

全国中等中医药学校教材

微生物与寄生虫学

（供中医士、中药士、中医护士、针灸医士专业用）

主 编 周祖钊

主 审 吴敏毓

江苏科学技术出版社

第 四 次 全 国 科 学 大 会 会 刊

微生物与寄生虫学

（细菌学、真菌学、病毒学、寄生虫学、免疫学）

第 一 卷
第 一 期

（中国科学院微生物研究所）

全国中等中医药学校教材

微生物与寄生虫学

(供中医士、中药士、中医护士、针灸医士专业用)

主编 周祖钊

编者 马树栋 成顺坤

张世德 周祖钊

柏秀英 赵小平

主审 吴敏毓

江苏科学技术出版社

微生物与寄生虫学

主编 周祖钊

出版：江苏科学技术出版社

发行：江苏省新华书店

印刷：宜兴第二印刷厂

开本：787×1092毫米 1/16 印张：13.75 插页2 字数331,000

1990年8月第1版 1990年8月第1次印刷

印数：1—16,600册

ISBN 7—5345—0875—4

R·133 定价：(课)4.10元

编写人员及单位

- | | |
|-----|------------|
| 周祖钊 | 安徽芜湖中医学校 |
| 马树栋 | 陕西渭南地区中医学校 |
| 成顺坤 | 湖南长沙卫生学校 |
| 张世德 | 河南安阳市中医学校 |
| 柏秀英 | 山西晋中地区卫生学校 |
| 赵小平 | 四川万县中医学校 |

前 言

卫生部曾于1960年组织北京、南京、上海、广州、成都等五所中医学院编写了一套中医中级教材，供全国中医学校和卫生学校中医班教学使用；1978年卫生部又组织编写了中等卫生学校有关中医课程的教材，为培养中等中医专业人才做出了贡献。

为适应中等中医药教育事业的发展，加强各专业系列教材的建设，卫生部于1985年8月在山东省莱阳县召开的全国中等中医教育工作座谈会期间，制订了中医士、针灸医士、中药士、中医护士四个专业的教学计划，并组织了中医士、中药士、中医护士专业教材的编写工作，成立了各门教材编审组，实行主编单位和主编人负责制。同年11月及1988年5月在安徽省芜湖市先后召开了本套教材教学大纲两次审定会议，审定了中医士、中药士、中医护士和针灸医士等专业38门中西医结合课程的教学大纲。为提高教学质量，在编写过程中，力求突出中医特色，体现中专特点；坚持理论联系实际的原则；以教学计划、教学大纲为依据，对本学科的基础理论、基本知识和基本技能进行较为全面的阐述，加强实践性教学内容的比重，并注意各门学科之间的联系，以提高教材的思想性、科学性、启发性、先进性和适用性。

本套教材包括《语文》、《中医基础学》、《中药学》、《方剂学》、《古典医籍选》、《中医内科学》、《中医外科学》、《中医妇科学》、《中医儿科学》、《中医五官科学》、《针灸学》、《推拿学》、《中医学概要》、《中药鉴定学》、《中药炮制学》、《中药药剂学》、《中药化学》、《内科学及护理》、《外科学及护理》、《妇科学及护理》、《儿科学及护理》、《中医食疗学》、《针灸推拿医籍选》、《经络学》、《腧穴学》、《刺灸学》、《针灸治疗学》、《中医伤科学》、《药用植物学》、《解剖学及组织胚胎学》、《生理学》、《病理学》、《微生物与寄生虫学》、《诊断学基础》、《药理学》、《内儿科学概要》、《外科学概要》、《生物化学》等38种。供中医药学校各专业使用。

教材是教师进行教学的主要依据，也是学生获得知识的重要工具。教材只有通过教学实践，并认真总结经验，加以修订，才能日臻完善与提高。为此，希望全国中等中医药学校师生和广大读者，在使用过程中提出宝贵意见，共同为我国中等中医药教材建设做贡献。

全国中等中医药学校教材编审委员会

1988年5月

编写说明

本书是根据国家中医局(87)国医教中字第16号文件精神编写的,供中医士、中药士、中医护士、针灸医士、推拿医士等专业使用。

本书分微生物学与寄生虫学两大部分:微生物学包括总论、免疫学基础、细菌学各论、病毒及其他微生物等共五章二十九节;寄生虫学包括总论、医学蠕虫、医学原虫及医学昆虫等共四章八节。每节之后附有思考题,供学习和复习时参考。

本书着重介绍微生物学与寄生虫学的基本理论、基本知识和基本技能,并有选择地介绍本门学科在中西医结合等方面的新进展,特别是较以往的教材增加了一些有关祖国医学对本专业知识的最早认识。例如,在免疫学基础一章,本书专辟祖国医学与免疫一节加以阐述。

本课程教学时数有限,而且各专业教学时数和内容安排又不统一,为使该书能适应各专业教学需要,同时也便于学生学习,我们对有些章节采用了“表解”形式,以期突出重点内容,帮助解决教学时数少与教学内容多的矛盾。

本书后附有微生物与寄生虫学实验指导,各校可按专业需要不同,以及地区病种的差别,决定取舍。

参加审定本教材的有安徽省滁州卫校姚升高级讲师和山东省中医药学校吴克林讲师,他们对本教材提出了许多宝贵意见和建议;另外,安徽省滁州卫校陈君伯绘图师为本书绘制了全部插图,在此一并表示感谢!

由于编写人员水平有限,书中难免出现错漏,敬请各校师生在使用过程中给予指正。

编者

一九八九年八月

目 录

微 生 物 学

第一章 总论

第一节	绪言	1
第二节	细菌的形态与结构	4
第三节	细菌的生长繁殖与代谢	9
第四节	微生物的分布	13
第五节	消毒与灭菌	16
第六节	细菌的变异	22
第七节	细菌的致病性	24
第八节	机体的天然防御机能	27

第二章 免疫学基础

第一节	抗原	32
第二节	获得性免疫	35
第三节	变态反应	46
第四节	免疫学应用	53
第五节	祖国医学与免疫	57

第三章 细菌学各论

第一节	病原性球菌	61
第二节	肠道杆菌	68
第三节	弧菌属	73
第四节	几种革兰氏阴性菌	75
第五节	需氧芽胞杆菌	76
第六节	厌氧性细菌	78
第七节	白喉杆菌	82
第八节	分枝杆菌属	84

第四章 病毒

第一节	病毒总论	88
第二节	侵犯人类的常见病毒	96

第五章 其他微生物

第一节	沙眼衣原体	105
第二节	立克次体	10
第三节	支原体	1

第四节	螺旋体	108
第五节	放线菌	110
第六节	真菌	111

人 体 寄 生 虫 学

第一章	总论	114
第二章	医学蠕虫	118
第一节	线虫纲	118
第二节	吸虫纲	129
第三节	绦虫纲	139
第三章	医学原虫	144
第一节	根足虫纲	144
第二节	鞭毛虫纲	148
第三节	孢子虫纲	150
第四章	医学昆虫	157
第一节	概述	157
第二节	常见的医学昆虫	158
微生物与寄生虫学实验指导		168
实验一	细菌的形态检查	168
实验二	细菌的人工培养	172
实验三	微生物的分布与消毒灭菌	176
实验四	细菌的致病性与免疫	180
实验五	病原性球菌	184
实验六	肠道杆菌及弧菌	185
实验七	白喉杆菌与结核杆菌	187
实验八	其他病原微生物	188
实验九	线虫	189
实验十	吸虫	190
实验十一	绦虫	192
实验十二	原虫	193
《微生物与寄生虫学》教学大纲		195
微生物学教学时间分配表		211
寄生虫学教学时间分配表		212

微生物学

第一章 总 论

第一节 绪 言

微生物的概念

微生物是自然界中一些肉眼看不见的、必须用显微镜才能看到的微小生物。它具有结构简单、种类多、分布广、繁殖快等特点。

自然界中的微生物，绝大多数对人类和动植物是有益的，甚至是必需的。自然界许多物质循环要靠微生物的转化作用来完成，例如，土壤中的微生物通过使动植物蛋白腐败和发酵，将其转化为无机含氮化合物，以供新生植物生长的需要，而植物又被人类和动物所利用；又如，土壤中的根瘤菌能固定空气中游离的氮气，使之作为植物的养料被利用。由此可见，微生物在自然界的物质循环过程中起着重要作用。

微生物与人类生活及生产关系密切。人类已将微生物广泛应用于工农业生产及医药卫生事业上，例如农业上使用的细菌肥料、微生物灭虫，工业上采用的酿造、制革、石油脱蜡以及医药工业生产的抗生素、维生素、生物制品等等，都是利用微生物在为人类创造物质财富。由于微生物结构简单、繁殖快、易培养，因而常被作为分子遗传学和遗传工程学的研究工具，即按照人的愿望用人工方法将一种生物基因的DNA片段整合到某种微生物体内，使这种基因随该微生物的分裂而传代，从而创造出微生物的新产品或新种微生物，为生产服务。

在正常情况下，人和动物的皮肤以及身体上与外界相通的腔道，如口、鼻、咽部、消化道及泌尿生殖道等部位寄居的微生物是无害的，有些甚至是有益的。只有极少数微生物能引起人类和动植物的疾病，这类有致病作用的微生物，称为病原微生物。由于现代医疗技术的发展，特别是抗菌药物的广泛应用，一些由微生物引起的疾病已明显减少，有的已被消灭。但在另一方面，又带来微生物生态学的改变，使一些本来不属于病原性或弱毒性的微生物转为机会感染、菌群失调症的主要病原菌。

微生物的种类繁多，包括细菌、病毒、支原体、衣原体、立克次体、螺旋体、放线菌和真菌等八种。根据微生物的细胞结构及其生物学特征可以分为三大类：

(1) 非细胞型微生物 无细胞结构，由一种核酸(DNA或RNA)和蛋白质组成

个体极微小，能通过除菌滤器，不能在人工培养基上生长，只能在活的细胞内生长繁殖，如病毒。

(2) 原核细胞型微生物 细胞内仅有原始核质，无核膜、核仁等结构，缺乏完整的细胞器，如细菌、放线菌、螺旋体、支原体、衣原体、立克次体。

(3) 真核细胞型微生物 有高度分化的核，有核膜、核仁、染色体，细胞质内有完整的细胞器，如真菌。

微生物学与医学微生物学

微生物学属生物学的一个分支，是研究微生物在一定环境条件下的形态结构、生命活动及其规律，研究微生物的进化、分类以及与人类、动植物之间相互关系的一门科学。由于生产实践的需要和本学科的发展，在研究微生物的基本问题 and 应用领域中形成了许多分支，如普通微生物学、农业微生物学、工业微生物学、微生物生态学、分子微生物学和医学微生物学等。

医学微生物学是研究病原微生物的生物学性状，以及其与人体相互作用规律的一门医学基础科学。学习医学微生物学就是要掌握本学科的基础理论、基本知识和基本技能，以达到控制和消灭传染性疾病及有关免疫性疾病，保障人类健康的目的，同时也为学习有关基础医学和临床医学课程打下基础。并为学习运用医学微生物学与免疫学的知识和技能，深入研究祖国医学，以发展中医、中药的学术理论及实际应用打好基础。

微生物学发展简史

1. 我国古代对微生物及传染病的认识

在公元前17世纪（殷商时期）出土的甲骨文中，就有酒、醴（甜酒）等记载，说明早在三千多年前，我国古代人民已经学会利用微生物于生产实践之中。在两千年前，我国人民就初步认识到传染病的发生情景，如《素问》记载：“五疫之至，皆相染易，无问大小，病状相似”。清代乾隆年间师道南的鼠死行赋中则写道：“东死鼠，西死鼠，人见死鼠如见虎，鼠死不几日，人死如圻堵。昼死人莫问数，日色惨淡愁云护，三人行未十步多，忽死两人横截路……”。生动地描述了鼠疫流行的悲惨景象，从而也揭示了某种规律性。在治疗方面，《神农本草经》有“黄连止泻”的记载，早在公元6世纪我国人民即会使用雄黄、水银治疗皮肤病；7世纪用白头翁、苦参治疗痢疾；16世纪用大枫子油治疗麻风；17世纪用生砒、轻粉、水银、砷剂等治疗梅毒等等。我国所提出和应用于传染病治疗的药物均较其他国家为早，因而也为人类医学发展作出了重要贡献。

2. 微生物的发现与研究

1676年荷兰人吕文胡克以自己磨制的镜片，装配成能放大200~300倍的第一架显微镜，他观察到牙垢、粪便、污水中有许多球状、杆状、螺旋状等不同形状的微小生物，从而开创了对微生物形态学的研究。

19世纪60年代，法国著名的化学家、微生物学的创始人巴斯德进行了发酵问题的研究，证实了发酵与微生物的关系。从此开始了微生物生理学的研究。

巴斯德为防止酒类变质，创用了加温处理法，这就是沿用至今的巴氏消毒法。随后，英国外科医生李斯特根据巴斯德的防腐理论，首先用石炭酸喷洒手术室和煮沸手术用具，立无菌外科手术，为防腐、消毒及无菌操作奠定了基础。

德国学者郭霍氏发明了固体培养基、细菌的染色法及实验动物的人工感染等实验方法，由此并先后发现了炭疽杆菌、结核杆菌和霍乱弧菌。郭霍氏发明的实验方法，确立了从环境中或病人的标本中分离出细菌并建立细菌纯培养的方法，从而使得对不同的菌种进行深入的分别研究成为可能。

1892年，俄国学者伊凡诺夫斯基首先发现烟草花叶病是由与细菌不同的病毒所引起，由此又为微生物学开辟了新的领域。近代应用组织培养与电子显微镜等技术，更使病毒的研究工作迅速发展，并建立了病毒学这门学科。

随着科学的发展和新技术的应用，人们又发现了不具有蛋白质仅具有RNA组成的类病毒。对细菌细胞壁的化学组成及细菌毒素作用机理等方面的研究取得了明显进展。

3. 免疫学的兴起与发展

在11世纪（宋代），我国最先发明了人痘预防天花的方法。18世纪末，英国医生琴纳创制牛痘苗预防天花，为预防医学开辟了广阔前景。19世纪后期巴斯德研制炭疽菌苗和狂犬病疫苗获得成功。

19世纪末期，对于抗感染免疫也进行了比较深入的研究，当时存在着以俄国学者梅契尼科夫为首的细胞免疫学说和以德国学者欧立希为代表的体液免疫学说。在两派的长期争鸣过程中逐步地得到了统一，使人们对免疫机理有了较为全面的认识。

本世纪60年代以后，在免疫学的理论、技术和应用方面都取得了划时代的进展。免疫学已超越抗感染的范围，渗透到医学与生物科学的各个领域。人们已了解到机体具有一个完整的免疫系统；淋巴细胞是体液免疫和细胞免疫的主要细胞；免疫球蛋白的结构及其生物功能已基本阐明，对免疫遗传的深入研究中，开展细胞融合，成功地获得了能够产生单克隆抗体的杂交瘤，开展了亚单位疫苗的制备，并且改进了许多免疫学新技术，从而进一步推动了现代免疫学的发展。

新中国医学微生物学的成就

本世纪50年代以及近10年来，微生物学在我国得到了迅速的发展，取得了重大的成就。较快地消灭了天花等烈性传染病；许多传染病如白喉、麻疹、脊髓灰质炎、结核等也得到了有效的控制。1952年，我国微生物学工作者积极参加反细菌战的斗争，作出了重大贡献；1956年我国学者汤飞凡等首次用鸡胚成功地分离出沙眼衣原体；1957年我国最先发现和分离出亚洲甲型流感病毒；1959年分离出麻疹病毒，成功地制成麻疹减毒活疫苗，在脊髓灰质炎活疫苗、流行性乙型脑炎活疫苗等方面也都达到或超过了世界先进水平。在抗生素的研制和生产方面取得了好成绩。肿瘤免疫、移植免疫和基础免疫等科研工作也取得可喜的进展。科学家们还在微生物学及免疫学用于中医中药方面进行了大量研究，结果发现了许多具有抑杀致病微生物作用和调节机体免疫性的中草药。随着科学研究的不断深入，中医中药不仅为防治疾病，保障人类健康作出贡献，而且对医学微生物学及免疫学的发展也将是一个很大的促进。

思 考 题

1. 什么叫微生物、微生物学和医学微生物学？

2. 微生物可分为哪几类？各类的特点如何？
3. 举例说明微生物与人类的关系。
4. 了解在微生物学发展史中作出重要贡献的科学家及其主要功绩。

第二节 细菌的形态与结构

细菌是原核生物中具有细胞壁的一类单细胞生物。各种细菌在一定环境条件下，有相对恒定的形态结构。了解细菌形态结构特点，对于鉴别细菌、诊断疾病和研究细菌的致病性与免疫性，都具有重要意义。

细菌的大小与基本形态

1. 细菌的大小

细菌体积微小，通常以微米(μm)为测量单位(1微米=1/1000毫米)。一般需用显微镜放大几百倍或上千倍才能看到。不同种类的细菌大小不一，同一种细菌也可因菌龄和环境因素的影响，而使大小有所不同。大多数球菌直径为1微米左右，杆菌长约2~3微米，宽0.3~0.5微米。

2. 细菌的基本形态

细菌的种类不同，形态也就多种多样，根据外形可归纳为球菌、杆菌和螺形菌三种基本形态(图1)。

(1) 球菌 单个菌体呈圆球形或近似球形，按其排列方式不同可分为：

双球菌 细菌由一个平面分裂，分裂后两个菌体成对排列，如脑膜炎双球菌。

链球菌 细菌由一个平面分裂，分裂后的菌体粘附相连呈链状排列，如溶血性链球菌。

葡萄球菌 细菌由多个平面分裂，分裂后菌体呈不规则排列，无规律地堆集成葡萄串状，如金黄色葡萄球菌。

(2) 杆菌 菌体呈杆状，各种杆菌的大小、形态差别很大。有的杆菌粗而短，呈卵圆形，称球杆菌，如布氏杆菌；有的杆菌较长、大，两端平截，如炭疽杆菌；有的杆菌一端或两端膨大，称棒状杆菌，如白喉杆菌；有的杆菌繁殖时形成分枝状，称分枝杆菌，如结核杆菌。杆菌也有成双或成链状排列的，但大多数是分散存在，无特殊排列。

(3) 螺形菌 螺形菌可分为弧菌和螺菌两类：

弧菌 菌体只有一个弯曲，呈逗点状，如霍乱弧菌。

螺菌 菌体有数个弯曲，较为坚韧，如鼠咬热螺菌。

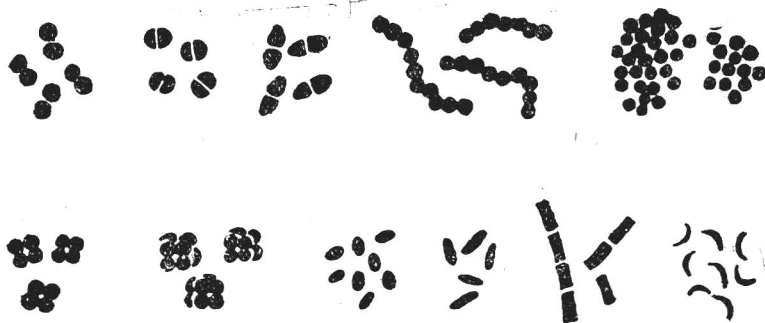


图1 细菌的各种形态

细菌的结构

1. 细菌的基本结构

细菌的基本结构是指各种细菌都具有的细胞结构,包括细胞壁、细胞膜、细胞质和核质等(图2)。

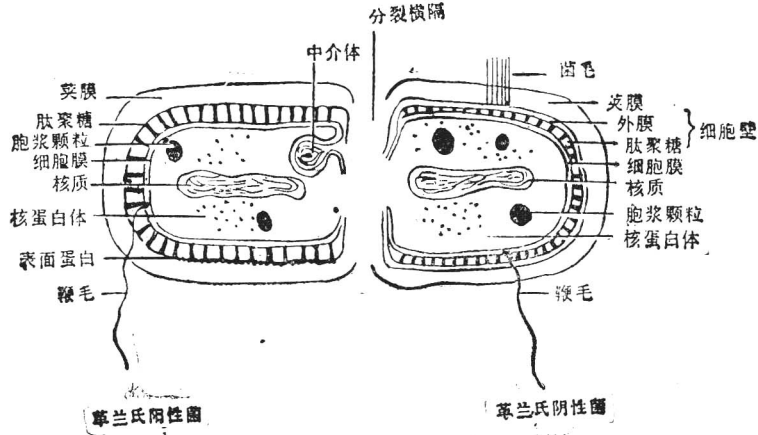


图2 细菌细胞的结构模式图

(1) 细胞壁 是细菌细胞表面的一层坚韧而具有弹性的结构,主要功能是维持细菌的外形,并对细菌起保护作用。细胞壁上有许多微细的小孔,它与细胞膜共同完成细胞内外物质的交换。此外,细菌细胞质内有高浓度的无机离子和营养物质,导致菌体内拥有巨大渗透压(5~25个大气压),细胞壁(特别是肽聚糖)能承受这种巨大的渗透压,确保细菌不致在一般环境中受低渗作用而变形、破裂。

细胞壁的化学结构比较复杂并因细菌种类而有不同。革兰氏阳性菌细胞壁的主要成分是肽聚糖(或称粘肽),它由聚糖骨架、四肽侧链和交联桥(五肽桥)组成。聚糖骨架是由N-乙酰葡萄糖胺和N-乙酰胞壁酸交替间隔相连而构成许多线条状的多聚体。各种细菌的聚糖骨架均相同,但在N-乙酰胞壁酸上所连接的四肽侧链组成及连接方式可因菌种而异,如金黄色葡萄球菌的四肽侧链是由L-丙氨酸-D-谷氨酸-L-赖氨酸-D-丙氨酸组成,在相邻的聚糖骨架上其四肽侧链又与五肽桥交叉联接而组成致密的立体网状结构(图3),故细胞壁具有坚韧性。青霉素可抑制粘肽的合成,使细菌不能形成完整的细胞壁,故可导致细菌裂解死亡。溶菌酶可裂解N-乙酰葡萄糖胺与N-乙酰胞壁酸分子之间的连接,从而引起细菌裂解。所以青霉素和溶菌酶对革兰氏阳性菌均有抗菌作用(图4)。

革兰氏阴性菌细胞壁的主要成分是脂类、多糖和蛋白质的复合物,含结构疏松较薄的肽聚糖,而且位于最外层的脂多糖对肽聚糖起保护作用,故青霉素和溶菌酶对革兰氏阴性菌的作用不明显。

失去细胞壁的细菌大多数可裂解死亡,也有一些细菌在高渗条件下仍可生长繁殖,但因缺乏完整的细胞壁,不能维持其固有形态,一般可成为圆球体、长丝状或多形态性,称为L型细菌。现已发现这种在自然条件下产生的细胞壁缺陷细菌,在实验条件下通过诱导的方法也能产生。如用溶菌酶或青霉素等物质处理,可使多种细菌产生细胞壁缺陷而形成L型细菌。这些L型细菌中有些还可返祖而重新恢复原来的细菌形态。越来越多的资料

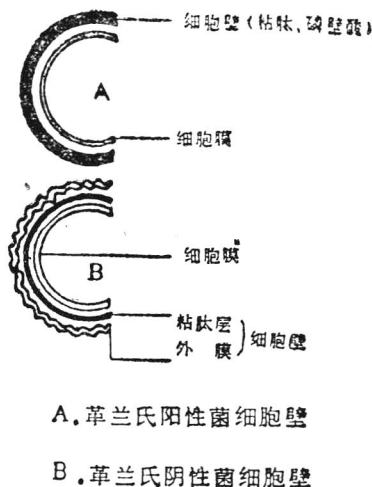
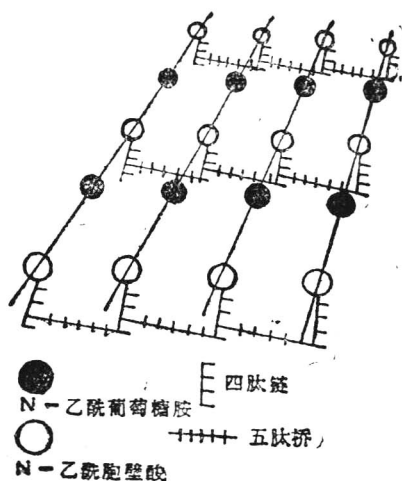


图3 金黄色葡萄球菌细胞壁空间构型

图4 细菌细胞壁剖面示意图

明，L型细菌也有致病作用。对一些反复发作，有明显临床症状，但常规培养细菌为阴性的患者应考虑L型细菌感染的可能，需注意治疗方案的选择。

(2) 细胞膜 又称胞浆膜，位于细胞壁的内层，它紧密地包裹着细胞质，是一层柔软而富有弹性的半渗透性薄膜，主要的化学成分为磷脂与蛋白质，含少量的糖。因膜上有很多特异性的酶，故具有高度选择性地吸收营养物质、排泄废物、维持渗透压平衡等功能。

(3) 细胞质 细胞质是细胞膜内的胶体物质，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类。细胞质含有多种酶系统，是细菌进行生理功能和代谢活动的重要场所。细胞质中有各种内含物和空泡，内含物是菌体新陈代谢的产物或是贮备的营养物质。在内含物中还有多种重要的结构，如核糖体、中介体、质粒等。

核糖体 又称核蛋白体，是由核糖核酸(RNA)和蛋白质组成的微粒。这些微粒由信使核糖核酸(mRNA)串连成聚核糖体后，即成为合成蛋白质的场所。链霉素能与细菌核蛋白体结合而干扰细菌蛋白质的合成，但对人体细胞则无影响。

中介体 是由细胞膜内陷折叠而形成的膜状结构，由此扩大了膜的面积，加强了膜的生理功能。目前认为中介体的功能与细胞壁的合成、核质的分裂、细菌的呼吸以及芽胞的形成等均有关。

质粒 是原核生物染色体外的遗传物质，为环状闭合的双链DNA分子。带有特殊的遗传信息，具有自我复制能力，与细菌的某些遗传变异现象有关。

异染颗粒 又称迂回体，主要成分是核糖核酸和多偏磷酸盐，嗜碱性较强，经碱性染料染色后此颗粒着色较深，故称异染颗粒。对鉴定白喉杆菌有一定价值。

(4) 核质 细菌的细胞核没有核膜与核仁，不能与胞质截然分开，它密集于细胞中的一定区域，常称核质或拟核。细菌的核质是一种单一的染色体，由裸露的闭环双链DNA大分子组成。核质具有细胞核的功能，控制着细菌的生命活动，是细菌遗传变异的物质基础。

2. 细菌的特殊结构

某些细菌除具有基本结构外，还有一些特殊结构，主要有荚膜、鞭毛、菌毛和芽胞。

(1) 荚膜 某些细菌在生活过程中可向细胞壁表面分泌一层很厚的粘液性物质，后者粘附于细胞壁外围，与周围界限分明，称为荚膜（图5）。荚膜的形成与环境条件有关，一般在人或动物体内，或营养丰富的培养基中容易形成，在普通培养基中则容易消失。荚膜的化学组成因细菌种类而异，如肺炎球菌的荚膜为多糖，链球菌的荚膜为透明质酸，炭疽杆菌的荚膜则为多肽。荚膜对细菌起保护作用：①对于干燥有抵抗力；②保护细菌细胞壁免受各种杀菌物质，如溶菌酶、补体等的损伤；③保护细菌对抗吞噬细胞的吞噬和消化作用。这些作用均可使细菌不易被杀灭，从而增强细菌对宿主的侵袭力。荚膜与细菌的致病性有密切关系，当细菌失去荚膜后，其致病力可减弱或消失。

(2) 鞭毛 有些细菌从细胞内向菌体表面伸出细长弯曲的丝状物，称为鞭毛。鞭毛的直径一般在10~30纳米（nm），需用电镜观察或采用鞭毛染色法后，在普通光学显微镜下才可看见（图6）。按鞭毛的数目和位置可分为：单毛菌（如霍乱弧菌）、双毛菌（如空肠弯曲菌）、丛毛菌（如绿脓杆菌）和周毛菌（如伤寒杆菌）。鞭毛的化学成分是蛋白质，具有抗原性。鞭毛是细菌的运动器官，有鞭毛的细菌能作旋转和波状运动，无鞭毛的细菌不能进行真正运动，这在鉴别细菌时有重要价值。

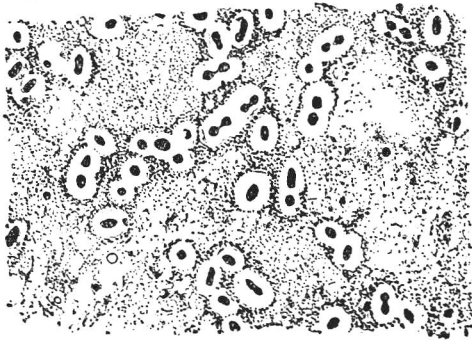


图5 细菌的荚膜

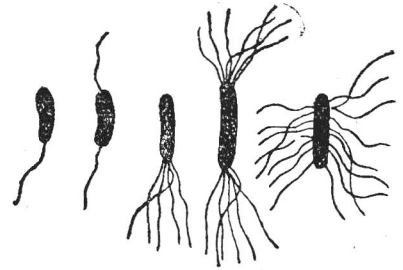


图6 细菌的鞭毛类型模式图

(3) 菌毛 许多革兰氏阴性细菌菌体表面有比鞭毛更纤细、短而直硬、数目很多的丝状物，需用电子显微镜才能看到，称为菌毛。菌毛不具有运动功能，分普通菌毛和性菌毛两种。普通菌毛能使细菌粘附于人和动物的多种易感细胞上而获得入侵的立足点，进而侵入粘膜引起感染，故认为普通菌毛与细菌的致病性有关。性菌毛数量较少，一个细菌只有1~4根，比普通菌毛稍长而粗，带有性菌毛的细菌称为雄性菌。在细菌接合时，雄性菌可借助性菌毛将遗传物质转移给没有性菌毛的雌性菌。

(4) 芽胞 某些细菌，特别是一些革兰氏阳性杆菌，在一定的环境条件下菌体内形成一个圆形或卵圆形的小体，称为芽胞。一个细菌只能形成一个芽胞。当芽胞在菌体内成熟后，菌体崩解，芽胞即游离在环境中，如遇适宜环境，芽胞则发育成细菌的繁殖体。一个芽胞只能发育成一个菌体，故芽胞的形成并不是细菌的繁殖方式。

芽胞的大小、形状和位置可随菌种而异，有助于细菌的鉴别（图7）。如破伤风杆菌为圆形的顶端芽胞，而产气荚膜杆菌的芽胞则靠近菌体中央。

成熟的芽胞具有多层的膜状结构（图8），在自然环境中有很强的抵抗力，可存活数十年之久，这是因为芽胞的含水量少，蛋白质受热不易变性，且核心和皮质层含有大量吡啶二羧酸钙，使其具有很强的耐干燥和耐热力；芽胞有多层致密的包膜，特别是芽胞壳

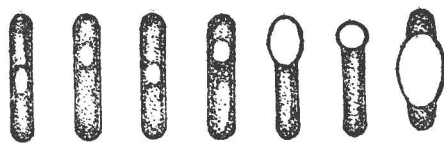


图7 细菌芽孢的各种形状和位置

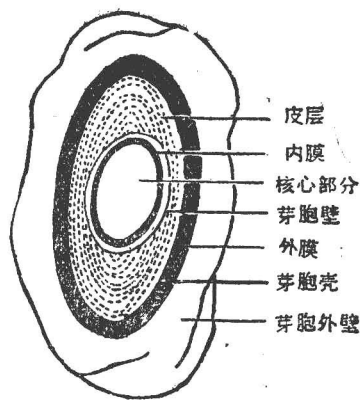


图8 细菌芽孢结构示意图

特殊的角质蛋白，通透性极低，能阻止化学药品的渗入。因此，在消毒灭菌时应以杀灭芽胞作为彻底灭菌的指标。

细菌形态学检查法

检查细菌的形态和结构，通常用染色法和不染色法在光学显微镜下观察。

1. 不染色标本检查法

不染色标本检查法适用于观察细菌的动力、形态、大小和繁殖方式等。常用的方法有压滴法和暗视野显微镜观察法两种。

2. 染色标本检查法

经染色的细菌标本，除可观察到细菌的形态外，尚可鉴别细菌的结构。由于细菌的等电点较低，约在 $\text{pH}2\sim5$ 之间，故在中性、碱性和弱酸性溶液中细菌都是带阴电荷的，从而容易与带阳电荷的碱性染料结合。常用的碱性染料有美蓝、结晶紫、碱性复红等。在染色过程中为增加染料与被染物的亲和力，常加用媒染剂，使染料固定于被染物上。媒染剂本身不是染料，但与染料、被染物都有较强的结合力。如革兰氏染色法中所用的路哥氏碘液及抗酸性染色法中所用的石炭酸等。常用的细菌染色法有：

(1) 单染色法 只用一种染料染色，如常用的美蓝染色。单染色只能观察细菌的形态，不能观察到细菌的结构，也无鉴别细菌的意义。

(2) 复染色法 用两种以上的染料染色，不同的细菌或同一细菌的不同结构可染上不同的颜色，故有鉴别细菌的作用。常用的复染色法有：

革兰氏染色法 经涂片、干燥和固定后的标本，首先用结晶紫初染，然后加路哥氏碘液媒染，再用酒精脱色，最后用稀释复红液复染。凡能保持紫色（初染）的细菌，称为革兰氏阳性细菌；凡被酒精脱色后复染成红色的细菌，称为革兰氏阴性细菌。

革兰氏染色法的原理尚未完全搞清楚，可能与下列因素有关：①革兰氏阳性菌的等电点较革兰氏阴性菌低，故在碱性或中性环境中阳性菌所带的阴电荷比阴性菌多，能与带阳电荷的碱性染料牢固地结合；②碘媒染剂进入菌体后与染料结合成一种复合物，此复合物与核糖核酸镁盐牢固结合，使已着色的细菌不易脱色，革兰氏阳性菌含有大量核糖核酸镁，故吸收的染料多；③革兰氏阳性菌细胞壁较之革兰氏阴性菌致密，脂质含量低，酒精