

高等医药院校教科书

医学微生物学

余 澐 主 编

人民卫生出版社

供医疗、兒科、卫生及口腔專業用

医学微生物学

余 濱 主 編

張寬厚 林飛卿 叶天星

沈鼎鴻 陸德源 張 詠

人 民 卫 生 出 版 社

一 九 六 四 年 · 北 京

医学微生物学

开本：787×1092/16 印张：18⁶/₈ 字数：445千字

余 演 主编

人 民 卫 生 出 版 社 出 版

(北京书刊出版业营业许可证出字第〇四六号)

·北京崇文区东单于胡同三十六号·

人 民 卫 生 出 版 社 印 刷 厂 印 刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

统一书号：14048·2692

1962年8月第1版—第1次印刷

定价：(科五)1.70元〔K〕

1964年7月第1版—第6次印刷

印 数：34,501—37,500

目 录

第一篇 微生物学总论	
第一章 绪言	1
微生物学发展简史	2
我国医学微生物学的发展	5
现代医学微生物学的概况及发展方向	5
第二章 细菌的形态学	6
第一节 细菌的大小	6
第二节 细菌的形态	7
第三节 细菌细胞的基本构造	8
第四节 细菌的特殊构造	10
第五节 细菌形态学检查法的原则	14
第三章 细菌的生理学	16
第一节 细菌的化学成分	16
第二节 细菌的物理性质	17
第三节 细菌的营养	18
第四节 细菌的生长繁殖	21
第五节 细菌的培养法	22
第六节 细菌的酶	23
第七节 细菌的呼吸及厌氧菌培养原理	25
第八节 细菌的新陈代谢	27
第四章 微生物在自然界和正常机体的分布	32
第一节 土壤中的微生物	32
第二节 水中的微生物	33
第三节 空气中的微生物	33
第四节 正常人体常见的微生物	34
第五章 理化因素对微生物的影响	36
第一节 物理因素对微生物的影响	36
第二节 化学因素对微生物的影响	43
第六章 生物因素对微生物的影响	48
第一节 抗菌素	48
第二节 噬菌体	53
第七章 微生物的变异性	58
第一节 微生物变异的规律性	58
第二节 微生物变异的实例	58
第三节 人工引起变异的方法	61
第四节 微生物变异的机制	62
第五节 微生物变异的实际应用	63
第八章 抗原与抗体	64
第一节 抗原与抗体的定义	64
第二节 抗原与抗体的性质	64
第三节 抗原与抗体的种类	65
第四节 医学上重要的抗原与抗体	67
第九章 血清学反应	68
第一节 抗原抗体结合的一般特点	69
第二节 凝集反应	69
第三节 同种血球凝集反应与血型	75
第四节 沉淀反应	76
第五节 溶解反应	78
第六节 补体结合反应	81
第七节 调理素与吞噬作用	83
第八节 毒素、类毒素、抗毒素及中和反应	84
第十章 传染与免疫	88
第一节 历史上人类对于传染与免疫的认识	88
第二节 传染与免疫的概念	89
第三节 病原微生物在传染免疫过程中的作用	91
第四节 机体在传染免疫过程中的作用	94
第五节 环境因素在传染免疫过程中的作用	101
第十一章 变态反应	103
第一节 变态反应的类型	103
第二节 过敏反应	104
第三节 人类的变态反应	105
第四节 变态反应的机制	107
第五节 变态反应与免疫性的关系	108
第十二章 免疫学的应用	109
第一节 诊断方面	109
第二节 预防方面	109
第三节 治疗方面	111
第二篇 微生物学各论	
第十三章 病原性球菌	114
第一节 葡萄球菌	114

第二节	链球菌	120	第二十六章	分枝杆菌属	192
第三节	肺炎球菌	125	第一节	结核分枝杆菌	192
第四节	奈氏菌属	128	第二节	麻风分枝杆菌	200
第十四章	肠道杆菌	133	第二十七章	病原性螺旋体	203
第一节	通性和分类	133	第一节	螺旋体通论	203
第二节	大肠菌类	133	第二节	病原性钩端螺旋体	204
第三节	变形杆菌属	135	第三节	病原性疏螺旋体	209
第四节	绿脓杆菌	136	第四节	病原性密螺旋体	213
第五节	粪产硷杆菌	136	第五节	鼠咬热螺菌	218
第十五章	沙门氏菌属	137	第二十八章	立克次氏体	219
第十六章	痢疾杆菌属	142	第一节	立克次氏体通论	219
第十七章	弧菌属	147	第二节	立克次氏体各论	223
第一节	霍乱弧菌	147	第二十九章	病毒学通论	231
第二节	El Tor 弧菌	150	第一节	病毒的一般性状	231
第十八章	嗜血杆菌属	150	第二节	病毒的传染和免疫性	238
第一节	流行性感冒杆菌	151	第三节	病毒性疾病的微生物学检查法	241
第二节	埃及嗜血杆菌	153	第三十章	病毒各论	248
第十九章	包特氏杆菌属	154	第一节	鸚鵡热-淋巴肉芽肿病毒	248
第一节	百日咳杆菌	154	第二节	天花病毒及牛痘苗病毒	251
第二节	副百日咳杆菌	156	第三节	水痘——带状疱疹病毒	257
第二十章	巴氏杆菌属	156	第四节	单纯性疱疹病毒	258
第一节	鼠疫杆菌	157	第五节	呼吸道病毒	259
第二节	土拉巴氏杆菌	161	第六节	疹病病毒	266
第二十一章	布鲁氏菌属	162	第七节	肠道病毒	268
第二十二章	马鼻疽杆菌属	166	第八节	传染性肝炎病毒和同种血清黄疽病毒	272
第一节	马鼻疽杆菌	166	第九节	节肢动物传播的病毒	273
第二节	类鼻疽杆菌	167	第十节	狂犬病病毒	277
第二十三章	需氧性芽胞杆菌属	168	第十一节	感染人类的其他病毒	280
第一节	炭疽杆菌	168	第十二节	肿瘤的病毒病因学说	281
第二十四章	厌氧性芽胞杆菌属	172	第三十一章	病原性真菌和放线菌	281
第一节	破伤风杆菌	173	第一节	真菌通论	281
第二节	气性坏疽病原菌	176	第二节	皮肤霉菌类	286
第三节	肉毒杆菌	181	第三节	深部真菌	289
第二十五章	棒状杆菌属	184	第四节	病原性放线菌	293
第一节	白喉棒状杆菌	184			
第二节	类白喉棒状杆菌群	191			

第一篇 微生物学总論

第一章 緒 言

在自然界中，除了我們肉眼看得到的各种动物与植物外，还有我們眼睛看不到的，必須用顯微鏡或电子顯微鏡，才能观察到的小生物，这些小生物，总称为微生物。微生物的个体虽然非常微小，但是它們具有一定的形态与結構，能够迅速地生长与繁殖。

微生物的种类繁多，在动物界中有原生动物，如疟原虫与痢疾变形虫等；在植物界中有細菌、真菌、立克次氏体及病毒等；以及介乎动植物之間的螺旋体等。

微生物在自然界中的分布极广，在土壤、水、空气、食物、用具、以及人和动植物的体表与体腔中，均有微生物的存在，只是在不同环境中存在的微生物，在种类与数量上，有所不同而已。

生活在自然界中的微生物，不仅是种类多、数量大，而且在自然界中所起的作用亦不同。必須指出，絕大多數的微生物，在人与动植物的生活上，是有益的，而且是需要的。在自然界中，有許多种物質循环是靠着微生物的作用而进行的。例如植物在土壤中能够获得硝酸盐，是由微生物的腐敗作用，轉化动植物蛋白質为氨，氨被亚硝酸菌作用氧化为亚硝酸盐，再被硝酸細菌作用氧化为硝酸盐，以供給植物。因为无机氮化物，在土壤中是很少的，要不是微生物分解有机氮化物，形成硝酸盐以供給植物，植物将不能生活，人和动物的生活，也是不可能的。除了农业与微生物有密切关系外，許多重要的发酵工业，以及医疗上广泛应用的抗菌素，也是利用微生物的生命活动，使它們产生了对人类有价值的产物。

另外有一部分微生物对人和动植物是不利的。在这一部分有害的微生物中，有些微生物在人与动物体腔内，因为长期适应的結果，能在体腔中生长发育，当机体生理正常时，并不引起疾病；此外还有些微生物，当进入人体或动植物体内后，由于微生物在体内生长繁殖及其代謝产物的作用，破坏了机体的生理平衡，使机体組織器官发生病变，这些使人及动植物发生疾病的微生物，称为病原性微生物。

微生物学是生物学中的一个部門，它是研究微生物的进化、微生物的分类、微生物在一定环境条件下生命活动的規律性及在不同环境条件下的适应性与遺傳变异性；研究微生物之間的共生与拮抗作用及微生物与大生物之間的相互关系；研究对人类生活上有用微生物培养的最适宜条件与消灭有害微生物的有效方法。

研究微生物的分类，比研究其他大生物困难。这些在顯微鏡或电子顯微鏡下才能观察到的微生物，单凭形态的特征，作为分类的依据是不够的。現代微生物学，在鉴定微生物的种、型、变种与变型时，广泛地采用了比較生理及生化特性的方法，对于病原微生物，更須輔以毒力試驗及抗原結構試驗的血清学方法，綜合各种特征，为鉴别的依据。

微生物种的定义，根据 Н. А. Красильников 所作，“种是相类似和变异的有机体的体系或总合，这些有机体的来源是相同的，并表現一定的形态学特征与生理学特征，以及表現一定程度的遺傳变异性。”

一种微生物虽在形态上及生物特性上,表现相类似的特征,但在一种微生物中,仍有不同之处,如肺炎球菌与链球菌,又可根据抗原结构之不同而分为若干型;结核杆菌由于对人及不同动物的致病力不同而分为人型、牛型、鸟型及冷血动物型等。

微生物学在比較短的一个发展时期中,累积了非常丰富的资料。由于人类生活的实际需要,微生物学的研究范围日益广泛,在农业、工业与医学上,由微生物所引起的、有益的和不利的作用,須要具体而深入地研究,因此微生物学已分为五种专业。

普通微生物学: 研究微生物一般形态和生理及遺傳变异的規律性、分类法和基本的操作技术。

农业微生物学: 研究各种农作物病害的防治方法,及如何利用微生物,以增强土壤肥力。

工业微生物学: 研究酿造工业所需要的及医药上应用的(如产生抗菌素的)微生物。

兽医微生物学: 研究与畜牧业及与动物性食品加工有关的微生物,以及诊断与防治牲畜傳染病的方法。

医学微生物学(*медицинская микробиология*; *medical microbiology*) 是研究引起人类傳染病的各种病原微生物的生物学。研究病原微生物在一定环境条件下,与人体間的相互关系,为傳染病的诊断、預防与治疗打下基础。

学习医学微生物学的目的,在于掌握医学微生物学的基本知识,在系統理論的基础上,学会研究病原微生物的方法和必要的技术。

学习医学微生物学,必須运用辯証唯物主义的观点,既要認識病原微生物引起感染的客观規律性,又要掌握机体抵抗感染的主觀能动性。要了解傳染免疫是对立統一的过程,而免疫性是在机体与微生物相互斗争中建立起来的。

医学微生物学分总論及各論二部分,首先学习总論部分,主要是了解微生物的生命活动規律,外界环境对于微生物的影响,病原微生物与机体的相互作用,認識病原微生物侵入机体后,引起傳染和免疫的过程,掌握傳染病的诊断、預防和治疗的基本原则。然后学习各論,从各个病原微生物的生物特性、致病力,研究每种傳染病的微生物学檢查法、特殊預防与特殊治疗的方法。

由于医学微生物学的发展,不仅在傳染病的诊断与防治上有了科学的基础,同时也充实了有关科学的内容:如在病理解剖学上,研究微生物所引起的特殊病变;在病理生理学上,研究由微生物所引起的各种現象和发病机制;在药理学上,研究各种藥物对微生物的作用等。在临床医学方面,則無論学习何种专业,都必須了解病原微生物可能引起的疾病及其預防原理。医务工作者必須掌握医学微生物学的基本理論,熟練消毒、防腐及无菌操作的技术。

医学微生物学在預防为主的原则下,对于社会主义建設事业,有着重大的作用。在公共卫生,特别是在流行病学上,对于自然疫源、傳染媒介、傳染途径的探寻,必須从研究病原微生物着手,才能得到可靠的资料;也只有这样,才能控制和消灭危害人类最大的傳染病。

微生物学发展簡史

微生物学的发展,比其它科学为晚,它是在社会經济、生产技术和其它科学的发展达到一定水平以

后,才发展起来的。在17世紀的末叶,文艺复兴,由于貿易的发达,必須改善光学仪器,以滿足航海的要求,因此,玻璃研磨工作达到了相当的水平,創造了有扩大能力的显微镜,才观察到肉眼所不能看見的微生物,从而对于微生物才有了科学的、正确的認識。

虽然微生物学的发展比較晚,但古代人民早就应用微生物于生产实践中了。例如在紀元前12世紀时,我国已經知道酿造酒、醋等。在16世紀时,即有人主張傳染因素是活的,意大利詩人兼医师 Fracastorius 主張傳染病的傳播有直接、間接及通过空气几种方法。在18世紀,乾隆年間,我国云南師道南对鼠疫流行的規律性,已有相当清楚的認識。但在过去的封建社会里,沒有科学研究的物質条件,沒有人作进一步的钻研,因此也就沒有能更早的发现病原微生物。

微生物形态学时代 在17世紀末叶,荷兰人吕文胡克(Antony van Leeuwenhoek),于1676年,利用鏡片制出第一架原始复式显微镜,放大到160—200倍,观察了牙垢、井水、人和动物的糞便,发现了很多微小的生物,当时他称它們为活的野兽。在1695年,作者发表了他自己的观察成果,书名为“吕文胡克发现的自然界的秘密”。由书中的插图可以看出,吕文胡克已經看到了微生物的主要形态:球形、杆状与螺旋状。在吕文胡克以后的很长的时期,微生物学都是停滯在狹隘的形态学描述方面。



图1 吕文胡克象



图2 巴斯德象

微生物生理学时代 19世紀的初期,伴随着科学与技术的蓬勃发展,微生物学也有了长足的进步。微生物学的創始人,法国科学家巴斯德(Louis Pasteur),在他的偉大的工作中,証明微生物是引起发酵作用的原因。首先巴斯德在著名的試驗中,应用了具有S形瓶口的燒瓶,証明了在灭菌的肉湯中,沒有微生物自然发生的現象。就是說,燒瓶內肉湯中微生物的发育,是由含有微生物的空气尘埃所造成的,如果不让空气中的微生物进入灭菌的肉湯,即可永远保持无菌状态。这駁斥了当时的部分学者們的主張,即肉湯本身可在短時間內产生微生物的論点。在以后一个短时期內,巴斯德先后发现了微生物在酒精、乳酸与醋酸发酵上的作用;以后又发现了腐敗作用的本質,进而証明微生物之間,不仅有形态上的差别,而且在生物特性上,也各有不同。由于巴斯德的研究,在微生物学中,开始了生理学时代,人們認識到微生物在自然界中所起的重要作用,自此微生物学始成为一門独立的科学。

自从巴斯德发现了发酵和腐敗的原因以后,在发酵工业上,創造了加温处理的方法,防止酒类的变质。巴斯德的加温处理法,就是現在沿用的巴斯德消毒法。这一发现,立刻引起了医学界的重視。首先

是英国外科医师李斯特(Lister)，将防腐原理应用于外科。他所创造的防腐法及无菌外科手术的成就，乃是微生物学在医学实践上一个巨大的贡献。

在微生物学中，另一创始人，是德国学者郭霍(Robert Koch)。他在研究微生物学的技术上贡献最大，可以说是微生物学研究方法的奠基者。在巴斯德时代，是把细菌培养在液体培养基中，这种方法，不能保证分离细菌为纯种；郭霍创用了固体培养基，可以把各种微生物混合的液体，培养在固体培养基的表面，这样则每一个细菌的个体，由于在固定的地方繁殖的结果，出现一个独立的集团，因而可以得到各种微生物的纯粹培养，也就有可能研究每一种微生物的生物特性。郭霍的另一重要贡献，即首先提出用染色方法来观察微生物的细微构造。由于有了这些方法，微生物学的研究家们，在比较短的时期内，发现了各种微生物。郭霍除发现结核杆菌、霍乱弧菌外，并领导许多学生，发现了各种传染病的病原微生物，在传染病因的研究上大大地推进了一步。



图3 郭霍象



图4 梅契尼科夫象

免疫学的萌芽时代 我国古代远在明朝时，即知用天花病人身上的痘痂，接种在儿童的鼻孔中，来预防天花，这是免疫学的起源。后来英人琴纳(Edward Jenner)用牛痘给人接种，出色地解决了天花的预防问题。

巴斯德用减弱了毒力的细菌来做预防接种，创造了预防鸡霍乱、炭疽病的方法。由于实际上广泛使用的结果，已完全证明了巴斯德的方法是正确的。此后不久，他又作出另一巨大的贡献，就是用减弱毒力的狂犬病毒，制为疫苗，来预防人类的狂犬病。

由于预防接种表现了实效，又因为有些传染病生过一次就不再生，就使人们得到了机体能产生抵抗传染能力的一种概念。欧立希(Ehrlich)等发现，机体的抵抗力是和血清中存在的杀菌物质有关的，因此建立了体液学说。与体液学说同时出现的，是细胞免疫学说；这一学说的创始人，是俄国科学家梅契尼科夫(И. И. Мечников)，他发现机体内白血球及肝、脾等内皮细胞具有吞噬微生物的特性。梅契尼科夫的学说，当时却受到了郭霍的反对，以后体液免疫学说与细胞免疫学说之间，存在着长时期的尖锐斗争。现在我们了解体液学说与细胞学说，在免疫上均有重要意义，但二者均不能单独代表机体的防御机能。整个机体的免疫性，是在中枢神经的调节下，发动机体一系列的体液与细胞的防御因素，来和病原微生物进行斗争中建立起来的。

病毒的发现 俄国学者伊万诺夫斯基(Д. И. Ивановский)在1892年，首先发现病毒。根据他的实

驗，証明生烟草花叶病的烟叶經研磨过滤后，无菌的滤液仍然具有引起健康烟叶发生烟草花叶病的能力。这种在显微镜下看不见、能通过除菌滤器、且在一般培养基上不能生长的东西，就是病毒。以后在1897年，Loeffler 与 Frosch 发现动物口蹄疫的病毒。目前已经发现了很多种病毒。由于病毒知識的不断累积，已发展成为一門独立的科学——病毒学。



图5 伊万諾夫斯基象

化学疗法及抗菌素研究的发展 傳染病的化学疗法，在古代医学中即有記載，我国古代医师就会应用高等植物如黄连、大蒜治病。俄国学者罗曼諾夫斯基，最先将化学药品治疗傳染病的问题，放在正确的科学基础之上。首先合成化学治疗剂的是欧立希，他先合成了治疗梅毒的肺凡納明 (salvarsan, 606)，以后又合成了新肺凡納明 (neo-salvarsan, 914)。另外有些学者，发现用奎宁、阿的平 (atebrin) 等藥物治疗疟疾。1935年，Domagk 发现了百浪多息 (prontosil) 可以治疗病原性球菌的感染后，一系列的磺胺类藥物就陸續地綜合成功，在治疗上广泛地应用起来。抗菌素的应用，亦以我国为最早。在2500年前，我們的祖先已經知道用豆腐上的霉来治疗疔、疖。19世紀80年代，俄国学者 Манассеин 及 Полотебнов 发现青霉菌的肉湯培养滤液，可以抑制病原菌的生长。1929年 Fleming 也发现了青霉菌产生的青霉素，能抑制細菌的生长。直到1940年，Florey 等将青霉菌的培养液加以提煉，制成了青霉素。由于青霉素的制造成功，鼓舞了微生物学家們

寻找抗菌素的热潮，因而新的抗菌素，如鏈霉素、氯霉素、金霉素与地霉素不断发现，在傳染病的治疗上，起了巨大的作用。

我国医学微生物学的发展

辛亥革命以后，我国只有少数学者从事医学微生物学的研究工作，在若干問題上虽然也有一些零星的初步成就，例如发现旱獭为鼠疫的宿主，首先应用鸡胚以培养立克次氏体等，但是，由于反动政府对人民健康与科学研究漠不关心，研究者得不到支持，以致成就很少。

解放后，在党的领导下，医学微生物学的研究工作有了蓬勃的发展。在国际上首先成功地培养了沙眼病毒，最先发现亚洲甲型流感病毒，試制成功麻疹病毒疫苗与脊髓灰质炎病毒疫苗等。此外，生产了大量精制的菌苗、疫苗、抗菌素、抗毒素等。在全国范围内开展了中藥的杀菌灭毒研究，发现了許多新葯，在傳染病的防治上，取得了新的成就。

现代医学微生物学的概况及发展方向

近二十年来，在医学微生物学的领域中，由于同位素、荧光素、細胞化学及組織培养等新技术的应用，发展很快。研究工作已由細胞水平提高到分子水平。目前絕大部分病原微生物均已被发现，但对病原微生物如何引起疾病，則尚多不明，机体与病原微生物的相互关系，也了解的不够。今后的发展則是在已有的基础上，进一步研究病原微生物的遺傳

变异性,发病机制与免疫机制;研究机体非特异性免疫与特异性抗体的形成机制;提高菌苗、疫苗与类毒素等的质量;研究自家免疫引起变态反应性疾病的机制;研究营养、内分泌激素、电离辐射等对免疫的产生和维持的影响。

现代医学微生物学的成就,在不同社会制度里,掌握在不同阶级手中,起着不同的作用。在资本主义国家中,只为资产阶级服务,广大的劳动人民是享受不到的。资本主义社会的统治者,只是对某些烈性传染病,如霍乱或鼠疫,才有消灭的措施,因为这些传染病如不完全消灭,则统治阶级亦得不到保障。但对于天花就完全不同了,人们虽然有可能在地球上消灭天花,但在资本主义国家中,现在仍然存在着这个病,这是因为统治阶级只要自己种了牛痘,就能使自己免于天花的传染,即使在他们周围有天花病人,也没有传染的危险。所以他们就不积极实行消灭天花的措施。不仅如此,有些帝国主义国家,却在疯狂地利用微生物学的成就,制造细菌战的各种武器,准备杀害爱好和平的人民,由此可见,帝国主义实在是穷凶极恶,惨无人道的!

现代科学对传染病斗争的成就,只有在社会主义国家中,才能为全民服务。我国过去是半封建、半殖民地的国家,劳动人民的健康,是没有保障的;新中国成立后,党和政府重视劳动人民健康,提出以预防为主的工作原则,医学保健工作才成为为人民服务的事业。十余年来,霍乱没有发生,天花和鼠疫已被控制,各种传染病的疫情逐年普遍地下降,这就提高了全民的健康水平。1952年朝鲜战争中,帝国主义的战争贩子们,曾经使用细菌作为大规模的杀人武器。由于党和政府的英明领导,科学家们的努力,利用了微生物学的现代技术,采取了有效的措施,同时发动了群众的积极性,及时展开了爱国卫生运动,打垮了美帝国主义的细菌战。从反细菌战的斗争中,我们深深地体会到,将科学技术交给群众,是消灭传染病的有利而可靠的条件。新中国在党及政府的领导下,有计划地消灭危害人民最严重的疾病,是完全可以实现的。

我国医学微生物学工作者,在辩证唯物主义的思想指导下,应用现代科学的理论与技术并结合祖国医学,一方面研究病原微生物与环境的统一性与遗传变异性,一方面研究病原微生物与大机体的相互关系,研究如何控制和消灭危害人类的传染病,是本学科今后的发展方向,也是医学微生物学工作者的奋斗目标。

第二章 细菌的形态学

各种细菌都有固有的形态,但种属相近的细菌在形态学上没有多大的区别,所以形态学只能做鉴别细菌的参考。

第一节 细菌的大小

细菌的体积很小,通常以微米计算,一微米等于千分之一毫米。不同种的细菌大小很不一,一般用电子显微镜或测微计测量之。链球菌和葡萄球菌的直径约为0.8~1.2微米,大球菌的直径可达2微米。大杆菌如炭疽杆菌长3~10微米,宽1~3微米;中等大的杆菌如大肠杆菌长2~3微米,宽0.5~1微米;小杆菌如流行性感胃杆菌仅长0.7~1.5微米,宽0.2~0.4微米。弧菌长1~5微米,宽0.3~0.5微米;螺菌长1~50微米,宽0.3~

1 微米。

細菌的大小在生长、繁殖的不同生活阶段可发生变化,也可以受环境因素的影响。

第二节 細菌的形态

細菌在一定的外界环境下常保持一定的形态。平常所謂的正常形态,是指在适宜的培养基和溫度下,生长旺盛的細菌所显示的形态。

一、正常形态 細菌的形态大体上可分为球菌、杆菌和螺形菌三类:

(一) 球菌(кокки; cocci): 单个菌体基本上呈球形,按其分裂的方向和分裂后的排列情况,可分为:

1. 双球菌: 由一个平面分裂,分裂后两个菌体成对存在,如肺炎双球菌。
2. 鏈球菌: 也是由一个平面分裂,分裂后的菌体联在一起,呈鏈状存在。
3. 四联球菌: 由两个互相垂直的平面分裂,分裂后四个联在一起。
4. 八选球菌: 由上下、前后和左右三个互相垂直的平面分裂,分裂后八个排在一起。
5. 葡萄球菌: 由二个或三个平面作不規則的分裂,分裂后菌体聚集在一起。



图6 各种球菌的形态

(二) 杆菌(палочки, bacilli): 菌体呈杆状,有的是直的,有的稍弯。菌体的末端多呈圓形,亦有呈方形者。若菌体短粗,全体呈卵圓形时,称为球杆菌。大多数的杆菌是单独存在的,有的杆菌在分裂后仍連在一起,呈現鏈状,叫做鏈杆菌。

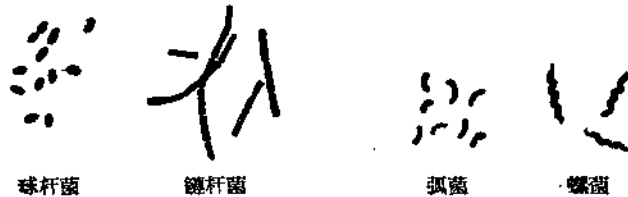


图7 杆菌和螺形菌的形态

有的杆菌生成側枝,称为分枝杆菌,例如結核杆菌(特别是鳥型者)。有的杆菌的末端膨大,称为棒状杆菌,如白喉杆菌。

(三) 螺形菌(спирально извитые формы; spiral forms): 菌体呈弯曲或捻轉状,可分为弧菌和螺菌两类:

1. 弧菌(вибрионы; vibrios): 菌体只有一个弯曲,呈逗点状 如霍乱弧菌。
2. 螺菌(спириллы, spirilla): 菌体呈数个回轉,較为坚韧,如鼠咬症螺菌。

二、細菌的多形态性 細菌除在适宜的条件下維持正常形态以外,在生长的各个阶段,形态会发生改变。在剛要分裂之前,菌体增长增大,着色均匀,即在平常具有异染顆粒

的菌种,此时也看不到顆粒。細菌分裂后,菌体恢复正常的大小。到达老齡时,菌体染色不均匀,呈顆粒状构造;球菌体积膨大;杆菌呈V状、絲状或球形;也就是所謂变性形态。

在不适宜的环境中,細菌的形态也发生变化。引起細菌形态变化的因素很多,如不适宜的溫度或酸碱度;表面張力的改变;各种放射綫、化学葯品、細菌的代謝产物、免疫血清的影响等。例如大腸杆菌在表面張力較低的培养基中培养时,則菌体变为細长或呈絲状。石炭酸(0.1%)可以抑制伤寒杆菌鞭毛的产生。青霉素可以使細菌变形、膨大,杆菌伸长变为絲状,球菌呈鏈状,革兰氏阳性菌变为阴性菌。由于外界环境一时的改变而引起的形态变化,通常是暫时的,随着外来因素的消除,細菌可以恢复原来的形态。但异常环境持續过久时,已改变的形态也有不能复原者,例如炭疽杆菌在42°C培养时,暫时失去生成芽胞的能力;若連續在此溫度下培养数代,則永久不能生成芽胞,并变为无毒。

三、細菌的滤过型 許多細菌受各种物理的、化学的或生物学的因素作用时,发生破裂,一部分的分解顆粒可以通过滤器,并具有生活能力,叫做細菌的滤过型。但細菌破裂后不一定都能生成滤过型。將細菌滤过型接种于培养基时,生长甚为緩慢,在液体培养基中稍呈渾浊,在固体培养基上生成极小的菌落,代謝作用很弱。在良好环境下傳代多次,可以逐漸恢复原来的性質,但不一定都能成功。因为空气、水和土壤中都可能有細菌滤过型存在,故进行无菌操作或研究細菌变异时,須特別注意滤过型的污染問題。

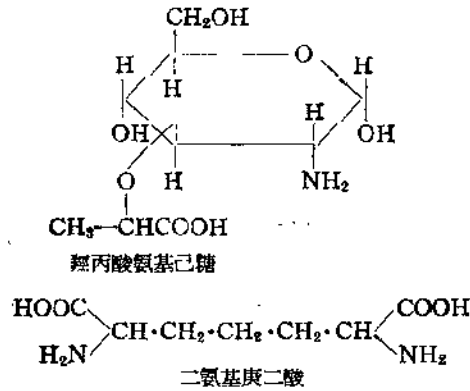
第三节 細菌細胞的基本构造

細菌体积微小,在普通显微镜下不能辨別其詳細的构造。近年来,由于各种染色法,光学仪器如相差显微镜、荧光显微镜和电子显微镜的应用,以及一些新技术如微量化学測定、超薄切片的发展,我們对于細菌的构造及組成已逐漸明了。細菌細胞与高等生物細胞的結構基本上是相似的,每种构造在細菌的生活中都起一定的作用。細菌的基本結構有細胞壁和原生质两部分:

一、細胞壁(клеточная стенка; cell wall) 細胞壁包圍在原生质的外面,由于它的折光率低,用普通显微镜不易檢出,对普通染色不易着染,可用特殊染色法染之。細胞壁的厚度因菌种而异,平均为10~30毫微米。細胞壁的重量一般占細菌体干重的10~40%左右。

細胞壁的化学組成随細菌而不同,一般是由醣、蛋白質和脂类鑲嵌排列而組成。多糖和蛋白質具有特异抗原性,能在动物体内引起相应的抗体的产生,可以作細菌分族及分型的依据。脂类則与細胞壁的通透性有关,因为脂溶性物质可以溶于脂类中,然后被細菌吸收利用。

革兰氏阴性菌細胞壁的化学成分比革兰氏阳性菌复杂,它所含的氨基酸种类与普通蛋白質者相似,而革兰氏阳性菌細胞壁中氨基酸的种类比較少,沒有芳香族氨基酸、含硫氨基酸等。其次,革兰氏阴性菌的細胞壁含有較多的脂类,約为20%;而革兰氏阳性菌只含1~2%。此外,革兰氏阳性菌的氨基糖含量比阴性菌高。細菌細胞壁中的醣与氨基酸构成粘肽(mucopeptide),其中含有四种特殊成分:一为脛丙酰氨基己糖(muramic acid),它是所有細菌細胞壁的組成成分之一,其結構与氨基葡萄糖相似,只是在第三位碳原子上以醚键与一乳酸相联。另外一个特殊化合物是二氨基庚二酸(α, ϵ -diamino pimelic acid),除革兰氏阳性球菌及乳杆菌外,在其他細菌的細胞壁中都存在,其特点是具有两个氨基及两个羧基:



其余两个特殊成分是D-谷氨酸和D-丙氨酸。青霉素能抑制金黄色葡萄球菌利用羧丙酸氨基己糖、D-谷氨酸、D-丙氨酸等合成细胞壁的粘肽，因而呈现抗菌作用。人和动物体不含这些成分，所以不受青霉素的损害(参看第六章第一节的“青霉素的作用机制”)。

细胞壁具有一定的坚韧性和弹性，故可以维持细菌的外形。细菌体内渗透压很高，在一般培养基(渗透压比细菌低)中所以不易崩解者，就是由于细菌壁的保护作用。如用溶菌酶溶解细胞壁，或用青霉素抑制细胞壁中粘肽的合成，则菌体崩解。细胞壁具有半渗透性，与胞浆膜共同维持细菌与外界的物质交换。细胞壁对外界因素如噬菌体、杀菌因子、机体吞噬的作用等，起一定的保护作用。

二、原生质(протоплазма; protoplasm) 原生质位于细胞壁内，由细胞浆(цитоплазма; cytoplasm)、胞浆膜(оболочка цитоплазмы; cytoplasmic membrane)及核(ядро, nucleus)组成。溶菌酶可以溶解细胞壁；或用高渗液处理细菌细胞，可使原生质完整地与细胞壁分离。除去了细胞壁的菌体称为原生质体(或原质型)(протопласт; protoplast)。

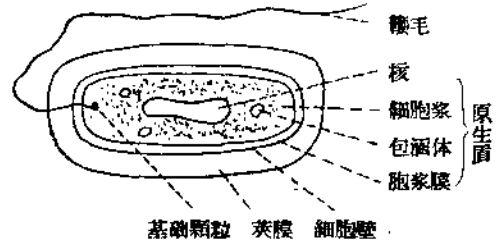


图8 细菌细胞构造模式图

(一) 细胞浆：细胞浆是细菌的基础物质，呈胶体状态，外固有胞浆膜。细胞浆的化学组成随菌种、菌龄、培养基的成分而不同。基本成分是水、蛋白质、核酸和脂类，也含有少量的糖和盐类。核糖核酸的含量较高，可达菌体固形物的15~20%，幼龄生长活泼的细菌其含量更高，因此细菌有较强的嗜碱性，易被碱性染料所着色，而且均匀。在菌龄较老的细菌中，核糖核酸被细菌作为氮源及磷源而利用，因此含量减少，细菌的着色力也降低。一般革兰氏阳性菌的细胞浆较革兰氏阴性菌者嗜碱性更强。

细胞浆含有各种包涵体(включение; inclusion body)及空泡，在有鞭毛的细菌，细胞浆内尚含有鞭毛的基础颗粒。包涵体是细菌新陈代谢的产物，或是贮备的营养物质，其化学组成是糖、脂类、含氮化合物(纒回体 волютин; volutin)，或无机物(硫、碳酸钙等)。糖类包涵体或为糖原或为淀粉，可作为细菌的能量来源，糖原且可与纒回体、脂类结合在一起。脂类包涵体在细菌中成为小滴，因其不易被利用，故随菌龄而逐渐增多。纒回体是含核糖核酸、多磷酸盐等的包涵体，它广泛地存在于许多细菌和真菌中，在缺乏磷、钾的培养

基中不易形成。多磷酸盐是核酸合成过程中磷和能量的来源。白喉杆菌的 Babes-Ernet 氏顆粒即是纤回体,对于碱性染料着色較深,故又有异染顆粒之称。由于細菌的发育阶段不同以及营养和环境的差异,各种細菌甚至同种細菌之間,包涵体的数量和成分可以不同。空泡是包涵体被利用后遺下的殘体,有时其中含有气体。

細胞浆是細菌的内环境,含有許多酶系統,可将由外界得到的营养物質合成为复杂的生活物質,同时也进行异化作用,不断更新細菌內部的結構和成分,以維持細菌生长和代謝所需要的环境。

(二) 胞浆膜: 胞浆膜緊密地圍繞在細胞浆外面,是一个独立的膜,可以与細胞浆分开,一般約厚 5~13 毫微米。它对染料的亲和力比細胞壁及細胞浆大。胞浆膜的化学組成比細胞壁复杂,主要为脂类和蛋白質,蛋白質約占重量的 40%,脂类占 20%以上,含有 10%核糖核酸。脂类大多与蛋白質或其他复杂基因結合。有的細菌胞浆膜尚含有糖类。在革兰氏阳性細菌胞浆膜中含有大分子的核糖核酸鎂盐,此成分与革兰氏染色反应有关;在耐酸性菌中含有分枝菌酸(是脂类),它与耐酸性染色反应有关。胞浆膜含有較完整的呼吸酶系統,如細胞色素系統,氧化琥珀酸、乳酸、 α -酮戊二酸的酶系統等。胞浆具有半透性,与細胞壁一起維持細胞的通透性,調节細菌体内与外环境的平衡。

(三) 核: 关于細菌是否含有細胞核以及核质存在的状态等問題,过去有过长时间的爭辯。近来由于染色技术的进步以及同位素、电子显微镜的应用,已經在許多細菌如大腸杆菌、結核杆菌、芽胞杆菌属、葡萄球菌等中发现核质的存在。

細菌核位于細胞浆內,呈圓形或橢圓形,其体积及結構因菌种及菌齡等的不同而有差异。在靜息状态的葡萄球菌,核約占原生质体积的 5~6%,在生长时可达 13~16%,大腸杆菌核的体积較大。

核质含有脫氧核糖核酸、蛋白質、磷脂、糖原、酶类和无机物。原生质中核糖核酸容易和碱性染料結合,因而影响核质中脫氧核糖核酸的着色。若用盐酸或核糖核酸酶使核糖核酸分解,則核质可被染色,而在普通显微镜下显示出来。脫氧核糖核酸与細菌的遺傳性和变异性有关。

第四节 細菌的特殊构造

某些細菌具有特殊的构造,可以帮助鉴定菌种。

一、鞭毛(жгутики; flagella) 許多杆菌、弧菌和螺菌具有鞭毛。鞭毛甚为纤细,在普通显微镜下須用特殊染色法才能看到。应用电子显微镜,发现鞭毛是由原生质內基础顆粒生长出来的,穿过胞浆膜和細胞壁而游离于菌体的外部。

鞭毛的长度和粗细因細菌种类和环境而不同。直徑一般不超过菌細胞横切面直徑的 1/20,約为 20~50 毫微米。长度一般不超过菌体长度或超过不多,但亦随菌齡而异,老菌的鞭毛比幼菌长,在液体培养基中生长的細菌鞭毛比在固体培养基上生长者为长。鞭毛的主要化学成分为蛋白質,具有特异抗原性及和相应的抗血清发生作用时,細菌呈現凝集现象,这对于細菌(特别是沙門氏菌属)的鉴定很有帮助。

一般认为鞭毛是运动的器官。在显微镜下可以看到有鞭毛的細菌,由一个地方跑到其他地方。这和不能运动的細菌呈現的布郎氏运动不同。細菌的运动力是細菌的一种特征,可以帮助鉴别細菌的种类。

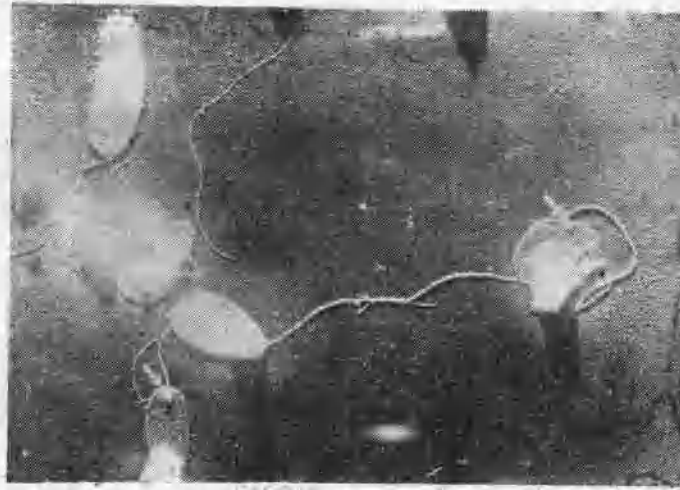


图9 霍乱弧菌的鞭毛

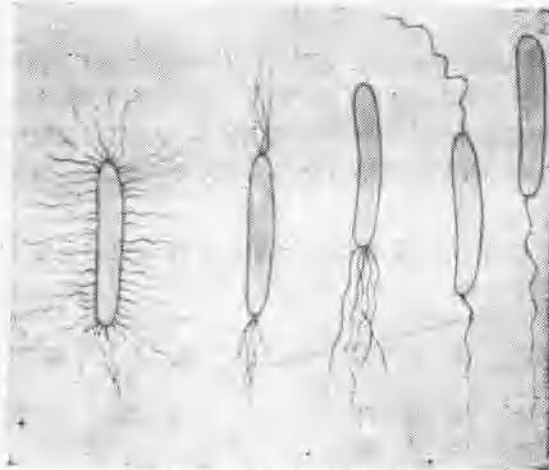


图10 细菌鞭毛的数目及排列

按鞭毛的排列、位置及其数目，可以将具有鞭毛的细菌分为下列数类：

- (一) 单毛菌：在菌体的一端具有一根鞭毛，例如霍乱弧菌。
- (二) 丛毛菌：在菌体的一端或两端有一束鞭毛，例如螺菌。
- (三) 周毛菌：在菌体的周围生有鞭毛，例如伤寒杆菌、大肠杆菌、破伤风杆菌、肉毒杆菌等。

二、荚膜 (капсула; capsule) 许多细菌如肺炎球菌、肺炎杆菌、炭疽杆菌等，在一定条件下于细胞壁外面，被复一层较厚的粘性物质，称为荚膜。有荚膜细菌的菌落外观常呈粘滑状，称为光滑型。荚膜的生成和外界环境很有关系。上述细菌当由人体和动物体中分离出来时，或在含有血清或牛乳的培养基中生长时，才生成荚膜。长期在培养基上传代时，细菌可失去荚膜。荚膜对于普通染色法不易着色，须用特殊染色法才能着色。荚膜的厚度因细菌和环境而异，一般多厚于200毫微米，其硬度和弹性都比细胞壁小得多。

荚膜所含水分占90%以上，固形物主要为多糖，但其成分因细菌种类及型别而有差

异,如肺炎球菌分为许多型,各型之间的区别即因荚膜多糖结构不同而异。芽胞杆菌属的细菌如炭疽杆菌的荚膜是由D-谷氨酸组成的多肽,并混有多糖成分。有些细菌的荚膜中含有脂类蛋白质复合物。

细菌的荚膜与细菌的致病力及其抗原性很有关系。具有荚膜的细菌不易被白血球吞噬,故能在机体内生长繁殖,引起感染。肺炎球菌失去荚膜时则致病力降低。

荚膜具有特异的抗原性,肺炎球菌与特异性血清作用时,则荚膜膨大。荚膜膨脹試驗可用于鉴定本菌的型别。

此外,荚膜尚可以保护细菌免受干燥的影响。在某些情况下,尤其是在营养缺乏时,可作为碳源及能量的来源,而被细菌所利用。

胞浆膜、细胞壁和荚膜构成细菌的表面,革兰氏阳性菌和阴性菌表面结构的化学组成是不同的,这与它们对抗菌素的敏感度、抗原构造等都有一定的关系。例如革兰氏阴性菌细胞壁所含的粘肽比阳性菌少,且含有脂蛋白,所以青霉素对阴性菌细胞壁的伤害较小,这是阴性菌对青霉素不敏感的一个原因。又如阴性菌表面构造中的蛋白质、脂类、多糖、粘肽等构成大分子复合物,菌体抗原(O抗原)可能是由此复合物中衍生出来的。

表1 革兰氏阳性菌与阴性菌表面构造化学成分的比较

革兰氏阳性菌			革兰氏阴性菌		
荚膜	细胞壁	胞浆膜	荚膜	细胞壁	胞浆膜
多糖 多肽	粘肽 粘多糖 Teichoic酸 酶?	脂蛋白 多糖 酶: 细胞色素 脱氢酶 辅酶I 氧化酶	多糖	脂蛋白 多糖 粘肽 酶?	成分? 酶?
Teichoic 酸是磷酸核醇的高分子复合物			被膜 酶: 细胞色素 脱氢酶 辅酶I 氧化酶		

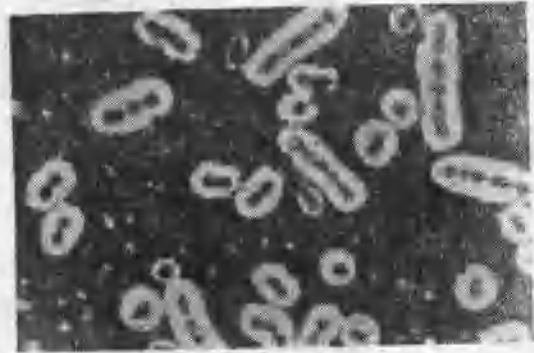


图11 肺炎球菌的荚膜

三、芽胞(спорa; spore) 许多杆菌可以生成芽胞。芽胞具有高度折光性,其外膜的通透性低,故用普通染色法不易着色。加热时芽胞的通透性增加,吸收碱性染料而着色,染色后不易脱色。

芽胞呈球形或椭圆形,它或位于菌体的中央,或在末端,或靠近末端。芽胞或比菌体略小(如炭疽杆菌的芽胞);或比菌体为大,此种芽胞如存在于菌体的中央则使菌体呈梭状,若位于菌体的末端,则呈鼓槌状,例如破伤风杆菌的芽胞。

各种细菌芽胞的形状、大小及其在菌体内的位置是比较固定的,故有助于菌种的鉴别。