

DOI:10.13350/j.cjpb.260127

· 综述 ·

现代病原微生物发展研究及医学生病原生物安全意识培养的路径探析*

顾玉¹, 阎泽君¹, 夏磊², 黄冬梅¹, 刘秋霞¹, 姜浩^{1**}

(1. 承德市中心医院, 河北承德 067000; 2. 承德医学院)

【摘要】 本研究聚焦现代病原微生物发展, 系统分析当前医学生生物安全意识培养的现存问题。通过整合“本研一体”“三制三化”等培养模式, 结合 AI 虚拟仿真、高等级实验室实训等技术赋能手段, 提出“课程体系三融合、教学模式技术化、实践平台全链条”的创新路径。

【关键词】 病原微生物; 生物安全意识; 虚拟仿真技术; 综述

【文献标识码】 A **【文章编号】** 1673-5234(2026)01-0130-03

[Journal of Pathogen Biology. 2026 Jan.; 21(01):130-132, 137.]

Exploration on the path of modern pathogenic microorganism development research and cultivation of biomedical students' pathogen biosafety awarenessGU Yu¹, YAN Zejun¹, XIA Lei², HUANG Dongmei¹, LIU Qiuxia¹, JIANG Hao¹ (1. Chengde Central Hospital, Chengde 067000, Hebei, China; 2. Chengde Medical University)

【Abstract】 This study focuses on the development of modern pathogenic microorganisms and systematically analyzes the existing problems in cultivating biosafety awareness among biomedical students. By integrating cultivation models such as "integration of undergraduate and graduate education" and "three systems and three orientations", and combining technical empowerment means like AI virtual simulation and high-containment laboratory training, this paper proposes an innovative path featuring "three integrations of curriculum system, technicalization of teaching mode, and full-chain practical platform".

【Keywords】 pathogenic microorganisms; biosafety awareness; virtual simulation technology; review

***随着公共卫生危机日益增多和生物技术发展更新, 在此背景下, 病原生物学课程是培育高质量医学人才不可或缺的重要部分, 《中华人民共和国生物安全法》也将生物安全培育列入医学教育中的重要衡量标准^[1]。当前, 医学教育面临双重挑战: 一方面, 病原微生物呈现“新发变异快、耐药传播广、技术风险高”的特征; 另一方面, 传统生物安全教育存在内容滞后、实践薄弱等问题^[2-3]。为此, 我们依据国家出台的政策导向、深入研究并比较典型案例, 同时梳理病原生物学研究过程中存在的问题, 提出现阶段对病原生物安全意识培养、实现医学教育供给侧结构性改革的有效路径, 以期为理论研究提供参考。

1 现代病原微生物发展的研究进展与挑战

1.1 病原微生物分类与特性的现代认知 传统病原微生物分类主要为细菌、病毒、真菌等分类。细菌是人类及动物常见致病微生物, 其引起感染致病性主要决定于菌种、毒力、侵入数量等方面。病毒是人类及动物主要病原体, 其引起感染致病性主要决定于毒力、种类、病毒侵入途径等因素。真菌是条件致病菌, 其引起感染致病性主要决定于人体抵抗力、真菌种类、真菌毒力等方面。

从危害程度来看, 病原微生物依据最新标准可被划分为 P1~P4 等级, 其中 P3 和 P4 实验室病原体的界定尤为关键。P3 实验室以应对炭疽、霍乱等高致病性微生物为主要研究对象, 高致病性微生物一旦泄露, 将严重威胁人们的生命健康, 极易造成人传人传染病的重大流行。P4 实验室主要应对埃博拉病毒、天花等烈性传染病病原体, 致死率高、传染性强, 严重危

害着人们的生命安全。

在全球气候变暖和人类活动加剧的双重驱动下, 病原微生物的进化轨迹正发生深刻改变。近几年, 全球新发病原微生物以每年 2~3 种的速率增加, 70% 以上源自动物宿主或环境微生物的宿主扩展^[4]。2024 年, 我国科学家在华南地区重症肺炎患者标本中首次分离出新型真菌病原体 *Rhodosporidiobolus fluviatilis*, 该菌具有独特的热适应机制, 在 37 °C 哺乳动物体温环境中, 其细胞壁 β-葡聚糖合成酶基因发生高频突变, 导致对棘白菌素类、唑类等一线抗真菌药物的泛耐药性^[5]。基因组测序结果显示, 其进化支与来自东南亚热带地区的土壤真菌具有 98.7% 的同源性, 可能为当地非法野生动物贸易破坏当地屏障而导致的效应^[6]。

异常气候带来的栖息地转移给病原微生物打开了新的“门”。2023 年北极圈发生的炭疽病暴发事件, 是因为冰冻土冻融释放的 1941 年封存菌株所引起的, 导致 23 人感染, 3 人死亡^[7-8]。世界卫生组织(WHO)的统计数据表明, 2010~2023 年全球虫媒传染病的发生率增加了 68%, 流行地域北移, 从南方

* **【基金项目】** 承德市 2024 年度社会科学发展研究课题青年课题(No. 20243160)。

** **【通信作者】** 姜浩, E-mail: jianghao6704@126.com

【作者简介】 顾玉(1986-), 女, 河北承德人, 医学硕士, 副主任技师, 主要从事临床血液检验、检验医学教育工作。E-mail: 15233485320@163.com

扩散到了北方^[9-10]。COVID-19 疫情中,重症监护病房院内感染谱变化显著,耐碳青霉烯类肠杆菌科细菌(CRE)所致血流感染率由 2019 年的 12.3% 上升到 2021 年的 21.5%,携带有 NDM-1 耐药基因通过整合子在菌类间进行快速转移,产生了“耐药基因库”的效果^[11-12]。

1.2 微生物耐药性的全球蔓延 抗菌药物耐药(antimicrobial resistance research, AMR)正成为人类健康的重大威胁。2022 年《柳叶刀》关于疾病负担研究结果显示,在 2019 年全球有 495 万人直接死于细菌性 AMR,127 万人归因于 CRE,耐甲氧西林金黄色葡萄球菌(MRSA)等多重耐药菌(MDR)感染,耐药形势严峻^[13-14]。我国是抗菌药物生产和使用大国,其耐药形势更为严峻:CHINET 覆盖国内 157 家医院研究结果显示,肺炎克雷伯菌碳青霉烯类耐药率(CRKP)由 2005 年的 2.9% 上升至 2022 年的 22.6%,以 ST11 为主的大肠埃希菌克隆株占克雷伯菌的 61.1%^[15-16]。

全球耐药菌传播呈现地域特异性差异:美洲地区以 MRSA 为主(USA300 克隆株占社区感染的 70%),欧洲产 ESBL 肠杆菌占比较高(德国检出率 35%),东南亚面临高毒力+耐药肺炎克雷伯菌(hvKp)的双重威胁(泰国感染死亡率 42%)。世界卫生组织将 12 种耐药菌列为“优先病原体”,其中鲍曼不动杆菌(CRAB)、铜绿假单胞菌(MDR-PA)等革兰阴性菌因治疗手段匮乏,被称为“超级细菌”。见表 1。

表 1 全球主要耐药菌流行特征对比
Table 1 Comparison of epidemiological characteristics of major drug-resistant bacteria worldwide

耐药菌类型	代表菌株	主要流行区域	耐药机制	治疗选择	防控难点
耐甲氧西林葡萄球菌	MRSA	全球	mecA 基因介导青霉素结合蛋白变异	万古霉素、达托霉素	生物膜形成能力强
碳青霉烯耐药肠杆菌	CRE	亚洲、中东	KPC/NDM 型酶水解 β-内酰胺环	替加环素、多粘菌素	质粒介导快速传播
万古霉素耐药肠球菌	VRE	欧美	vanA 基因编码肽聚糖前体	利奈唑胺、达巴万星	肠道定植难以清除
多重耐药鲍曼不动杆菌	CRAB	医院环境	OXA 型酶+外膜蛋白缺失	多粘菌素、替加环素	消毒剂耐药性增强

2 医学生病原生物安全意识培养的现存问题

2.1 教育内容的碎片化与滞后性 在医学生生物安全意识培养过程中,由于医学院校医学生的生物安全教育存在教育内容的碎片化及滞后化问题,导致学生对生物安全知识的认知不完善及生物安全知识应用能力差的落后现象。

操作规范、应急处置、生物安全法等重要内容在授课过程中没有体现。以《生物安全法》为例,是目前我国生物安全的专门法律,有利于规范生物安全活动,保护人民生命健康和国家安全。但是调查发现大多数医学院校没有把《生物安全法》内容纳入专门的课程讲授,在有限的课堂上学生仅对该法律进行浅层的学习和了解^[17]。在操作规范方面,废弃物处理是实验室生物安全的重要内容,但大多数实验课没有对此内容讲授。据不完全统计,52% 的实验课没有介绍关于 P3 实验室操作中的废弃物处理的相关操作流程,包括如何进行废弃物分类、包装、运输和处置^[18]。在应急处置方面,泄漏预案是确保遇到生物安全事故可以快速正确的做好应对措施的有效工具,但大多数课程只是简略介绍,没有具体演练及结合案例讲解。

教材更新慢也是教育内容滞后的重要表现。教育内容滞后的主要表现在教材更新落后。国内本土教材与国际“金标准”手册衔接不足,更新速度缓慢。教材的编写需要经过严密的审核及出版,周期较长,从而导致新的生物安全知识和生物安全技术无法及时纳入教材中,使得教材内容陈旧,难以适应学生的教学需求。

2.2 教学方法的单一性与实践脱节 目前教学“重理论灌输、轻实践操作”现象普遍存在。传统的教学方式,教师以课堂理论授课为主要教学方式向学生灌输生物安全方面的知识,学生则被动接受教师讲授的信息,缺乏主动实践、积极参与的机会。实践演练方面的情况更是甚微,只有 30% 的院校组织了 VR 模拟泄露演练,多数院校缺少有效的实践教学方法^[19]。学生无法在面对真实生物安全问题时具备相应的应对方法及经验,无法将所学的理论知识转化为实际操作技能。

师资不足也是影响教学质量的主要因素之一,教师自身生物安全知识与技能不够充实,难以在教学实践中对学生进行正确、完整教学指导。在实践环节中,教师不能进行操作示范和及时的纠错,致使学生实践能力无法提高;教师缺乏实际生物安全工作经验,在实际教学当中不能结合实际案例展开教学,教学内容比较单调乏味,学生的学习积极性不高。

3 病原生物安全意识培养创新路径

3.1 课程体系的“三融合”优化 为有效提升医学生病原生物安全意识,课程体系的“三融合”优化是关键举措,即构建“法规—技术—伦理”融合的课程群以及设计跨学科融合模块。

“法规—技术—伦理”一体化的课程模块是提升医学生病原生物安全意识的主要载体。《生物安全法》专题课应成为法规课程中的主要课程,生物安全法是我国生物安全领域的基础性法律,对生物安全各环节均有规范和要求。医学生通过对这一法律的学习,可以知晓国家生物安全战略布局和发展思路及法律法规框架,知晓自身生物安全活动的责任和义务。实验室操作规范课程则聚焦于技术层面的培养。此课程主要包括实验室各类操作、安全须知、无菌操作技术、生物安全设备、生物安全事故中的废弃物处理等,通过实际操作训练规范学生的实验操作,有效避免学生因操作失误而引发的生物安全事故。科研伦理课属于伦理教育范畴。对病原微生物的研究,涉及人体试验的伦理评估、动物试验福利保障等许多方面的伦理问题,科研伦理课应教育学生树立正确的科研理念,尊重生命、保护隐私、恪守道德。

除了“法规—技术—伦理”融合的课程群,跨学科融合模块也是课程体系优化的重要方面。人工智能+病原生物学模块,是以人工智能技术为基础与病原生物学学科相融合的研究领域^[20]。人工智能可协助进行对病原微生物的快速鉴定、疾病预测、防控等。例如,通过机器学习算法对病原微生物数据进行分析,可发掘潜在的病原体、疾病传播规律等,作为决策支撑,以指导疫情防控工作。大数据+疫情防控模块,是指基于大数据技术,对疫情防控中产生的海量数据进行采集、分析和挖掘等,及时对疫情数据进行分析 and 监控,可对疫情发展情况、疫情趋势做出预测,为疫情防控提供精准的信息支持。

3.2 教学模式的“技术赋能”升级 “技术赋能”升级是提高医学生病原生物安全意识的重要保障。通过利用虚拟仿真、案例库等多种形式的技术手段和线上线下混合的培训方式,能显著

提高教学效果。

虚拟仿真技术中的 AI 技术能为医学生提供身临其境的实验模拟体验。学生可以沉浸于虚拟模拟环境中按照标准步骤进行实验操作,包括准备好实验样品、仪器等,系统会给予实时正确性反馈,如果在操作中有失误的地方会进行及时的纠正。虚拟仿真训练的时间与空间不受约束,学生可以反复多次练习,直至熟练掌握操作技能^[21]。同时虚拟化的实验环境下,还可以模拟各种突发情况,如生物安全事故泄露,让学生可以在虚拟情景下训练其应急处理能力,提升解决实际问题的能力。案例库的建设也是教学模式升级的重要举措。将国内外泄漏事故分析形成丰富的教学案例库,通过案例库分析,学生深刻认识到事故发生的原因、正确的处置对策和处理方法。如将某实验室因操作人员未规范操作致病原体泄漏事故分析纳入其中,让学生认识到操作不规范所带来的严重后果,进而知晓事故发生后如何做到有效隔离、消杀等,避免事故的进一步扩大。案例库的应用能够让学生从实际案例中吸取教训,增强生物安全意识和风险防范能力。线上线下混合式培训是一种高效的教学模式。理论 2 周线上+实践 2 周线下的培训,可以充分利用好线上线下教学的优势。线上理论学习阶段,学生可以在线完成生物安全法律、法规、操作规程、病原微生物相关知识学习等。线下实践阶段,学生可以在实验室里开展现场操作训练和案例分析。教师可根据学生线上学习情况,有的放矢地指导和辅导。线上线下混合式培训模式,既使学生系统地学习了理论知识,又让学生有充分的时间完成实践操作,提高了学生的学习效果和实践技能。

3.3 实践平台的“全链条”建设 打造“基础实验—高等级实训—临床实习”全链条实践平台,对于提升医学生病原生物安全意识和实践能力至关重要。

基础实验是医学生开展病原生物安全实验的第一关。基础实验中,学生主要是掌握生物安全防护的基础知识和操作,比如实验室的基本概况和安全要求,学习、掌握实验服、手套、口罩等的正确使用方法。通过基础实验掌握生物安全基本观念,养成良好的基础实验习惯。高等级训练是在基础训练上提升学生生物安全技能的训练。高等级的实训是在严格的安全防护条件下,在高等级的实验室内进行病原微生物的培养、检测等。学生在此类训练中可熟悉高等级实验室的操作流程以及安全操作要求,提高应对生物安全事故的处理能力。临床实习是医学生将学过的生物安全知识和技能运用于实际临床工作的过程。在临床实习阶段,学生需要接触多种复杂的临床工作,如传染病人的诊治、护理等。通过临床实习,可以帮助学生在临床工作中学会正确处置生物标本和医用废物,了解生物安全的重要性。不同实践阶段的实践目标见表 2。

表 2 不同实践阶段的实践目标
Table 2 Practice objectives at different stages of practice

实践阶段	实践目标
基础实验	学习生物安全防护基本知识和技能,建立生物安全基本概念,养成良好实验习惯
高等级实训	熟悉高等级实验室操作流程和安全要求,提高应对生物安全事故的应急处理能力
临床实习	了解生物安全在临床工作中的重要性,学会在临床实践中正确处理生物样本和医疗废弃物,避免交叉感染

通过打造“基础实验—高等级实训—临床实习”全链条实践平台,能够为医学生提供全面、系统的生物安全实践机会,有效提升他们的生物安全意识和实践能力。

4 结语

本研究以病原微生物发展趋势为基础,以“需求引导—课程设计—技术驱动—实践落实”病原生物安全意识培养全链条,以“法规—技术—伦理”三元融合课程和“虚拟仿真—高等级训练—临床实践”全梯次实践培训平台、跨学科师资队伍协同作用为核心内容,培养出“病原机制解构—耐药风险解析—生物安全防护—应急策略开发”等复合型医学创新人才。

值得注意的是,解决这些问题还受到高等级实验室开放程度低、国际交流合作不够深入等客观条件的限制。未来科学研究应着力于建立由“政府部门—高等院校—医疗机构—企业”四方参与的病原生物安全教育新体系,促进生物安全实验室的开放共享;在互联网基础上研制基于区块链的生物安全操作学习可溯模型,准确实施操作学习过程评价;将“一带一路”医学教育合作建立起来的国际疾病预防与生物安全合作网络,拓展到跨国病原体 and 生物安全相关的医学教育领域。

【参考文献】

[1] 关巧雅,肖世维,梁伟波. “一结合—二制—三早—多交叉”基础医学拔尖创新人才培养改革实践[J]. 高教论坛,2023,21(1):7-9.

[2] 高霏,陈希元,蒋圣露. 新医科背景下病原生物学教学探讨与实践[J]. 中国病原生物学杂志,2024,19(11):1390-1392.

[3] 杜天海,杨庆先. 病理实验室生物安全现状分析及防护策略探讨[J]. 中国病原生物学杂志,2022,17(5):620-622.

[4] UNEP. Infectious diseases capitalizing on environmental decline, UNEP finds in latest global environment yearbook [J]. Press Release,2023,2(22):267-271.

[5] 徐英春,王琳淇. 哺乳动物体温诱导的基因突变驱动新型真菌病原体泛耐药性与高毒力[J]. 自然-微生物学,2024,9(7):1234-1242.

[6] Emily Cooke. New fungal infection discovered in China [J]. Viruses, Infect Dis,2024,17(7):215-220.

[7] Kaushik JJ, Kaushik A, Tyagi M. Permafrost Thawing: A New Potential Risk for the Human Health [J]. Appl Ecol Env Sci, 2023,11(2):54-55.

[8] Langer ES. Thawing permafrost releases industrial contaminants into arctic communities [J]. Env Health Perspec, 2024, 132(3): 320-325.

[9] Sagurova I, Ludwig A, Ogden NH, et al. Predicted northward expansion of the geographic range of the tick vector *Amblyomma americanum* in North America under future climate conditions [J]. Env Health Perspect, 2020,128(10):107-114.

[10] ContagionLive. The Changing climate of vector-borne diseases [J]. Contagion,2025,9(4):1-12.

[11] Cavaco LM The impact of COVID-19 pandemic on nosocomial infections in intensive care units; A global perspective [J]. Crit Care Med,2023,51(4):345-353.

[12] Kumar A. Increased prevalence of carbapenem-resistant enterobacteriaceae (CRE) in COVID-19 patients admitted to intensive care units [J]. J Hosp Infect,2022,122(3):289-296.

[13] Antimicrobial Resistance Collaborators. Global burden of bacterial antimicrobial resistance in 2019; A systematic analysis [J]. Lancet,2022,399(10325):629-655.

[14] Gandra S. Global research on antimicrobial resistance (GRAM) project: Forecasting deaths from bacterial antimicrobial resistance,2025-2050 [J]. Lancet,2024,404(10431):103-114.

(下转 137 页)

- claudin-5 expression regulates blood-retina barrier integrity [J]. Nat Commun, 2020, 11(1): 27-32
- [7] George I, Gorodeski. Estrogen decrease in tight junctional resistance involves matrix-metalloproteinase-7-mediated remodeling of occludin[J]. Endocrinology, 2023, 17(2): 218-231.
- [8] Kaur P, Liu Y, Zhang Z, et al. Activation of endothelial Wnt/ β -catenin signaling by protective astrocytes repairs BBB damage in ischemic stroke [J]. Stroke, 2023, 54(5): 1395-1405.
- [9] Ghorri S, Ahmed S, Khan M, et al. Recent advances in bacterial meningitis sequelae: Focus on sensorineural hearing loss [J]. Front Neurol, 2024, 15(2): 122-126.
- [10] Wang Y. Blood-Labyrinth Barrier Dysfunction in Age-Related Hearing Loss: Role of Estrogen and Inflammatory Pathways [J]. Front Ag Neurosci, 2024, 16(4): 426-471.
- [11] Nadiyah I, Alexandra T, Stephen JB, et al. There is a specific response to pH by isolates of *Haemophilus influenzae* and this has a direct influence on biofilm formation[J]. PLoS Pathog, 2024, 10(3): 393-397.
- [12] Lassen KA. Structural basis for sialic acid binding and receptor specificity in the hemagglutinin-neuraminidase of mumps virus [J]. Proc Nat Acad Sci, 2020, 117(23): 1277-1276.
- [13] Lassen KA, Corti D. Viral hijacking of extracellular vesicles for immune evasion and dissemination[J]. Trend Microbiol, 2021, 29(9): 730-742.
- [14] Lambotin M, Hoffmann I, Laran-Chich M P, et al. Neisseria meningitidis mutants expressing deglycosylated lipooligosaccharides minimally invasive despite effective ErbB2 and Src activation[J]. J Cell Sci, 2021, 118(23): 5455-5466.
- [15] Lujan SA. The Nontypeable haemophilus influenzae major adhesin hia is a dual-function lectin that binds to human-specific respiratory tract sialic acid glycan receptors[J]. mBio, 2020, 11(6): 2714-2720.
- [16] Slanina H, Konig A, Hebling S, et al. Meningococcal entry into mammalian cells requires Src family protein tyrosine kinases [J]. Infect Immun, 2020, 78(1): 308-317.
- [17] Beaufort N. Disruption of the endothelial barrier by proteases from the bacterial pathogen *Pseudomonas aeruginosa*: Implication of matrilysin and receptor cleavage[J]. PLoS ONE, 2020, 8(9): 755-758.
- [18] Coureuil M, Bourdoulous S, Marullo S, et al. Invasive meningococcal disease: an endothelial cell disease[J]. Trend Mol Med, 2024, 20(1): 227-232.
- [19] Rupprecht CE. Integrin β 1 promotes peripheral entry by rabies virus[J]. J Virol, 2020, 94(1): 181-189.
- [20] Bernard SC, Simpson N, Join-Lambert O, et al. Pathogenic *Neisseria meningitidis* utilizes CD147 for vascular colonization [J]. Nat Med, 2024, 20(7): 777-783.
- [21] Brockmeyer S. Meningococcal surface protein NhhA modulates β -arrestin recruitment and activation of CD46-mediated signaling [J]. PLoS Pathog, 2020, 16(1): 108-112.
- [22] Aktas H. Tight junction remodeling during acute inflammation: Mechanisms and therapeutic targets [J]. J Leukocyte Biol, 2021, 110(4): 557-569.
- [23] Qin J-J, Nag S, Voruganti S, et al. Natural product MDM2 inhibitors: Anticancer activity and mechanisms of action [J]. Curr Med Chem, 2022, 7(3): 315-320.
- [24] Kaya C, Walter I, Yahiaoui S, et al. Structure-based design of α -substituted mercaptoacetamides as inhibitors of the virulence factor LasB from *Pseudomonas aeruginosa* [J]. ACS Infect Dis, 2022, 17(8): 806-809.
- [25] Sakamoto T, Takahashi T, Yamamoto S, et al. *Staphylococcus aureus* serine protease SspA cleaves ZO-1 PDZ3 domain to disrupt claudin-2 interactions and barrier integrity [J]. Cell Microb, 2023, 25(10): 1359-1364.
- [26] Takahashi M, Suzuki Y, Kiyono K, et al. pH-dependent collagenolytic activity of *Streptococcus pneumoniae* CbpA protein enhances invasion through basement membrane [J]. Infect Immun, 2022, 90(9): 267-272.
- [27] Nakayama Y, Ono K, Takahashi T, et al. VZV-induced PAR-1 activation triggers MMP-9 activation via Thr183 phosphorylation to disrupt barrier integrity[J]. J Virol, 2022, 96(15): 374-380.
- [28] Lu S, Wang J, He Z, et al. *Treponema pallidum* Tp0751 alters the expression of tight junction proteins by promoting bEnd3 cell apoptosis and IL-6 secretion[J]. Intern J Med Microbiol, 2022, 312(1): 103-113.
- [29] Ruhl D, Du TT, Choi JH, et al. Necroptosis and apoptosis contribute to cisplatin and aminoglycoside ototoxicity [J]. J Neurosci, 2022, 40(3): 450-465.
- [30] Behrens F. Metabolomics-based host response profiling discriminates viral from bacterial pneumonia and predicts disease outcomes[J]. Clin Chem, 2022, 71(3): 540-551.
- [31] Wang Y. Chronic inflammation and hearing loss: Emerging mechanisms and therapeutic opportunities[J]. Age Res Rev, 2025, 79(2): 101-108.
- [32] Matsushima K, Yang D, Oppenheim JJ. Interleukin-8: An evolving chemokine[J]. Cytokine, 2022, 15(3): 1553-1559.
- [33] Wangemann P, Shi X. Blood-endolymph barrier breakdown in meniere's disease [J]. Handbook Clin Neurol, 2021, 178(3): 337-351.

【收稿日期】 2025-08-08 【修回日期】 2025-10-26

(上接 132 页)

- [15] 胡付品,朱德妹,汪复,等. 2023年CHINET中国细菌耐药监测 [J]. 中国感染与化疗杂志, 2024, 24(6): 585-593.
- [16] Gu, B. Clonal dissemination of KPC-2-producing *Klebsiella pneumoniae* ST11 and ST48 clone among multiple departments in a tertiary teaching hospital in Jiangsu Province, China [J]. An Translat Med, 2023, 11(12): 752.
- [17] 霍柯言,王瑶,李文一. 现代病原微生物技术发展中的生物安全法律规制问题研究[J]. 中国病原生物学杂志, 2025, 20(1): 120-123.
- [18] 刘畅,王磊,李华. 高校实验室生物安全培训现状调查与对策研究[J]. 中国安全科学学报, 2024, 34(5): 89-95.
- [19] Bello MR. Appraising undergraduate science education students' awareness of laboratory waste disposal management techniques [J]. 3rd Intern Confer Adv Res Edu, 2021, 7(2): 211-218.
- [20] Suster CJE, Pham D, Kok J, et al. Emerging applications of artificial intelligence in pathogen genomics [J]. Front Bacteriol, 2024, 3(1): 132-136.
- [21] 赵洁,陈科伟. 虚拟仿真技术在病原生物学教学中的应用研究 [J]. 中国病原生物学杂志, 2025, 20(4): 549-552.

【收稿日期】 2025-07-21 【修回日期】 2025-10-13