

军医大学军医专业基本教材

医 用 微 生 物 学

第 四

第 四 军 医 大 学 主 编

中国科学院植物研究所图书馆

植物所图书馆

中国科学院植物研究所图书馆

军医大学军医专业基本教材

医 用 微 生 物 学

主 编

汪 美 先

编 者

叶天星 吴玉梅

俞树荣 张邦燮 张淑莲 朱德钟

汪美先 姜绍淳 张孝齐 吕 革 过祥豹

参 加 汇 审 者

刘 霁 廷 吴玉梅

俞树荣 朱德钟 张淑莲

汪美先 吕 革 姜绍淳

目 录

绪 言

- 一、微生物与微生物学..... 1
- 二、医学微生物学发展简史及其主

要成就..... 2

- 三、学习医学微生物学的目的与任
务..... 4

第一篇 细菌学总论

第一章 细菌的形态与结构..... 5

第一节 细菌的形态..... 5

- 一、球菌..... 5
- 二、杆菌..... 6
- 三、弧菌与螺菌..... 6

第二节 细菌的结构..... 6

- 一、基本结构..... 6
- 二、特殊结构..... 11

第三节 细菌形态学检查..... 13

- 一、光学显微镜检查..... 13
- 二、电子显微镜检查..... 15

第二章 细菌的代谢和繁殖..... 16

第一节 细菌的化学组成和物理性状..... 16

- 一、细菌的化学组成..... 16
- 二、细菌的物理性状..... 17

第二节 细菌的营养及其繁殖..... 17

- 一、细菌的营养需要..... 17
- 二、细菌的人工培养法..... 18
- 三、细菌的生长繁殖..... 19

第三节 细菌的新陈代谢及其产物..... 21

- 一、细菌的酶..... 22
- 二、细菌的代谢和呼吸..... 22
- 三、细菌的代谢产物..... 25

第三章 细菌的分布与外界因素对细菌的影响..... 30

第一节 细菌在自然界和正常人体

的分布..... 30

- 一、细菌在自然界的分布..... 30
- 二、正常人体的细菌..... 31

第二节 外界因素对细菌的影响..... 32

- 一、灭菌与消毒..... 32
- 二、抗微生物的化学治疗..... 36
- 三、噬菌体..... 37

第四章 细菌的变异..... 40

第一节 细菌变异的现象..... 40

- 一、形态结构的变异..... 40
- 二、菌落的变异..... 40
- 三、酶类活性的变异..... 41
- 四、毒力的变异..... 41
- 五、耐药性的变异..... 42

第二节 细菌变异的机理..... 42

- 一、染色体基因的突变与诱变..... 42
- 二、染色体基因或染色体外基因
(质粒)的转移..... 43

第三节 细菌变异的实际应用..... 46

- 一、在预防中的应用..... 46
- 二、在诊断中的应用..... 46
- 三、在治疗中的应用..... 46

第二篇 免疫学基础

第五章 免疫学概论..... 47

第一节 免疫的基本概念..... 47

一、对免疫的认识..... 47

二、免疫的基本功能..... 47

三、现代“免疫”的概念·····	48	第八章 抗传染性免疫 ·····	81
第二节 机体的免疫系统·····	49	第一节 抗传染性免疫的发生发展·····	81
一、中枢淋巴器官·····	49	一、细菌的致病性·····	81
二、外周淋巴器官·····	50	二、细菌的数量、侵入门户及定位·····	84
三、免疫活性细胞·····	51	三、抗传染性免疫的表现形式·····	84
四、体液中免疫物质·····	52	第二节 抗传染性免疫的种类·····	86
第三节 抗原·····	52	一、抗毒素性免疫·····	86
一、抗原的基本特性·····	52	二、抗菌性免疫·····	86
二、医学上重要的抗原·····	54	三、抗病毒性免疫·····	87
第六章 非特异性免疫 ·····	57	第三节 影响抗传染性免疫的因素·····	89
第一节 生理屏障作用·····	57	一、内在因素·····	89
一、皮肤粘膜（外部）屏障·····	57	二、外在因素·····	89
二、血脑屏障·····	57	第九章 变态反应 ·····	91
三、胎盘屏障·····	57	第一节 变态反应的概念·····	91
第二节 单核—吞噬细胞系统·····	58	第二节 第Ⅰ型 反应素型变态反应·····	91
一、巨噬细胞的免疫功能·····	58	第三节 第Ⅱ型 溶细胞型变态反应·····	94
二、影响巨噬细胞活性的因素·····	60	第四节 第Ⅲ型 免疫复合物型变态反应·····	96
第三节 体液中的免疫物质·····	60	第五节 第Ⅳ型 迟发型变态反应·····	98
一、补体系统·····	61	第六节 防治原则·····	101
二、其他杀菌物质·····	64	一、寻找变应原·····	101
第七章 特异性免疫 ·····	66	二、改变机体免疫反应性·····	101
第一节 细胞免疫·····	67	第十章 免疫学的应用 ·····	103
一、T细胞与B细胞的特性·····	67	第一节 免疫学诊断·····	103
二、淋巴细胞的新群与亚群·····	68	一、体液免疫功能检测法·····	103
三、T淋巴细胞的免疫功能·····	70	二、细胞免疫功能检测法·····	112
第二节 体液免疫·····	72	第二节 人工免疫·····	115
一、免疫球蛋白的基本结构·····	73	一、人工自动免疫·····	115
二、免疫球蛋白的形成·····	75	二、人工被动免疫·····	116
三、免疫球蛋白的生物学活性·····	76	三、生物制品的应用·····	118
四、各类免疫球蛋白的特性·····	77		

第三篇 细菌学各论

第十一章 病原性球菌 ·····	121	其他奈瑟氏菌·····	
第一节 葡萄球菌·····	121	第十二章 厌氧芽胞杆菌属 ·····	135
第二节 链球菌属·····	124	第一节 破伤风杆菌·····	135
第三节 肺炎球菌·····	128	第二节 气性坏疽病原菌·····	138
第四节 脑膜炎球菌·····	130	产气荚膜杆菌·····	138
淋球菌·····		第三节 肉毒杆菌·····	140

第十三章 肠道杆菌	142
第一节 大肠杆菌.....	143
第二节 沙门氏杆菌.....	145
第三节 痢疾杆菌.....	150
第四节 其他肠道杆菌.....	154
一、变形杆菌	
二、肺炎杆菌	
三、绿脓杆菌	
四、粘球杆菌	
第十四章 霍乱弧菌	157
付溶血性弧菌	
第十五章 结核杆菌	163
麻风杆菌	
非典型分枝杆菌	
第十六章 白喉杆菌	171

类白喉杆菌	
第十七章 流行性感胃杆菌与百日咳杆菌	176
第一节 流行性感胃杆菌.....	176
其他嗜血杆菌	
第二节 百日咳杆菌.....	178
付百日咳杆菌	
第十八章 动物疫源菌	181
第一节 炭疽杆菌.....	181
第二节 布氏杆菌.....	186
第三节 鼠疫杆菌.....	189
土拉热杆菌	
马鼻疽杆菌	
类鼻疽杆菌	

第四篇 病毒及其他病原微生物

第十九章 病毒学概论	195
第一节 病毒的基本性状.....	195
一、病毒的基本特点.....	195
二、病毒的形态结构.....	196
三、病毒的繁殖与培养.....	204
四、病毒的抵抗力与变异.....	207
第二节 病毒的致病性与免疫性.....	210
一、病毒的致病性.....	210
二、病毒的免疫性.....	213
第三节 病毒学检验.....	217
一、检验材料的采取和运送.....	217
二、病毒分离和鉴定.....	217
三、血清学试验.....	218
四、快速检验诊断.....	219
第四节 特异防治.....	220
一、特异预防.....	220
二、病毒感染的治疗.....	221
第二十章 呼吸道病毒	223
第一节 流行性感胃病毒.....	223
第二节 付粘病毒.....	228
一、付流感病毒.....	229
二、呼吸系合胞病毒	
三、麻疹病毒	
四、腮腺炎病毒	
第三节 腺病毒及其他呼吸道病毒... 234	
一、腺病毒.....	234
二、其他呼吸道病毒(鼻病毒、冠状病毒)	
第二十一章 肠道病毒和肝炎病毒	238
第一节 脊髓灰质炎病毒.....	238
第二节 柯萨奇病毒和埃可病毒.....	241
新型肠道病毒	
胃肠炎病毒	
第三节 肝炎病毒.....	243
第二十二章 痘病毒和疱疹病毒	252
第一节 痘病毒.....	252
一、天花病毒、类天花病毒和痘苗病毒.....	252
二、传染性软疣病毒	
第二节 疱疹病毒.....	257
一、单纯疱疹病毒.....	258
二、水痘一带状疱疹病毒	
三、巨细胞病毒	

四、EB疱疹病毒	
第二十三章 虫媒病毒及其他病毒	264
第一节 虫媒病毒	264
一、流行性乙型脑炎病毒	264
二、森林脑炎病毒及其他脑脊髓炎病毒	267
三、其他虫媒病毒	
四、非虫媒传播的类出血热病毒	
第二节 其他重要的病毒	271
一、狂犬病病毒	271
二、风疹病毒	
三、致瘤的病毒	
第二十四章 衣原体与支原体	278
第一节 衣原体	278
一、一般性状	278
二、沙眼衣原体	279
三、包涵体结膜炎衣原体	
四、性病淋巴肉芽肿衣原体	
五、鹦鹉热衣原体	
第二节 支原体	282
一、一般性状	282
二、人肺炎支原体	283
侵害人的其他支原体——人型支原体及T株支原体	
第二十五章 病原性立克次氏体	285
第一节 立克次氏体的通性	285
一、生物学性状	285

二、致病性与免疫性	288
三、微生物学检验	289
第二节 常见的病原性立克次氏体	291
一、斑疹伤寒组立克次氏体	291
二、恙虫病立克次氏体	293
三、Q热立克次氏体	
第二十六章 病原性螺旋体	295
第一节 钩端螺旋体	295
一、生物学性状	295
二、致病性与免疫性	295
三、微生物学检验	298
四、特异防治	299
第二节 其他病原性螺旋体	300
一、回归热螺旋体	300
二、梅毒螺旋体	
雅司螺旋体	
奋森氏(疏)螺旋体与纺锤状杆菌	
第二十七章 病原性真菌与放线菌	305
第一节 病原性真菌	305
一、一般性状	305
二、侵害浅部的真菌	308
三、侵害深部的真菌	309
四、真菌毒素中毒症	
第二节 放线菌	312
一、以色列放线菌与牛型放线菌	
二、星形奴卡氏菌	

医用微生物学常用词汇英汉对照(索引)

绪 言

一、微生物与微生物学

微生物 (Microorganisms) 是肉眼看不见的许多微小生物的总称, 需要用显微镜或电子显微镜放大几百倍、甚至上万倍才能看到。它们具有体积微小、结构简单、代谢旺盛、繁殖迅速、容易变异及分布广泛等特点。

微生物种类繁多, 包括细菌、病毒、衣原体、立克次氏体、支原体、螺旋体、真菌及放线菌等八类。除病毒属于“非细胞型”微生物外, 其他都属于原生生物界, 包括“原核细胞型 (Prokaryotic)”与“真核细胞型 (Eukaryotic)”微生物。前者仅有原始的核, 没有核膜与核仁, 也缺乏细胞器, 如细菌、衣原体、立克次氏体、支原体、螺旋体及放线菌; 后者细胞核的分化程度较高, 有核膜、核仁及染色体, 胞浆内有完整的细胞器, 如真菌。

表 各类病原微生物的主要特性

种 类	大小(微米)	形态结构特性	生活特性	所引起疾病
细 菌 (Bacteria)	0.5~1.0	单细胞, 球状、杆状或弧状, 有胞壁, 核分散存在	人工培养能生长繁殖	引起菌痢、肠炎、伤寒、炎症化脓、创伤感染及结核等
病 毒 (Viruses)	0.01~0.3	非细胞型, 球状、砖状、丝状或蝌蚪状结构	活细胞中才能生长繁殖	引起流感、麻疹、脑炎及传染性肝炎等
立克次氏体 (Rickettsia)	0.5	近似细胞结构, 球杆状, 有胞壁与胞膜	活细胞中才能生长繁殖	引起斑疹伤寒、恙虫热及Q热等
衣原体 (Chlamydiae)	0.3~0.5	介于细菌与病毒之间, 球状, 有类似的胞壁	活细胞中才能生长繁殖	引起沙眼、包涵性结膜炎及鹦鹉热等
支 原 体 (Mycoplasma)	0.2~3.0	近似细胞形态, 但没有胞壁, 高度多形性, 球状、丝状或不规则状	人工培养能生长繁殖	引起非典型肺炎等
螺旋体 (Spirochaetes)	5.0~20.0	单细胞, 细长螺旋状, 有胞壁、胞膜及轴丝	少数人工培养能生长繁殖	引起钩端螺旋体病、回归热及梅毒等
真 菌 (Fungi)	5.03~0.0	单细胞或多细胞, 有胞壁及核, 有菌丝与孢子	人工培养容易生长繁殖	引起各种癣病及内脏真菌性疾病
放 线 菌 (Actinomycetes)	0.5~1.0	单细胞, 分枝菌丝状, 无典型的核与核结构	人工培养能生长繁殖	引起面、颈、胸及腹部或内脏的放线菌病

微生物广泛分布于自然界、动植物、人体表面以及与外界沟通的腔道中。它们大多数是对人类有益的, 与人类的生活与生产的关系密切。我国古代早就利用某些微生物酿酒制醋。

随着生产需要与科学的发展,微生物在工农业上的应用更加广泛,例如以菌造肥、催长、防病、治虫等,促进了农业生产;在食品、医药工业,以及纺织、印染和皮革加工等方面都离不开微生物的应用;甚至在冶金、石油化工等方面也利用微生物以进行脱蜡等。只有少数微生物对动植物和人类有害,可引起传染性疾病,这类有致病性的微生物称为病原微生物(Pathogenic microorganisms)。

研究微生物的进化、分类、在一定条件下的形态结构、生命活动及其规律,以及与动植物、人类、自然界相互作用的科学,称为微生物学(Microbiology)。由于生产实践的需要和本门科学的发展,微生物学研究的范围愈来愈广,逐渐形成了各分支学科,如普通微生物学、农业微生物学、工业微生物学、兽医微生物学及医学微生物学(Medical microbiology)等。医学微生物学是一门医学基础课程。它主要是研究各种病原微生物的生物学性状及其与机体免疫系统相互作用的基本规律,为控制和消灭传染性疾病,保障人民健康,提供基本理论知识与技能。

二、医学微生物发展简史及其主要成就

人类通过与疾病的斗争和科学实验的实践,不断推动医学微生物学的发展,而医学微生物学理论技术的突破,又总是促进疾病防治水平的不断提高。

形态学时期 虽然,早在十一世纪就有人意识到传染病与活的生物有关,但一直到十七世纪,随着社会经济和生产技术的发展,在航海事业创造望远镜等光学仪器的基础上,荷兰人吕文胡克(Antony Van Leeuwenhoek)于1676年创造了第一架显微镜,检查了齿垢、污水、人和动物的粪便,发现许多肉眼看不见的微小生物,第一个描述了细菌的主要形态:球形、杆形及螺旋形,开创了微生物学的形态学时期。

生理学阶段 十九世纪初期,由于工业的发展,使当时微生物学家进而研究细菌的生理,研究细菌在工业、农业及传染病的发生与传播中的作用。法国科学家巴斯德(Louis Pasteur)发现了发酵与腐败是微生物作用的结果,为防止酒类的变质,创造了加温处理的办法,这就是现在还沿用的巴氏消毒法。这一发现立刻引起医学界的重视,英国外科医生李斯特(Joseph Lister)首先将防腐的原理应用于外科,创造了无菌外科手术,这是微生物学在医学实践中一个巨大的成就。

十九世纪后半叶,德国科学家郭霍(Robert Koch)发明了固体(马铃薯、明胶等)培养基,创造了细菌分离培养技术,并提出了苯胺染料染色法,给微生物研究技术奠定了基础,这才在比较短的时期内,陆续发现了炭疽、结核、霍乱等多种传染病病原体,成为医学微生物学的兴旺时代。十九世纪末,俄罗斯科学家伊凡诺夫斯基(Д. И. Ивановский)实验证明烟草花叶病的病原体是一种光学显微镜看不见的、能通过除菌滤器的最微小的生物——病毒,从而为微生物学开辟了新的领域,也大大地推动了传染病病毒病原的研究。

免疫学的创立 我国古代人民在防治疾病的实践中,早已认识到机体的防御功能与疾病的发生发展有着密切的关系。《内经》中记载:“正气存内,邪不可干”、“邪之所凑,其气必虚”。而且观察到患过某些传染病后,不再被传染的事实,提出了“以毒攻毒”的预防接种思想,并运用于某些疾病的防治实践。早在东晋(342年)前,民间常用医书《肘后方》中就有这样的记载:“疗犬咬人方:乃杀所咬犬,取脑傅之,后不复发。”意思是被疯狗咬

伤后，为了预防狂犬病，可以把咬人的疯狗脑子取出，外敷伤口。明代万历年间(1573~1619)已有不少接种人痘的详细记载，说明十六世纪种痘术已在我国民间流传使用。以后传到俄国、日本、朝鲜、土耳其及欧洲等国；只是由于长期的封建统治和科学技术的落后，致使这种先进的思想与实践，没有能提高到应有的科学水平。十八世纪末，英国医生琴纳(Edward Jenner)发明了牛痘苗，才更有效地解决了天花的预防接种问题。并在此基础上，巴斯德选用了减毒的病原体，创制了炭疽菌苗和狂犬病疫苗，在预防这些疾病上获得了重大的成就，从而为免疫学的创立，奠定了基础。其后(十九世纪80~90年代)，以欧立希(Paul Ehrlich)为首的体液学派主张机体的免疫力和血清中存在的杀菌物质(抗体)有关。柏灵(Behring)与北里(Kitasato)创制了白喉与破伤风抗毒素制剂，应用于这些疾病的防治中取得了良好的效果。而以梅奇尼柯夫(И.И.Мечников)为首的细胞学派则认为粒细胞及肝脾等内皮细胞的吞噬作用，才是机体抵抗传染的主要因素。在体液学派与细胞学派长期争论的过程中，促进了免疫学(Immunology)的进一步发展。

现代微生物学与免疫学 近300年来是科学技术飞跃发展的时期，特别是到了二十世纪，随着物理学和化学的突飞猛进和各种新技术的运用，微生物学与免疫学得到了迅速的发展。电子显微镜和超薄切片技术的发明，使细菌细胞与病毒形态结构的研究提高到亚显微结构的水平。随着细菌与病毒生理的深入研究，对结构与功能的关系，及其生命活动加深理解。细菌毒素的性质及其作用机制得到进一步的阐明，并已查明霍乱弧菌、炭疽杆菌、鼠疫杆菌及大肠杆菌等也能产生外毒素。抗菌素的发现和临床应用，以及生物制品生产上的不断创新，在传染病防治上发挥了很大的作用。

近些年来，通过核酸和蛋白质结构与功能的研究，在生物生命活动中创立了新的理论和新的技术。随着分子生物学的迅速发展，也促使微生物学和免疫学的研究提高到了分子水平。用核苷酸人工合成类似病毒信使核糖核酸上编排的基因密码，在试管内可以合成病毒蛋白质。由于微生物结构简单，繁殖快，容易培养，因而常用作分子遗传学和遗传工程的研究，以人工方法转移遗传基因，可以按照人们的愿望，创造出微生物新的品种，为生产和保健服务。

近20年来，由于胸腺、淋巴细胞、免疫球蛋白及补体等的研究，都有较大的突破和明显进展，从而明确了机体存在着相当完善的免疫系统。胸腺是中枢免疫器官，在机体自身稳定和免疫监视功能中起主导作用。过去，一直认为淋巴细胞是功能很低的衰老细胞。现已证明，淋巴细胞是免疫中最活跃的细胞，而且是产生特异性免疫的基础。对抗体的本质——免疫球蛋白的形成过程、分子结构、理化性状及免疫活性等问题已基本搞清。补体的成分及其作用机理也逐步明确。补体和吞噬细胞不仅参与机体的防御功能，而且还参与变态反应和自身免疫性疾病的组织损害。

随着免疫学的进展，进一步阐明各种免疫因素都不是孤立的，不仅非特异性免疫与特异性免疫互相联系，而且细胞免疫与体液免疫也密切相关，两者相互促进和相互制约，保证免疫功能充分发挥作用。同时认识到免疫功能既有抗御病原体传染，对机体有利的一面；在一定的条件下，也可因免疫而导致组织损害，引起对机体有害的一面。因而现代免疫学已超出了狭隘的抗传染免疫的范围，而扩大到医学的许多领域，渗透到基础医学、临床医学及预防医学中，并和许多有关学科交织在一起，分别发展成为免疫生物学、免疫化学、免疫病理学、免疫遗传学、免疫药理学、血液免疫学、肿瘤免疫学及临床免疫学等分支学科。

解放前,我国医学微生物学的基础十分薄弱。只是在医药院校中开设了细菌学课程,以及某些大医院进行了一些临床细菌学和血清学检验,几乎完全没有病毒方面的研究。生物制品也是种类少、质量差,抗菌素工业几乎全是空白,连青霉素也要从国外进口。解放后,在党的领导下,微生物学工作及研究得到了迅速的发展。在消灭严重危害人民健康的烈性传染病(如天花、人间鼠疫、真性霍乱)和1952年粉碎敌人细菌战的过程中,微生物学方面作出了重大的贡献,总结了比较丰富的经验。并结合常见传染病的防治,培养了专业队伍,建立了卫生防疫机构和抗菌素工业,发展了生物制品的生产,开展了病毒学和免疫学的研究。继50年代广泛进行流感、流行性乙型脑炎等病毒分离工作和我国在世界上首次培养砂眼衣原体成功以后,近年来又分离出许多引起感冒的病毒和肺炎支原体,钩端螺旋体的研究也达到了相当的水平。基础免疫、肿瘤免疫、移植免疫和免疫性疾病的研究正在迅速开展。抗菌素和生物制品的生产,不仅品种逐渐增多,而且质量也不断提高。但是,由于我国科学技术还比较落后,近10年来又遭受了林彪、“四人帮”的严重干扰破坏,因而我国医学微生物学方面的许多领域,距离国际先进水平和现代化要求还相差很大。我们一定要树雄心、立壮志,扎扎实实地学习,迎头赶上先进水平,为我国医学微生物学的更快发展,为实现医疗卫生事业的现代化做出贡献。

三、学习医学微生物学的目的与任务

根据医学微生物学的系统性与循序渐进的原则,本课程分为细菌学总论、免疫学基础、细菌学各论、病毒及其他病原微生物四篇。学习微生物学的目的和任务主要是:

1. 为学好专业打下基础 医学微生物学是一门基础医学课程,有其专门的理论与技术。它是在学完生物学、解剖学、组织胚胎学、生物化学及生理学的基础上进行,并为学习有关基础医学、临床医学及军事医学打下基础。

2. 为防治与消灭传染病提供基本理论知识与技能 医学微生物学主要研究的对象为传染病的病原与机体防御传染的基本规律。学习的目的是掌握常见、多发的传染性疾病的生物学特性、致病与免疫机理,检验诊断要点及特异防治原则,为防治与消灭传染病提供基本理论知识与技能。

3. 为学好防御生物武器的本领,打下基础 对于微生物,我们社会主义国家用来为人类谋福利,而帝国主义与社会帝国主义国家则用来制造生物武器,杀害人畜及动物,为其侵略服务。相同的物质,不同的用途,反映了两种社会制度的根本区别。为此,我们必须提高警惕,为保卫祖国学好本领。

4. 为丰富与发展医学科学而奋斗 学好医学微生物学,并研究其有关理论与实践问题,对于医学科学的发展有着重要意义。为了保障军民健康,早日实现科学技术现代化,我们就应认真学习,打好基础,采用先进技术,发挥多学科协作的作用,为丰富与发展医学科学,为把我国建设成社会主义现代化强国而奋斗。

(第四军医大学 汪美先)

第一篇 细菌学总论

第一章 细菌的形态与结构

细菌 (Bacteria) 为具有细胞壁的单细胞生物, 属于原核细胞。在适宜的养料与温度等条件下, 有其一定的形态与结构。一般将细菌染色后用光学显微镜观察, 可识别各种细菌的形态特点, 而其内部的超微结构须用电子显微镜检查才能看到。细菌的形态结构特点, 不仅有助于细菌的鉴别, 而且与其生理功能、致病性及免疫性密切相关。

第一节 细菌的形态

细菌的基本形态有: 球形 (球菌)、杆状 (杆菌)、螺形 (弧菌及螺菌) 三类, 通常以微米 (Micrometer, $\mu\text{m} = 1/1000\text{mm}$) 作为测量它们大小的单位。

一、球 菌

球菌 (Coccus) 呈圆球形, 有的为矛头状或肾状。单个球菌的直径约在 $1.0\mu\text{m}$ 左右。由于繁殖时菌细胞分裂的平面不同, 分裂后菌体间每有表面相连或接近, 从而形成特殊的排列。球菌在一个平面上分裂者, 分裂后可有: ①成双排列, 常称为双球菌 (Diplococcus), 如肺炎双球菌、脑膜炎双球菌; ②链状排列, 每四个以上细菌相连, 如链球菌 (Streptococcus)。若在几个不规则的平面上分裂, 则菌体多堆积在一起, 而呈葡萄状排列, 如葡萄球菌 (Staphylococcus)。也的球有菌可在两个或三个相互垂直的平面上分裂, 以致四个排成方形或八个重叠呈立方体状, 如四联球菌 (Micrococcus tetragenus) 或八迭球菌 (Sarcina)。

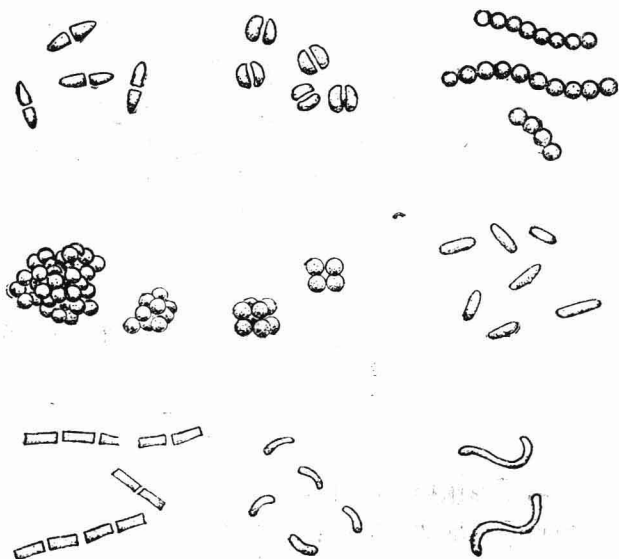


图 1-1 细菌的形态与排列

二、杆 菌

各种杆菌 (Bacillus) 的形态、大小差异较大, 一般为直杆状, 有的细长或稍有弯曲, 有的粗短近卵圆形 (称球杆菌)。大的杆菌如炭疽杆菌 ($3.0\sim 10\mu\text{m}\times 1.0\sim 1.3\mu\text{m}$), 小的如野兔热杆菌 ($0.3\sim 0.7\mu\text{m}\times$ 约 $0.2\mu\text{m}$)。多数杆菌两端钝圆, 也有少数平截呈方形 (如炭疽杆菌) 或末端膨大呈棒状 (如白喉杆菌)。一般分散存在, 无一定排列形式, 偶有成对或链状者, 个别呈特殊的排列如栅栏状或 V、Y、L 字样。

三、弧菌与螺菌

菌体只有一个弯曲呈弧形者为弧菌 (Vibrio), 如霍乱弧菌。螺菌 (Spirilla) 菌体有几个弯曲, 如鼠咬热螺菌。

第二节 细菌的结构

细菌的表面结构为细胞壁及其外部的荚膜或粘稠物质、鞭毛或菌毛, 其内部结构有包裹细胞浆的胞浆膜及其延伸到胞浆内的中间体, 以及位于胞浆内的核质、大量的核糖体、内含颗粒等。一般把各种细菌所共有的结构称为“基本结构”, 而某些细菌在一定条件下所特有者, 称为“特殊结构”。

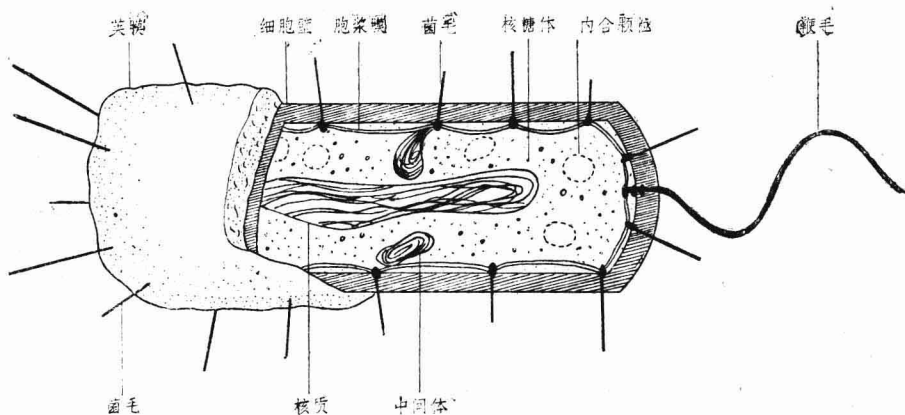


图 1—2 细菌 的 结 构

一、基本结构

(一) 细胞壁 (Cell wall)

细胞壁为细菌表面比较复杂的结构。具有一定的坚韧性和弹性, 厚度约 $10\sim 25\text{nm}$ (毫微米 Nanometer, $\text{nm}=1/1000\mu\text{m}$), 能使直径小于 1nm 的可溶性分子自由通过。细胞壁在保持菌细胞的固有形状上起着重要作用, 并支持内面的胞浆膜, 承受细胞内部约 $5\sim 20$ 个大气

压的渗透压而不致破裂。如果以溶菌酶处理，或在某些环境下培养（如有青霉素存在或缺乏合成细胞壁所需的营养物质）时，可使细菌完全或部分地失去细胞壁而呈圆球状，称为原生质体（Protoplasts）或球状体（Spheroplasts），它们对渗透压敏感，但若置于渗透压与菌细胞浆相同的介质中，仍可保持细胞完整，并能继续生长繁殖。

细胞壁结构包含各类细菌所共有的粘肽层，以及一些特殊的多聚物。一般革兰氏阳性菌的细胞壁较革兰氏阴性菌的厚。前者由大量的粘肽组成，约占其干重的60%以上；后者粘肽含量少，一般小于胞壁干重的10%，在粘肽层外还有蛋白质、脂类和多糖组成的其它层次。

1. 粘肽层(Mucopeptide或Peptidoglycan layer) 粘肽是由多糖支架、四肽侧链及交联桥三部分组成。各种细菌的粘肽支架相同，由乙酰氨基葡萄糖（N-acetylglucosamine）和乙酰胞壁酸（N-acetylmuramic acid）交替连接所形成；四肽侧链和交联桥的组成则随细菌不同而有差异。金黄色葡萄球菌的胞壁粘肽即在支架的每个乙酰胞壁酸分子上附着由丙氨酸、谷氨酸及赖氨酸（许多其它细菌由结构类似的二氨基庚二酸（Diaminopimelic acid）形成的肽链，再由五个甘氨酸分子组成的交联桥连接相邻的多肽侧链，成为相当坚韧的立体网状结构。大肠杆菌粘肽层与金黄色葡萄球菌不同，其为两个相邻肽链之间丙氨酸与二氨基庚二酸的直接连接，形成单层平面较为疏松的网格。

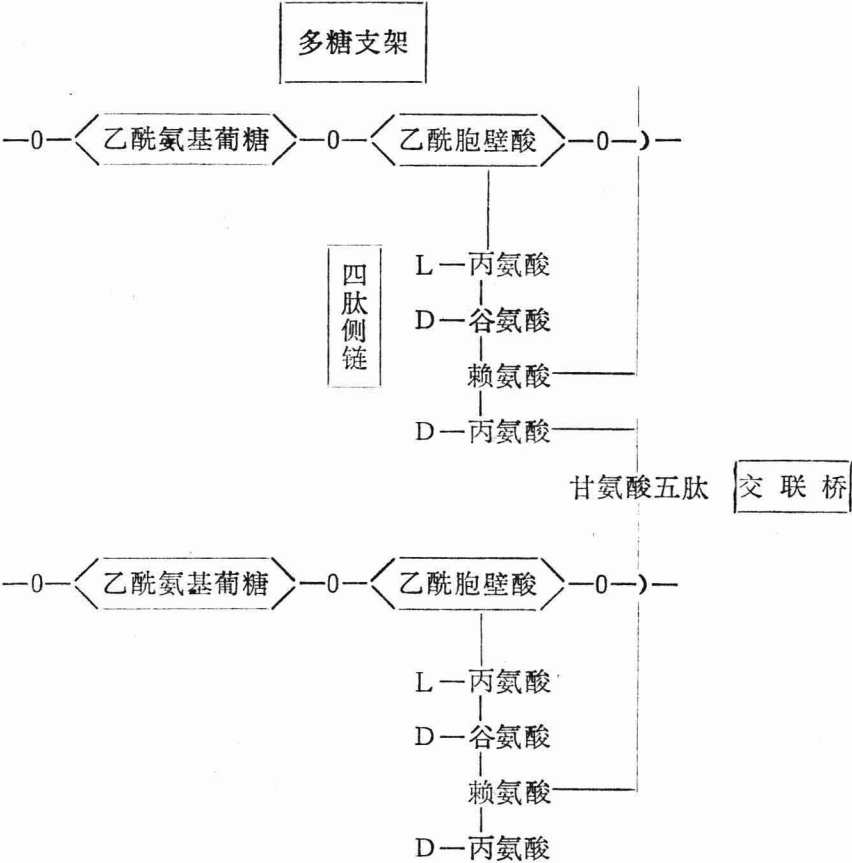


图 1 - 3 细胞壁粘肽分子结构图

溶菌酶能切断乙酰氨基葡萄糖与乙酰胞壁酸之间的葡萄糖苷键，引起细菌裂解。粘肽也是

许多抗菌素作用的对象，如青霉素能干扰胞壁粘肽的合成，造成细菌死亡（见第三章第二节）。

2. 胞壁的特殊成份 革兰氏阳性菌和革兰氏阴性菌各有其不同的特殊成份。

（1）革兰氏阳性菌 许多革兰氏阳性菌胞壁含磷壁酸(Teichoic acid)及多糖。金黄色葡萄球菌的磷壁酸为磷酸核糖醇(Ribitolphosphate)和乙酰氨基葡萄糖或磷酸甘油和葡萄糖、半乳糖的多聚物，约占细胞壁干重的20%。磷壁酸由共价键与胞壁粘肽相连（壁磷壁酸），构成革兰氏阳性菌的主要表面抗原，有的由共价键与胞浆膜外表的糖脂相连者称膜磷壁酸或脂磷壁酸，其磷酸多元醇（Polyolphosphate）链也可伸入粘肽网格达胞壁表面。

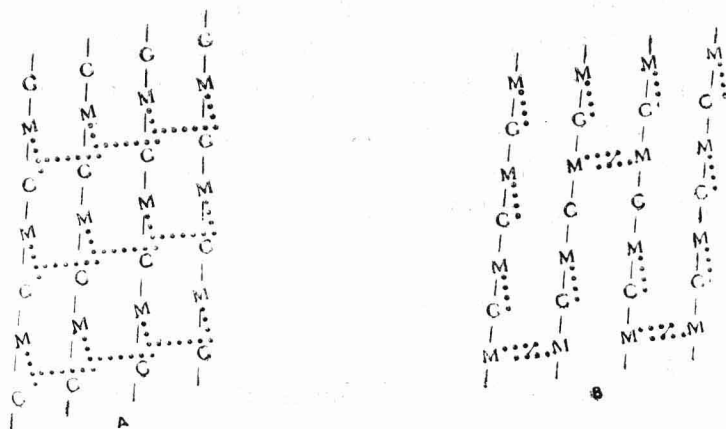


图 1—4 胞壁粘肽结构（示意图）

左：为金黄色葡萄球菌；右：为大肠杆菌。M代表乙酰胞壁酸，G代表乙酰氨基葡萄糖。与M连接的垂直（左）和平行（右）黑点为四肽侧链，交联相邻肽链的平行黑点为五肽桥。

（2）革兰氏阴性菌 胞壁粘肽层外存在脂蛋白、外膜及脂多糖，约占细胞壁干重的80%，外膜为双层磷脂，由脂蛋白将其与粘肽层连接，能阻止大分子通透，从而作为菌细胞表面的“屏障”，即保护胞壁粘肽不受溶菌酶及青霉素的作用，又封闭细菌水解酶类的分泌，使其在粘肽层与外膜之间积聚。附着于外膜的脂多糖即细菌的内毒素，为特异性多糖（菌体抗原）、核心多糖及类脂A所组成。革兰氏阴性菌具有相同的核心多糖及类脂A，后者为内毒素的主要毒性部分。

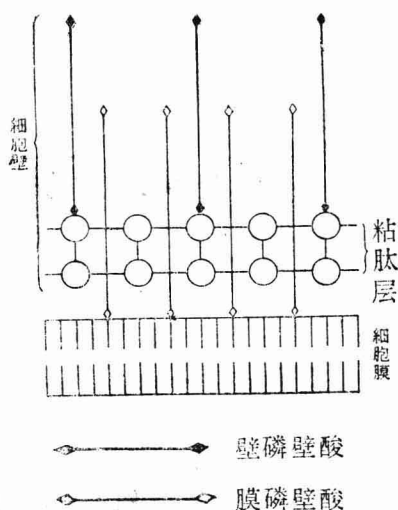


图 1—5 革兰氏阳性菌的磷壁酸(示意图)

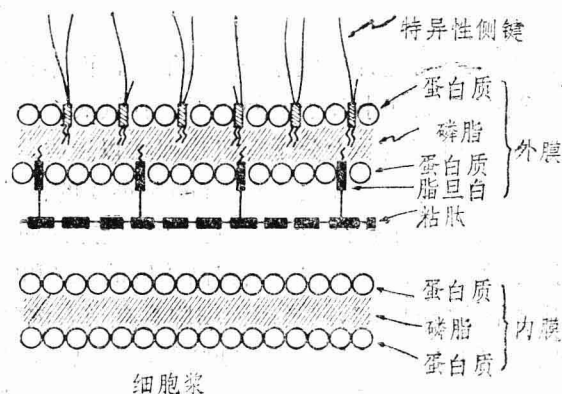


图 1—6 革兰氏阴性菌的细胞壁结构 (示意图)

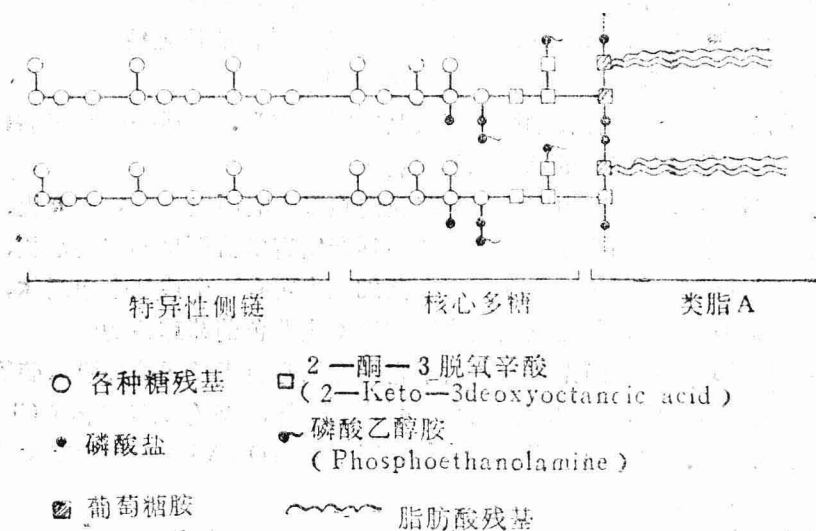


图 1—7 革兰氏阴性菌胞壁脂多糖结构 (示意图)

(二) 胞浆膜 (Cytoplasmic membrane)

1. 结构 胞浆膜为包裹在细菌胞浆外的弹性薄膜, 厚约 5~10nm, 由磷脂(也有一部分糖脂)及蛋白质构成。双分子的磷脂层夹在两层蛋白质之间。磷脂分子的亲水极性基团朝向蛋白质, 蛋白质分子也可伸入甚至穿过磷脂层。不含胆固醇是与真核细胞的区别点。蛋白质可以是具有特殊作用的酶类。电镜观察可见胞浆膜呈现两条致密带(相当于蛋白质和极性层)被当中一条脂类的透明区分隔开。

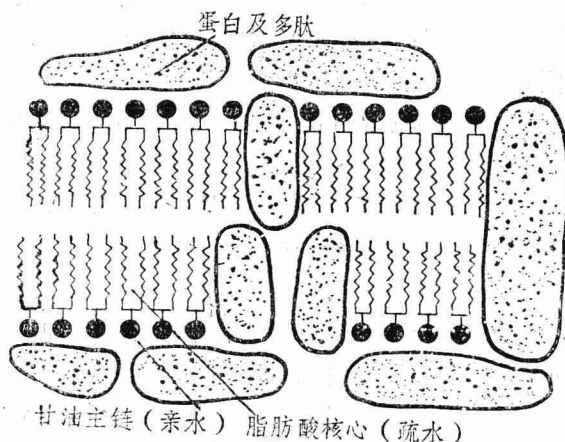


图 1—8 胞浆膜的结构 (示意图)

2. 功能

(1) 通透性屏障 胞浆膜可允许某些分子进入细胞,而不让另一些通过,控制着外界和胞浆之间的渗透和离子平衡。某些小分子(如尿素、甘氨酸、甘油等)和可以溶于类脂的物质容易进入菌细胞,而一些电解质及大分子有机物则难以渗透。

(2) 主动转运 胞浆膜上有称为透性酶(Permeases)的特异性蛋白质,在有能量供给的情况下,能将营养物及无机离子带向与其自由扩散相反方向而进入细胞内,并保证内部的游离浓度比细胞外高。例如一般细胞外体液具有高浓度的 Na^+ 和 Cl^- ,只有微量的 K^+ ,而细胞内部却含有大量的 K^+ 和较少的 Na^+ ,就是因为细胞具有逆着浓度梯度不断地积聚 K^+ 的能力。大肠杆菌生长期细胞内外 K^+ 浓度相差可达3000倍。现已发现胞浆膜含有多种特异性载体蛋白质,能与基质结合而在磷脂层间移动扩散。由于向内移动时,载体蛋白与基质的亲和力降低,基质在细胞内卸下,从而完成其主动转运功能。由此可见,细菌的特殊营养要求,除了决定于细胞内的酶系统外,还与这种胞浆膜高度专一的转运机制分不开。例如大肠杆菌细胞内虽有半乳糖苷酶(β -galactosidase)存在,但若无透性酶使乳糖能逆着浓度梯度,越过通透性屏障达细胞内,则乳糖仍不能被大肠杆菌所利用。

(3) 能量代谢 胞浆膜存在细胞色素及其它呼吸酶类,包括一些脱氢酶,具有电子转运和氧化磷酸化的功能,与能量的储存和利用有关。

3. 中间体(Mesosomes) 中间体为胞浆膜向胞浆内陷而成。开始为囊状,电镜下可见典型的三层结构,有个长颈和胞浆膜相连,以后逐渐发育皱折而呈不同的形状,成为胞浆内来源于胞浆膜的膜性结构(图1—9)。一个菌细胞内可有一个或几个中间体,其位置常在菌体一侧或靠近细胞壁横隔,每与核质或横隔相连(金黄色葡萄球菌的中间体内含有膜磷壁酸)。关于中间体的功能目前尚无定论。由于它含有细胞色素及琥珀酸脱氢酶等,可能在细胞生命活动上提供能量需要,类似真核细胞线粒体的功能,故有拟线粒体(Chondroid)之称。也可能由中间体分泌胞外酶(青霉素酶)。至于其与DNA复制、细胞壁生物合成及细胞分裂的关系尚待继续研究。

(三) 胞浆(Cytoplasm)

胞浆呈溶胶状态,其化学组成因菌种、菌龄及生长条件而异。一般含水份、蛋白质、核酸及脂类,也含少量的糖和盐类。生长旺盛的幼龄菌核糖核酸含量很高,有较强的嗜硷性,易被硷性染料均匀着色;老年菌含核糖核酸少,其染色性也减弱。用电镜或光学显微镜能发现不同的胞浆颗粒。

1. 核糖体(Ribosome) 电镜观察可见胞浆内有大量细微的核糖体颗粒,每个细胞可达几万个,直径约10~20nm,占细菌干重的30%,整个细胞的RNA有80%在核糖体内。它们并非互不关联的圆形微粒,而是由细的RNA纤丝(mRNA)把许多核糖体颗粒连接起来成多聚核糖体,为合成蛋白质的场所。

2. 内含颗粒(Inclusion granules) 许多细菌胞浆内常有各种内含颗粒,可为多磷酸、类脂、多糖等组成,因各种细菌而有不同。内含颗粒并非细菌恒定和必需的结构,一般当细菌营养供给丰富时大量存在,作为代谢物及能量储备,而在能源缺乏时则数目减少或完全消失。有些菌细胞浆内含间磷酸盐聚合物的颗粒,折光性很强,在光学显微镜下能看到,用陈旧美兰液染色可呈紫色,而细菌胞浆为兰色,故称为异染颗粒(Metachromatic granules),也叫纒回体(Volutin)。异染颗粒对白喉杆菌的鉴别有一定帮助。