

全国医药类高职高专规划教材·护理专业

病原生物与免疫学

主 编 刘文辉 赵海燕



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

全国医药类高职高专规划教材·护理专业

病原生物与免疫学

主 编 刘文辉 赵海燕

副主编 王金凤 马新博 运晨霞 曾令娥

编 委 (按姓氏笔画为序)

马新博 广西科技大学医学院

王金凤 山东中医药高等专科学校

刘 鹏 商洛职业技术学院

刘文辉 山东中医药高等专科学校

关翔宇 首都医科大学燕京医学院

运晨霞 广西中医药大学

李好文 广西中医药大学

赵海燕 淄博职业学院

原素梅 山西医科大学汾阳学院

郭宏伟 广西医科大学

曹雪鹏 张掖医学高等专科学校

曾令娥 首都医科大学燕京医学院



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

病原生物与免疫学/刘文辉,赵海燕主编. —西安:
西安交通大学出版社,2014.1

全国医药类高职高专规划教材. 护理专业
ISBN 978-7-5605-5942-1

I. ①病… II. ①刘…②赵… III. ①病原微生物-
高等职业教育-教材②医学-免疫学-高等职业教育-教材
IV. ①R37②R392

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 016580 号

书 名 病原生物与免疫学
主 编 刘文辉 赵海燕
责任编辑 王银存 赵 阳

出版发行 西安交通大学出版社
(西安市兴庆南路 10 号 邮政编码 710049)
网 址 <http://www.xjtpress.com>
电 话 (029)82668357 82667874(发行中心)
(029)82668315 82669096(总编办)
传 真 (029)82668280
印 刷 陕西江源印刷科技有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 21.75 字数 529 千字
版次印次 2014 年 2 月第 1 版 2014 年 2 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5605-5942-1/R·417
定 价 46.00 元

读者购书、书店添货、如发现印装质量问题,请与本社发行中心联系、调换。

订购热线:(029)82665248 (029)82665249

投稿热线:(029)82668803 (029)82668804

读者信箱:med_xjup@163.com

版权所有 侵权必究

前言

病原生物与免疫学是护理专业一门重要的医学基础课。本教材的编写根据护理专业学生学习专业课程及其他相关课程的需要,按照科学发展观的要求,积极推进高职高专课程和教材改革,既反映新知识、新技术、新方法,又为培养高素质劳动型、技能型和实用型人才服务。

高等职业教育有别于本科的学科型教育,突出特点是强调教育目标的职业性和技术的高级应用性。在编写中力求突出“三基”讲透,难点、要点讲够,新知识、新进展点睛不漏。坚持贴近岗位、贴近学生、贴近社会的原则。有利于学生学、教师教,尽可能做到教学做一体化,力求让使用本书的读者感到:重点突出、难点清楚、新进展点能切入。让学生既学到微生物与免疫的基础知识,又可以树立牢固的无菌观念,培养严格无菌操作的习惯,为护理学生临床工作打下坚实的理论基础并培养较强的实际动手能力。同时根据教师在教学中所发现的问题进行纠正,合理组织内容,认真提炼文字,使教材易教、易学、易懂,更能体现当今先进的教学理念。本教材形式多样,内容灵活,模块式编写体例使教材内容更加灵活。突出启发式教学的思想,调动学生学习积极性。章前设学习目标,章中设知识链接,章后设目标检测。以学生为本,编写文字简明扼要,重点突出,多使用简单明了的图片等。

全书分上、下两篇共二十四章,上篇病原生物学:第一章到第九章介绍以细菌为代表的原核细胞型微生物的基础知识及临床常见致病菌;第十、十一章简要介绍病毒的基础知识及临床常见病毒;第十二章介绍真菌;第十三章到第十六章介绍人体寄生虫学。下篇医学免疫学:第十七章到第二十二章主要介绍免疫学基础知识;第二十三、二十四章介绍免疫学在临床的实际应用。本书由全国多所高等院校优秀教师共同编写。参加编写的有山东中医药高等专科学校刘文辉、王金凤,淄博职业学院赵海燕,广西中医药大学运晨霞、李好文,首都医科大学燕京医学院曾令娥、关翔宇,广西科技大学医学院马新博,商洛职业技术学院刘鹏,张掖医学高等专科学校曹雪鹏,广西医科大学郭宏伟,山西医科大学汾阳学院原素梅。全书初审由各位副主编承担统稿,终审由主编承担统稿。在编写过程中得到编写人员所在单位以及西安交通大学出版社的大力支持,在此一并表示感谢!

本书可作为高职高专护理专业教材使用,还可作为广大护理工作人员的参考书使用。由于编者水平所限,虽历经长时间编写审改,书中仍难免存在不足之处,还请同行和读者批评指正,以便后期修订完善。

《病原生物与免疫学》编委会

2014年1月

目 录

上篇 病原生物学

第一章 绪论.....	(003)
第一节 病原生物与微生物.....	(003)
第二节 医学微生物学及其发展简史.....	(004)
第二章 细菌的形态与结构.....	(006)
第一节 细菌的大小与形态.....	(006)
第二节 细菌的结构.....	(008)
第三节 细菌的形态学检查法.....	(015)
第三章 细菌的生长繁殖与代谢.....	(018)
第一节 细菌的理化性状.....	(018)
第二节 细菌的营养与生长繁殖.....	(019)
第三节 细菌的新陈代谢产物.....	(021)
第四节 细菌的人工培养.....	(023)
第五节 细菌的分类和命名.....	(024)
第四章 消毒灭菌.....	(026)
第一节 消毒灭菌常用术语.....	(026)
第二节 物理消毒灭菌法.....	(026)
第三节 化学消毒灭菌法.....	(029)
第四节 医院感染的控制.....	(031)
第五章 细菌的遗传与变异.....	(035)
第一节 细菌变异的实例.....	(035)
第二节 细菌的遗传物质.....	(036)
第三节 噬菌体.....	(038)
第四节 细菌变异的机制.....	(039)
第五节 细菌遗传变异的实际意义.....	(042)
第六章 细菌的感染与抗菌免疫.....	(045)
第一节 正常菌群与条件致病菌.....	(045)
第二节 细菌的致病性.....	(047)
第三节 感染的发生与发展.....	(051)
第四节 机体的抗菌免疫.....	(053)

第七章 细菌感染的微生物学检查和防治原则	(059)
第一节 细菌感染的微生物学检查.....	(059)
第二节 细菌感染的防治原则.....	(061)
第八章 常见病原性细菌	(063)
第一节 球菌.....	(063)
第二节 肠杆菌科.....	(072)
第三节 弧菌属.....	(080)
第四节 厌氧性细菌.....	(084)
第五节 棒状杆菌属.....	(091)
第六节 分枝杆菌属.....	(093)
第七节 其他致病菌.....	(099)
第九章 其他原核细胞型微生物	(108)
第一节 衣原体.....	(108)
第二节 立克次体.....	(110)
第三节 支原体.....	(112)
第四节 螺旋体.....	(114)
第五节 放线菌.....	(116)
第十章 病毒学基础	(119)
第一节 病毒的基本性状.....	(119)
第二节 病毒的感染与免疫.....	(125)
第三节 病毒感染的检查方法.....	(129)
第四节 病毒感染的防治原则.....	(132)
第十一章 常见引起人类疾病的病毒	(135)
第一节 呼吸道病毒.....	(135)
第二节 肠道病毒.....	(142)
第三节 急性胃肠炎病毒.....	(145)
第四节 肝炎病毒.....	(147)
第五节 其他病毒.....	(157)
第十二章 真菌	(170)
第一节 概述.....	(170)
第二节 常见的致病性真菌.....	(173)
第十三章 人体寄生虫学概述	(177)
第一节 寄生现象、寄生虫与宿主.....	(177)
第二节 寄生虫与宿主的相互作用.....	(179)
第三节 寄生虫病的实验诊断.....	(181)
第四节 寄生虫病的流行与防治.....	(181)
第五节 人体寄生虫学的概念、范畴及任务.....	(184)

第十四章 医学蠕虫	(186)
第一节 线虫.....	(186)
第二节 吸虫.....	(201)
第三节 绦虫.....	(214)
第十五章 医学原虫	(222)
第一节 概述.....	(222)
第二节 根足虫纲.....	(224)
第三节 鞭毛虫纲.....	(227)
第四节 孢子虫纲.....	(232)
第十六章 医学节肢动物	(239)
第一节 概述.....	(239)
第二节 昆虫纲.....	(241)
第三节 蛛形纲.....	(246)

下篇 医学免疫学

第十七章 免疫学概述	(255)
第一节 免疫的概念与功能.....	(255)
第二节 医学免疫学的发展简史与展望.....	(256)
第十八章 抗原	(258)
第一节 抗原的概念与特性.....	(258)
第二节 抗原的基本性质.....	(258)
第三节 影响抗原诱导免疫应答的因素.....	(261)
第四节 抗原的分类.....	(262)
第五节 超抗原与免疫佐剂.....	(264)
第十九章 免疫球蛋白与抗体	(267)
第一节 免疫球蛋白与抗体的概念.....	(267)
第二节 免疫球蛋白的结构.....	(267)
第三节 抗体的生物学功能.....	(271)
第四节 各类免疫球蛋白的特点和功能.....	(272)
第五节 人工制备抗体.....	(274)
第二十章 免疫系统	(277)
第一节 免疫器官.....	(277)
第二节 免疫细胞.....	(281)
第三节 免疫分子.....	(286)
第二十一章 适应性免疫应答	(295)
第一节 概述.....	(295)
第二节 T 细胞介导的细胞免疫应答.....	(298)

第三节	B 细胞介导的体液免疫应答	(300)
第四节	免疫耐受与免疫调节	(302)
第五节	免疫调节	(304)
第二十二章	固有免疫应答	(308)
第一节	固有免疫系统组成及作用	(308)
第二节	固有免疫应答的作用时相	(312)
第二十三章	超敏反应	(315)
第一节	I 型超敏反应	(315)
第二节	II 型超敏反应	(321)
第三节	III 型超敏反应	(323)
第四节	IV 型超敏反应	(325)
第五节	各型超敏反应特点比较	(326)
第二十四章	免疫学应用	(330)
第一节	免疫学检测技术	(330)
第二节	免疫学防治	(334)
参考文献		(339)

醉生風雨

第一章 绪 论

学习目标

【掌握】病原生物、微生物、病原微生物的概念,微生物的特点和分类。

【熟悉】病原生物学、医学微生物学的概念,微生物与人类的关系。

【了解】微生物学发展简史。

第一节 病原生物与微生物

一、病原生物的概念与病原生物学

(一)病原生物

病原生物是指能引起人和动物疾病的生物,是致病的生物性因素,包括微生物和寄生虫。微生物占绝大多数,包括病毒、衣原体、立克次体、支原体、细菌、螺旋体和真菌;寄生虫主要有原虫和蠕虫。能感染人的微生物超过 400 种,它们广泛存在于人的口、鼻、咽、消化道、泌尿生殖道及皮肤中。每个人一生中可能受到 150 种以上的病原生物感染,在人体免疫功能正常的条件下并不引起疾病,有些甚至对人体有益,如肠道菌群(大肠杆菌等)可以合成多种维生素。这些菌群的存在还可抑制某些致病性较强的细菌繁殖,因而这些微生物被称为正常微生物群(正常菌群)。但当机体免疫力降低,人与微生物之间的平衡关系被破坏时,正常菌群也可引起疾病,故称它们为条件致病微生物(条件致病病原体)。

(二)病原生物学

病原生物学是研究病原生物的形态、结构、生态学、与人体间相互作用的一门学科,是预防医学和临床医学的一门基础课程。包括医学微生物学和人体寄生虫学。医学微生物学(medical microbiology)是微生物学的一个分支,研究与医学有关病原微生物的生物学特性、致病和免疫机制、传播方式以及特异性诊断、防治措施,以控制和消灭感染性疾病及与之有关的免疫损伤等疾病。主要包括细菌学、病毒学、真菌学。人体寄生虫学是研究与医学有关的寄生虫以及与宿主、外界因素相互关系的科学。主要研究寄生虫的形态、生活史、致病、诊断、流行和防治等,并从病原学和病原种群动力学角度揭示寄生虫病发病机制及流行规律,以达到控制、消灭与预防寄生虫病的目的。

二、微生物的概念与特点

微生物(microorganism)是存在于自然界中的一群体积微小、结构简单、肉眼见不到,必须

借助光学显微镜或电子显微镜方能看到的微小生物的总称。

微生物的特点包括:体积微小、结构简单、分布广泛、种类繁多、适应力强、容易变异、繁殖迅速、作用重要等。

微生物的种类很多。依据其结构和化学组成不同可分为三大类。

1. 非细胞型微生物

无细胞结构,个体最小,能通过滤菌器,缺乏独立代谢的酶系统,必须寄生于活的易感细胞内才能增殖,如病毒、亚病毒等。

2. 原核细胞型微生物

有细胞结构,细胞分化程度较低,无核膜和核仁,仅有核质或核区,缺乏高级细胞器,如有细菌、放线菌、衣原体、立克次体、支原体、螺旋体。

3. 真核细胞型微生物

有细胞结构,细胞分化程度较高,有完整的细胞核和高级的细胞器,如真菌。

三、微生物与人类的关系

自然界(土壤、空气、水)和人体的体表及与外界相通的腔道中广泛存在着各种微生物。微生物对人类和动、植物的生存、自然界物质循环是有益和必需的,有许多微生物在工业、农业、医药生产、人类日常生活中发挥重要作用。仅少数可引起人类与动、植物的疾病,这些微生物称为病原微生物。对人类致病的称为人类病原微生物,对动物致病的称为动物病原微生物。能同时引起人类和动物疾病的病原微生物称为人畜共患病原微生物。

第二节 医学微生物学及其发展简史

医学微生物学的发展过程大致分为三个时期。

一、微生物学经验时期

古代人类虽然没观察到微生物,但很早就将微生物知识用于工农业生产和疾病防治中,如民间常用的盐腌、烟熏、风干等保存食物的方法,实际上是防止食物因微生物生长繁殖导致腐败变质的有效措施。李时珍在《本草纲目》中指出,对患者的衣服蒸过再穿就不会感染疾病,表明已有消毒的记载。

二、实验微生物学时期

1676年荷兰人列文虎克(Antony van Leeuwen Hoek, 1632—1723年)用自制的放大270多倍的显微镜检查了雨水、污水、齿垢、粪便等,第一次观察到各种形态的微小生物,为微生物学的发展奠定了基础。微生物之父法国微生物学家巴斯德(Luis Pasteur, 1822—1895年)1857年首先证明有机物质发酵和腐败是由微生物引起的,巴斯德为防止酒类发酵创用的巴氏消毒法(Pasteurization),至今仍用于酒类、乳制品等食品消毒。巴斯德开创了微生物的生理学时代。德国学者科赫(Robert Koch, 1843—1910年)在传染病病原体的确立方面做了大量工作,他首先使用了固体培养基、染色技术,为病原菌的分离培养和鉴定奠定了基础,并先后确定了多种传染病的病原菌。1892年俄国学者伊凡诺夫斯基(Ivanowsky, 1864—1920年)发现

了第一个病毒——烟草花叶病毒,随后许多对人类、动、植物致病的病毒相继被发现。1929 年英国人弗莱明(Alexander Fleming,1881—1955 年)发现了青霉素,1940 年弗劳瑞(Flory)提纯了青霉素并证实了临床应用价值,为感染性疾病的治疗带来了一次革命。

三、现代微生物学时期

到了 20 世纪中期,随着电子显微镜技术、组织培养方法、超速离心技术、分子生物学技术的发展和各种免疫标记、基因探针新技术的建立和改进,医学微生物学研究得到了迅速发展。类病毒(viroid)、拟病毒(virusoid)等逐渐被认识,并发现了许多新的病原微生物,如军团菌、幽门螺杆菌、人类免疫缺陷病毒、肝炎病毒、汉坦病毒等。目前,多种细菌、病毒的基因测序已完成;应用基因工程技术、人工构建乙型肝炎病毒表面抗原疫苗已应用于临床;分子生物学技术探讨微生物结构和功能的应用对微生物的生物学特性及其活动规律有了更深的认识。

科学技术的不断发展助推医学微生物学领域已取得巨大成绩,但距离控制和消灭传染病的目标还有很大差距。目前,由病原生物引起的多种传染病仍严重威胁人类的健康。近年不断出现新的病原体,原有的病原体因变异、耐药等重新流行,因此人类与病原生物的斗争还需长期不懈努力。21 世纪将是生命科学飞速发展的时期,科学技术的进步为医学生物学发展提供了极为有利的条件,医学生物学将在预防、控制乃至消灭传染病,保障人类健康方面作出应有的贡献。



目标检测

一、单项选择题

- 下列不属于原核细胞型微生物的是()
A. 细菌 B. 真菌 C. 衣原体 D. 放线菌 E. 螺旋体
- 下列不属于微生物特点的是()
A. 体积微小 B. 结构简单 C. 繁殖迅速 D. 绝大多数致病 E. 分布广泛
- 微生物与人类关系密切是因为()
A. 体积太小 B. 作用重要 C. 繁殖迅速 D. 绝大多数致病 E. 肉眼可见

二、简答题

- 什么是微生物,有哪些特点?
- 简述微生物与人类的关系。

第二章 细菌的形态与结构

学习目标

【掌握】细菌的大小、基本形态和基本结构。

【熟悉】 G^+ 菌与 G^- 菌细胞壁的主要区别及其医学意义,细菌的特殊结构。

【了解】细菌基本结构的组成、意义,革兰染色法及其意义。

细菌(bacterium)是一类单细胞原核细胞型微生物。它们形体微小,结构简单,具有细胞壁和原始核质,无核仁和核膜,除核糖体外无其他细胞器。在适宜的条件下有相对稳定的形态与结构。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需用电子显微镜才能看到。

了解细菌的形态和结构对研究细菌的生理活动、致病性和免疫性,以及鉴别细菌、诊断疾病和防治细菌性感染等均有重要的理论和实际意义。

第一节 细菌的大小与形态

一、细菌的大小

观察细菌最常用的仪器是光学显微镜,其大小可以用测微尺在显微镜下进行测量,一般以微米(μm)为单位。不同种类的细菌大小不一,多数球菌的直径约为 $1\mu\text{m}$ 左右,中等大小杆菌的长约为 $2.0\sim 5.0\mu\text{m}$,宽约为 $0.3\sim 0.5\mu\text{m}$ 。同一种细菌也因菌龄和环境因素的影响而有差异。

二、细菌的形态

细菌按其外形,分为球菌、杆菌和螺形菌三大类(图2-1)。

(一)球菌

球菌(coccus)外观呈圆球形或近似球形。依据分裂平面不同和菌体之间的排列方式可分葡萄球菌、双球菌和链球菌等。

1. 双球菌

双球菌(diplococcus)在一个平面上分裂成两个菌体且成对排列,如脑膜炎奈瑟菌。

2. 链球菌

链球菌(streptococcus)在一个平面上分裂成多个菌体且粘连成链状,如乙型溶血性链



图 2-1 细菌的基本形态

球菌。

3. 葡萄球菌

葡萄球菌(staphylococcus)在多个平面上分裂,分裂后菌体无规则地粘连在一起似葡萄状,如金黄色葡萄球菌。

4. 四联球菌

四联球菌(tetrads)在两个互相垂直的平面上分裂,四个菌体黏附在一起呈正方形,如四联加夫基菌。

5. 八叠球菌

八叠球菌(sarcina)在三个互相垂直的平面上分裂,八个菌体黏附成包裹状立方体,如藤黄八叠球菌。

(二) 杆菌

各种杆菌(bacillus)的大小、长短、粗细很不一致。大杆菌如炭疽芽胞杆菌长 $3\sim 10\mu\text{m}$,宽 $1.0\sim 1.5\mu\text{m}$;中杆菌如大肠埃希菌长 $2\sim 3\mu\text{m}$,宽 $0.5\sim 0.7\mu\text{m}$;小杆菌如布鲁菌长 $0.6\sim 1.5\mu\text{m}$,宽 $0.5\sim 0.7\mu\text{m}$ 。杆菌形态多数呈直杆状,散在分布,两端钝圆。

根据形态差异主要分为链杆菌、棒状杆菌、分枝杆菌、球杆菌。

1. 链杆菌

链杆菌呈链状排列,如念珠状链杆菌。

2. 棒状杆菌

棒状杆菌末端膨大呈棒状,如白喉棒状杆菌。

3. 分枝杆菌

分枝杆菌常呈分枝生长趋势,如结核分枝杆菌。

4. 球杆菌

球杆菌菌体短小,近似椭圆形,如百日咳鲍特菌。

(三) 螺形菌

螺形菌(spiral bacterium)菌体弯曲,有的菌体长 $2\sim 3\mu\text{m}$,根据弯曲程度可分为弧菌和

螺菌。

1. 弧菌

弧菌(vibrio)体只有一个弯曲,呈弧状或逗点状,如霍乱弧菌。

2. 螺菌

螺菌(spirillum)菌体有数个弯曲,如鼠咬热螺菌。

第二节 细菌的结构

细菌虽小,仍具有一定的细胞结构和功能,对细菌的生存、致病性和免疫性等均有一定作用。按其结构(图 2-2)分为基本结构和特殊结构,习惯上又把一个细菌生存不可缺少的,或一般细菌通常具有的结构称为基本结构,基本结构包括:细胞壁、细胞膜、细胞质和核质等;而把某些细菌在一定条件下所形成的特有结构称为特殊结构,特殊结构包括荚膜、鞭毛、菌毛、芽胞等。

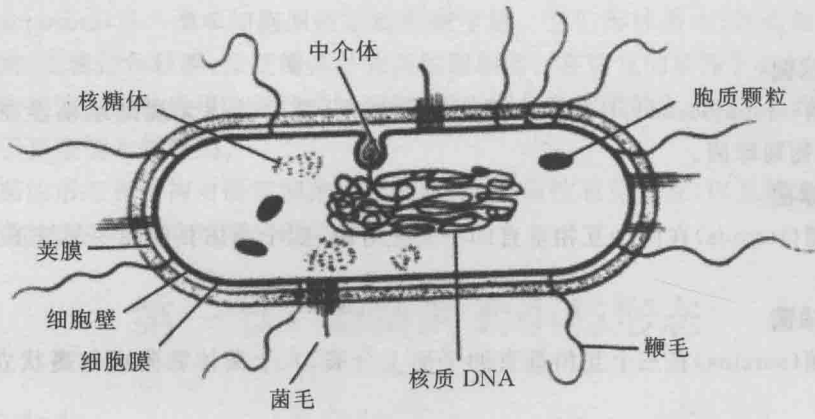


图 2-2 细菌的结构

一、细菌的基本结构

细菌的基本结构,从外到内依次为细胞壁、细胞膜、细胞质和核质等。

(一)细胞壁

细胞壁位于细菌细胞最外层,是一层较厚、无色透明、坚韧而富有弹性、质量均匀的网状结构,平均厚度为 12~30nm,组成较复杂,可承受细胞内强大的渗透压而不会被破坏。

1. 组成

细胞壁的主要成分为肽聚糖(peptidoglycan),又称粘肽(mucopeptide)。细胞壁的机械强度有赖于肽聚糖的存在。肽聚糖是由 N-乙酰葡萄糖胺(G)和 N-乙酰胞壁酸(M)经 β -1,4 糖苷键连接形成的多糖骨架,并在 N-乙酰胞壁酸分子上连接四肽侧链,肽链之间再由肽桥或肽链联系起来,组成一个机械性很强的网状结构。四肽侧链的组成及其连接方式随菌种的不同而有所差异。根据革兰染色将细菌分为两大类:革兰阳性菌(G^+)和革兰阴性菌(G^-),不同细菌细胞壁的组成不同。

(1)革兰阳性菌 细胞壁结构见图 2-3。肽聚糖由聚糖骨架、四肽侧链、五肽交联桥构成三维立体结构。聚糖骨架是由 N-乙酰葡萄糖胺和 N-乙酰胞壁酸经 $\beta-1,4$ 糖苷键连接而成,在 N-乙酰胞壁酸分子上连接四肽侧链,四肽侧链再由五肽交联桥连接。革兰阳性菌细胞壁肽聚糖经这样的三级链接,构成了交叉的、机械强度相当大的空间框架结构,交联率为 75%,坚固而致密。这种三维立体结构的肽聚糖在革兰阳性菌中高达 50 层,为其细胞壁主要成分。

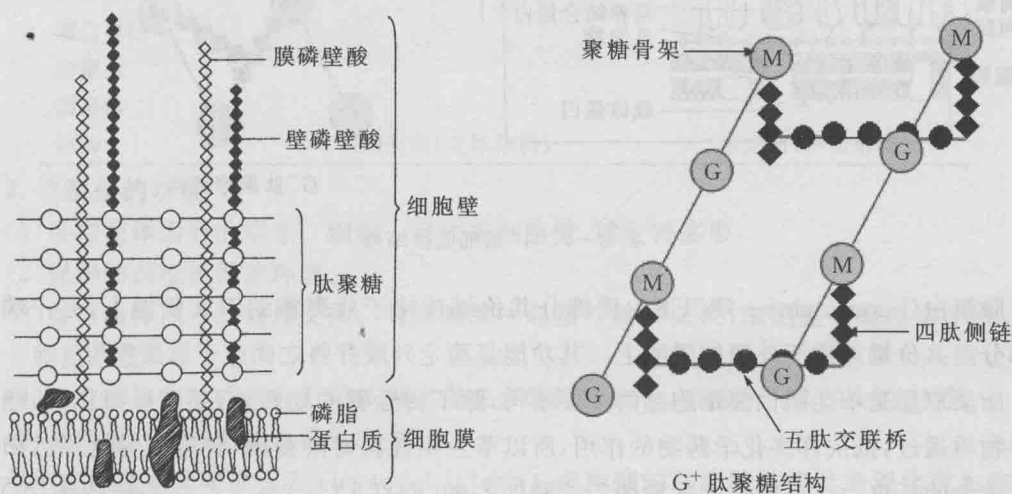


图 2-3 G⁺ 菌细胞壁结构

磷壁酸为革兰阳性菌特有成分,按结合部位不同分为壁磷壁酸和膜磷壁酸,壁磷壁酸一端结合在细胞壁的肽聚糖层上,另一端游离于细胞外;膜磷壁酸一端结合在细胞膜上,另一端游离。磷壁酸抗原性很强,是革兰阳性菌的重要表面抗原;在调节离子通过粘肽层中起作用;也可能与某些酶的活性有关。某些细菌的磷壁酸能黏附在人类细胞表面,其作用类似菌毛,可能与致病性有关。

此外,某些革兰阳性菌细胞壁表面还有一些特殊的表面蛋白,如 A 蛋白等,都与致病性有关。

溶菌酶能切断 $\beta-1,4$ 糖苷键,引起细菌裂解。青霉素能干扰四肽侧链和五肽交联桥的连接,使细菌不能合成完整的细胞壁,而导致细菌死亡。

G⁺ 菌细胞壁结构:磷壁酸+肽聚糖

{	聚糖骨架:G+M
	四肽侧链
	五肽交联桥

(2)革兰阴性菌 细胞壁结构见图 2-4。结构较复杂,由肽聚糖和外膜组成,外膜是革兰阴性菌特有成分。①肽聚糖:革兰阴性菌含有 1~2 层由聚糖骨架和四肽侧链构成的肽聚糖链。例如,大肠埃希菌的聚糖骨架组成同其他细菌,但四肽侧链中,第三位氨基酸是二氨基庚二酸(DAP),DAP 直接与相邻四肽侧链第 4 位的 D-丙氨酸相连,没有五肽交联桥连接,因而只形成二维单层平面较疏松的结构;②外膜:位于肽聚糖外侧,由内向外由脂蛋白、脂质双层和脂多糖三部分组成。