology, 2023, 95(10): e29128.
- [18] LI XJ, YIN Y, CUI QQ, HUANG WJ, ZOU QH, SHEN T. Long-term variations and potency of neutralizing antibodies against *Omicron* subvariants after CoronaVac-inactivated booster: a 7-month follow-up study[J]. Journal of Medical Virology, 2023, 95(1): e28279.
- [19] YIN Y, LI XJ, QIAN CG, CHENG BN, LU FM, SHEN T. Antibody efficacy of inactivated vaccine boosters (CoronaVac) against *Omicron* variant from a 15-month follow-up study[J]. The Journal of Infection, 2022, 85(4): e119-e121.
- [20] 陈家颖, 耿帜, 余丹, 陈凤花. 6 种不同实时荧光定量 PCR 仪对新型冠状病毒核酸检测性能的影响探讨[J]. 临床血液学杂志, 2023, 36(10): 697-701, 706.
- CHEN JY, GENG Z, SHE D, CHEN FH. Effect of six different types of real-time fluorescent quantitative PCR instruments on analytic performance of 2019-nCoV nucleic acid detection[J]. Journal of Clinical Hematology, 2023, 36(10): 697-701, 706 (in Chinese).
- [21] 王艳凤, 赵国星, 刘畅, 刘艳华, 刘寅. 生物安全三级实验室禽流感病毒分离培养虚拟仿真实验教学初探[J]. 实验技术与管理, 2020, 37(9): 195-199.
- WANG YF, ZHAO GX, LIU C, LIU YH, LIU Y. Primary exploration on virtual simulation experiment teaching of avian influenza virus isolation and culture in biosafety level-3 laboratory[J]. Experimental Technology and Management, 2020, 37(9): 195-199 (in Chinese).