



中国科学院教材建设专家委员会规划教材
全国高等医药院校规划教材

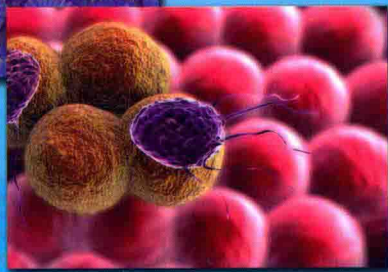
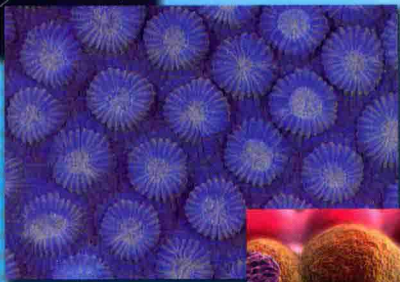
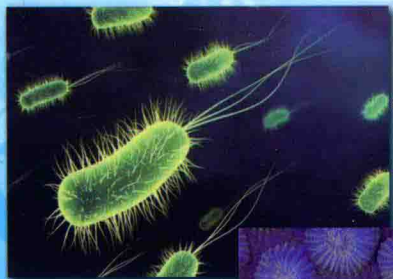
案例版™

供预防医学类、卫生检验类、食品质量与安全等专业使用

卫生微生物学

第2版

主编 王金桃 白华民



科学出版社

中国科学院教材建设专家委员会规划教材
全国高等医药院校规划教材

供预防医学类、卫生检验类、食品质量与安全等专业使用

案例版TM

卫生微生物学

第2版

主 编 王金桃 白华民
副主编 谷康定 郑 铃 王德全
编 委 (按姓氏汉语拼音排序)

白华民(包头医学院)

冯福民(华北理工大学)

郭莲仙(广东医科大学)

邱服斌(山西医科大学)

王德全(广东药科大学)

王凯娟(郑州大学)

吴 倩(南京医科大学)

丁 玲(山西医科大学)

谷康定(华中科技大学)

胡前胜(中山大学)

宋艳艳(山东大学)

王金桃(山西医科大学)

温红玲(山东大学)

郑 铃(福建医科大学)

编写秘书 丁 玲

科学出版社

北 京

郑 重 声 明

为顺应教育部教学改革潮流和改进现有的教学模式,适应目前高等医学院校的教育现状,提高医学教学质量,培养具有创新精神和创新能力的医学人才,科学出版社在充分调研的基础上,引进国外先进的教学模式,独创案例与教学内容相结合的编写形式,组织编写了国内首套引领医学教育发展趋势的案例版教材。案例教学在医学教育中,是培养高素质、创新型和实用型医学人才的有效途径。

案例版教材版权所有,其内容和引用案例的编写模式受法律保护,一切抄袭、模仿和盗版等侵权行为及不正当竞争行为,将被追究法律责任。

图书在版编目(CIP)数据

卫生微生物学 / 王金桃, 白华民主编. —2 版. —北京: 科学出版社, 2017.1

中国科学院教材建设专家委员会规划教材·全国高等医药院校规划教材

ISBN 978-7-03-050591-0

I. ①卫… II. ①王… ②白… III. ①卫生学-微生物学-医学院校-教材
IV. ①R117

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 268375 号

责任编辑: 王 颖 / 责任校对: 郑金红

责任印制: 赵 博 / 封面设计: 陈 敬

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京市密东印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2008 年 8 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2017 年 1 月第 二 版 印张: 15 1/2

2017 年 1 月第四次印刷 字数: 368 000

定价: 45.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

卫生微生物学是研究环境中与人类健康相关微生物的生态特征以及与环境相互作用的规律,监测与评价微生物对人类健康及生存环境的影响,从而制订利用有益微生物和控制有害微生物对人类健康、生产和生活影响的策略与措施的科学。随着病原微生物-环境-宿主关系模式在疾病与健康中重要地位的确定,卫生微生物学已成为卫生检验、医学检验专业的主干课程,以及公共卫生和预防医学专业的基础学科。

《卫生微生物学(案例版)》教材是科学出版社在充分调研的基础上,引进国外先进的教学理念,独创案例与教学内容相结合的编写模式,极大地丰富了教材的信息资源。从2009年第1版教材问世以来,受到广大师生的普遍认同和赞誉。为了适应卫生微生物学理论体系和检验技术不断改革、创新与发展的需求,在科学出版社的大力支持下,在充分收集使用教材师生的意见和组织专家多次论证的基础上,我们组织编写了《卫生微生物学(案例版,第2版)》。在内容和体系安排上力求将新的学科知识、新的科研成果与案例紧密结合,形成本学科新型的、较有特色的内容,主要体现在:①突出“三基、五性、三特定”原则,采用创新性编写模式,用案例引导教学,丰富教学内容,提高学习效率。②树立精品意识,优化理论体系,进一步强化教材编写的科学性、系统性、完整性和新颖性,整合并优化原有教材内容的优势,完善和增加学科理论体系和案例分析,增加理论向实践的过渡内容。③精选体现典型的相关知识,且具有代表性、启发性和实用性的案例,突出重点,细化分析。④树立前瞻性理念,及时更新理论知识、标准规范和检测技术,突出本学科与时俱进、不断创新的特点。

本教材由第1版的13章修订为14章,其中,1~4章主要介绍卫生微生物学的基本理论、基本原理和基本方法与技术;第5~12章主要介绍不同环境、不同物品中的微生物;第13~14章重点介绍公共场所及医学环境中的微生物。主要调整与修订的内容:①绪论部分在对卫生微生物学发展历史进行归纳的基础上,新增了卫生微生物学对医学发展的贡献,为了突出学科特色,删除了原来主要介绍

“微生物特点及作用”的内容，新增了卫生微生物学的学科特征，系统归纳了学科的主要内容和任务；②从微生物对人类生存环境和健康影响应主要关注其卫生学意义的角度，将原“第9章特殊环境中的微生物”的内容简化，归入“环境中微生物的主要类群”；③考虑到国内外目前对食品卫生管理的重视以及新型管理模式不断推进，将原“第10章食品微生物”中“第6节食品安全预防体系”的内容进一步细化，单独设立了“食品安全”一章；④结合卫生微生物学科的特色，考虑到目前公共场所、医疗场所环境中微生物的危害性与管理特殊性，增加了“公共场所微生物”和“医院环境与实验室微生物”两章内容；⑤每章最后一节均增设了“研究进展与展望”的内容，力求让学生和读者把握本学科的前沿动态和最新进展，开阔视野，激发其不断探索意识，培养勇于创新的精神。此外在理论教材修订的基础上，增加了卫生微生物学配套教材，构建了《卫生微生物学（案例版）》立体化教材体系。

参加本教材的编写人员来自全国12个医药类高等院校，具有丰富的卫生微生物学教学和科研经验。全体编委目标明确，齐心协力，不辞辛苦，共同努力，在不到一年的时间里圆满完成了编写任务；第二主编白华民教授及副主编谷康定教授、郑铃教授、王德全教授，分担了大量的审稿、定稿工作；秘书丁玲老师，在教材编写的组织协调、定稿会安排和统稿过程中，承担了大量琐碎细致的任务。在此，向付出辛劳与心血的各位编委致以诚挚的感谢！

收笔之时，谨代表全体编委，感谢科学出版社高等医学教育分社李国红社长、责任编辑王颖对编写工作的大力支持和帮助！感谢山西医科大学公共卫生学院为本教材建设给予的关心和支持！

鉴于主编水平和能力有限，本书难免有不妥之处，诚恳期望各院校老师、同学和广大读者提出宝贵意见和建议。

王金桃

2016年10月

目 录

第一章 绪论	1	第五章 水环境微生物	76
第一节 卫生微生物学的发展简史	1	第一节 水微生物的生境特征及分布	77
第二节 卫生微生物学的基本概念与内容	5	第二节 水微生物的检测与卫生标准	85
第三节 卫生微生物学的基本特征与应用	7	第三节 水微生物的污染及其预防与控制	88
第四节 卫生微生物学与其他学科的关系及发展前景	9	第四节 水微生物研究前景	92
第二章 微生物生态学	13	第六章 空气微生物	93
第一节 基本概念	13	第一节 空气微生物的生境特征及分布	93
第二节 微生物生态学的基本规律	15	第二节 空气微生物的检测与卫生标准	98
第三节 微生物在自然界的分布及其主要类群	19	第三节 空气微生物污染及其预防	103
第四节 微生物生态的平衡与失调	33	第四节 空气微生物研究前景	107
第五节 微生物生态学的应用及研究前景	35	第七章 土壤环境微生物	108
第三章 卫生微生物学检验	38	第一节 土壤微生物的生境特征及分布	108
第一节 卫生微生物学检验的特点和基本原则	38	第二节 土壤微生物的检测与卫生标准	112
第二节 卫生微生物学检验内容和方法	43	第三节 土壤微生物污染及其预防与控制	115
第三节 卫生微生物学检验方法发展趋势	52	第四节 土壤微生物研究前景	122
第四章 消毒与灭菌	54	第八章 食品微生物	125
第一节 概述	54	第一节 食品微生物的分布及生境特征	125
第二节 消毒与灭菌方法	57	第二节 各类食品中的微生物	133
第三节 消毒与灭菌效果的影响因素	68	第三节 食品微生物的检测与卫生标准	137
第四节 消毒与灭菌效果的监测与评价	70	第四节 食品微生物污染的预防与控制	140
第五节 消毒与灭菌的应用及发展前景	75		

第五节 食品微生物研究前景·····	141	及分布·····	190
第九章 食品安全·····	143	第二节 化妆品微生物的检测与卫	
第一节 食源性疾病·····	143	生标准·····	194
第二节 食物中毒·····	145	第三节 化妆品微生物污染的预防	
第三节 食品安全预防管理体系···	159	与控制·····	199
第四节 食品安全相关政策·····	161	第四节 化妆品微生物研究前景···	200
第五节 食品安全研究前景·····	163	第十三章 公共场所微生物·····	202
第十章 药品微生物·····	165	第一节 公共场所微生物的生境特	
第一节 药品生境与微生物分布		征及分布·····	202
特征·····	165	第二节 公共场所微生物检测与卫	
第二节 药品微生物检验与卫生		生标准·····	206
标准·····	170	第三节 公共场所微生物污染的预	
第三节 药品微生物污染的预防与		防与控制·····	211
控制·····	175	第四节 公共场所微生物研究前景···	215
第四节 药品微生物研究前景·····	179	第十四章 医院环境与实验室微	
第十一章 医疗与卫生用品微生物·····	180	生物·····	217
第一节 医疗用品中的微生物·····	180	第一节 医院环境微生物·····	217
第二节 卫生用品中的微生物·····	185	第二节 实验室环境微生物·····	229
第三节 医疗与卫生用品微生物研		第三节 医院环境与实验室微生物	
究前景·····	189	研究前景·····	237
第十二章 化妆品微生物·····	190	参考文献·····	239
第一节 化妆品微生物的生境特征		中英文对照·····	240

第一章 绪 论

卫生微生物学是研究环境中与人类健康相关微生物的分布与生态特征,以及与环境相互作用规律的学科。通过监测与评价微生物对人类健康及生存环境的影响,从而制订利用与促进有益的微生物、控制或消除有害微生物的策略与措施。随着病原微生物—环境—宿主关系模式在疾病与健康中重要地位的确定,卫生微生物学不仅是卫生检验、医学检验专业的主干课程,而且已成为公共卫生和预防医学专业的基础学科。现代科学技术的迅速发展,极大地促进了卫生微生物学学科的发展。卫生微生物学作为一门富有活力的年轻学科,广泛应用于人类生产、生活、医疗卫生、预防保健和环境保护等各个领域,为促进人类社会的发展和人民健康水平的提高做出了较大贡献,并发挥着越来越重要的作用。

案例 1-1

湖泊生态系统中,细菌是最为敏感并极易受环境影响的微生物类群之一。细菌不仅是有机物的分解者,也是微食物网中最重要的核心组分之一,对促进水体中物质循环及保持水环境的生态平衡具有重要意义。某课题组于2010年6月~2011年6月对在新疆博斯腾湖9次采样获得的140份样品,采用表面荧光显微镜直接计数法观察和描述了博斯腾湖细菌丰度的时空分布规律,并用广义可加模型(GAM)阐释了细菌丰度与环境因子的关系。结果表明,博斯腾湖细菌丰度存在季节差异(夏季最高,冬季最低),湖区内不同区域的细菌丰度在不同季节也存在较大差别。GAM分析结果表明,温度、溶解性有机碳(DOC)、叶绿素a、电导率、浊度5个环境因子对细菌丰度的影响较大,累积贡献率达81.2%,其中温度贡献最大(63.3%),DOC、叶绿素a、电导率和浊度的贡献率分别为12.5%、2.7%、1.7%和1.0%,细菌丰度与这5个环境因子之间呈正相关($P<0.01$)。当温度超过22℃时,影响细菌丰度的主要因子为DOC。结果提示,温度是影响博斯腾湖细菌季节差异的主要因子,而DOC、叶绿素a、电导率和浊度是影响博斯腾湖细菌空间分布的主要因子。

问题:

上述研究中,应用了卫生微生物学的基本思维理念,那么:

1. 如何理解卫生微生物学的基本概念?
2. 卫生微生物学研究的主要内容是什么?
3. 卫生微生物学具有什么特点?
4. 卫生微生物学的主要用途有哪些?

第一节 卫生微生物学的发展简史

一、卫生微生物学的形成与发展

卫生微生物学是微生物学的重要分支,是预防医学的基础学科。追溯卫生微生物学的发展历程,可谓历史渊源久远而学科建立晚近,从微生物的发现到微生物卫生学观念的建立,从疾病生物学病因论到疾病病因模型的建立,无不与卫生微生物学学术思想的形成及学科的发展密切相关。

(一) 微生物的发现为卫生微生物学的基础

卫生微生物学的萌芽几乎与微生物发现的历史同步。17世纪,荷兰人列文虎克(Antony van



Leeuwen-hoek, 1632—1723) 发明了世界上第一部能放大 266 倍的显微镜, 并发现和记载了污水、齿垢、粪便中有球形、杆状和螺旋样等形态的微小生物, 为微生物的存在提供了科学证据。进入 19 世纪中期, 以法国的巴斯德 (Louis Pasteur, 1822—1895) 和德国的郭霍 (Robert Koch, 1843—1910) 为代表的科学家将微生物的研究从形态描述推进到生理学研究阶段, 揭示了微生物是造成腐败发酵和人畜疾病的原因, 并建立了分离、培养、接种和灭菌等一系列独特的微生物技术, 从而奠定了微生物学的基础。

微生物的发现, 对疾病发生原因和防治疾病的思维建立起到了里程碑的作用。巴斯德通过观察培养基暴露于空气中次日即可见到云雾状混浊的现象, 发现在空气中存在微生物, Schroder 和 Von Dusch 用加棉毛物堵塞过滤空气可延长肉类、麦芽保存的时间, 验证了空气中存在微生物并提出预防微生物污染食物的方法, 英国医师 William Hunter 发明了用纱布口罩预防空气微生物在人群中的传播, 对空气传播传染病的预防和控制起到重要作用。19 世纪后半叶, 巴斯德作为奠基者创建了微生物学 (microbiology)。微生物学包括应用微生物学和基础微生物学, 在应用方面, 对人类疾病和躯体防御功能的研究, 促进了医学微生物学和免疫学的发展。进入 20 世纪, 弗莱明 (Fleming, 1881—1955) 首先发现了青霉素 (1928 年), 继而瓦克斯曼 (Waksman, 1888—1973) 发现了链霉素 (1943 年), 抗生素的发现, 使人类进入了合成新药的新时代, 同时, 瓦克斯曼对土壤中放线菌的研究成果导致了工业微生物学的产生。微生物学的建立, 使医学、生物学、农业和许多相关产业发生了重大变革, 为人类研究疾病和预防疾病提供了重要的理论基础。

知识窗 1-1

微生物的共性与特性

微生物具有各种生物都具有的共性特征: ①能从外环境中摄取营养, 并将代谢物排入外环境; ②具有将自身形态及生理特征传递给后代的遗传性和发生形态及生理特征变化的变异性; ③能生长繁殖; ④对生存条件变化具有反应性。

此外, 微生物与高等生物、植物相比, 又具有其独特特点: ①个体微小、结构简单: 这一特点决定了微生物需要在显微镜下观察, 它们的每个细胞均可直接与外界环境进行物质交换。②易变异、种类多: 对环境变化敏感, 对变化的环境适应过程中, 发生遗传或形态变化, 形成众多的种类。③分布广: 在自然界分布极广, 整个生物圈内凡是有生物的地方均有微生物存在。④繁殖快、作用广: 使得微生物在消除环境污染物、工业生产、食品加工等方面具有巨大应用潜力。⑤代谢方式灵活: 不同微生物具有不同的代谢方式, 在不同环境条件下, 微生物又具有不同的代谢方式, 使之适应不同的生境, 并执行新的功能。

(二) 卫生学的思维为卫生微生物学形成的指导思想

远古时代的医学已经注意到疾病的人群现象, 关注到人类疾病与自然、社会的关系。2400 年前, 希腊医师希波克拉底 (Hippocrates, 公元前 460—377) 所著的《空气、水及地点》和我国医学界提出的金木水火土“阴阳五行学说”, 均体现了疾病发生受自然环境影响的唯物史观。面对当时肆虐人类严重的传染病的广泛流行, 不断提出对传染病防治的措施, 如在《希波克拉底文集》中有关传染病的《瘟疫》和《急症饮食》等体现了疾病的防治原则, 我国《周易》记载有传染病 (疔、疫、蛊、疟、癘、风) 和《山海经》记载有疽痈及疾疥 (疥、瘰、疣、癬等) 的诊治等。通过对传染病流行的观察使古代医生们注意到疾病蔓延的规律, 意识到仅靠治疗患者并不能阻止瘟疫流行, 如我国《黄帝内经》(公元前 3 世纪) 中就有“余问五疫之至, 皆相染易, 无问大小, 病状相似”的记载, 隋开皇初年 (公元 581—589 年) 就有专门用以隔离麻风患者的“病人坊”等。1849 年, John Snow 首次提出水是霍乱流行的传播途径, 他应用描述性研究方法, 找到当时伦敦宽街霍乱暴发的原因为街道集中供水水井被活的生物污染所致, 政府采纳了他封闭水源的建议,



使暴发事件得以平息。虽然他未成功分离到霍乱弧菌,但结论获得后人公认。Snow 追溯霍乱流行原因的成功,揭示了微生物在群体中传播与人群疾病流行紧密相关,也开启了探讨微生物与环境因素的关系以预防和控制疾病发生与流行的新篇章。

18 世纪末至 19 世纪初,欧洲的科学和技术发展很快,由于城市人口集中,卫生状况差,为病原微生物的传播提供了有利条件,导致鼠疫、伤寒、斑疹伤寒、天花、霍乱、麻风、梅毒等传染病广泛流行,对人类健康构成严重威胁。以微生物学为基础,通过调查研究,发现微生物在传染过程中的病原作用,致使人们得以研究并使用有力武器与传染病作斗争。这些早期的成就使人类不仅认识到病原微生物可引起相关危害,更重要的是建立了环境因素与病原微生物之间具有密切关联的卫生微生物学的思维。随着医学的逐渐发展,特别是在对微生物与环境中各种物质和因素变化关联性的建立,逐步建立了早期防治疾病的思想,为卫生微生物学学科的建立提供了重要思维指导。

(三) 微生物学科的分化为卫生微生物学形成的条件

微生物学研究来源于实践,并以解决医学和生产活动中的问题为目的,一开始就涉及卫生微生物学问题。19 世纪末至 20 世纪初是微生物学发展的黄金年代,全球在巴斯德和郭霍的微生物学研究辉煌成就影响下,形成了研究病原生物的热潮。随着传染病大部分病原体的发现,形成了生物学病因观念,甚至有认为“微生物是有害的”的片面观点。随着研究的深入,人们发现,微生物能够致病,造成食品、布匹、皮革等发霉腐烂,但微生物也有有益的一面,例如,抗生素的使用在第二次世界大战中挽救了无数人的生命,有些微生物被广泛应用于工业发酵,生产乙醇、食品及各种酶制剂等,有些微生物能够降解塑料、处理废水、废气等,并且成为可再生资源的潜力极大。随着科学的进步与研究的深入,人们渐渐从正常微生物群(normal microbiota)、微生物生态学(microbial ecology)和微生态学(microecology)角度审视和研究微生物,尤其是 20 世纪 70 年代微生物生态学的进展,为卫生微生物学研究微生物与外界环境的关系奠定了理论基础。

20 世纪是现代微生物学的快速发展时期,随着化学、量子化学、生物化学、物理学、核物理学、光学、遗传学、生物学、分子生物学、细胞生物学、生物工程学、免疫学、生态学和微生态学等学科的进展,以及电子显微镜技术、酶免疫及酶组化技术、核酸杂交技术和核酸序列测定技术、气相和液相色谱技术、各种标记技术和酶及放射免疫分析技术、基因芯片技术、计算机和各种自动化分析仪器的广泛应用,使微生物学得到了迅速而深入的发展。为了解决不同领域与微生物相关的理论和实际问题,微生物学产生了许多分支学科,如细菌学、病毒学、免疫学、临床微生物学、药品微生物学、兽医微生物学、口腔微生物学、食品微生物学、环境微生物学、微生物生态学、卫生微生物学或公共卫生微生物学等。微生物学分支学科的不断建立和发展,丰富了微生物学研究的内涵,与此同时,卫生微生物学作为一门独立学科诞生。

(四) 卫生机构的建立为卫生微生物学形成的保障

从卫生学的需要出发,1919 年美国在耶鲁大学和霍普金斯大学分别建立了卫生系,1920 年莫斯科成立国家科学公共卫生研究所。在我国,1929 年设立了卫生部,下设医政、保健、防疫、统计等科,1930 年设立海关检疫处,1932 年卫生部设立中央卫生设施实验处,作为学术研究机构,下设九个系,包括从事微生物、疫苗、寄生虫等公共卫生方面的研究。这些机构的建立为卫生微生物学学科的建立和发展奠定了重要基础。

在全球大多数医学和公共卫生学院的课程中,均有卫生微生物学或相关部分的内容。尽管名称各异,如在欧美称为卫生微生物学、应用微生物学、微生物学在公共卫生中的应用,在日本称为公共卫生微生物学等,但卫生微生物学的学科地位在世界范围内已经确立。在我国,1983 年由郁庆福和杨均培教授主编,上海医科大学、华西医科大学、中国医科大学、湖南医学院和山西医学院 5 个医学院校共同编写的国内第一本《卫生微生物学》规划教材问世,标志着我国卫生微生物学



物学科的建立，同时也确立了卫生微生物学作为公共卫生专业基础课的地位。

在全球生产高速发展、环境污染日趋严重、新病原因子不断发现、对外贸易不断发展、人们经济和生活水平不断提高的形势下，卫生微生物学的形成与发展顺应了人类防治疾病和维护健康、保护环境和发展生产的时代要求，现代科学技术进步和其他学科的发展也为卫生微生物学的兴起提供了条件。通过 30 多年的发展，卫生微生物学已得到我国公共卫生和预防医学，乃至医疗卫生领域的广泛认同及普遍应用，为医学院校的教学、科研、人才培养，医疗卫生保健、医药及食品工业、工农业生产、环境治理和保护、生态平衡的保持和可持续发展做出了重要贡献。

二、卫生微生物学对医学发展的贡献

医学的发展与人类社会、经济、文化和科学技术的发展与进步密切相关，且离不开医学各学科的发展与进步，卫生微生物学虽然在医学领域属于年轻学科，但对医学发展的贡献具有特殊价值和意义。

19 世纪后半叶，微生物学的问世对传染病学、流行病学、外科学的发展发挥了重要作用，尤其在传染病研究中，发现了微生物在传染过程中的病原作用和流行过程中与宿主和环境的关系。以德国的郭霍为代表的一代微生物学家，创建了利用固体培养基从环境和患者标本中分离纯化培养和鉴定细菌的方法，为多种病原菌的发现提供了重要的实验手段，使得炭疽芽孢杆菌、伤寒沙门菌、结核分枝杆菌、霍乱弧菌、白喉杆菌、葡萄球菌、破伤风梭菌、肉毒梭菌、脑膜炎奈瑟菌、鼠疫耶尔森菌、痢疾志贺菌等相继被发现和成功分离。同一时期，俄国的伊凡诺夫斯基(Ивановский И.Д.)于 1892 年发现了第一个病毒——烟草花叶病毒，其后学者们发现了口蹄疫病毒、黄热病病毒和细菌病毒(噬菌体)，随后又相继分离出许多人、动物和植物的致病性病毒。这些成果的取得，为传染性疾病的诊断及与病原微生物感染相关疾病的筛查提供了生物学理论，极大地推进了微生物与疾病、微生物与环境关系研究的进程，建立了从卫生微生物学的角度预防疾病、促进健康的思维。

微生物对人类最重要的影响之一是导致传染病的流行，在人类疾病中有 50%是由病原微生物引起。微生物导致人类疾病的历史，也就是人类与之不断斗争的历史，在疾病的预防和治疗方面，人类取得了辉煌成就。从 1348 年意大利人在威尼斯拉古萨(Ragusa)城设立了世界上第一个检疫站，规定外来船只港外停留 40 天接受检疫以预防输入性传染病，到 16 世纪，卫生检疫在世界范围内普遍开展，并建立健康证书制度。从匈牙利人山姆威斯(Semmelweis, 1818—1865)主张用漂白粉溶液洗手避免分娩感染，到一系列消毒灭菌技术在预防和控制传染病传播和流行中的应用，无不体现了控制微生物在人群和外界环境中的传播预防疾病的早期理念。基于此，形成了目前对传染病进行病原学检测、人群监督、预测预警的一系列策略和措施。

随着微生物学的发展，免疫学应运而生。事实上早在公元 10 世纪人们已对传染与免疫有了较为明确的认识，从 11 世纪我国宋朝峨眉山道人以天花患者的疱浆接种预防天花，到 18 世纪末英国琴纳(Edward Jenner, 1749—1823)用牛痘预防天花，为疾病预防开辟了有效途径。许多传染病，如结核、脊髓灰质炎、白喉、百日咳、破伤风、麻疹、流行性脑膜炎、乙型病毒性脑膜炎、乙型病毒性肝炎等的有效控制，与免疫预防接种密切相关，特别是于 1977 年在全球范围内消灭了天花的具有伟大历史意义的成就，证明科学实施预防措施是控制甚至是消灭危害人类健康传染病的根本措施。近年来，针对病原微生物相关的慢性非传染病的研究取得了突破性进展，尤其是基于人乳头瘤病毒(HPV)为宫颈癌主要病因的研究结论，将宫颈癌定位为可通过 HPV 疫苗的广泛接种而被消灭的癌症。

微生物千姿百态，有些具有腐败性而引起食物变质和组织结构的不良变化，但有许多微生物是有益的。1928 年英国的弗莱明首先发现了青霉素并成功用于疾病的治疗。青霉素的发现，使人类找到了一种具有强大杀菌作用的药物，结束了传染病几乎无法治疗的历史，挽救了无数人的生



命,由此出现了寻找抗生素新药的高潮,人类进入了合成新药的新时代。工业微生物涉及食品、制药、冶金、采矿、石油、皮革、轻化工等多种行业,通过微生物发酵途径生产抗生素、丁醇、维生素 C 及一些风味食品,某些特殊微生物参与皮革脱毛、冶金、采油采矿等生产过程,某些微生物菌体(如苏云金芽胞杆菌)可直接作为天然的生物农药,广泛应用于农业生产。对工业微生物开展的基因组研究,不断发现新的特殊酶基因及重要代谢过程和代谢产物生成相关的功能基因,并将其应用于生产以及传统工业、工艺的改造,同时推动现代生物技术的迅速发展。21 世纪,微生物产业除了更广泛地利用和挖掘不同生境(包括极端环境)的自然资源微生物外,基因工程菌将形成一批强大的工业生产菌,生产外源基因表达的产物,特别是药物的生产将出现前所未有的新局面,结合基因组学在药物设计上的新策略,将出现以 DNA 或 RNA 为靶标的新药物,如反义寡核苷酸、肽核酸、DNA 疫苗等,为人类征服癌症、艾滋病等疾病带来了希望。近年来,借助分子生物学技术,从基因组学研究的角度,为扩大微生物的有效利用开辟了新的视野。

随着人类生产、生活领域及其规模的不断扩大,特别是包括煤炭和石油等矿物能源及生物外源性有毒、有害物质,生物难降解化学品的广泛开发和利用,排放的污染物数量突破了自然环境所固有的自净负荷,给自然环境和生态平衡造成了严重污染和破坏,不仅阻滞了经济的可持续发展,而且直接影响到人类的健康和生活。微生物作为生物界的主要降解类群,具有高效降解和转化的能力,且不易造成二次污染,在污染物的降解转化、固体废弃物处理、塑料降解和重金属转化、化合物分解、石油污染修复、资源的再生利用、无公害产品的生产开发、生态保护等方面发挥了重要作用。

第二节 卫生微生物学的基本概念与内容

一、基本概念

卫生微生物学(sanitary microbiology)是研究与人类健康相关的微生物分布和生态特征及其与环境相互作用的规律,以及对人类健康的影响和应对方略的科学。通过监测与评价微生物对人类健康及生存环境的影响,从而制订一系列有效策略与措施,控制或消除有害微生物对人类健康、生产和生活的不利影响,利用与促进有益微生物的效应。

卫生微生物学的基本概念,揭示了卫生微生物学的研究对象、核心内容和主要目标。

1. 研究对象 卫生微生物学的研究对象包括两大方面,一是环境中与人类健康相关的微生物,即卫生微生物;二是卫生微生物所处的环境。卫生微生物种类繁多,包括存在于自然界的所有微生物,即与人类直接或间接接触或涉及人类活动场所中已知或未知的微生物,包括对人类致病与非致病的微生物,对人体有害和有利的微生物。卫生微生物所处的环境包括空气、土壤、水等地质地理和空间环境,医院、公共场所等人类日常接触的生活环境,食品、化妆品、医药用品等物品环境,以及微生物定居、生长、繁殖的宿主机体环境。

2. 核心内容 卫生微生物学主要研究微生物的分布和生态特征及其与环境之间相互作用的关系与规律。涵盖两方面主要内容:①从卫生学和以预防为主的观念出发,研究病原微生物和非病原微生物的种类、分布、消长和传播规律,以及其对人类生活和健康的影响。②研究微生物与环境的关系,重点进行各种微生物与其所处环境中的物理、化学环境因子(温度、水、有机和无机物质、酸碱度等)和生物环境因子(宿主及其状态、群落构成、竞争、捕食、寄生及合作等)之间相互作用的关系与规律的研究。

3. 研究目标 探索和阐明微生物对人群健康影响的规律,建立对不同环境中病原微生物和其他有关微生物开展研究的技术和方法,依据实验资料制订卫生标准,分析评价环境卫生状况,提出改善环境卫生条件和净化环境的方法,制订预防和控制环境中有害微生物、促进有益微生物效应的科学策略与措施。

二、研究内容

卫生微生物学的研究内容极其广泛, 主要涉及以下内容:

1. 研究微生物在环境中分布的消长规律 微生物广泛分布于自然界中, 但不同生境 (habitat) 提供了微生物生存、生长的不同环境。卫生微生物学在研究微生物空间分布、时间分布特征的基础上, 探讨不同环境中微生物的种类分布、生存能力、消长规律, 以更好地保护和改良环境、造福人类。例如, 微生物在水体中的分布和数量由于水体环境的不同而不同, 常受水体类型、层次、季节、污染情况等各种因素的影响, 淡水区域的自然环境多靠近陆地, 因此, 淡水中的微生物主要来源于土壤、空气、工业生产废弃物、废水及生活污水、人和动物的排泄物以及死亡腐败的动植物尸体等, 因此, 土壤和空气中的所有细菌、放线菌和大部分真菌, 在水中几乎都能找到, 而地下水一般无有机物污染而很少有甚至无微生物生长繁殖。并且, 微生物对水体中有机物的转化起着关键作用, 而这种作用随着季节的变化而有很大的不同, 夏季较冬季的有机物转化能力强。

2. 研究微生物的生态特点 微生物生态 (microbial ecology) 是指微生物与微生物之间、微生物与其他生物之间以及微生物与自然环境之间的各种相互关系。微生物参与和推动着物质和能量的生物地球化学循环过程, 并在这一系列活动过程中起着非常重要的作用。研究微生物在自然界中的生态演化、自然选择与适应的基本规律, 揭示微生物与生物环境间共生、竞争、拮抗、捕食、寄生、共处等相互作用的生态规律, 探讨微生物在自然环境和生物环境中的生态平衡调节, 成为卫生微生物生态研究的主要内容。根据微生物生态学原理, 可为人类开发利用微生物资源开辟新的途径。

知识窗 1-2

微生物生态系统的特点

微生物生态系统有着不同于其他生态系统的明显特点: ①多样性: 在不同的生态环境中, 有着不同的微生物生态系统, 其组成成分、数量、活动强度和转化过程等均不一样, 每一个特定的生态环境, 都有一个与之相适应而又区别于其他生态环境的微生物生态系统。②稳定性: 在一个特定的环境中, 如无强烈的环境因子冲击, 一般其组成成分、数量、活动强度和转化过程大体上保持稳定。③适应性: 当面临强大的环境因子改变压力, 原有的微生物生态系统受到破坏时, 可以诱导产生新的酶或酶系, 或发育出新的微生物优势类群, 以适应新的微生物生态系统。④物质流和能量流: 在微生物生态系统中的各微生物类群之间, 在物质和能量上具有传递与流动的现象。

3. 研究微生物在疾病传播中的作用 环境中的各种媒介物质 (空气、水、土壤等) 可作为病原微生物的传播途径, 其作用大小和方式是建立在微生物生态研究基础上的。流行病学分析方法可以确定某个或某些因素在病原体传播中起主要作用, 但在阐明传播途径或因素时需要运用卫生微生物学方法, 如污染指标菌测定、病原微生物分离、同源性测定等, 以及从生态学的角度研究微生物和环境之间相互关系。以寻找到改变微生物生长环境和条件的因素, 达到预防疾病的目的。

4. 研究卫生微生物的检验技术和方法 卫生微生物主要涉及外环境中的微生物, 由于外环境的多样化和存在于其中的微生物种类也比人体内菌群复杂和不稳定, 检测外环境中微生物比检验机体内微生物难度要大。应用不同检测技术达到不同的检测目的, 对不同环境和物体中微生物进行定性、定量及来源分析, 成为卫生微生物检测的主要任务。在卫生微生物检测过程中, 不断创新和完善检测技术, 提高检测的灵敏度和特异度, 如采用过滤、沉淀、吸附、浓缩、增菌等方法提高检出率, 应用免疫学方法增强特异性, 采用各种标记技术增加能见度。特别是近年来分子生物学技术的应用, 不仅增加了检测的准确度, 而且可以从微生物基因水平深入研究其结构、功能



以及与环境间的关系。

5. 研究和制定微生物卫生标准 微生物卫生标准的制定, 依据于大量实验室研究、模拟试验及现场调查等积累大量数据, 并根据不同国家的国情制定卫生标准。经过多年的努力, 我国目前已有部分卫生标准, 如水、空气、食品等卫生标准, 但部分标准尚参照其他国家的标准。建立和完善适合中国国情的各种环境卫生标准, 可为卫生微生物监督工作提供理论依据, 获得在国际上公认的卫生标准, 在促进国际外贸交易, 推动经济发展, 提高社会影响力等方面均具有重要意义。

6. 研究如何利用微生物治理和改善环境 随着工农业生产的发展, 环境污染已成为当前重大课题。如何利用指示微生物进行环境污染的检测和评价, 利用微生物在自然界的物质循环中发挥作用的特点和规律, 用于水、土壤等污染环境的修复以及环境中各种重金属转化、有机物的生物降解等, 成为近年来卫生微生物学研究的重要内容和任务。

第三节 卫生微生物学的基本特征与应用

一、基本特征

卫生微生物学作为微生物学的分支学科, 具有独特的学科特征, 主要体现在:

(一) 生态学特征

微生物生态学以研究环境对微生物的种群、数量分布、增殖速度及活力的影响, 微生物群体结构的稳定性及可修饰性, 以及微生物群体对环境的功能, 还有微生物与其生存环境之间、微生物与其他各种生物之间的相互关系、作用和演变规律等为主要内容。卫生微生物学的基本理论基于微生物生态学原理, 探讨微生物的正常生态、生态平衡、生态失调状况及规律, 体现了生态学特征 (ecological characteristics)。

(二) 群体特征

卫生微生物学的核心内容是研究微生物与其环境相互作用, 以及对人类健康的影响。分析其主要内容, 无不体现了显著的群体特征 (population characteristics): 以微生物类群为基础, 进行各种微生物的分布、种群特征及微生物间相互作用的研究; 从大气、水、土壤等宏观环境到食品、化妆品、药品等物品环境的研究, 强调从群体中获得对各种特质环境的代表性样本; 从人群的角度, 探讨微生物与其环境相互作用对人类健康的影响。虽然目前某些研究已达到分子水平, 但是其最终目标仍然是了解这些微观现象的宏观特征。

(三) 外环境微生物为主的特征

与医学微生物不同, 卫生微生物学既要研究微生物与宿主机体的关系, 又要研究微生物与人类生存和活动所及的各种外环境的关系及作用, 尤以后者为主。外环境中的微生物种类繁多, 几乎包括了自然界中所有的微生物, 如存在于空气、土壤、水等地质地理和宇宙环境中的微生物, 存在于食品、化妆品、医院、公共场所等人类日常接触的生活环境或物品环境中的微生物等。从人类生存和接触的外环境角度, 探讨微生物与所处环境的相互作用及其规律, 构成了卫生微生物学明显的学科特点。当然, 基于微生物生态特征, 进行宿主体内微生物与微生物之间、微生物与宿主机体关系的研究, 也是近年来生态医学及卫生微生物学的发展方向。

(四) 预防为主的特征

卫生微生物学是预防医学的分支学科, 以预防为目的为卫生微生物学的重要特征。在研究环境中与人类健康相关微生物的生态特征以及与环境相互作用关系与规律的基础上, 探明环境微生物对环境修复、人群健康的影响, 建立对不同环境中微生物的检测方法, 提出改善环境卫生条件

和净化环境的方法,从而为制订预防和控制环境中有害微生物对人类健康危害的策略提供依据,实现群体水平的一级预防(primary prevention)。

纵观卫生微生物学的发展史,就是一部以促进人类健康为目标,不断完善、不断发展的历史。不同发展时期,人群的疾病谱和健康状态不同,影响疾病和健康的环境因素和微生物种群、分布以及它们之间的相互作用规律也不同,因而,卫生微生物学的主要研究内容、研究任务在不断调整与发展,研究方法和技术在不断完善,并取得了许多令人瞩目的成就。卫生微生物学具备了与时俱进的特征,昭示着学科蕴含着广阔的发展空间。

二、主要作用

卫生微生物学研究的主要目的在于,充分利用有益的微生物使其为人类生产、生活服务,造福人类,同时,控制或消除有害微生物对人类健康、生产和生活的不利影响。卫生微生物学已广泛应用于生产、生活、医疗卫生、预防保健和环境保护等各个领域,主要体现在以下几个方面。

1. 预防和控制感染性疾病 掌握致病菌、条件致病菌和机体正常菌群与宿主相互作用所致疾病的感染、免疫、病程转归和愈后等特点及规律,对环境中季节、气候的变化,自然疫源地和环境储源,人和动植物携带病原因子的扩散、传播特点进行监测,对可能发生的疾病进行及时预测和预报,预防感染性疾病的发生。在传染病及微生物导致的感染性疾病的流行过程中,及时追溯和确定传染来源,控制疾病的进一步扩展。

2. 修复和保护环境 应用微生物的高效降解、转化能力治理环境污染和保护人类生存环境,在污水治理、固体废弃物处理、重金属转化、毒性化合物分解、石油污染治理、大气污染治理等方面发挥重要作用。

知识窗 1-3

微生物技术在废水处理中的应用

微生物技术在废水处理中的应用:①固定化微生物技术:通过采用物理或化学的方法将游离微生物细胞定位于限定的空间区域内,使其不悬浮于水体但保持活性,并可反复使用。②生物膜技术:用天然材料(如卵石),合成材料(如纤维)为载体,为微生物提供附着表面,在其表面形成一种特殊的生物膜,有利于加强对污染物的降解作用。③复合微生物技术:利用现代微生物技术选育优势菌种,构建基因工程菌以提高生物处理系统对难降解有机物的去除能力。

3. 制定国家标准和行业规范 通过对食品、化妆品、药品、医疗卫生用品,以及公共场所、生产、生活和医疗卫生机构等生境中微生物的种群分布和相互作用规律以及利害关系的研究,为这些产品或场所的卫生质量和安全指标制定卫生微生物标准和技术规范,为卫生微生物监督工作提供理论依据,为制定标准和政策服务。

4. 生物治疗 疾病发生的本质是机体内环境的失调,而体内微生物生态失调是感染性疾病发生的本质。基于微生物生态原理,调整微生态是近年来防治微生物性疾病以及微生物感染及其相关问题的一个重要方向。微生态制剂用于肠道疾病的生态防治,利用含有双歧杆菌和乳酸菌的益生菌制剂,有益于预防和治疗溃疡性结肠炎的并发症,对癌症患者实施生物治疗等,均取得了可喜成就,生物治疗成为未来医学极具开发潜力的领域。

5. 应对生物危害和恐怖 对具有强毒性、烈性传染、抵抗力强的微生物,以及对基因工程有害微生物进行深入研究,为防止可能将此类微生物用于生物武器或生物恐怖而制订防御方略和对策。

6. 促进科学发展和科学研究 对不同生境中卫生微生物与环境相互作用的规律进行研究,建



立有关资料信息数据库，为本学科和相关学科提供宝贵的基础和应用资料。

案例 1-1 分析

1. 卫生微生物学是研究与人类健康相关微生物的生态特征,以及与环境之间的相互作用及其规律,监测与评价微生物对人类健康及生存环境的影响,从而制订利用与促进有益的微生物效应,控制或消除有害微生物对人类健康、生产和生活不利影响策略与措施的科学。
2. 卫生微生物学研究的主要内容包括:①研究微生物在环境中的分布消长规律;②研究微生物的生态特点;③研究环境中微生物在传播病原中的作用;④研究卫生微生物的检验技术和方法;⑤研究和制订卫生微生物标准;⑥研究利用微生物治理和改善环境。
3. 卫生微生物学作为微生物学的分支学科,具有独特的学科特征,主要体现在:①生态学特征;②群体特征;③外环境微生物为主的特征;④预防为主的特征;⑤与时俱进的特征。
4. 基于微生物学的原理,以预防医学的理念为指导,卫生微生物学在人类生产、生活、医疗卫生、预防保健和环境保护等各个领域发挥着重要作用。主要表现在:①感染性疾病预防和控制的作用;②制定国家标准和行业规范中的作用;③环境修复和环境保护中的作用;④应对生物危害和恐怖中的作用;⑤生物治疗中的作用;⑥科学发展和科学研究中的作用。

第四节 卫生微生物学与其他学科的关系及发展前景

一、与相关学科的关系

卫生微生物学是一门理论与实践紧密结合的学科,有其独立的研究内容和方法,与其他相关学科既有联系又有区别。

(一) 与医学微生物学科的关系

医学微生物学(medical microbiology)是一门医学的基础学科,主要研究与医学有关的病原微生物的生物学性状、传染致病的机制、免疫学的基本理论、诊断技术和特异性防治措施等,重点从个体角度探讨机体发生传染性疾病和与微生物有关的免疫性疾病的病原因子。卫生微生物学则是研究微生物与环境之间相互作用的科学,重点从群体的角度探讨如何预防有害微生物的危害,促进有益微生物的效应,而且卫生微生物学研究的微生物范围更广,包括致病性微生物和非致病性微生物。从某种程度而言,医学微生物学为卫生微生物学研究提供了理论基础,卫生微生物学是医学微生物学从个体病因研究向群体预防研究的扩展。

知识窗 1-4

表 1-1 医学微生物学与卫生微生物学的区别

区别	卫生微生物学	医学微生物学
学科类别	预防医学	基础医学
微生物	致病和非致病微生物	病原微生物
主要内容	微生物与其所处环境间的关系与相互作用	病原微生物与宿主机体的关系
研究范畴	群体	个体
研究目的	避害扬利,预防为主	寻找病因,便于治疗

(二) 与环境微生物学的关系

环境微生物学(environmental microbiology)为研究自然环境中微生物的类群、结构以及在



物质循环、生态系统中的作用,以预防、控制和治理环境污染为目的的一门学科。卫生微生物学不仅研究自然环境中的微生物,也研究动植物、人类宿主机体微生物,重点研究微生物与所处环境的相互作用及规律,以预防和控制有害微生物对人类健康的影响、促进有益微生物在人类生产和生活中的效用为目的。当然,环境微生物学与卫生微生物学在研究方法、内容等方面有一定交叉,因而也促进了两学科间的优势互补、共同发展。

知识窗 1-5

环境微生物学的概念

环境微生物学是微生物学和环境科学的分支学科,是利用微生物学的原理、方法和技术,研究微生物与其环境的作用规律,从而对人类环境质量进行监测、污染控制和调控的学科。

(三) 与预防医学其他学科的关系

卫生微生物学是卫生检验专业的主干课程,在大气、水、土壤及各种外环境微生物特点与规律研究及检测方法的建立方面,起着重要思维指导作用。卫生微生物学是微生物学在预防医学领域的延伸及重要分支,目前已作为公共卫生和预防医学专业的基础学科,其理论知识和检测技术在环境卫生学、食品卫生学、流行病学等预防医学学科中得到了广泛应用,为相关学科进行生物学研究提供了有力手段。同时,这些学科的理论与方法也不断渗透到卫生微生物学,多学科间的融合极大地推进了预防医学的发展。

(四) 与生物医学其他学科的关系

卫生微生物学是微生物学的一个分支,是一门综合性较强的交叉学科。集生物学、细胞生物学、分子生物学、遗传学、生态学、微生物生态学、动物学、植物学、卫生学、卫生化学、免疫学、生物化学、生物工程学、基因工程学等学科的理论和方法,卫生微生物学与这些学科间形成了不可分割的紧密联系。作为一门实践性极强的学科,卫生微生物学与检验医学、卫生统计学、生物信息学和生物技术学等学科间也形成了天然的关联。

二、发展趋势

卫生微生物学自学科建立以来,在理论和技术方面取得了令人瞩目的成就,并呈现强势的发展势头。随着科学技术的发展,社会经济与人类生活水平的提高,卫生微生物学的发展也将面临更多的挑战和机遇,展望 21 世纪卫生微生物学的发展,将迎来更多、更大的发展空间。

(一) 感染性疾病的预防和控制

目前,尽管慢性非传染性疾病在人类疾病谱中占有较大比例,但许多由病原微生物引起的传染病给人类健康带来的严重危害依然不容忽视。历史上曾经得到控制的肺结核、霍乱等传染病卷土重来,尚有许多不明原因或尚无有效控制办法的疾病正不断出现,如艾滋病、埃博拉病毒感染、非典型肺炎、禽流感、猪链球菌病等。同时,被用于战争的生物武器也对人类安全构成严重威胁。如何有效地控制和应对这些新发和再发传染病病原体造成的公共卫生健康问题和突发事件,深入研究这些病原的生物学特性,阐明其传播途径、致病机制,建立有效的检测方法、防范体系和预警机制,是卫生微生物学必须面对和解决的重要课题。

(二) 环境的修复与保护

人类的生存繁衍和可持续发展依赖于良好的生活环境、安全的食品和水源,保护环境、维护生态平衡以提高土壤、水域和大气的环境质量,创造一个适宜人类生存繁衍、并能生产安全食品