

全国医学专科学校教材

医学微生物学

第二版

- 供医学专业用
- 刘家驹 主编

● 人民卫生出版社

1015-18
全国医学专科学校教材

(供医学专业用)

医学微生物学

第 二 版

刘京驹 主编

(按姓氏笔划)

刘士先 刘良运

刘京驹 陈方荣 编写

陈俊杰 吴泽音

钱慈宝 童克亚

人 民 卫 生 出 版 社



B 543477

再版前言

第二版教材是根据卫生部教材办公室于1987年12月在京召开的医学专科学校试用教材修订会议的精神进行修订的。本版教材与原版相比作了如下变动：将原版教材第二篇的第六章传染与第八章的非特异性免疫合并为本版的第六章细菌的致病性与宿主的天然抵抗力，并放在第一篇微生物学基础中。因此，整个第二篇就改为免疫学基础。该篇根据近年来免疫学的进展和人们的认识规律以及多年来的讲授习惯，对免疫学基础的大部分章节进行改写并重新作了安排，即改为第七章抗原，第八章抗体或免疫球蛋白，第九章补体系统，第十章免疫系统，第十一章免疫应答，第十二章变态反应，第十三章免疫学应用。共计七章，比原来增加了两章，但字数基本保持不变。此外，还增加了某些内容，如将单克隆抗体与杂交瘤简介放在第十三章，将淋球菌作为第五节放在第十四章，将弯曲菌属附在第十五章，将第十九章厌氧芽胞杆菌属改为厌氧性细菌，并增加了无芽胞厌氧菌的内容，将人类免疫缺陷病毒作为第四节放在第二十九章，增加了吞噬细胞杀菌机制等有关内容。还对原版教材的计量单位和英文名词的书写规格等按要求予以统一。修改了个别词句和错别字，删去了无实际应用价值的某些内容。其余均基本保持原内容不变。

在修订过程中，得到我院领导和教研室全体同志的大力支持。尤其是傅立忠、陈森洲和韦安华三位老师，在百忙中抽时间对原书的计量单位和英文名词的书写规格按要求进行了统一订正，对原教材提出修改意见并对新写的内容作文字上的修改。莫梅光同志帮助绘制新增的插图。在此一并表示衷心的感谢。

由于本人的理论与专业水平较低，加上编写时间十分仓促，来不及仔细推敲。也没时间来征求原编者的意见。因此在这版本的教材中肯定会在不少缺点与错误，祈望同仁不吝批评指正。

刘家驹1988.1.30.

修订版说明

医学专科教育作为高等医学教育的一个重要层次,将在相当长的时期内存在和发展,以适应为农村培养人才这一卫生工作战略重点的需要。现行的全国医学专科学校试用教材编写出版于八十年代初,总体说已不完全符合形势发展的要求。为此,将通过医专教育改革的实践,着手组织编写一套新教材;而在新教材出版前,约请教材主编对各部门教材进行了必要的局部修订,主要是更新过于陈旧的内容和改用法定计量单位,重新排印出版,作为过渡。这次修订,由于时间紧迫,改动范围不大,未能邀请全体编者参与工作,在此致以歉意。

人民卫生出版社

卫生部教材办公室

1988年2月

再版前言

第二版教材是根据卫生部教材办公室于1987年12月在京召开的医学专科学校试用教材修订会议的精神进行修订的。本版教材与原版相比作了如下变动：将原版教材第二篇的第六章传染与第八章的非特异性免疫合并为本版的第六章细菌的致病性与宿主的天然抵抗力，并放在第一篇微生物学基础中。因此，整个第二篇就改为免疫学基础。该篇根据近年来免疫学的进展和人们的认识规律以及多年来的讲授习惯，对免疫学基础的大部分章节进行改写并重新作了安排，即改为第七章抗原，第八章抗体或免疫球蛋白，第九章补体系统，第十章免疫系统，第十一章免疫应答，第十二章变态反应，第十三章免疫学应用。共计七章，比原来增加了两章，但字数基本保持不变。此外，还增加了某些内容，如将单克隆抗体与杂交瘤简介放在第十三章，将淋球菌作为第五节放在第十四章，将弯曲菌属附在第十五章，将第十九章厌氧芽胞杆菌属改为厌氧性细菌，并增加了无芽胞厌氧菌的内容，将人类免疫缺陷病毒作为第四节放在第二十九章，增加了吞噬细胞杀菌机制等有关内容。还对原版教材的计量单位和英文名词的书写规格等按要求予以统一。修改了个别词句和错别字，删去了无实际应用价值的某些内容。其余均基本保持原内容不变。

在修订过程中，得到我院领导和教研室全体同志的大力支持。尤其是傅立忠、陈森洲和韦安华三位老师，在百忙中抽时间对原书的计量单位和英文名词的书写规格按要求进行了统一订正，对原教材提出修改意见并对新写的内容作文字上的修改。莫梅光同志帮助绘制新增的插图。在此一并表示衷心的感谢。

由于本人的理论与专业水平较低，加上编写时间十分仓促，来不及仔细推敲。也没时间来征求原编者的意见。因此在这版本的教材中肯定会存在不少缺点与错误，祈望同仁不吝批评指正。

刘家驹1988.1.30.

目 录

绪言	1
第一篇 微生物学基础	5
第一章 细菌的形态与结构	5
第一节 细菌的基本形态与大小	5
第二节 细菌的芽胞结构	6
第三节 细菌的荚膜结构	8
第四节 细菌形态结构的观察法	10
第二章 细菌的繁殖、代谢与培养	12
第一节 细菌生长繁殖的条件、方式与适应	12
第二节 细菌的代谢产物及其实际意义	14
第三节 细菌的人工培养及其实际意义	17
第三章 微生物的分布	19
第一节 微生物在自然界的分布	19
第二节 微生物在正常人体的分布	21
第三节 人体正常菌群与菌群失调	22
第四章 外界因素对微生物的影响	23
第一节 物理因素对微生物的影响	24
第二节 化学因素对微生物的影响	26
第三节 生物因素对微生物的影响	28
第五章 微生物的变异性	31
第六章 细菌的致病性和宿主的天然抵抗力	35
第一节 细菌的致病性	35
第二节 宿主的天然抵抗力	39
第三节 传染的来源、发生、发展与结局	43
第二篇 免疫学基础	46
第七章 抗原	48
第一节 抗原的性质	47
第二节 抗原的分类	50
第三节 生物学重要的抗原物质	50
第八章 抗体或免疫球蛋白	53
第一节 免疫球蛋白的结构	53
第二节 免疫球蛋白的特性和作用	55
第三节 免疫球蛋白的异常	59
第九章 补体系统	58
第一节 补体的组成与理化性质	60
第二节 补体系统的激活途径	61
第三节 补体的作用和补体测定的临床意义	65

第十章 免疫系统	67
第一节 免疫器官	68
第二节 免疫细胞	69
第十一章 免疫应答	75
第一节 免疫应答的概念	75
第二节 体液免疫应答	75
第三节 细胞介导免疫应答	80
第四节 免疫耐受性	82
第五节 免疫应答的调节	83
第六节 影响免疫的因素	85
第十二章 变态反应	87
第一节 I 型变态反应	88
第二节 II 型变态反应	90
第三节 III 型变态反应	92
第四节 IV 型变态反应	93
第五节 变态反应的防治原则	96
第十三章 免疫学应用	98
第一节 防治方面的应用	98
第二节 诊断方面的应用	103
第三篇 细菌	114
第十四章 球菌	114
第一节 葡萄球菌	114
第二节 链球菌	117
第三节 肺炎球菌	121
第四节 脑膜炎球菌	123
第五节 淋球菌	125
第十五章 肠道杆菌	126
第一节 大肠杆菌	128
第二节 沙门氏菌属	130
第三节 志贺氏菌属	134
第四节 变形杆菌属	137
〔附〕绿脓杆菌、弯曲菌属	138
第十六章 弧菌属	140
第一节 霍乱弧菌	141
第二节 副溶血性弧菌	144
第十七章 革兰氏阴性小杆菌	144
第一节 流行性感冒杆菌	144
第二节 百日咳杆菌	146
第三节 布氏杆菌属	147
第四节 鼠疫杆菌	150
第十八章 需氧芽胞杆菌属	152

炭疽杆菌	152
第十九章 厌氧性细菌	155
第一节 无芽胞厌氧菌	155
第二节 梭状芽胞杆菌属	163
第二十章 棒状杆菌属	165
白喉杆菌	165
第二十一章 分枝杆菌属	170
第一节 结核杆菌	170
第二节 麻风杆菌	174
第四篇 病毒	177
第二十二章 病毒的基本性状和分类	177
第一节 病毒的形态结构与化学组成	177
第二节 病毒的增殖	179
第三节 病毒的抵抗力与变异	181
第四节 病毒的分类	181
第二十三章 病毒的传染与免疫	182
第一节 病毒性感染的特点	182
第二节 人体对病毒的免疫反应特点	185
第二十四章 病毒感染的检查法与预防原则	187
第一节 病毒感染的检查法	187
第二节 病毒感染的预防原则	191
第二十五章 呼吸道病毒	192
第一节 概述	192
第二节 流行性感冒病毒	193
第三节 麻疹病毒	198
第二十六章 肠道病毒	200
第一节 脊髓灰质炎病毒	200
第二节 柯萨基病毒与埃可病毒	202
第三节 新型肠道病毒	204
第二十七章 肝炎病毒	205
第一节 甲型肝炎病毒	206
第二节 乙型肝炎病毒	207
第三节 非甲非乙型肝炎病毒	210
第二十八章 虫媒病毒	210
第一节 流行性乙型脑炎病毒	211
第二节 森林脑炎病毒	213
第三节 出血热病毒	213
第二十九章 其它病毒	214
第一节 狂犬病病毒	214
第二节 疱疹病毒	215
第三节 痘类病毒	215
第四节 人类免疫缺陷病毒	216

第五篇 其他微生物	219
第三十章 衣原体	219
第一节 概述	219
第二节 引起人类感染的主要衣原体	220
第三十一章 立克次体	222
第一节 概述	222
第二节 引起人类感染的主要立克次体	225
第三十二章 支原体	228
第三十三章 螺旋体	232
第一节 钩端螺旋体	232
第二节 其他螺旋体	237
第三十四章 放线菌与真菌	239
第一节 放线菌	239
第二节 真菌	240

绪 言

一、微生物的定义

微生物(microorganism)是自然界中一些人类肉眼所不能直接看见的微小的生物。它们体积微小,结构简单,必须用普通光学显微镜或电子显微镜放大数百倍、几千倍甚至几万倍,才能看到。

微生物学(microbiology)是生物学的一个分科。它是一门研究微生物的进化、分类,在一定条件下的形态结构、生命活动及其规律,以及与人类、动植物、自然界相互作用的科学。根据应用的不同,微生物学又分为普通微生物学、农业微生物学、工业微生物学、兽医微生物学和医学微生物学等。

二、微生物的种类

非细胞型微生物 这类微生物体积最小,能通过细菌滤器,不具细胞结构,只能在活细胞内生长增殖,如病毒。

原核细胞型微生物 仅有原始核,无核膜和核仁,缺乏细胞器。如细菌、衣原体、立克次体、支原体、螺旋体和放线菌。

真核细胞型微生物 细胞核的分化程度较高,有核膜、核仁和染色体,胞浆内有完整的细胞器。如真菌。

因此,微生物包括病毒、衣原体、立克次体、支原体、细菌、放线菌、螺旋体和真菌等八大类。除非细胞型的病毒外,均属原生生物界。

三、微生物与人类的关系

生活在自然界中的微生物,种类多,繁殖快,数量大,分布广。在泥土、水和空气中,甚至人和动物、植物的体表以及人和动物与外界相通的呼吸道、消化道等腔道中都有微生物的存在。而且,这些微生物绝大多数对人和动植物的生活是有益的,甚至是必需的。

微生物是整个生物界不可缺少的一个组成部分。自然界中许多物质的循环是靠着微生物的作用进行的。例如,存在于自然界中的动植物的蛋白质(动植物的尸体、人和动物的排泄物等),只有在微生物的作用下,才能转化为无机含氮化合物——硝酸盐、亚硝酸盐或氨等物质,然后被植物吸收利用;空气中大量的氮气,也只有依靠固氮菌的作用后,才能被植物利用;植物才能生长发育。否则,空气中的氮气和环境中的有机含氮物质是不能被植物利用的。可见,没有微生物,植物就不能生长,人和动物也就无法生存。

农业方面,可用微生物来制造菌肥和植物生长激素,还可利用微生物来灭虫。例如“九二〇”,它是赤霉菌的代谢产物即赤霉素,可以促进植物发育;提高农作物的产量;此外,还可使用青虫菌、杀螟杆菌、白僵菌来消灭植物的虫害。

工业方面,微生物的应用就更为广泛。如食品、制革、纺织、石油、化工、冶金工业部门和综合利用工业废物以及工业污水处理等方面,都有应用微生物的实例。尤其是医药工业,几乎全部的抗菌素都是微生物的代谢产物。还有某些维生素、辅酶以及ATP等药物也是用微生物制造的。用来预防传染病的菌苗、疫苗、类毒素等生物制品,更是直接来自各种病原微生物(或其减毒株)或其代谢产物。

在人类的日常生活中如制酱、制醋以及粮食制品的发酵等,都离不开微生物的生命活动。

寄居于人肠道的细菌,有的对人也是有益的。例如大肠杆菌就能合成维生素B、K等,供给机体,并且还具拮抗某些病原菌的作用。

然而,事物总是一分为二的。自然界中,除了许许多多对人类有益的微生物之外,也有一部分微生物,能引起人类和动植物的病害,这些具有致病性的微生物就称为病原微生物(pathogenic microorganism)。它们当中有的可对农作物致病,如稻瘟病,小麦、大麦、玉米黑穗病,小麦赤霉病、菌核病等;有的使家畜、家禽致病,如猪瘟、牛瘟、鸡瘟等;有的则能引起人类的传染病,如伤寒、菌痢、流感、肝炎、结核等。此外,还有一类微生物需要在特定条件下才能引起疾病,这类微生物就称为条件性病原微生物,如大肠杆菌在正常人肠道内并不致病,但如侵入泌尿系等其它部位,则可引起炎症。其实,所谓病原微生物与非病原微生物之间并没有一条不可逾越的界限,而是相对的,可变动的和有条件的。例如非病原性的枯草杆菌,在某些极度衰弱的机体也可造成败血症。

四、医学微生物学的研究对象与学习目的

医学微生物学(medical microbiology)是一门医学基础课程,是研究各种病原微生物的生物学性状,以及病原微生物在一定环境条件下,与人体间的相互关系的科学。

本书共分五篇。第一篇微生物基础:学习细菌的形态、结构、生长繁殖及微生物的变异性等生物学特性,分布和环境因素对微生物的影响,细菌的致病性及机体对病原微生物的天然抵抗力;第二篇免疫学基础:主要阐明病原微生物和宿主机体相互作用的一般规律,传染病的特异性预防、诊断和治疗;并叙述非传染性免疫的有关理论。第三篇细菌、第四篇病毒和第五篇其它微生物:学习医学上重要的病原菌、病毒、衣原体、立克次体、支原体、螺旋体、放线菌和真菌的生物学特性、致病性与免疫性、微生物学检查法和防治原则等。

学习医学微生物学的目的,在于以辩证唯物主义的思想作指导,掌握医学微生物学的基础理论、基本知识和基本技能,提供对传染病和其它有关疾病的特异性诊断、预防和治疗的有效方法和措施,以达到控制和消灭传染病,保障广大劳动人民健康的目的。也为学习有关临床学科打下良好的基础。

五、微生物学发展史

微生物学的发展,也象其它科学一样,都是取决于社会经济基础和当时的生产技术水平以及时代的客观要求而发展的。我国古代人民应用微生物于生产实践和防病治病。

远在公元前2000多年的夏朝，人们就会酿酒。公元前1000年周礼中就有百酱、五药、五味的记载。在2500年前已经知道用豆腐上生长的霉菌来治疗化脓性感染。特别是在16世纪的明朝已经广泛使用接种人痘预防天花的方法。但是，由于中国封建社会历史很长，缺乏科学研究的物质条件，阻碍着科学技术的发展，因而，微生物就没有首先在我国被发现。微生物学的发展史分为三个时期。

形态学时期 17世纪末叶的欧洲，处于资本主义的初期，由于贸易的发达，必须改善光学仪器，以满足航海事业的需要。荷兰人口文胡克(Antony van Leeuwenhoek)，于1676年利用自磨镜片，创制了第一架复式显微镜，首先看到了微生物，并记载了细菌的基本形态。吕文胡克之后，对微生物的研究很长时期停留在形态上的描述，这是人们对微生物感性认识的开始。

生理学期 19世纪初，伴随着工业生产、科学技术的发展，微生物学才开始建立起来。微生物学的创始人，法国学者巴斯德(Louis Pasteur)在1857年首先实验证明了所有发酵都是由于微生物作用的结果，以后他又发现腐败也是由微生物引起的。从而证明了微生物之间不仅有形态上的差异，而且在生理学特性上也各有不同。从这时起，开始了微生物生理学的研究，促进微生物学成为一门独立的科学。

在微生物学创始时期，德国学者郭霍(Robert Koch)，在微生物学研究的技术上，作出了巨大贡献。他创造了固体培养基用来分离培养各种不同的细菌，又使用了苯胺染料使细菌染色，从而更有利于在显微镜下清晰地观察细菌的形态，为发现各种传染病的病原体提供了有利的条件。结核与霍乱的病原体，也首先为郭霍所发现。自此之后，在一个较短的时期内，许多细菌性传染病的病原体便相继被发现。

免疫学的萌芽时期 前面提到，我国明朝就已应用接种人痘预防天花，这是世界上免疫学应用的首创。后来(1798年)，英国人琴纳(Edward Jenner)才用牛痘接种来预防天花。还有巴斯德创造了应用减毒菌苗预防鸡霍乱和炭疽病的方法，又用减毒狂犬病毒疫苗来预防人类的狂犬病。自此以后，菌苗、疫苗便成为预防传染病的有力武器。

由于预防接种收到实际的效果，加上有些传染病患过一次之后就终生不再患同样的疾病。这一切都意味着机体能产生抵抗传染病的能力。为了阐明这一现象的本质，便开始了以欧立希(Paul Ehrlich)为首的体液学派和以梅契尼科夫(И.И. Мечников)为首的细胞学派，对于机体抗传染免疫机理的长期争论。

自本世纪60年代以来，免疫学有了飞速的发展，其基本理论和实际应用已涉及到医学领域的许多方面，现在已经发展成为一门独立的科学。

病毒学的发现 俄国学者伊凡诺夫斯基(Д.И. Ивановский)在1892年首先发现了烟草花叶病病毒。近年来病毒的研究工作有了很大的发展，病毒学已成为现代医学中的一门独立的科学。

六、医学微生物学发展的方向

建国以来，我国在医学微生物学领域，已取得了不少成就。但是与形势的要求，还存在着很大的差距。因此，今后要加强对微生物的生物学性状及其致病性的研究，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；要加强免疫学的研究。免疫学是微生物学中的一个重要组成部分，近年来进展很快，已超出微生物学

的范围，渗透到医学的许多领域。今后，除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机能的非特异性和特异性的抗传染免疫措施外，还需进一步研究与微生物有关或非感染因子引起的免疫性疾病的发病机理以及肿瘤的免疫诊断、治疗和移植免疫的抗排斥机理等问题，用以指导实践；要加强细菌遗传工程的研究。分子遗传学的迅速发展，已能使一种生物体基因的DNA片段移植到细菌中去，这种基因能随细菌的分裂而传代。以此原理来研究治疗人类因遗传缺陷而引起的疾病，以及制造干扰素、疫苗、免疫球蛋白等生物制品；最后，还要加强与其它学科的联系与协作，使用各种新技术，以加速医学微生物学的发展。

(刘家驹)

第一篇 微生物学基础

第一章 细菌的形态与结构

细菌 (bacterium) 是一种具有细胞壁的单细胞微生物, 属于原核生物。各种细菌在一定环境条件下, 有相对恒定的形态与结构。细菌的结构与其在宿主体内外繁殖、致病、免疫等特性有关。因此, 了解细菌的一般形态与结构, 除有助于将来学习各种细菌的形态结构特点外, 并对进一步学习细菌的致病性和免疫等方面, 都有一定意义。

第一节 细菌的基本形态与大小

细菌个体很小, 一般要用光学显微镜放大几百倍到一千倍左右才能看到。通常以 μm 作为测量其大小的单位, $1\mu\text{m}=1/1,000\text{mm}$ 。不同种类的细菌, 大小很不一致; 同一种细菌在生长繁殖的不同阶段, 其大小也有差别。细菌的基本形态有球形、杆形、螺旋形, 根据形态特征将细菌分为三大类: 即球菌、杆菌和螺形菌 (图1-1)。

球菌 (coccus) 单个菌体呈球形或近似球形, 平均直径在1.0微米左右。按其生长繁殖时的分裂方式及分裂后的排列不同, 可将球菌分为:



1. 双球菌 (diplococcus) 在一个平面上分裂, 分裂后两个菌体成对排列, 如脑膜炎双球菌等。



图1-1 细菌的基本形态与排列

2. 链球菌 也是在一个平面上分裂, 但分裂后的菌体相连成链状, 如溶血性链球菌等。

3. 四联球菌 (micrococcus tetragenus) 在两个相互垂直的平面上分裂, 分裂后四个菌体相联排列在一起。

4. 八叠球菌 (sarcina) 沿上下、前后、左右三个相互垂直的平面分裂, 分裂后八个菌体重叠在一起。

5. 葡萄球菌 在数个不同角度的平面上分裂, 分裂后常几个或几十个菌体堆积在一起成葡萄串状。

杆菌 (bacillus) 菌体呈杆状, 有的是直的, 有的稍弯。各种杆菌的大小很不一致。大杆菌如炭疽杆菌大小约 $3\sim 10\mu\text{m}\times 1\sim 1.5\mu\text{m}$; 中等大小的杆菌如大肠杆菌长约 $2.0\sim 3.0\mu\text{m}$, 宽 $0.5\sim 1.0\mu\text{m}$; 小杆菌如流感杆菌长 $0.7\sim 1.5\mu\text{m}$, 宽 $0.3\sim 0.4\mu\text{m}$; 菌体短粗呈卵圆形的小杆菌, 称为球杆菌, 如布氏杆菌长约 $0.6\sim 1.5\mu\text{m}$, 宽 $0.5\sim 0.7\mu\text{m}$; 大多数菌体两端呈钝圆形; 也有少数呈方形, 如炭疽杆菌。大多数杆菌是单独存在, 分

散排列的，但有的杆菌分裂后仍连在一起呈链状，称为链杆菌。

螺旋菌 (spirillar bacterium) 菌体弯曲，可分为两类：

1. 弧菌 (vibrio) 菌体只有一个弯曲呈弧形，如霍乱弧菌。
2. 螺菌 (spirillum) 菌体可有数个弯曲，如鼠咬热螺菌。

第二节 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，由细胞壁、细胞膜、细胞浆和核等组成 (图1-2)，其微细结构需经超薄切片后，用电子显微镜观察可以看到。

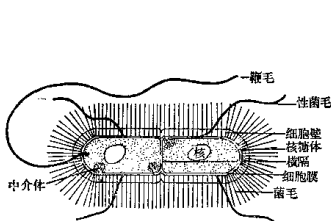


图1-2 细菌细胞的结构模式图

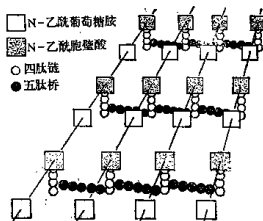


图1-3 细胞壁的肽聚糖分子结构图

多糖链自西南向东北延展，连接到多糖链的四肽链通过五肽桥彼此相连

细胞壁 (cell wall) 细胞壁在细菌的最外层，紧贴在细胞膜之外，是一层较薄的膜状结构，其厚度因菌种而不同，平均约 $10\sim 25\text{nm}$ ， $1\text{nm}=1/1,000\mu\text{m}$ ，具有一定的坚韧性和弹性，其主要功能是维持细菌的一定外形；保护细菌，支持细胞膜承受细菌内部很高的渗透压（ $5\sim 25$ 个大气压），使细菌能在比菌体内渗透压低的一般培养基中生长。此外，细胞壁上还有许多微细小孔，具有相对的通透性，直径在 1nm 大小的可溶性分子可以自由通过，因而可与细胞膜共同完成菌体内外物质的交换。

细胞壁的化学组成随细菌的种类而不同，一般是由糖类、蛋白质和脂类镶嵌排列组成。细胞壁的基础成分是肽聚糖 (peptidoglycan) 又称粘肽 (mucopolysaccharide)，肽聚糖是由两种氨基酸和三种或四种氨基酸所组成的大分子粘性复合物，例如金黄色葡萄球菌是由N-乙酰葡萄糖胺 (N-acetylglucosamine) 与N-乙酰胞壁酸 (N-acetyl muramic acid) 间隔排列，以葡萄糖苷键连接成多糖链组成支架。每一多糖链在N-乙酰胞壁酸部分连接一条由L-丙氨酸-D-谷氨酸、L-赖氨酸和D-丙氨酸组成的四肽侧链。并有一组甘氨酸五肽与四肽侧链上的氨基酸相连，构成交叉的和机械强度相当大的三维空间网络 (图1-3)。因此，细胞壁非常坚韧，并维持细菌的外形。革兰阳性菌的肽聚糖层较厚，并含有大量的磷壁酸 (teichoic acid) (约等于细胞壁干重的50%，其功能尚不甚了解)。溶菌酶对于革兰氏阳性菌的溶菌作用，在于裂解乙酰葡萄糖胺与乙酰胞壁酸分子之间的连结，导致细菌死亡。青霉素能干扰甘氨酸五肽桥与四肽侧链上的D-丙氨酸之间的联结，使细菌不能合成完整的细胞壁，以致周围液体向菌体渗入，使菌体膨胀死亡。

革兰氏阴性菌细胞壁的肽聚糖层较薄，肽聚糖含量较少，不含磷壁酸。在肽聚糖层之外有脂蛋白、外膜与脂多糖三种多聚物（图1-4）。脂蛋白分子交叉连接外膜与肽聚糖层。外膜为双层磷脂。最外层的脂多糖是细菌内毒素的主要成分，并有保护内层肽聚糖不受溶菌酶和青霉素损害的作用。

细胞膜 (cell membrane) 细胞膜或称胞浆膜(cytoplasmic membrane)。是在细胞壁与细胞浆之间的一层柔软并具有半渗透性的生物膜，能控制细菌与周围环境的物质交换，调节菌体内外环境的平衡，是许多酶系统的活动场所。

细胞浆 (cytoplasm) 细胞浆呈胶体状态，其外包以细胞膜。细胞浆的化学组成随菌种、菌龄、培养基的成分而不同。细胞浆的基本成分是水、蛋白质、核酸和脂类，也含有少量的糖和盐类，还含有许多酶系统，是细菌新陈代谢的重要场所，细胞浆内RNA的含量较高，可达菌体固体成分的15~20%，在菌龄较老的细菌中，RNA被作为氮源、磷源利用，含量减少。细胞浆内还含有多种内含物，是细菌储备的营养物质或代谢产物，有些细菌（如白喉杆菌）的多磷酸盐含量较高，对碱性染料着色较深，称为异染颗粒。此外，细胞浆还含有核糖体、中介体，质粒等超微结构。

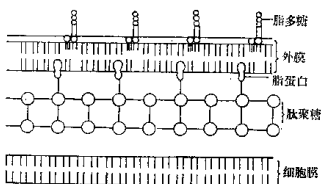


图1-4 革兰氏阴性菌细胞壁模式图

表1-1 革兰氏阳性菌与革兰氏阴性菌细胞壁的比较

区 别	革兰氏阳性菌	革兰氏阴性菌
层数	一层	三层
肽聚糖层	厚	薄
磷壁酸	有	无
脂多糖	无	有

1. **核糖体 (ribosome)** 细菌的核糖体颗粒是游离存在于细胞浆中，其沉降系数是70S，包含30S与50S两个亚单位。核糖体的主要化学成分是RNA和蛋白质，细菌细胞中的RNA有90%存在于核糖体中，当细菌分裂旺盛时，由mRNA将其连成多聚核糖体，就成为合成蛋白质的场所。细菌的核糖体与人细胞的核糖体不同，后者的沉降系数为80S，包含40S和60S两个亚单位，故有些抗菌素可在核糖体水平上干扰敏感的细菌代谢，而无损于人细胞核糖体功能，例如链霉素可与敏感细菌的30S核糖体成分结合，干扰细菌蛋白质正常合成，导致细菌死亡。

2. **中介体 (mesosome)** 是细胞浆中的主要膜状结构，由细胞膜内陷折叠而成。多见于革兰氏阳性菌。中介体的功能目前认为与细胞壁的合成，核质分裂、细菌呼吸和芽胞形成等有关。

3. **质粒 (plasmid)** 质粒是一种微小的染色体外遗传物质，在细胞浆中能自行复制并维持许多世代，是一个环状的双股DNA片段，具有染色体的许多特性，含有控制复制的遗传信息，以保证在细胞分裂时将遗传信息分配给每一个子代细胞。质粒比染色体小，仅有50~100基因。见于多种革兰氏阴性菌及葡萄球菌。目前已知质粒与细菌的遗传变异有关。

细胞核 (cell nucleus) 现在认为细菌细胞浆中的DNA物质,就是细菌的细胞核,但无核仁和核膜。细菌的核也可称为核质(nuclear material)、拟核(nucleoid)或核区域(nuclear area)。它们具有一般细胞核的功能,是细菌新陈代谢、生长繁殖必需的物质,含有遗传信息,与遗传变异有密切关系,但因细胞浆中含有大量RNA,易与硷性染料结合,影响核质的DNA着色,一般染色法不能检出。若用核糖核酸酶或酸处理,使RNA水解后,核质便可着色,易在普通显微镜下检出。

第三节 细菌的特殊结构

某些细菌除具有上述基本结构外,尚有某些特殊结构,如荚膜、鞭毛、菌毛、芽胞。

荚膜 (capsule) 某些细菌在生活过程中,可以在细胞壁外面形成一层特殊的粘液性物质,称为荚膜。荚膜对硷性染料的亲和力低,用普通染色法不易着色,镜下仅能看到在菌体周围有一层未着色的透明圈。必要时可用荚膜染色法或墨汁负染色法,进行观察。荚膜的化学成分因细菌的种类及型别而不同,如肺炎球菌与肺炎杆菌的荚膜由多糖组成,而各型肺炎球菌荚膜的多糖结构也不一样;炭疽杆菌的荚膜是由D-谷氨酸多肽组成。可根据荚膜的成分不同,进行细菌的鉴别和分型。荚膜的生成与细菌所处的环境条件有密切关系,一般在机体上和营养丰富的培养基中容易生成。荚膜能保护细菌细胞壁免受各种杀菌物质(如溶菌酶、补体等)的损伤作用,某些具有荚膜的致病菌如肺炎球菌、炭疽杆菌、鼠疫杆菌等能抵抗机体内吞噬细胞的吞噬作用,当其失去荚膜后,致病性消失。此外,荚膜多糖或多肽,还可抑制机体中的溶菌酶、硷性多肽的杀菌作用,从而增强了致病性。因此认为荚膜与细菌的毒力有关。

有些细菌在细胞壁外面有一层类似荚膜但很薄的物质,称为微荚膜(microcapsule)。例如溶血性链球菌,在生长初期菌体周围带有此膜,当生长成熟后即消失。其作用主要亦是抵抗吞噬细胞的吞噬和消化。

鞭毛 (flagella) 有些杆菌、弧菌、螺菌,从菌体细胞浆的基础颗粒生长出细长的丝状物,穿过细胞膜和细胞壁而伸出到菌体外面,称为鞭毛。一般认为鞭毛是细菌的运动器官,用显微镜观察,具有鞭毛的细菌在液体中可以从一个地方游动到另一个地方;无鞭毛的细菌,仅见不改变位置的颤动,称为布朗运动。动力是有鞭毛细菌的特征,借此可以帮助鉴别细菌的种类。但细菌的鞭毛很纤细,用普通染色法镜检不能看到,需用鞭毛染色法或在电镜下进行观察。按鞭毛的数目、位置及排列,可将有鞭毛的细菌分为三群:

1. 单毛菌(monotrichate) 只有一根鞭毛,位于菌体的一端,例如霍乱弧菌。
2. 丛毛菌(lophotrichate) 有一束鞭毛,位于菌体的一端或两端,产硷杆菌是单端丛毛菌。
3. 周毛菌(peritrichate) 在菌体的周围有数量不等的鞭毛,例如伤寒杆菌、副伤寒杆菌、破伤风杆菌等。

细菌鞭毛的化学成分,主要是类似肌纤维的弹性蛋白质,称为鞭毛蛋白(flagellin),其分子量为15,000~40,000,有很好的抗原性和高度的特异性,因此对致病性肠道杆菌的型别鉴定具有一定意义。