

# 动物病原微生物学

DONGWU BING YUAN WEI SHENG WU XUE

任家琰 马海利 编 著

中国农业科技出版社

# 动物病原微生物学

任家琰 马海利著

中国农业科技出版社

图书在版编目(CIP)数据

动物病原微生物学/任家琰等著. - 北京:中国农业科技出版社,2001.3

ISBN 7-80167-105-8

I.动… II.任 III.动物-病原微生物 IV.S852

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 06158 号

责任编辑	黄 卫
出版发行	中国农业科技出版社 邮编:100081 电话:(010)68919711;62173607;传真:62189014 (北京海淀区白石桥路 30 号)
经 销	新华书店北京发行所
印 刷	山西科林印刷有限公司
开 本	787×1092 毫米 1/16 印张:20.5
印 数	1—1000 册 字数:474 千字
版 次	2001 年 3 月第一版 2001 年 3 月第一次印刷
定 价	32.80 元

## 前 言

全国高等农业院校统编教材《兽医微生物学》修订再版业已过去了九个年头,这九年来兽医微生物学发展很快,理论和技术知识更新甚多,新的病原不断发现。为了适应和反映学科的发展,满足高等农业院校动物医学专业及相近专业对教学用书的需要,使动物医学工作者掌握和了解本学科发展的现状,我们编著了这本《动物病原微生物学》。该教材基本反映了80年代以来动物病原微生物学发展的概况和科学技术水平,对与猪、鸡、牛、羊等常见畜禽传染病,食品卫生检验以及公共卫生有关的病原微生物的新理论、新技术、新方法以及新发现的细菌、病毒种属作了较详细的介绍。在基础免疫学方面介绍了细胞因子、免疫应答、免疫调控和抗体多样性的基因控制的新理论;在免疫血清学方面,介绍了新发展起来的标记抗体技术和免疫探针;在病毒学方面,介绍了脊椎动物病毒新的分类、慢病毒和类病毒的概念,对一些病毒的理化特性进行了更完整的描述,在细菌学方面,对发展较快的分类和鉴定以及细菌分离和检验的新方法,新技术都作了介绍。编写内容较充实、紧凑、简明、重点突出,力求符合教学、科研和生产的需要。

全书共二十二章。绪论、第一章至第十一章、第十九章至第二十二章由任家琰编写,第十二章至第十八章由马海利编写。

由于编者水平和教材篇幅有限,加之动物病原微生物学发展太快,参考资料浩瀚无垠,因此在文献跟踪及内容的组织上难免存在不少疏漏和不足,诚请读者和同道指正。

编者

2000年3月

# 目 录

绪 论 .....	( 1 )
-----------	-------

## 第一篇 细菌总论

第一章 细菌的形态和结构 .....	( 5 )
第一节 细菌的形态 .....	( 5 )
第二节 细菌的构造 .....	( 7 )
第二章 细菌生理学 .....	( 15 )
第一节 细菌的化学组成 .....	( 15 )
第二节 细菌的营养与代谢 .....	( 17 )
第三节 细菌的生长繁殖 .....	( 23 )
第三章 外界环境对细菌的影响 .....	( 26 )
第一节 物理因素对细菌的影响 .....	( 26 )
第二节 化学因素对细菌的影响 .....	( 28 )
第三节 生物因素对细菌的影响 .....	( 29 )
第四章 细菌的致病性 .....	( 30 )
第一节 病原菌的病原性与毒力 .....	( 30 )
第二节 病原菌的传染 .....	( 33 )
第五章 细菌的变异 .....	( 36 )
第一节 细菌的常见变异现象 .....	( 36 )
第二节 细菌变异的机制 .....	( 38 )
第三节 细菌变异在动物医学中的实践意义 .....	( 40 )
第六章 细菌分类和命名 .....	( 41 )
第一节 细菌的分类 .....	( 41 )
第二节 细菌的命名 .....	( 43 )

## 第二篇 免疫学基础

第七章 抗原与抗体 .....	( 46 )
第一节 抗原 .....	( 46 )
第二节 抗体 .....	( 50 )
第八章 血清学反应 .....	( 57 )
第一节 概述 .....	( 57 )
第二节 凝聚性反应 .....	( 59 )

第三节	与补体有关的反应	(64)
第四节	标记抗体技术	(66)
第五节	中和试验	(71)
<b>第九章</b>	<b>机体免疫力</b>	<b>(73)</b>
第一节	非特异性免疫	(73)
第二节	特异性免疫	(76)
第三节	变态反应	(91)
第四节	免疫反应的其他问题	(93)

### 第三篇 细菌各论

<b>第十章</b>	<b>革兰氏阳性球菌</b>	<b>(95)</b>
第一节	葡萄球菌属	(95)
第二节	链球菌属	(100)
<b>第十一章</b>	<b>革兰氏阳性芽胞菌</b>	<b>(108)</b>
第一节	芽胞杆菌属	(108)
第二节	梭菌属	(113)
<b>第十二章</b>	<b>革兰氏阳性无芽胞杆菌</b>	<b>(123)</b>
第一节	李氏杆菌属	(123)
第二节	丹毒杆菌属	(125)
第三节	分枝杆菌属	(128)
第四节	棒状杆菌属	(133)
第五节	放线菌属	(134)
<b>第十三章</b>	<b>革兰氏阴性需氧杆菌</b>	<b>(137)</b>
第一节	假单胞菌属	(137)
第二节	布氏杆菌属	(141)
第三节	博代氏菌属	(146)
<b>第十四章</b>	<b>革兰氏阴性兼性厌氧杆菌</b>	<b>(149)</b>
第一节	埃希氏菌属	(149)
第二节	沙门氏菌属	(155)
第三节	克雷伯氏菌属	(160)
第四节	志贺氏菌属	(161)
第五节	肠杆菌属	(162)
第六节	变形杆菌属	(162)
第七节	耶尔森氏菌属	(163)
第八节	巴氏杆菌属	(166)
第九节	嗜血杆菌属	(169)
第十节	弧菌属	(171)



第十一节 放线杆菌属 .....	(172)
第十五章 革兰氏阴性厌氧无芽胞杆菌 .....	(174)
第一节 拟杆菌属 .....	(174)
第二节 梭杆菌属 .....	(176)
第十六章 革兰氏阴性弯曲形细菌 .....	(179)

## 第四篇 病 毒

第十七章 病毒概论 .....	(181)
第一节 病毒的形态结构和化学组成 .....	(182)
第二节 病毒的增殖 .....	(188)
第三节 病毒的抵抗力 .....	(190)
第四节 病毒的分离和培养 .....	(193)
第五节 病毒感染与抗病毒感染 .....	(195)
第六节 病毒的分类和命名 .....	(199)
第七节 病毒病的微生物学检验程序 .....	(205)
第十八章 病毒各论 .....	(207)
第一节 痘病毒科 .....	(207)
第二节 疱疹病毒科 .....	(212)
第三节 腺病毒科 .....	(220)
第四节 圆环病毒科 .....	(222)
第五节 细小病毒科 .....	(224)
第六节 反转录病毒科 .....	(228)
第七节 呼肠孤病毒科 .....	(235)
第八节 双 RNA 病毒科 .....	(240)
第九节 副粘病毒科 .....	(242)
第十节 弹状病毒科 .....	(245)
第十一节 正粘病毒科 .....	(251)
第十二节 微 RNA 病毒科 .....	(255)
第十三节 嵌杯病毒科 .....	(262)
第十四节 冠状病毒科 .....	(264)
第十五节 黄病毒科 .....	(268)
第十六节 披膜病毒科 .....	(271)
第十七节 未分科病毒 .....	(274)
第十八节 亚病毒 .....	(277)

## 第五篇 其他微生物

<b>第十九章 病原真菌</b> .....	(279)
第一节 概述.....	(279)
第二节 感染性病原真菌.....	(285)
第三节 中毒性病原真菌.....	(288)
<b>第二十章 螺旋体</b> .....	(293)
第一节 概述.....	(293)
第二节 密螺旋体属.....	(295)
第三节 细螺旋体属.....	(297)
<b>第二十一章 霉形体</b> .....	(301)
第一节 概述.....	(301)
第二节 猪的霉形体.....	(309)
第三节 禽的霉形体.....	(312)
<b>第二十二章 其他微生物</b> .....	(316)
第一节 放线菌.....	(316)
第二节 立克次氏体与衣原体.....	(316)
<b>参考文献</b> .....	(319)



# 绪 论

## 一、微生物与微生物学

微生物 (microorganism) 是一大群小生物的总称。因形体小, 必须借助光学显微镜或电子显微镜放大几百乃至几万倍后才能观察到; 结构简单, 直接生活于环境中, 容易受周围环境条件变化的影响而发生变异; 种类繁多, 包括细菌、真菌 (霉菌和酵母菌)、放线菌、螺旋体、霉形体、立克次氏体、衣原体和病毒等; 生长繁殖快, 数量大, 不能以千万计; 在自然界中分布广泛, 土壤、空气、江河、湖泊、海洋、动植物体及人体内外都有微生物, 甚至有些特殊微生物能在一般生物不能生存的极端环境 (如高温、高压、强酸、强碱、高盐或无氧) 中生活。

微生物和人类的关系非常密切, 绝大多数微生物对人类有益, 在生物圈的物质循环和能流中具有关键作用。植物利用日光能综合无机态碳和无机态氮以及各种矿物元素, 使之成为生命基础的蛋白质和生命活动的能量来源——碳水化合物。各种微生物在生命活动中, 分解周围环境中有机物质, 把有机态碳转化为  $\text{CO}_2$  回归到大气中; 把有机态氮转化为铵盐和硝酸盐供给植物营养, 从而保持了大自然的生态平衡。

有益微生物在人类社会生产力发展中的作用不容低估, 当今微生物生产已与动植物生产并列为生物产业三大支柱之一。微生物在土壤形成、改善土壤肥力、植物病虫害的生物防治、保证农业的稳产高产方面具有重要作用; 由微生物产生的单细胞蛋白可为畜牧业提供丰富的蛋白质饲料; 微生物可产生具有医疗和保健价值的生物活性物质, 如抗生素、氨基酸、维生素、核苷酸等; 微生物能被用于生产有机酸、有机溶剂和各种工业及医药用的酶制剂、酿酒、制醋和食品加工等; 微生物还被用于净化环境和提供能源, 如由沼气菌产生的甲烷、由放氢菌产生的氢气、由乙醇发酵菌产生的酒精, 是良好的可再生来源, 它们终究要代替或部分代替日趋枯竭的化石能源。它们在 21 世纪解决人类面临的粮食、能源、资源和环境等危机方面将发挥重要作用。

此外, 微生物在新兴生物技术领域中特殊地位亦逐渐为人们所认识, 它们为基因工程技术研究提供了数千种切割或缝合基因的工具酶; 提供了丰富的、可为人类利用的外源基因; 提供了细菌质粒、病毒等外源 DNA 载体系统; 提供了能高效表达外源基因性状的受体; 使生物技术的研究发展充满生机和活力。

有害微生物可严重破坏生产力, 它们是人类和动植物传染病的病原, 有的可造成农产品和某些工业产品的霉变腐烂, 我们必须改造、控制或消灭它们。

微生物学是生物学中的一个分支, 是研究微生物在一定条件下的形态、结构、生命活动规律、进化、分类以及与人类和其他生物相互关系及在自然界中作用等问题的一门学科。广义的微生物学还包括免疫学, 甚至包括寄生虫学。

## 二、微生物学发展概况

在人类与自然斗争的漫长岁月中，虽然人们曾凭自己的经验，对如何利用有益微生物，控制有害微生物有了一些感性认识，但并不知道有微生物存在。微生物学发展是在发现微生物的基础上和肯定了微生物与生产实践和传染性疾病的关系后发展起来的。它的发展可以概括为三个划时代的时期。

**1. 形态学时期** 17世纪末叶，由于贸易频繁，航海事业的需要，必须改善光学仪器，因此玻璃研磨工艺达到相当水平。1676年荷兰人吕文虎克（Antoni van Leewenhock）利用自磨镜片，创制了一架能放大约40~270倍的单镜头显微镜，观察了牙垢、井水、人和动物的粪便，第一个发现了各种微小生物，正确地描述细菌的形态有球状、杆状、螺旋状等，先后将他观察的结果发表在英国《皇家学会科学研究会报》，对微生物的存在提供了有力的证据。从此，人们对微生物的形态、排列、大小等有了初步的认识，开始了微生物形态论述时期，为微生物学的兴起奠定了基础。但在其后200年时间里，微生物学只停留在形态学描述和分门别类上。

**2. 生理学和免疫学时期** 19世纪中叶，工业发展、科学技术进步，以法国巴斯德（Louis Pasteur）和德国郭霍（Robert Koch）为代表的科学家们卓有成效的研究工作，将微生物的研究从形态描述推进到生理学和免疫学时期。巴斯德首先试验证明微生物是引起发酵的原因；著名的曲颈瓶试验推翻了自然发生论为微生物学的发展解除了精神桎梏；提出了酒类变质是由污染的杂菌所致，证明了人类传染病与细菌的关系；为了防止酒类及牛乳变质，他发明了加温62℃作用30分钟的巴氏消毒法（Pasteurization），沿用至今。由于巴氏研究阐明了微生物的代谢活动，奠定了微生物生理学基础。此后巴氏又研制出鸡霍乱、炭疽病以及狂犬病减毒活菌苗或疫苗，成功地预防了这些疾病，为预防接种，抗感染免疫开辟了广阔的途径，因此巴氏也是免疫学的创新人。

郭霍创建了一套系统的研究微生物的方法，被誉为微生物研究方法的奠基人。郭霍利用固体培养基分离培养细菌；首先提出细菌染色方法。1884年郭霍提出确定病原微生物的郭霍法则，虽并不完全合理，但至今在确定新的病原菌时仍有一定的指导意义。

1892年，俄国学者伊凡诺夫斯基（Д. И. Ивановский）发现烟草花叶病的叶汁通过细菌滤器后仍有传染性。直到1898年，荷兰科学家贝杰林克（Beijerinck）重复上述试验才明确提出，叶汁中存在一种比细菌更小的滤过性新型病原体，称滤过病毒（Filterable virus）。与此同时，德国Loeffler提出牛口蹄疫的致病因子也是一种能通过细菌滤器的感染性物质。人类病毒是1901年美国Walter - Reed首先分离出黄热病毒而发现的。1915年，英国F.W. Twort发现了细菌病毒，即噬菌体。因此在本世纪早期，植物病毒、动物病毒、人类病毒及细菌病毒相继被分离出来。

由于预防接种取得实效，加之传染病耐过者能抵抗再次感染的启示，使人们认识到机体能产生抵抗传染的能力，并对这种现象的本质进行了深入探讨。德国医学和生物化学家欧立希（Paul Ehrlich）等发现机体的抵抗力和血清中存在的杀菌物质有关，建立了体液免疫学说。与体液免疫学说同时出现的是俄国学者梅契尼科夫（И. И. Мечников）

提出的细胞免疫学说。他发现机体内白细胞及肝、脾等网状上皮细胞具有吞噬微生物的特性。上述科学家们的努力和贡献，为微生物学的创建、形成奠定了坚实的基础，使微生物学发展成一门独立的科学。

**3. 近代微生物学时期** 20世纪20年代以来，近代物理学、生物化学、遗传学、细胞生物学、分子生物学等科学的发展，电子显微镜、同位素示踪原子、气相和液相色谱技术、生物技术、电子计算机等的应用，推动了微生物学理论研究和科技进步。

抗生素的发现和广泛应用，使许多由微生物引起的疾病得到控制，成为抗微生物疗法的划时代革命，是微生物学对人类的巨大贡献。

1935年，斯坦来(Stanley)首次获得烟草花叶病毒结晶，随后鲍登(Bawden)等证明结晶为核蛋白，有繁殖能力和传染性。此后又证明所有病毒的主要化学成分是核酸和蛋白质，只有核酸才有传染性。这不仅为病毒病的防治提供了依据，也为探明生命的本质和起源提供了线索。本世纪40~60年代，我国学者黄祯祥创建的组织培养技术开始广泛应用于病毒学领域，采用这项新技术研究病毒的复制和遗传，在细胞水平上对病毒本质有了进一步的认识。此外，由于噬菌体易于培养和检测，50年代进行了大量的病毒学基础研究，初步阐明了病毒的感染机制、繁殖机制和基因整合机制，乃至病毒基因图谱等。由于在这一时期内，病毒学在理论上和应用上都有很大的发展，逐步形成了一门独立的学科。

1953年Watson和Crick关于DNA结构双螺旋模型的提出，使微生物学和整个生命科学跨入了分子生物学研究的新时期。微生物学一跃成为体现生命科学主流的前沿科学。60年代以来，相继阐明了DNA和RNA病毒的繁殖机制；阐明了某些病毒基因的结构和功能的关系及基因表达调控原理，阐明了某些病毒保护性抗原的基因位置和核苷酸序列；阐明了某些病毒蛋白质的分子结构。70年代中期，DNA重组技术和基因工程技术的出现，给疾病防治和诊断技术的发展注入了活力。利用基因工程微生物生产基因工程疫苗、基因工程抗体、干扰素，不仅是疫苗制备和抗体工程技术的一个新突破，而且也是对传染或肿瘤病防治的重大贡献。基因探针(Gene probe)和聚合酶链反应(Polymerase chain reaction, PCR)在微生物诊断中的应用，使一些疑难传染病的实验室快速诊断成为现实。

免疫学跨越出抗传染免疫的传统概念，成为近代微生物领域发展最快的生长点之一，人们发现机体内具有一个完善的免疫系统，加深了对免疫防御、自身稳定和免疫监视等的认识；对抗体中各类球蛋白类型、结构、功能及形成机理的研究丰富了免疫学理论，推进了免疫球蛋白在诊断及防治疾病上的应用，并开创了免疫病的防治。当今，免疫学已经成为一门具有自身理论体系和特殊研究方法的独立学科。

微生物学基础理论研究的深入和应用研究范围的扩大，进一步促进了其学科建设，逐渐形成了许多分支学科。根据应用，可分为农业微生物学、工业微生物学、食品微生物学、海洋微生物学、畜牧微生物学、乳品微生物学、医学微生物学及动物医学微生物学等。

### 三、动物病原微生物学及其今后发展的重点领域

动物病原微生物学是在微生物学一般理论上研究微生物与畜禽疾病关系，并利用微生物学与免疫学知识和技能来诊断、防治畜禽疾病和人畜共患病的科学。50年代以来，我国的动物病原微生物学事业亦取得一些成就。成就的标志是，在全国范围内消灭了猖獗流行的牛瘟，一些主要畜禽传染病已基本得到控制；马传染性贫血病毒、兔出血性热病毒、猪肺炎霉形体疫苗的研究和牛瘟弱毒疫苗、猪瘟弱毒疫苗、羊链球菌疫苗的研制，处于国际领先行列；动物基因工程疫苗的研究取得明显进展，研制出大肠杆菌K<sub>88</sub>、K<sub>99</sub>基因工程亚单位菌苗，大肠杆菌K<sub>88</sub>、K<sub>99</sub>、987P和F<sub>41</sub>四联基因工程菌苗，以牛痘苗为载体的和以大肠杆菌为载体的口蹄疫O型基因工程亚单位疫苗，伪狂犬病基因工程疫苗；研制成功数十种畜禽传染病的特异诊断方法，并朝向微量化、标准化、系列化和高新技术发展。

今后，我国动物病原微生物学发展的重点领域是：

1. **微生物致病与免疫机制的研究** 主要研究方向是病原微生物毒力因子和致病机制；抗感染免疫和病原微生物对机体免疫作用的对抗机制；新型微生物疫苗及抗微生物制剂的应用基础研究；耐药质粒和耐药机制。

2. **病毒结构、功能及与宿主相互关系的研究** 主要研究方向是病毒蛋白的基因定位，结构和功能的研究，病毒对宿主的致病机制及宿主对病毒的抗争反应；病毒病防治的基础研究；自然环境中病毒存活和灭活机制；噬菌体的研究；亚病毒和慢病毒的研究。

# 第一篇 细菌总论

## 第一章 细菌的形态和结构

在自然界中，与畜禽疾病有关的细菌种类很多，它们在一定环境下有相对稳定的形态结构。细菌的结构与其生理功能、致病、免疫等特性有关，了解、认识细菌形态结构的特点，对于鉴别菌种、诊断疾病和研究细菌的致病性与免疫性，都有重要的理论与实际意义。

### 第一节 细菌的形态

#### 一、细菌的大小

细菌是一种单细胞生物，个体微小，一般要在显微镜下才能看到。测定细菌大小的量度单位是微米（micrometer，简写  $\mu\text{m}$ ）和纳米（nanometer，简写 nm）。

$$1\text{mm} = 1000\mu\text{m}, 1\mu\text{m} = 1000\text{nm}$$

各种细菌大小虽有显著差别，但都超不过几个微米。球菌的直径通常为  $0.5 \sim 2.0\mu\text{m}$ 。杆菌大小通常用长和宽测量，较大的杆菌长  $3 \sim 10\mu\text{m}$ ，宽为  $1.00 \sim 1.25\mu\text{m}$ ；中等大杆菌长  $2 \sim 3\mu\text{m}$ ，宽  $0.5 \sim 1.0\mu\text{m}$ ；小杆菌长  $0.7 \sim 1.5\mu\text{m}$ ，宽为  $0.2 \sim 0.4\mu\text{m}$ 。螺旋状菌是以其两端直线作长度，其长度一般在  $2 \sim 20\mu\text{m}$ ，宽为  $0.4 \sim 2.0\mu\text{m}$ 。

对于同一种细菌来讲，由于培养条件（培养温度、培养基种类、培养时间）、制片方法、染色方法及使用的显微镜型号不同，细菌大小也有差异，因此在确定和比较细菌大小时，各种条件和技术操作应该一致。同时要选用在适宜温度和培养基中的年轻培养物为检材。反过来讲，在一定条件下各种细菌的大小是相对稳定而具有明显特征的，这可以作为鉴定不同细菌的一个依据。

#### 二、细菌的外形和排列

细菌的外形主要有三种类型：球状、杆状、螺旋状。根据外形的特征可将细菌分为球菌、杆菌和螺旋状菌三大类。

有些细菌是以单个形式存在的，有些是以一定方式排列存在的。菌种不同，其分裂后排列状态也不同。这种差别在一定条件下是相对稳定的。根据这一特点，我们可以对不同的细菌进行分类、鉴别。

## (一) 球菌

一般为正圆球形，菌体横切面是一个正圆形，球菌按其裂殖方向及裂殖后彼此连接的情况可以分为：

1. **双球菌** 一个球菌在一个平面上分裂，分裂后的子细菌两两彼此连接，两球菌的接触面有时呈扁平或凹入，菌体变成肾形、扁豆状或矛头状。例如肺炎双球菌。

2. **链球菌** 母细菌在一个方向连续进行多次分裂，分裂后的子细菌彼此连接成含有三个以上菌体的链条。例如粪链球菌。

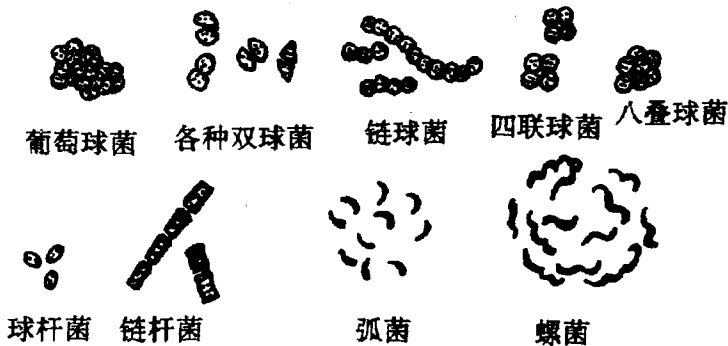


图 1-1 细菌的基本形态

3. **四联球菌** 球菌先后在两个互相垂直的方向进行两次分裂，分裂后每四个细菌在一个平面上彼此连接，形成一个正方形。例如绿色四联空气球菌。

4. **八联球菌** 球菌先后在三个互相垂直的方向进行三次分裂，分裂后八个球菌立体地叠加在一起，形成一种包裹状。如尿八联球菌。

5. **葡萄球菌** 细菌向各个不同的方向分裂，分裂后若干菌体不规则地堆积在一起，形成一种葡萄串状。例如金黄色葡萄球菌。

## (二) 杆菌

多数杆菌是呈圆柱状，也有呈卵圆形的。菌体一般平直，也有稍弯曲者，如腐败梭菌；菌端多钝圆，少数是平直的或尖锐的，如炭疽杆菌和尖端梭杆菌。由于菌种不同，杆菌的长短、粗细也不同。前面已经讲过，杆菌有大、中、小之分。如果杆菌短小，两端钝圆，形似球状者，称为球杆菌；若杆菌一端较另一端膨大，使菌体本身呈现棒状者称棒状杆菌；若菌体两端尖或钝圆，中央膨大者称为梭状杆菌。

杆菌通常只有一个裂殖方向，即只有一个裂殖面，且与菌体长轴垂直，多数杆菌分裂后彼此分离、单独存在为单杆菌；有些杆菌分裂后，两两相连，称为双杆菌；还有一些杆菌在一个平面上连续分裂后，子细菌彼此连接在一起，形成或长或短的链状者称链杆菌。

### (三) 螺旋状菌

总的来讲，螺旋状菌为弯曲或者螺旋状的圆柱形，两端圆或尖突。根据菌体弯曲状态，可将其分为：

1. 弧菌 指只有一个弯曲的细菌。该细菌的形状如逗点状。如霍乱弧菌。
2. 螺菌 指菌体有两个以上弯曲，捻转成螺旋状。如鼠咬热螺菌。

## 第二节 细菌的构造

### 一、菌细胞的基本结构

细菌是单细胞微生物。菌细胞的基本结构是指任何一种细菌都具有的结构。其主要包括细胞壁、细胞膜、间体、细胞质、核体、核糖体、内含物。

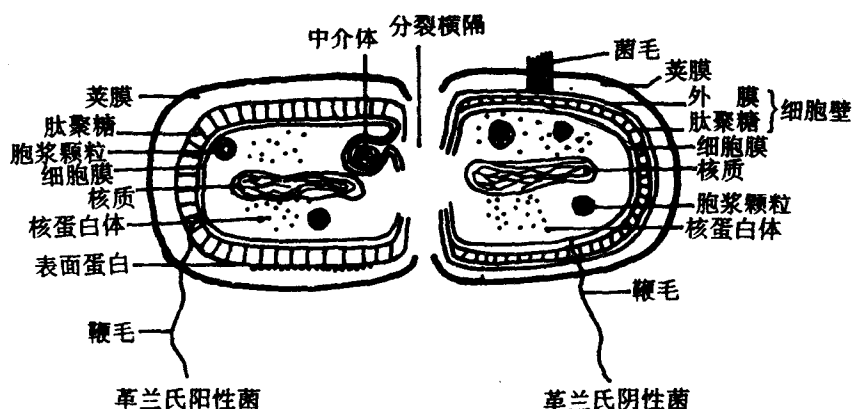


图 1-2 细菌细胞结构模式图

#### (一) 细胞壁

细菌的细胞壁位于菌体的最外层，包围于细胞膜之外，又称外膜。细胞壁是一层无色透明、坚韧、又具有弹性的膜。因为它折光性低，对染料的亲和力低，一般在普通光学显微镜下不能看到，若要观察细胞壁，必须用特殊方法处理，使菌细胞发生质壁分离，或作特殊染色，或用电镜观察才能看到。

各种细菌细胞壁化学组成和结构不同，因此以革兰氏染色方法对细菌染色后，呈现的反应不同，据此可把细菌分为两大类：革兰氏阳性菌和革兰氏阴性菌。革兰氏阳性菌的细胞壁只是厚厚的一层，无分化结构，一般厚为 15~35nm，少数可达 80nm。其化学组成主要是粘肽。粘肽主要由六种成分构成：N-乙酰葡糖胺、N-乙酰胞壁酸、左旋右旋丙氨酸、右旋谷氨酸和左旋赖氨酸或二氨基庚二酸。它们形成十二行粘肽聚合体，构成细胞壁。革兰氏阳性菌的粘肽含量较高，一般占细胞壁物质干重的 40%~60%，有的可达 90%之多。除粘肽外，很多革兰氏阳性菌还含有磷壁酸、多糖、蛋白质和少



量的类脂质。在粘肽成分中，胞壁酸和二氨基庚二酸是细胞壁所特有的。

革兰氏阴性菌细胞壁厚约 10~15nm，由外胞壁和内胞壁组成。外胞壁有三层结构，电镜下可见内外层是电子稠密层，中间层是电子透明层。内胞壁不分层。革兰氏阴性菌细胞壁的化学成分较革兰氏阳性菌复杂，亦含有少量粘肽，但仅占细胞壁干重的 10%~20%，外胞壁由内向外依次为脂蛋白、双层磷脂分子构成的外膜和脂多糖。

细菌细胞壁参与细菌生命的基本活动，主要功能是可以维持菌细胞固有外形，保护细菌免受外界的侵害。细胞壁是一种半渗透膜，可以阻止细胞外物质进入，阻留细胞内物质逸出，起一种选择性屏障作用，对于细菌的代谢活动具有一定意义。细胞壁中含有多种抗原物质，使细胞壁具有抗原性，能与免疫血清中的相应抗体发生血清学反应。

当细菌受到溶菌酶或青霉素的作用，细胞壁中的粘肽结构受到破坏或其合成被抑制，便会形成细胞壁缺损或没有细胞壁的细菌变型，因最早在 Lister 研究院中发现，故取其第一字母，将上述细胞变型称作 L 型细菌。革兰氏阳性菌细胞壁被破坏后，这种细菌通常在水或血清中发生溶解，但是若置放蔗糖或盐的高渗溶液中 (0.2~0.5mol/L) 形成橡皮球样的外膜柔软，脆弱的圆形个体称为原生质体。革兰氏阴性菌细胞壁中粘肽很少，失去粘肽成分后，仍保留有细胞壁的其他成分，形成一个疏松的有“外套”的菌体，称为球状体，L 型细菌形态大小不一，染色不易着色，但仍能分裂繁殖，子代细菌仍保持原来的遗传特性，在一定条件下去除抑制物后，L 型细菌，尤其球状体可以恢复成为原来形态的细菌，仍有病原性，当前 L 型细菌发生感染的报道较多，因此细菌检验中应注意 L 型细菌的存在。

## (二) 细胞膜

细胞膜位于细胞壁和细胞质之间，是一层柔软、具有弹性的、透明的薄膜。用普通染色法染色就可以着色，而且着色较深，但奇怪的是其不易在光学显微镜下清晰地看见，用高渗溶液处理发生质壁分离后，细胞膜和细胞质一起收缩，可以观察到它的存在。在电镜下观察，细胞膜分为三层结构，内外为电子致密层，中间为电子透明层。整个厚度为 7.5nm，重量为菌体干重的 10%~30% 左右。细胞膜内外表面有许多球状小颗粒，这些颗粒可能是多种酶复合物和物质转运系统存在。

细胞膜的主要成分是类脂质和蛋白质，其次有少量的碳水化合物和其他物质。

细胞膜的结构膜型为类脂液态镶嵌模型。即类脂的亲水端在外，疏水端在内，中间镶嵌着蛋白质，这些蛋白质具有酶活性和物质转运功能，它们或位于膜的表面，或由一侧嵌入膜内，也可穿透脂质双层暴露于膜的两侧。该脂质双层呈液态，镶嵌于其中的蛋白质位置常移动变化。

细胞膜是一种半透膜，能选择性地阻止水溶性物质进入菌体，同时通过酶的作用可使一些大分子有机物经转化后透过细胞膜。胞膜是许多重要酶系统的活动场所，如细胞色素氧化酶、琥珀酸脱氢酶、苹果酸脱氢酶等，这些酶类参与菌细胞的呼吸过程，与能量的产生、储存和利用有关。此外细胞膜上还含有许多合成酶，菌体的许多成分，如粘肽、磷壁酸、磷脂、脂多糖等都是在细胞膜上合成的。因此细胞膜被理化因素损坏之后，尽管无可见的形态变化，也常导致细菌的死亡。

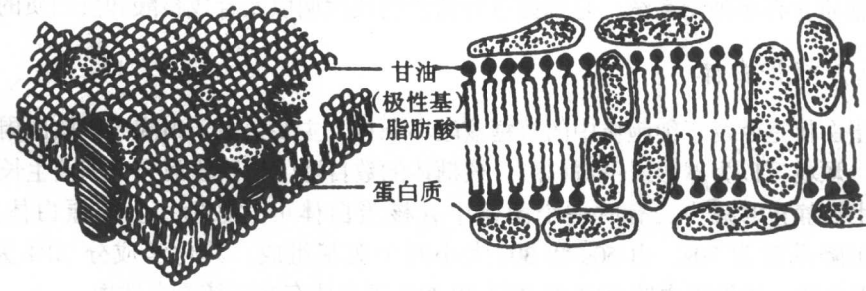


图 1-3 细菌细胞膜结构模式图

### (三) 间体

它是细胞膜内陷入细胞质，折叠形成管状或囊状结构，在电镜下可以看到。间体多见于革兰氏阳性菌，一个菌细胞中可有一个或几个间体，其位置常在菌体侧面（侧间体）或靠近中央横隔处（横隔间体）。

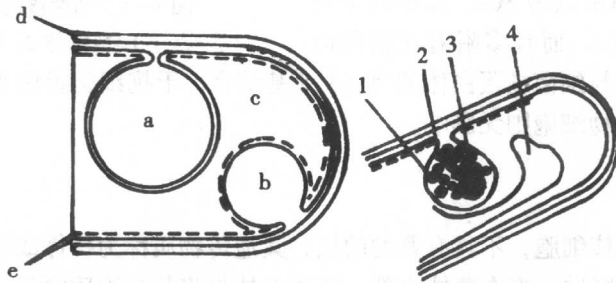


图 1-4 细胞膜与间体（示意图）

- a. 成熟的间体 b. 未成熟的间体  
c. 细胞质 d. 细胞壁 e. 细胞膜  
1. 间体 2. 小泡囊 3. 较大的泡囊 4. 核体

当间体形成后，扩大了细胞膜的表面积，相应地增加了酶的含量。间体上含有大量呼吸酶类，可以促进细胞呼吸作用，为细胞提供大量的能量，这种作用类似于真核细胞的线粒体，故有“拟线粒体”之称。横隔间体常与核质相连，在菌细胞分裂时，该间体携带染色体移动，一分为二，各自带着复制后的一套核质进入子代菌细胞，起着类似纺锤丝作用。

### (四) 细胞质

细胞质是被细胞膜包裹的、一种无色透明均质的粘稠胶体。在细胞质中含有许多菌细胞的重要结构，即核体、质粒、核蛋白体及一些内含物。细胞质的化学成分随菌种、菌龄和环境条件改变而有所不同，基本成分是水、蛋白质、核酸和脂类，也含有少量的糖和无机盐。细胞质中核糖核酸含量较高，故有较强的嗜碱性，易被碱性染料均匀着色，在老龄菌中，核糖核酸可被作为氮源、磷源利用，含量减少，着色力亦减弱。