

第二章 原核生物的形态、构造和功能

[教学目标]通过本章的教学，使学生掌握微生物的种类和特征、掌握以细菌为代表原核微生物的形态结构、化学组成和繁殖特征等。

[教学的重点和难点]细菌的基本形态、构造和特征；原核微生物之间的区别；革兰氏染色；细菌的群体形态特征。

[教学方法和手段]主要以讲授为主，应用多媒体课件进行形象生动的课堂教学。设计微生物学形态学综合实验，从菌落形态、染色方法和显微镜观察等多方面进行实验教学。

[教学内容]

非细胞型（acellular microorganism）：病毒、亚病毒

细胞型：原核微生物(prokaryotes)：细菌、放线菌等。特点是无明显核，也无核膜、核仁。

原核生物即广义的细菌，指一大类细胞核无核膜包裹，只存在称作核区（nuclear region）的裸露DNA的原始单个细胞生物，包括真细菌（eubacteria）和古细菌（archaea）两大类群。

真核微生物(eukaryotic microorganism)：酵母菌、霉菌。特点是有明显核，有核膜、核仁。

本章主要介绍原核生物的六种类型：细菌、放线菌、蓝细菌、支原体、立克次氏体和衣原体。

表 2.1 原核生物和真核生物遗传的和细胞组装上的主要差别

原核生物	真核生物
遗传物质和复制的组装	
DNA 在细胞质中游离	DNA 在膜包围的核中，只有一个核仁
只有一个染色体	多于一个染色体，每个染色体是双拷贝(双倍体)
DNA 与类组蛋白连系	DNA 与组蛋白连系
含有染色体外的遗传物质，称为质粒	只在酵母中发现质粒
在 mRNA 中没有发现内含子	所有基因中都发现内含子
细胞分裂以二等分裂方式，只有无性繁殖	细胞分裂为有丝分裂
遗传信息传递可通过接合、转导、转化发生	遗传信息交换发生在有性繁殖过程，减数分裂导致产生单倍体细胞(配子)，它们能融合。
细胞的组装	
质膜含有 hopanoids、脂多糖和磷壁酸	质膜含有固醇
能量代谢与细胞质膜连系	多数情况在线粒体中发生
光合作用与细胞质中膜系统和泡囊连系	藻类和植物细胞中存在叶绿体
	蛋白质合成和寻靶作用与内膜、粗糙内质网膜和高尔基体相连系
	有膜的泡囊如溶酶体和过氧化物酶体有微管骨架存在
由一根蛋白鞭毛丝构成鞭毛	鞭毛有 9+2 微管排列的复杂结构
核糖体——70S	核糖体——80S(线粒体和叶绿体的核糖体是 70S)
肽聚糖的细胞壁(只有真细菌有，古细菌中是不同的多聚体)	多糖的细胞壁，一般或者是纤维素或者是几丁质

原核细胞和真核细胞的区别

原核生物和真核生物

原核生物和真核生物细胞之间有许多差别。真核生物的主要特征是有细胞核和如线粒体、叶绿体的细胞器及复杂的内膜系统。病毒属于非细胞类，细菌属于原核生物，所有其他微生物属于真核生物。

原核细胞和真核细胞的区别

核、核膜、染色体

原核生物细胞没有核膜，有一个明显的核区，这个核区上集中了它的主要遗传物质，由一条与类

组蛋白相联系的双链 DNA 构成的染色体组成。

真核生物细胞则是由一条或一条以上的双链 DNA 与组蛋白等结合成的染色体，并由核膜包围。

代谢场所

原核细胞没有独立的内膜系统，与代谢有关的酶如呼吸酶合成酶等位于细胞膜上，因此它的能量代谢在质膜上进行。

真核细胞不仅有独立的内膜系统，还有细胞骨架，呼吸酶在线粒体中，有专用的细胞器来完成各项生理功能，如线粒体、叶绿体。

核糖体的大小和分布

原核细胞的核糖体大小为 70S，常以游离状态或多聚体状态分布于细胞质中。

真核细胞的核糖体大小为 80S，可以游离状态存在于细胞结合于内质网上。线粒体和叶绿体内有各自在结构上特殊的核糖体。

§ 1 细菌

细菌 (bacteria) 是一类细胞细短 (直径约 $0.5\ \mu\text{m}$ ，长度约 $0.5\sim 5\ \mu\text{m}$)、结构简单，胞壁坚韧，多以二分裂方式繁殖和水生性较强的原核生物。1000 倍以上显微镜才能看到其形状。

一、细菌的形态构造及其功能

(一) 形态与染色

1、基本外形：球状——球菌；杆状——杆菌；螺旋状——螺旋菌。

(1) 球菌 (Coccus)：

球形或近球形，根据空间排列方式不同又分为单、双、链、四联、八叠、葡萄球菌。不同的排列方式是由于细胞分裂方向及分裂后情况不同造成的。细胞呈球状或椭圆形。根据这些细胞分裂产生的新细胞所保持的一定空间排列方式有以下几种情形：见图 2-1

单球菌——尿素微球菌 (图

2-1-1)

双球菌——肺炎双球菌 (图

2-1-2)

链球菌——溶血链球菌 (图

2-1-3)

四联球菌——四联微球菌 (图

2-1-4)

八叠球菌——尿素八叠球菌 (图 2-1-5)

葡萄球菌——金黄色葡萄球菌 (图 2-1-6)

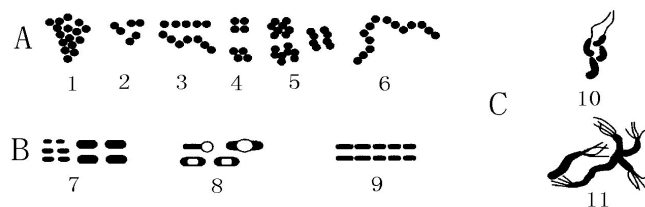


图 2.1 细菌的各种形态

A 球菌 B 杆菌 C 螺旋菌

(2) 杆菌 *Bacillus* (Bacterium)：杆状或圆柱形，径长比不同，短粗或细长。是细菌中种类最多的。

杆菌细胞呈杆状或圆柱形。图 2.1 中 B 的 7 为长杆菌和短杆菌，8 为枯草芽孢杆菌，9 为溶纤维梭菌。

(3) 螺旋菌 (*Spirillum*)：细胞呈弯曲杆状的细菌统称为螺旋菌。是细胞呈弯曲杆状细菌统称，一般分散存在。根据其长度、螺旋数目和螺距等差别，分为弧菌 *Vibrio* (菌体只有一个弯曲，形似 C 字) 和螺旋菌 (螺旋状，超过 1 圈)。

与螺旋体 *Spirochaeta* 区别：无鞭毛。

弧菌 偏端单生鞭毛或丛生鞭毛 (图 2-1-10)

螺旋菌 两端都有鞭毛 (图 2-1-11)

细菌形态不是一成不变的，受环境条件影响 (如温度、培养基浓度及组成、菌龄等)。

异常形态：一般，幼龄，生长条件适宜，形状正常、整齐。老龄，不正常，异常形态。

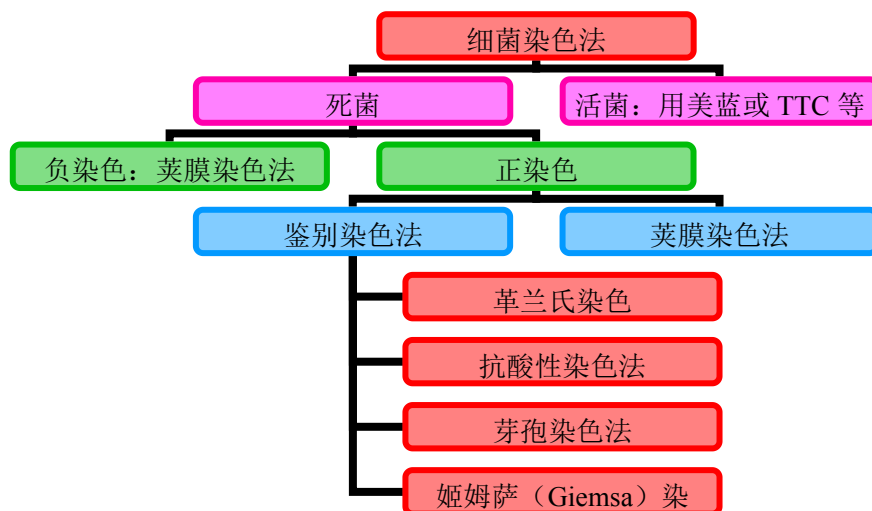
畸形：由于理化因素刺激，阻碍细胞发育引起。

衰颓形：由于培养时间长，细胞衰老，营养缺乏，或排泄物积累过多引起。

2、细菌染色法

由于细菌细胞既小又透明，故一般先要经过染色才能作显微镜观察。

细菌染色法



3、细菌的大小

细菌大小的度量单位：以 μm 为单位。

细菌大小的表示：

球菌 一般以直径来表示，球菌直径 $0.5\sim 1\mu\text{m}$ 。

杆菌和螺旋菌则以长和宽来表示。如 $1\times 2.5\mu\text{m}$ ，杆菌直径 $0.5\sim 1\mu\text{m}$ ，长为直径 1~几倍，螺旋菌直径 $0.3\sim 1\mu\text{m}$ ，长 $1\sim 50\mu\text{m}$ 。

细菌大小的测定：在显微镜下使用显微测微尺测定。

细菌大小也不是一成不变的。

细菌的重量：每个细菌细胞重量 $10^{-13}\sim 10^{-12}\text{g}$ ，大约 10^9 个 E.coli 细胞才达 1mg 重。

二、细菌的细胞构造

研究细菌细胞结构是分子生物学重要内容之一，有了电子显微镜才有可能。其结构分为基本结构和特殊结构。

（一）细菌细胞的一般构造

基本结构是细胞不变部分，每个细胞都有，如细胞壁、细胞膜、细胞核。

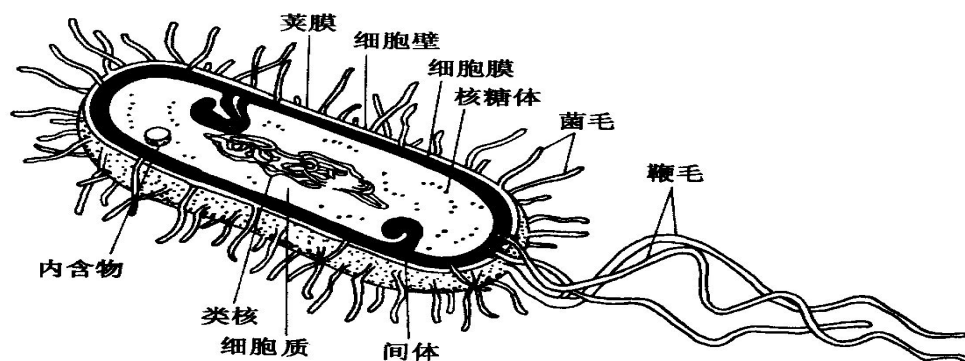


图 2.2 细菌细胞结构示意图

1、 细胞壁

①概念：细胞壁（cell wall）是细胞质膜外面具有一定硬度和韧性的壁套，使细胞保持一定形状，保障其在不同渗透压条件下生长，即使在不良环境中也能防止胞溶作用。

真细菌的细胞壁由肽聚糖构成，而古细菌细胞壁组成物质极为多样，从类似肽聚糖的物质、假肽聚糖，到多糖、蛋白质和糖蛋白。

真细菌细胞壁由肽聚糖构成，肽聚糖是 N-乙酰氨基葡萄糖(NAG)和带有交替排列的 D-型或 L-型氨基酸侧链的 N-乙酰胞壁酸(NAM)的多聚体。它是高度的交联的分子，使得细胞具有刚性、强度和保护细胞抵抗渗透压的裂解。肽聚糖有许多独特的特性，如 D-型氨基酸，它可作为抗生素攻击肽聚糖的靶目标(抗生素通过抑制或干扰肽聚糖合成而使细胞壁缺损)。革兰氏阳性细菌细胞还含有磷壁酸。

②功能：

细菌细胞壁的生理功能有：

保护原生质体免受渗透压引起破裂的作用；维持细菌的细胞形态(可用溶菌酶处理不同形态的细菌细胞壁后，菌体均呈现圆形得到证明)；细胞壁是多孔结构的分子筛，阻挡某些分子进入和保留蛋白质在间质(革兰氏阴性菌细胞壁和细胞质之间的区域)；细胞壁为鞭毛提供支点，使鞭毛运动。

③革兰氏染色

革兰氏染色根据 1884 年革兰姆·克里斯琴(Christian Gram)发明的染色反应，真细菌常常分成两类。对染色步骤反应的差别是由于两类细菌的细胞外膜结构。革兰氏阳性细菌有单一的膜称作细胞膜(或原生质膜)，周围被厚的肽聚糖层包围(20~80nm)。革兰氏阴性细菌只有一薄层肽聚糖(1—3nm)，但是在肽聚糖层外边，仍有另一层的外膜，作为另外的屏障(图 2.3)。

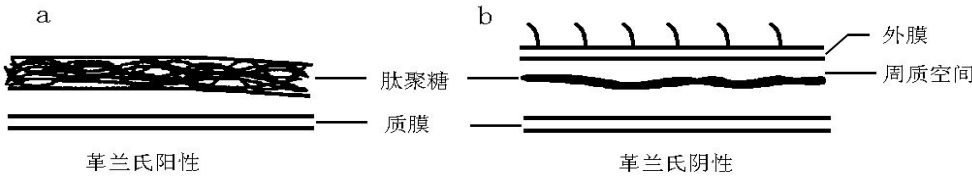


图 2.3 细胞表面结构。a 革兰氏阳性细菌；b 革兰氏阴性细菌

革兰氏染色步骤如下：固定过的细胞用暗染色例如结晶紫染色，接着加碘液媒染，细菌细胞壁内由于染色形成结晶紫与碘的复合物。随后加酒精从薄的细胞壁中洗出结晶紫与碘暗染色的复合物，但是结晶紫—碘复合物不能从厚的细胞壁中洗出。最后，用较浅的石炭酸复红复染。加石炭酸复红染色，使脱色的细胞呈粉红色，但在暗染色的细胞中没有看到粉红色，仍保持第一次的染色结果。保持原来染色(厚的细胞壁)的细胞称作革兰氏阳性，在光学显微镜下呈现蓝紫色。脱色的细胞(薄的细胞壁和外膜)称作革兰氏阴性，染成粉红色或淡紫色。

表 2.2 革兰氏染色程序和结果

步 骤	方 法	结 果	
		阳性(G+)	阴性(G-)
初 染	结晶紫 30s	紫 色	紫 色
媒染剂	碘液 30s	仍为紫色	仍为紫色
脱 色	95%乙醇 10—20s	保持紫色	脱去紫色
复 染	蕃红(或复红)30—60s	仍显紫色	红 色

④化学组成与超微结构

a 革兰氏阳性细菌（Gram positive）

革兰氏阳性细菌细胞壁具有较厚（30~40nm）而致密的肽聚糖层，多达 20 层，占细胞壁的成分

60-90%，它同细胞膜的外层紧密相连(见图 2.4)。

有的革兰氏阳性细菌细胞壁中含有磷壁酸 (teichoic-acid) ,也即胞壁质 (murein)。

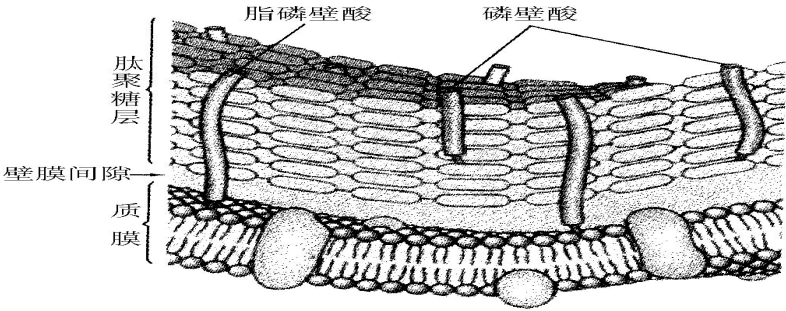


图 2.4 G⁺细菌细胞壁结构

b 革兰氏阴性细菌 (Gram negative)

外膜 革兰氏阴性细菌特殊的是外膜上含有许多独特的结构 (见图示 2.5)，如把外膜与肽聚糖层连接起来的布朗(Braun's)脂蛋白，使营养物被动运输通过膜的[膜]孔蛋白和起保护细胞作用的脂多糖 (LPS)。脂多糖也称为内毒素，对哺乳动物有高度毒性。

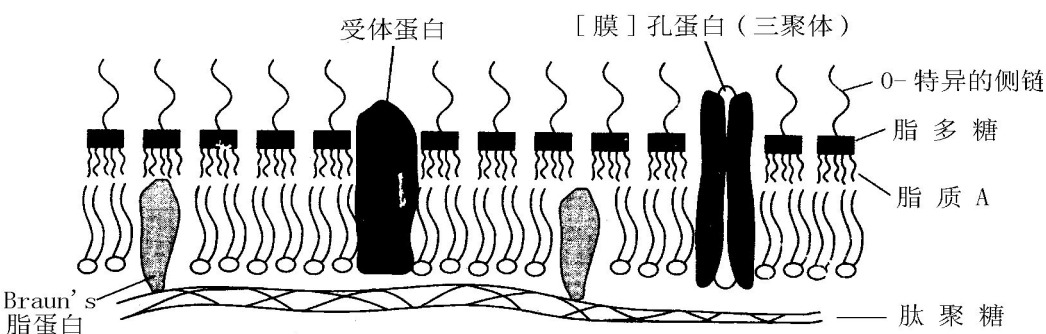


图 2.5 革兰氏阴性细菌外膜结构模式图

G-细菌细胞壁外膜的基本成分是脂多糖 (lipopolysaccharide LPS)，此外还有磷脂、多糖、和蛋白质。外膜被分为脂多糖层 (外)、磷脂层 (中)、脂蛋白层 (内)。

肽聚糖层 G-细菌细胞壁肽聚糖层很薄，约有 2-3nm 厚。它与外膜的脂蛋白层相连。

周质空间 周质空间 (periplasmic space，即壁膜间隙) 是革兰氏阴性细菌细胞膜与外膜两膜之间的一个透明的区域 (见图 2.3)。它含有与营养物运输和营养物进入有关的蛋白质，有：营养物进入细胞的蛋白；营养物运输的酶，如蛋白[水解]酶；细胞防御有毒化合物，如破坏青霉素的β-内酰胺酶。革兰氏阳性细菌以上这些酶常分泌到胞外周围，革兰氏阴性细菌则依靠它的外膜，保持这些酶与菌的紧密结合。

⑤ G⁺与 G⁻菌的细胞壁的特征比较

表 2.3 两类细胞壁的特征比较

特 征	G ⁺ 细菌	G ⁻ 细菌
肽聚糖	层厚	层薄
类脂	极少	脂多糖
外膜	缺	有
壁质间隙	很薄	较厚
细胞状态	僵硬	僵硬或柔韧
酸消化的效果	原生质体	原生质球
对染料和抗生素的敏感性	很敏感	中度敏感

⑥细胞壁缺陷细菌

A、原生质体 (protoplast)：人工条件下用溶菌酶除去细胞壁或用青霉素抑制细胞壁合成后，所留下的部分。一般由 G⁺细菌形成。

B、球形体 (spheroplast)：残留部分细胞壁，一般由 G⁻细菌形成。有一定抗性。

特点：对渗透压敏感；长鞭毛也不运动；对噬菌体不敏感；细胞不能分裂等。

C、细菌 L 型：一种由自发突变形成的变异型，无完整细胞壁，在固体培养基表面形成 "油煎蛋"状小菌落。

D、支原体：长期进化形成，独立成为柔膜菌纲，柔膜菌目。

2、细胞膜与中间体

① 概念

细胞质膜 (cytoplasmic membrane)，简称质膜 (plasma membrane)，是围绕细胞质外的双层膜结构，使细胞具有选择吸收性能，控制物质的吸收与排放，也是许多生化反应的重要部位。

原生质膜是一个磷脂双分子层，其中埋藏着与物质运输、能量代谢和信号接收有关的整合蛋白。另外，有通过电荷相互作用，疏松附着于膜的外周蛋白。膜中的脂类和蛋白质互相相对运动。

②成分与结构

原生质膜(细胞膜)埋藏在磷脂双分子层中的是有各种功能的蛋白(图 2.6)，包括转运蛋白、能量代谢中的蛋白和能够对化学刺激检测和反应的受体蛋白。整合蛋白(integral)是完全地与膜连接而且贯穿全膜的蛋白，所以这些蛋白在此区域中有疏水性氨基酸埋藏在脂中。外周蛋白(peripheral proteins)是由于磷脂带正电荷极性头，只是通过电荷作用与膜松散连接的一类，用盐溶液洗涤可以从纯化的膜上除去。脂类和蛋白质均在运动，而且是彼此之间相对运动。这就是被广泛接受的称作液态镶嵌模式的细胞膜结构模型。

脂双分子层 细胞膜由含有亲水区域的和疏水区域的两亲性分子磷脂组成。在膜中磷脂以双分子层排列，极性头部亲水区指向膜的外表面，而其疏水区脂肪酸的尾部指向膜的内层。结果，膜对于大分子或电荷高的分子成为一个选择渗透屏障，它们不易通过磷脂双分子的疏水性内层。

③功能

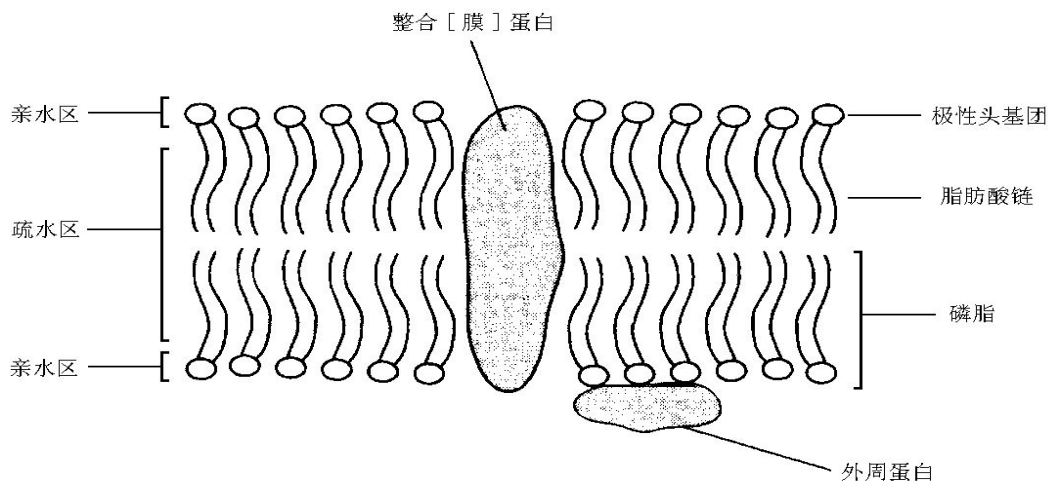


图 2.6 质膜结构模式图

细胞质膜的生理功能有：

a 维持渗透压的梯度和溶质的转移；**b** 细胞质膜是半渗透膜，具有选择性的渗透作用，能阻止高分子通过，并选择性地逆浓度梯度吸收某些低分子进入细胞；**c** 由于膜有极性，膜上有各种与渗透有关的酶，还可使两种结构相类似的糖进入细胞的比例不同，吸收某些分子，排出某些分子；**d** 细胞质膜上有合成细胞壁和形成横隔膜组分的酶，故在膜的外表面合成细胞壁；**e** 膜内陷形成的中间体(相当于高等植物的粒线体)含有细胞色素，参与呼吸作用；**f** 中间体与染色体的分离和细胞分裂有关，还为 DNA 提供附着点；

细胞质膜上有琥珀酸脱氢酶、NADH 脱氢酶、细胞色素氧化酶、电子传递系统、氧化磷酸化酶及腺苷三磷酸酶(ATPase)。在细胞质膜上进行物质代谢和能量代谢；

细胞质膜上有鞭毛基粒，鞭毛由此长出，即为鞭毛提供附着点。

④内膜结构

间体（mesosome）是从质膜向内伸展的细胞质中主要单位膜结构，常常同核质相联系，位于细胞分裂处。间体的功能可能参与呼吸作用、同 DNA 的复制和细胞的分裂有关。

载色体(chromatophore) 也称为色素体，是光合细菌进行光合作用的部位，由单层的与细胞膜相连的内膜所围绕，主要化学成分是蛋白质和脂类。它们含有菌绿素、胡萝卜素等色素以及光合磷酸化所需的酶系和电子传递体。在绿硫菌科和红硫菌科中存在。

羧酶体(carboxysome) 又称为多角体，是自养细菌所特有的内膜结构，可能是固定 CO₂ 场所。

类囊体(thylakoid) 由单位膜组成，含有叶绿素、胡萝卜素等光合色素和有关酶类，在蓝细菌中为其进行光合作用的场所。

3、细胞质及其内含物

①概念

细胞质：是指除核以外，质膜以内的原生质。

②细胞质的主要成分

细菌细胞质是含水的、含有细胞功能所需的各种分子、RNA 和蛋白质的混合物。对所有的细菌都是一样的，细胞质中的主要结构是核糖体。

表 2.4 细菌细胞质中的内含物

内含物	存在于	组成	功能
非单位膜被包裹的			
聚β-羟基丁酸	许多细菌	主要是 PHB	贮备碳和能源
硫滴	H ₂ S 氧化细菌和紫硫光合细菌	液状硫	能源
气泡	许多水生细菌	罗纹蛋白膜	浮力
羧基化体	自养细菌	CO ₂ 固定酶	固定 CO ₂ 的部位
绿色体	绿色光合细菌	类脂、蛋白、菌绿素	捕光中心
碳氢内含物	许多利用碳氢化合物的细菌	包裹在蛋白质壳中内含物	能源
磁石体	许多水生细菌	磁铁颗粒	趋磁性
无膜包裹的			
多聚葡萄糖苷	许多细菌	高分子葡萄糖聚合物	碳源和能源
多聚磷酸盐	许多细菌	高分子磷酸盐聚合物	磷酸盐贮藏物
藻青素(cyanophycin)	许多蓝细菌	精氨酸和天冬氨酸的多肽	氮源
藻胆蛋白体	许多蓝细菌	捕光色素和蛋白质	捕捉光能

③核糖体

核糖体 由一个小的亚基和一个大的亚基组成，核糖体的亚基是由蛋白质和 RNAs 组成的复合物，是细胞中合成蛋白质的场所。原核细胞中的核糖体，尽管在形状上和功能上与真核细胞相似，但是组建核糖体亚基的蛋白质和 RNAs 性质上有差别。古细菌的核糖体与真细菌的核糖体(70S)同样大小，但是对于白喉毒素和某些抗生素的敏感性却不同，而与真核生物的核糖体相似。业已证明抗生素对人类是非常有用的，因为抑制细菌蛋白质合成的抗生素，对真核生物蛋白质合成无效果，这样就有了选择毒性。

④内含体

某些细菌含有与特殊功能相连系的结构，称作内含体(inclusion bodies) 它常常在光学显微镜下观察到。这些颗粒常是储存物，可以与膜结合，例如聚-β-羟基丁酸盐(PHB)颗粒；细胞质中发现的分散颗

粒如多聚磷酸盐颗粒(也称为异染粒)。某些细菌中也能看到脂肪滴。一个有趣的内含体是在蓝细菌(蓝绿藻)和生活在水环境中的其他光合细菌内发现的气泡,在细胞内四周排列的由蛋白质构成的气泡提供浮力,使得细菌漂浮靠近水的表面。详情见表 2.4

4、 原核和质粒

①原核

细菌的 DNA 在细胞质中为单个环状染色体,有些时候称为拟核。

细菌的 DNA 位于细胞质中,由一个染色体构成,不同种的细菌之间染色体大小不同(大肠杆菌染色体有 4×10^6 碱基对长)。DNA 是环状、致密超螺旋,而且与真核细胞中发现的组蛋白相类似的蛋白质结合。虽然染色体没有核膜包围,但在电子显微镜中常可看到细胞内分离的核区,称为拟核(nucleoid)。

古细菌的染色体和真细菌的染色体类似,是一个单个环状的 DNA 分子,不包含在核膜内,而 DNA 分子大小通常小于大肠杆菌的 DNA。

②质粒

常在细菌中发现小的、染色体外的环状 DNA 片段,称作质粒。

某些细菌还含有染色体外的小分子 DNA 称作质粒(plasmids)。其上携带的基因对细菌正常生活并非必需,但在某些情况下对细胞有利,如抗生素抗性质粒。

质粒常以不同大小的环状双螺旋存在,它可以独立进行复制,也可整合到染色体上。

(二) 细菌细胞的特殊构造

而特殊结构是细胞可变部分,不是每个都有,如鞭毛、荚膜、芽孢等。

1、糖被(glycocalyx)

包被于某些细菌细胞壁外的一层厚度不定的透明胶状物质。糖被的有无、厚薄与菌种的遗传性相关外,还与环境尤其是营养条件密切相关。糖被按其有无固定层次、层次厚薄又可细分为荚膜(capsule 或 macrocapsule 即大荚膜)、微荚膜(microcapsule)、粘液层(slime layer)和菌胶团(zoogloea)等数种。

糖被的功能:①保护作用,如保护细胞免受干旱损伤,保护细胞免受吞噬等;②贮藏养料,以备营养缺乏时重新利用;③作为渗透屏障和离子交换系统,以保护细菌免受金属离子的毒害;④表面附着作用,引起龋齿的 streptococcus salivarius(唾液链球菌)分泌的糖被将细菌牢牢地粘附于齿表;⑤细菌间的信息识别作用;⑥堆积代谢废物。

2、鞭毛和菌毛

鞭毛(flagellum, flagella) 是从细胞质膜和细胞壁伸出细胞外面的蛋白质组成的丝状体结构,使细菌具有运动性。

鞭毛细细而具有刚韧性,直径仅 20nm,长度达 15~20 μ m,可以分为三部分:基体(base body)、钩形鞘(hook)和螺旋丝(helical filament)。

具有鞭毛的细菌基鞭毛数目和在细胞表面分布因种不同而有所差异,是细菌鉴定的依据之一。一般有三类:单生鞭毛(2.7a)、丛生鞭毛(2.7b)和周生鞭毛(2.7c)。

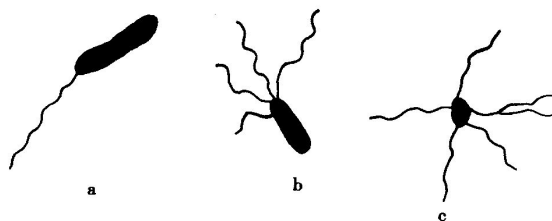


图 2.7 细菌鞭毛的类型

鞭毛与细菌运动有关，如趋化性和趋渗性等。

菌毛（pili） 细菌细胞表面发现的特殊的象头发样的蛋白质表膜附属物，有几微米长。

性菌毛（sex pili） 与遗传物质从一个细菌转移到另一个细菌有关，即在细菌接合交配时起作用。性菌毛比菌毛稍长，数量少，只有一根或几根。

3、芽孢

①概念

芽孢（endospore） 在一些属包括芽孢杆菌属和梭菌属中产生细菌的芽孢。它们是由细菌的 DNA 和外部多层蛋白质及肽聚糖包围而构成，芽孢对干燥和热具有高度抗性。形成芽孢的细菌：Bacillus, clostridium, Spirillum, Vibrio, Sarcina，每一细胞仅形成一个芽孢，所以其没有繁殖功能。形成芽孢属于细胞分化（形态发生）。

②形态与结构

芽孢结构相当复杂最里面为核心，含核质、核糖体和一些酶类，由核心壁所包围；核心外面为皮层，由肽聚糖组成；皮层外面是由蛋白质所组成的芽孢衣；最外面是芽孢外壁。一般含内生芽孢的细菌总称为孢子囊（sporangium）。(见图 2.8) 结构组成特点：含水量低（平均 40%），壁致密，芽孢肽聚糖和吡啶-2,6-二羧酸钙（DPA-Ca ）。伴胞晶体——苏云金芽孢杆菌，生物农药。

③生理特性

芽孢在许多细菌中，主要是芽孢杆菌属和梭菌属产生一种特化的繁殖结构，（它无繁殖功能，为抗逆性休眠体）。在光学显微镜下用特殊的芽孢染色(如孔雀绿染色)或通过相差显微镜能够观察到芽孢。由于芽孢有许多层包围细菌遗传物质的结构，使得芽孢具有惊人的、对所有类型环境应力的抗性，例如热、紫外线辐射、化学消毒剂和干燥。由于许多重要的病原菌可产生芽孢，因此，必需设计灭菌措施以除去这些坚硬的结构，因为某些菌能经受住在沸水中煮沸几小时。

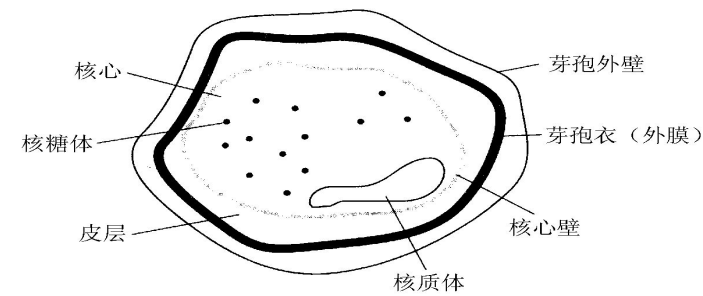


图 2.8 芽孢模式图

④芽孢形成过程

细菌芽孢的形成过程是细胞分化的一个典型例子，如图 2.9 和表 2.5 所示。

表 2.5 细菌芽孢形成的阶段

阶段	特 征
0	营养细胞
I	DNA 变浓稠
II	细胞质膜内陷形成芽孢隔膜，将细胞分成大小不同的两个部分
III	前阶段形成的较大部分细胞膜继续沿着小的细胞部分延伸并逐步将它包围，形成具有双层膜的前芽孢(forespore)
IV	初生皮层在前芽孢的双层膜之间形成，此时伴有吡啶二羧酸(DPA)的合成与钙离子吸收。皮层主要由肽聚糖组成。同时，在初生皮层形成过程中开始合成外壁
V	外膜形成
VI	皮层形成，芽孢继续发育形成具有对热和化学药物等特殊抗性的芽孢，芽孢成熟

VII	营养细胞自溶，芽孢游离而出
-----	---------------

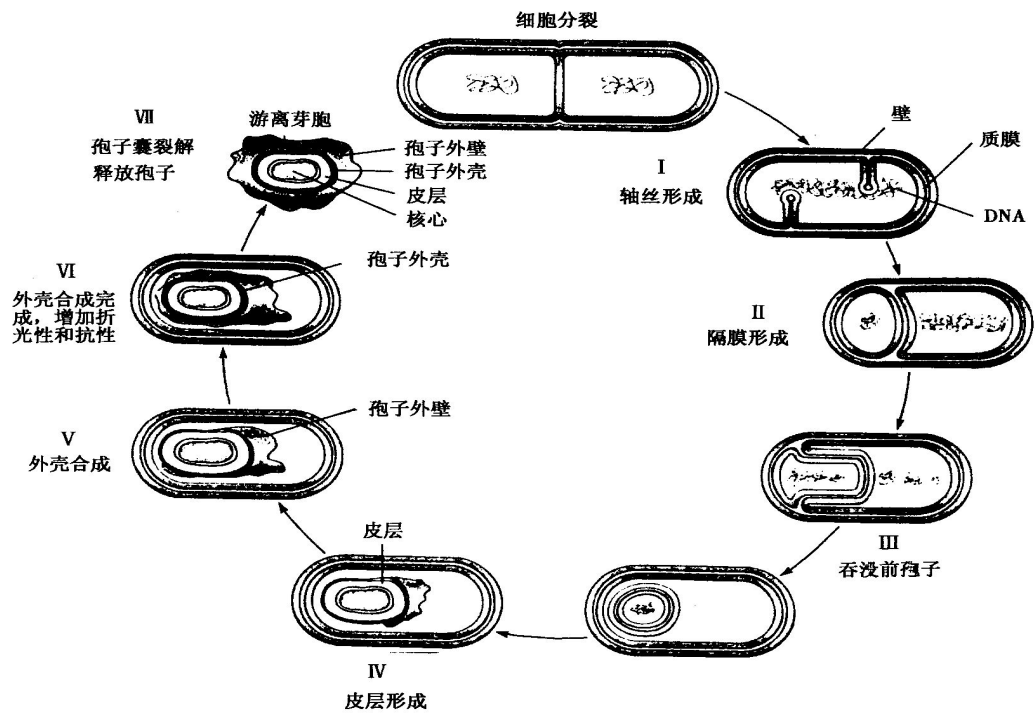


图 2.9 细菌芽孢形成过程

三、细菌的繁殖和菌落的形成

1、细菌的繁殖方式

当细菌从周围环境中吸收了营养物质后，发生一系列的系列化合成反应，把进入的营养物质转变成新的营养物质——DNA、RNA、蛋白质、酶及其他大分子，之后菌体开始了繁殖过程形成两个新的细胞。

①裂殖

裂殖是细菌最普遍、最主要的繁殖方式，通常表现为横分裂。

②细菌的分裂过程

首先是核的分裂和隔膜的形成
第二步横隔壁的形成
最后子细胞的分离

2、细菌的菌落特征

①菌落

菌落 (colony) 单个微生物在适宜的固体培养基表面或内部生长、繁殖到一定程度可以形成肉眼可见的、有一定形态结构的子细胞生长群体，称为菌落。当固体培养基表面众多菌落连成一片时，便成为菌苔(lawn)

②菌落特征

各种细菌在一定条件下形成的菌落特征具有一定的稳定性和专一性，这是衡量菌种纯度，辨认和鉴定菌种的重要依据。

③如何描述菌落特征

菌落特征包括大小，形状，隆起形状，边缘情况，表面状态，表面光泽，质地，颜色，透明度等 (如图 2.10)。



图 2.10 细菌菌落特征

④影响菌落特征的因素

组成菌落和细胞结构和生长行为；邻近菌落影响菌落的大小；培养条件。

纯培养：克隆（clone），菌苔（lawn）。

§2 放线菌（Actinomycetes）

因菌落呈放射状而得名，是丝状分枝细胞的细菌。一般分布在含水量低，有机质丰富的中性偏碱性土壤中，特殊土腥味。大多数是腐生菌，少数寄生；多数异养，好氧。突出特性是产各种抗生素。

一、放线菌与人类生活及生产的关系

放线菌是真细菌的一个大类群，为革兰氏阳性。

放线菌多为腐生，少数为寄生。寄生型放线菌会引起放线菌病和诺卡氏病。

同时放线菌能产生大量的、种类繁多的抗生素。世界上绝大多数的抗生素由放线菌产生。

二、形态结构

放线菌菌体为单细胞，大多数由分枝发达的菌丝组成。根据放线菌菌丝的形态和功能分为营养菌丝、气生菌丝和孢子丝三种（见图2.11）。

1、营养菌丝

又称为初级菌丝体或一级菌丝体或基内菌丝，匍匐生长于培养基内，主要生理功能是吸收营养物。

营养菌丝一般无隔膜；直径0.2-0.8微米；长度差别很大；短的小于100微米，长的可达600微米；有的产生色素。

2、气生菌丝

又称为二级菌丝体。营养菌丝体发育到一定时期，长出培养基外并伸向空间的菌丝为所生菌丝。它叠生于营养菌丝之上，直径比营养菌丝粗，颜色较深。

3、孢子丝

当气生菌丝发育到一定程度，其上分化出可形成孢子的菌丝即为孢子丝，又名产孢丝或繁殖菌丝（见图2.12）。

三、菌落特征

放线菌的菌落由菌丝体组成，一般圆形、光平或有许多皱褶。在光学显微镜下观察，菌落周围具有辐射状菌丝。总的特征介于霉菌和细菌之间。据种的不同分为两类。

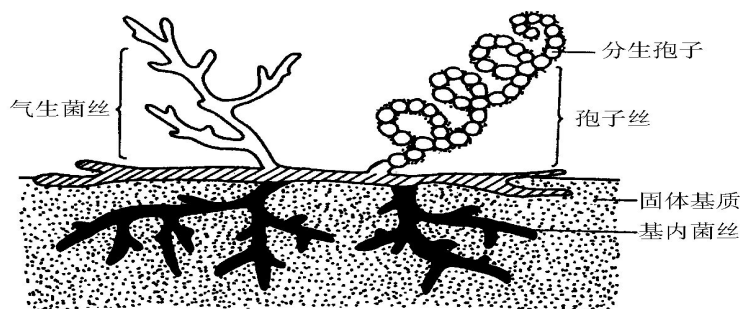


图 2.11 链霉菌的一般形态和构造



图 2.12 放线菌孢子丝的类型

由大量产生分枝的和气生菌丝的菌种所形成的菌落，如链霉菌。

菌丝较细，生长缓慢，分枝多而且相互缠绕，故形成的菌落质地致密，表面呈紧密的绒状或坚实，干燥，多皱，菌落小而不蔓延，营养菌丝长在培养基内，所以菌落与培养基结合紧密，不易挑取，或挑起后不易破碎。有时气生菌丝体呈同心圆环状，当孢子丝产生大量孢子并布满整个菌落表面后，才形成絮状，粉状或颗粒状的典型放线菌菌落。有的产生色素。

由不产生大量菌丝的种类形成，如诺卡氏菌。

菌落粘着力差，结构呈粉质状，用针挑取则粉碎。

四、繁殖方式

放线菌主要通过形成无性孢子的方式进行繁殖，也可利用菌丝片断进行繁殖。

放线菌生长到一定阶段，一部分菌丝形成孢子丝，孢子丝成熟便分化形成许多孢子，这称为分生孢子。

五、几种常见的放线菌

（一）链霉菌属 *Streptomyces*

90%抗生素，菌丝发育良好。如龟裂链霉菌 *S. rimosus*，灰色链霉菌 *S. griseus*

（二）小单孢菌属 *Micromonospora*

无气生菌丝，基内菌丝顶端着生一孢子。

（三）诺卡氏菌 *Nocardia*

原放线菌属，降解能力强。

（四）放线菌属 *Actinomyces*

只有基内菌丝，不形成孢子，厌氧。

（五）链孢囊菌属 *Streptosporangium*

形成孢子囊，孢囊孢子。