

中医学院骨伤专业用教材

医学微生物学

主 编 吕乃群 章育正 张德山
编 审 李端芬 王桂山 伍学洲
陈琴棋 姜 欣 姚颂一
刘树喜

(其他编写人员见各章节署名)

不外借

骨伤专业用《医学微生物学》编写组

目 录

1. 绪言	1.8
1.1 微生物与医学微生物学	1.8
1.2 微生物学与免疫学发展简史	2
1.3 医学微生物学与免疫学在骨伤专业中的地位	5
2. 细菌学概述	7.8
2.1 细菌的形态与结构	7
2.1.1 细菌的大小与形态	7
2.1.2 细菌细胞的结构	8
2.1.3 细菌的特殊结构	10
2.1.4 细菌的形态学检查法	12
2.2 细菌的生理	13
2.2.1 细菌的营养	13
2.2.2 细菌的生长繁殖	14
2.2.3 细菌的新陈代谢	16
2.2.4 细菌的人工培养	18
2.3 环境与微生物	20
2.3.1 微生物在自然环境中的分布	20
2.3.2 人体正常微生物群与健康	23
2.3.3 环境中微生物与食品污染和食物中毒	24
2.4 消毒与灭菌	24
2.4.1 物理因素对细菌的影响	25
2.4.2 化学因素对细菌的影响	26
2.5 噬菌体	28
2.6 抗菌物质	29
2.6.1 抗生素	29
2.6.2 中药的抗菌作用	29
2.7 微生物的遗传与变异	30
2.7.1 微生物的遗传物质基础	30
2.7.2 常见的细菌变异现象	31
2.7.3 突变	32
2.7.4 基因的转移与重组	32
2.7.5 细菌的耐药性及其遗传	33
2.7.6 细菌遗传和变异在医学上的应用	34

2.8 病原菌、条件致病菌	
自然感染与医源性感染	35
2.8.1 病原菌	35
2.8.2 条件致病菌	40
2.8.3 自然感染与医源性感染	42
3. 免疫学基础	46
3.1 免疫概述	46
3.1.1 免疫的功能与概念	46
3.1.2 机体天然防御功能	47
3.2 抗原	52
3.2.1 抗原的概念	52
3.2.2 抗原的必备条件	52
3.2.3 抗原的种类	54
3.2.4 医学上重要的抗原	55
3.3 免疫系统	57
3.3.1 免疫器官	57
3.3.2 免疫细胞	58
3.3.3 免疫体液性因子	63
3.3.4 免疫球蛋白	64
3.4 免疫应答	69
3.4.1 体液免疫应答	69
3.4.2 T 细胞介导的免疫应答	70
3.5 炎症、创伤感染和抗感染免疫	71
3.5.1 常见的炎症创伤感染菌	71
3.5.2 机体的抗感染免疫	71
3.6 变态反应	73
3.6.1 I 型变态反应	73
3.6.2 II 型变态反应	77
3.6.3 III 型变态反应	79
3.6.4 IV 型变态反应	82
3.7 免疫学的应用	85
3.7.1 免疫学在防治疾病中的应用	85
3.7.2 创伤感染的自动免疫和被动免疫	88
3.7.3 免疫学在疾病诊断中的应用	90
3.8 中医药对机体免疫功能的影响	96
3.8.1 中药与免疫	96
3.8.2 针灸与免疫	110
4. 原核型微生物(一)	103

4.1 化脓性球菌	103
4.1.1 葡萄球菌	103
4.1.2 链球菌	105
4.1.3 淋球菌	107
4.1.4 脑膜炎球菌	108
4.2 厌氧性细菌	110
4.2.1 概述	110
4.2.2 厌氧芽胞杆菌	112
4.2.3 无芽胞厌氧菌	115
4.3 肠道杆菌	118
4.3.1 概述	118
4.3.2 大肠杆菌	119
4.3.3 沙门氏菌属	120
4.3.4 志贺氏菌属	123
4.3.5 变形杆菌属	124
4.4 霍乱弧菌	124
4.5 分枝杆菌属	127
4.5.1 结核杆菌	127
4.5.2 非典型分枝杆菌	130
4.5.3 麻风杆菌	131
4.6 其它病原性细菌	131
4.6.1 绿脓杆菌	131
4.6.2 创伤感染性弧菌	133
4.6.3 流行性感胃杆菌	134
4.6.4 白喉杆菌	135
4.6.5 炭疽杆菌	136
4.6.6 布氏杆菌	136
4.6.7 鼠疫杆菌	137
4.6.8 嗜肺军团菌	137
4.6.9 弯曲菌属	138
5 原核型微生物 (二)	139
5.1 衣原体	139
5.1.1 概述	139
5.1.2 引起人类感染的衣原体	140
5.2 支原体	142
5.3 立克次体	144
5.4 螺旋体	146
5.4.1 钩端螺旋体	147

5.4.2 梅毒螺旋体	149
5.4.3 回归热螺旋体	149
5.5 放线菌	150
5.5.1 衣氏放线菌	150
5.5.2 诺卡氏菌	151
6. 病毒	152
6.1 病毒的基本性状	152
6.1.1 病毒的形态与大小	152
6.1.2 病毒的结构与化学组成	152
6.1.3 病毒蛋白质的特性	154
6.1.4 病毒的血凝现象	154
6.1.5 病毒的干扰现象	154
6.1.6 病毒的抵抗力	155
6.2 病毒的增殖	155
6.3 病毒的人工培养	157
6.4 病毒的遗传变异	158
6.5 病毒的致病性	159
6.6 机体对病毒的免疫性	162
6.7 肠道病毒	164
6.7.1 脊髓灰质炎病毒	165
6.7.2 柯萨基病毒	166
6.7.3 埃可病毒	166
6.7.4 轮状病毒	166
6.8 呼吸道感染病毒	167
6.8.1 流行性感冒病毒	167
6.8.2 麻疹病毒	169
6.9 虫媒病毒	171
6.9.1 流行性乙型脑炎病毒	171
6.9.2 森林脑炎病毒	172
6.9.3 登革热病毒	173
6.10 流行性出血热病毒	173
6.11 狂犬病病毒	175
6.12 疱疹病毒	176
6.12.1 单纯疱疹病毒	176
6.12.2 水痘一带状疱疹病毒	177
6.12.3 其它疱疹病毒	177
6.13 肝炎病毒	177
6.13.1 甲型肝炎病毒	177

6.13.2 乙型肝炎病毒	178
6.13.3 非甲非乙型肝炎病毒	181
6.13.4 丁型肝炎病毒	181
6.14 人类免疫缺陷病毒	182
6.15 其它病毒	184
6.15.1 风疹病毒	184
6.15.2 流行性腮腺炎病毒	184
6.15.3 呼吸道合胞病毒	184
6.15.4 亚病毒	184
7. 真菌	186
7.1 真菌概述	186
7.1.1 真菌在生物界中的位置和分类	186
7.1.2 真菌的生物学性状	187
7.1.3 真菌的致病性与免疫性	188
7.1.4 微生物学检查方法	190
7.1.5 真菌性疾病的防治原则	191
7.2 主要病原性真菌	162
7.2.1 深部感染真菌	192
7.2.2 皮下组织感染真菌	195
7.2.3 浅部感染真菌	195
8. 医学微生物学实验	198
8.1 细菌的生物学特性实验	198
实验1. 细菌形态及结构的观察	198
实验2. 细菌的人工培养	200
实验3. 环境与细菌	202
实验4. 消毒灭菌	203
实验5. 中草药、抗生素、消毒剂的抑菌作用	204
8.2 免疫学实验	205
实验6. 吞噬试验	205
实验7. 溶菌酶的溶菌作用	205
实验8. 补体溶血反应	206
实验9. 淋巴细胞转化试验	206
实验10. E——花环试验	206
实验11. 凝集试验	207
实验12. 沉淀反应	207
实验13. 豚鼠过敏试验	207
8.3 各种微生物实验	208
实验14. 细菌形态及菌落观察	208

1. 绪 言

1.1 微生物与医学微生物学

1.1.1 微生物的概念

微生物 (microorganism) 是存在于自然环境中一群个体极其微小、结构简单、肉眼不能直接看到的低等生物的总称。

在显微镜没有发明之前,人们只了解世界上有动物或植物的存在,直到19世纪显微镜被发明之后,人类才借此揭示了微生物世界。微生物虽然个体微小,但它具有一定的形态、结构和生理功能,并能在适宜的环境中迅速生长繁殖。微生物种类繁多,至少在10万种以上,根据其结构和化学组成,可分为三大类型。

(1) 真核细胞型微生物:细胞结构完整,核分化程度较高,有核膜、核仁和染色体。胞浆内有完整的细胞器,如真菌。

(2) 原核细胞型微生物:细胞核的分化程度较低,仅有原始的核质,没有核膜、核仁,胞浆内缺乏完整的细胞器,如细菌、衣原体、支原体、立克次体、螺旋体和放线菌等。

(3) 非细胞型微生物:不具细胞结构,其生命单位是由核酸和蛋白质颗粒所组成,不属于核酸生物,核心部分只含有RNA或DNA,能通过滤菌器,不具备产生能量的酶系统,必须在活的细胞内才能生长繁殖,如病毒。

1.1.2 微生物在人类生活中的重要地位

大自然是微生物栖息的场所,并在物质循环中起着重要作用,绝大多数的微生物对人类是有益的,如土壤中的微生物能将动物蛋白转化为无机含氮化合物,以供植物生长的需要;固氮菌可固定空气中的氮,为植物提供氮的来源。植物的营养物质如碳、硫、磷等元素也依靠微生物获得,如果没有微生物的存在,植物就不能进行新陈代谢,人类和其它生物也难以生存。在工业上微生物可用于食品发酵、石油脱腊、化工及制革等方面。在农业上除利用细菌制造菌肥外,已开始引用某些微生物使之寄生于昆虫幼虫体内达到消灭害虫的目的。

在医药卫生方面:抗生素几乎都是微生物的代谢产物。维生素、辅酶、ATP、疫苗等也是利用微生物制造的。微生物生命活动可以净化人类生活环境。正常情况下寄生在人类和动物口、鼻、咽部和消化道中的微生物大部分是无害的,有些尚具有拮抗某些病原微生物的作用。定居在肠道中的大肠杆菌等还能通过它们的新陈代谢提供人类必需

的硫胺素、核黄素、烟酸、维生素B₁₂、微生素K和多种氨基酸等营养物质。

1.1.3 微生物学与医学微生物学

微生物学是生物学的一个分支,是研究微生物在一定条件下的形态、结构和生命活动规律以及与大自然中其它生物间相互关系的一门科学。而医学微生物学又是微生物学的一个分支,主要研究与医学有关的病原微生物的生物学特性、感染与免疫机理、微生物学和免疫学的诊断方法以及特异性预防和治疗原则。

学习医学微生物学的目的,在于掌握和运用这门学科的基本理论、基本知识和基本技术,从而寻找和创造同疾病作斗争的手段和措施,以保障人类的健康,并应运用医学微生物学知识整理、提高和发扬祖国医药学遗产。

1.2 微生物学与免疫学发展简史

1.2.1 我国古代对微生物的认识

远在上古时代我国劳动人民虽不了解微生物的存在,但长期与自然斗争中在工农业生产与疾病防治上,早已应用微生物的知识于实践之中。

早在魏末时期《齐民要术》一书中,记载了许多有关微生物的宝贵资料,如各种不同的酒曲、酱、醋、豉、酪、饴等作法,对植物病害也作了详细观察,指出:种麻不能连作,连作有得立枯病的危险,特别强调豆科植物在轮作中提高土壤肥力作用,这是最早应用根瘤菌作用于农田的记载。李时珍的《本草纲目》也对某些病害作了较详细的记载。中药茯苓、灵芝、冬虫夏草等应用,也说明微生物很早就在医药上被我国劳动人们所利用。

1.2.2 微生物形态学时期

1676年荷兰人吕文虎克(Antony Van Leewenhoek, 1632~1723)创制出第一架可放大200倍左右的显微镜。用它观察污水、井水、粪便、牙垢时发现有许多球形、杆状、螺旋状的微小生物,从此人们了解到自然界中还有用肉眼看不见的另一个生物世界。这种观察虽尚未能确定与人类疾病关系,但已为微生物的存在提供了确凿证据,并为人工培养微生物奠定了基础。

1.2.3 微生物生理学时期

十九世纪的欧洲发酵工业发达,法国化学家巴斯德(Louis Pasteur, 1822~1895)为解决酿酒过程中的污染问题,经过深入细致研究发现,有机物的发酵与腐败是由微生

物所引起的,只要严密消毒就可以避免微生物的污染,他的发现,给唯心的生物自生论以强烈的冲击。巴斯德并发现,危害人畜的一些传染病也是由于微生物所引起。巴斯德是现代微生物学的创造人,他使人们认识了微生物与人类的密切关系,使微生物构成了一门独立的学科。

英国外科医生李斯特(Joseph Lister, 1827~1912)根据巴斯德的防腐理论创建了无菌外科手术,使外科手术的感染率和死亡率显著下降。

德国医生郭霍(Robert Koch, 1843~1910)是微生物研究方法的奠基人,他创用了固体培养基,借以获得细菌的纯培养,他还建立了一套完整的细菌染色方法和动物实验感染技术,应用这些方法相继发现了结核杆菌和霍乱弧菌,并推动当时的微生物学工作者在短短十几年中发现许多病原微生物,从而确立了医学微生物学。

1.2.4 病毒的发现

1892年俄国学者伊凡诺夫斯基(Ивановский)用烟草花叶病的烟叶,经研磨过滤后仍可使健康烟叶感染发生烟草花叶病。这种能通过细菌滤器,在普通显微镜下不能看见,在人工培养基上不能生长,没有细胞结构的微小生物就是病毒。组织培养、电子显微镜、超速离心以及免疫荧光等新技术的应用,许多对人类致病的病毒已被发现和分离出来。由于病毒理论进一步的发展和实验技术进步,目前已形成较为完整的病毒学。

1.2.5 化学疗剂与抗生素的发现

1909年首先由艾立希(Enrlich)合成了砷化合物洒尔佛散(606 Salvarsan)用于治疗梅毒,开创了化学疗剂。1935年杜马克(Domagk)首次报告了原始磺胺——百浪多息治疗链球菌感染,从此多种高效、长效、副作用较小的磺胺制剂以及异烟肼、甲硝哒唑、呋喃类、萘啶酸等化学疗剂相继问世。

1929年弗来明(Fleming)发现青霉素后人类开始有了抗生素,由于当时他所研制的青霉素杂质很多,未能在临床上应用。1940年弗洛里(Florey)钱恩(Chain)等人继弗来明未完成的工作而发明了可用于人体注射的青霉素G,从此抗生素才真正用于人类疾病的治疗,但由于技术水平不高和产量过低仍未能满足患者需求,直至1945年开始对抗生素生产技术进行了一系列改进之后,才进入大规模生产,与此同时世界各地进行了抗生素的大量筛选工作,相继发现了多种抗生素,迄今抗生素总数已在6,000种左右。

1.2.6 免疫学的兴起和发展

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(Jenner)创制了牛痘苗,从此免疫学在人类健康事业上开创了一个新纪元。

19世纪后期,巴斯德用减毒微生物制成了炭疽疫苗、狂犬病疫苗,从而对免疫学奠定了基础,促进了人们对抗感染免疫本质的认识,并伴随着细胞学和其它一些基础医学的发展,也大大推动了对机体防御功能的研究。当时对机体免疫性的认识有两种不同观点,一种是以俄国学者梅契尼可夫为代表,他首先发现机体内白细胞具有吞噬和消化入侵细菌的能力,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,并认为这是机体抗传染的主要因素,因而创立了细胞免疫学说。另一种是以欧立希为首的体液免疫学派,他们利用生物化学方法研究免疫现象,认为机体受病原微生物或其它毒素刺激后能产生抗体,它存在于血清和其它体液中,被认为是机体抗传染病的主要因素。两种学派长期争论,主要是他们都从不同角度强调了免疫的部分现象。

随着研究的不断深入,人们逐渐了解到体液免疫和细胞免疫都是机体免疫系统中重要组成部分,两者相辅相成,相互制约。1958年澳大利亚免疫学家伯内特(Burnet.F. M., 1899~)以生物学及遗传学的发展为基础,根据前人工作和他自己的研究提出著名的“细胞系选择学说”这一学说的基本观点是把机体免疫现象建立在生物学基础上,使免疫学进入了生物医学新领域,其范畴涉及细胞生物学、分子生物学、分子遗传学等。

1.2.7 现代医学微生物学及免疫学发展特点

近几十年来,随着生物学、细胞生物学、物理学、化学、遗传学等学科突飞猛进的发展以及各种新技术的开发,医学微生物学的发展进入了一个新的历史时期。电子显微镜、扫描电镜和超薄切片技术的进展,使细菌细胞和病毒形态结构的研究提高到亚微结构水平。这不仅促进了对细菌和病毒结构与功能关系的研究,也推动了核酸和蛋白质结构与功能的研究。目前微生物学正向着高分子生物化学和分子遗传学研究方向不断深入发展。

遗传工程在微生物学领域的应用为工农业和医药生产带来了新的希望。同位素、气谱、质谱、电子仪器、自动化仪器和电子计算机等新技术的引进,为细菌、病毒分离鉴定发挥了重大作用。近年发现的军团病杆菌、T细胞白血病病毒、人类免疫缺陷病毒(HIV)以及非洲出现的病死率极高的拉沙热、绿猴病、弥堡病和埃波拉病等,都是运用当代发展起来的新技术取得的成果。

获得性免疫缺陷病(艾滋病 AIDS)是1981年首次被认识的一种新疾病,1981年人类免疫缺陷病毒(HIV)被发现,1983年有人提出HIV为AIDS的病原。最近研究发现,引起艾滋病的病毒可能有多种。因此,将最先分离到的HIV称为HIV—1,而将1986年从西非的艾滋病患者中分离的另一种HIV称为HIV—2。HIV—1与HIV—2核苷酸序列相差超过30%,是否尚有其它种类HIV以及上述两种HIV就是艾滋病的唯一的病原,人们正继续研究中。

通过对艾滋病病毒的发现和在全世界蔓延,为广大科技界提出了一个新的课题,人类和病原微生物的斗争是长期的,随着微生物新的物种发现,有可能为人类疾病增添了新的内容。因此,不论对早已发现的微生物继续深入研究或对尚没了解的微生物进行探索,都有着大量的工作在期待着我们。

免疫学是一门既古老又年轻的学科，它最早是研究抗细菌免疫，从属于微生物学，由于近年免疫学的发展，远远超出了抗细菌免疫的范畴，因此，它已形成了一门独立学科——免疫学。二十多年来在免疫学理论、实验技术和应用方面研究都取得大量成果，已了解到人体内有一个强大完整的免疫系统。淋巴细胞是构成特异性细胞免疫和体液免疫的主要细胞，各亚群又有着相互间协同、制约等复杂的免疫调节功能。巨噬细胞的多种免疫功能和免疫球蛋白抗体分子结构、理化性质以及生物学特征都已基本阐明。

目前基础免疫学及临床免疫学均以极快速度向前发展，对免疫系统的分子遗传学研究、免疫活性细胞的单个细胞系（克隆）培养、杂交瘤和单克隆抗体的制备、主要组织相容复合物（MHC）的生物学和免疫学功能、免疫应答的调节机能以及免疫效应机制和介质等方面的研究都有许多成就。自身免疫性疾病已发现近200种，WHO已将变态反应性疾病的防治列入战略发展目标。免疫缺陷病已发现50多种，获得性免疫缺陷病（AIDS）更是世界各国列为最先考虑的研究课题。免疫调节剂的开发和使用、人工提高机体免疫功能、器官移植、病毒与免疫、肿瘤免疫、免疫与衰老、免疫药理学等方面的研究工作正在兴起，特别是我国对中医药与免疫关系的研究工作已经或正在做出贡献。

1.3 医学微生物学与免疫学在骨伤专业中的地位

人类在长期的进化过程中建立起一系列天然防御功能，正常人体之所以能防御外来致病因子的侵袭主要与机体这种完整的天然防御功能有关。

外伤可使屏障遭受机械的破坏，从而引起致病因子的侵袭，微生物的侵入是导致外伤恶化妨碍恢复的主要原因。微生物虽可经外伤侵入机体，但仍可遭到吞噬细胞、补体、免疫球蛋白等多种细胞或体液性免疫因素所消灭，因此，大部分微生物侵入机体后即可迅速死亡，但也可能由于损伤局部瘀血、坏死以及异物刺激使局部免疫功能下降，从而使残余细菌乘机生长繁殖定居于创伤部位，构成感染。另外，微生物经创伤部位刺激机体免疫系统，导致机体敏感性增高，也可能引起变态反应。

根据入侵细菌数量的变化和细菌毒力的强弱以及局部环境的改变（PH和氧化还原电位）而决定感染是否进一步发展。

骨伤科患者可因健康组织损伤微生物直接侵入引起感染，同时手术、换药、导管以及医护人员与患者接触都有可能引起医源性感染。整复过程也可由患者皮肤、呼吸道、泌尿生殖道的常在菌引起感染。

皮肤正常菌群大部分为革兰阳性菌，其中较为多见的是棒状杆菌属、微球菌属、表皮葡萄球菌以及金黄色葡萄球菌。骨伤患者感染50%是金黄色葡萄球菌，2~5%为A族链球菌，其中92%为整复时引起的感染，多数骨伤科患者由2~8种细菌引起混合感染，其中可有1~2种兼性厌氧菌，或厌氧菌。

软组织损伤经外科缝合后可引起缝合脓肿，多发生在手术后5天以内，大部分为致病性葡萄球菌。

感染是骨伤患者死亡、病情恶化、延迟恢复的重要原因，因此，骨伤专业医务人员必须加强无菌观念，重视微生物在骨伤患者引起感染的防治工作，增强患者局部及全身免疫功能，只有这样才能使创伤早日恢复。

(辽宁中医学院 姜欣)

2 细菌学概述

2.1 细菌的形态及结构

细菌 (bacterium) 是一类具有细胞壁的单细胞微生物, 在生物分类上属于原生生物界中的原核细胞型微生物。各种细菌在一定环境条件下有相对恒定的形态和结构。细菌的结构与其生理功能、致病作用、免疫原性及对药物的敏感性等特性有关。了解细菌的形态结构特点, 对于鉴别细菌、诊断疾病和研究细菌的致病性与机体的免疫性, 都有重要的理论和实际意义。

2.1.1 细菌的大小与形态

细菌个体微小, 须用显微镜放大数百倍才能看到, 一般以微米 (μm , $1\ \mu\text{m} = 1/1000\text{mm}$) 作为测量单位。大多数球菌直径约为 $1.0\ \mu\text{m}$, 杆菌长约 $2\sim 3\ \mu\text{m}$, 宽 $0.3\sim 0.5\ \mu\text{m}$ 。

细菌的外形有球形、杆状、弯曲状三种基本形态, 分别称为球菌、杆菌、弯曲菌 (包括弧菌、螺菌、弯曲菌) (图 2—1)

球菌 (coccus) 单个球菌呈球形或近似球形。根据菌细胞分裂平面和分裂后排列的不同又可分为:

①双球菌: 细菌在一个平面上分裂, 分裂后两个菌体成对排列, 如脑膜炎双球菌。

②链球菌: 在一个平面上分裂, 分裂后多个菌体相连成链状, 如乙型溶血链球菌。

③葡萄球菌: 在多个不规则的平面上分裂, 分裂后的菌体堆积成葡萄状, 如金黄色葡萄球菌。也有的球菌在两个或三个互相垂直的平面上分裂, 并排列成四联球菌或八叠球菌。

杆菌 (bacillus): 菌体呈杆状,

不同的杆菌无论形状大小、粗细长短都不一致。大的杆菌如炭疽杆菌长约 $3\sim 10\ \mu\text{m}$, 且两端平齐, 小者如布氏杆菌, 长仅 $0.6\sim 1.5\ \mu\text{m}$; 大多数杆菌长约 $2\sim 3\ \mu\text{m}$, 且两端

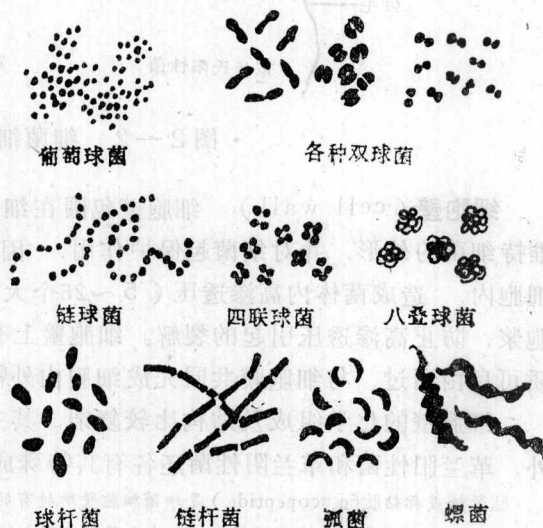


图 2—1 细菌的基本形态

钝圆。有的菌体末端膨大呈棒状（如白喉杆菌）；也有的能形成分枝，如结核杆菌。杆菌一般单个散在，少数也可呈链状排列，如炭疽杆菌。

螺旋菌（*spirilla bacterium*）菌形弯曲，可分为三类：

- ①弧菌（*vibrio*）：菌体只有一个弯曲，呈弧形，如霍乱弧菌。
- ②螺菌（*spirilla*）：菌体有数个弯曲，较为坚韧，如鼠咬热螺菌。
- ③弯曲菌（*campylobacter*）：菌体有单个或多个弯曲，如空肠弯曲菌。

细菌在适宜条件下，保持其固有的典型形态。当环境条件变化时，其形态可发生改变，出现多形态或细胞壁缺陷菌。

2.1.2 细菌细胞的结构

是指各种细菌都具有的细胞结构，近年来应用超薄切片和电子显微镜技术和组织化学的方法进行研究，对于细菌的结构已有比较清楚的了解（图2—2）。

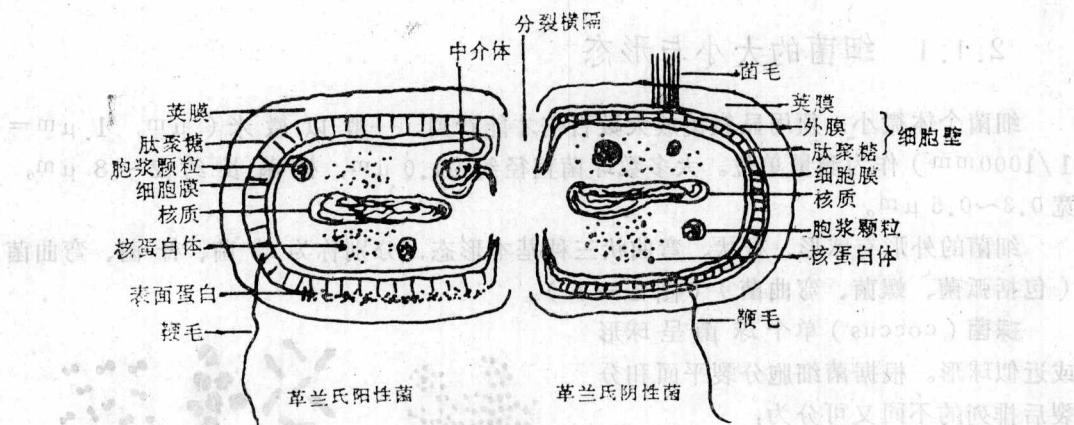


图2—2 细菌细胞结构模式图

细胞壁（cell wall）细胞壁包围在细胞膜之外，坚韧而有弹性。主要功能是维持细菌的外形，并对细菌起保护作用，因为细菌在吸收体外可溶性物质后可浓缩于细胞内，造成菌体内高渗透压（5~25个大气压），完整的细胞壁能保护细胞膜及细胞浆，防止高渗透压引起的裂解。细胞壁上有许多微小孔，水及直径小于1nm的物质可自由通过，与细胞膜共同完成细胞内外物质交换。

细胞壁的化学组成及结构比较复杂，其主要成分为肽聚糖（peptidglycan），此外，革兰阳性菌和革兰阴性菌还各有其特殊成分。

肽聚糖或称粘肽（mucopolysaccharide）是细菌细胞壁所特有的物质，但肽聚糖中四肽侧链的组成及其联结方式随细菌种类不同而有所差异。革兰阳性菌（如金黄色葡萄球菌）的肽聚糖由多糖骨架四肽侧链和交联桥（五肽桥链）组成。多糖骨架由N—乙酰葡萄糖胺和N—乙酰胞壁酸以 $\beta-1,4$ 糖肽链交替连结而成，四肽侧链联结在N—乙酰胞壁酸上，四肽侧链上氨基酸的序列是：L—丙氨酸 $\rightarrow$ D—谷氨酸 $\rightarrow$ L—赖氨酸 $\rightarrow$ D—丙氨酸，再由甘氨酸五肽链将相邻四肽链一侧的第三位赖氨酸与另一侧的第四位丙氨酸交联起来，形成致密的立体网状结构。而革兰阴性菌（如大肠杆菌）的多糖骨架与金黄色葡萄球菌相同，但四肽侧链的第三位不是赖氨酸而是二氨基庚二酸（DAP）相

邻的肽链交联程度低，或呈游离状态，或由一侧链的二氨基庚二酸和另一侧链末端的D-丙氨酸通过肽链直接相连，形成疏松单层平面网络（图2—3）。

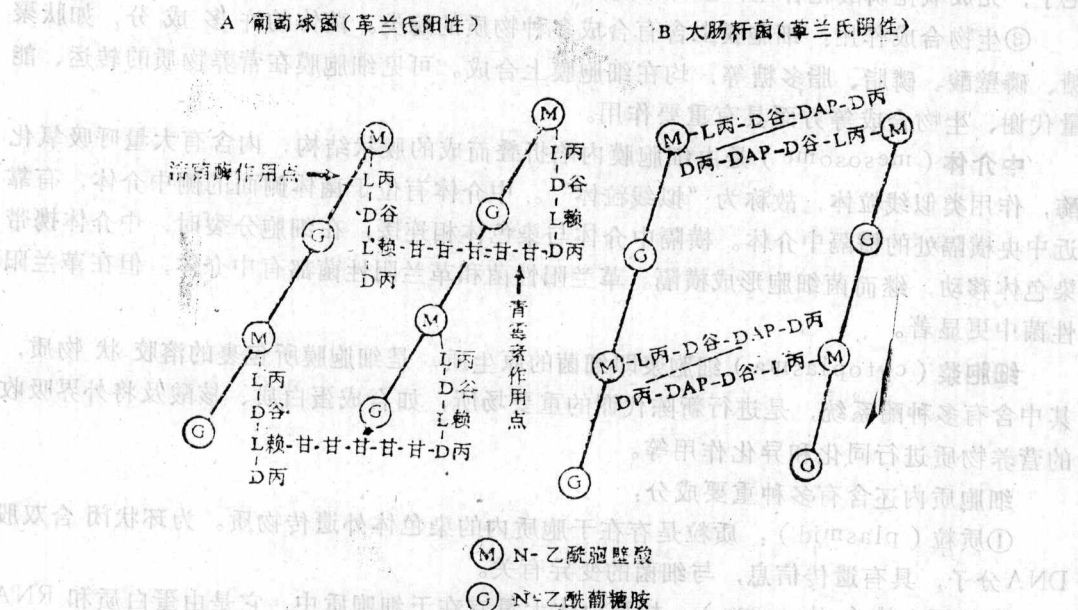


图2—3 金黄色葡萄球菌与大肠杆菌的细胞壁肽聚糖结构

革兰阳性菌细胞壁较厚，主要成分是肽聚糖，占胞壁干重的50~80%，其余成分为磷壁酸（teichoic acid）和多糖。磷壁酸是革兰阳性菌细胞壁所特有的成分。磷壁酸系由核糖醇或甘油残基为支柱，通过磷酸二酯键结合组成。磷壁酸位于肽聚糖外层，具有很强的抗原性，是革兰阳性菌的重要表面抗原。

革兰阴性菌的细胞壁结构较复杂，肽聚糖含量少，仅占胞壁干重的10~20%。在肽聚糖之外为脂蛋白、外膜和脂多糖三种复合物。脂蛋白将外膜与肽聚糖相联结。外膜为双层磷脂，其中含有一些特殊的蛋白质，与物质的转运有关。外膜还有屏障作用，使某些化学药物难以透过，而不能作用于深部的肽聚糖，故对某些抗生素有较大的抵抗力。附着于外膜的脂多糖即革兰阴性菌的内毒素，由特异性多糖（菌体抗原）、核心多糖和类脂A组成。类脂A是由焦磷酸键联结的葡萄糖链，其上连接许多长链脂肪酸。类脂A是脂多糖毒性部分，是内毒素的主要成分。

革兰阳性菌与革兰阴性菌细胞壁结构有显著不同，导致这两类细菌在染色性、抗原性、毒性、对溶菌酶和某些抗生素的敏感性等方面都有很大差异。如溶菌酶能切断N-乙酰葡萄糖胺和N-乙酰胞壁酸之间的 β -1, 4链分子连接，破坏肽聚糖骨架，引起细菌裂解。青霉素可抑制五肽桥与四肽侧链交联，使之不能合成细胞壁而产生致命影响。革兰阳性菌的细胞壁主要由肽聚糖组成，所以易受溶菌酶和青霉素的影响，而革兰阴性菌含肽聚糖少，且外层有多聚物保护，故对溶菌酶和青霉素不敏感。

动物和人体细胞无细胞壁，不含肽聚糖，所以溶菌酶和青霉素等对人体细胞无毒性。

细胞膜（cytoplasmic membrane）位于细胞壁内侧紧包在细胞质外面，是一层柔软而富有弹性的薄膜。细胞膜的结构均以双分子层的磷脂为支架，内镶有多种蛋白质。这些蛋白质为具有特殊作用的酶类和载体蛋白，有部分细胞器的功能。细胞膜与细胞壁一起完成维持细胞完整性。

细胞膜的主要功能是：

①物质转运与营养作用：细胞膜上有许多小孔，能容许小分子可溶性物质通过。膜上嵌有载体蛋白（透性酶），在其参与下，能主动选择一些营养物质进入细胞。菌体内的代谢产物也可通过细胞膜排出体外。

②呼吸作用：需氧菌和兼性厌氧菌细胞膜上含有细胞色素和其它呼吸酶，可以转运电子，完成氧化磷酸化作用，参与细胞呼吸过程，与能量的产生、储存和利用有关。

③生物合成作用：细胞膜上含有合成多种物质的酶类。菌体的许多成分，如肽聚糖、磷壁酸、磷脂、脂多糖等，均在细胞膜上合成。可见细胞膜在营养物质的转运、能量代谢、生物合成等方面具有重要作用。

中介体 (mesosome) 是由细胞膜内陷折叠而成的膜状结构，内含大量呼吸氧化酶，作用类似线粒体，故称为“拟线粒体”。中介体有位于菌体侧面的侧中介体，有靠近中央横隔处的横隔中介体。横隔中介体与染色体相连接，在细胞分裂时，中介体携带染色体移动，继而菌细胞形成横隔。革兰阳性菌和革兰阴性菌都有中介体，但在革兰阳性菌中更显著。

细胞浆 (cytoplasm) 细胞浆即细菌的原生质，是细胞膜所包裹的溶胶状物质，其中含有多种酶系统，是进行新陈代谢的重要场所，如合成蛋白质、核酸及将外界吸收的营养物质进行同化和异化作用等。

细胞质内还含有多种重要成分：

①质粒 (plasmid)：质粒是存在于胞质内的染色体外遗传物质。为环状闭合双股DNA分子，具有遗传信息，与细菌的变异有关。

②核蛋白体 (ribosome)：核蛋白体大量存在于细胞质中，它是由蛋白质和RNA组成的超微颗粒。菌细胞中90%的RNA和40%的蛋白质存在于核蛋白体内。信息核糖核酸 (mRNA) 可将几个核蛋白体连接成多聚核蛋白体，即成为合成蛋白质的场所。

③内含小体 (Inclusion body)：许多菌细胞内含有各种颗粒，多为细胞贮备的营养物质。包括多糖、脂类、多磷酸盐等。最常见的是异染颗粒 (metachromatic granules) 或称迂回体 (volutin)，主要成分是核糖核酸与多偏磷酸盐，为细菌磷和能量的贮藏物，它所含的无机多聚磷酸嗜硷性较强，用美兰染色着色较深，用特殊染色法可染成与细菌其它部分不同的颜色，故称异染颗粒。可根据其形状、位置及染色性，帮助鉴别细菌 (如白喉杆菌)。

核质 (nuclear material) 细菌不具有成形的核，而是由裸露的双股DNA反复折叠，密集于细胞中的一定区域，称为核质或拟核 (nucleoid)。用Feulgen氏法染色，在光学显微镜下可见一个细菌体内含有1~2个核质。细菌的核质即是一个单一的染色体，具有细胞核的功能，其上所携带的遗传信息，控制着细菌的新陈代谢、生长繁殖以及遗传和变异等。

2.1.3 细菌的特殊结构

是指某些细菌所特有的结构。

荚膜 (capsule) 某些细菌分泌粘液包围着细胞壁，形成肥厚的粘液层，称为荚膜。荚膜的形成与环境条件有关，一般在体内或营养丰富的培养基中容易形成，在普通培养基中则易消失。荚膜的化学成分因菌种和型别而异，多数荚膜由多糖组成，而炭疽杆菌的荚膜则是多肽。荚膜具有特异性抗原，荚膜抗原可作为鉴定细菌的依据。如肺