



普通高等教育“十一五”国家级规划教材



北京大学医学教材

医学微生物学

MEDICAL MICROBIOLOGY

■ 朱万孚 庄 辉\主编

北京大学医学出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
北京大学医学教材

医学微生物学

Medical Microbiology

主 编 朱万孚 庄 辉

编 者 (按姓氏笔画排序)

于岩岩	王 玲	王贵强	王爱平	王端礼	冯树异
艾效曼	刘 伟	刘晶星	庄 辉	朱万孚	朱永红
闫 玲	余 进	张建中	李 杰	李 彤	李 奎
李若瑜	李俊茜	杨圣辉	陈锦英	周乙华	尚德秋
侯凤琴	凌斌华	徐国民	曹 杰	彭宜红	斯崇文
魏承毓					

学术秘书 李 彤 闫 玲 尹利民

北京大学医学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

医学微生物学/朱万孚, 庄辉主编. —北京: 北京大学
医学出版社, 2007. 8
ISBN 978-7-81071-817-2

I. 医… II. ①朱…②庄… III. 医药学: 微生物学—医
学院校—教材 IV. R37

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 065872 号

医学微生物学

主 编: 朱万孚 庄 辉

出版发行: 北京大学医学出版社 (电话: 010-82802230)

地 址: (100083) 北京市海淀区学院路 38 号 北京大学医学部院内

网 址: <http://www.pumpress.com.cn>

E - mail: booksale@bjmu.edu.cn

印 刷: 北京佳信达艺术印刷有限公司

经 销: 新华书店

责任编辑: 药 蓉 责任校对: 金彤文 责任印制: 张京生

开 本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 37.5 插页: 2 字数: 950 千字

版 次: 2007 年 8 月第 1 版 2007 年 8 月第 1 次印刷 印数: 1-4000 册

书 号: ISBN 978-7-81071-817-2

定 价: 62.00 元

版权所有, 违者必究

(凡属质量问题请与本社发行部联系退换)

北京大学医学教材基础医学系列

教材编审委员会

主 任：韩启德

副主任：贾弘禔

委 员：(按姓氏笔画排序)

万 有	于恩华	刘 斌	庄 辉
朱万孚	吴本玠	吴立玲	吴鹤龄
库宝善	周柔丽	林克椿	范少光
郑 杰	柯 杨	贾弘禔	顾 江
高兴政	高晓明	韩启德	韩济生

序 言

随着生命科学技术的日新月异,在我国高等教育体制改革的带动下,医学教育教学改革不断深入,医学教育逐渐由职业化教育转向具有职业特点的综合素质教育,着眼于 21 世纪,医学教育将更注重人才的综合培养,不仅要培养学生具有学科专业知识和能力,而且要具有知识面宽、能力强、素质高的特点,注重创新精神、创新意识、创新能力的培养。

1995 年以来,通过教育部、卫生部及北京市等各级教育教学改革项目的研究与实践,我校着力于人才培养模式和课程体系的研究,实现融知识、能力、素质于一体的综合培养,拓宽专业口径,特别强调理论与实践的结合,培养学生自学和创新的精神和能力,树立终身学习的观念;进行了课程内容、教学方法和考核方法的研究和实践;改革教与学的方法,以学生为主体,以教师为主导,引导学生主动学习,注意因材施教,注重加强人文素质的培养,强调在教学过程中的教书育人。

在改革实践中我们深刻认识到教材建设在教学过程中起着重要的作用。但长期以来医学教育一套教材一统天下的局面,未能充分体现各医学院校的办学特点,未能及时反映教学改革及教学内容的更新。为此,我们邀请了北医及部分兄弟院校各学科的专家教授编写了这套长学制教材。

这套教材的编写工作力求符合人才培养目标和教学大纲,体现长学制教学的水平,探索和尝试突破原有教材的编写框架;体现北医教育观念的转变、教学内容和教学方法改革的成果和总体水平,确立以学生为主体的人才培养模式,有利于指导学生学习和思考,有利于训练学生临床思维的能力,培养学生的创新意识;体现教学过程中的“双语”教学要求,将学生必须掌握的词汇编入教材之中,其中部分教材配有英语专业词汇只读光盘。

本套教材汇集了北医及部分兄弟院校的专家教授们多年来积累的知识和教学经验,在编写中也进行了大胆的尝试。衷心希望该套教材的出版能为我国的医学教育贡献一份力量,使医学教育的教材建设能够百花齐放。但是由于学科专业发展的不平衡,教材中难免存在不足之处,欢迎有关专家学者批评指正。

韩启德

2002 年 7 月

前 言

医学微生物学作为基础医学中一门主干学科,其教科书已有多种。新编供八年制等长学制医学生使用的中英文双语教科书《医学微生物学》,历经3年的筹备策划和编写审评,终于付印面世了。本教科书的编写力求融合中外同类教科书之所长,所编入的资料均为公认和定论的内容,除涵盖医学微生物学基础理论、基本知识和基本技能等“三基”内容外,还介绍重要领域的前沿研究和新进展,力争达到“五性”,即逻辑(思想)性、科学性、先进性、启发性和适用性。因此,本教科书除适用于八年制、七年制等长学制医学生教学外,对于五年制医学生的教学,亦可选择使用。根据我校病原生物学系十余年来对医学微生物学的教学改革经验和体会,本教科书在章节编排、内容及格式等方面,有以下四个特点:(1)在“微生物学总论”内容编排上,突破同类教科书多采用的细菌学总论、病毒学总论和真菌学总论的传统模式,而是将具有共性的内容归类编排到相邻章节中,以便减少内容重复并使医学生通过比较分析,学习必要的知识和技能。(2)编写“微生物学各论”突出重点,少而精,但精中不失其详,即重点介绍重要的病原微生物,次要的病原微生物则放在“概述”中简介,不再另列章节叙述,以便培养医学生举一反三的自学能力。(3)医学微生物学是一门形态学与机能学相结合的学科,为使其内容简明扼要和易于理解,本书力求图文并茂并以“双色”印刷,尽量采用直观的示意图、照片及彩图等,以避免长篇文字叙述。(4)本书中细菌的拉丁学名,系依据国际系统细菌学杂志(*International Journal of Systematic Bacteriology*, IJSB)上描述或认可的拉丁文学名,细菌的中文译名则参照被国内外微生物学术界多数学者所认同的《细菌名称英解汉译词典》(军事医学科学出版社,2000年)所载名称。专业学术用语的中文称谓,也遵照被微生物学界大多数专家所认同的原则。

本教科书参编人员以北京大学医学部基础医学院病原生物学系从事医学微生物学教学和科学研究的教授、副教授为主,并请著名流行病学家魏承毓教授,临床医学专家斯崇文教授、王端礼教授、李若瑜教授、王贵强教授及于岩岩教授等,为本书撰稿及评审部分章节。此外,还特邀校外的资深医学微生物学专家刘晶星教授、陈锦英教授、杨圣辉教授、尚德秋研究员和张建中研究员等撰写其专长内容。另请中国医师协会孙乐利美术编辑和吴龙娜医师绘制部分插图。参编的中青年副教授的编写提纲和书稿,均经过高年资教授审定。从本书参编人员和所从事的专业构成中,体现出老中青相结合、教学与科研相结合、基础医学与临床医学及防病实践相结合的特点。

本书能如期出版发行,依靠全体参编作者的共同努力,仰赖北京大学医学出版社的鼎力支持和责任编辑的认真工作。编辑秘书李彤副教授、闫玲副主任技师及尹利民博士也为本书付出了辛勤的劳动,在此一并致谢!

对于本书中的不足甚至错误之处,祈望医学微生物学界同行们及广大读者们给予批评指正!

朱万孚 庄 辉

于北京大学基础医学院病原生物学系

2007年3月8日

目 录

总 论

1	微生物学绪论 Introduction to Microbiology	3
2	细菌的形态与结构 Morphology and Structure of Bacteria	17
3	细菌的分类 Taxonomy of Bacteria	34
4	细菌的增殖与代谢 Growth and Metabolism of Bacteria	42
5	噬菌体 Bacteriophage or Phage	53
6	细菌的遗传与变异 Heredity and Variation of Bacteria	58
7	真菌的生物学性状 Biological Properties of Fungi	69
8	真菌的分类 Taxonomy of Fungi	80
9	病毒的形态与结构 Morphology and Structure of Virus	87
10	病毒的分类 Taxonomy of Virus	93
11	病毒复制 The Replication of Virus	101
12	病毒的遗传与变异 Heredity and Variation of Virus	109
13	微生物的感染与免疫 Infection of and Immunity to Microbe	118
14	细菌感染及其致病性 Bacterial Infection and Its Pathogenicity	124
15	真菌的致病性和免疫性 Pathogenicity and Immunity of Fungi	133
16	病毒感染及其致病性 Viral Infection and Its Pathogenicity	140
17	微生物感染的实验室诊断 Laboratory Diagnosis of Microorganism Infection	157
18	微生物的人群感染 Herd Infection of Microorganisms	177
19	微生物感染的控制措施 Measures for Control of Microbial Infection	189

各 论

20	病原性球菌 Pathogenic Cocci	231
21	肠杆菌科 Enterobacteriaceae	248
22	分枝杆菌属 Mycobacterium	268
23	需氧杆菌 Aerobic Bacillus	279
24	布鲁氏菌属 Brucella	291

25	耶尔森氏菌属 <i>Yersinia</i>	300
26	假单胞菌属 <i>Pseudomonas</i>	305
27	军团菌属 <i>Legionella</i>	311
28	厌氧芽孢梭菌 Anaerobic Spore-Forming Clostridium	316
29	无芽孢厌氧菌 Nonsporing Anaerobia	323
30	放线菌科 Actinomycetaceae	334
31	弧菌属 <i>Vibrio</i>	339
32	弯曲菌属 <i>Campylobacter</i>	347
33	螺杆菌属 <i>Helicobacter</i>	353
34	螺旋体目 Spirochaetales	364
35	枝原体科 Mycoplasmataceae	374
36	立克次氏体目 Rickettsiales	380
37	衣原体科 Chlamydiaceae	386
38	致病性真菌 Pathogenic Fungi	394
39	呼吸道病毒 Viruses of Respiratory Infections	415
40	肠道病毒 Enterovirus	443
41	黄病毒属 <i>Flavivirus</i>	457
42	汉坦病毒属 <i>Hantavirus</i>	470
43	肝炎病毒 Hepatitis Viruses	481
44	疱疹病毒科 Herpesviridae	513
45	人乳头瘤病毒 Human Papillomavirus	525
46	狂犬病病毒属 <i>Lyssavirus</i>	530
47	逆转录病毒科 Retroviridae	539
48	朊粒 Prions	555
	索引	563

总 论

内 容 提 要

- 1.1 自然界中的微生物 (Microorganisms of natural habitat)
 - 1.1.1 微生物的特征 (Characteristics of microorganisms)
 - 1.1.2 微生物的分类 (Classification of microorganisms)
 - 1.1.3 自然环境中的微生物 (Microorganisms of natural habitat)
 - 1.1.4 自然疫源地与自然疫源性疾病 (Natural focus and natural focal infectious disease)
- 1.2 微生物生态学和正常微生物群 (Microecology and normal microbiota)
 - 1.2.1 生态学和微生物生态学 (Ecology and microecology)
 - 1.2.2 正常微生物群 (Normal microbiota)
- 1.3 病原微生物与医学微生物学 (Pathogen and medical microbiology)
 - 1.3.1 病原微生物 (Pathogen or pathogenic germs)
 - 1.3.2 医学微生物学 (Medical microbiology)

微生物 (microorganisms or germs) 为广泛存在于自然界形体微小、结构简单, 用肉眼看不见而必须用显微镜放大数百倍、数千倍, 甚至数万倍才能观察到的一类最低等微小生物。微生物学 (microbiology) 是研究微生物的分类、形态结构、生命活动 (包括生理代谢和生长繁殖等)、遗传与变异、在自然界的分布及其与环境之间相互作用, 以及利用与控制它们的一门科学。

自 1676 年荷兰人 Antony van Leeuwenhoek (1632~1723) 发明了放大 200~300 倍的显微镜后, 人类才可借助显微镜首次在自然界的污水及人的牙垢中观察到微生物的广泛存在, 使微生物学进入形态学研究时代。法国科学家 Louis Pasteur (1822~1895) 坚持进行了 20 余年的“曲颈烧瓶试验”, 最终证明有机物质的发酵和腐败变质可由空气中微生物污染引起 (图 1-1, 1-2), 驳斥了“微生物是发酵的产物和生物自然发生学说”, 并提出加热消毒法即巴斯德氏消毒法 (Pasteurization) 以及成功制备出狂犬病灭活疫苗等。

德国医生 Robert Koch (1843~1910) 于 1875 年创立细菌的固体培养基和细菌染色法, 从而可在外环境中、患者体内或粪便等排泄物中, 分离培养和纯培养细菌并在显微镜下观察, 以及进行动物实验性感染研究 (图 1-3)。此后 10 余年间, 他先后发现炭疽芽孢杆菌、结核分枝杆菌和霍乱弧菌等多种对人和动物的致病菌, 并且提出了生物性病因假设即病因推论的柯赫法则 (Koch's postulates): ①从患者体内可分离出病原体并进行纯培养; ②在其

他病患者或健康个体内未发现此种病原体；③经动物实验能复制出此病；④从实验所复制的该病患动物体内，又可重新分离出此种病原体。

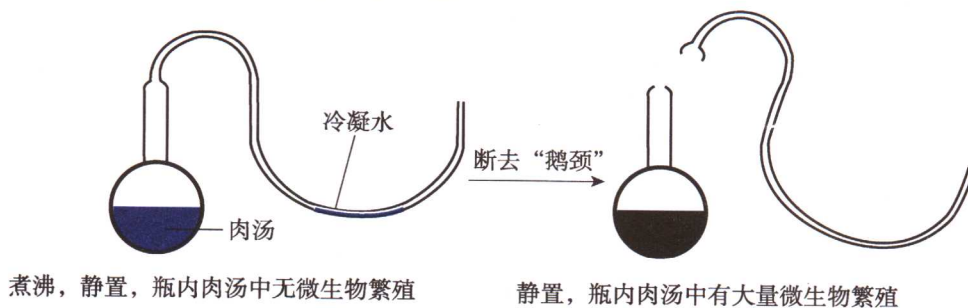


图 1-1 Pasteur's “曲颈烧瓶（鹅颈瓶）试验”（尹利民绘）



图 1-2 Pasteur 在观察“曲颈烧瓶试验”结果



图 1-3 Koch 正在进行炭疽杆菌分离、纯培养、细菌染色和镜下观察

在 19 世纪后期，Pasteur 和 Koch 共同将微生物学研究带入生理学时代，开创了微生物学的分支——医学微生物学（medical microbiology）。自 20 世纪中期以来，随着分子生物学和基因工程技术的进展，则进入细胞水平的分子微生物学（molecular microbiology）时代。

1.1 自然界中的微生物（Microorganisms of natural habitat）

1.1.1 微生物的特征（Characteristics of microorganisms）

微生物概括有十大特征：（1）起源早，应用放射元素示踪计时技术，判定地球的形成约于 46 亿年前，根据对叠层岩（stromatolites）的同位素年龄分析，推断微生物大约于 35 亿年前出现，而人类的出现仅仅才约 300 万年；（2）个体小，以微米（micrometer, μm ）或纳米（nanometer, nm）为微生物大小的测量单位；（3）构造简，由非细胞型生命物质或单细胞或简单多细胞所构成；（4）种类多，现知自然界中有 10 万余种微生物，地球上可能还有 40 万种微生物尚未被发现；（5）数量巨，1 克泥土中约含 3 亿~20 亿个微生物，人的肠道

内正常菌群含有 100~400 种微生物，数量达 100 万亿个之巨。在显微镜下观察，一双手上约有 4 万~40 万个细菌，即使经清水洗过，仍存留着 300 个细菌；(6) 繁殖快，在生物界中以微生物的繁殖最快，例如大肠埃希氏菌繁殖一代的时间——代时 (generation time)，约 18min，每日增殖率高达 1.2×10^{24} ；(7) “食谱杂”，动植物所不能利用的物质甚至剧毒物质，微生物可作为营养利用；(8) “胃口大”，1 个大肠菌每小时可消耗自身重量 2000 倍的糖；(9) 分布广，在水、土壤、动植物体内，在 2km 深层地壳，85km 高空，在 11km 深、水压为 1.155×10^8 Pa 的海底，在 250~300℃ 的高温及高压下，在 pH 2.5 强酸性或 pH 11~12 强碱性、高浓度盐类及无氧等极端环境 (extreme habitat) 中，均存在着微生物；(10) 变异易，微生物的形态结构、营养代谢、抗原性、耐药性及对外界环境的抵抗力等，均可发生变异，变异率为 $10^{-10} \sim 10^{-5}$ 。

1.1.2 微生物的分类 (Classification of microorganisms)

微生物按其结构特征，可分为非细胞型 (acellular)、原核细胞型 (prokaryotic) 和真核细胞型 (eukaryotic) 微生物等三大类。非细胞型微生物包括病毒 (virus) 及亚病毒 (subvirus)。原核细胞型微生物包括古细菌 (archaebacterium)、蓝细菌 (cynaobacterium) 和真细菌 (eubacterium)，其中与人类医学密切相关的是真细菌，包括细菌 (bacteria)、枝原体 (mycoplasma)、立克次氏体 (Rickettsia)、衣原体 (chlamydia)、螺旋体 (spirochaete) 及放线菌 (actinomyces) 等六类。真核细胞型微生物即真菌 (fungi)。

表 1-1 三大类微生物主要特点比较

特点	真核细胞型微生物 (真菌)	原核细胞型微生物 (细菌、枝原体、立克次氏体、衣原体、螺旋体及放线菌)	非细胞型微生物 病毒及亚病毒 (包括类病毒、拟病毒和朊粒)
直径 (μm)	6~15	0.2~5	0.02~0.3
细胞核结构	分化程度高，有核膜、核仁、细胞器 (内质网、线粒体、溶酶体等)、组蛋白及核蛋白体 (80S)	仅有核质或称拟核 (nucleoid)，内含 DNA 双链、RNA 及核蛋白体 (70S)	病毒体的核心为 DNA 或 RNA，朊粒为传染性蛋白粒子，无核酸
体外培养	应用人工培养基	枝原体、立克次氏体和衣原体需用活细胞或鸡胚培养，细菌、螺旋体和放线菌可用培养基培养	有些病毒可在活细胞中复制，其余病毒仅能在动物体内或猩猩体内复制传代

1.1.3 自然环境中的微生物 (Microorganisms of natural habitat)

自然物质包括空气、水、土壤，以及野生动植物等，它们与一定的地理条件相结合，便形成特定的自然环境 (natural habitat)。微生物在自然环境中，诸如土壤和江河湖海等水体 (包括极深的海底沉积物) 以及大气中，几乎是无处不在。自然环境中的细菌可分为自养菌 (autotroph) 和异养菌 (heterotroph)，前者诸如硝化细菌、硫化细菌、氢细菌以及光合细菌中的蓝细菌、紫色细菌、绿硫细菌等，能以简单的无机物作为营养来源，通过无机物的氧化获得化学能，并可通过光合作用获得光能；后者包括腐生菌 (saprophyte) 和寄生菌 (parasite)，均以有机物为营养来源。致病菌 (pathogen) 均属于异养菌，且大多是寄生菌。

(1) 一般自然环境中的微生物

1) 土壤生境 (soil habitat) 与土壤中微生物 (microorganisms in soil) 土壤中含有一定的矿物质、各类有机物、水分和 CO_2 、 O_2 、 N_2 等气体, 因此是微生物最理想的天然生境 (natural habitat)。一般可将土壤分为三层, 最上层为表土层, 有机质丰富, 含有大量腐殖质, 下面为底土层, 有机质很少, 仅含有从土壤表面淋溶下来的一些矿物质和腐殖质, 再下层为土基层, 主要是矿物质成分。因此, 各类微生物主要活跃在表土层, 以微菌落 (microcolonies) 形式附着在土壤颗粒上。微生物的分布除与不同土层有别外, 还因不同地域的土壤结构、有机物与无机物的成分、含水量、温度及酸碱度等理化特性的不同而有很大差别。土壤中微生物数量巨大, 种类繁多且多变, 每克土壤中微生物含量为细菌 (含 10^7) > 放线菌 (含 10^6) > 真菌 (含 10^5) > 藻类和原生动物 (含 10^4), 大体上呈 10 倍数量级递减规律。此外, 土壤中还存在一些动植物的病毒和噬菌体 (bacteriophage), 包括一些病原体。

2) 水生境 (aquatic habitat) 与水中微生物 (microorganisms in water) 由于水中含有一定的有机物、可溶性无机盐以及微生物生长繁殖的其他条件, 所以水成为微生物栖息的第二位天然场所。天然水体依据无机盐浓度不同, 可分为淡水生境 (habitat for fresh water) 和海水生境 (marine habitat)。淡水生境又可分为静水生境 (habitat for static water) (如湖泊、池塘、沼泽) 与流水生境 (habitat for running water), 如泉水、溪流和江河。在水体的上层及底部沉积物中, 微生物的含量较高。任何水体都代表一个复杂的生态系统 (ecosystem), 其中微生物的种类、数量和分布, 因污染程度不同而差别极大。一般以水体中细菌总数和大肠菌值, 来代表水体的生物学质量。我国 1985 年公布的生活饮用水标准 (GB5749-85) 中规定, 细菌总数为 $\leq 100/1\text{ml}$, 大肠菌群数为 $\leq 3/1000\text{ml}$; 2007 年 7 月公布的修订标准 (GB5749-2006) 为饮用水不得含有微生物。

3) 大气生境 (atmospheric habitat) 及大气中微生物 (microorganisms in atmosphere)

大气圈为最接近于地表层的对流层, 它与水圈和岩石圈交界, 即从地面向上 8~15km 厚度范围, 此层含有氮、氧、二氧化碳和其他微量气体以及少量水蒸汽, 有机物浓度极低。由于大气圈中缺乏必要的营养和水分, 又易受干燥、日光辐射及大气污染物等不利因素的影响, 所以大气圈中无常驻微生物, 均为来源于水圈及岩石圈的暂时微生物。由于对流层气温随高度增加而降低 (顶部温度为 $-83\sim-43^\circ\text{C}$), 这种较大的温度梯度差导致大气迅速交换即大气环流, 使微生物随空气的流动得以长距离地转移或传播。空气中含尘量与其含菌量呈正相关, 而随大气层高度增加其含菌量减少, 呈负相关。此外, 大气中微生物的种类和数量, 随气候、气象及季节的不同也有很大变化。室外空气中的微生物, 主要有革兰氏阳性球菌、芽孢杆菌、产色素细菌和对干燥、射线抵抗力较强的真菌孢子等。室内空气中微生物含量常较室外多, 特别是医院的候诊大厅和病房的空气内常可分离到致病微生物。研究微生物在人类生存环境——土壤、水、空气、食品等的消长、分布和种类, 对各类环境的影响以及可能对人体的利害, 对环境质量进行综合评价, 是改善人类居住环境和预防疾病的重要课题。

(2) 极端环境中的微生物 (microorganisms of extreme habitat) 在自然环境中存在一些特殊区域, 如地热区、极地、酸性或碱性泉、盐湖、低温高压的海洋深处等, 造成高温、低温、强酸、强碱、高盐、高压、低营养及高辐射环境等特殊的极端环境。在极端环境中, 大多数微生物不能生存, 仅少数微生物可适应并成为优势微生物株 (dominant strains of microorganisms), 称其为极端环境微生物或极端微生物 (extreme microorganisms)。

1) 嗜热微生物 (thermophiles) 嗜热微生物的生境包括热泉、陆地或海底火山附近、堆肥、家庭及工业上使用的热水及冷却水等。热泉是嗜热微生物的主要生境, 现在研究的嗜热微生物大多由热泉中分离得到。世界上较著名的热泉 (水温 $57\sim 93^{\circ}\text{C}$), 均发现有嗜热菌。大洋底部热泉喷口处在 $250\sim 300^{\circ}\text{C}$ 、 $3\times 10^4\text{ kPa}$ 的高温高压条件下, 也发现有嗜热菌生存。在温度较低的热泉 ($50\sim 60^{\circ}\text{C}$) 中, 还发现某些嗜热真菌和藻类。嗜热菌代谢作用强, 酶促反应的温度高, 生长速度快, 为中温菌所不及, 故在发酵工业中极具开发潜力, 目前在聚合酶链反应 (PCR) 中, 被广泛使用的可耐受 95°C 高温的 Taq DNA 聚合酶即取自水生栖热菌 (*Thermus aquaticus*)。

2) 嗜冷微生物 (psychrophiles) 嗜冷微生物其分布更广。地球表面海洋约占 70%, 而海洋中占 95% 的水温低于 5°C 。从海水中主要分离到假单胞菌属、弧菌属和螺菌属细菌。在极地、冰冻土壤和阴冷的地下洞穴内, 除分离到细菌外, 还发现嗜冷的藻类和真菌, 如在南极 $-60\sim 0^{\circ}\text{C}$ 环境中, 可分离到嗜冷菌以及少数酵母菌和藻类。

3) 嗜酸微生物 (acidophiles) 在自然环境中某些湖泊、泥碳土及酸性沼泽为 pH3~4 弱酸性环境。极端的酸性环境包括酸性矿水、酸性热泉和酸性土壤等, 存在极端嗜酸菌, 其最适生长 pH 值为 2.5 左右。嗜酸菌的存在可造成严重的环境污染, 如氧化硫杆菌能氧化硫元素产生硫酸, 并污染矿区或流入河道。嗜酸菌可应用于冶金业, 即通过细菌的溶矿、置换、再生浸矿剂过程, 提取铜或其他有色金属。

4) 嗜碱微生物 (alkalinophiles) 碱性环境如碱性土壤, 自然环境中碳酸盐湖及碳酸盐沙漠等。一般生长在 $\geq \text{pH } 9$ 的微生物称嗜碱微生物。能在 $\geq \text{pH } 9$ 环境中生长, 但最适 pH 为中性或接近中性的微生物, 如霍乱弧菌 (*Vibrio cholera*), 称为耐碱微生物。在 pH11~12 条件下可生长的, 如芽孢杆菌属、微球菌属、棒状杆菌属中的一些种, 称为专性嗜碱微生物。

5) 嗜盐微生物 (halophiles) 盐湖 (如我国的青海湖、东欧的里海、美国的大盐湖等)、盐矿、晒盐场以及某些腌制食品为高盐环境, 海水的盐浓度也较高。按照嗜盐程度的不同, 可将嗜盐微生物分为弱嗜盐、中度嗜盐和极端嗜盐微生物。黎巴嫩的死海, 盐含量高达 23%~26%, 仍有少数细菌和藻类生长。在接近饱和的盐浓度中, 还能分离出少数极端嗜盐菌, 如嗜盐菌属 (*Halobacterium*) 和盐球菌属 (*Halococcus*) 中的某些种。嗜盐菌细胞膜上有一种特称为紫膜的紫色物质。紫膜具有排盐功能, 此为海水淡化开辟了新思路。通过研究极端环境的微生物, 为开发利用新型微生物, 研究微生物的生理、遗传、分类学及生物进化等课题, 提供了新的资源。

1.1.4 自然疫源地与自然疫源性疾病 (Natural focus and natural focal infectious disease)

(1) 自然疫源地 (natural focus) 自然疫源地指某种疾病的病原体在自然界野生动物中长期保存并能造成动物疾病流行的地区。自然疫源地学说认为, 此类动物病的易感动物、病原体、传播媒介是特定生境中生物群落的组成成员, 它们之间的相互关系是在没有人类介入的一定自然条件下, 在长期进化中形成的。在这一特定生境中, 该类动物性疾病可在动物中不断地传播循环, 此地区称为基础疫源地 (basic focus), 几个基础疫源地的动物或传播媒介活动所及的范围构成自然疫源地带。自然疫源地带的外界环境, 可因自然因素、社会因素的影响而改变, 其范围也随之扩大或缩小。只有当基础疫源地的生境被破坏后, 自然疫源地才算被消灭或清除。

(2) 自然疫源性疾病 (natural focal infectious disease) 自然疫源性疾病指当人类进入自然疫源地, 原本在动物界中传播而发生传染给人的疾病。由于自然疫源地具有一定的生境 (habitat) 条件和范围, 经虫媒传播性疾病的媒介节肢动物有一定的活动季节和地区分布, 故多数自然疫源性疾病具有地方性和季节性。从生物进化上分析, 原以动物及吸血节肢动物为宿主的病原微生物或正常微生物群的微生物, 有扩大宿主范围向人类转移的进化趋势, 并往往造成人类罹难, 例如鼠传汉坦病毒致肾出血热综合征, 蚊传病毒性乙型脑炎, 虱传普氏立克次氏体致流行性斑疹伤寒, 蚤传莫氏立克次氏体致地方性斑疹伤寒, 蜱传病毒性森林脑炎及螨传立克次氏体性恙虫病等。目前全世界人兽共患的自然疫源性疾病约有 200 余种, 其病原体涉及细菌、立克次氏体、螺旋体和病毒等 (表 1-2)。

表 1-2 我国主要的和世界新发现的自然疫源性疾病及其病原微生物

病原微生物	致人疾病	易感动物	传播媒介	主要疫源地或疫区
鼠疫耶尔森氏菌 (<i>Yersinia pestis</i>)	鼠疫	啮齿类	蚤	中国 11 省 (区), 主要在云南、青藏高原、内蒙古等地
土拉热弗朗西斯氏菌 (<i>Francisella tularensis</i>)	土拉热 (野兔热)	野兔和鼠类	蜱、牛虻、黑龙江、西藏、青海、新疆 蚊、鼠虱	
布鲁氏菌 (<i>Brucella</i> spp.)	布鲁氏菌病	家畜 (牛、羊、猪、狗等) 一 及野牛、鹿等偶蹄动物		除台湾、江苏、贵州外其余各地 都有疫情
恙虫热立克次氏体 (<i>Rickettsia tsutsugamushi</i>)	恙虫病	啮齿类为主	恙螨	南方疫源地 (北纬 31°以南)、北 方疫源地 (北纬 40°以北)、过渡 型疫源地 (北纬 31°~40°)
伯氏考克斯氏体 (Q 热立克次 氏体) (<i>Coxiella burnetii</i>)	Q 热	啮齿类、禽类 及家畜	蜱	内蒙古、四川、云南、新疆、西 藏等地
斑点热群立克次氏体 (Spotted fever group <i>Rickettsiae</i>)	斑点热	啮齿类	蜱、螨	黑龙江、内蒙古、新疆等地
莫氏立克次氏体 (<i>Rickettsia mooseri</i>)	地方性斑疹 伤寒	鼠类	蚤	辽宁、河北、河南、山东等地
钩端螺旋体 (<i>Leptospira</i>)	钩端螺旋体 病	鼠类, 猪、犬等家畜	—	除新疆、青海、宁夏、甘肃外, 其余各地均有疫情
布氏疏螺旋体 (<i>Borrelia burgdorferi</i>)	莱姆病	野栖鼠及野生脊椎动物	硬蜱	东北、西北广大森林区及其他地 区
俄国春夏脑炎病毒 (森林脑炎 病毒) (Russian spring-summer encephalitis virus)	森林脑炎	啮齿类, 熊、狍子等大 型哺乳动物, 鸟类	蜱	黑龙江、吉林、新疆

续表

病原微生物	致人疾病	易感动物	传播媒介	主要疫源地或疫区
汉坦病毒 (hantavirus)	肾出血热综合征	啮齿类动物	螨?	除青海省外其他地区都有疫情
克里米亚-刚果出血热病毒 (Crimean-Congo haemorrhagic fever virus)	新疆出血热	啮齿类及羊等	蜱	新疆、云南、青海、四川等
乙脑病毒 (Japanese B encephalitis virus)	乙型脑炎	猪、马及鸟类	蚊	除新疆、西藏和青海外, 全国各地均有发生
登革病毒 (dengue virus)	登革热	灵长类	蚊	广东、广西、海南等
狂犬病病毒 (rabies virus)	狂犬病	犬科、猫科、翼手类、啮齿类动物	—	全国各地均有疫情
埃博拉病毒 (Ebola virus) 及马尔堡病毒 (Marburg virus)	出血热	灵长类动物	—	非洲
禽流感病毒 (H5N1) (avian influenza virus)	人禽流感	鸡、鸭及鸟类	—	东南亚、中国及世界各地
猪链球菌 2 型 (<i>S. suis</i> 2)	人猪链球菌病	猪、羊等家畜	—	中国四川、江苏等地, 北欧及南亚养猪多的地区
猴痘病毒 (monkeypoxvirus)	人患猴痘	猕猴、冈比亚鼠及土拨鼠	—	中非、西非热带雨林国家
尼帕病毒 (Nipah virus) 及亨德拉病毒 (Hendra virus)	脑炎	猪、马、果蝙蝠	—	马来西亚、澳大利亚和新加坡, HV 脑炎仅在澳大利亚
西尼罗河病毒 (West Nile virus, WNV)	西尼罗河热及脑炎	多种禽类, 鳄鱼及湖蛙等	库蚊	阿尔及利亚 (1994), 罗马尼亚 (1967~1997), 捷克 (1997), 刚果 (1998), 俄罗斯 (1999), 美国 (1999) 及以色列 (2000 年) 曾流行本病
SARS 冠状病毒 (SARS-CoV)	SARS	野生动物? 蝙蝠?	—	中国及东南亚国家或地区

1.2 微生态学和正常微生物群 (Microecology and normal microbiota)

1.2.1 生态学和微生物生态学 (Ecology and microecology)

(1) 生态学 (ecology) 生态学为研究生物与环境之间相互关系的学科, 于 1866 年由