



普通高等教育“十一五”国家级规划教材



卫生部“十一五”规划教材

全国高等医药教材建设研究会规划教材

获首届全国高等学校医药教材优秀奖

全国高等学校教材 • 供药学类专业用

微生物学与免疫学

第6版

主编 沈关心



人民卫生出版社
PEOPLE'S MEDICAL PUBLISHING HOUSE

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

卫生部“十一五”规划教材

全国高等医药教材建设研究会规划教材

获首届全国高等学校医药教材优秀奖

全国高等学校教材

供药学类专业用

微生物学与免疫学

第 6 版

主 编 沈关心

编 者 (以姓氏笔画为序)

朱道银 (重庆医科大学)

周丽娜 (沈阳药科大学)

李 虹 (四川大学华西医学中心)

赵丽纯 (吉林大学药学院)

沈关心 (华中科技大学同济医学院)

倪孟祥 (中国药科大学)

陈森洲 (桂林医学院)

黄汉菊 (华中科技大学同济医学院)

人 民 卫 生 出 版 社

图书在版编目(CIP)数据

微生物学与免疫学/沈关心主编. —6版. —北京:
人民卫生出版社, 2007. 8

ISBN 978 - 7 - 117 - 08982 - 1

I. 微… II. 沈… III. ①医药学:微生物学 - 医
学院校 - 教材②医药学:免疫学 - 医学院校 - 教材
IV. R37 R392

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 105812 号

本书本印次封底贴有防伪标。请注意识别。

微生物学与免疫学 第 6 版

主 编: 沈关心

出版发行: 人民卫生出版社(中继线 010 - 67616688)

地 址: 北京市丰台区方庄芳群园 3 区 3 号楼

邮 编: 100078

网 址: <http://www.pmph.com>

E - mail: pmph@pmph.com

购书热线: 010 - 67605754 010 - 65264830

印 刷: 中国农业出版社印刷厂

经 销: 新华书店

开 本: 787 × 1092 1/16 印张: 23

字 数: 524 千字

版 次: 1979 年 8 月第 1 版 2007 年 8 月第 6 版第 33 次印刷

标准书号: ISBN 978 - 7 - 117 - 08982 - 1/R · 8983

定 价: 31.00 元

版权所有, 侵权必究, 打击盗版举报电话: 010 - 87613394

(凡属印装质量问题请与本社销售部联系退换)

卫生部“十一五”规划教材

全国高等学校药学类专业第六轮规划教材

出版说明

全国高等学校药学类专业本科卫生部规划教材是我国最权威的药学类专业教材,于1979年出版第一版,1987年、1993年、1998年、2003年进行了四次修订,并于2003年出版了第五轮规划教材。该套教材曾为全国高等学校药学类专业惟一一套统编教材,后更名为规划教材,其具有较高的权威性和一流的水平,为我国高等教育培养大批的药学专业人才发挥了重要作用。近年来我国药学教育事业快速发展,开办药学及相关专业的院校数量已由上世纪90年代的几十所发展到现在三百多所,办学规模和水平在不断提高;同时很多学校根据自身特点,尝试新的教学方法,药学教育逐渐向多元化发展。为适应新时期我国高等药学教育改革和发展,做好药学类专业本科教材的组织规划和质量把关工作,全国高等学校药学专业教材第三届评审委员会围绕药学专业第五轮教材使用情况、药学教育现状、新时期药学领域人才结构等多个主题,进行了广泛、深入地调研活动,并对调研结果进行了反复、细致的分析论证。根据药学专业教材评审委员会的意见和调研、论证的结果,全国高等医药教材建设研究会、卫生部教材办公室决定组织全国专家于2006年夏季开始对第五轮教材进行修订。

药学类专业第六轮规划教材的编写修订,坚持紧扣药学类专业本科教育培养目标,以教育部新的药学教育纲要为基础,以国家食品药品监督管理局执业药师资格准入为指导,按卫生部等相关部委行业用人要求,强调培养目标与用人要求相结合,进一步提高教材水平和质量。同时,针对学生实验、自修、复习考试等需要,紧扣主干教材内容编写、修订了相应的学习指导与习题集、实验指导等配套教材25种。

全国高等学校药学类专业第六轮规划教材编写工作严格按照卫生部教材办公室“931”质量控制体系进行。经过全国各院校的推荐,全国高等学校药学专业第三届教材评审委员会遴选,卫生部教材办公室最终确定了主干教材与配套教材主编、副主编和编者。在卫生部教材办公室的组织和严格管理,以及在全国高等学校药学专业第三届教材评审委员会的指导下,各门教材主编、编者同心协力,积极参加主编人会议、编写会议和定稿会议,始终贯彻会议精神,克服各种困难,以对我国高等药学教育事业高度负责的态度认真编写教材,保证教材的质量和水平,并达到人民卫生出版社“齐、清、定”的交稿要求。经过1年多的努力,全国高等学校药学类专业第六轮规划教材即将出版,并向全国公开发行。

该套教材供全国高等学校药学及相关专业教学使用。全套教材中主干教材共29

种,其中修订 25 种,新组织编写 4 种;其中 22 种为普通高等教育“十一五”国家级规划教材(用星号表示);配套教材 25 种,其中 2 种为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。2007 年初,在卫生部的领导下,由卫生部教材办公室组织,全国高等医药教材建设研究会进行了卫生部“十一五”规划教材评审工作,本套教材及其配套教材全部入选卫生部“十一五”规划教材。

全套教材书目如下:

- | | | |
|-----------------------|-----|----------------------|
| ★1. 药学导论(第 2 版) | 毕开顺 | 沈阳药科大学 |
| 2. 高等数学(第 4 版) | 顾作林 | 河北医科大学 |
| 高等数学学习指导与习题集 | 顾作林 | 河北医科大学 |
| 3. 医药数理统计方法(第 4 版) | 高祖新 | 中国药科大学 |
| 医药数理统计方法学习指导与习题集 | 高祖新 | 中国药科大学 |
| ★4. 物理学(第 5 版) | 王 铭 | 北京大学医学部 |
| 物理学学习指导与习题集 | 王 铭 | 北京大学医学部 |
| ★5. 物理化学(第 6 版) | 侯新朴 | 北京大学药学院 |
| 物理化学学习指导与习题集(第 2 版) | 李三鸣 | 沈阳药科大学 |
| 物理化学实验指导(双语) | 崔黎丽 | 第二军医大学 |
| ★6. 无机化学(第 5 版) | 张天蓝 | 北京大学药学院 |
| 无机化学学习指导与习题集(第 2 版) | 姜凤超 | 华中科技大学同济药学院 |
| ★7. 分析化学(第 6 版) | 李发美 | 沈阳药科大学 |
| ★ 分析化学学习指导与习题集(第 2 版) | 李发美 | 沈阳药科大学 |
| ★ 分析化学实验指导(第 2 版) | 李发美 | 沈阳药科大学 |
| ★8. 有机化学(第 6 版) | 倪沛洲 | 中国药科大学 |
| 有机化学学习指导与习题集(第 2 版) | 陆 涛 | 中国药科大学 |
| 9. 人体解剖生理学(第 5 版) | 岳利民 | 四川大学华西基础医学与法医学
学院 |
| | 崔慧先 | 河北医科大学 |
| ★10. 微生物学与免疫学(第 6 版) | 沈关心 | 华中科技大学同济医学院 |
| 微生物学与免疫学习题集 | 谭 政 | 华中科技大学同济医学院 |
| ★11. 生物化学(第 6 版) | 吴梧桐 | 中国药科大学 |
| 生物化学学习指导与习题集 | 欧 瑜 | 中国药科大学 |
| 生物化学实验指导 | 刘 煜 | 中国药科大学 |
| ★12. 药理学(第 6 版) | 李 端 | 复旦大学药学院 |
| 药理学学习指导 | 程能能 | 复旦大学药学院 |
| 药理学实验指导 | 章蕴毅 | 复旦大学药学院 |

- | | | |
|-----------------------|------|-----------------|
| ★13. 药物分析(第6版) | 刘文英 | 中国药科大学 |
| ★14. 药用植物学(第5版) | 郑汉臣 | 第二军医大学 |
| 药用植物学实验指导 | 潘胜利 | 复旦大学药学院 |
| ★15. 生药学(第5版) | 蔡少青 | 北京大学药学院 |
| 生药学实验指导 | 刘塔斯 | 湖南中医药大学 |
| ★16. 药物毒理学(第2版) | 楼宜嘉 | 浙江大学药学院 |
| ★17. 临床药物治疗学(第2版) | 姜远英 | 第二军医大学 |
| ★18. 药物化学(第6版) | 郑 虎 | 四川大学华西药学院 |
| 药物化学学习指导与习题集(第2版) | 徐 正 | 四川大学华西药学院 |
| ★19. 药剂学(第6版) | 崔福德 | 沈阳药科大学 |
| 药剂学学习指导与习题集 | 崔福德 | 沈阳药科大学 |
| 药剂学实验指导(第2版) | 崔福德 | 沈阳药科大学 |
| ★20. 天然药物化学(第5版) | 吴立军 | 沈阳药科大学 |
| 天然药物化学实验指导(第2版) | 裴月湖 | 沈阳药科大学 |
| 天然药物化学习题集(第2版) | 吴继洲 | 华中科技大学同济药
学院 |
| 21. 中医药学概论(第6版) | 王 建 | 成都中医药大学 |
| 中医药学概论学习指导与习题集 | 王 建 | 成都中医药大学 |
| ★22. 药事管理学(第4版) | 吴 蓬 | 四川大学华西药学院 |
| 药事管理学学习指导与习题集 | 杨世民 | 西安交通大学医学院 |
| ★23. 药分子生物学(第3版) | 杨世民 | 西安交通大学医学院 |
| ★24. 生物药剂学与药物动力学(第3版) | 史济平 | 复旦大学药学院 |
| 生物药剂学与药物动力学学习指导与习题集 | 梁文权 | 浙江大学药学院 |
| ★25. 药学英语(上、下册)(第3版) | 梁文权 | 浙江大学药学院 |
| 药学英语学习指导 | 胡廷熹 | 中国药科大学 |
| ★26. 药物设计学 | 胡廷熹 | 中国药科大学 |
| 27. 制药工程原理与设备 | 徐文方 | 山东大学药学院 |
| 28. 生物制药工艺学 | 王志祥 | 中国药科大学 |
| 29. 生物技术制药 | 何建勇 | 沈阳药科大学 |
| | 周 珮 | 复旦大学药学院 |

全国高等医药教材建设研究会

卫生部教材办公室

2007年6月1日

全国高等学校药学专业教材

第三届评审委员会名单

主任委员	郑 虎	四川大学华西药学院
副主任委员	毕开顺	沈阳药科大学
	姚文兵	中国药科大学
委 员	(以姓氏笔画为序)	
	刘俊义	北京大学药学院
	吴梧桐	中国药科大学
	吴继洲	华中科技大学同济药学院
	吴满平	复旦大学药学院
	张志荣	四川大学华西药学院
	张淑芳	中国执业药师协会,国家食品药品监督管理局执业药师资格认证中心
	杨世民	西安交通大学医学院
	姜远英	第二军医大学
	徐文方	山东大学药学院
	郭 姣	广东药学院
	曾 苏	浙江大学药学院
	潘卫三	沈阳药科大学
秘 书	徐 正	四川大学华西药学院

前言

为了适应新世纪对医药学人才的要求，医学教育将在教育思想、教学方法和教学内容等方面进行全面的改革。教材是体现教学内容和教学方法的知识载体，是进行教学的基本工具，也是深化教学改革，全面推进素质教育，培养创新人才的重要保证。因此，更新医药学教材的目的是站在新世纪的高度，培养新世纪的医药卫生技术人才，以适应新世纪社会进步和人类健康发展的需求。根据本教材的主要使用对象是药学专业本科生，此教材的编写力求体现三基（基础理论、基本知识、基本技能），三特（特定对象、特定要求、特定限制）和五性（思想性、科学性、启发性、先进性、适用性），旨在培养学生开拓性学习与思维的精神。

根据有关专家建议以及兄弟院校使用五版教材后的反馈意见，编写小组成员对该版教材的内容、编排等方面进行了逐章逐节地讨论和修订，并在章节安排、突出重点、解析难点、内容编排及取舍等方面作了一些变革。确定新版教材继续沿用第5版的书名《微生物学与免疫学》，并分为免疫学、微生物学及微生物在药学中的应用三大部分。为突出其实用性，本版教材删除“感染与免疫”部分，而将其相关内容分别贯穿于细菌、真菌和病毒等章节中，以进一步强调理论联系实际。微生物学与免疫学是生命科学的前沿学科，又是紧密联系实际的交叉型应用学科，其理论和实验技术的发展迅猛，成绩斐然。同时为了跟踪国际先进水平和我国医药学工作者近年来的研究成果，更新教材内容，并强调理论与药学应用相结合，在微生物学与免疫学新理论、新技术，特别是其渗透到药学中的应用等方面作了适当增补。部分章节的插图做了调整，力求做到“文”“图”配合，易于理解。更难能可贵的是编者针对教学中的难点又编写了与本教材配套的习题集与题解，便于学习者课余练习和进一步加深理解。

第6版教材参编者均具有较高的专业理论水平并位居教学第一线，部分青年编者的参与给教材注入了新的活力，也适应了我国高等医药学教育改革之趋势。本版教材是在参考第5版微生物学与免疫学的基础上，并结合龚非力教授主编的《医学免疫学》第二版及国内外相关参考书和文献进行修订。尽管我们全体编者对教材的修订工作不遗余力，但限于学识水平和编写能力，新版教材仍难免存在不妥或错误之处，恳请使用本教材的广大师生和读者予以指正，以利于今后进一步修订和完善。

在教材的编写过程中，华中科技大学同济医学院的吴雄文教授参与了大量的编审和校定工作；部分插图的制作由谭政博士和杨衡博士负责完成；蔡昌学、尹丙娇、范

雄林和李建蓉等副教授，余冰、吴砂、王强、黄文杰、王志华、邢薇、王敏、彭吉林、沈昕、何峰容、李黎、文雪、刘静、代维、袁晓梅、潘兴飞、许海霞、杨娟、边菁、胡荷宇、姚新欣等研究生参加了部分章节的校对工作。同时，第6版微生物学与免疫学之所以能按计划修订完成，与参编者高度的责任感、团结协作和精益求精的精神是密不可分的，谨在此一并表示诚挚谢意，我们还特别铭记前五版教材编写人员付出的辛勤劳动成果。

沈关心

2007年6月

目 录

绪论.....	1
---------	---

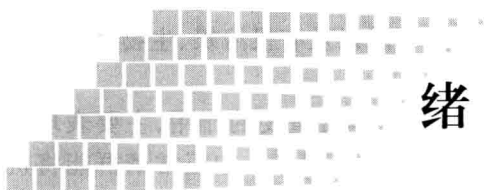
第一篇 免 疫 学

第一章 抗原	11
第一节 决定抗原免疫原性的因素	11
第二节 抗原特异性	12
第三节 抗原的分类及其在医学实践中的应用	15
第四节 非特异性免疫刺激剂	17
第二章 免疫球蛋白	20
第一节 免疫球蛋白的结构	20
第二节 免疫球蛋白的血清型	23
第三节 免疫球蛋白的生物学活性	24
第四节 免疫球蛋白基因及抗体的多样性	26
第五节 人工制备抗体	29
第三章 补体系统	32
第一节 概述	32
第二节 补体系统的激活	33
第三节 补体活化的调控	37
第四节 补体的生物学作用	38
第五节 补体系统异常与疾病	39
第四章 细胞因子	40
第一节 细胞因子和细胞因子受体的分类	40
第二节 细胞因子的生物学作用	42
第三节 细胞因子与临床	43
第五章 主要组织相容性抗原	45
第一节 HLA 复合体	45

第二节 HLA 抗原及其功能	48
第三节 HLA 与医学	51
第六章 免疫细胞	53
第一节 造血干细胞	53
第二节 淋巴细胞	54
第三节 抗原提呈细胞	64
第四节 其他免疫相关细胞	67
第七章 免疫应答及其调节	69
第一节 免疫应答概述	69
第二节 抗原提呈	70
第三节 T 细胞介导的细胞免疫应答	73
第四节 B 细胞介导的体液免疫应答	78
第五节 免疫耐受	83
第六节 免疫应答的调节	86
第八章 超敏反应	92
第一节 I 型超敏反应	92
第二节 II 型超敏反应	96
第三节 III 型超敏反应	98
第四节 IV 型超敏反应	100
第五节 各型超敏反应的比较与相互关系	102
第九章 免疫学应用	105
第一节 免疫学检测原理	105
第二节 免疫学在药学中的应用	112
第二篇 微生物学概论与常见的病原性微生物	
第十章 细菌学概论	119
第一节 细菌的形态、结构与分类	119
第二节 细菌的营养与生长繁殖	136
第三节 细菌的新陈代谢	147
第四节 放线菌	154
第五节 细菌的感染与免疫	159
第六节 细菌的检查方法	165

第十一章 消毒与灭菌	170
第一节 物理消毒灭菌法.....	170
第二节 化学消毒灭菌法.....	176
第十二章 微生物的遗传和变异	180
第一节 微生物遗传的物质基础.....	180
第二节 噬菌体.....	188
第三节 基因突变及其分子机制.....	191
第四节 突变株的类型及实际应用.....	197
第五节 基因转移与重组.....	198
第十三章 常见的病原性细菌	209
第一节 球菌.....	209
第二节 肠道杆菌.....	215
第三节 弧菌属.....	219
第四节 厌氧性细菌.....	221
第五节 分枝杆菌属.....	223
第六节 人畜共患病病原菌.....	226
第七节 其他重要病原性细菌.....	230
第八节 支原体.....	232
第九节 立克次体.....	233
第十节 衣原体.....	235
第十一节 螺旋体.....	236
第十四章 真菌学	240
第一节 真菌学概论.....	240
第二节 主要病原性真菌.....	247
第十五章 病毒学	251
第一节 病毒学概论.....	251
第二节 引起人类疾病的常见病毒.....	264
第三篇 微生物在药学中的应用	
第十六章 抗生素	291
第一节 抗生素的概念和分类.....	292
第二节 抗生素产生菌的分离和筛选.....	293

第三节	抗生素的制备	298
第四节	抗生素的生物合成机制	300
第五节	抗生素的主要作用机制	302
第六节	耐药性	305
第七节	抗生素的效价、单位及效价测定法	308
第十七章	微生物在其他药物生产中的应用	312
第一节	维生素	312
第二节	氨基酸	314
第三节	酶及酶抑制剂	316
第四节	甾体化合物的微生物转化	317
第五节	其他微生物制剂	321
第十八章	微生物与药物变质	323
第一节	药物中微生物的来源	323
第二节	微生物引起的药物变质	324
第三节	防止微生物污染药物的措施	325
第十九章	药物的体外抗菌试验	327
第一节	常用的体外抑菌试验	327
第二节	杀菌试验	328
第三节	联合抗菌试验	330
第四节	体外抗菌试验的影响因素	331
第二十章	药物制剂的微生物学检查	333
第一节	无菌制剂的无菌检查	333
第二节	口服药及外用药物的微生物学检查	334
主要参考文献		338
索引		339



绪 论

自然界存在着大量的微生物,其中部分致病性微生物在人类历史上曾引起过多种传染病的多次世界性流行,如黄热病、鼠疫、霍乱、天花、流感等传染病出现,直接威胁人类的生存。例如,18 世纪天花大流行,造成六千万人死亡。18 世纪末,通过从牛痘中制备活疫苗,成功用于防治天花。牛痘和人痘的发明及其应用,推动了人类对微生物的认识,同时亦激发与促进了对微生物致病及疫苗抗病机制的研究,由此促进了微生物学与免疫学学科的发展。随着生命科学研究对刺激与反应基本规律的认识,微生物学与免疫学已发展成为既相对独立又密切联系的学科。

一、微生物学与免疫学

(一) 微生物与微生物学

微生物 (microorganism) 是一群形体微小、结构简单、分布广泛、增殖迅速、肉眼不能直接观察到,须借助显微镜放大数百倍、乃至数万倍才能看到的微小生物。

1. 微生物的分类 微生物种类繁多,有数十万种以上,按其生物学特征划分的大类群包括病毒、衣原体、支原体、立克次体、螺旋体、细菌、放线菌、真菌、藻类和原生动物等。依其形态结构和组成不同,从细胞水平可将微生物分为三大类。

(1) 非细胞型微生物 (acellular microorganism): 是最小的一类微生物,能通过细菌滤器,无典型的细胞结构,仅由一种核酸 (DNA 或 RNA) 和蛋白质组成,必须在活细胞内通过核酸复制的方式进行增殖,如病毒和类病毒等。

(2) 原核细胞型微生物 (prokaryotic microorganism): 细胞内仅有原始核质,无核膜和核仁等结构,不进行有丝分裂,缺乏细胞器,同时含有两类核酸,具有胞膜。包括细菌、放线菌、支原体、衣原体、立克次体和螺旋体等。

(3) 真核细胞型微生物 (eukaryotic microorganism): 细胞核分化程度高,有核膜与核仁等结构,进行有丝分裂,胞质内细胞器完整,同时含有两类核酸。包括真菌、藻类以及原虫等。

2. 微生物在自然界的分布以及与人类的关系 自然界中广泛存在着各种微生物,空气、水、土壤、各种物体表面,动植物体、人体的表面以及与外界相通的腔道中都存在大量种类不同的微生物,而且大多数微生物对人和动物是有益的。如果没有微生物的存在,自然界的物质循环则不能进行,人类将无法生存。大气中 CO_2 的产生可以通过燃烧和动物的呼吸,但主要是通过微生物对动植物尸体的分解作用。微生物除了参与

碳元素的循环外,还参与氮、磷、硫、铁等元素的转化作用。充分利用和开发微生物资源能造福于人类,在工业上,如食品、皮革、纺织、石油化工、冶金以及污水处理等方面利用微生物已发挥了巨大的作用。在农业上可用于造肥、催长、防治病虫害等。在医药工业中利用微生物生产抗生素、维生素、激素、氨基酸、核苷酸以及有机溶媒、生物碱和酶制剂等。

近年来越来越多的研究证明正常菌群对人体有着非常重要的作用,主要表现为增强营养、促进免疫、对病原菌的生物拮抗,以及抗肿瘤作用等。如正常菌群能将体内某些致癌物质转化为非致癌物,合成一些免疫调节物质,激活免疫细胞达到抗癌作用。生活在人肠道中的微生物能合成人类需要的维生素、氨基酸,可被人体吸收利用。但其中有一部分微生物在某些条件下具有致病性,被称为条件致病菌。在自然界中尚有一小部分微生物可引起人类与动植物的疾病,这些具有致病性的微生物称为病原微生物。如引起人类传染病的伤寒沙门菌、结核分枝杆菌、肝炎病毒、人类免疫缺陷病毒、严重急性呼吸综合征(severe acute respiratory syndrome, SARS)病毒、梅毒螺旋体等。微生物的危害性还表现在引起工农业原料、产品、药品以及食品和生活用品的腐败、变质等方面。

3. 微生物学及其分支学科 微生物学(microbiology)是研究微生物在一定条件下的形态、结构、生理、遗传变异,以及微生物的进化、分类和与人类、动植物、自然界之间相互关系的一门科学,亦是医药学的一门基础课程。学习微生物学的目的是为学习其他医药学课程,尤其是为改造、控制或消灭对人类有害的微生物,并有效地预防和控制传染病打下良好的基础。

微生物学的研究领域和范围日益广泛和深入,从而又形成了许多分支学科。着重于微生物学基础理论研究的有普通微生物学、微生物分类学、微生物生理学、微生物生态学、微生物遗传学和分子微生物学等。按应用范围的不同可分为工业微生物学、农业微生物学、医学微生物学和药学微生物学等。按研究对象可划分为细菌学、放线菌学、真菌学、病毒学等。随着科学技术的不断发展,将会出现一些新的分支学科。

药学微生物学是研究微生物学的基本理论、实验技术及其在药学工作中应用的一门科学,其研究范畴除了普通微生物学、医学微生物学以及工业微生物学的有关内容外,还包括保证药物的卫生质量以及生产和开发微生物药物的理论和技能。

微生物学与药学的关系极为密切,有许多抗生素是微生物的代谢产物,也可选用微生物来制造医药卫生方面广泛应用的药物,如维生素、辅酶、酵母等。药品卫生质量的控制需要进行微生物检验。药物原料、制剂的存放保藏要防止微生物污染以及药物作用机制的研究等方面都直接与微生物学密切相关。特别是由于分子遗传学和基因工程重组技术的迅速发展,不少药品和生物制剂也能应用基因工程技术,采用工程菌进行生产,如胰岛素、干扰素、生长因子、乙型肝炎疫苗、各种细胞因子以及抗体等均已获得成功。因此,微生物学和免疫学在药品研制和开发以及生物制药等方面具有重要的理论意义和实际意义。此外,微生物学与药学专业的许多课程,如药剂学、药理学、药物化学、药物分析、生物化学以及分子生物学等在内容上有着密切的联系。

(二) 免疫与免疫学

对“免疫”的认识起源于人类对传染性疾病的抵御能力。“免疫(immunity)”一词即源于拉丁文 *immunitas*, 其原意是免除税赋和徭役, 引入医学领域则指免除瘟疫(传染病)。现代“免疫”的概念已被拓展为机体对“自己”和“异己(非己)”的识别、应答过程中所产生的生物学效应, 在正常情况下是机体维持内环境稳定的一种生理性功能。机体识别“非己”(抗原), 对其产生免疫应答并清除; 正常机体对“自己”(自身组织抗原)则不产生免疫应答, 即维持耐受; 在异常或病理情况下, 机体识别“自己”和“非己”的功能发生紊乱, 例如: 病毒感染或基因突变可导致细胞癌变, 后者所表达的肿瘤抗原并非由胚系基因编码(属“非己”), 但由于机体免疫监视障碍, 以致不能识别并清除之, 导致肿瘤的发生和发展; 自身抗原由胚系基因编码, 免疫系统功能紊乱可将其视为非己, 从而发动免疫攻击并引发自身免疫病。

1. 免疫系统的组成 免疫系统是机体负责执行免疫功能的组织系统。从宏观到微观, 免疫系统包括免疫器官、免疫细胞、免疫分子三个层次。

(1) 免疫器官: 由中枢免疫器官(骨髓、胸腺)和外周免疫器官(脾脏、淋巴结和黏膜免疫系统)组成。

(2) 免疫细胞: 免疫系统中具体执行免疫功能的主要是各类免疫细胞, 包括淋巴细胞(如 T 淋巴细胞、B 淋巴细胞、自然杀伤细胞等)、抗原提呈细胞(如树突状细胞、单核/巨噬细胞等)、粒细胞(如中性粒细胞、嗜酸粒细胞和嗜碱粒细胞)及其他参与免疫应答和效应的细胞(如肥大细胞、红细胞、血小板等)。诸多免疫细胞在免疫应答中发挥不同功能: T/B 细胞是参与特异性免疫应答的关键细胞, 分别发挥细胞免疫和体液免疫效应; 抗原提呈细胞具有摄取、加工、处理抗原的能力, 并可经过处理的抗原肽提呈给特异性 T 细胞; 各类粒细胞主要发挥非特异性免疫效应。

(3) 免疫分子: 多种免疫分子也被视为免疫系统组分, 包括: 由活化的免疫细胞所产生的多种效应分子(如免疫球蛋白、细胞因子)、表达于免疫细胞表面的各类膜分子(如特异性抗原受体、CD 分子、黏附分子、主要组织相容性分子、补体受体、细胞因子受体、黏附分子受体、模式识别受体、Fc 受体、死亡受体等)。

2. 免疫系统的功能 免疫系统具有重要的生物学功能, 对机体的影响具有双重性, 正常情况下, 免疫功能维持机体内环境稳定, 具有保护性作用; 免疫功能异常, 可能导致某些病理过程的发生和发展(绪表 1-1)。

(1) 免疫防御(**immune defence**): 即抗感染免疫, 指机体针对外来抗原(如微生物及其毒素)的免疫清除作用, 保护机体免受病原微生物的侵袭。在异常情况下, 若应答过强或持续时间过长, 则在清除致病微生物的同时, 也可能导致组织损伤和功能异常, 发生超敏反应; 若应答过低或缺陷, 可发生严重感染。

(2) 免疫自稳(**immune homeostasis**): 指机体可及时清除体内衰老或损伤的体细胞, 对自身成分处于耐受状态, 以维系机体内环境的相对稳定。该机制若发生异常, 可能使机体对“自己”或“非己”抗原的识别和应答出现紊乱, 从而破坏自身耐受, 导致自身免疫病的发生。

(3) 免疫监视(**immune surveillance**): 指机体免疫系统可识别和清除畸变和突变细胞的功能。若免疫监视功能发生异常, 可能导致肿瘤的发生或持续的病毒感染。

绪表 1-1 免疫系统的三大功能

功能	生理性(有利)	病理性(有害)
免疫防御	防御病原微生物侵害	过敏反应/免疫缺陷
免疫自稳	清除损伤或衰老细胞	自身免疫病
免疫监视	清除复制错误/突变细胞	细胞癌变/持续感染

3. 免疫的类型 机体的“免疫”可分为固有免疫和适应性免疫两类(绪表 1-2)。

(1) 固有免疫(**innate immunity**):亦称天然免疫(**natural immune**)或非特异性免疫(**nonspecific immunity**),是种群长期进化过程中逐渐形成,是机体抵御病原体侵袭的第一道防线。其特点是:个体出生时即具备,作用范围广,并非针对特定抗原。固有免疫的主要效应机制为:皮肤、黏膜及其分泌的抑菌/杀菌物质具有屏障效应;体内多种非特异性免疫效应细胞和效应分子发挥生物学作用。

固有免疫识别的主要是病原微生物及其产物共有的保守结构,统称为病原相关分子模式(**pathogen associated molecular pattern, PAMP**)。主要包括:①细菌胞壁的某些糖类和脂类成分,如脂多糖、类脂、肽聚糖、脂磷壁酸、脂蛋白和鞭毛素等;②细菌胞核成分及病毒产物,如非甲基化寡核苷酸 CpG DNA、单链 RNA、双链 RNA 等;③应激状态和病理条件下受损伤细胞所释放的某些组分,如热休克蛋白等。

识别上述分子模式的结构基础,是表达于吞噬细胞、树突状细胞等非特异性细胞表面的模式识别受体(**pattern-recognition receptor, PRR**),包括 Toll 样受体(**TLR**)、甘露糖凝集素受体、清道夫受体等。

(2) 适应性免疫(**adaptive immunity**):亦称为特异性免疫(**specific immunity**)或获得性免疫(**acquired immunity**),为个体接触特定抗原而产生,仅针对该特定抗原而发生反应。此类免疫反应主要由可特异性识别抗原的淋巴细胞(即 T 细胞和 B 细胞)所承担,其在机体免疫效应机制中发挥主导作用(见第七章)。

绪表 1-2 固有免疫和适应性免疫的比较

	固有免疫	适应性免疫
参与应答的细胞	黏膜和上皮细胞、吞噬细胞、NK 细胞、NK1.1 ⁺ T 细胞、 $\gamma\delta$ T 细胞、B-1 细胞	T 细胞、B 细胞、抗原提呈细胞
应答时效	即刻~96 小时内,作用时间短	96 小时后,作用时间长
应答特点	先天获得,无须抗原刺激 非特异性 不涉及免疫细胞增殖分化 应答迅速 无免疫记忆	后天获得,依赖于抗原刺激 特异性 特异性细胞克隆增殖和分化 应答速度较慢 有免疫记忆
刺激应答的物质	病原体相关分子模式	非己蛋白质抗原
识别分子	模式识别受体	TCR、BCR

4. 免疫学及其分支学科 免疫学(**immunology**)是一门既古老又年轻的学科。早