



教育部职业教育与成人教育司推荐教材
卫生职业学校教学改革实验用书

病原生物与免疫学基础

(护理、药学和医学相关专业用)

主编 曹 宁



高等教育出版社

教育部职业教育与成人教育司推荐教材
卫生职业学校教学改革实验用书

病原生物与免疫学基础

(护理、药学和医学相关专业用)

主 编 曹 宁
副主编 饶洪洋 蒋启发
主 审 李诚涛 杨 靖
编 者 (以姓氏拼音为序)
杨 岸 毕节卫生学校
杨汉正 盐城卫生学校
张军琴 张家口教育学院

高等教育出版社

内容提要

本书是根据教育部《2004—2007 年职业教育教材开发编写计划》(教职成司函[2004]13 号)的精神编写而成的。

全书分为病原生物学基础、免疫学、常见的病原生物三篇共十二章,并附有实验指导。教材本着卫生职业教育的学生对本学科知识的掌握以“够用”、“必需”的原则,内容编排合理、易懂,便于学生学习和掌握。在保证本教材完整性和系统性的基础上,又体现了时代性和先进性,将当今社会医学领域的现实与进展在教材中有所反映,并引导学生正确理解。突出了基础学科为临床服务,强调了与临床的结合,增强了实用性。

教材的主要特点:① 教材的框架和层次结构更加科学合理,并根据卫生职业教育学生的特点,强调了从简单到复杂,由浅入深地使学生掌握和理解;② 篇章编排有新意,体现了教学目标与测试题的前后呼应,重点突出;③ 本教材图文并茂,各位编者皆创作、采用了一些新的图表,有利于学生的理解和记忆。

本教材的适用对象是卫生职业学校护理、药学和医学相关类专业的学生。

图书在版编目(CIP)数据

病原生物与免疫学基础 / 曹宁主编. —北京:高等教育出版社,2005.6

护理、药学和医学相关类专业用

ISBN 7-04-017269-0

I. 病... II. 曹... III. ①病原微生物-职业教育-教材②医药学:免疫学-职业教育-教材
IV. R37②R392

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 054586 号

策划编辑 席 雁 责任编辑 薛 玥 封面设计 刘晓翔 责任绘图 朱 静
版式设计 王 莹 责任校对 殷 然 责任印制 韩 刚

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>

经 销 北京蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 高等教育出版社印刷厂

开 本 787×1092 1/16
印 张 18.25
字 数 440 000
插 页 1

版 次 2005 年 6 月第 1 版
印 次 2005 年 6 月第 1 次印刷
定 价 24.10 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 17269-00

前 言

教育部《2004—2007年职业教育教材开发编写计划》和教育部、卫生部制定的《技能型紧缺人才培养指导方案》，确定了以全面素质教育为基础，以就业为导向，以能力为本位，以市场需求为依据，面向市场、面向社会，努力造就现代医护领域一线迫切需要的高素质技能型人才的培养方向。本教材就是根据此培养目标的基本原则和要求编写的，力求做到科学性、先进性、适用性和创新性相结合。

本教材坚持以就业为导向，以全面素质教育为基础，以人为本、与时俱进的编写原则，根据学生的认知水平和能力，构建了适应五年制高职医学相关专业学生学习的课程体系，教材论述严谨，文字精炼，语言流畅，层次分明，内容编排定位准确，图文并茂，在每章节前有学习目标，着力强调本章节的学习重点及必读内容，每节后附有测试题，以便于学生复习巩固教材内容，强调对学生学习效果的评价。本教材强调能力培养，增加了临床和实践的内容，缩小了教学与临床的距离。

本教材分三篇十二章，后附实验指导。第一篇中第一章由曹宁编写，第二章由杨岸编写，第二篇中第三章第一节至第五节由张军琴编写，第六节、第七节由黄加忠编写，第四章由蒋孔新编写，第三篇中第五章第一节至第三节由曹宁编写，第四至第七节由黄加忠编写，第六章、第七章由饶洪洋编写，第八章由杨汉正编写，第九章至第十二章由蒋启发编写，实验指导由杨岸等编写。张长庆、赵欣、徐西敬、刘辉等同志对本书的编写做了一定的工作，在此表示深深的谢意。

在编写过程中，全体编写人员都付出了辛勤劳动，限于我们的学术水平和编写能力，教材中不足甚至错误在所难免，恳请广大师生批评指正，谢谢。

曹 宁

2005年1月

目 录

第一篇 病原生物学基础

第一章 微生物概述	2	第二节 细菌与外界环境	18
第二章 细菌概述	4	第三节 细菌的致病性	24
第一节 细菌的形态、结构与生理	4		

第二篇 医学免疫学

第三章 免疫学基础	34	第七节 主要组织相容性复合体	84
第一节 免疫的概念与功能	34	第四章 临床免疫	90
第二节 抗原	36	第一节 超敏反应	90
第三节 免疫球蛋白	44	第二节 免疫缺陷病与自身免疫病	99
第四节 免疫系统	53	第三节 免疫学诊断	106
第五节 免疫应答	66	第四节 免疫学防治	113
第六节 抗感染免疫	78		

第三篇 常见的病原生物

第五章 常见病原菌	122	第五节 其他病毒	188
第一节 化脓性球菌	122	第八章 其他微生物	192
第二节 肠道杆菌	130	第一节 支原体	192
第三节 弧菌属	136	第二节 立克次体	195
第四节 厌氧性细菌	138	第三节 衣原体	198
第五节 分枝杆菌属	143	第四节 螺旋体	200
第六节 动物源性细菌	149	第五节 放线菌	206
第七节 其他病原性细菌	155	第六节 真菌	207
第六章 病毒概述	158	第九章 人体寄生虫学概述	213
第一节 病毒的基本性状	158	第十章 医学蠕虫	218
第二节 病毒的致病性与免疫性	162	第一节 线虫纲	218
第三节 病毒感染的检查方法与防治原则	163	第二节 吸虫纲	228
第七章 常见病毒	167	第三节 绦虫纲	236
第一节 呼吸道病毒	167	第十一章 医学原虫	244
第二节 肠道病毒	173	第一节 根足虫纲	244
第三节 肝炎病毒	177	第二节 鞭毛虫纲	247
第四节 人类免疫缺陷病毒	185	第三节 孢子虫纲	251

第十二章 医学节肢动物	257	实验二 细菌的培养与代谢产物观察.....	263
第一节 概述.....	257	实验三 细菌的检查及消毒灭菌.....	265
第二节 常见的医学节肢动物.....	258	实验四 免疫学实验.....	266
病原生物与免疫学基础实验指导	261	实验五 病原性细菌.....	272
实验目的及实验室规则.....	261	实验六 病毒及其他微生物.....	274
实验一 细菌的形态检查.....	261	实验七 医学蠕虫.....	276
		实验八 医学原虫与医学节肢动物.....	280

第 一 篇

病原生物学基础

第一章 微生物概述

学习目标

1. 掌握微生物、病原微生物的概念
2. 熟悉微生物的分类
3. 了解微生物与人类的关系

一、微生物的概念与分类

微生物(microorganism)是存在于自然界的一大群形体微小、结构简单、分布广泛、增殖迅速,肉眼不能直接观察到,必须用显微镜放大几百倍甚至几万倍才能看到的微小生物。微生物在自然界分布极为广泛,土壤、空气、水、人类和动植物的体表及与外界相通的腔道中都存在数量不等、种类不一的微生物。依其形态结构及组成不同可分为以下三大类。

1. 原核细胞型微生物 细胞的分化程度较低,细胞内仅有原始核质,无核膜与核仁,缺乏完整的细胞器,具有胞质膜,同时具有两类核酸。包括细菌、放线菌、支原体、衣原体、立克次体及螺旋体等。

2. 真核细胞型微生物 细胞核的分化程度较高,有核膜和核仁;胞质内细胞器完整;同时含有两类核酸。真菌属于此类微生物。

3. 非细胞型微生物 是最小的一类微生物,能通过细菌滤器;无典型的细胞结构和产生能量的酶系统,仅由一种核酸(DNA 或 RNA)和蛋白质组成,必须寄生在活细胞内,通过核酸复制的方式进行增殖。如病毒。

二、微生物与人类的关系

微生物在自然界中分布广泛,各种不同的微生物种群与周围环境和人体共同形成生态系统。自然界中绝大多数的微生物对人类和动植物的生存是无害的,甚至是必不可少的。对于地球上生物的繁荣发展及食物链的形成,微生物起着重要作用,如果没有微生物把有机物降解成无机物并产生大量的二氧化碳,其结果将是地球上有机废物的大量堆积,新的有机物又无法合成,在这样的生态环境中一切生物都将无法生存,因此微生物的参与是自然界物质循环的一个重要环节。

目前,人类已将微生物技术应用到各个领域,并创造出极大的物质财富。在食品工业、发酵、农业、化工、石油、医药工业等领域充分利用微生物为人类谋求福利。在农业方面,广泛应用微生物制造菌肥、植物生长激素等,也可利用微生物来杀虫、灭虫。在医药工业中可选用微生物制造抗生素、维生素、辅酶等。在环保工程中可用微生物来降解污水中的有机磷、氰化物等有毒物质。在遗传工程或基因工程技术中已用微生物作为基因载体生产人类需要的生物制品,例如干扰素、

胰岛素等,噬菌体和质粒是分子生物学中的重要载体;限制性核酸内切酶是细菌代谢的产物;大肠埃希菌、枯草芽胞杆菌及酵母菌是常用的工程菌等。

少数微生物能引起人和动植物的病害,这些具有致病作用的微生物称为病原微生物。有的微生物还能引起人类食品和生活用品的腐败变质。定居在机体的微生物与宿主之间构成一定的微观生态关系,对机体内组织、器官、细胞等的生态环境有影响。当机体内的微生态环境处于平衡状态时,机体表现为生理现象,如正常菌群的存在可暂时或长期对宿主不显示危害,而宿主的某些病理变化可作为微生态失调的微观环境因素。为此,制定微生态防治的策略,利用正常菌群成员或其促助物质制成微生物制剂,以维持和调整微生态平衡,可以达到防治疾病、增进健康的目的。

三、医学微生物学

医学微生物学(medical microbiology)是主要研究与医学有关的病原微生物与条件致病性微生物的生物学性状、致病性、免疫性、微生物学检查及特异性防治原则的一门科学。学习医学微生物学的目的,是为学习其他基础医学、临床医学、预防医学,尤其为消灭和控制传染性疾病,保障和提高人类的健康水平,打下良好的基础。随着人类社会的进步和医学的发展,我们相信大部分传染病将被控制在较低的发病率,某些传染病将被消灭。但微生物将永远伴随人类而存在,有时还将会出现新的病原微生物及新的传染病,例如,由新型冠状病毒引起的重症急性呼吸道综合征(severe acute respiratory syndrome, SARS),2002年秋从广东开始,先后波及香港、北京以及新加坡、加拿大等国家和地区,因此人类与病原微生物的斗争是永远不会结束的,医学微生物学工作者任重道远。生命科学的进步和科学技术的不断发展,为医学微生物学的发展提供了更有利的条件,也将在保障人民健康,提高民族素质方面做出更大贡献。

测 试 题

一、单项选择题

- B 1. 不属于原核细胞型的微生物是 病毒 ~~细菌~~ ~~支原体~~ ~~衣原体~~ ~~放线菌~~
A. 细菌 B. 病毒 C. 支原体 D. 衣原体 E. 放线菌
- A 2. 有关原核细胞型微生物错误的描述是 细胞核分化程度高
A. 细胞核分化程度高 B. 无核膜和核仁 C. 缺乏完整的细胞器 D. 仅有原始核 E. 包括螺旋体
- C 3. 人类观察微生物的方式是
A. 用肉眼 B. 用放大镜 C. 用显微镜 D. 以上皆可 E. 以上皆不是
- B 4. 下列是原核细胞型微生物的是
A. 细菌和病毒 B. 立克次体和放线菌 C. 真菌和细菌 D. 病毒和衣原体 E. 病毒
- D 5. 微生物与人类的关系描述正确的是
A. 自然界到处都有微生物是令人可怕的 B. 绝大多数微生物对人类是致病的
C. 在人体中的微生物数量很少 D. 微生物参加自然界物质的循环
E. 在人体内无微生物

二、思考题

1. 简述微生物与人类的关系。
2. 生活中哪些现象与微生物有关?

第二章 细菌概述

第一节 细菌的形态、结构与生理

学习目标

1. 掌握细菌的大小、基本形态,细菌的特殊结构及意义,细菌繁殖的条件,细菌变异在医学上的意义
2. 熟悉细菌的基本结构,细菌在培养基中的生长现象,细菌的新陈代谢产物,细菌常见的变异现象
3. 了解细菌生长繁殖的方式、速度及规律,细菌的变异机制

细菌(bacterium)是一类具有细胞壁和核质的原核细胞型微生物。其特点包括结构简单、个体微小、数量大、种类多,有细胞壁和原始的核质,无完整的细胞器,以无性二分裂方式繁殖和对抗生素等药物敏感等。在一定条件下,细菌的形态和结构相对稳定,了解细菌的基本性状,对研究细菌的致病性、免疫性、鉴别细菌以及细菌感染性疾病的诊断和防治等都具有重要的意义。

一、细菌的大小与形态

(一) 细菌的大小

细菌个体微小,须经显微镜放大数百倍至上千倍才能看见。通常以微米($1\mu\text{m} = 1/1000\text{mm}$)作为测量其大小的单位。大多数球菌的直径为 $1.0\mu\text{m}$ 左右,杆菌长约 $2\sim 5\mu\text{m}$ 、宽约 $0.3\sim 1\mu\text{m}$ 。不同种类的细菌大小不一,同一种细菌也可因菌龄与环境等因素的影响,大小也有差异。细菌无色半透明,只有经过染色后才能清楚地观察其轮廓和结构。在细菌学中,最常见的染色法是革兰染色法,通过革兰染色,不仅能清楚地观察细菌的形态,还可将细菌分为革兰阳性(G^+)菌和革兰阴性(G^-)菌。 G^+ 菌等电点(pI)的pH为 $2\sim 3$, G^- 菌等电点(pI)的pH为 $4\sim 5$,故细菌在中性或弱碱性环境中带负电。

(二) 细菌的形态

细菌有球形、杆形、螺旋形三种基本形态。根据细菌的基本形态,将细菌分为三种类型:球菌、杆菌、螺形菌(图2-1)。

1. 球菌(coccus) 直径 $0.8\sim 1.2\mu\text{m}$,呈球形或近似球形,根据细菌分裂的平面和菌体之间排列方式将球菌分为:

- (1) 双球菌 细菌在一个平面分裂后两个细菌成双排列,如肺炎链球菌、脑膜炎奈瑟菌等。
- (2) 链球菌 细菌在一个平面上分裂后多个菌体相连排列成链状,如乙型溶血性链球菌等。

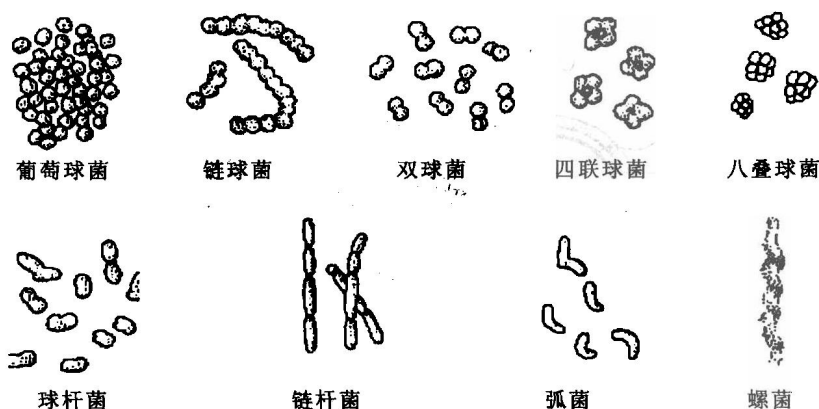


图 2-1 细菌的基本形态

(3) 葡萄球菌 细菌在多个不规则的平面上分裂,呈不规则排列而堆积呈葡萄串样,如金黄色葡萄球菌。

此外尚有细菌在两个或三个相互垂直的平面上分裂而形成的四联球菌和八叠球菌等。

2. 杆菌(bacillus) 呈直杆状、球杆状或梭杆状等。各种杆菌大小、长短与粗细差异较大。杆菌菌体两端多呈钝圆形,少数两端平齐。较典型的长杆菌,如大肠埃希菌;较粗大的杆菌,如炭疽杆菌;菌体较短的球杆菌,如布氏杆菌;菌体有分枝状的分枝杆菌,如结核分枝杆菌;菌体末端膨大呈棒状的棒状杆菌,如白喉棒状杆菌;菌体有芽胞的芽胞杆菌,如破伤风芽胞杆菌等。除个别杆菌如炭疽芽胞杆菌呈链状排列外,多数杆菌呈分散排列。

3. 螺形菌(spiral bacterium) 菌体弯曲,分为两类:①弧菌 菌体只有一个弯曲,呈弧形或逗点状,如霍乱弧菌、副溶血性弧菌等。②螺菌 菌体有连续的几个弯曲,较僵硬,如鼠咬热螺菌;也有的菌体弯曲呈弧形或螺旋形,称为螺杆菌,如幽门螺杆菌。

细菌的形态易受培养温度、时间、培养基成分、pH 等理化因素的影响,一般只有在生长条件适宜时,培养 18~24 h 的细菌才能形成较为典型的形态。幼龄与衰老的细菌,或当环境中存在有抗生素、体液中溶菌酶、补体、抗体及环境中盐含量过高等不利于细菌生长的物质存在时其形态不规则,常出现多形态性或衰退型,难于识别。因此临床实验室诊断时应选用适宜培养条件下生长旺盛的细菌。分离和鉴定临床标本中的细菌时,也应注意细菌因受来自机体或环境因素的影响所致的形态改变。

二、细菌的结构

细菌的结构分为基本结构与特殊结构。基本结构是所有细菌都具有的结构,由外向内依次为细胞壁、细胞膜、细胞质和核质;特殊结构仅见于某些细菌,包括鞭毛、菌毛、荚膜和芽胞等(图 2-2)。

(一) 细菌的基本结构

1. 细胞壁(cell wall) 细胞壁是细菌细胞的最外层结构,无色透明,坚韧而有弹性,厚度随菌而异,平均为 15~30 nm。一般在光学显微镜下不易看到。细胞壁的作用是维持细菌的一定形态,并保护细菌细胞,使之可以承受胞内由高浓度的无机盐离子和营养物质造成的 506.6~

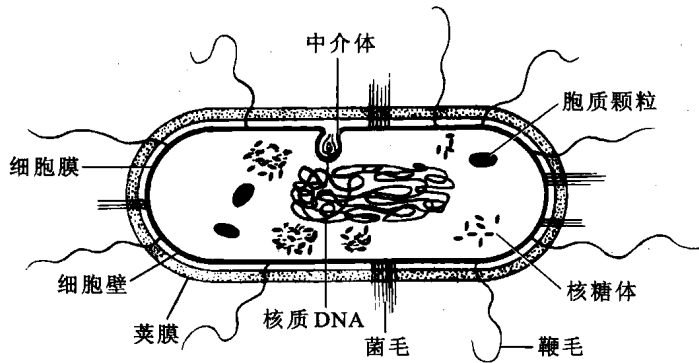


图 2-2 细菌的基本结构与特殊结构

2533.1 kPa(相当于 5~25 个大气压)的强大渗透压,使细菌在低渗环境中生长而不被裂解和变形,起到屏障作用。另外细胞壁上有许多小孔,可容许水分子及一些营养物质自由通过,担负细菌细胞内外的物质交换。细胞壁上还带有多种抗原决定簇,决定某些菌体表面抗原的作用。细胞壁是一种膜状结构,其化学组成比较复杂,并随不同细菌而异。细胞壁的肽聚糖是革兰阳性(G^+)菌和革兰阴性(G^-)菌两大类细菌的共同组分,但两类细菌各自又有其特殊组分。

(1) 肽聚糖 肽聚糖(peptidoglycan)又称黏肽(mucopeptide),是原核生物细胞所特有的物质,是细菌细胞壁的主要化学成分。 G^+ 菌细胞壁的肽聚糖较多,有 15~50 层,其含量占细胞壁干质量的 50%~80%;而 G^- 菌细胞壁只有 1~2 层,占细胞壁干质量的 5%~10%。 G^+ 菌的肽聚糖由聚糖骨架、短肽侧链、五肽交联桥三个部分组成, G^- 菌肽聚糖仅由聚糖骨架和短肽侧链两部分组成。聚糖骨架由 N -乙酰葡萄糖胺(G)和 N -乙酰胞壁酸(M)经 β -1,4 糖苷键连接,交替间隔排列而成。短肽侧链是由四或五个氨基酸组成。 G^+ 菌细胞壁肽聚糖由 N -乙酰胞壁酸连接四肽侧链,四肽侧链再与五肽交联桥相连,组成三维立体网状结构。各种细菌细胞壁的聚糖骨架均相同,而短肽侧链上氨基酸的组成数量及连接方式因菌种而异。如金黄色葡萄球菌(G^+)细胞壁四肽侧链的氨基酸依次为 L-丙氨酸、D-谷氨酸(或 D-异谷氨酰胺)、L-赖氨酸和 D-丙氨酸,L-赖氨酸通过一个由 5 个甘氨酸组成的交联桥连接于相邻聚糖骨架上的四肽侧链第 4 位 D-丙氨酸上,从而这三者构成坚韧牢固的三维立体框架结构; G^- 菌的肽聚糖构成简单,如大肠埃希菌的肽聚糖,四肽侧链中的第 3 位是二氨基庚二酸(DAP),而且直接与相邻的四肽侧链的第 4 位 D-丙氨酸连接,两者间无五肽交联桥结构,属于疏松的二维结构,属单层平面较疏松的网络。由于 G^+ 菌和 G^- 菌细胞壁肽聚糖的组成存在差异,这一点决定了两类细菌染色性不同,抗原性、毒性、药物敏感性也存在很大差别。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 糖苷键的分子连接,破坏肽聚糖骨架,引起细菌裂解;青霉素能干扰甘氨酸交联桥与四肽侧链上的 D-丙氨酸之间的连接,使细菌不能合成完整的细胞壁,从而导致细菌死亡。 G^+ 菌细胞壁主要成分为肽聚糖,所以对能破坏肽聚糖结构的溶菌酶、青霉素等敏感,而 G^- 菌细胞壁肽聚糖含量较少,且有外膜和脂多糖保护,故溶菌酶、青霉素等对其作用甚微。人与动物的细胞无细胞壁,也无肽聚糖结构,故以上药物对人体细胞无毒性作用。除肽聚糖这一基本成分外, G^+ 和 G^- 菌的细胞壁还各有其特殊结构及成分。

(2) G^+ 菌细胞壁的其他组分 G^+ 菌细胞壁较厚,除肽聚糖结构外,还有大量的磷壁酸(tei-

choic acid), 根据其结合部位不同可分为两种: 其一是长链的一端通过磷脂与肽聚糖上的胞壁酸共价连接, 另一端则游离伸出细胞壁外, 称为壁磷壁酸; 其二, 其长链末端与细胞膜外层的糖脂链相连接, 另一端向外穿透肽聚糖层的网络而游离于细胞壁表面, 称为膜磷壁酸或脂磷壁酸。磷壁酸在调节离子通过黏肽层中起作用, 也可能与某些细菌酶的活性有关。磷壁酸的抗原性很强, 是 G^+ 菌的重要菌体表面抗原, 而且也是重要的毒力因子, 与血清学分型有关; 脂磷壁酸具有黏附宿主细胞的功能, 与致病性有关。脂磷壁酸还能释放到培养基或宿主体内, 具有较弱的内毒素样活性。此外, 某些 G^+ 菌细胞壁表面还有一些特殊表面蛋白, 如 A 型链球菌的 M 蛋白和金黄色葡萄球菌的 A 蛋白等, 与致病性和抗原性有关。

(3) G^- 菌细胞壁的其他组分 G^- 菌细胞壁除有较薄的肽聚糖外还有三层结构, 由内向外依次为脂蛋白、脂质双层和脂多糖, 三层共同组成外膜(outer membrane)。外膜是 G^- 菌细胞壁的主要结构, 占细胞壁干质量的 8%。① 脂蛋白 位于肽聚糖与脂质双层之间, 由脂质和蛋白构成, 其蛋白部分结合于肽聚糖的四肽侧链(DAP)上, 脂质部分与其外侧的脂质双层非共价键结合, 使外膜和肽聚糖层构成一个整体。② 脂质双层 其结构类似细胞膜, 镶嵌有一些特殊的外膜蛋白, 包括微孔蛋白与非微孔蛋白。微孔蛋白允许小分子质量物质通过, 阻止多种大分子物质和青霉素、溶菌酶等进入细胞。所以, G^- 菌对溶菌酶、青霉素以及去污剂和碱性染料等有较强的抵抗力。脂质双层除能进行细菌胞内外的物质交换外, 还具有通透性屏障作用。③ 脂多糖 是 G^- 菌的内毒素, 由脂质 A、核心多糖和特异多糖三部分组成。脂质 A 是内毒素的毒性部分和主要部分, 与细菌的致病性有关, 无种属特异性, 各种 G^- 菌的内毒素引起的毒性作用大致相同; 核心多糖位于脂质 A 外侧, 具有种属特异性, 同一种细菌的核心多糖相同, 如沙门菌属中任何细菌的核心多糖都相似; 特异多糖(O 抗原)位于脂多糖的最外层, 是由多个重复的低糖单位构成的多糖链, 不同种的 G^- 菌的单糖种类、位置、排列顺序和空间构型不同, 构成重要的不同的菌体抗原, 决定了细菌种或型的特异性。

最早 Lister 研究所发现, 细菌细胞壁的肽聚糖结构受到理化、生物或药物等因素的直接破坏或其合成被抑制时, 可形成细胞壁受损的细菌, 该菌在高渗环境下仍可存活, 称为细菌的 L 型。有的 L 型细菌去除诱发因素后可恢复为原菌, 有的则不能。 G^+ 菌细胞壁受损后仅包有一层细胞膜, 而 G^- 菌细胞壁受损后还有外膜保护。L 型细菌缺乏完整的细胞壁, 不能维持其固有的形态, 故呈多形态性, 染色不易着色, 在低渗环境中很容易胀裂死亡, 在高渗、低琼脂含血清的培养基中生长缓慢, 形成中间厚四周薄的“油煎蛋”样细小菌落。某些 L 型细菌仍有致病性, 可引起尿路感染、骨髓炎、心内膜炎等, 并常发生在应用作用于细菌细胞壁的某些抗生素(如青霉素等)的治疗过程中, 但常规细菌学检查结果阴性。因此, 临床上遇有症状明显而细菌培养为阴性时, 应考虑到 L 型细菌感染的可能性。

2. 细胞膜(cell membrane) 又称胞质膜(cytoplasmic membrane)位于细胞壁的内侧, 紧密包绕着细胞质, 是一层半透性薄膜, 柔软致密而有弹性, 由镶嵌具有特殊功能的载体蛋白和酶蛋白的脂质双层构成。其化学成分为脂质、蛋白质及少量多糖。细胞膜的主要功能有: ① 物质转运与交换 细胞膜上有许多微孔, 具有选择性渗透作用, 允许小分子可溶性物质通过; 载体蛋白能在细胞膜外与特定的营养物质结合逆浓度梯度运输到细胞内; 同时向细胞外分泌水解酶, 将大分子物质分解成简单的小分子化合物有利于细胞吸收; 菌体内的代谢产物则通过细胞膜排出胞外。② 呼吸作用 需氧菌的细胞膜上有多种呼吸酶类, 可进行转运电子及氧化磷酸化作用, 参

与细胞的呼吸过程,与细菌的能量产生、储存和利用有关。③ 生物合成 细胞膜上含有合成多种物质的酶类。细菌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。④ 形成中介体 有些细菌细胞膜反复折叠向细胞质内陷,形成的囊状物称为中介体(mesosome),中介体多见于 G^+ 菌。由于中介体是细胞膜的延伸卷曲部分,扩大了细胞膜的表面积,相应地增加了呼吸酶的含量,所以其参与细菌的呼吸及生物合成。其作用类似于真核细胞的线粒体。中介体还与细菌的分裂繁殖有关。

3. 细胞质(cytoplasm) 是被细胞膜包绕的胶状物质,基本成分是水、无机盐、蛋白质、核酸及脂质等。胞质内 RNA 含量较高,有较强的嗜碱性,易被碱性染料着色。细胞质是细菌新陈代谢的重要场所,内含各种酶系统和核酸,参与细菌的新陈代谢。其中还含有一些有形成分如核糖体、质粒和胞质颗粒等亚微结构。

(1) 核糖体(ribosome) 核糖体游离于细胞质中,每个细菌胞质中核糖体数目可达数万个,沉降系数为 70S,在低浓度 Mg^{2+} 溶液中,可分离为可逆的 50S 和 30S 两个亚基。化学组成 70% 是 RNA,30% 为蛋白质。mRNA 与核糖体结合并将核糖体串成多聚核糖体时,就成为蛋白质合成的场所。链霉素能与 30S 亚基结合,红霉素能与 50S 亚基结合,从而干扰菌体蛋白质的合成,杀死细菌。人类的核糖体沉降系数为 80S,由 60S 与 40S 两个亚基组成,故上述抗生素对人类细胞核糖体无影响。

(2) 质粒(plasmid) 是染色体外的遗传物质,为双股闭合环状 DNA,可控制细菌某些特定的遗传性状。如 F 质粒、R 质粒、细菌素质粒等,分别决定细菌性菌毛生成、耐药性形成、细菌素产生等。质粒能独立自行复制,随细菌的分裂转移到子代细胞中,也可自然丢失,或从一个细菌转移到另一个细菌。质粒并非细菌生命活动必需的遗传物质,失去质粒的细菌仍能正常存活。

(3) 胞质颗粒(cytoplasmic granules) 胞质内含有的各种颗粒大多为营养储藏物,包括多糖、脂质、磷酸盐等。这些颗粒随菌种、菌龄及环境而异。因其嗜碱性强,用亚甲蓝染色着色深,用特殊染色法可将其染成与菌体其他部分不同的颜色,所以又称异染颗粒,如白喉棒状杆菌的异染颗粒可作为鉴别细菌的依据。

4. 核质(nuclear material) 是细菌的遗传物质。由一条双股环状的 DNA 分子组成,因无核膜、核仁、核基质(组蛋白)和有丝分裂器,故又称拟核。核质具有染色体的功能,控制细菌的生长代谢、分裂繁殖、遗传和变异等。如核质 DNA 出现突变、缺失或损伤,细菌的性状则出现变异或致细菌死亡。

(二) 细菌的特殊结构

细菌的特殊结构是某些细菌特有的,包括荚膜、鞭毛、菌毛和芽胞等。

1. 荚膜(capsule) 是某些细菌胞壁外包绕的一层较厚的黏液性物质,其成分为多糖或多肽。荚膜的厚度约 200 nm,厚度 < 200 nm 者称微荚膜。当黏液性多聚物形成一层纤维状松散的网络延伸出细菌外,则称糖萼。在显微镜下能看到菌体周围一层透明圈,用特殊的荚膜染色法可将荚膜染成与菌体不同的颜色(图 2-3)。

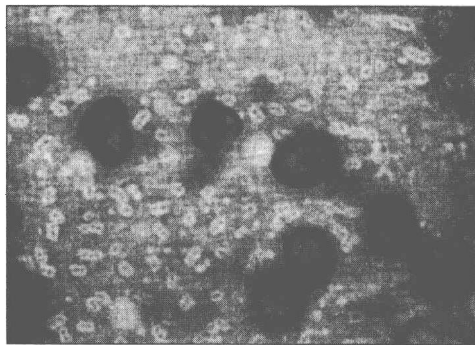


图 2-3 细菌的荚膜

荚膜的形成受遗传控制和生长环境的影响,在机体内或营养丰富环境中易于形成,在环境不良或普通培养基上则易消失。荚膜的作用:① 荚膜是构成细菌致病性的重要因素,能够保护细菌抵抗宿主吞噬细胞的吞噬消化作用,增加细菌的侵袭力;② 避免或减少溶菌酶、补体、抗体和抗菌药物对细菌的损伤,如肺炎链球菌的荚膜是其主要的毒力因子,有荚膜的肺炎链球菌只需几个即可杀死 1 只小鼠,当失去荚膜后则需几亿个才能杀死 1 只小鼠。③ 荚膜多糖还可使细菌彼此相连,黏附于组织细胞或无生命物质表面,如在黏膜表面形成生物膜,是引起感染的重要因素。另外荚膜具有抗原性,可帮助鉴别细菌及作为细菌分型的依据,同时也可根据有无荚膜来识别细菌。

2. 鞭毛(flagellum) 是某些细菌表面附着的细长呈波状弯曲的丝状物。鞭毛较纤细,需用电子显微镜观察,或经特殊的鞭毛染色使鞭毛增粗后,在普通显微镜下可见。根据鞭毛的数目及部位可将有鞭毛的细菌分成 4 类:① 周毛菌,如伤寒沙门菌;② 丛毛菌,如铜绿假单胞菌;③ 双毛菌,如空肠弯曲菌;④ 单毛菌,如霍乱弧菌(图 2-4)。

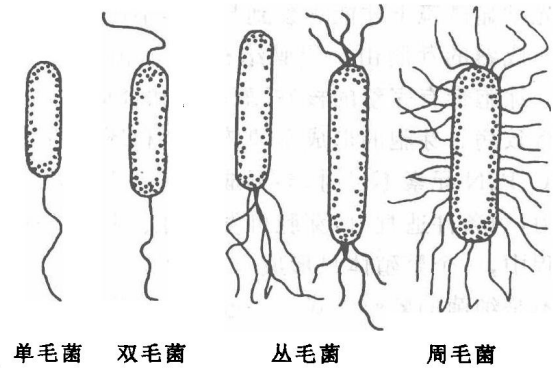


图 2-4 细菌的鞭毛

鞭毛是细菌的运动器官,有鞭毛的细菌用悬滴法不经染色能看到活菌的位移运动,可作为鉴别细菌的一个指标。鞭毛的化学成分为蛋白质,有较强的抗原性,用鞭毛(H)抗原可

进行细菌的鉴定和分型。有些细菌(如霍乱弧菌及空肠弯曲菌)的鞭毛与细菌的黏附有关,而且细菌的运动往往有化学趋向性,故鞭毛运动能增强细菌对宿主的致病性。

3. 菌毛(pilus or fimbria) 许多 G^- 菌和少数 G^+ 菌的菌体周围有比鞭毛更细、更短而直的丝状物,称为菌毛。菌毛用光学显微镜看不见,必须在电子显微镜下才能看清楚(图 2-5)。菌毛的化学成分为蛋白质,称为菌毛蛋白,具有抗原性。

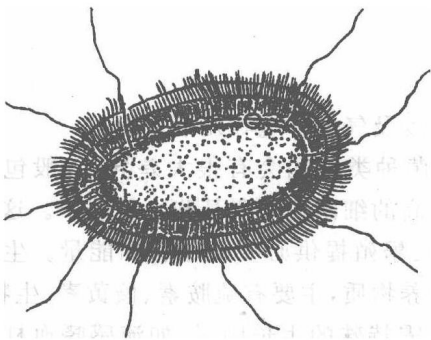


图 2-5 细菌的菌毛

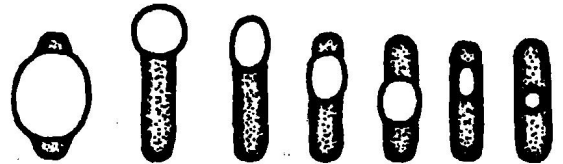


图 2-6 细菌芽胞形态、大小及位置

菌毛分为普通菌毛与性菌毛两种。普通菌毛数量很多,每个细菌可达数百根,均匀分布于菌体表面。细菌借助普通菌毛黏附在多种细胞的受体上,包括人和动物的红细胞和消化道、呼吸道、泌尿道的黏膜上皮细胞上。黏附的细菌可在该处定植,进而侵入黏膜。无菌毛的细菌易随纤

毛摆动、肠蠕动或尿液的冲洗而被排出体外。所以普通菌毛构成细菌的一种侵袭力,与致病性有关,若细菌失去普通菌毛,其致病力也随之减弱或消失。性菌毛比普通菌毛长而粗,中空呈管状,仅见于少数 G^- 细菌,每个菌体仅有 1~4 根。带有性菌毛的细菌具有致育性,故称 F^+ 菌或雄性菌。性菌毛由 F 质粒或相类似的基因编码,参与 F 质粒、R 质粒等遗传物质的接合传递,使受体菌获得某些相应的性状(致育性、耐药性等)。

4. 芽胞(spore) 某些细菌在一定条件下胞质脱水浓缩,在菌体内形成一个圆形或卵圆形的小体,称为芽胞。形成芽胞的细菌均为 G^+ 菌,主要有芽胞杆菌属与梭菌属两种。芽胞的折光性很强,壁厚,不易着色,普通染色法在光镜下可见菌体内有无色透明的芽胞体,经特殊染色后,在光学显微镜下才能观察到与菌体不同的颜色(图 2-6)。

成熟的芽胞由多层膜结构组成,由内向外依次为核心、内膜、芽胞壁、皮质、外膜芽胞壳、外壁。芽胞带有完整的核质、酶系统和合成菌体组分的结构,保存细菌全部生命活动的物质,但不直接致病。芽胞的形成受遗传因素和环境的影响,形成条件因菌种而异。当营养物质缺乏特别是 C、P、N 元素不足时,易形成芽胞。芽胞成熟后,菌体可崩解,使芽胞脱落游离,细菌失去繁殖能力,当条件适宜时,芽胞可发芽而形成新的细菌繁殖体,繁殖体大量繁殖可致病。在芽胞形成过程中,一个繁殖体只形成一个芽胞,一个芽胞也只能形成一个繁殖体,所以芽胞的形成和芽胞都不是细菌的繁殖方式。一般认为芽胞是细菌的休眠状态。芽胞的大小、形状和在菌体内的位置随菌种而异,对鉴别细菌具有重要意义。如破伤风梭菌的芽胞呈正圆形,大于菌体横径,位于菌体顶端呈特殊的鼓槌状,光镜下可判定其形态。

芽胞对热、干燥、辐射及化学消毒剂等具有很强的抵抗力,在自然界中可存活几年甚至数十年。其抵抗力强的原因:① 芽胞具有多层致密的膜结构;② 其通透性低,理化因素不易透入;③ 芽胞含水量少(约占菌体的 40%),故蛋白质不易受热变性;④ 核心和皮质层含有大量的吡啶二羧酸(DPA),DPA 与钙结合生成的盐能提高芽胞酶类的稳定性。芽胞对理化因素有强大的抵抗力,一旦污染医疗器械、用具、敷料等,用一般的方法不易将其杀死,所以常以杀灭细菌的芽胞作为灭菌效果的指标。高压蒸汽灭菌法是杀死芽胞最好的方法。

三、细菌的生长繁殖

(一) 细菌生长繁殖的条件

细菌生长繁殖的必要条件包括营养物质、酸碱度、温度及气体环境等几个方面。

1. 营养物质 细菌生长繁殖需要的营养物质随细菌种类不同会有很大差异,一般包括水分、无机盐类、含碳化合物、含氮化合物等,有些营养要求高的细菌还需要某些生长因子。这些营养物质是细菌进行新陈代谢的物质基础,可为细菌的生长繁殖提供必要的原料和能量。生长因子是一些细菌在生长过程中必需但自身又不能合成的营养物质,主要有硫胺素、核黄素、生物素、泛酸、某些必需氨基酸、胆碱、嘌呤、嘧啶等。个别细菌还需特殊的生长因子,如流感嗜血杆菌需 X、V 两种因子。

2. 酸碱度(pH) 细菌酶活性必须在一定的酸碱度和温度下才能发挥作用。大多数病原菌最适 pH 为 7.2~7.6,个别细菌如霍乱弧菌 pH 为 8.0~9.2,而结核杆菌生长的最适 pH 为 6.5~6.8。

3. 温度 细菌生长的最适温度随细菌的种类不同而异。大多数病原菌生长的最适温度为

37℃,即与人类体温一致。个别例外,如耶尔森菌的最适生长温度为28~30℃,弯曲菌属则为42℃,浅部真菌一般在26~28℃时生长良好。

4. 气体环境 细菌生长繁殖需要的气体主要是 O_2 和 CO_2 。大部分细菌需要 O_2 来氧化营养物质,产生能量,供生长繁殖之用。一般细菌在代谢过程中产生的 CO_2 即可满足自身需要,但有些细菌如奈瑟菌属的细菌在初次分离培养时,需提供5%~10%的 CO_2 ,而厌氧菌必须在无氧环境中才能生长。

按细菌代谢时对 O_2 的需要与否,将细菌分为四类:

(1) 需氧菌(aerobe) 具有完善的呼吸酶系统,需要分子氧作为受氢体以完成需氧呼吸,必须在有 O_2 的条件下才能生长繁殖。如结核杆菌、霍乱弧菌等。

(2) 微需氧菌(microaerophilic bacterium) 在低氧压(5%~6%)生长最好,氧压大于10%对其生长有抑制作用。如空肠弯曲菌、幽门螺杆菌等。

(3) 兼性厌氧菌(facultative anaerobe) 兼有需氧呼吸和发酵两种功能,在有 O_2 、无 O_2 的条件下均能生长繁殖,但在有 O_2 的环境中生长较好。大多数病原菌属此类。

(4) 厌氧菌(anaerobe) 缺乏完善的呼吸酶系统,只能在无 O_2 的环境中进行发酵,所以必须在无 O_2 条件下才能生长繁殖。如破伤风梭菌、脆弱类杆菌等。厌氧菌在有游离氧存在时,不但不能利用分子氧,且还受其毒害,甚至死亡。因为厌氧菌缺乏过氧化氢酶、过氧化物酶和氧化还原电势高的呼吸酶等,细菌在有 O_2 环境中进行物质代谢产生的超氧阴离子(O_2^-)与 H_2O_2 皆有强烈的杀菌作用,厌氧菌因而在有毒氧基团的作用下被杀死。

(二) 细菌的生长方式和速度

1. 生长方式 细菌以二分裂的方式进行无性繁殖。繁殖一代所需时间随细菌种类不同而异,但总体看,细菌在营养物质充足,其他条件适宜的情况下,其繁殖速度很快,大多数细菌繁殖一代的时间约20~30 min,个别细菌分裂较慢,如结核分枝杆菌繁殖一代需18~20 h。

2. 生长曲线 细菌的生长速度很快,其分裂数量成倍增长,但因营养物质的逐渐耗竭,代谢产物的积聚,细菌繁殖速度渐减,死亡细菌数量增多,活菌的增长率随之下降并趋于停滞。如将一定数量的细菌接种于合适的培养基上,在一定条件下,细菌的生长过程具有规律性。以培养时间为横坐标,培养物中细菌数的对数为纵坐标,可绘出一条有规律的曲线,叫生长曲线,生长曲线可人为地分为4期(图2-7)。

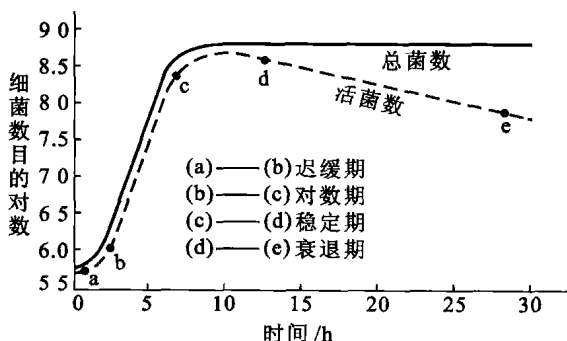


图 2-7 细菌生长曲线