

新医科背景下“科研转化教学”在医学微生物学中的实践

——以CRISPR-BE技术在细菌遗传变异章节中的应用为例

周晶, 彭华刚, 尚伟龙, 杨裔*, 饶贤才*

陆军军医大学基础医学院微生物学教研室, 重庆

收稿日期: 2025年11月4日; 录用日期: 2025年12月5日; 发布日期: 2025年12月16日

摘要

新医科强调多学科融合与创新, 医教、科教融合的教育理念对医学人才培养提出了更高要求。文章通过将科研成果转化为教学内容, 构建理论与实验相结合的教学体系, 探索“科研转化教学”在医学微生物学教学中的应用。以“细菌的遗传与变异”章节融入前沿技术CRISPR-BE为应用案例, 将科研成果融入教学, 不仅激发学生的学术兴趣, 还提高其解决问题的能力以及学习效果。但“科研转化教学”仍面临诸多挑战, 如对教师科研能力要求高、需教育机构提供政策和资源支持、学生接受能力存在个体差异等。因此, 需倡导科研与教学、教师与学生、教师之间的协作机制, 从而有效推动科研反哺教学。

关键词

医学微生物学, 新医科, “科研转化教学”, 本科教育, 教学实践

Practice of “Research to Teaching” in Medical Microbiology under the New Medical Discipline Background

—A Case Study on the Application of CRISPR-BE Technology in the Chapter of Bacterial Heredity and Variation

Jing Zhou, Huagang Peng, Weilong Shang, Yi Yang*, Xiancai Rao*

Department of Microbiology, College of Basic Medical Sciences, Army Medical University, Chongqing

Received: November 4, 2025; accepted: December 5, 2025; published: December 16, 2025

*通讯作者。

Abstract

The New Medical Discipline places a strong emphasis on the educational concept of interdisciplinary integration and innovation. The integration of medical education with both teaching practice and scientific research imposes higher requirements on the cultivation of medical talents. In this study, we transformed research achievements into teaching content, constructed a comprehensive teaching system that combines medical theory with practice, and explored the application of the “Research to Teaching” model in the course of Medical Microbiology. By incorporating the cutting-edge CRISPR-BE technology into the “Bacterial Heredity and Variation” chapter, students were enabled with notably elevated academic interest and markedly enhanced problem-solving abilities. However, the “Research to Teaching” approach still faces several challenges. It demands a high level of research proficiency from teachers, calls for robust policy and resource support, the full consideration of individual differences in students’ acceptance ability, and so on. Our study emphasizes the importance of establishing a well-coordinated mechanism that integrates research with teaching, teachers with students, and teachers with different majors, thereby effectively promoting the overall educational experience.

Keywords

Medical Microbiology, New Medical Discipline, “Research to Teaching”, Undergraduate Education, Teaching Practice

Copyright © 2025 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

新医科(New Medical Discipline)作为国家应对新科技革命和产业变革提出的“四新”建设内容之一，旨在培养兼具科学、人文及工程交叉知识的复合型人才，以适应和服务于信息时代的医学研究和医疗实践[1]。医学微生物学(Medical Microbiology)作为医学专业的重要基础课程，教学内容涉及临床感染相关的病原微生物学知识，对培养学生临床思维和实践技能具有重要作用。然而，当前基于《医学微生物学》教材的传统教学模式难以匹配科学发展的快速变化，教学内容常与科研实际进展相脱节。在新医科背景下，如何及时有效地将最新科研成果转化为教学实践，促进医教、科教深度融合，进而培养兼具科研创新思维与临床医学技能的复合型人才，是医学微生物学教学育人模式亟待突破的问题[2]。本文从新时代创新型复合医学人才的培养目标出发，充分利用教研室的科研平台与教师团队的学术积累，通过重组医学微生物学教学内容，将最新科研成果与技术有机融入课堂教学，以CRISPR-BE技术在细菌遗传与变异章节中的应用为例，探索并实践了“科研转化教学(Research to Teaching)”的实施方法，进一步强化了科研反哺教学的重要功能，对培养创新型复合医学人才意义深远。

2. “科研转化教学”的应用现状

“科研转化教学”作为一种创新型教学模式，旨在将最新科研成果及时融入课程体系，以提高学生的学习兴趣，并培养其创新能力。这一教学模式以建构主义和知识转化理论为依据。建构主义理论指出，学习是学生主动构建知识的过程，学生需通过实践活动逐步构建完整的知识体系；知识转化理论则强调，

知识的获取与应用是一个动态过程,关键在于将理论知识切实转化为实践技能[3]。

目前,在国际上“科研转化教学”已在众多学科领域得到有效应用。欧美的一些大学将科研成果系统整合到本科与研究生课程教学中,形成了“从实验室到课堂(Laboratory to Class)”的特色授课模式,鼓励学有余力的学生积极参与真实科研项目,从而提高实践能力和科研素养[4]。随着国内创新教育改革的持续推进,对“科研转化教学”的重视程度与日俱增。众多高校积极探索“科研转化教学”的有效途径,这一趋势在自然科学、工程技术等学科领域尤为显著。然而,与国际上的成熟实践相比,我国在“科研转化教学”的具体实施方法和效果评估方面仍有较大的提升空间。

3. 医学微生物学的“科研转化教学”

3.1. 课程概述与学情分析

医学微生物学是医学生的重要专业基础课程,在传统教学模式下,其教学内容侧重于病原微生物的基本理论与实验技能[2]。基本理论主要围绕“三性两法”展开,即生物学特性、致病性、免疫性以及微生物学检查方法和防治方法。相关内容繁杂琐碎,易混难记,学生难以激发学习兴趣[5]。该课程面向本科大二年级学生开设,通过分析学情档案可知[6],学生在学习该课程前,已研修了生物化学与分子生物学、细胞生物学、组织学与胚胎学等课程,具备一定的医学基础知识和自学能力。然而,学生对临床知识与实践运用兴趣盎然,但对基础研究接触不深,对前沿科技成果的转化与推广了解有限,尚不能将理论知识融会贯通至实际应用中。

3.2. 教学内容的更新与整合

针对上述学情,医学微生物学“科研转化教学”的设计思路以医教融合、科教融合、基础结合临床的育人观为指导,基于教研室的科研平台,将教师团队的学术积累(包括理论成果、技术创新、产品开发等)与国内国际的前沿科技进展转化为多样化教学资源,为学生提供丰富的课程内容与充足的实践机会。不仅注重学生对理论知识的掌握,还引导学生独立思考,动手操作,实现知识学习与技能实践的有机结合,最终达到培养新时代创新型复合医学人才的目标(图1)。

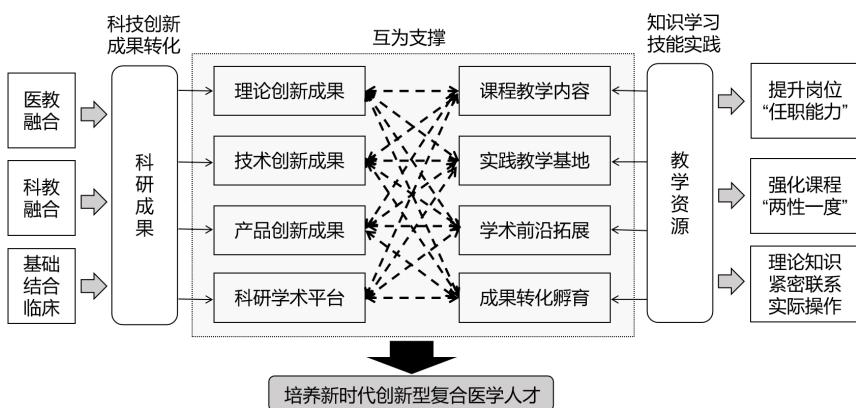


Figure 1. Design concept for implementation of “research to teaching” in medical microbiology

图 1. 医学微生物学“科研转化教学”的设计思路

医学微生物学将前沿进展、颠覆性技术、突破性实验等科研成果有机融入教学内容,表1展示了部分科研成果与医学微生物学主要教学内容的衔接贯通,兼具时效性和实用性。

Table 1. Integration of cutting-edge research achievements into medical microbiology teaching contents
表 1. 遴选前沿科研成果融入医学微生物学教学内容

教学内容	前沿科研成果	教学目标
绪论: 医学微生物学发展简史	单细菌测序技术的发展[7]	知晓微生物学研究的新技术, 激励技术创新
细菌的形态与结构: 细菌的特殊结构	细菌鞭毛马达结构、组装与扭矩传输机制的揭示[8]	解析细菌鞭毛的结构功能, 启发思考纳米机器人等研究
细菌的生理: 细菌的人工培养	介绍人工分离和培养微生物的技术创新, 如膜扩散培养、微流控培养系统等[9]	了解新型人工培养技术, 启发创新思维
噬菌体: 毒性噬菌体	噬菌体进化出 anti-CRISPR 蛋白抑制细菌 Cas 蛋白的切割, 从而保持自身基因组完整, 进一步入侵细菌[10]	理解噬菌体与宿主的竞争关系, 引导思考其在基因编辑工具中的开发利用
细菌的遗传与变异: 细菌基因组	利用 CRISPR-Cas9 基因编辑技术人工制造细菌突变体, 重点讲解 CRISPR-BE 技术[11]	理解与运用基因编辑技术, 激发科研兴趣与创新思维
细菌的耐药性: 细菌的耐药机制	探讨细菌的耐药机制, 不同抗性基因如何促进宿主生物进化, 新的抗性基因的鉴定等[12]	丰富对细菌耐药机制的认识, 警示合理使用抗生素
细菌的感染与免疫: 正常菌群与机会致病菌	介绍肠道微生物菌群与健康之间的联系与分子机制[13]	重视微生物菌群对健康的影响, 启发思考疾病新疗法
细菌感染的检测方法与防治原则: 细菌感染的实验室诊断	介绍全基因组测序在遗传病检测中的临床应用[14]	丰富对实验室检查方法与前沿检测技术的了解
球菌: 葡萄球菌属	金黄色葡萄球菌通过内源性一氧化氮介导 S-亚硝基化调节机制逃避万古霉素的杀伤作用[15]	加深对细菌耐药机制的理解, 警示合理使用抗生素
肠杆菌科: 埃希菌属	德国肠出血性大肠杆菌 O104: H4 感染的爆发与流行, 以及我国快速建立的检测与鉴定方法[16]	了解我国提出的致病菌快速鉴定新理念, 增强民族自豪感
弧菌属: 霍乱弧菌	霍乱弧菌 O1 血清群和 O139 血清群的爆发与流行历史, 解析爆发大流行的因素[17]	了解霍乱的传播和发生, 警惕烈性传染病的危害
螺杆菌属: 幽门螺杆菌	我国科学家十年攻坚超级细菌, 研制并获得世界首个幽门螺旋杆菌疫苗新药证书[18]	了解幽门螺杆菌的防治措施, 培塑不畏艰难的科学家精神
分枝杆菌属: 结核分枝杆菌	结核菌劫持宿主巨噬细胞 NCOA4 介导的铁蛋白降解, 获取营养铁, 促进自身胞内生长, 最终增加结核病易感性[19]	丰富对结核分枝杆菌致病机制的认识, 启发思考结核病的精准防治策略
动物源性细菌: 耶尔森菌属	鼠疫耶尔森菌与鼠疫研究亟待解决的关键科学问题[20]	了解鼠疫的流行大事件与危害, 引导思考防控手段
放线菌: 放线菌属	放线菌的代谢产物丰富, 是迄今最重要和最大的药用微生物种群[21]	理解放线菌的代谢产物作为创新药物研发的重要源泉地位
支原体	儿童肺炎支原体肺炎诊疗指南(2023 年版)[22]	规范诊疗, 保障医疗质量
衣原体	衣原体的遗传转化具有里程碑意义, 为其他胞内微生物开发遗传操作工具提供了思路[23]	培养科研思维, 启发创新研究
病毒感染的检测方法与防治原则: 病毒感染的治疗	梳理主流抗病毒药物的共同靶点, 为未来新发病毒的抗病毒药物开发提供线索[24]	了解抗病毒药物工作机制, 启发创新研究
呼吸道病毒: 冠状病毒	季节性流感疫苗与 COVID-19 mRNA 疫苗同时接种, 不影响彼此的免疫原性, 防护效果佳[25]	加强健康防护, 科学预防
肝炎病毒: 乙型肝炎病毒	乙型肝炎病毒 cccDNA 的存留、调控及清除机制研究, 对治愈乙型肝炎具有重要意义[26]	加深对基因合成、转录和稳定性调控机制的理解

续表

逆转录病毒: 人类免疫缺陷病毒	全球第 7 例被治愈的艾滋病患者出现[27]	破除疾病恐惧, 激发科技创新的动力
虫媒病毒	寨卡病毒的适应性进化是促进寨卡病毒爆发流行的重要因素之一[28]	丰富对病毒传播机制的认识, 进一步理解寨卡病毒的爆发流行原因
主要病原性真菌	耳念珠菌的感染防控措施[29]	重视真菌的感染防控

3.3. “科研转化教学”的实施方法

“科研转化教学”的成功实施, 一方面要求教师具备扎实的科研能力, 如及时追踪和掌握最新科研动态, 能够率领团队开展创新性科学研究, 撰写和汇报原创性学术成果等; 另一方面, 要求教师具备良好教学能力, 能够将科研成果有效融入教学实践。结合医学微生物学的课程教学计划, 在重点章节有机融入相关科研成果, 课前布置预习任务, 培养学生信息管理能力; 课中启发引导教学, 不仅注重基础理论知识的学习, 还积极融入前沿科技, 为学生提供科研实践平台, 带领学生进入实验室亲自动手操作, 亲身感受科研魅力, 丰富实践技能与经验; 课后鼓励并支持学生早进实验室, 激发学习兴趣, 培养科研思维。通过将科研成果转化教学实践, 医学微生物学的课堂教学质量得到显著提高, 其具体实施过程见表 2。

Table 2. Implementation process of “research to teaching” in medical microbiology
表 2. 医学微生物学“科研转化教学”的实施过程

步骤		学生活动	教师活动
课前	自学预习	根据学习要求, 自主查阅文献, 了解学习内容	布置预习任务, 提供学习资料, 明确学习要求
	理论学习	积极参与课堂活动, 认真听讲, 掌握基础理论, 思考前沿科技	教授基础理论, 答疑解惑, 拓展科技前沿, 启发引导思考
	组队研讨	自由组队, 团队合作, 自主探究性学习, 查阅相关文献, 制订实验方案	启发引导思考, 提醒注意事项, 修订实验方案, 把关实验可行性与安全性
	实践应用	严格按照实验步骤开展实验, 遵守实验室纪律, 做好实验记录, 细致分析实验结果	现场指导教学, 启发引导思考, 监督实验过程, 做好安全检查、应急处理等
课中	汇报总结	总结实践活动, 分析结果原因, 学生自评, 组员互评	综合评价学生实践活动完成情况, 总结方案、操作、组织等, 提出意见
	兴趣拓展	激发学习兴趣, 自主拓展学习	启发引导, 鼓励支持, 反思教学
课后			

以“细菌的遗传与变异”章节有机融入科学进展——利用 CRISPR-Cas9 基因编辑技术人工制造变异细菌突变体为例[11], 医学微生物学“科研转化教学”的实施方法具体为: 1) 课前, 布置以“基因编辑技术”主题的预习任务, 提供相关文献资料, 明确学习要求, 引导学生思考“什么是基因编辑”、“基因编辑的原理是什么”、“目前主流的基因编辑技术有哪些, 各有什么特点”等问题。2) 课中, 理论知识讲解细菌的遗传与变异后, 重点介绍 CRISPR-BE 前沿技术的发明、应用与实验原理; 而后, 从班级中随机抽取 50% 的学生(16 人)进入实验室, 开展为期 2 周的 CRISPR-BE 编辑实验。这 16 名学生被分至 4 个实验小组, 分别由 1 名青年教师开展带教。给定拟操作的实验任务, 如以“用基因编辑法敲除金黄色葡萄球菌的 2 个自溶酶基因 *atl* 和 *sle1*”为题, 引导学生撰写实验设计方案(目标基因的序列已提供), 学生自由组队, 小组研讨合作, 通过查阅相关文献, 制订实验方案, 期间教师把关实验可行性与安全性, 修改并确定方案, 每个小组完成一个目标基因的编辑实验; 教师在实验过程中现场指导教学, 从设计 sgRNA、

构建 RNA 表达质粒, 到质粒转化、编辑菌株筛选, 所有学生亲自动手操作, 直至完成目标基因编辑与鉴定并撰写实验报告, 小组汇报总结, 分析结果原因, 反思提高。3) 课后, 积极带教对科研项目感兴趣的学生, 锻炼科研能力。至此, CRISPR-BE 编辑技术的“科研转化教学”实践顺利完成。

3.4. 实施效果考核与评价

为评价学生的学习效果, 构建了以学生“学”为中心的评价体系(图 2)。该体系不仅重点考察学生对前沿理论与先进技术的掌握程度, 还全面评估其实验操作能力、自主学习能力和批判性思维能力。评价考核指标包括教师对教学的反馈评分、学生理论知识考核成绩和实验操作考核成绩等多个方面。

教师作为“科研转化教学”的直接执行者, 其反馈意见对评估教学效果至关重要。通过开展问卷调查和访谈, 我们了解到, 教师普遍认为, “科研转化教学”增强了课程内容的时效性和实用性, 同时也提高了教学的趣味性和挑战性。虽然备课过程繁琐复杂, 但看到学生能积极参与并取得进步, 教师们感到十分欣慰, 并一致认为这种教学模式取得了显著的教学成效。

在具体教学实施中, 教师根据学生课堂回答问题的正确率、实验操作的准确度、个人时间的管理度等, 从多元化角度赋予平时成绩。在理论知识考核方面, 教师将“科研转化教学”的实际教学内容融入命题; 针对开展与未开展“科研转化教学”的教学班, 以附加题的形式进行差异化考核, 从而评估不同授课对象对前沿知识、技术原理的掌握程度, 通过学生答题得分进行客观评估。在实验考核方面, 教师根据学生的实验设计方案的合理性、可行性等进行综合评分。最后, 将平时成绩、理论考核成绩、实验设计评分按 30%、30%、40% 的比例进行加权计算, 与“科研转化教学”相关的内容单独以 100 分进行统计。

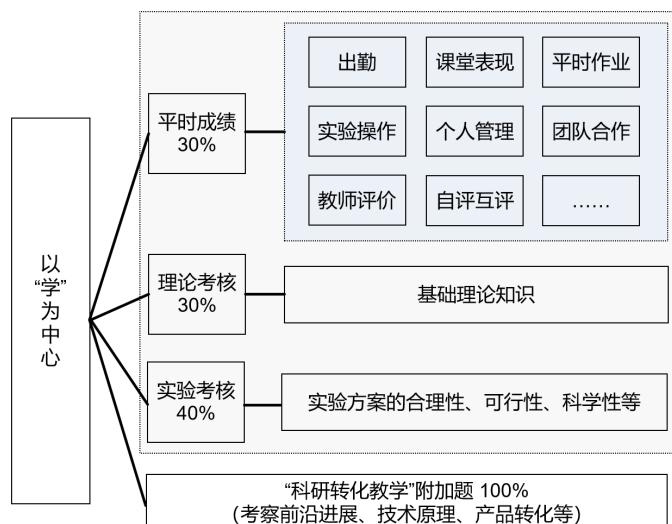
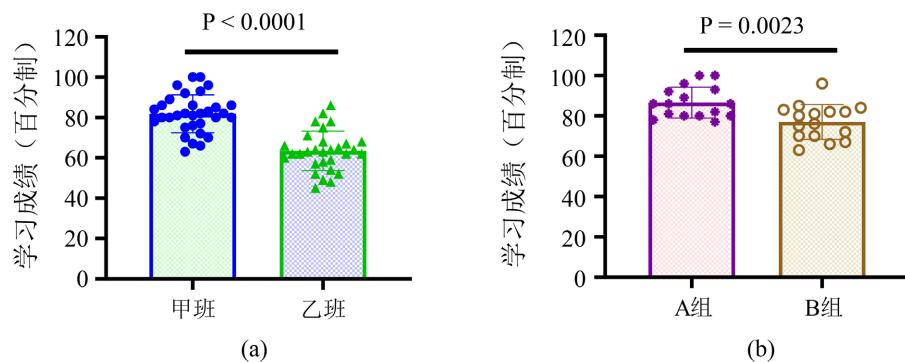


Figure 2. Evaluation and assessment criteria for “research to teaching” in medical microbiology

图 2. 医学微生物学“科研转化教学”的评价考核标准

经过“科研转化教学”的教学实践后, 本班的最终考核结果如图 3 所示。从图 3(a)可见, 与未开展“科研转化教学”班次的学生相比, 实施了相关教学模式的班级学生在前沿知识掌握及考核上存在显著优势($P < 0.0001$); 在执行“科研转化教学”的班级中, 未参与实验室训练的学生的成绩显著低于参与者(图 3(b)), 实验设计报告的质量与课后科研项目参与度呈正相关, 表明实践教学在学生掌握前沿知识和技术方面具有重要作用, “科研转化教学”显著促进学生对微生物学最新知识的理解和掌握。



(a) 实施了“科研转化教学”的甲班学生($n = 32$)与未开展相应教学实践的乙班学生($n = 30$)关于前沿知识的考核成绩对比分析; (b) 甲班学生中参与“科研转化教学”课后实验的学生((a)组, $n = 16$)与未参加实验的学生((b)组, $n = 16$)的学习成绩比较。组间采用 t 检验进行统计学处理, P 值如图中所示。

Figure 3. Comparison of academic performance among students implemented with or without “research to teaching” practice

图3. 实施“科研转化教学”与否对学生成绩影响的比较分析

4. “科研转化教学”的挑战与展望

“科研转化教学”在医学微生物学中的应用显示出诸多优势。不仅能及时将最新科研成果融入教学内容中, 提高课程的时代感和前瞻性, 从而激发学生的学习兴趣和创新思维, 还能通过强化实践操作, 使学生获得更多具象化的技能经验, 并促使其针对实验中的问题提出解决措施, 不断增强解决问题的能力。然而, “科研转化教学”在具体实施过程中也存在一些挑战。在教师方面, 不仅科研能力要过硬, 教学资源分配也可能面临问题, 且需要投入更多时间和精力来准备和更新理论与实验教学内容。在学生方面, 其接受能力存在个体差异。此外, 受场地、设备等限制, 难以确保每名学生参与课后实验[30]。

构建科研与教学的紧密结合机制是推动科研成果融入教学的关键。一方面, 高质量的“科研转化教学”离不开专业素养过硬、科研功底深厚的教师团队。因此, 要加强师资队伍建设, 鼓励教师参与科研项目, 持续更新知识储备。同时, 教学管理层应为教师提供“科研转化教学”的培训契机, 如组织相关教学研讨、教学工作坊、实验设计兴趣组等。此外, 需要建立教师之间的协作机制, 让理论教师与实验教师密切配合, 更好地将前沿知识技术转化为学生能力素质, 提升教学质量。另一方面, 教学管理层需为学生提供有力支持, 包括科研设备、实验场地及经费支持等; 还要为学生创造丰富的实践机会, 通过实验、实习、项目研究等, 让学生在实践中学习和成长。最后, 采用个性化教学策略应对学生接受能力的个体差异性, 并借助校企合作等方式拓宽教学资源渠道, 为“科研转化教学”提供坚实保障[31] [32]。

展望未来, “科研转化教学”在医学微生物学乃至更广泛的医学教育领域将持续发挥重要作用。随着科技进步和教育模式的不断创新, 更多的科研成果有望被融入教学。与此同时, 信息技术的发展将为“科研转化教学”提供更便捷的工具与平台, 跨学科教学模式也将愈加普及, 为培养学生综合素质与创新能力提供助力。在此进程中, 教育者需持续探索并优化教学方法, 以应对不断变化的教育需求和挑战, 培养更加契合未来医疗健康需求的高素质医学人才。

基金项目

本文为重庆市高等教育教学改革研究项目“新医科背景下医学微生物学‘竞教研学普’五位一体育人模式的探索与实践”(243334)和“基于微课的混合式有效教学在医学微生物学课程中的研究与实践”(223533), 以及陆军军医大学教育改革研究课题“建设完善学员学情档案促进‘三全育人’效果”(2022B05)

的研究成果,受这些项目资助。

参考文献

- [1] 郭晓奎. 对新医科的理解与认识[J]. 中国大学教学, 2023(7): 4-10+51.
- [2] 李云志, 王龙, 邓毛子, 等. 医学微生物学教学改革研究热点可视化分析[J]. 基础医学教育, 2023, 25(3): 183-187.
- [3] 王彬. 教师科研成果转化教学资源路径选择及优化策略[J]. 知识经济, 2024(1): 224-226.
- [4] 朱博渊, 张春财, 李梦成. 科研转化教学: 基于翻转课堂的“水力学”课程案例式教学研究[J]. 黑龙江教育, 2023(12): 64-66.
- [5] 乐率, 饶贤才, 周晶, 等. 基于雨课堂及微课的BOPPPS教学模式在医学微生物学课程中的设计与应用[J]. 微生物学通报, 2024, 51(12): 5240-5248.
- [6] 周晶, 卢曙光, 胡启文, 等.“三全育人”背景下成长档案袋在医学微生物学教学中的应用[J]. 微生物学通报, 2025, 52(7): 3350-3361.
- [7] Imdahl, F. and Saliba, A. (2020) Advances and Challenges in Single-Cell RNA-Seq of Microbial Communities. *Current Opinion in Microbiology*, **57**, 102-110. <https://doi.org/10.1016/j.mib.2020.10.001>
- [8] Tan, J., Zhang, X., Wang, X., Xu, C., Chang, S., Wu, H., et al. (2021) Structural Basis of Assembly and Torque Transmission of the Bacterial Flagellar Motor. *Cell*, **184**, 2665-2679. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2021.03.057>
- [9] Lewis, W.H., Tahon, G., Geesink, P., Sousa, D.Z. and Ettema, T.J.G. (2020) Innovations to Culturing the Uncultured Microbial Majority. *Nature Reviews Microbiology*, **19**, 225-240. <https://doi.org/10.1038/s41579-020-00458-8>
- [10] Sun, W., Cheng, Z., Wang, J., Yang, J., Li, X., Wang, J., et al. (2023) AcrIc4 Inhibits Type II-C Cas9 by Preventing R-Loop Formation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **120**, e2303675120. <https://doi.org/10.1073/pnas.2303675120>
- [11] Tong, Y., Whitford, C.M., Robertsen, H.L., Blin, K., Jørgensen, T.S., Klitgaard, A.K., et al. (2019) Highly Efficient DSB-Free Base Editing for Streptomycetes with CRISPR-BEST. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **116**, 20366-20375. <https://doi.org/10.1073/pnas.1913493116>
- [12] Darby, E.M., Trampari, E., Siasat, P., Gaya, M.S., Alav, I., Webber, M.A., et al. (2023) Molecular Mechanisms of Antibiotic Resistance Revisited. *Nature Reviews Microbiology*, **21**, 280-295. <https://doi.org/10.1038/s41579-022-00820-y>
- [13] de Vos, W.M., Tilg, H., Van Hul, M. and Cani, P.D. (2022) Gut Microbiome and Health: Mechanistic Insights. *Gut*, **71**, 1020-1032. <https://doi.org/10.1136/gutjnl-2021-326789>
- [14] 中国医师协会医学遗传医师分会, 中华医学会儿科学分会内分泌遗传代谢学组, 中国医师协会青春期医学专业委员会临床遗传学组, 等. 全基因组测序在遗传病检测中的临床应用专家共识[J]. 中华儿科杂志, 2019, 57(6): 419-423.
- [15] Shu, X., Shi, Y., Huang, Y., Yu, D. and Sun, B. (2023) Author Correction: Transcription Tuned by S-Nitrosylation Underlies a Mechanism for *Staphylococcus aureus* to Circumvent Vancomycin Killing. *Nature Communications*, **14**, Article No. 3748. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-39231-9>
- [16] Rohde, H., Qin, J., Cui, Y., Li, D., Loman, N.J., Hentschke, M., et al. (2011) Open-Source Genomic Analysis of Shiga-Toxin-Producing *E. coli* O104: H4. *New England Journal of Medicine*, **365**, 718-724. <https://doi.org/10.1056/nejmoa1107643>
- [17] Ramamurthy, T., Pragasam, A.K., Taylor-Brown, A., Will, R.C., Vasudevan, K., Das, B., et al. (2022) *Vibrio cholerae* O139 Genomes Provide a Clue to Why It May Have Failed to Usher in the Eighth Cholera Pandemic. *Nature Communications*, **13**, Article No. 3864. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-31391-4>
- [18] Zeng, M., Mao, X., Li, J., Tong, W., Wang, B., Zhang, Y., et al. (2015) Efficacy, Safety, and Immunogenicity of an Oral Recombinant *Helicobacter pylori* Vaccine in Children in China: A Randomised, Double-Blind, Placebo-Controlled, Phase 3 Trial. *The Lancet*, **386**, 1457-1464. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(15\)60310-5](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(15)60310-5)
- [19] Dai, Y.C., Zhu, C.Z., Xiao, W., et al. (2023) *Mycobacterium tuberculosis* Hijacks Host TRIM21- and NCOA4-Dependent Ferritinophagy to Enhance Intracellular Growth. *Journal of Clinical Investigation*, **133**, e159941. <https://doi.org/10.1172/jci159941>
- [20] Yang, R.F., Atkinson, S., Chen, Z., Cui, Y., Du, Z., Han, Y., et al. (2023) *Yersinia pestis* and Plague: Some Knowns and Unknowns. *Zoonoses*, **3**, Article 5. <https://doi.org/10.15212/zoonoses-2022-0040>
- [21] 孔璐琦, 王敬敬, 胡琳珍, 等. 放线菌代谢产物的研究进展: 基于 Web of Science (WOS)和中国知网(CNKI) [J]. 微生物学通报, 2023, 50(9): 4275-4302.
- [22] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 儿童肺炎支原体肺炎诊疗指南(2023 年版) [J]. 中国合理用药探索, 2023,

- 20(3): 16-24.
- [23] Wang, Y.B., Kahane, S., Cutcliffe, L.T., Skilton, R.J., Lambden, P.R. and Clarke, I.N. (2011) Development of a Transformation System for Chlamydia Trachomatis: Restoration of Glycogen Biosynthesis by Acquisition of a Plasmid Shuttle Vector. *PLOS Pathogens*, **7**, e1002258. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1002258>
- [24] Lu, L., Su, S., Yang, H. and Jiang, S. (2021) Antivirals with Common Targets against Highly Pathogenic Viruses. *Cell*, **184**, 1604-1620. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2021.02.013>
- [25] Aydillo, T., Balsara-Manzanero, M., Rojo-Fernandez, A., Escalera, A., Salamanca-Rivera, C., Pachón, J., *et al.* (2024) Concomitant Administration of Seasonal Influenza and COVID-19 mRNA Vaccines. *Emerging Microbes & Infections*, **13**, Article 2292068. <https://doi.org/10.1080/22221751.2023.2292068>
- [26] Zeng, W.J., Zheng, L.W., Li, Y.K., *et al.* (2024) Engineered Extracellular Vesicles for Delivering Functional Cas9/gRNA to Eliminate Hepatitis B Virus cccDNA and Integration. *Emerging Microbes & Infections*, **13**, Article 2284286. <https://doi.org/10.1080/22221751.2023.2284286>
- [27] Gaebler, C., Kor, S., Allers, K., Perotti, M., Mwangi, D., Meixenberger, K., *et al.* (2025) Sustained HIV-1 Remission after Heterozygous CCR5Δ32 Stem Cell Transplantation. *Nature*. <https://doi.org/10.1038/s41586-025-09893-0>
- [28] Yu, X., Shan, C., Zhu, Y., Ma, E., Wang, J., Wang, P., *et al.* (2021) A Mutation-Mediated Evolutionary Adaptation of Zika Virus in Mosquito and Mammalian Host. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **118**, e2113015118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2113015118>
- [29] 中华医学会检验分会临床微生物学学组. 成人耳念珠菌感染诊治防控专家共识[J]. 临床检验杂志, 2020, 38(8): 564-570.
- [30] 刘双清, 刘磊, 王玉生, 等. 科研成果转化优质研究生教学资源的有效路径和保障机制[J]. 安徽农业科学, 2025, 53(6): 271-273+282.
- [31] 黄昭明, 朱天宇, 王利, 等. 科教融合理念下高校科研成果转化教学资源探究[J]. 安徽工业大学学报(社会科学版), 2024, 41(3): 103-106.
- [32] 任光前, 吴轩雯, 王稼倩, 等. 高质量科研成果在课堂教学中的有效转化与应用探索[J]. 工业微生物, 2025, 55(3): 33-35.