

中国医学百科全书

微生物学

上海科学技术出版社

中国医学百科全书

中国医学百科全书编辑委员会

上海科学技术出版社

中国医学百科全书

微 生 物 学

余 演 主编

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路 450 号)

新华书店上海发行所发行 上海市印刷十二厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 7.5 字数 270,000

1984 年 5 月第 1 版 1984 年 5 月第 1 次印刷

印数 1—12,500

统一书号: 14119·1616 定价: (科五) 1.30 元

《中国医学百科全书》编辑委员会

主任委员 钱信忠

副主任委员 黄家驷 季钟朴 郭子恒 吴阶平 涂通今 石美鑫 赵锡武

秘书长 陈海峰

副秘书长 施奠邦 冯 光 朱克文 戴自英

委 员 (以姓氏笔划为序)

丁季峰	土登次仁	马飞海	王 懿(女)	王玉川	王世真	王用楫
王永贵	王光清	王叔咸	王季午	王冠良	王雪苔	王淑贞(女)
王鹏程	王德鉴	王翰章	毛文书(女)	毛守白	邓家栋	石茂年
石美鑫	卢惠霖	卢静轩	叶恭绍(女)	由 崑	史玉泉	白清云
邝贺龄	冯 光(女)	兰锡纯	司徒亮	毕 涉	吕炳奎	曲绵域
朱 潮	朱壬葆	朱克文	朱育惠	朱洪荫	朱既明	朱霖青
任应秋	刘世杰	刘育京	刘毓谷	米伯让	孙忠亮	孙瑞宗
苏德隆	杜念祖	杨医亚	杨国亮	杨树勤	杨铭鼎	杨藻宸
李 昆	李永春	李宝实	李经纬	李振志	李肇特	李聪甫
吴之理	吴执中	吴阶平	吴英恺	吴征鉴	吴绍青	吴咸中
吴贻谷	吴恒兴	吴蔚然	余 灏	宋今丹	迟复元	张 祥
张世显	张立藩	张孝骞	张昌颖	张泽生	张学庸	张涤生
张源昌	陆如山	陈 信	陈中伟	陈明进	陈国桢	陈海峰
陈灏珠	林巧稚(女)	林克椿	林雅谷	郁知非	尚天裕	罗元恺
罗致诚	季钟朴	依沙克江	周金黄	周敏君(女)	郑麟蕃	孟继懋
赵炳南	赵锡武	荣独山	胡传揆	胡熙明	钟学礼	钟惠澜
侯宗濂	俞克忠	施奠邦	姜春华	洪子云	夏镇夷	顾学箕
顾绥岳	钱 惠	钱信忠	徐丰彦	凌惠扬	郭 迪	郭乃春
郭子恒	郭秉宽	郭泉清	郭振球	郭景元	唐由之	涂通今
诸福棠	陶恒乐	黄 量(女)	黄文东	黄耀燊	黄家驷	黄祯祥
黄绳武	曹钟梁	盖宝璜	梁植权	董 郡	董承琅	蒋豫图
韩 光	程之范	傅丰永	童尔昌	曾宪九	谢 荣	谢少文
裘法祖	蔡 荣	蔡 翹	蔡宏道	戴自英		

序

《中国医学百科全书》的出版是我国医学发展史上的一件大事，也是对全人类医学事业的重大贡献。六十年代初，毛泽东同志曾讲过：可在《医学卫生普及全书》的基础上编写一部中国医学百科全书。我们深感这是一项重大而艰巨的任务，因此积极进行筹备工作，收集研究各种有关医学百科全书的资料。但由于十年动乱，工作被迫中断。粉碎“四人帮”后，在党和政府的重视和支持下，医学百科全书的编写出版工作又重新开始。一九七八年四月，在北京正式召开筹备会议，拟订了编写出版方案和组织领导原则。同年十一月，在武汉举行了第一次编委会，落实了三十多个主编单位，全国医学界的著名专家、教授和中青骨干都参加了编写工作。

祖国医学发展史中，历代王朝就有学者编纂各类“集成”和“全书”的科学传统，但系统、全面地编写符合我国国情和医学科学发展史实的大型的医学百科全书还是第一次。这是时代的需要，人民的需要，是提高全民族科学文化水平，加速实现社会主义现代化建设的需要。从长远来看，这是发展我国医药卫生事业和医学科学的一项基本建设，也是建设社会主义精神文明的重要组成部分。因此，编写出版《中国医学百科全书》是我国医学界的一项重大历史使命。

我国既有源远流长的祖国医学，又有丰富多彩的现代医学。解放以来，在党的卫生方针指导下，还积累了群众性卫生工作

和保健强身的宝贵经验，涌现了许多中西医结合防治疾病的科研成果。在我们广大的医药卫生队伍中，有一大批具有真才实学，又善于写作的专家，他们都愿意为我国科学文化事业竭尽全力，把自己的经验总结出来，编写出具有我国特点的医学百科全书。

《中国医学百科全书》是一部专科性的医学参考工具书，主要读者对象是医药院校毕业及具有同等水平的医药卫生人员，但实际需要查阅这部全书的读者将远远超过这一范围。全书内容包括祖国医学、基础医学、临床医学、预防医学和特种医学等各个学科和专业，用条目形式撰写，以疾病防治为主体，全面而精确地概述中西医药科学的重要内容和最新成就。在编写上要求具有高度的思想性和科学性，文字叙述力求言简意明，浅出深入，主要介绍基本概念、重要事实、科学论据、技术要点和肯定结论，使读者便于检索，易于理解，少化时间，开卷得益。一般说来，条目内容比词典详尽，比教材深入，比专著精炼。

为适应各方面的需要，《中国医学百科全书》的编写出版工作准备分两步走：先按学科或专业撰写分卷单行本，然后在此基础上加以综合，按字顺编排出版合订本。这两种版本将长期并存。随着学科发展的日新月异，我们并将定期出版补新活页。由于涉及面广，工作量大，经验不足，缺点错误在所难免，希望读者批评指正。

钱信忠

1982年11月

中国医学百科全书

微生物学

主 编：余 滨 （上海第二医学院）

副 主 编：林飞卿 （上海第一医学院）

陆德源 （上海第二医学院）

编 委：（以姓氏笔画为序）

沈鼎鸿 （上海第二医学院）

张 咏 （上海第二医学院）

闻玉梅 （上海第一医学院）

学术秘书：杜佩英 （上海第二医学院）

编写说明

- 一、本卷系《中国医学百科全书》基础医学中的一个分卷，共选收医学微生物学名词、术语等121条。因病毒学和免疫学另设分卷，故本分卷不包括上两学科的内容。
- 二、本分卷正文按细菌、放线菌、螺旋体、立克次体、衣原体、支原体和真菌等七个部分顺序写述。
- 三、本分卷正文中除主要微生物的学名等外，一般不附外文注释。卷末附中文索引、汉英和英汉微生物学词汇。
- 四、本分卷主编单位为上海第二医学院。
- 五、本分卷撰稿同志较多，虽经分卷编委会几经校修，不当之处势必仍有存在，望读者多多指正。

微生物学分卷编辑委员会

一九八二年七月

中国医学百科全书

微生物学

目 录

微生物学.....	1	消化球菌属.....	40
医学微生物学.....	2	消化链球菌属.....	40
细菌的形态.....	4	八叠球菌属.....	41
细菌的基本结构.....	4	奈瑟菌属.....	41
细菌的细胞壁.....	5	脑膜炎球菌.....	41
细菌的荚膜.....	6	淋球菌.....	42
细菌的鞭毛与菌毛.....	6	布兰汉菌属.....	42
细菌的芽胞.....	7	卡他球菌.....	42
细菌的化学组成.....	7	莫拉菌属.....	42
细菌的物理性状.....	8	不动杆菌属.....	42
细菌的营养物质.....	8	费氏(韦荣)球菌属.....	43
细菌的营养类型.....	8	肠杆菌科.....	43
细菌的营养机理.....	9	艾氏菌属.....	44
细菌的生长繁殖.....	10	大肠杆菌.....	45
培养基.....	11	爱德华菌属.....	46
细菌的人工培养法.....	11	枸橼酸杆菌属.....	46
细菌的合成产物.....	12	沙门菌属.....	46
细菌的分解产物.....	12	伤寒杆菌与副伤寒沙门杆菌.....	48
消毒与灭菌.....	14	志贺菌属.....	49
物理消毒灭菌法.....	14	克雷伯菌属.....	50
化学消毒灭菌法.....	16	肠杆菌属.....	51
抗菌物质.....	17	哈夫尼亚菌属.....	51
噬菌体.....	18	沙雷菌属.....	51
细菌的遗传与变异.....	19	变形杆菌属.....	51
细菌的突变.....	20	耶尔森菌属.....	52
细菌的基因重组.....	21	鼠疫杆菌.....	52
基因工程.....	22	弧菌属.....	53
细菌的分类.....	23	弯曲菌属.....	54
细菌的命名.....	25	黄杆菌属.....	55
正常菌群与菌群失调.....	25	嗜血杆菌属.....	55
细菌的致病作用.....	26	流行性感胃杆菌.....	56
传染过程的表现.....	28	巴斯德菌属.....	56
抗细菌免疫.....	28	链杆菌属.....	57
人工自动免疫.....	30	类杆菌属.....	57
人工被动免疫.....	31	梭杆菌属.....	57
临床细菌学检验.....	32	假单胞菌属.....	58
临床血清学诊断.....	34	绿脓杆菌.....	58
葡萄球菌属.....	36	产碱杆菌属.....	59
链球菌属.....	38	布鲁菌属.....	59
肺炎链球菌.....	39	包特菌属.....	60

百日咳杆菌.....	61	钩端螺旋体属.....	75
弗朗西斯菌属.....	62	立克次体属.....	76
肺炎军团病菌.....	62	考克斯体属.....	78
芽胞杆菌属.....	62	衣原体属.....	78
炭疽杆菌.....	62	支原体属.....	79
梭状芽胞杆菌属.....	64	尿素原体属.....	80
破伤风杆菌.....	64	无胆甾原体属.....	80
产气荚膜杆菌.....	64	真菌.....	81
肉毒杆菌.....	65	皮肤丝状菌.....	82
乳杆菌属.....	66	毛癣菌属.....	83
李斯德菌属.....	66	白色念珠菌.....	84
丹毒丝菌属.....	67	新型隐球菌.....	84
棒状杆菌属.....	67	厌酷球孢子菌.....	84
白喉杆菌.....	68	荚膜组织胞浆菌.....	84
分枝杆菌属.....	69	申克孢子丝菌.....	84
结核杆菌.....	70	皮炎芽生菌.....	84
麻风杆菌.....	71	曲菌.....	84
放线菌属.....	72	毛霉菌.....	85
奴卡菌属.....	73	真菌毒素.....	85
螺菌属.....	73	汉英微生物学词汇.....	86
密螺旋体属.....	73	英汉微生物学词汇.....	94
包柔体属.....	74	索引.....	102

微生物学

微生物学属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、生命活动及其规律,研究微生物的进化、分类以及与人类、动植物、自然界相互关系等问题的一门科学。微生物学工作者的任务是将对人类有益的微生物用之于生产实践,同时改造、控制或消灭对人类有害的微生物,使微生物学朝着人类需要的方向发展。

微生物是存在于自然界中的一类体形微小、构造简单、肉眼看不见的微小生物,必须用光学显微镜或电子显微镜放大几百倍、几千倍,甚至几万倍后才能看到。它们虽然个体微小,但具有一定的形态结构、繁殖快、易变异、营养类型多、适应环境能力强等特性。在自然界中分布极为广泛,江、河、湖泊、海洋、土壤、空气、矿层等都有数量不等的微生物存在。在人类,动、植物的体表,以及与外界相通的呼吸道、消化道等腔道中,亦有多种微生物寄生。微生物种类非常庞杂,有细菌、病毒、衣原体、立克次体、支原体、螺旋体、放线菌和真菌等。除了非细胞型的病毒外,均属于原生生物界。按细胞结构、组成等差异,又可分为原核细胞型和真核细胞型两大类。故微生物包括:①非细胞型微生物:病毒是非细胞型微生物,由核酸(DNA或RNA)和蛋白质外壳组成,有的尚有一层脂类包膜。体积微小,能通过除菌滤器,一般不能在光学显微镜下观察,须用电子显微镜放大数千到数万倍才可见;且是严格地寄生在易感细胞内以复制方式增殖的微生物。近年来,又发现没有蛋白质外壳,只有裸露核酸的类病毒。②原核细胞型微生物:仅有原始核,无核膜和核仁,不进行有丝分裂,缺乏细胞器。原核型微生物包括细菌、衣原体、立克次体、支原体、螺旋体和放线菌等。③真核细胞型微生物:细胞核的分化程度较高,有核膜、核仁,能行有丝分裂,胞质内有完整的细胞器。如真菌为真核型微生物。

自然界中的微生物,不仅种类多、数量大,且所起作用多种多样。大多数对人和动、植物有益,且是必需的。许多物质循环靠微生物的作用而进行,例如土壤中的氨化细菌分解有机氮化物产氨,促进亚硝酸菌的生长,亚硝酸菌氧化氨生成亚硝酸盐,为硝酸菌提供代谢原料,硝酸菌氧化亚硝酸盐生成硝酸盐,供给植物生长发育的需要。而植物又为人类和动物所利用。由此可见,没有微生物,植物不能新陈代谢,人和动物也将无法生存。

农业方面,我国除应用具有抗病、促进生长和提高肥效等作用的5406放线菌和固氮菌等,还利用微生物灭虫这一自然现象与害虫作斗争。例如苏芸金杆菌能在一些害虫的肠道内生长繁殖,分泌毒素,使害虫死亡。这种细菌对松毛虫、苹果巢蛾、玉米螟等害虫都有良好的杀灭效果。又如应用白僵菌、青虫菌、杀螟杆菌等杀灭大豆食心虫、菜青虫、稻螟虫等害虫。利用昆虫病毒等防治森林害虫和农作物害虫等。由于这些微生物杀虫剂对人、畜、农作物安全无害,在生物防治中已成为一个活跃的

研究领域,目前正被广泛利用。总之,目前已开辟了一条以微生物造肥、催长、防病、治病等农业增产的新途径。

工业方面,在食品、皮革、纺织、石油、化工、冶金等部门,微生物的应用也越来越广泛。如利用微生物进行石油脱蜡,提供各类低凝固点石油产品,以适应工业及国防上的需要。又如在味精生产中,以微生物发酵法代替盐酸水解法,原来生产1吨味精需要30吨小麦,现只需3吨山芋粉,不仅提高生产效率,降低成本,且节约用粮。

污水处理方面,利用微生物处理含酚、有机磷及印染废水收到良好效果。对含氰废水的处理也取得一定进展。如何利用微生物的功能对有害物质进行转化,变害为利,变废为宝,保护和控制自然环境,已日益受到人们的重视。

医药工业方面,几乎全部抗生素都是微生物的代谢产物。解放后,我国已成功地生产了庆大霉素、春雷霉素、争光霉素等五十多种抗生素,并找到了我国独有的创新霉素等新抗生素。近年来,又开展细菌发酵制造ATP等药品,对保障人民健康起了重要作用。

寄生在人类和动物口、鼻、咽部及消化道中的微生物,它们是无害的,且有些尚具有抵抗某些病原微生物的作用;生活在肠道中的微生物能合成人类不可缺少的营养物质——硫胺素、核黄素、烟酸、维生素B₁₂、维生素K等维生素以及多种氨基酸。牛、羊等反刍动物的胃,因有分解纤维素的微生物共生,才能消化草料中的纤维素。豆科植物与根瘤菌共生,从而可利用空气中的游离N₂作为氮源。

此外,也有一部分微生物能引起人类或动、植物病害。这些具有致病性的微生物称为病原微生物,它们可以造成农作物的病害,例如稻瘟病、小麦赤霉病等。对家畜、家禽引起的疾病有鸡霍乱、鸭瘟、牛炭疽、猪瘟等。某些病原微生物,则能引起人类传染病,如伤寒、菌痢、流感等。有些微生物,在正常情况下不致病,而在特定的条件下,能引起疾病称为条件性病原微生物。此外,微生物的破坏性,还表现在引起工业产品、农副产品及生活用品的腐蚀、霉烂等。

微生物结构简单、生长繁殖迅速、易于培养以及突变体应用的方便,使它们成为研究生物学中许多基本问题的良好材料,在探讨生命的本质、生命的起源与进化等方面具有重要作用。并经常与分支生物学联系在一起,所以它不仅是一门应用科学,且是很重要的一门基础科学。

微生物与人类关系非常密切,研究范围日益广泛和深入,因此微生物学又形成一些分支学科。着重于研究微生物学基本问题的有普通微生物学、微生物分类学、微生物生理学、微生物生态学、微生物遗传学等。按研究对象的种类可分为细菌学、病毒学、真菌学等。在应用微生物方面有农业微生物学、工业微生物学、医学微生物学、兽医微生物学、食品微生物学、石油微生物学、

海洋微生物学、土壤微生物学。各分支学科的相互配合相互促进,有利于微生物学的全面深入发展。

(余 霁 杜佩英)

医学微生物学

医学微生物学是微生物学中的一个分支。研究各种病原微生物的生物学性状与致病性,以及在一定环境条件下与机体相互作用的规律性,从而寻找诊断和防治疾病的方法,以达到消灭和控制传染病及与微生物有关的其他疾病的一门科学。包括的范畴有:①微生物学基础;②传染与免疫学基础;③细菌学;④病毒学;⑤放线菌和真菌学;⑥其他微生物,如衣原体、立克次体、支原体、螺旋体等。

古代人民虽未观察到微生物,但早已将微生物知识用于工农业生产和疾病防治中。公元前两千多年夏禹时代,就有仪狄作酒的记载;北魏(386~534)贾思勰《齐民要术》一书中,详细地记载了制醋方法。我国古代劳动人民也发现豆类发酵过程,从而制成了酱。长期以来,民间常用的盐腌、糖渍、烟熏、风干等保存食物的方法,实际上都是防止食物因微生物生长而腐烂变质的好方法。

秦汉以后,已发现气候不正与传染病流行有关。十一世纪时,北宋末年刘真人就有肺癆由虫引起之说。自古以来,我国就有将水煮沸后饮用的习惯。已知用水银和硫磺治疗皮肤病。明李时珍《本草纲目》中亦有对病人穿过的衣服应该进行处理的记载,谓若把它蒸过穿就不会传染疾病。观察到有些患过传染病而康复的人,一般不再患同样疾病。有些资料还记载请患过同样疾病而康复者护理病人和埋葬病死者。四世纪初,东晋时代,在葛洪所著《肘后方》中,有“杀所咬犬,取脑傅之,后不复发。”的防治狂犬病记载。明隆庆年间,我国已经广泛使用人痘,先后传至俄、日、朝、英、土耳其等国家。

首先看到微生物的是荷兰人吕文虎克(Leeuwenhoek, 1632~1723),他于1676年利用自磨镜片,创制了第一架能放大约270倍左右的显微镜,正确描述细菌的形态有球形、杆状、螺旋样等,为微生物的存在提供了有力证据。十九世纪六十年代,欧洲一些国家中占重要经济地位的酿酒工业和蚕丝业发生酒味变酸和蚕病危害等,促进对微生物的研究。法国科学家巴斯德(Pasteur, 1822~1895)首先实验证明有机物质的发酵与腐败是由于微生物所引起,酒类变质是由于污染了杂菌;传染病的流行是由病原微生物传播所致。在发酵工业等生产过程中,只要消毒严密,根绝外界微生物的污染,就可防止酒类等变质。巴斯德的研究开始了微生物的生理学时期,人们认识到微生物之间不仅有形态上的差异,且在生理学特性上也有所不同,进一步认识到微生物在自然界中所起的重要作用,自此微生物学开始成为一门独立的科学。巴斯德为防止酒类等变质所创造的加温处理法,就是至今沿用的巴氏消毒法。在巴斯德的启发下,英国外科医生李斯特(Lister, 1827~1912)创用了石炭酸喷洒手术室和煮沸手术用具,以防止外科手术的继发感染,为防腐、

消毒以及无菌操作打下一定基础。微生物学的另一创始人是德国学者郭霍(Koch, 1843~1910),他在研究微生物学的技术上作出巨大贡献,是微生物学研究方法的奠基者之一。他创用了固体培养基,使人们有可能把细菌从环境中或从病人的排泄物等标本中分离为纯培养,便于对每种细菌分别具体的研究,后又创用了染色方法和实验性动物感染等,为发现各种传染病的病原体提供了有利条件。结核与霍乱等的病原体,先后被郭霍所发现。他对确定病原体提出的准则,至今仍有一定意义。自此之后,在一个较短时期内,相继发现许多对人类和动物致病的细菌。十八世纪末,英国医生琴纳(Jenner, 1749~1823)创制牛痘苗来预防天花,这一发明不仅使人类免受天花的灾难,且为预防医学开辟了广阔途径。继牛痘苗创制后,巴斯德创制了炭疽、狂犬病等疫苗。

人们对抗感染免疫本质的认识是从十九世纪末开始的,那时已经有了细胞学和其他一些基础医学的发展,这就大大促进了对机体防御功能的研究。当时对机体免疫性的认识有两派不同观点,一派是以俄国学者梅契尼科夫(Мечников, 1845~1916)为代表,他首先发现机体内的白细胞及肝脾等吞噬细胞具有吞噬和消化入侵细菌的能力,并认为这些吞噬细胞吞噬能力的强弱可以代表整个机体的免疫程度。因而提出了细胞免疫学说,认为它是机体抵抗传染病的主要因素。另一学派以德国的医学和生物化学家欧立希(Ehrlich, 1854~1915)为首的体液学派,认为机体受病原微生物或其毒素刺激后,能产生抗毒素等抗体物质,它们存在于血清和其他体液内,是机体抵抗传染病的主要因素。两个学派长期争论。随着研究的不断深入,现已了解到整个机体的免疫性是在中枢神经系统的调节下进行的。细胞免疫和体液免疫都是机体免疫系统中的重要组成部分,它们相辅相成,有时亦可相互制约。免疫应答一般对机体有利,但在特定条件下,对机体亦可造成损害。自本世纪六十年代以来,免疫学有了飞速发展,其基本理论和实际应用已涉及到医学领域的许多方面,现已发展成为一门独立的科学。

1892年俄国学者伊凡诺夫斯基(Ивановский)发现了第一个病毒即烟草花叶病病毒。1897年Loeffler和Frosch发现动物口蹄疫的病毒。随着电子显微镜及其他新技术的应用,1935年斯坦来(Stanley)首次得到烟草花叶病毒的结晶,随后鲍登(Bawden)等证实该结晶为核蛋白,它和生物一样有繁殖能力,且具有传染性 with 遗传变异性。此后还证明其他病毒的主要成分也是核蛋白,当核蛋白中的核酸和蛋白质分开后,只有核酸才有传染性。接着又发现并分离出许多人类常见病、多发病和烈性传染病的病毒。近年来病毒的研究工作有了很大发展,病毒学已成为现代医学中的一门独立科学。

在抗生素研究方面,早在2500年前,我们的祖先已经知道用豆腐上生长的霉菌来治疗化脓性感染。1929年英国细菌学家弗来明(Fleming)发现污染葡萄球菌培养平板上的青霉菌,有拮抗及溶解球菌菌落的现象。经过实验,发现青霉菌的培养滤液能抑制或杀死许多病原菌,

他将这一抗菌物质命名为青霉素,但因含有杂质过多,不宜临床应用。直到1940年英国Florey和Chain等将青霉菌培养滤液加以提炼,发明了可供人体注射用的青霉素G。继发明青霉素后,在世界范围内开展了大量筛选工作,链霉素、氯霉素、金霉素和土霉素等不断地发现,在传染病等的治疗上起了巨大的作用。

此外,尚有许多学者对微生物学作出一定贡献(见表)。

我国解放后,消灭了天花、鼠疫等烈性传染病,白喉、麻疹、脊髓灰质炎、新生儿破伤风等得到了控制;在1952年抗美援朝期间,彻底粉碎了美帝的细菌战争,取得了伟大胜利;防治传染病的生物制品,无论是品种、数量或质量,均有飞跃发展。1956年,我国学者汤飞凡等应用鸡胚卵黄囊接种法改进培养条件,首先成功地分离培养出沙眼衣原体;较早发现亚洲甲型流感病毒;对流行性乙脑病毒的生物学特性、免疫性、流行规律等的研究,也取得一定成果。1959年分离出麻疹病毒,成功地制成了麻疹减毒活疫苗。1972~1973年分离出流行性出血性角结膜炎的病原体,并证明是一种微小RNA病毒,属肠道病毒70型。全国范围内开展了中医中药的研究,发现许多中草药对防治传染病有一定的疗效。慢性气管炎病因的研究,肿瘤免疫、移植免疫等科研工作及新抗生素的生产方面都取得了较好成绩。

今后要加强病原微生物的生物学特性和致病性的研究,寻找早期、快速诊断的方法;研制新疫苗和改进原有疫苗,以提高防治效能。例如在苗菌方面从脑膜炎球菌中制备了高度纯化具有免疫原性的多糖菌苗。肺炎球菌多糖多价菌苗在美国等地经试验均证明安全有效。又如用甲醛液将霍乱弧菌、某些大肠杆菌、葡萄球菌等肠毒素脱毒制成类毒素,这些类毒素除具有抗感染作用外,且有可能防止细胞的癌变。又如由灵杆菌细胞壁中提取的脂多糖称为灵菌素,是细菌脂多糖中对人毒性最小的一种,它能激活骨髓造血系统,提高白细胞与巨噬细胞的吞噬能力,临床上证明使用灵菌素或灵菌素与抗生素合用,对抗生素治疗无效的慢性炎症,有消炎作用。进一步探讨机体抵抗病原微生物致病作用的规律,寻求调动和提高机体防御功能的非特异性和特异性的抗传染免疫措施。加强细菌遗传工程学的研究。分子遗传学的迅速发展,已能使一种生物体基因的DNA片段结合到细胞质的质粒上去,这种基因能随细菌的分裂而传代。美国已人工合成了动物下丘脑生长激素释放抑制因子(SOM)的基因,采用遗传工程的方法,放进大肠杆菌中去,这个基因已能在大肠杆菌中表达。原需要50万头绵羊的脑只能提取5mg SOM的技术,若改用遗传工程技术培育出来的细菌生产SOM,则从10L培养液的100g细菌就能得到同样数量的产品。以此原理可用于研究治疗人类因遗传缺陷而引起的疾病,以及制造胰岛素、干扰素、疫苗、免疫球蛋白等制品。微生物学的发展是与运用祖国医学理论、现代有关学科的新理论、新技术密切相关。今后仍须继续加强同祖国医学、组织学、生物化学、遗传学、分子生物学、病理学等学科的联系和协作;应用

对微生物学发展有贡献的诺贝尔奖金获得者

年份	人 名	成 就
1901	Behring EA	白喉抗毒素和其他血清疗法
1905	Koch RH	结核病和旧结核菌素的研究
1908	Ehrlich P	抗体形成的体液学说及其在免疫中地位
	Metchnikoff E	吞噬作用及其在免疫中的作用
1912	Carrel A	关于血管和器官移植的研究
1913	Richet CR	过敏反应的发现
1919	Bordet J	补体结合现象和免疫
1928	Nicholle C J	斑疹伤寒的研究
1930	Landsteiner K	发现人类血型
1939	Domagk G	百浪多息药物的抗菌作用
1945	Chain E B	发现并改进青霉素
	Fleming A	
	Florey HW	
1946	Northrop JH	纯制酶和病毒蛋白酶的结晶
	Stanley WM	
	Sumner JB	
1946	Muller HJ	X线引起基因突变
1951	Theiler M	黄热病疫苗
1954	Enders JF	在非神经的组织培养中培养脊髓灰质炎病毒
	Robbins FC	
	Weller TH	
1958	Beadle GN	研究微生物遗传、基因特定化学过程的稳定作用
	Tatum EL	
	Lederberg L	
1960	Burnet FM	获得性免疫耐受性的理论和实验
	Medawar PB	
1962	Crick F H	DNA分子的双螺旋结构模型,遗传信息传递学说,即所谓中心法则学说
	Waston JD	
	Wilkins MHF	
1966	Rous FP	病毒复制的有关调节过程,小鼠肿瘤病毒的发现
1968	Holley RW	提出遗传密码对蛋白质合成的决定作用
	Khorana HG	
	Nirenberg MW	
1969	Delberück M	病毒复制中病毒基因结构及其作用机理
	Hershey AD	
	Luria SD	
1972	Edelman GM	各自独立揭示免疫球蛋白的化学结构
	Porter R	
1975	Dulbecco R	在组织培养中证明病毒通过染色体遗传到子细胞
1976	Blumberg B	发现乙型肝炎的澳大利亚抗原库鲁(Kuru)病和C-J病的慢病毒病因
	Gajdusek DC	
1978	Arber W	发现和提纯限制性内切酶用于遗传工程
	Smith HO	
	Nathans D	
1980	Dausset J	发现人体免疫反应遗传基因
	Penacceraf B	
	Senll G	

同位素、组织化学、组织器官培养、免疫荧光、免疫酶、电镜、电子计算机、单克隆抗体等新技术，加速医学微生物学的发展。

(余 清 杜佩英)

细菌的形态

各种细菌在一定环境条件下，有相对恒定的形态与结构。

细菌的大小 细菌体积微小，一般以 μm 计算。 $1\mu\text{m}$ 等于 $1/1000\text{mm}$ 。不同种类的细菌，大小极不一致。大球菌直径可达 $2\mu\text{m}$ ，而小的葡萄球菌的直径只有 $1\mu\text{m}$ 左右；大杆菌如炭疽杆菌长达 $3\sim 5\mu\text{m}$ ，宽 $1\sim 2\mu\text{m}$ 。中等大小的杆菌如大肠杆菌长 $2\sim 3\mu\text{m}$ ，宽 $0.5\sim 1\mu\text{m}$ ；小杆菌如流行性感胃杆菌长仅 $0.7\sim 1.5\mu\text{m}$ ，宽 $0.2\sim 0.4\mu\text{m}$ 。细菌的大小，在生长繁殖的不同阶段可以不同，也可受环境条件而改变。

细菌的正常形态 细菌的正常形态是指在适宜的生长繁殖条件下所显示的形态，可分为三大类。

(1) 球菌：单个菌细胞基本上呈球形。按其分裂平面及分裂后排列情况的不同又分为：①双球菌：由一个平面分裂，分裂后两个菌体成双排列，如肺炎球菌、脑膜炎球菌等；②链球菌：也是由一个平面分裂，但分裂后菌体连在一起，呈链状；③四联球菌：由两个相互垂直的平面分裂，分裂后四个菌体联在一起；④八叠球菌：由上下，前后和左右三个相互垂直的平面分裂，分裂后八个菌体联在一起；⑤葡萄球菌：由三个平面作不规则的分裂，分裂后菌体聚集在一起。

(2) 杆菌：菌体呈杆状，多数为直的，也有稍弯的。菌体末端多呈圆弧形，偶也有呈截平者如炭疽杆菌。若菌体短且卵圆形者，称球杆菌。大多杆菌单独存在；有的在分裂后仍连在一起称链杆菌。此外，有的杆菌在分裂时不是二等分，而是生成侧枝，呈分枝状，称分枝杆菌，例如结核杆菌；有的则末端膨大如棍棒状，称为棒状杆菌，如白喉杆菌。

(3) 螺形菌：菌体呈弯曲或旋转状，分弧菌和螺菌两类：①弧菌：菌体只有一个弯曲，呈逗点状，如霍乱弧菌；②螺菌：菌体呈数个回转，较为坚韧，如鼠咬热小螺菌。

细菌的多形态性 细菌在不适宜环境中常可发生形态上的变化，呈现多形态性。引起的因素很多，如不适温度或酸碱度、射线、化学药品、细菌自身的代谢产物和免疫血清等影响。例如鼠疫杆菌在含有3%食盐培养基生长后可引起大小不等球、杆、丝状乃至哑铃状和酵母状的多形态性。再如许多具有鞭毛的细菌，在含有0.1%石炭酸培养基上可以失去鞭毛。当外界影响因素去除后，可恢复其原来正常形态，但异常环境持续过久时，已改变的形态也可能不能恢复原状。

细菌的染色法 细菌体积微小，无色半透明，在光学显微镜下虽可观察其形态、大小和有动力，但不清楚。因此，需经染色。细胞壁、核质、鞭毛、芽胞、荚膜等

结构还需特殊染色。至于细菌的微细结构则须赖高度放大的电镜才能进行观察。染色方法主要分简单与复杂两种。

(1) 简单染色法：只用一种染料着色，如美蓝或复红等染料，一般只能观察细菌的形态与排列。

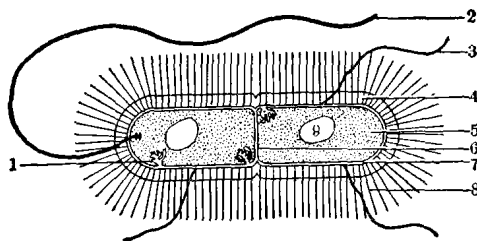
(2) 复杂染色法：用两种或两种以上的染料着色，可显示出部分细菌的结构或区别出不同细菌的染色特性，因此在细菌学工作中比较重要，常用的有：①革兰染色法：先用碱性苯胺染料(结晶紫或龙胆紫)染色，再加碘液媒染，然后用酒精脱色，最后以沙黄或稀释复红复染。此法将所有的细菌分成两大类，凡能固定结晶紫与碘的复合物，而不被酒精脱色仍保留紫色的，是为革兰阳性菌。若能被酒精脱色，再经复染成红色的细菌，则为革兰阴性菌。②抗酸染色法(见“分枝杆菌属”)。③特殊染色法：是针对细菌某些结构的复杂染色法，例如荚膜染色法、鞭毛染色法、芽胞染色法及异染颗粒染色法等。

此外，尚有负染色法，是指背景着色而细菌本身不着色的一种染色法。常用的有墨汁，也可用酸性染料如刚果红或水红性苯胺黑等。

(张 咏)

细菌的基本结构

细菌属原生生物，其基本结构有细胞壁、细胞膜、细胞质和细胞核四个部分(图)。



细菌细胞构造模式图

1. 中介体 2. 鞭毛 3. 性菌毛 4. 细胞壁 5. 核糖体
6. 横隔 7. 细胞膜 8. 菌毛 9. 细胞核

细胞壁 见“细菌的细胞壁”。

细胞膜 细菌的细胞膜或称胞质膜，位于细胞壁内层，紧包于细胞质外，厚约 $5\sim 10\text{nm}$ 。化学组成主要为磷脂与蛋白质。电镜下所见，与一般生物膜相似。由双层蛋白质与脂类分子构成，双层脂类夹在蛋白质分子之间。蛋白质分子能穿过类脂层，伸向细胞膜外，并经常移动，这与细胞膜的选择性通透性有关。细胞膜中的蛋白质，有些是各种具有特殊作用的酶类，有些是载体蛋白质，能选择性地转运可溶性小分子化合物。同时，细胞膜蛋白质也与细菌的生物合成有关，包括合成细胞壁和磷脂的酶类。细胞膜中的类脂，系由磷脂复合物所组成，是双相性的，即一端疏水，另端亲水，在亲水端常为极性离子，由磷酸盐和其他化学基团连接的甘油组成；非极性端即疏水端为由脂肪酸的CH链所组成。细菌细胞膜的功能，除转运养料和生物合成外，膜上各种呼吸

酶类尚有生物氧化、转运电子与氧化磷酸化等作用；一些水溶性胞外酶(即水解酶类)可以排出菌体，将大分子化合物分解为简单的化合物，然后摄入菌体内等。

细胞质 细菌的细胞质为位于细胞膜内的溶胶状物质，基本化学组成为水、蛋白质、核酸和类脂，也含少量糖和金属盐类。核酸主要是RNA，占菌体固体成分的15~20%。生长旺盛的幼龄菌含量更高，因此有较强的嗜碱性，易被碱性染料着色。一般革兰阳性菌的细胞质比革兰阴性菌的嗜碱性更强。细胞质内含有大量核蛋白体颗粒，与蛋白质合成密切相关。核蛋白体分散于胞质中，为70S(S为沉降系数)颗粒，系由一个30S和一个50S颗粒组成。核蛋白体占细菌干重的40%，化学组成为60%的RNA和40%的蛋白质。90%的细菌RNA存在核蛋白体中。mRNA与核蛋白体结合成为多聚核蛋白体，是合成蛋白质的场所。细胞质中存有某些膜状结构物，称为中介体，系由细胞膜内陷折叠而成。因此，其生理功能实与细胞膜相同，与细菌呼吸、细胞壁合成有关。中介体有两型：一为横隔中介体，细菌分裂形成横隔时发生作用。另一为侧中介体，位于细胞膜侧面。中介体的存在等于增加细胞膜面积，即增加了酶的数量和代谢场所。中介体亦具有类似线粒体的作用，它含有细胞色素和琥珀酸脱氢酶，为细胞膜提供呼吸酶，故又称为拟线粒体。细胞质中还存有一类质粒(见“细菌的遗传与变异”)。细胞质含有许多酶系统，它不仅是细菌蛋白质与RNA合成场所，又可将由外界摄取的营养物质进行异化、同化作用，获得能量来源及不断更新细菌内部的结构和组成。细胞质中含有各种内含物和空泡，内含物中有些是基础代谢的产物，或是贮备的营养物质，例如异染颗粒就是一种富有能量的复合物，其主要成分为RNA和大量多磷酸盐，为核酸合成过程中磷和能量的来源。由于它对某些染料着色性能不一，可染出与菌体不同的颜色，故称为异染颗粒，例如在白喉杆菌的形态学检查时，这一染色特征有助于初步诊断。

细胞核 细菌的核与一般细胞核不同，它无核膜和核仁，但具有DNA物质，即细菌的染色体。因无核膜将DNA区域与细胞质分开，故称为核质，或称拟核。核质具有细胞核的功能，是细菌遗传与变异的重要物质。核质分散于细胞质各处，着色时受到胞质内大量RNA的掩盖，一般染色法不能察见。若用RNA酶或酸先使RNA水解，则核质可以着色，用光学显微镜能够看见。

(张咏)

细菌的细胞壁

细胞壁位于细菌细胞的最外层，是细胞表面较为坚韧并有一定弹性的结构。细胞壁借质壁分离术或特殊染色后，可在光学显微镜下看到。经超薄切片后电镜观察，革兰阳性菌细胞壁厚度为20~80nm，阴性菌约10nm。细胞壁约占菌体干重的10~25%。

细菌细胞壁的基本结构是肽聚糖，又称粘肽。肽聚糖是由N-乙酰葡萄糖胺、N-乙酰胞壁酸和短肽聚合而成的

三度空间的网状结构大分子化合物。不同种类细菌细胞壁中肽聚糖的结构和组成不完全相同。肽聚糖网状结构坚韧而富弹性，是维持菌细胞完整与外形的主要成分。菌体的内渗透压高达5~25个大气压，由于胞壁肽聚糖的保护作用，细菌能在比菌体内渗透压低得多的一般培养基中生长。因而凡能破坏肽聚糖的结构或抑制其合成的药物均可使菌死亡。例如溶菌酶的溶菌作用是由于能裂解革兰阳性菌胞壁肽聚糖中N-乙酰葡萄糖胺和N-乙酰胞壁酸间β(1~4)键的连接；青霉素的杀菌机理是因抑制肽聚糖的合成，不能形成完整的连接的肽聚糖链，故而失去对环境中的一般渗透压的保护作用，菌体崩解死亡；杆菌肽、头孢菌素C、环丝氨酸、万古霉素等的抗菌作用也是从不同环节抑制菌胞壁的肽聚糖合成。人体和动物细胞没有细胞壁，无肽聚糖结构，因此青霉素类药物对人体无毒性。

革兰阳性菌 磷壁酸是革兰阳性菌细胞壁的特有组分，多数菌约占细胞壁干重的50%，占菌细胞干重的10%左右。磷壁酸按其结合部位分为壁磷壁酸和膜磷壁酸。前者共价连接到肽聚糖的N-乙酰胞壁酸上，位于肽聚糖层表面，构成革兰阳性菌的重要表面抗原。膜磷壁酸又称脂磷壁酸，共价结合至细胞膜糖脂上。磷壁酸尚有结合镁离子而起供给细胞镁离子的作用。

革兰阴性菌 革兰阴性菌细胞壁的组成比阳性菌复杂，在细胞壁肽聚糖层上尚有脂蛋白、外膜和脂多糖三层聚合物(表)：①脂蛋白：由类脂和57个氨基酸组成的蛋白质构成，连接在外膜和肽聚糖间，使两者成一体。此外，尚有游离的脂蛋白存在，能与新生成的肽聚糖结合，不断合成细胞壁。②外膜：是典型的磷脂双层结构，但其外缘大部分的磷脂由脂多糖分子取代。在磷脂基质中镶嵌有一组特异蛋白，包括基质蛋白、脂蛋白和小蛋白分子。基质蛋白分子与脂蛋白分子共同构成贯穿外膜的通道，它能调控一些物质的出入。基质蛋白已证明为某些噬菌体的受体。许多小蛋白分子亦参与维生素B₁₂、铁离子复合物、核苷酸等物质的运输。此外，外膜蛋白质还参与协助性菌毛菌的结合过程、DNA复制和菌细胞分裂的控制等，并作为大分子扩散的屏障，因而革兰阴性菌对许多抗生素比阳性菌有较大的抵抗力。③脂多糖：通过疏水键附着于外膜上，由类脂A、多糖核和多糖抗原三部分组成。脂多糖具有毒性作用，故称为内毒素，其毒性部分与类脂A相关。多糖O抗原位于脂多糖分子的最外层，代表菌细胞的主要表面抗原，有特异性，成为菌属分群分型的物质基础。

革兰阳性菌细胞壁与革兰阴性菌细胞壁间的区别

	革兰阳性菌	革兰阴性菌
肽聚糖	40~50%	5~15%
磷壁酸	+	-
脂多糖	-	+
脂类	1~4%	11~22%
蛋白质	约10%	约60%

细胞壁缺陷细菌 凡细胞壁的形成发生障碍，成为无细胞壁或仅有少量细胞壁成分的细菌，称为细胞壁缺陷细菌。原生质体、圆球体、L型细菌等均属之。用溶菌酶、青霉素等适当方法处理革兰阳性菌，可以除去其细胞壁。这种不带细胞壁组分的菌体称原生质体。失去胞壁的原生质体，形状均呈球形，且对渗透压、振荡、离心等都很敏感。其生物活性虽有改变，但并不影响其生命活动。例如有的原生质体虽不能运动，仍保留鞭毛；在高渗等适宜条件下可以增大体积，甚至分裂；从能形成芽孢菌制得的原生质体，仍可形成芽孢等。用类似方法处理革兰阴性菌，因其胞壁中粘肽成分少，将粘肽去除后，仍留有脂多糖、脂蛋白等结构，即仍有胞壁结构残留。这种残存有部分胞壁的菌体称圆球体。圆球体对低渗等外环境的抗力高于原生质体。L型细菌系三十年代早期 Klieenberger-Nobel在念珠状链球菌研究中发现的一种自然变异株。L型缺乏细胞壁，多形性，小颗粒可以通过除菌滤器，在适宜培养基上形成“荷包蛋”状菌落。后来在许多球菌、杆菌和弧菌等中均出现有L型细菌。此种变种亦可用人工现代方法诱导产生。有的为能回复至亲代的“不稳定”株，有的为不能回复的“稳定”株，后者与支原体易混淆，宜区别之。细胞壁缺陷细菌的临床意义是这类菌亦可能致病，例如肾盂肾炎、骨髓炎、心内膜炎等。这些病例的常规细菌学检查多呈阴性，因此，临床有明显症状而一般培养阴性者，应考虑这类细菌感染的可能。

(张咏 陆德源)

细菌的荚膜

荚膜是细菌特殊结构之一，是覆盖在某些细菌胞壁表面的一层具有一定外形的松散的粘液性物质。有的细菌荚膜很薄，仅200nm或更薄，称为微荚膜。荚膜的折光性较强，且不易着色。若用普通染色法染色，仅能看到在菌体周围有一层明显的未着色透明带。用特殊的荚膜染色法或墨汁负染色法观察时，形态较清晰。荚膜含大量水分，占90%以上。固体组分随菌而异，例如肺炎球菌、肺炎杆菌及脑膜炎球菌等多数菌的荚膜是由多糖组成的。同种不同型的荚膜多糖组成也可不同，如不同型的肺炎球菌就有不同特异性的多糖。少数菌如炭疽杆菌的荚膜由D-谷氨酸聚合成的多肽组成，但也含有少量糖类。荚膜形成与细菌所处环境密切相关。通常在人或动物宿主体内形成的荚膜较厚；人工培养基中形成较差，若在不合宜营养的人工培养基中多次传代，可以完全丧失荚膜形成能力。已失去荚膜的细菌，通过易感动物，可以选择出荚膜形成菌株。荚膜能保护菌细胞壁免受补体、溶菌酶等杀菌物质的损伤。并有保护菌体抵抗吞噬细胞的吞噬和消化作用，从而病菌入侵宿主体后不被快速杀灭，而能在机体内大量生长繁殖。荚膜本身无毒性，但大量繁殖后的病菌产生的一系列毒性物质等能引起病理损害。因此，荚膜与致病力有关；失去荚膜的细菌，其致病力亦随之消失。荚膜抗吞噬的机理

尚不清楚，有谓荚膜物质比较粘滑，不易为吞噬细胞捕获，亦有认为荚膜表面与吞噬细胞伪足所带的电荷性质相同而发生相斥之故。荚膜尚有抗干燥等抵抗不良外部环境的作用。

(张咏)

细菌的鞭毛与菌毛

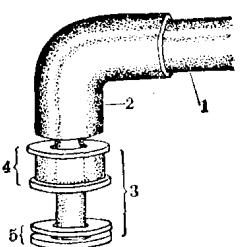
鞭毛和菌毛都是细菌的特殊结构。

鞭毛 是从菌细胞内长出的细长、波浪形弯曲的丝状物。长度常为菌体的数倍，但直径仅10~20nm。因此，只能用电镜才可观察到。用特殊染色法，使染料沉积于鞭毛使其直径增大，则在光学镜下能看见。除去鞭毛后，对菌的生命活动无影响，表明它不是参与主要代谢的结构。然而一旦失去鞭毛，细菌的动力就同时丧失，因而鞭毛与细菌动力有关，是细菌的运动器官。大多数球菌不形成鞭毛，弧菌、螺菌和部分杆菌具有鞭毛。鞭毛的位置、数目和排列方式是细菌的属、种特征，具有鉴定意义(表)。

细菌的鞭毛类型

	位置	数目	举例
偏端单毛菌	菌体一端	1根	霍乱弧菌
双端单毛菌	菌体两端	1根	鼠咬热小螺菌
偏端丛毛菌	菌体一端	多根	绿脓杆菌
双端丛毛菌	菌体两端	多根	红色螺菌
周毛菌	菌体四端	许多根	伤寒杆菌

鞭毛由基粒、弯管和丝状体三部分组成(图)。①基粒：贯穿细胞壁，位于胞质内。在革兰阴性菌，基粒由4个薄的片状同心环组成。环状体与细胞壁和细胞膜相连。革兰阳性菌只有与细胞膜连结的2个环状体。基粒的功能可能是鞭毛运动的“发动机”。②弯管：基粒通穿细胞壁后，变为直径17nm的管并弯成90°长仅45nm的弯管。其功能可能在鞭毛运动时起旋转轴作用。③



细菌鞭毛结构图

1.丝状体 2.弯管 3.基粒 4.与细胞壁相连 5.与细胞膜相连

丝状体：从弯管前端伸出一根直径为12.5nm的细毛，呈曲线状波形，波长和波高随菌种类而异，如沙门菌属的一个波长为2.5μm。其直径亦依不同菌而异，一般为13~30nm，长度为3~12μm。鞭毛的化学成分主要为蛋白质，只含少量多糖和脂类。丝状体用热、酸等理化因素处理，可降解成蛋白质单体分子，称为鞭毛蛋白，其分子量为15,000~40,000。X线衍射研究指出鞭毛蛋白具有中空螺旋结构，直径12~20nm，长2~5μm，有的可长达50μm；其氨基酸组成与横纹肌中的肌动蛋白相似。丝状体成为细菌的H抗

原。在沙门菌属中，H 抗原和O 抗原是其分类的重要依据。弯管也是由一种称为弯管蛋白所组成，其抗原性与丝状体者不同。基粒主要亦是由蛋白质组成。鞭毛的运动可能是由于丝状体与基粒环状体的收缩，以及弯管的转动。此外，鞭毛蛋白大分子链，可以通过其反复收缩和松弛产生波浪形运动、推动或拉动菌体。细菌鞭毛引起运动的速度很快，例如伤寒杆菌为 65mm/h，霍乱弧菌竟高达 200mm/s。

菌毛 亦为菌体表层附属器官之一，但比鞭毛细短，不呈波形，与菌动力无关。菌毛起源于细胞膜内侧基粒上，穿越细胞壁而游离于菌体外。菌毛多见于革兰阴性菌，无动力菌亦可有鞭毛存在。菌毛分普通菌毛和性菌毛两类。普通菌毛直径 3~25nm，长度 0.5~20μm，一个菌的菌毛数目一至数百根，一般是 150~500 根。依菌毛形态、数目、排列不同分为 6 个型。菌毛的化学组成主要是蛋白质，可被胰蛋白酶或其他蛋白酶降解。普通菌毛的功能是使菌体粘附至宿主细胞表面，在感染中起启动作用。在霍乱弧菌、致病性大肠杆菌、志贺杆菌、淋球菌等研究中，均发现菌株菌毛的粘附力和致病力间有良好的相关性。因而，近有以菌毛作为疫苗以研究其免疫作用者。性菌毛只存在于某些菌种的雄株中。比同菌的普通菌毛长而粗，一般长度 1~2μm，直径 8.5nm。一个菌只有 1~4 根。其功能有的可作为两菌接合时传递遗传物质的通道，有的是某些噬菌体感染宿主菌的受体。

(张咏 陆德源)

细菌的芽胞

少数杆菌在一定条件下，细胞质脱水浓缩，在菌体内形成一个折光强的圆形或椭圆形结构物，称为芽胞。当芽胞在菌体内成熟后，菌体崩解，留下芽胞。细菌当它未形成芽胞时，称为繁殖体，一旦形成芽胞，细菌就停止分裂，进入休眠状态，只有当条件适宜时芽胞发芽回复形成繁殖体时，细菌才恢复繁殖的能力。因此，芽胞的生成，不是细菌繁殖的方式。即一个繁殖体只能形成一个芽胞，同样一个芽胞经发芽也只能形成一个繁殖体。绝大多数能形成芽胞的细菌是非致病菌。在医学上具重要性的有炭疽杆菌、破伤风杆菌、肉毒杆菌和气性坏疽病原菌等。不同细菌形成芽胞的位置不同，有的在菌体中央，有的在末端，也有的在次末端。

形成芽胞需要一定条件，并随各菌种不同而异。如炭疽杆菌需有氧条件，而破伤风杆菌则要厌氧条件，与温度、pH、碳源、氮源以及钾、镁等离子亦有关。芽胞具有多层膜结构，厚而坚实，通透性低，含有类似角质的蛋白质。因此，对理化因素抗力远比细菌繁殖体强。又因芽胞体内水分浓缩，含水量少，这是芽胞对热抵抗力很强的主要原因。形成芽胞的原理不详。一般常在对数生长期的末期容易形成芽胞，这可能与环境缺乏碳或氮源、生长因子或无机盐类等某些营养物质有关。亦有学者提出，在培养环境中可以生成一种芽胞形成因子，若将含有该因

子的培养液加入能形成芽胞的繁殖体细菌中，可促进芽胞的形成。多种因素可促使芽胞发芽，一般是在合适的营养条件、温度、酸碱度情况下，易激活芽胞发芽。如对人类或动物致病的病菌芽胞，当进入机体组织时，就可发芽成繁殖体而进行分裂繁殖。芽胞经激活后，其外壳蛋白质间的二硫键断裂，外壳的外膜及皮质均随之发生解聚作用。由于通透性的改变，水份与养料渗入原芽胞的内膜，使芽胞肿胀并伸长，与此同时，芽胞体内 DNA、RNA、核蛋白体和各种酶类活化，代谢活动恢复，形成的新的繁殖体从芽胞的一端或中心部位突破而出。因芽胞对外界因素的抵抗力很强，对疑有被芽胞污染的用具、敷料、手术器械等必须采用杀灭芽胞有效的方法进行消毒灭菌。

(张咏)

细菌的化学组成

细菌的化学组成与其他生物细胞相似，含有碳、氢、氧、氮、磷、钾等元素，这些元素组成细菌细胞的各种成分。各种化学成分的含量因细菌种类、菌龄和培养条件等不同而有差异。

细菌中水分的含量为菌体鲜重的 75~85%，是细菌的主要成分之一。一部分水为游离水，另一部分水与菌体内其他成分结合，成为结合水。两者生理功能不同，结合水不易蒸发，不冻结，不能作为溶剂，且也不能渗透等。细菌的固形成分有蛋白质、核酸、糖类、脂类和无机盐类等。在固形成分中，碳、氢、氧、氮四种元素约占 90~97%，其他元素约占 3~10%。

蛋白质 蛋白质分布在细菌的细胞壁、细胞膜、细胞质和核质中，占菌体干重的 50~80%。菌体内简单蛋白质大致可分为球蛋白、白蛋白及麦谷蛋白。但细菌中蛋白质大多与其他物质结合成复合蛋白质，如脂蛋白、核蛋白、糖蛋白等，其中以核蛋白含量最高，占蛋白质总量的 1/3~1/2。

核酸 细菌的核酸包括 RNA 和 DNA。RNA 主要存在于细胞质和细胞膜中，其中 70~90% 的 RNA 与蛋白质合成核糖体。RNA 的含量随菌龄而异，例如培养 30 小时的大肠杆菌，其 RNA 的含量比培养 10 小时的大肠杆菌约少 50%。DNA 主要含于染色体和质粒中，含量比较稳定，故可利用 DNA 碱基组成进行细菌分类(见“细菌的分类”)。核酸与细菌的遗传、变异和蛋白质合成有密切关系。

糖类 约占固形物质的 10~30%，细菌中的糖类主要以多糖形式存在，例如荚膜多糖、纤维素、淀粉、糖元等。多糖或呈游离状态或与蛋白质及脂类结合成复合物，主要存在于细胞壁、荚膜和细胞质中。单糖有核糖，为辅酶、RNA 以及 ATP 的组成成分。核糖的衍化物脱氧核糖含于 DNA 中。

脂类 细菌细胞中脂类的含量一般约为固形物的 1~10%。有的细菌如分枝杆菌可达 35~40%。脂类存在于细胞壁、细胞膜和细胞质内，为细菌体内能量储藏所。它