

高等医学院校协作教材

(供医学检验专业用)

临床微生物学

上册

基础理论部分

主编 张颖悟 蓝鸿泰 郑家齐

高等医学院校《临床微生物学》编写协作组

序 言

为适应当前临床检验学科的发展，全国到目前已有二十多所医学院校建立了临床检验系。为临床检验培养新生力量，为适应临床检验的现代化充实力量、输送骨干。检验系的毕业生应是既有扎实的基础理论，又有较强的实验室技术操作能力。毕业后到工作岗位上能独立工作，为提高临床检验质量及引进和开发新技术新方法作贡献。针对教学目的，全国检验系校际会议决定编写适用于本专业的教材。

临床检验系用的《临床微生物学》教材与医学院校为医疗及临床其他学科的教材有所不同，它除阐述本专业的基本理论知识外，还结合实际大篇幅地增写了临床微生物学的基本技术、检验的质量保证、医院内感染的监测等问题。各论中详细叙述了具体的检验方法及其应用，内容丰富实用并反映了当前国内外的新进展及专业的发展趋向。既供检验系的教学用，也可供临床微生物检验工作者的学习和参考。

卫生部临床检验中心

主任 叶 应 妩

1987年6月16日

前 言

近年来，由于医学理论和技术的飞速发展，特别是临床医学研究的进展，对医学检验提出了更高的要求。为了适应这一新的发展趋势，我国许多高等医学院校，由1982年起相继增设了医学检验系（专业）。针对迄今尚乏可供本专业教学需要的教材，于1985年各院校医学检验系校际会议上，经过讨论和协商组成了《临床微生物学》协作教材编写组。我们以紧迫的责任感，发扬大协作精神，共同完成了编写工作。

本教材分两大部分，共八篇五十一章。前四篇一至二十八章为医学微生物学基础理论部分（上册），后四篇二十九至五十一章为微生物学检验基本技术部分（下册）。在编写过程中，着重于阐明本学科的基本理论和基本知识，依照理论和实际相结合、临床与基础相结合的原则，在理论上既照顾全面系统性，又注意反映新进展；在实践上既详述常用技术，又介绍实用价值较大的新技术，力求适应医学检验专业教学内容的特点。

本教材的编写过程中，上海第二医科大学、大连医学院、张家口医学院的领导及各兄弟院校给予了大力支持，大连医学院编辑出版室的同志协助校对发行，李成显同志为本教材绘制全部插图，在此一并致谢。

本教材由执笔者分头编写，最后汇总成册，虽然在整理审校时，力求名词术语和次序安排等方面的统一，但由于编审时间短促，以及编者水平所限，缺点、错误在所难免，恳请同志们批评指正，不吝赐教。

《临床微生物学》协作教材编写组

一九八七年六月

目 录

绪言.....	1	微生物学发展史.....	2
微生物和微生物学.....	1		

第一篇 细菌学总论

第一章 细菌的形态与结构	5	第一节 物理因素对细菌的影响.....	59
第一节 细菌的大小与形态.....	5	第二节 化学因素对细菌的影响.....	66
第二节 细菌的结构.....	6	第三节 生物因素对细菌的影响.....	73
第三节 细菌的L型.....	15	第五章 细菌的遗传变异	82
第四节 研究细菌形态与结构的 方法.....	16	第一节 细菌遗传的物质基础.....	82
第二章 细菌的生长与繁殖	20	第二节 环境与遗传.....	84
第一节 细菌生长繁殖的条件.....	20	第三节 细菌的变异.....	84
第二节 物质的吸收和排泄.....	23	第四节 细菌变异的实际意义.....	86
第三节 细菌的个体生长繁殖.....	26	第六章 正常菌群与菌群失调	87
第四节 细菌的群体生长繁殖.....	28	第一节 人体的正常菌群.....	87
第三章 细菌的新陈代谢	31	第二节 菌群失调.....	90
第一节 细菌的酶.....	31	第三节 条件致病菌.....	91
第二节 细菌代谢与生物氧化.....	33	第七章 细菌的致病性	94
第三节 细菌的分解代谢.....	38	第一节 宿主非特异性防御机制.....	94
第四节 细菌的生物合成.....	42	第二节 细菌的毒力因子.....	96
第五节 细菌的代谢调节.....	50	第八章 细菌的分类与命名	100
第六节 研究细菌新陈代谢在医 学中的意义.....	53	第一节 细菌在微生物界的位置.....	100
第四章 外界因素对细菌的影响	59	第二节 细菌的命名原则.....	102
		第三节 常用的细菌分类系统.....	103
		第四节 细菌的分类标记.....	111

第二篇 细菌学各论

第九章 革兰氏阳性球菌	117	一、链球菌属.....	131
第一节 微球菌科.....	117	二、肺炎链球菌.....	141
一、葡萄球菌属.....	117	三、气球菌属.....	145
二、微球菌属.....	130	第十章 革兰氏阴性球菌	146
第二节 链球菌科.....	131	第一节 脑膜炎奈瑟氏菌.....	146

第二节 淋病奈瑟氏菌.....	154	(一) 鼠疫耶尔森氏菌.....	259
第三节 布兰汉氏菌属.....	157	(二) 假结核耶尔森氏菌.....	262
第十一章 革兰氏阳性杆菌	158	(三) 小肠结肠耶尔森氏菌.....	263
第一节 棒状杆菌属.....	158	第二节 弧菌科.....	265
一、白喉棒状杆菌.....	158	一、弧菌属.....	265
二、其他棒状杆菌.....	167	(一) 霍乱弧菌.....	266
第二节 李斯特氏菌属.....	168	(二) 副溶血性弧菌.....	275
第三节 丹毒丝菌属.....	170	(三) 溶藻性弧菌.....	278
第四节 芽胞杆菌属.....	171	二、气单胞菌属.....	278
一、炭疽芽胞杆菌.....	171	三、邻单胞菌属.....	281
二、蜡样芽胞杆菌.....	178	第三节 弯曲菌属.....	282
三、枯草杆菌.....	182	第四节 非发酵菌.....	288
第五节 乳杆菌属.....	183	一、假单胞菌属.....	289
第十二章 分枝杆菌属及奴卡氏菌属	185	(一) 铜绿色假单胞菌.....	290
第一节 分枝杆菌属.....	185	(二) 鼻疽假单胞菌.....	296
一、结核分枝杆菌.....	185	(三) 类鼻疽假单胞菌.....	298
二、非典型分枝杆菌.....	193	(四) 荧光假单胞菌.....	298
三、分枝杆菌属的鉴定.....	197	(五) 洋葱假单胞菌.....	299
四、麻风分枝杆菌.....	205	(六) 嗜麦芽假单胞菌.....	300
第二节 奴卡氏菌.....	207	(七) 腐败假单胞菌.....	301
第十三章 革兰氏阴性杆菌	210	(八) 斯氏假单胞菌.....	301
第一节 肠杆菌科.....	210	(九) 其他假单胞菌.....	301
一、概述.....	210	二、产碱杆菌属.....	303
二、埃希氏菌族.....	216	三、不动杆菌属.....	303
(一) 埃希氏菌属.....	216	四、莫拉氏菌属.....	305
(二) 志贺氏菌属.....	224	五、金氏杆菌属.....	307
三、爱德华氏菌族.....	230	六、黄杆菌属.....	310
四、沙门氏菌族.....	233	(一) 脑膜败血黄杆菌.....	310
(一) 沙门氏菌属.....	233	(二) 芳香黄杆菌.....	312
(二) 亚利桑那菌属.....	244	(三) 短小黄杆菌.....	312
(三) 枸橼酸杆菌属.....	245	(四) 产吡啶黄杆菌.....	312
五、克雷伯氏菌族.....	247	七、无色杆菌属.....	312
(一) 克雷伯氏菌属.....	247	(一) 木糖氧化无色杆菌.....	312
(二) 肠杆菌属.....	251	(二) 无色杆菌 Vd 群.....	313
(三) 沙雷氏菌属.....	252	(三) 无色杆菌属的鉴定.....	314
六、变形杆菌族.....	254	第五节 需要特殊营养及其它	
七、耶尔森氏菌族.....	257	革兰氏阴性杆菌.....	314
		一、嗜血杆菌属.....	314

(一) 流感嗜血杆菌·····	314	四、厌氧菌感染·····	352
(二) 埃及嗜血杆菌·····	322	五、厌氧菌的培养方法·····	353
(三) 杜克氏嗜血杆菌·····	323	六、厌氧菌的细菌学检验·····	356
(四) 嗜泡沫嗜血杆菌·····	323	第二节 厌氧性球菌·····	361
(五) 副流感嗜血杆菌·····	323	一、消化球菌属·····	362
(六) 溶血性嗜血杆菌·····	324	二、消化链球菌属·····	362
(七) 阴道嗜血杆菌·····	324	三、韦荣氏球菌属·····	363
二、鲍特氏菌属·····	324	第三节 革兰氏阴性无芽胞厌	
(一) 百日咳鲍特氏·····	324	氧杆菌·····	365
(二) 副百日咳鲍特氏菌·····	329	一、类杆菌属·····	365
(三) 支气管腐败鲍特氏菌·····	329	二、梭杆菌属·····	372
三、布鲁氏菌属·····	329	第四节 革兰氏阳性无芽胞厌	
四、巴斯德氏菌属·····	335	氧杆菌·····	374
(一) 多杀巴斯德氏菌·····	335	一、丙酸杆菌属·····	374
(二) 新种 1 号巴斯德氏菌·····	336	二、真杆菌属·····	376
五、弗朗西丝氏菌属·····	337	三、放线菌属·····	378
六、军团菌属·····	338	第五节 梭菌属·····	381
七、螺菌属·····	346	一、破伤风梭菌·····	382
八、链杆菌属·····	346	二、产气荚膜梭菌·····	384
第十四章 厌氧菌·····	348	三、诺维氏梭菌·····	386
第一节 概述·····	348	四、败毒梭菌·····	387
一、厌氧菌的分布和正常菌群·····	349	五、溶组织梭菌·····	387
二、厌氧菌的生物学分类·····	349	六、艰难梭菌·····	388
三、根据细菌厌氧情况分类·····	351	七、肉毒梭菌·····	390

第 三 篇 病 毒 学

第十五章 病毒的基本性状·····	394	第二节 副粘病毒科·····	435
第一节 形态结构与化学组成·····	395	一、麻疹病毒·····	435
第二节 病毒的增殖·····	399	二、腮腺炎病毒·····	439
第三节 病毒的遗传与变异·····	404	三、副流感病毒·····	440
第四节 病毒的抵抗力·····	409	四、呼吸道合胞病毒·····	441
第五节 病毒的分类与命名·····	412	第三节 腺病毒科·····	443
第十六章 病毒的传染与免疫·····	416	第十八章 肠道病毒(微小 RNA	
第一节 病毒的传染·····	416	病毒科)·····	447
第二节 机体对病毒感染的免		第一节 脊髓灰质炎病毒·····	447
疫性·····	423	第二节 柯萨基病毒·····	850
第十七章 呼吸道病毒·····	429	第三节 ECHO 病毒·····	453
第一节 正粘病毒科·····	429	第四节 新型肠道病毒·····	455

第十九章 肝炎病毒	456	第二十二章 虫媒病毒	479
第一节 甲型肝炎病毒.....	456	第一节 流行性乙型脑炎病毒.....	479
第二节 乙型肝炎病毒.....	460	第二节 森林脑炎病毒.....	481
第三节 非甲非乙型肝炎病毒.....	467	第三节 登革热病毒.....	482
第二十章 疱疹病毒	468	第四节 出血热病毒.....	483
第一节 单纯疱疹病毒.....	468	第五节 黄热病病毒.....	485
第二节 水痘-带状疱疹病毒.....	470	第二十三章 其他病毒	487
第三节 EB 病毒.....	471	第一节 呼肠病毒.....	487
第四节 巨细胞病毒.....	472	第二节 轮状病毒.....	488
第二十一章 痘病毒科	474	第三节 狂犬病病毒.....	490
第一节 天花病毒、痘苗病毒.....	474	第四节 风疹病毒.....	493
第二节 传染性软疣病毒.....	478		

第 四 篇 其 他 微 生 物

第二十四章 衣原体	496	第四节 非固醇原体.....	528
第一节 概述.....	496	第二十七章 螺旋体	529
第二节 沙眼衣原体.....	501	第一节 概述.....	529
第三节 鹦鹉热衣原体.....	505	第二节 钩端螺旋体.....	531
第二十五章 立克次体	507	第三节 梅毒螺旋体.....	541
第一节 概述.....	507	第四节 回归热螺旋体.....	545
第二节 斑疹伤寒立克次体.....	513	第五节 雅司螺旋体.....	547
第三节 恙虫病立克次体.....	515	第六节 奋森氏螺旋体.....	548
第二十六章 支原体	518	第二十八章 真菌	549
第一节 概述.....	519	第一节 概述.....	549
第二节 肺炎支原体.....	524	第二节 浅部真菌.....	558
第三节 尿素支原体.....	527	第三节 深部真菌.....	565

绪 言

微生物和微生物学

微生物 (Microorganisms) 是肉眼看不见的, 必须用光学显微镜 (放大几百倍到上千倍) 或电子显微镜 (放大几万倍) 才能看到的微小生物群体的总称。它们具有体积小、结构简单、代谢旺盛、繁殖迅速、易于变异及分布广泛等特点。

微生物种类繁多, 包括细菌、病毒、支原体、衣原体、立克次氏体、螺旋体、放线菌及真菌八大类。1866年 Haeker 建议, 将微生物分别从植物界或动物界独立出来, 列为第三生物界——原生生物界 (Kingdom Protista)。微生物除了非细胞型的病毒外, 均属于原生生物界。按其细胞结构、组成等差异, 原生生物又可分为原核细胞型 (Prokaryotic) 和真核细胞型 (Eukaryotic) 两大类。

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, 体积最小, 能通过细菌滤器, 一般不能在光学显微镜下观察到, 须用电子显微镜放大数万倍才能见到, 不具细胞结构, 只能在活细胞内增殖。

2. 原核细胞型 (Prokaryotic) 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。包括细菌、衣原体、立克次氏体、支原体、螺旋体和放线菌等。

3. 真核细胞型 (Eukaryotic) 微生物 细胞核的分化程度较高, 有核膜和核仁, 能进行有丝分裂, 胞浆内有完整的细胞器。如真菌。

表 原核细胞与真核细胞的特征

特 征	原 核 细 胞	真 核 细 胞
核 膜	—	+
有丝分裂	—	+
染色体数	1	多于 1
线 粒 体	—	+ (或—)
核糖体沉降系数	70S	80S
叶 绿 素	—	+ (或—)
阿米巴运动	—	+ (或—)
运 动 器 官	鞭毛或轴丝	纤毛
细胞壁及成分	+ (一部分—) 肽聚糖	+ (或—) 壳质或纤维素

微生物广泛分布于自然界, 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, 其中以土壤中的微生物最多。在人类、动物、植物的体表, 以及与外界沟通的腔道中, 亦有多种微生物的寄生。

绝大多数微生物对人类和动、植物是有益, 甚至是必需的。自然界中许多物质循环要靠微生物的作用来进行。例如, 存在于土壤中的动植物蛋白 (尸体及人和动物的排

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，以供植物生长发育的需要，而植物又为人类和动物所利用。又如，空气中的大量氮气，也只有依靠固氮菌的作用后，才能被植物利用。由此可见，没有微生物，植物就不能生长，人和动物也将无法生存。

微生物与人类的生活及生产的关系密切。我国古代早就利用微生物酿酒制醋。随着生产需要和科学的发展，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；在冶金、石油、化工等部门的应用越来越广泛，例如利用以石油为原料的微生物进行石油脱蜡。

利用微生物的特殊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日益受到人们的重视。

正常情况下，寄生在人类和动物口、鼻、咽部和消化道的微生物是无害的，有些尚具有拮抗某些微生物的作用。定居在肠道中的大肠杆菌等还能提供人类必需的硫胺素、核黄素、烟酸、维生素 B₁₂、维生素K和多种氨基酸等营养物质。只有少数微生物对动植物和人类有害，可引起传染性疾病，这类有致病作用的微生物称为病原微生物（Pathogenic microorganism）。

微生物学（Microbiology）是研究对人类有益的微生物用之于生产实践和保护、控制自然环境；研究改造、控制和消灭对人类有害的微生物等问题的科学。由于生产实践的需要和本门学科的发展，亦逐渐形成了许多分支。着重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、分子微生物学等。在应用领域中有农业微生物学、工业微生物学、食品微生物学、海洋微生物学、兽医微生物学和医学微生物学等。各分支学科间的相互配合和促进，使整个微生物学全面地向纵深发展。

医学微生物学（Medical microbiology）是一门医学基础课程，主要研究与医学有关的病原微生物的生物学性状、传染致病的机理，为微生物学的特异防治和诊断提供基础理论知识和技能，并为学习其他基础医学和临床专业课程奠定基础。

临床微生物学（Clinical microbiology）是医学检验专业的专业课程之一，它的主要任务是：患者的疾病是由何种微生物引起的（诊断），该微生物具有哪些特性（鉴定），如何预防和有效治疗（防治）。因此，临床微生物学要研究迅速发现病原微生物的方法、正确鉴定微生物的技术，以期快速、准确地作出病原学诊断，并为有效防治和预后判断提供科学依据。

微生物学发展史

微生物学的发展，也象其他科学一样，都是由生产发展的需要和人们的实践产生的，人们在长期的生产斗争中认识自然，改造自然，推动了自然科学的发展。科学的发展反过来又对生产实践起着巨大的指导作用，促进生产实践向前发展。微生物学的发展过程也是如此。

古代对微生物的认识 在上古时代，我们的祖先虽然没有看到微生物，但在向自然

原书缺页

原书缺页

第一篇 细菌学总论

第一章 细菌的形态与结构

细菌 (Bacterium) 是一类具有细胞壁的单细胞生物, 属于原生物界中的原核细胞型 (Prokaryotic cell type)。各种细菌的形态与结构不尽相同, 即使是同一种细菌, 可因不同因素而有所不同。一般所述的形态与结构, 是细菌在适宜培养条件下生长旺盛时期的特征。研究细菌形态与结构的特点, 对于鉴别细菌、诊断疾病, 和研究细菌的致病性与免疫性, 都具有重要的理论与实际意义。

第一节 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见, 一般以微米 (μm , $1\mu\text{m} = 1/1,000\text{mm}$) 作为测量其大小的单位。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, 其大小有所差异。大多数球菌直径约 $1\mu\text{m}$, 杆菌长约 $2 \sim 3\mu\text{m}$, 宽 $0.3 \sim 0.5\mu\text{m}$ 。

根据细菌的外形可分为球菌、杆菌和螺形菌三类 (图 1-1-1)。

球菌 多数球菌 (coccus) 直径约 $0.8 \sim 1.2\mu\text{m}$, 呈圆球形、矛头状或肾状。由于分裂

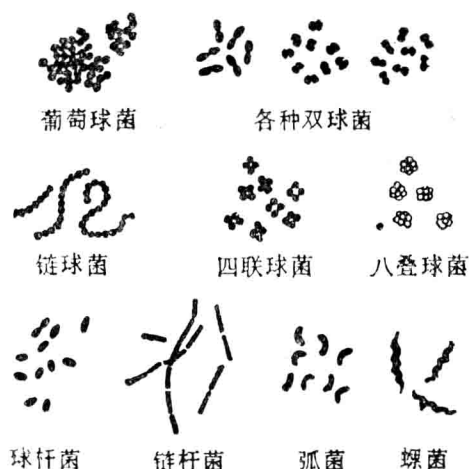


图 1-1-1 细菌的各种形态

繁殖时细胞分裂平面不同，分裂后菌体间分离是否完全，可形成不同的排列方式。球菌在一个平面上分裂，分裂后两个菌体成对排列者为双球菌（diplococcus），如肺炎双球菌、脑膜炎双球菌；若分裂后多个菌体相连成链状，则称链球菌（streptococcus），如溶血性链球菌。细菌在两个互相垂直的平面上分裂，分裂后四个菌体排列在一起为四联球菌（micrococcus tetragenus）；细菌在三个互相垂直的平面上分裂，分裂后八个菌体重叠呈立方体状为八叠球菌（sarcina）；若细菌在多个不规则的平面上分裂，分裂后菌体无一定规律，杂乱堆积如一串葡萄状，称为葡萄球菌（staphylococcus）。

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长约3~10μm，小的如土拉热杆菌长约0.3~0.7μm。多数杆菌两端钝圆，也有少数平截呈方形或末端膨大呈棒状。一般分散存在，无一定排列形式，偶有成对链状者，个别呈特殊的排列如栅栏状或Y、V、L 字样。

螺形菌 螺形菌（spirillar bacterium）菌体弯曲，可分二类。菌体只有一个弯曲呈逗点或弧形者为弧菌（vibrio），如霍乱弧菌；有几个弯曲而菌体较为坚硬者为螺菌（spirilla），如鼠咬热螺菌。

第二节 细菌的结构

细菌是单细胞的微生物，形体虽小，但仍有一定的细胞结构。细菌的结构，可分为表面结构（细胞壁与表面粘着物）、附件（鞭毛与菌毛）与内部结构（细胞浆、细胞膜及核质等）三大部分。一般将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的结构称为特殊结构（图1 -2-1）。

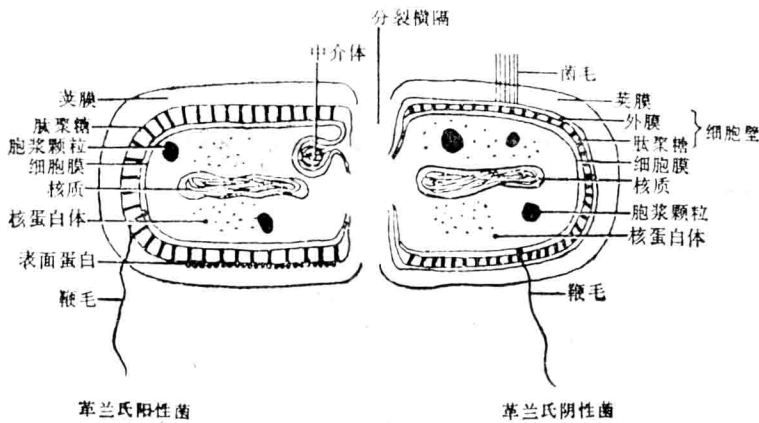


图 1-2-1 细菌细胞结构模式图

一、细菌的基本结构

细菌的基本结构，包括细胞壁、细胞膜、细胞浆、核质及胞浆颗粒等。其微细结构

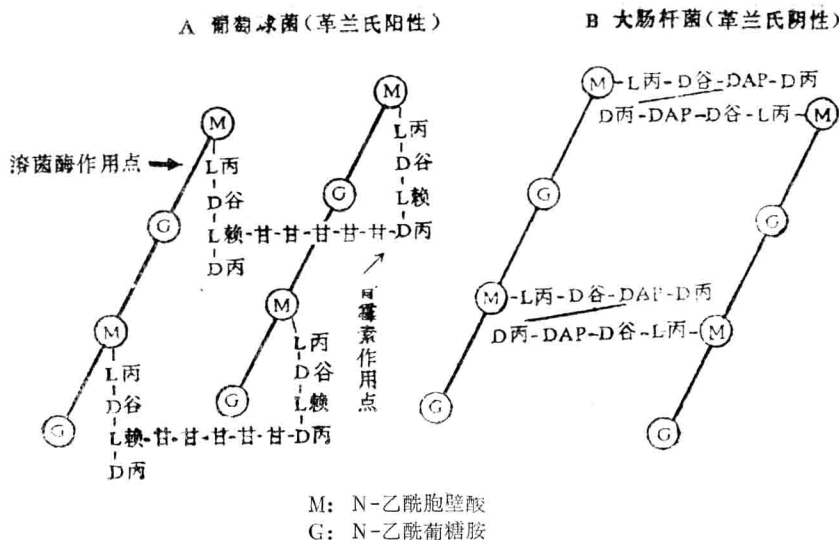


图 1-2-3 金黄色葡萄球与大肠杆菌的细胞壁肽聚糖结构

肽聚糖是细菌细胞壁的主要成分并起保护作用，因此，凡能破坏肽聚糖结构或抑制其合成的物质，大多能损伤细胞壁使细菌变形或裂解。如溶菌酶能切断 N-乙酰葡萄糖胺与 N-乙酰胞壁酸之间的 β -1,4 键分子连接，青霉素能干扰甘氨酸交联桥与四肽侧链上 D-丙氨酸之间的联结，使细菌不能合成完整的细胞壁。革兰氏阳性细菌细胞壁含肽聚糖成分多，一旦肽聚糖层受损则其细胞壁几乎完全缺陷，在一般环境中很易裂解死亡。革兰氏阴性细菌因肽聚糖成分少，即或肽聚糖层受损，仍保留细胞壁其他层次，故对溶菌酶和青霉素有耐性。

革兰氏阳性细菌和革兰氏阴性细菌的细胞壁的结构和组成有很大差异。

革兰氏阳性细菌的细胞壁 细胞壁较厚，约 20~80nm，其主要成分为肽聚糖，约有 15~50 层，每层厚度约 1nm，占细胞壁干重的 50~80%。革兰氏阳性细菌细胞壁还含有大量磷壁酸 (teichoic acid)，占细胞壁干重的 20%，磷壁酸是由核糖醇或甘油残基经由磷酸二酯键互相连接而成的多聚物，并可带有一些氨基酸或糖残基。故磷壁酸从化学结构上可分为核糖醇型和甘油型两种类型。约 30 个或更多的磷壁酸重复单位构成长链穿插在肽聚糖网络达细胞壁表面。磷壁酸长链的一端由共价键与细胞壁肽聚糖上的胞壁酸相连，另一端游离伸出细胞壁之外者，称壁磷壁酸 (wall teichoic acid)，其化学结构大多为核糖醇型，也有少数是甘油型；有的磷壁酸长链末端由共价键与胞浆膜外层上糖脂相连称膜磷壁酸 (membrane teichoic acid) 或脂磷壁酸 (lipoteichoic acid, LTA)，全为甘油型。

磷壁酸的抗原性很强，是革兰氏阳性细菌的重要表面抗原，与血清学分型有关。磷壁酸带有较多的负电荷，它与镁离子结合，保持一定量的结合性镁离子，可能是维持胞浆膜结合酶的活性所需要。近来发现某些细菌如 A 群链球菌的 LTA 能粘附在人类细胞表面，起类似菌毛的作用，与细菌的致病性有关 (图 1-2-4A)。

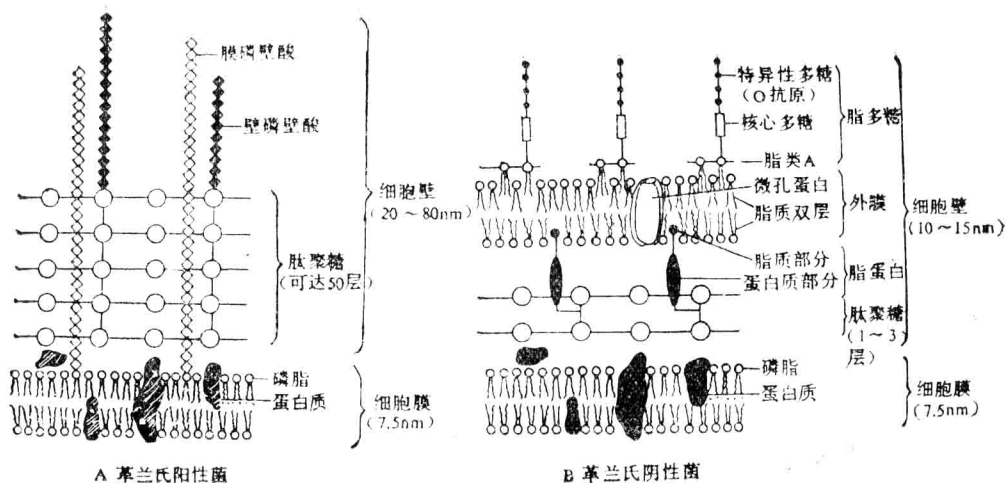


图 1-2-4 细胞壁结构模式图

革兰氏阴性细菌的细胞壁 细胞壁较薄，厚度约 10~15nm，结构比较复杂。肽聚糖含量少，只有 1~3 层，仅占细胞壁干重的10~20%左右；肽聚糖层之间由四肽侧链直接交联，缺乏五肽桥，不能形成三维结构，故其结构较为疏松薄弱。在肽聚糖层外有脂蛋白、外膜和脂多糖三层结构，彼此有一部分重叠（图1-2-4B），约占细胞壁干重的80%。

1. 脂蛋白 (lipoprotein) 由脂质和蛋白质构成，一端以蛋白质部分共价键联接于肽聚糖四侧链中的二氨基庚二酸上，另一端则由脂质部分非共价键联接于外膜的磷脂上。

2. 外膜 (outer membrane) 是一层曲折呈波状的结构，厚度约 8~10nm，约占细胞壁干重的80%。为双层脂质的液体结构，外膜的内层是磷脂，外层可能就是脂多糖中的脂类A。外膜中镶嵌一些特殊的蛋白质，其中之一为基质蛋白(matrix protein)，又称主要蛋白 (major protein) 或微孔蛋白 (porin)，穿透外膜的内外双层，构成三面体，中间形成微小的孔道，可容许一些水溶性小分子通过，以进行细胞内外的物质运输和交换。另一为次要蛋白 (minor protein)，可能与特定的营养物质运输有关。外膜蛋白质还可作为某些噬菌体及性菌毛的受体。由于革兰氏阴性细菌外膜有阻止大分子通透的屏障作用，故对青霉素及溶菌酶比革兰氏阳性细菌有较大的抵抗力。

3. 脂多糖 (lipopolysaccharide, LPS) 即革兰氏阴性细菌的内毒素 (endotoxin)，借疏水键与外膜相连。由特异多糖、脂类 A 和核心多糖三种成分组成。

特异多糖位于脂多糖的最外层表面，为革兰氏阴性细菌的主要表面抗原，称为菌体抗原 (O 抗原)，系由若干个（最多可达40个）重复单位所构成，每一重复单位可以是直线排列的三糖，也可以是呈分枝排列的四糖或五糖。依构成重复单位的单糖种类和排列顺序不同，决定各种革兰氏阴性细菌抗原的特异性。

脂类A是由焦磷酸键联结的葡萄糖胺聚二糖链，上面结合有许多长链脂肪酸。现认为外膜的外层可能就是脂类A。脂类A是脂多糖的毒性部分，是内毒素的主要成分，与细

菌的致病力有关。脂类A无种属特异性，各种革兰氏阴性菌均相同，故不同革兰氏阴性细菌感染时，由内毒素引起的毒性作用均大致相似。

核心多糖位于脂类A的外层，由2-酮基-3-脱氧辛酸(2-keto-3-deoxyoctonic acid)、庚糖、磷酸乙醇胺等组成。核心多糖具有组特异性，同一组细菌的核心多糖相同。

(二) 细胞膜 (cytoplasmic membrane)

性质与结构 细胞膜位于细胞壁内侧，是紧密包裹在细胞浆外的柔软而富弹性的薄膜，厚7.5nm。基本结构是平行的脂类双层，大多是磷脂，少数是糖脂。脂类分子呈双相性，其亲水极性基团(磷酸甘油等)朝向膜的两侧，疏水的非极性基团(脂肪酸)则朝向膜内。在脂类双层中镶嵌有多种蛋白质，多为具有特殊作用的酶类和载体蛋白，其位置或在膜的表面，或由一侧嵌入膜内，也可穿透脂类双层而露出于膜的两侧。脂类双层呈液态，镶嵌于其中的蛋白质位置常有移动变化(图1-2-5)。

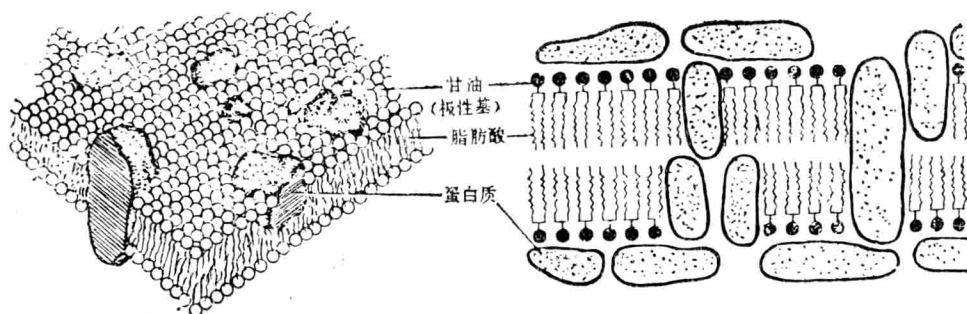


图 1-2-5 细胞膜结构模式图

主要功能 细胞膜的主要功能有：

1. 物质转运 细胞膜上有许多小孔，具有选择性通透作用，能容许某些小分子可溶性物质通过。细胞膜上还嵌有特异的载体蛋白如透性酶(Permease)，能在胞膜外侧与特定的营养物质结合，在脂类双层间移动至胞膜内侧卸下，使营养物质能逆浓度梯度由低浓度向高浓度运输，完成其主动转运的作用。

2. 呼吸作用 需氧菌的细胞膜上(主要在中介体中)含有细胞色素和其他呼吸酶，包括某些脱氢酶，可以转运电子，完成氧化磷酸化作用，参与细胞呼吸的过程，与能量的产生、储存和利用有关。

3. 分泌胞外酶 细菌通过细胞膜的小孔，向胞外排出水解酶，将大分子营养物分解为简单的小分子化合物，然后摄入胞内供营养所需。

4. 生物合成 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。

中介体(mesosome) 是细胞膜向内陷入胞浆中折叠而形成的管状或囊状结构，一个细菌细胞内可有一个或几个中介体，常位于菌侧面(侧中介体)或靠近中央横膈处(横膈中介体)，每与核质相连，当细菌分裂时横膈中介体也一分为二，各自带着复制后的一套核质进入子代细菌。中介体扩大了细胞膜的表面积，相应地也增加了酶的含