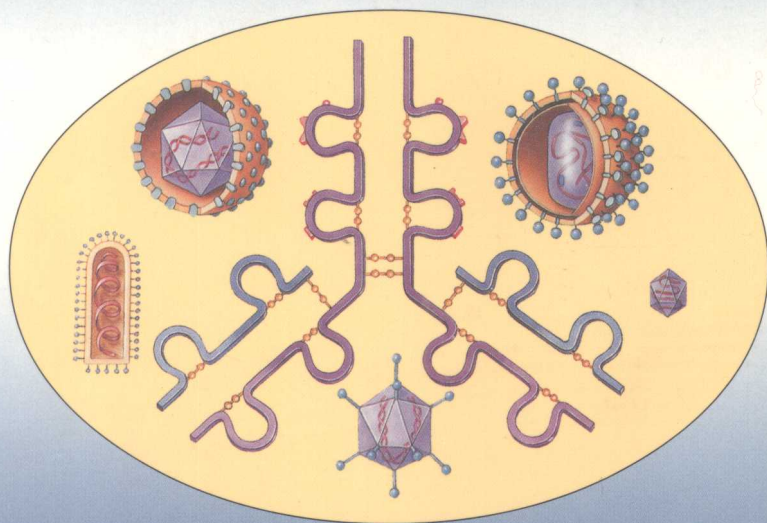


东北林业大学出版社基金资助出版

# 野生动物微生物学

Y E S H E N G D O N G W U W E I S H E N G W U X U E

赵广英 主编



东北林业大学出版社

# 野生动物微生物学

赵广英 主编

东北林业大学出版社

---

图书在版编目 (CIP) 数据

野生动物微生物学/赵广英主编. —哈尔滨: 东北林业大学出版社, 2001. 8  
ISBN 7-81076-219-2

I. 野... II. 赵... III. 野生动物-动物学: 微生物学 IV. Q95

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 058926 号

---

责任编辑: 孙立夫 任丹婷

封面设计: 曹 晖



NEFUP

野生动物微生物学

Yesheng Dongwu Weishengwuxue

赵广英 主编

东北林业大学出版社出版发行

(哈尔滨市和兴路 26 号)

东北林业大学印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 14.5 字数 334 千字

2001 年 8 月第 1 版 2001 年 8 月第 1 次印刷

印数 1—1 000 册

ISBN 7-81076-219-2

Q·90 定价: 27.00 元

## 《野生动物微生物学》编委会

主 编 赵广英

编 委 (以姓氏笔划为序)

王永林 王金生 车丽美

闫大任 师守信 华育平

刘宝全 李昌仁 郑 冬

赵广英

## 前 言

野生动物微生物学是微生物学中的一个分支,与医用微生物学、兽医微生物学同属一类研究范畴,只是侧重点不同。野生动物微生物学是研究病原微生物与野生动物相互关系的一门学科。随着经济动物人工养殖种类和数量的增加、观赏动物的日益发展及对涉危动物保护研究工作的逐步深入和加强,人们发现越来越多的传染病、寄生虫病存在和流行于野生动物中,严重地影响着野生动物种群数量的扩大和种群质量的保持及提高。尤其值得注意的是由病原微生物引起的野生动物、家畜和人共患的流行病在一定条件下形成恶性循环,对野生动物及公共卫生事业造成巨大威胁,给人类造成巨大的损失。

作者们多年来一直从事野生动物微生物学及野生动物疾病防治的教学和科研工作,在总结多年教学经验的基础上,收集了国内外大量期刊、书籍等资料,并结合多年的科研成果及生产实践,编写了这本《野生动物微生物学》。本书主要是为高等院校野生动物相关专业教学而编写的教材,也可作为野生动物养殖、保护、管理人员及动物园相关人员、农业院校兽医专业教师、学生、野生动物流行病检疫人员和兽医人员等的参考书。

本书共分8章,第一章为病原学,主要叙述了以细菌、病毒为代表的各类病原微生物的形态、构造、生理、遗传变异等内容及理化因素对微生物的影响。第二章为传染,主要叙述了病原微生物的病原性与毒力、病原微生物引起传染的必要条件、传染的类型与结局和病原微生物在宿主体内的存在与排除途径。第三章为免疫学,主要叙述了免疫学概论、免疫系统、抗原、抗体、非特异性免疫、特异性免疫应答、抗感染免疫、自身免疫与免疫缺陷、母源抗体与免疫监测等内容。第四章为生物制品,分生物制品概述、生物制品生产的基本程序、佐剂、动物生物制品的质量控制、抗血清、诊断用生物制品、生物制品的运输、保存和应用、生物制品的现状与发展等内容。第五、六、七章主要叙述了在野生动物常见的、对野生动物危害较严重的近70种各类病原微生物。考虑到目前野生动物寄生虫病非常常见,所带来的危害也相当严重,且现在又无一专门相关的书籍,故本书在第八章叙述了重要而常见的野生动物寄生虫的内容,包括概论、动物吸虫、绦虫、线虫、原虫和体外寄生虫等。

该书为《野生动物流行病学》的基础课,两者紧密相关,有些内容如易感动物、致病性及诊断等可参阅《野生动物流行病学》相关章节,在此不复述。

由于时间仓促,编者水平有限,虽经反复商讨和补充修改,不足及错误之处仍在所难免,恳请读者多加批评和指正。

在本书的编写与出版过程中,承蒙马建章院士、王丽萍教授、周源昌教授等的指导和推荐,承蒙“东北林业大学优秀教材及学术著作出版基金委员会”全体评委的信任与支持,及东北林业大学出版社有关领导、编委及相关工作人员的努力,使得本书顺利出版,在此一并深表谢意!

赵广英

2001年7月于哈尔滨

## 目 录

0 绪论 .....	( 1 )
0.1 微生物及其特点 .....	( 1 )
0.2 微生物的作用 .....	( 1 )
0.3 微生物学 .....	( 2 )
0.4 野生动物微生物学 .....	( 2 )
1 病原学总论 .....	( 4 )
1.1 细菌 .....	( 4 )
1.2 病毒 .....	( 19 )
1.3 其他微生物 .....	( 39 )
1.4 环境因素对微生物的影响 .....	( 49 )
2 传染 .....	( 58 )
2.1 病原微生物的病原性与毒力 .....	( 58 )
2.2 病原微生物引起传染的必要条件 .....	( 65 )
2.3 传染的类型与结局 .....	( 66 )
2.4 病原微生物在宿主体内的存在与排除途径 .....	( 68 )
3 免疫学 .....	( 69 )
3.1 免疫学概论 .....	( 69 )
3.2 免疫系统 .....	( 71 )
3.3 抗原 .....	( 80 )
3.4 抗体 .....	( 84 )
3.5 非特异性免疫 .....	( 89 )
3.6 特异性免疫应答 .....	( 93 )
3.7 变态反应 .....	( 99 )
3.8 抗感染免疫 .....	( 106 )
3.9 自身免疫与免疫缺陷 .....	( 110 )
3.10 母源抗体 .....	( 112 )
3.11 免疫监测 .....	( 115 )
4 生物制品 .....	( 117 )
4.1 生物制品概述 .....	( 117 )
4.2 生物制品生产基本程序 .....	( 121 )
4.3 佐剂 .....	( 131 )
4.4 动物生物制品的质量控制 .....	( 134 )
4.5 抗血清 .....	( 137 )
4.6 诊断用生物制品 .....	( 139 )

4.7	生物制品的运输、保存和应用 .....	(141)
4.8	生物制品的现状与发展 .....	(144)
5	病原性细菌各论 .....	(149)
5.1	多杀性巴氏杆菌 .....	(149)
5.2	鼠疫耶森氏菌 .....	(150)
5.3	土拉弗朗西斯氏杆菌 .....	(151)
5.4	结核分枝杆菌 .....	(151)
5.5	副结核分枝杆菌 .....	(152)
5.6	伪结核耶森氏菌和小肠结肠炎耶森氏菌 .....	(152)
5.7	布氏杆菌 .....	(154)
5.8	鼻疽假单胞菌 .....	(154)
5.9	类鼻疽假单胞菌 .....	(155)
5.10	铜绿假单胞杆菌 .....	(155)
5.11	红斑丹毒丝菌 .....	(155)
5.12	产单核细胞李氏杆菌 .....	(156)
5.13	大肠埃希氏菌 .....	(156)
5.14	沙门氏杆菌 .....	(157)
5.15	炭疽杆菌 .....	(158)
5.16	肉毒梭菌 .....	(159)
5.17	坏死杆菌 .....	(161)
5.18	金黄色葡萄球菌 .....	(161)
5.19	链球菌属 .....	(162)
6	病毒各论 .....	(163)
6.1	狂犬病病毒 .....	(163)
6.2	犬瘟热病毒 .....	(164)
6.3	牛瘟病毒 .....	(164)
6.4	流行性乙型脑炎病毒 .....	(165)
6.5	黄热病毒 .....	(166)
6.6	东方型马脑炎和西方型马脑炎病毒 .....	(166)
6.7	森林脑炎病毒 .....	(166)
6.8	口蹄疫病毒 .....	(167)
6.9	猫传染性腹膜炎病毒 .....	(168)
6.10	犬冠状病毒 .....	(169)
6.11	蓝舌病病毒 .....	(169)
6.12	野生反刍动物出血病病毒 .....	(170)
6.13	轮状病毒 .....	(170)
6.14	正呼肠孤病毒 .....	(171)
6.15	猫泛白细胞减少症病毒 .....	(171)

6.16	犬病毒性肠炎病毒	(172)
6.17	水貂病毒性肠炎病毒	(172)
6.18	水貂阿留申病病毒	(173)
6.19	伪狂犬病病毒	(174)
6.20	恶性卡他热病毒	(174)
6.21	疱疹病毒	(174)
6.22	痘病毒	(175)
6.23	黏液瘤和纤维瘤病毒	(176)
6.24	犬传染性肝炎病毒	(177)
6.25	新城疫病毒	(178)
6.26	禽流感病毒	(179)
6.27	禽传染性喉气管炎病毒	(179)
6.28	鸭瘟病毒	(180)
6.29	马立克氏病病毒	(180)
6.30	减蛋综合征病毒	(181)
6.31	鹌鹑支气管炎病毒	(181)
6.32	传染性法氏囊病病毒	(182)
6.33	朊病毒	(182)
7	其他病原微生物各论	(183)
7.1	支原体	(183)
7.2	衣原体	(183)
7.3	立克次氏体	(184)
7.4	螺旋体	(185)
7.5	放线菌	(186)
7.6	粗球孢子菌	(187)
7.7	组织胞浆菌	(187)
7.8	曲霉菌	(188)
7.9	致癣真菌	(188)
7.10	引起霉菌毒素中毒的霉菌	(189)
8	动物寄生虫各论	(191)
8.1	概论	(191)
8.2	动物吸虫	(193)
8.3	动物绦虫	(198)
8.4	动物线虫	(204)
8.5	动物原虫	(211)
8.6	动物体外寄生虫	(215)
	主要参考文献	(223)



## 0 绪 论

### 0.1 微生物及其特点

微生物 (Microorganism) 即指肉眼看不到的微小生物。微生物具有个体微小、结构简单、种类繁多、分布广泛、繁殖力强和适应力强等特点。对微生物个体而言, 计算其大小的单位一般需用微米 ( $\mu\text{m}$ ,  $1\mu\text{m} = 10^{-6}\text{m}$ ) 或纳米 (nm,  $1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$ ), 必须用光学显微镜或电子显微镜经放大数百、数千乃至数万倍才能看到; 微生物个体小, 表面积相对较大, 呼吸和排泄都快, 代谢作用相对迅速。作为独立的生物个体, 微生物结构简单, 小部分为多细胞生物, 大部分为单细胞生物, 有的甚至无细胞结构, 如部分病毒只含核酸和包围在外的蛋白衣壳。

微生物种类繁多, 在生物 6 界中占 4 界, 即除动物界、植物界外, 真菌界、原生生物界和原核原生生物界中的大部分及病毒界, 都属于微生物, 达 10 万多种。按微生物细胞核的特点, 将微生物分为三大类: ①非细胞型微生物, 如病毒、类病毒、拟类病毒、卫星病毒和朊病毒。②原核细胞型微生物, 如细菌、放线菌、支原体、衣原体、立克次氏体和螺旋体等。③真核细胞型微生物如霉菌和酵母等。微生物在自然界中的分布极为广泛, 上至 5 000 m 高空, 下至海底、江河湖泊等几乎各种水域、空气、陆地土壤、矿层等各种自然环境中都有与之相适应的微生物生存; 特别是土壤中微生物相对较多, 1 g 肥沃土壤中所含微生物数可达几亿甚至几十亿个; 在动植物及人类的体表及人和动物与外界相通的腔道中, 都有许多种类和数量巨大的微生物存在。

微生物的繁殖力较其他生物而言相对较快, 如细菌以二分裂方式繁殖, 其菌数是以对数形式增加的。有的细菌 20 min 即可繁殖一代, 假如外界环境条件一直保持适宜的话, 24 h 后 1 个细菌即可繁殖成  $2^{72}$  个, 然而, 实际上这是不可能的, 随着环境营养物质的耗竭和代谢废物的产生, 细菌的对数增长期逐渐变为衰退期, 繁殖速度减慢。除二分裂外, 微生物还有芽生、孢子、菌丝片断等无性和有性繁殖的多种繁殖方式。总之, 微生物的繁殖世代所需时间较短和繁殖方式的简捷性、多样性使其繁殖力颇强。微生物的种类繁多, 其代谢方式多种多样, 各种自然环境中几乎都有与之相适应的微生物群存在。另一方面, 因微生物繁殖力强, 按突变率为  $10^{-9} \sim 10^{-6}$  计算, 一定时间内出现突变体的数量较多, 除不适宜环境或本身代谢障碍而不能生存的以外, 总有相对较多适宜环境的个体生存繁殖下去, 故认为微生物的适应力较强。

### 0.2 微生物的作用

对人类而言, 微生物的作用归纳起来不外两方面, 即有益的和有害的。有益的方面如在自然界物质转化方面参与碳、氮的转化, 微生物能将动植物尸体的蛋白质转化为无

机氮化物，为植物提供养分，而植物又为人类和动物所直接或间接利用；此外，空气中的大量氮也可被固氮菌等作用，为植物提供可利用的氮，由此可知，假如没有微生物的作用，氮化物就不能从有机到无机，再到有机的无限循环，生物将不能生存。在工业生产方面，利用微生物的生命活动进行酿酒、沤麻、制面包、熟皮革、生产味精等。由于应用了微生物学技术而降低了生产成本，并提高了产品质量。在农业方面，应用微生物制造菌肥、植物生长刺激素，还进行生物杀虫，对农业增产可起巨大作用。在医药方面，微生物在抗生素制造方面起极重要作用，绝大多数抗生素都是利用微生物的代谢产物提炼加工而成的；还利用微生物制造和生产维生素，辅酶和三磷酸腺苷等等。在维护人及动物健康方面，微生物也起着重要的作用，如肠道微生物群、反刍动物瘤胃微生物群等对帮助机体消化饲料、为机体提供维生素、氨基酸等多种营养物质。有害的方面是在微生物中有一小部分间接或直接致人、动物或植物发生传染病或中毒症，如人的结核、乙肝、伤寒、白喉等；家畜家禽的炭疽、猪肺疫、禽流感、新城疫等；野生动物的巴氏杆菌病、犬瘟热、伪狂犬病、水貂阿留申病等；植物的小麦赤霉病、水稻枯叶病、大豆紫斑病等。这些对人类、动物和植物具有致病性的微生物统称为病原微生物。

### 0.3 微生物学

微生物学 (Microbiology) 是研究微生物的生物学特征、进化、遗传变异、分类、致病性，以及与人、动物和植物及自然界相互关系等的一门学科。它是生物学的一个分支。随着对微生物学研究范围的不断深入和扩大，微生物学本身从不同角度又逐渐形成了一些新的分支，如从应用领域分为工业微生物学、农业微生物学、食品微生物学、环境微生物学、海洋微生物学、水产微生物学、宇宙微生物学、医用微生物学、兽医微生物学、动物病毒学、畜牧微生物学和野生动物微生物学 (我们自己命名的)。从研究性质分微生物分类学、微生物生理学、微生物生态学、普通微生物学、微生物遗传学及分子微生物学。从研究对象又分真菌学、细菌学、放线菌学及病毒学等。另外，还有其他新兴的、边缘的分支，如微生态学等。

微生物学工作者的任务是在生产实践中应用有益的微生物，并改造、控制和消灭有害的病原微生物。

### 0.4 野生动物微生物学

野生动物微生物学 (暂且命名，合适与否有待磋商) 和医用微生物学、兽医微生物学同属一类研究范畴，只是侧重点不同。野生动物微生物学是研究病原微生物与野生动物相互关系的一门学科。本书内容如下：第一章为病原学，主要叙述了以细菌、病毒为代表的各类病原微生物的形态构造、生理、遗传变异等内容及理、化和生物因素对微生物的影响。第二章为传染，主要叙述了病原微生物的病原性与毒力、病原微生物引起传染的必要条件、传染的类型与结局和病原微生物在宿主体内的存在与排除途径。第三章为免疫学，主要叙述了免疫学概论、免疫系统、抗原、抗体、非特异性免疫、特异性免

疫应答、变态反应、抗感染免疫、自身免疫与免疫缺陷、母源抗体、免疫监测等内容。第四章为生物制品，主要叙述了生物制品概述、生物制品生产的基本程序、佐剂、动物生物制品的质量控制、抗血清、诊断用生物制品、生物制品的运输、保存和应用、生物制品的现状与发展等内容。第二篇为野生动物微生物学各论，第五、六、七章主要叙述了在野生动物较常见的、较重要的近 70 种各类病原微生物。考虑到目前野生动物寄生虫病非常常见，所带来的危害也很严重，又无一专门相关的书籍，故本书在第八章叙述了重要而常见的野生动物寄生虫的内容，包括概论、野生动物吸虫、绦虫、线虫、原虫和体外寄生虫等。

该书课程属“野生动物流行病学”的基础课，两者紧密相关，有些内容，如易感动物、致病性及诊断等可参阅《野生动物流行病学》相关章节，在此不复述。

学习野生动物微生物学的目的在于了解微生物总的特点及重要的野生动物病原微生物，认识免疫及机体免疫应答的规律、了解生物制品及其应用，了解常见的野生动物寄生虫，运用野生动物微生物学的基础理论、基本知识和技能，为多门后续专业课程，特别是为野生动物传染病学、寄生虫学及寄生虫病学等打基础。

#### 微生物学发展概况

微生物形态学时期：克西尔（Kircher, 1602~1680），第一个用放大镜看到细菌的人。荷兰商人吕文虎克（Anton Van Leenwenhoek, 1632~1723）于 1676 年创制出第一架可以放大 270 倍的简陋显微镜，用它观察污水、井水、牙垢、粪便及各种浸出物等，看到许多球状、杆状及螺旋状的“活的小动物”。

微生物生理学时期：法国科学家巴斯德（Louis pasteur, 1822~1895）通过曲颈瓶试验推翻了“自然发生论”，证明发酵和腐败都是微生物作用的结果。这些成果被应用到酿造工业，可以生产酒、醋酸、乳酸等。对酒的消毒可防其变质。在巴斯德的启发下，美国外科医生李斯德（Lord Joseph Lister, 1872~1912）首次将巴斯德的防腐原理应用于外科，以石炭酸喷洒手术室和煮沸消毒手术用具等，创造了无菌外科手术，大大减少了手术感染率。德国医生柯霍（Robert Koch, 1843~1910）发明了细菌固体培养基、苯胺染料染色法和实验动物感染法，为病原菌的发现和鉴别创造了条件和手段；他还发现了炭疽杆菌（1877）、结核杆菌（1882）和霍乱弧菌（1883）等。继之又率领一批来自世界各地的细菌学家相继发现了多种病原菌，如鼻疽杆菌、丹毒丝菌、巴氏杆菌、鼠疫杆菌及牛肺疫病原体等；他于 1884 年还提出了诊断菌三原则；俄国科学家伊万诺夫斯基（Д.И.Ивановский, 1864~1920）于 1892 年首先发现烟草花病的病原体是病毒。

近代微生物学的发展：随着科学技术的不断涌现和飞速发展，使得微生物学的发展也更为迅速。对微生物形态结构的研究提高到超微水平，组织培养技术用于病毒的分离培养、微生物检验速度和准确性得以大大提高。随着分子生物学的发展，微生物学的研究也向着分子水平迈进，目前已研制成大肠杆菌  $K_{88}$  基因工程苗、口蹄疫病毒基因工程苗和流感病毒基因工程苗等。应用分子遗传学技术，对微生物 DNA 中的 G+C 克分子百分比进行分析，及 DNA-DNA、DNA-RNA 体外杂合试验，深入研究了微生物间和种间的亲缘关系，为微生物的分类鉴定提供了新的指标。

# 1 病原学总论

## 1.1 细菌

细菌 (Bacterium) 是一类具有细胞壁的原核单细胞生物。其种类非常繁多、数量很多、分布也较广泛。在土壤、水、空气、动植物表面以及动物与外界相通的管腔中都有细菌存在, 对其分布情况可用“无孔不入, 无处不有”这八个字予以概括。

### 1.1.1 细菌的形态和构造

#### 1.1.1.1 细菌的大小和形态

(1) 大小 测量细菌大小的单位是微米 ( $\mu\text{m}$ )。不同种类的细菌, 大小很不一致, 即或同一种细菌, 在生长繁殖的不同阶段以及在不同环境条件下, 大小也有差异。因此, 细菌的大小是以生长在适宜 (营养、温度、湿度、pH 值等) 条件下的壮龄菌为标准。球菌的直径通常为  $0.5\sim 2.0\ \mu\text{m}$ 。杆菌的大小差异很大, 较大的杆菌: 长  $3.0\sim 8.0\ \mu\text{m}$ , 宽  $1.0\sim 1.25\ \mu\text{m}$ ; 中等杆菌: 长  $2.0\sim 3.0\ \mu\text{m}$ , 宽  $0.5\sim 1.0\ \mu\text{m}$ ; 小杆菌: 长  $0.7\sim 1.5\ \mu\text{m}$ , 宽  $0.2\sim 0.4\ \mu\text{m}$ 。螺形菌的长度为  $2.0\sim 20.0\ \mu\text{m}$ , 宽  $0.4\sim 2.0\ \mu\text{m}$ 。尽管其细菌的大小, 因繁殖阶段和环境条件的影响变化而变化, 但在外界条件的一定变化范围内, 各种细菌的大小是相对稳定并具有明显特征的, 故可以作为鉴定细菌的依据之一。

(2) 细菌的形态与排列 细菌细胞的形态有球状、杆状和螺旋状三种, 故将细菌分为球菌、杆菌和螺形菌三大类。细菌的排列与细菌分裂方式及分裂后菌体间连接强度有关。

①球菌 (Coccus): 呈球形或近似球形。按其分裂方向和分裂后的排列形式 (如图 1.1-1 所示), 可将球菌分为:

a. 双球菌 (Diplococcus): 在一个平面上分裂, 分裂后两个菌体成对排列, 其接触面扁平或凹入; 菌体有的呈肾形 (脑膜炎双球菌), 有的呈扁豆状 (淋球菌), 有的呈矛头状 (肺炎双球菌)。

b. 链球菌 (Streptococcus): 在一个平面上连续不断地分裂; 分裂后, 三个以上的球菌连接成链条状。如马腺疫链球菌、兽疫链球菌。

c. 四联球菌 (Tetracoccus): 在两个垂直的平面上分裂; 分裂后, 四个球菌排列在一起呈“田”字形, 如四联微球菌。

d. 八叠球菌 (Sarcina): 在三个互相垂直的平面上分裂; 分裂后, 八个球菌呈立体状重叠在一起, 如尿八叠球菌 (*Sarcina ureae*)。

e. 葡萄球菌 (Staphylococcus): 在多个不同平面上分裂; 分裂后, 多个菌体不规则地排列在一起, 似成串的葡萄状, 如金黄色葡萄球菌 (见图 1-1)。

②杆菌 (Bacterium): 菌体呈圆柱状, 多数平直, 亦有弯曲的。其大小和形态差异

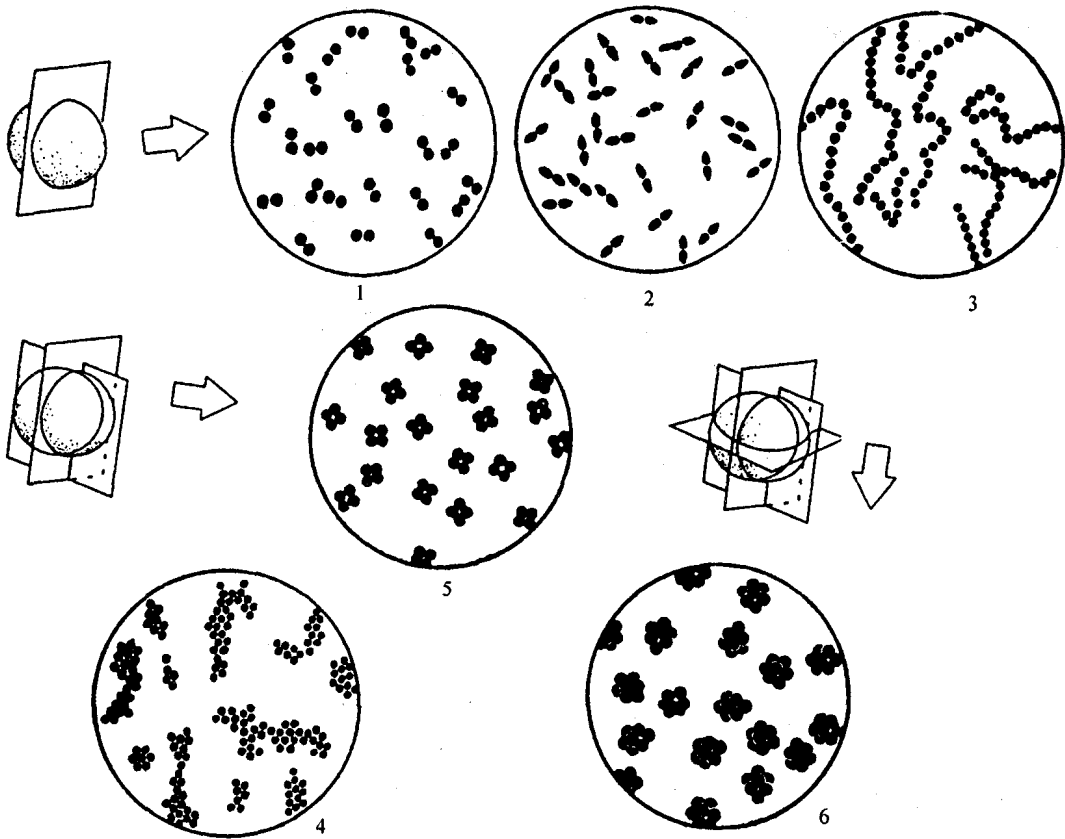


图 1-1 各种球菌的形态分裂方向和排列

1, 2 双球菌 3. 链球菌 4. 葡萄球菌 5. 四联球菌 6. 八叠球菌

较大。其中有些很近似球菌的称球杆菌；有的菌体具侧枝或呈分枝状，则称为分枝杆菌……杆菌绝大多数散在，亦有的成对、成链或成栅栏样排列（见图 1-2）。

③螺形菌 (Spirillar bacterium)：菌体弯曲，根据弯曲情况又分为：

a. 弧菌 (Vibrio)：菌体只有一个弯曲，呈弧状或逗点状，如霍乱弧菌。

b. 螺旋菌 (Spirillum)：菌体有两个以上弯曲，捻转呈螺旋状，如鼠咬热螺菌（见图 1-3）。

在正常情况下，细菌的个体形状和排列比较规则 and 一致，可作为细菌鉴定的一个依据。但有的菌种即使在最适宜条件下形状也很不一致，这种现象称为多形性。

#### 1.1.1.2 细菌的构造

细菌细胞的构造分为基本构造和特殊构造两部分，见图 1-4。

(1) 基本构造系指各种细菌都具有的细胞构造

①细胞壁 (Cell wall)：是包在细菌细胞表面较为坚韧略有弹性的壁膜。在一般光学显微镜下不易看到；用质壁分离、特殊染色等方法或借助电子显微镜可以清楚看到。其主要功能是维持菌体固有形态和保护菌体细胞免受机械性或渗透压的破坏，起屏障作

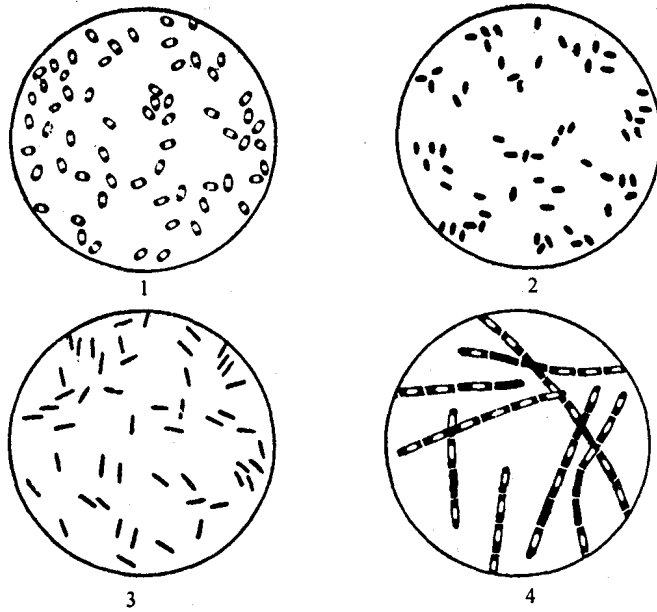


图 1-2 各种杆菌的形态和排列

1. 巴氏菌 2. 布氏菌 3. 大肠杆菌 4. 炭疽杆菌 (陈宗泽)

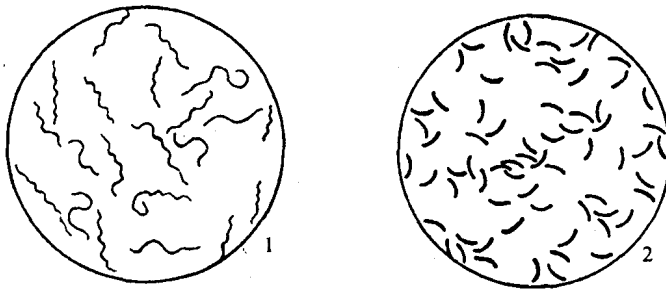


图 1-3 螺形菌的形态和排列

1. 螺菌 2. 弧菌 (陈宗泽)

用。细胞壁上有许多小孔，水及直径小于 1 nm 的物质可自由通过，而阻留了大分子物质，故与细胞内、外物质交换有关。细胞壁上还带有多种抗原决定簇，决定了菌体的抗原性。

细胞壁的化学组成比较复杂。根据细胞壁的结构和化学组成不同，通过革兰氏染色法将所有细菌分为革兰氏阳性和革兰氏阴性两大类。

a. 革兰氏阳性菌：细胞壁厚度为 20.0~80.0 nm，无分化结构，只是一层。其主要成分为粘肽（或称肽聚糖“peptidoglycan”），占细胞壁干重的 50%~80%，形成了致密、质地坚硬、机械强度很大的结构。此外，还含有磷壁酸（包括膜磷壁酸和壁磷壁酸），是革兰氏阳性菌的重要表面抗原，也与血清学分型有关；另外也能调节酶的活性。

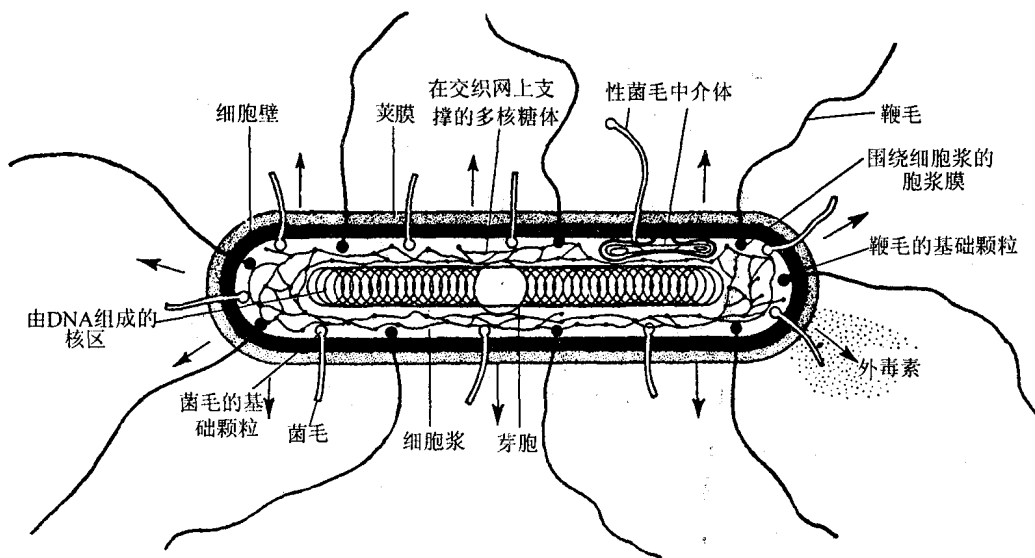


图 1-4 细菌细胞结构模式图 (陈宗泽)

b. 革兰氏阴性菌：革兰氏阴性菌细胞壁较薄，厚度为 10~15 nm，但结构复杂（多层组成）。其化学组成，除粘肽外，还有类脂、多糖等，但不包含磷壁酸。胞壁最内层为粘肽，由于含量少（占壁干重在 20% 之内），故结构疏松、薄弱；其外部还有三层结构，即脂蛋白、外膜和脂多糖。脂蛋白由脂质和蛋白质组成，连接外膜和粘肽层。外膜为液态的，并含有基质蛋白（或称微孔蛋白）的脂质双层，其功能，除物质运输外，还能阻止多种物质透过，免受许多化学药物的损害，因此革兰氏阴性菌对多种抗生素的抵抗力较强。脂多糖即是革兰氏阴性菌的内毒素，由脂类 A、核心多糖、特异性多糖组成。

②细胞膜 (Cell membrane)：细胞膜又称胞浆膜，位于细胞壁内侧，包在细胞浆外面，是一层柔软、薄而富有弹性的半渗透生物膜，厚为 5~10 nm。其化学成分主要为磷脂、蛋白质及少量碳水化合物。其结构是脂类双层，大多数是磷脂，少数是糖脂。脂类分子呈双相性，其亲水性极性基团（磷酸甘油等）朝向膜的两侧，疏水性的非极性基团（脂肪酸）则朝向膜内。在脂类双层中镶嵌有多种蛋白质（多为具有特殊作用的酶类和载体蛋白），成不断运动的状态。细胞膜的主要功能是调节控制物质的进出，具有选择性的通透性。此外细胞膜还是某些成分，如细胞壁的粘肽、磷壁酸、脂多糖等的合成场所。细胞膜也参与细胞的呼吸过程，相当于真核细胞线粒体的作用，与能量的产生、储存和利用有关，见图 1-5。

③中介体 (Mesosome)：中介体又称间体，是细菌细胞膜向内陷入胞浆中折叠而形成的管状或囊状结构，多见于革兰氏阳性菌，在某些革兰氏阴性菌中也可见到。由于中介体是细胞膜内陷折叠形成的，从而扩大了细胞膜的面积，相应地增加了酶的含量。中介体的功能目前尚未完全弄清，与细胞壁的合成、核质分裂、细菌呼吸以及芽胞的形成等有关。

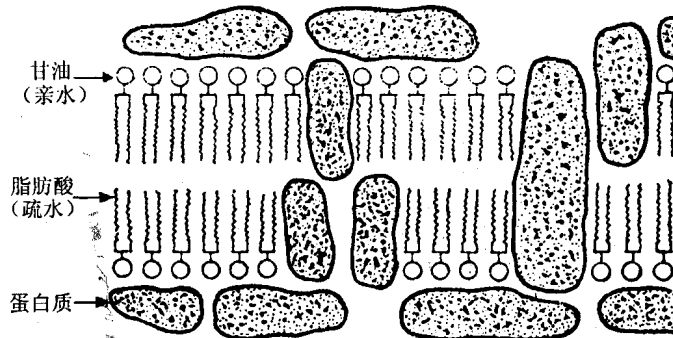


图 1-5 胞浆膜中蛋白质与类脂的结构模式图

④细胞浆 (Cytoplasm): 是细菌细胞的基础物质, 为无色、透明、均质、黏稠的胶状物, 由细胞膜包裹, 其主要成分是水、蛋白质、脂类、核酸及少量糖和无机盐。细菌细胞浆内核糖核酸含量较高, 可占菌体固形成分的 15%~20%, 因此细菌细胞为嗜碱性。

细胞浆是细菌的内环境, 含有多种酶系统, 是细菌新陈代谢的主要场所。胞浆中含有多种主要结构:

**核糖体 (Ribosome):** 核糖体是由 RNA 与蛋白质组成, 游离于细胞浆中。mRNA 将几个核糖体串成多聚核糖体 (polyribosome) 后, 即成为合成蛋白的场所。细菌的核糖体的沉降系数为 70S (30S+50S)。

**质粒 (Plasmid):** 质粒是独立于染色体之外的一种微小的遗传物质, 在细胞浆中能自行复制, 且能维持很多世代。它为双股环状 DNA, 里面含有一些不是生存所必需的基因 (如抗药性基因), 只起控制细菌某些特定的遗传性状的作用, 并非细菌生命活动所必需。质粒比染色体小, 仅有 50~100 个基因。有的质粒可以附着 (插入) 到染色体上, 成为染色体的一部分, 和染色体一起复制, 这类质粒又称为附加体 (episome)。质粒多存于革兰氏阴性菌及葡萄球菌内。

**聚  $\beta$ -羟丁酸:** 是细菌所特有的碳源和能源贮藏物, 有时可达菌体干重的 50%, 细菌不以中性脂肪贮存能源。

**胞浆颗粒 (Cytoplasmic granules):** 细胞浆中还含有多种颗粒, 如异染颗粒、类脂质、多糖、空泡、液泡、硫磺颗粒、草酸盐等, 它们有的是贮备的营养物质, 有的是代谢产物。

⑤核质 (Nuclear material): 细菌为原核细胞, 不具有典型的核, 在形态与结构上比高等生物简单得多, 没有核膜和核仁, 也没有分化的结构, 故称为核质或拟核 (nucleoid)。它是由一条双股环状 DNA 反复回旋盘绕而成, 一般呈球形、哑铃形或棒状, 具有细胞核的功能, 控制细菌的各种遗传性状。

(2) 特殊构造 细菌除上述共有的基本构造外, 某些细菌还具有一些特殊构造, 如荚膜、鞭毛、菌毛、芽胞等。特殊构造在细菌鉴别中有一定意义。

①荚膜 (Capsule): 包围在某些细菌细胞壁外的一层黏液性物质。厚度在  $0.2 \mu\text{m}$



以上者，称为荚膜，厚度在  $0.2\ \mu\text{m}$  以下的，称为微荚膜 (Microcapsule) 或黏液层 (Slimer layer)。荚膜可围绕一个细菌、也可围绕多个细菌。当多个细菌的荚膜物质融合成一团胶状物，内包围多个细菌时，则称为菌胶团 (Zoogloea)。荚膜的成分因细菌的种类和型别而有差异，如肺炎球菌的荚膜由多糖组成；炭疽杆菌的荚膜则由 D-谷氨酸组成的多肽，并混有多糖成分，见图 1-6。

荚膜是构成细菌毒力的重要因素之一，与细菌的致病力有关；荚膜还可以保护细菌免受干燥的影响；在营养缺乏时可作为碳源及能源供细菌利用；具有特异的抗原性。

②鞭毛 (Flagella)：鞭毛即是突出于菌体表面的细长呈波状弯曲的丝状物。它是由细胞浆外层的基础颗粒 (毛基体) 生长出来，穿过胞浆膜、细胞壁突出于菌体之外；其长度一般是菌体本身的若干倍，而直径很小，只有用电子显微镜或特殊染色后才能看到。鞭毛是由一种特殊蛋白质组成，具有特异的抗原性，是细菌的运动器官。根据鞭毛在菌体上数目、位置及排列，将有鞭毛菌分为一端单毛菌、两端单毛菌、丛毛菌和周毛菌，见图 1-7、1-8。

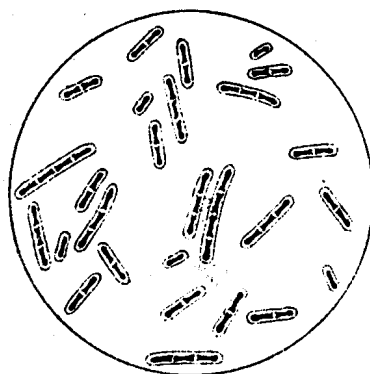


图 1-6 细菌荚膜 (陈宗泽)

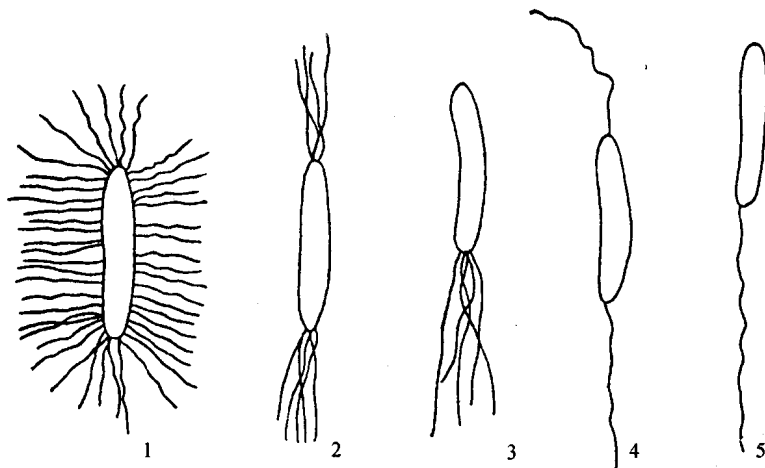


图 1-7 细菌鞭毛 (陈宗泽)

1. 周毛菌 2. 两端丛毛菌 3. 一端丛毛菌 4. 两端单毛菌 5. 一端单毛菌

③菌毛 (Fimbria or pilus)：一些革兰氏阴性菌和少数革兰氏阳性菌的菌体上生有比鞭毛更细、更短、直硬、数量较多的细丝，此称为菌毛。菌毛由蛋白质组成，起源于胞浆内基础颗粒，不具有运动性。根据形态和功能，分为普通菌毛和性菌毛两种。两者可单独存在或同时存在于一种细菌上。

普通菌毛 (Common pili)：普通菌毛较细、较短，数量多，每个菌有  $50\sim 500$  根，