

# 基于学科知识迭代背景下医学微生物学教学内容中的若干问题探讨与对策分析

刘畅<sup>1</sup>, 董珂<sup>2</sup>, 何平<sup>1</sup>, 郭晓奎<sup>2</sup>, 赵蔚<sup>\*3</sup>

1 上海交通大学医学院免疫学与微生物学系, 上海 200025

2 上海交通大学医学院-国家热带病研究中心全球健康学院, 上海 200025

3 上海交通大学基础医学院实验教学中心, 上海 200025

刘畅, 董珂, 何平, 郭晓奎, 赵蔚. 基于学科知识迭代背景下医学微生物学教学内容中的若干问题探讨与对策分析[J]. 微生物学通报, 2023, 50(6): 2765-2772.

LIU Chang, DONG Ke, HE Ping, GUO Xiaokui, ZHAO Wei. Discussion and countermeasure analysis of problems in the teaching content of Medical Microbiology under the background of discipline knowledge development[J]. Microbiology China, 2023, 50(6): 2765-2772.

**摘要:** 随着医学学科的发展和技术的创新, 医学微生物学学科知识也不断发展更新。本文对目前医学院校医学微生物学课程教学在面对微生物前沿理念和知识冲击中存在的若干问题进行了剖析, 包括对微生物群与宿主健康的新认识、微生物分类的演变、对微生物结构的更新认识, 以及器官系统主线和生物学分类主线的知识体系存在的矛盾等。同时也探讨了通过调整重构教学内容、应用多元化教学方法, 引入器官系统主线并存等作为可能的解决对策。在新医科的大背景下, 医学微生物学课程教学内容的改革势在必行, 以适应学科发展并助力人才培养目标的实现。

**关键词:** 医学微生物学; 教学模式; 病原生物学; 新医科

资助项目: 中华医学会医学教育分会医学教育研究项目(2018B-N03011)

This work was supported by the Medical Education Research Project of Medical Education Branch of Chinese Medical Association (2018B-N03011).

\*Corresponding author. E-mail: zhaowei\_sjtu@sjtu.edu.cn

Received: 2022-08-11; Accepted: 2022-10-23; Published online: 2022-11-29

# Discussion and countermeasure analysis of problems in the teaching content of Medical Microbiology under the background of discipline knowledge development

LIU Chang<sup>1</sup>, DONG Ke<sup>2</sup>, HE Ping<sup>1</sup>, GUO Xiaokui<sup>2</sup>, ZHAO Wei<sup>\*3</sup>

<sup>1</sup> Department of Immunology and Microbiology, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 200025, China

<sup>2</sup> School of Global Health, Chinese Center for Tropical Diseases Research, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 200025, China

<sup>3</sup> Experiment Teaching Center of Basic Medicine, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 200025, China

**Abstract:** With the development of medical disciplines and technological innovation, the knowledge related to microbiology is constantly developing and updating. We analyzed the problems emerged with the cutting-edge ideas and knowledge in the teaching of Medical Microbiology. These problems are caused by the new progress in research of microbiota and human health, evolution of microbial classification, updated understanding of microbial structure, contradiction between organ-system-based knowledge system and taxonomy-based knowledge system, etc. Furthermore, we discussed the possible solutions of reconstructing the teaching content, applying diversified teaching methods, and introducing the organ-system-based knowledge system. With the advancement of ‘New Medicine’ education in China, it is imperative to reform the teaching content of Medical Microbiology, so as to adapt to the development of medical disciplines and achieve the goal of talent cultivation.

**Keywords:** Medical Microbiology; teaching model; Medical Microbiology and Parasitology; New Medicine

专业课程是高水平人才培养体系的核心要素，课程质量直接决定人才培养质量。“医学微生物学”是医学类专业开设的一门核心专业基础课程，主要研究与医学有关的病原微生物的生物学特性、致病性和免疫性、微生物学检查法及防治原则，以控制和消灭感染性疾病及与之有关的免疫损伤，达到保障和提高人类健康水平的目的，理论性和实践性均较强。在新发再现传染病频发的大背景下，国家对掌握传染病学知识的临床医学人才和公共卫生人才的需求激增，更凸显了医学微生物学在整个医学课程体系中的重要位置。

医学微生物学作为一门传统的专业基础课程，针对其教学模式、教学内容、教学方法和教学资源等各个方面，不同医学院校的专业教师进行了相关的探索和实践<sup>[1-2]</sup>。然而，在新医科建设的大背景下，突破教学中的难点和痛点问题，特别是加强学生创新科学思维的培养仍存在许多挑战。其中，学科发展带来了认知更新和理念更新，知识不断地更新与迭代，对医学微生物学课程的教学内容和教学模式提出了新的要求。课程如何适应目前医学“以疾病为中心”向“以健康为中心”的转变，又如何从模块化的知识结构中通过改革提升学生的系统性

思维, 成为传统课程教学中易被忽略而又亟待做出改变的方向。本文就目前医学院校课程教学内容中涉及的对微生物群与宿主健康的新认识、微生物分类的演变, 对微生物结构的更新认识, 以及器官系统主线和生物学分类主线的知识体系矛盾等方面存在的若干问题进行剖析和探讨, 提出通过调整重构教学内容、应用多元化教学方法、引入器官系统主线并存等可能的应对策略, 以期为医学微生物学课程教学改革提供新的思路与方向。

## 1 医学微生物学课程教学面临的挑战

### 1.1 对微生物、微生物群与人体健康认识的更新

传统的“医学微生物学”教学内容主要聚焦于与医学相关的病原微生物, 并且多围绕单一病原的特征讲授。近年来, 随着微生物生态学和高通量测序技术的不断发展, 人们对微生物的认识不断更新。人体内的微生物并不以独立的形式存在, 而是以微生物群的形式与宿主共生, 多种传染性疾病和非传染性疾病的发生发展都被证实是由微生物群的作用产生。部分感染性疾病已被认为是由多种病原协同作用的结果, 而并非单一病原感染导致, “菌群协同病原”的假说由此出现, 并在多个感染病例中均得到证实, 感染的发生是因为不同微生物间的平衡状态被打破导致<sup>[3-5]</sup>。例如, 最简单的生物膜的形式实质就是细菌的群体结构, 细菌通过生物膜抵御抗菌物质的杀伤作用并发生毒素和基因的转移, 促进感染的发生。在多个社区获得性肺炎和口腔感染等病例中, 通过高通量测序技术从病人的病灶中发现多种细菌共同参与感染的发生。即使在非感染性疾病中, 也已经越来越多的研究证实微生物群在肿瘤、糖尿病、

肥胖甚至神经心理性疾病的发生发展中发挥作用<sup>[6-7]</sup>。同时, 正常的微生物群与人体的发育、代谢和进化都有着密不可分的关系<sup>[8]</sup>。此外, 一些传统意义上的病原微生物也被研究证实属于人体微生物群的组成部分。例如, 幽门螺杆菌在经典的英文教材中已被认为属于胃部微生物群的成员, 而且也有研究证实, 胃部幽门螺杆菌的丰度与食管炎症性疾病甚至食管肿瘤的发生呈负相关<sup>[9]</sup>。另外, 随着微生物分子生物学到微生物基因组学、系统微生物学的发展, 以及形态学、生理学、细胞生物学到分子生物学、生物组学和系统生物学研究技术的进步, 对微生物的认识已不再局限于形态和生物学特性, 而是向微生物个体及群体与宿主之间的关系及微生物基因表达调控、微生物基因组学、转录组学、蛋白组学、代谢组学等相关研究发展。这些研究发展对传统理论知识产生了冲击。

因此, 是否应在教学中引导学生从群体的角度理解病原, 并重新认识疾病与微生物之间的关系, 辩证地看待微生物与人体健康之间的关系, 拓展微生物最前沿的知识和技术, 从宿主的角度理解微生物, 是医学微生物学教学中需要思考的重要问题。

### 1.2 微生物的分类进展对微生物认识的影响

随着各种组学、免疫学等的不断发展, 人们对微生物的认识不断加深, 已有多种微生物的分类地位重新确定, 或存在一定程度的学术争议, 基于不同分类体系进行的分类结果也存在一定的差异。下面举例说明。

(1) 朊粒(prion), 目前在主流国家规划教材中, 朊粒都被归为病毒学部分的内容。但朊粒是由宿主基因编码、构象异常的蛋白质, 不含有核酸, 却具有传染性, 特性上与微生物相似, 但又与病毒的基本特征有所不同, 甚至朊

粒是否属于微生物也存在争议<sup>[10]</sup>。此外,在目前大多教材中,朊粒被形容为“具有自我复制能力”,然而这种“复制”与病毒的“复制”并不相同,目前主流观点认为,错误折叠的 PrP<sup>Sc</sup>能够与正常结构的 PrP<sup>c</sup>结合,并作为模板促使 PrP<sup>c</sup>转变为 PrP<sup>Sc</sup><sup>[11]</sup>。因此,放在病毒篇中的朊粒的“自我复制”,如果不做解释说明,很容易使学生产生“朊粒复制与病毒复制相似”的误解。朊粒的教学不仅存在于“医学微生物学”中,在“生物化学与分子生物学”课程的蛋白质章节中以“朊病毒蛋白”来描述朊粒。鉴于朊粒独特的生物学特征和致病特点,在教材中是否应有特殊的分类来进行相应的教学值得探讨。

(2) 支原体、衣原体、螺旋体和立克次体(简称“四体”),虽然分类地位几经认识上的改变,但目前确定为原核细胞型微生物,而原核细胞型微生物由古菌和细菌组成,四体显然不具备古菌特征,应属于细菌范畴。目前“四体”的分类主要基于其生物学特性,随着微生物分类学的发展已逐渐向以基因组分类为主的综合分类发展,“四体”与细菌的基因组特征相似,在最新版 Bergey's Manual of Systemic Bacteriology (第2卷)<sup>[12]</sup>中,支原体被归为厚壁菌门(Firmicutes)/柔膜菌纲(Mollicutes)/支原体目(Mycoplasmatales)/支原体科(Mycoplasmataceae);衣原体虽然属于单独分类出的衣原体门(Chlamydiae),但与疣微菌门(Verrucomicrobia)最为接近;立克次体被归为变形菌门(Proteobacteria)/ $\alpha$ -变形菌纲(Alphaproteobacteria)/立克次体目(Rickettsiales);螺旋体虽被分在细菌超界(Superkingdom)/螺旋体门(Spirochaetes)下,但其基因组特征与经典细菌近似,主要不同为其内鞭毛的形式。因此,从细菌分类学进展的角度,四体与细菌更为接近。在第九版《传染病学》<sup>[13]</sup>的教材中,将立克次体病与螺

旋体病和细菌性传染病分开单列,然而二者的病原与细菌特征一致,是否应将四体直接归为细菌,是需要思考的问题。

(3) 基因种和血清种。对于微生物的分类层级仍存在易混淆的现状。例如,从微生物的分类学角度将沙门菌属仅分为两个种——肠道沙门菌(*Salmonella enterica*)和邦戈沙门菌(*Salmonella bongori*),但若依据血清型进行分类,有1 400多个血清型。因此,长期以来,沙门菌多用血清型的命名方式,而且与由属和种确定的拉丁双命名法一致,易引起教师 and 学生的混淆。例如,伤寒沙门菌(*Salmonella Typhi*)实际为肠道沙门菌肠道亚种伤寒血清型(*Salmonella enterica* subsp. *Enterica* serotype Typhi)。又如,对于钩端螺旋体属(*Leptospira*),经典的国际通用分类为基于血清群(serogroup)和血清型(serovar)的分类方法,目前国际上将致病性钩端螺旋体至少分为了25个血清群和273个血清型,其中在我国分布的至少有19个血清群和75个血清型。然而,近年来国际上开始出现基于16S rRNA基因序列的基因种分类方法,将钩端螺旋体分为包括问号状钩端螺旋体(*Leptospira interrogans*)在内的10个基因种。基因种和血清学分类之间有一定的差异和交叉,目前临床上虽以血清学分类方法为主,然而其准确性欠可靠,在已检定的钩端螺旋体流行株中,不同样品的血清学分型中也存在着结果的差异性,随着测序技术和生物信息学分析方法的发展,基于16S rRNA基因序列的遗传学分类方法可以反映出钩端螺旋体的进化关系,较其他方法有更准确、可靠且重复性好的分类优势。标准的分类方法对于从进化的角度认识微生物至关重要,如何从分类学上引导学生正确地认识微生物,比较不同分类方法的优势和劣势,以及了解目前微生物分类学中的一

些难点和争议点, 提出未解决的生物问题, 辩证地认识不同的分类方法与应用, 在课程教学内容的安排中值得思考。

(4) 部分病原分类和命名的调整。病原的分类命名, 也始终在动态变化更新, 教材中涉及的一些病原微生物分类和命名都已经有了明确的修改。如在绪论中的“古细菌”和“古生菌”的说法已经更新为“古菌”, 厌氧性细菌中的“艰难梭菌(*Clostridium difficile*)”已经更新为“艰难拟梭菌(*Clostridioides difficile*)”, 分枝杆菌中的“耻垢分枝杆菌(*Mycobacterium smegmatis*)”已更新为“耻垢分枝酸杆菌(*Mycolicibacterium smegmatis*)”, 真菌中的“白假丝酵母”的中文译名也几经更迭, 从“白色念珠菌”更新为最新的“白念珠菌”等, 这些菌名的中英文名称变化, 对学生学习和教师教学均会带来概念和知识点的混淆<sup>[14-15]</sup>。

(5) 病毒的分类更新。随着对病毒认识的不断深入, 国际病毒分类委员会(International Committee on Taxonomy of Viruses, ICTV)对病毒的分类不断更新, 目前最新的分类发布于2021年, 包括6个域(realms) 10个界(kingdoms) 17个门(phyla) 2个亚门(subphyla) 39个纲(class) 65个目(orders) 8个亚目(suborders) 233个科(families) 168个亚科(subfamilies) 2 606个属(genera) 84个亚属(subgenera) 10 434个种(species), 然而, 有些教科书中仍在使用相对较陈旧的数据。此外, 病毒“种”的概念与细菌“种”的概念不尽相同, 是指“组成一个复杂谱系且生存于特定生态小生境的一组多元病毒毒株”, 体现了病毒的遗传多态性和进化复杂性。病毒的命名比较复杂, 并不适用拉丁双命名法, 往往常用种名、常用名、俗名或缩写来表示<sup>[16]</sup>。对于医学生, 应规范应用病毒的学术名称, 避免在专业文章中使用病毒俗名。例如,

“新冠病毒”是俗名, 而在微生物学科中应规范使用学术名称“SARS-Cov-2”。如何将最新的病毒分类、命名等病毒特有的复杂特征融入教学, 做到学科命名的规范, 也是需要关注的问题。

### 1.3 对细菌细胞壁的形态结构与分子组成的认识

细菌细胞壁的形态结构与分子组成是细菌学最基础的内容, 也是整个医学微生物学课程最重要的基础内容。在经典的教材中, 仍根据细菌细胞壁的不同将细菌分为革兰氏阳性菌和革兰氏阴性菌。然而, 还存在有特殊细胞壁结构的细菌, 如结核分枝杆菌, 其细胞壁结构与革兰氏阳性菌和革兰氏阴性菌均不同, 为细菌细胞壁结构的特例。因此, 是否仍将细菌的细胞壁仅分为革兰氏阳性菌和革兰氏阴性菌进行讲授, 需要重新进行思考。类似地, 在革兰氏阴性菌细胞壁结构的教学内容中, 将脂多糖(lipopolysaccharide, LPS)描述为革兰氏阴性菌外膜的重要结构并进行讲授。然而在奈瑟菌中, 该结构以脂寡糖(lipooligosaccharide, LOS)的形式存在。脂寡糖与脂多糖的分子结构不同, 因此, 在革兰氏阴性菌细胞壁的内容中, 仅提示包含脂多糖的结构可能会造成学生认识上的局限。

### 1.4 教学内容以微生物分类为基础和以器官系统为基础的矛盾与平衡

目前, 大多数医学院校所采用的《医学微生物学》教材, 是以微生物学分类为基础的教学内容安排, 分为细菌学、病毒学和真菌学<sup>[17-18]</sup>。然而, 面向临床医学专业的学生, 其他基础课程和临床阶段课程都已向器官系统为主线的整合课程方向进行改革和实践。由于病原微生物存在同一系统可有多种病原感染及同一病原可引起多器官系统感染的复杂性, 无论是以微生物分类为基础还是以器官系统分类为基础都各

有利弊,但是,对临床医学专业学生拓展临床思维却势在必行。如何在这两种教学内容的知识体系上进行平衡需要思考与尝试。

## 2 医学微生物学教学内容改革对策

### 2.1 调整医学微生物学课程结构和内容

基于医学微生物学教学内容中存在的上述问题,在对微生物与人体健康认识不断更新的基础上,应及时调整课程结构和内容,采取多元化的教学方法,加强学生的自主学习和思考。

(1) 在细菌学总论中继续拓展人体微生物群的内容,将“正常菌群(normal flora)”的概念更新为目前更权威的“微生物群(microbiota)”,并拓展微生物组(microbiome)的概念<sup>[19]</sup>。对微生物群、微生物组与宿主健康之间的关系,可采取多元化的教学模式进行拓展,如以翻转课堂、思考题、撰写小论文、课堂讨论等方式,以学生自主学习和主动思考为主。对一些病原如幽门螺杆菌、大肠埃希菌、艰难拟梭菌等的教学内容,应拓展联系其与胃肠道微生物群之间的关系,以及胃肠道微生态失调与病原致病的关系。甚至有专家曾对将“医学微生物学”课程变更为“医学微生物学与微生态学”进行了探讨<sup>[20]</sup>。

(2) 对“菌群协同病原”的假说进行拓展,提供适当参考文献,让学生对单一病原致病和微生物群体在致病中的关系进行思考。教学内容的重构,可以采取多元化教学模式进行教学实践,并注重拓展教学内容的评价方式。

### 2.2 及时更新病原分类

四体从其特征来看已确认属于原核细胞型微生物,因此应考虑直接将四体归为细菌。此外,明确朊粒为自体编码蛋白,将具有传染性且结构异常的朊蛋白归为病原。对沙门菌血清

型和钩端螺旋体的基因型分类,应综合其科学性、准确性和临床应用进行确定,并明确分类与命名之间的关系。对于病原中英文名称的改变,教师需要全面、即时地更新认识,融入教材和课堂教学。病毒分类相对比较复杂,而且在教材中往往并不使用病毒的分类学进行命名,教师需根据 ICTV 颁布的最新资料进行更新,可采取知识拓展的形式为学生勾勒病毒分类的基本框架和命名原则,让学生在掌握前沿知识的同时,更深入地理解病毒的复杂特征。对于病毒在社会上的俗名和学术中的名称,教师在教学过程中也需要进行不断学习和甄别,在教学中规范使用病毒的学术名称。随着学科的发展和人们对微生物的认识不断更新,教师可在课后或科研训练等第二课堂引导学生自主归纳微生物的分类方法和分类历史,理解微生物分类命名的变迁,明确认识微生物演化过程中蕴含的科学原理和科学思维,体会微生物的多样性与自然生态之间的关系。

### 2.3 微生物特殊结构的重定位

对于细菌细胞壁特殊的形态结构与分子组成,在细菌学总论教学中易被忽略,可考虑在革兰氏阳性菌和革兰氏阴性菌之外增设细菌特殊细胞壁类型,在该部分内容中拓展结核分枝杆菌细胞壁的结构。在革兰氏阴性菌细胞壁中,将脂寡糖列为革兰氏阴性细菌细胞壁外膜结构的一种特殊形式,并由此引导学生思考,在科学中普适规律与特殊现象的存在和意义,培养学生的科学思维。采取教师引导、学生自学的方式,以课后思考题、思维导图绘制、参考文献阅读等形式开展学习活动。

### 2.4 将器官系统为主线的临床思维引入医学微生物学教学

在目前以微生物分类为主的课程知识体系

中, 引入以器官系统为主线的病原归纳。如在人民卫生出版社出版的英文规划教材 *Medical Microbiology*<sup>[21]</sup>中设置附录, 以基于各系统图片归纳感染病原的方式, 引导学生从器官系统感染的角度总结不同病原在同一系统中的感染特征, 以及同一病原在不同系统中存在的感染。同时, 在课程教学过程中引入病例为基础的学习(case-based learning, CBL), 以各个系统的感染病例为学习材料, 引导学生运用临床思维理解病原<sup>[22]</sup>。融入器官系统为主线的学习, 同时保留微生物分类为基础的的主体地位, 更符合医学人才的培养目标。

### 3 总结与展望

自然科学基础课程的教学除了专业知识和专业技能的传递, 科学思维 and 创新能力等综合素养的培养也是重要的课程教学目标之一和一流课程重要的建设方向之一。医学微生物学课程是一门经典的医学专业基础课程, 随着医学学科的发展和科学研究技术的应用, 对微生物的认识不断深化, 学科新概念、新思想和新方法的拓展, 对于教师和学生都是学习和提升的过程。知识更新带来的学科内容迭代与传统经典教学内容产生了一定程度的碰撞, 经典理论的传授仍然是课程教学重要的主体, 但适当改革教学内容, 体现学科发展, 培养科学思维, 深化课程知识的应用性、全面性和系统性同样势在必行。本文所提及的问题是目目前医学微生物学课程教学内容中存在的若干需要去探讨而又往往被忽略的问题, 认识问题是重要的前提, 关于应用何种对策解决问题, 本文给出了一些建议, 但“教无定法”, 真正有效而实用的对策将会是未来课程教学改革需要去进一步探索和实践的方向。

### REFERENCES

- [1] 崔妍, 李晓霞. 医学微生物学课程教学改革探索[J]. 中华医学教育杂志, 2022,42(2): 115-118.  
CUI Y, LI XX. Exploration on teaching reform of medical microbiology[J]. Chinese Journal of Medical Education, 2022,42(2): 115-118 (in Chinese).
- [2] 王艳凤, 赵国星, 刘畅, 刘艳华, 刘寅. 基于“以学为中心”的医学微生物学课程教学改革与实践[J]. 微生物学通报, 2022, 49(4): 1524-1534.  
WANG YF, ZHAO GX, LIU C, LIU YH, LIU Y. Reform and practice of Medical Microbiology course based on learning-centered teaching philosophy[J]. Microbiology China, 2022, 49(4): 1524-1534 (in Chinese).
- [3] JENKINSON HF, LAMONT RJ. Oral microbial communities in sickness and in health[J]. Trends in Microbiology, 2005, 13(12): 589-595.
- [4] BLASER MJ, FALKOW S. What are the consequences of the disappearing human microbiota?[J]. Nature Reviews Microbiology, 2009, 7(12): 887-894.
- [5] BUCH PJ, CHAI YR, GOLUCH ED. Bacterial chatter in chronic wound infections[J]. Wound Repair and Regeneration, 2021, 29(1): 106-116.
- [6] FAN Y, PEDERSEN O. Gut microbiota in human metabolic health and disease[J]. Nature Reviews Microbiology, 2021, 19(1): 55-71.
- [7] JÄRBRINK-SEHGAL E, ANDREASSON A. The gut microbiota and mental health in adults[J]. Current Opinion in Neurobiology, 2020, 62: 102-114.
- [8] DOMINGUEZ-BELLO MG, GODOY-VITORINO F, KNIGHT R, BLASER MJ. Role of the microbiome in human development[J]. Gut, 2019, 68(6): 1108-1114.
- [9] LÜ J, GUO L, LIU JJ, ZHAO HP, ZHANG J, WANG JH. Alteration of the esophageal microbiota in barrett's esophagus and esophageal adenocarcinoma[J]. World Journal of Gastroenterology, 2019, 25(18): 2149-2161.
- [10] LEVKOVICH SA, RENCUS-LAZAR S, GAZIT E, LAOR BAR-YOSEF D. Microbial prions: dawn of a new era[J]. Trends in Biochemical Sciences, 2021, 46(5): 391-405.
- [11] MA JY, WANG F. Prion disease and the 'protein-only hypothesis'[J]. Essays in Biochemistry, 2014, 56: 181-191.
- [12] GEORGE MG. Bergey's Manual of Systemic Bacteriology (Volume 2)[M]. Second Edition. Berlin: Springer, 2005.
- [13] 李兰娟, 任红. 传染病学[M]. 9 版. 北京: 人民卫生出版社, 2018.

- LI LJ, REN H. Infectious Diseases[M]. 9th ed. Beijing: People's Medical Publishing House, 2018 (in Chinese).
- [14] LAWSON PA, CITRON DM, TYRRELL KL, FINEGOLD SM. Reclassification of *Clostridium difficile* as *Clostridioides difficile* (hall and O'Toole 1935) Prévot 1938[J]. Anaerobe, 2016, 40: 95-99.
- [15] JEONG CS, HWANG J, DO H, CHA SS, OH TJ, KIM HJ, PARK HH, LEE JH. Structural and biochemical analyses of an aminoglycoside 2'-N-acetyltransferase from *Mycobacterium smegmatis*[J]. Scientific Reports, 2020, 10: 21503.
- [16] 李彤, 庄辉. 医学微生物学教学中病毒分类学更新要点分析[J]. 中华医学教育杂志, 2013, 33(1): 37-39.
- LI T, ZHUANG H. An analysis on some updated outlines of virus taxonomy applied to the course of Medical Microbiology[J]. Chinese Journal of Medical Education, 2013, 33(1): 37-39 (in Chinese).
- [17] 李凡, 徐志凯. 医学微生物学[M]. 9 版. 北京: 人民卫生出版社, 2018.
- LI F, XU ZK. Medical Microbiology[M]. 9th ed. Beijing: People's Medical Publishing House, 2018 (in Chinese).
- [18] 郭晓奎, 潘卫. 病原生物学[M]. 3 版. 北京: 科学出版社, 2021.
- GUO XK, PAN W. Medical Microbiology and Parasitology[M]. 3rd ed. Beijing: Science Press, 2021 (in Chinese).
- [19] 柳枝, 刘星吟. 浅析“医学微生物学”教学中融合微生态教育的重要性[J]. 教育教学论坛, 2021(30): 25-28.
- LIU Z, LIU XY. Analysis on the importance of integrating microecology education in medical microbiology course teaching[J]. Education and Teaching Forum, 2021(30): 25-28 (in Chinese).
- [20] 吴仲文, 郭晓奎, 唐立, 袁杰力, 郑鹏远, 黄志华, 李兰娟. 《医学微生物学》变更为《医学微生物与微生态学》的探讨[J]. 医学与哲学, 2022, 43(2): 78-81.
- WU ZW, GUO XK, TANG L, YUAN JL, ZHENG PY, HUANG ZH, LI LJ. Exploration of Integration of Medical Microbiology with Microecology[J]. Medicine and Philosophy, 2022, 43(2): 78-81 (in Chinese).
- [21] GUO XK. Medical Microbiology[M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2018.
- [22] 彭宜红. 北京大学医学部《医学微生物学》课程体系改革与研究[J]. 微生物与感染, 2014, 9(1): 28-30.
- PENG YH. The construction of a new curriculum for Medical Microbiology[J]. Journal of Microbes and Infections, 2014, 9(1): 28-30 (in Chinese).