



第一章 细菌的形态与结构

细菌有广义和狭义两种范畴。狭义上的细菌专指数量最大、种类最多、具有典型代表性的细菌，是本章讨论的对象。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。

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，鉴别细菌以及细菌性感染的诊断和防治等有重要的理论和实际意义。

第一节 细菌的大小与形态

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测量，一般以微米(μm)为单位。在营养丰富的人工培养条件下，细菌呈浮游(planktonic)状态，按其外形区分主要有球菌、杆菌和螺形菌三大类(图 1-1)。在自然界及人和动物体内，绝大多数细菌黏附在无生命或有生命的物体表面，以生物被膜(biofilm)的形式存在。

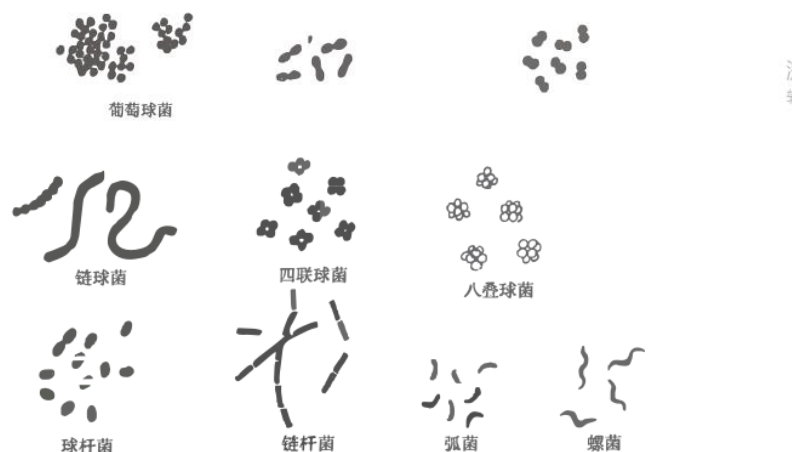


图 1-1 细菌的基本形态

(一) 球菌

多数球菌(coccus)直径在 $1\mu\text{m}$ 左右，外观呈圆球形或近似球形。由于繁殖时细菌分裂平面不同和分裂后菌体之间相互黏附程度不一，可形成不同的排列方式，这对一些球菌的鉴别具有意义。

1. 双球菌(diplococcus) 在一个平面上分裂，分裂后两个菌体成对排列，如脑膜炎奈瑟菌、肺炎链球菌。
2. 链球菌(streptococcus) 在一个平面上分裂，分裂后多个菌体连接成链状，如乙型溶血性链球菌。
3. 葡萄球菌(staphylococcus) 在多个不同平面上分裂，分裂后菌体无一定规则地排列在一起似葡萄状，如金黄色葡萄球菌。

4. 四联球菌 (tetrad) 在两个互相垂直的平面上分裂,分裂后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 (sarcina) 在三个互相垂直的平面上分裂,分裂后八个菌体排列成包裹状立方体,如藤黄八叠球菌。

各类球菌在标本或培养物中除上述的典型排列方式外,还可有分散的单个菌体存在。

(二) 杆菌

不同杆菌 (bacillus) 的大小、长短、粗细差别较大。大的杆菌如炭疽芽胞杆菌长 $3 \sim 10 \mu\text{m}$,中等大小的如大肠埃希菌长 $2 \sim 3 \mu\text{m}$,小杆菌如布鲁菌长仅 $0.6 \sim 1.5 \mu\text{m}$ 。

杆菌形态多数呈直杆状,也有的菌体稍弯;多数呈分散存在,也有的呈链状排列,称为链杆菌 (streptobacillus);菌体两端大多呈钝圆形,少数两端平齐 (如炭疽芽胞杆菌) 或两端尖细 (如梭杆菌)。有的杆菌末端膨大成棒状,称为棒状杆菌 (corynebacterium);有的菌体短小,近于椭圆形,称为球杆菌 (coccobacillus);有的常呈分枝生长趋势,称为分枝杆菌 (mycobacterium);有的末端常呈分叉状,称为双歧杆菌 (bifidobacterium)。

(三) 螺形菌

螺形菌 (spiral bacterium) 为一类有动力、螺旋形或弧形的革兰阴性杆菌,分类学上属于不同的属。

1. 弧菌属 (*Vibrio*) 菌体只有一个弯曲,呈弧形或逗点状,如霍乱弧菌和副溶血弧菌。

2. 螺菌属 (*Spirillum*) 菌体有两个以上弯曲,如鼠咬热螺菌。

3. 螺杆菌属 (*Helicobacter*) 菌体连续弯曲呈螺旋状,如幽门螺杆菌。

4. 弯曲菌属 (*Campylobacter*) 呈 U 形、S 形等,如空肠弯曲菌。

细菌的形态受温度、pH、培养基成分和培养时间等环境因素影响很大。一般是细菌在适宜的生长条件下培养 $8 \sim 18$ 小时时形态比较典型,在不利环境或菌龄老时常出现梨形、气球状和丝状等不规则的多形性 (polymorphism),称为衰退型 (involution form)。因此,观察细菌的大小和形态,应选择适宜生长条件下的对数生长期细菌为宜。

第二节 细菌的结构

细菌具有典型的原核细胞结构 (图 1-2) 和功能。其中细胞壁、细胞膜、细胞质和核质等是每个细菌细胞都具有的,故称为细菌的基本结构;荚膜、鞭毛、菌毛、芽胞仅某些细菌具有,为其特殊结构。

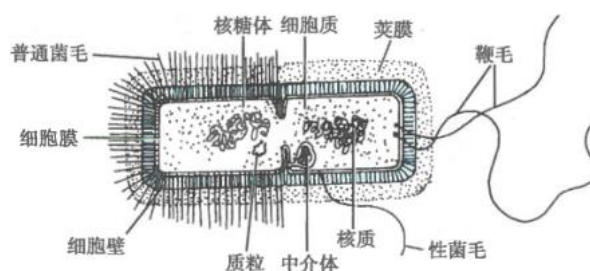


图 1-2 细菌细胞结构模式图

一、细菌的基本结构

(一) 细胞壁

细胞壁 (cell wall) 位于菌细胞的最外层,包绕在细胞膜的周围。是一种膜状结构,组成较复杂,随不同细菌而异。用革兰染色法可将细菌分为两大类,即革兰阳性 (G^+) 菌和革兰阴性 (G^-) 菌。两类细

菌细胞壁的共有组分为肽聚糖,但分别拥有各自的特殊组分。

1. 肽聚糖 (peptidoglycan) 肽聚糖为一类复杂的多聚体,是细菌细胞壁主要组分,为原核细胞所特有,又称为黏肽 (mucoprotein) 或胞壁质 (murein)。G⁺菌的肽聚糖由聚糖骨架 (backbone)、四肽侧链 (tetrapeptide sidechain) 和五肽交联桥 (pentapeptide cross-bridge) 三部分组成 (图 1-3), G⁻菌的肽聚糖仅由聚糖骨架和四肽侧链两部分组成 (图 1-4)。

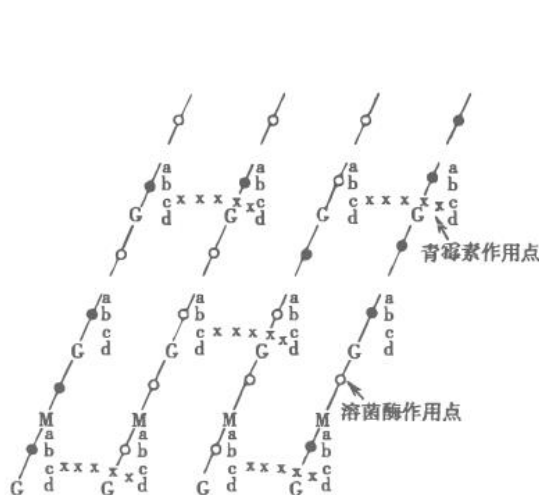


图 1-3 金黄色葡萄球菌细胞壁肽聚糖结构模式图

M: N-乙酰胞壁酸; G: N-乙酰葡萄糖胺; •: β -1,4 糖苷键; a: L-丙氨酸; b: D-谷氨酸; c: L-赖氨酸; d: D-丙氨酸; x: 甘氨酸

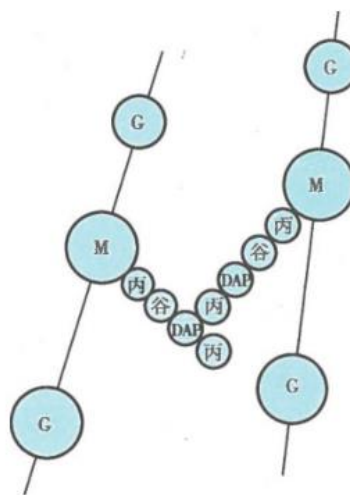


图 1-4 大肠埃希菌细胞壁肽聚糖结构模式图

聚糖骨架由 N-乙酰葡萄糖胺 (N-acetyl glucosamine) 和 N-乙酰胞壁酸 (N-acetylmuramic acid) 交替间隔排列,经 β -1,4 糖苷键联结而成。各种细菌细胞壁的聚糖骨架均相同。

四肽侧链的组成和联结方式随细菌种类不同而异。如葡萄球菌 (G⁺菌) 细胞壁的四肽侧链的氨基酸依次为 L-丙氨酸、D-谷氨酸、L-赖氨酸和 D-丙氨酸;第三位的 L-赖氨酸通过由五个甘氨酸组成的交联桥连接到相邻聚糖骨架四肽侧链末端的 D-丙氨酸上,从而构成机械强度十分坚韧的三维立体结构。在大肠埃希菌 (G⁻菌) 的四肽侧链中,第三位氨基酸是二氨基庚二酸 (diaminopimelic acid, DAP),并由 DAP 与相邻四肽侧链末端的 D-丙氨酸直接连接,没有五肽交联桥,因而只形成单层平面网络的二维结构。其他细菌四肽侧链中变化最大的是第三位氨基酸,大多数 G⁻菌为 DAP,而 G⁺菌可以是 DAP、L-赖氨酸或其他 L-氨基酸。迄今,DAP 仅发现存在于原核细胞的细胞壁中。

2. 革兰阳性菌细胞壁特殊组分 G⁺菌的细胞壁较厚 (20 ~ 80nm),除含有 15 ~ 50 层肽聚糖结构外,大多数尚含有大量的磷壁酸 (teichoic acid),少数是磷壁醛酸 (teichuronic acid),约占细胞壁干重的 50% (图 1-5)。

磷壁酸是由核糖醇 (ribitol) 或甘油残基经

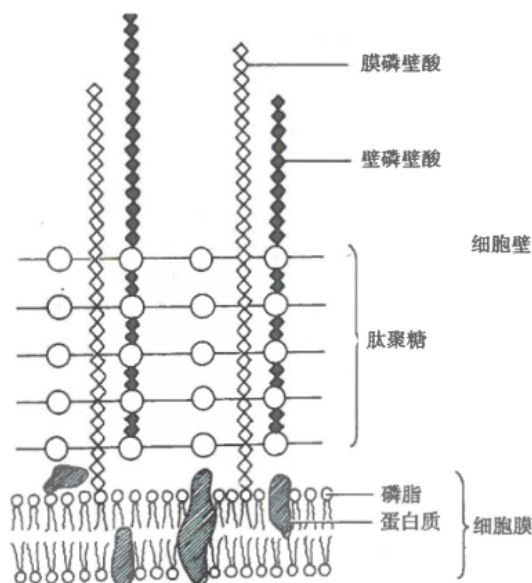


图 1-5 革兰阳性菌细胞壁结构模式图

磷酸二酯键互相连接而成。其结构中少数基团被氨基酸或糖所取代,多个磷壁酸分子组成长链穿插于肽聚糖层中,这是细菌细胞带负电荷的重要物质基础。磷壁酸按其结合部位不同,分为壁磷壁酸(wall teichoic acid, WTA)和膜磷壁酸(membrane teichoic acid)或称脂磷壁酸(lipoteichoic acid, LTA)两种。前者的一端通过磷脂与肽聚糖上的胞壁酸共价结合,另一端伸出细胞壁游离于外。膜磷壁酸一端与细胞膜外层上的糖脂共价结合,另一端穿越肽聚糖层伸出细胞壁表面呈游离状态。磷壁酸与磷壁酸相似,仅其结构中以糖醛酸代替磷酸。

壁磷壁酸与脂磷壁酸共同组成带负电荷的网状多聚物或基质,使得 G^+ 菌的细胞壁具有良好的坚韧性、通透性及静电性能。磷壁酸也具有抗原性及黏附素活性。

此外,某些 G^+ 菌细胞壁表面尚有一些特殊的表面蛋白质,如金黄色葡萄球菌 A 蛋白、A 群链球菌 M 蛋白等。而大多数 G^+ 菌细胞壁中蛋白质含量较少。

3. 革兰阴性菌细胞壁特殊组分 G^- 菌细胞壁较薄(10~15nm),但结构较复杂。除含有 1~2 层的肽聚糖结构外,尚有其特殊组分外膜(outer membrane),约占细胞壁干重的 80%(图 1-6)。

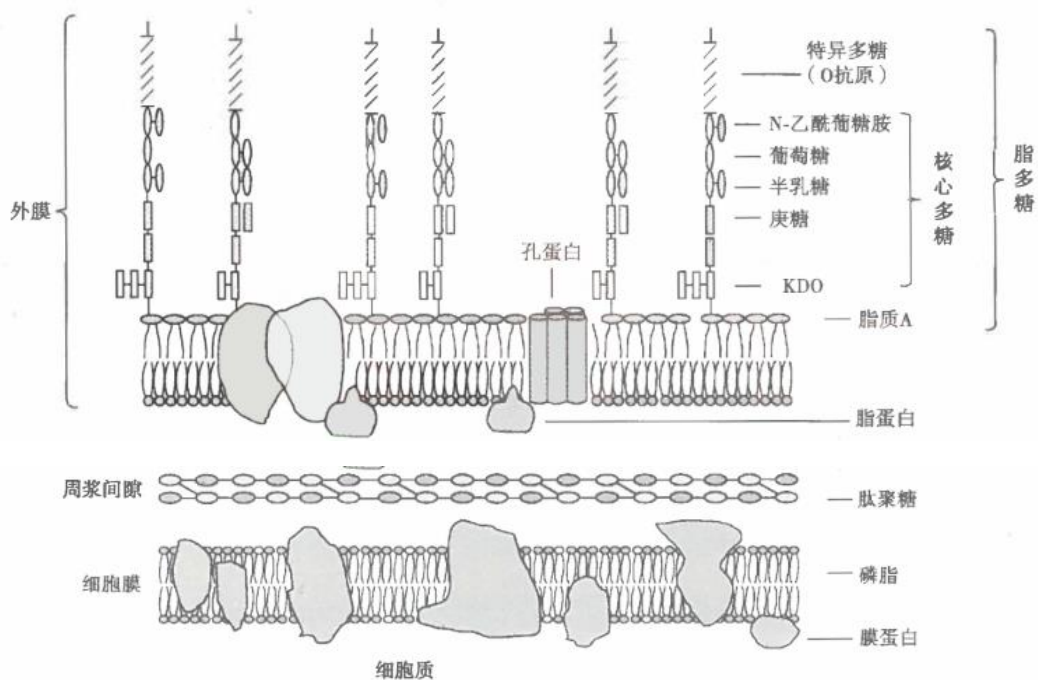


图 1-6 革兰阴性菌细胞壁结构模式图

外膜由脂蛋白、脂质双层和脂多糖三部分组成。从结构上来看,外膜为一个不对称的双层膜结构。其内层与细胞膜的内层膜结构相似,但其外层则为脂多糖结构。故 G^- 菌的外膜与对称结构的细胞膜等生物膜具有明显的差异。

外膜中脂蛋白位于肽聚糖层和脂质双层之间,其蛋白质部分与肽聚糖侧链的二氨基庚二酸(DPA)相连,其脂质成分与脂质双层非共价结合,使外膜和肽聚糖层构成一个整体。脂质双层的内层结构类似细胞膜,双层内镶嵌着多种蛋白质称为外膜蛋白(outer membrane protein, OMP),其中有的为孔蛋白(porin),如大肠埃希菌的 OmpF、OmpC,允许水溶性分子(分子量 ≤ 600)通过;有的为诱导性或去阻遏蛋白质,参与特殊物质的扩散过程;有的为噬菌体、性菌毛或细菌素的受体。由脂质双层的外层及其向细胞外伸出的部分是脂多糖(lipopolysaccharide, LPS)。LPS 由脂质 A、核心多糖和特异多糖三部分组成,又称为 G^- 菌的内毒素(endotoxin)。

(1) 脂质 A(lipid A): 为一种糖磷脂,是脂质双层中的外层结构,由 β -1,6 糖苷键相连的 D-氨基葡萄糖双糖组成的基本骨架,双糖骨架的游离羟基和氨基可携带多种长链脂肪酸和磷酸基团。不同

种属细菌的脂质 A 骨架基本一致,其主要差别是脂肪酸的种类和磷酸基团的取代不尽相同,其中 β -羟基豆蔻酸是肠道菌所共有的。脂质 A 是内毒素的毒性和生物学活性的主要组分,无种属特异性,故不同细菌产生的内毒素的毒性作用均相似。

(2) 核心多糖(core polysaccharide):位于脂质 A 的外层,由己糖(葡萄糖、半乳糖等)、庚糖、2-酮基-3-脱氧辛酸(2-keto-3-deoxyoctonic acid,KDO)、磷酸乙醇胺等组成。经 KDO 与脂质 A 共价联结。核心多糖有属特异性,同一属细菌的核心多糖相同。

(3) 特异多糖(specific polysaccharide):是脂多糖的最外层,由数个至数十个寡聚糖(3~5 个单糖)重复单位所构成的多糖链。特异多糖即革兰阴性菌的菌体抗原(O 抗原),具有种属特异性,因其多糖中单糖的种类、位置、排列和空间构型各不相同所致。特异多糖的缺失,细菌从光滑型(smooth,S)变为粗糙型(rough,R)。

此外,少数 G⁻菌(脑膜炎奈瑟菌、淋病奈瑟菌、流感嗜血杆菌)的 LPS 结构不典型,其外膜糖脂含有短链分枝状聚糖组分(与粗糙型肠道菌的 LPS 相似),称为脂寡糖(lipooligosaccharide,LOS),是细菌的重要毒力因子。LOS 与哺乳动物细胞膜的鞘糖脂成分相似,从而细菌可逃避宿主免疫细胞的识别。

在 G⁻菌细胞膜和外膜的脂质双层之间有一空隙,约占细胞体积的 20%~40%,称为周浆间隙(periplasmic space)。该间隙含有多种水解酶,例如蛋白酶、核酸酶、碳水化合物降解酶及作为毒力因子的胶原酶、透明质酸酶和 β -内酰胺酶等,在细菌获得营养、解除有害物质毒性等方面有重要作用。

G⁺和 G⁻菌细胞壁结构显著不同(表 1-1),导致这两类细菌在染色性、抗原性、致病性及对药物的敏感性等方面有很大差异。

表 1-1 革兰阳性菌与革兰阴性菌细胞壁结构比较

细胞壁	革兰阳性菌	革兰阴性菌
强度	较坚韧	较疏松
厚度	厚,20~80nm	薄,10~15nm
肽聚糖结构	聚糖骨架、四肽侧链和五肽交联桥	聚糖骨架、四肽侧链
肽聚糖层数	多,可达 50 层	少,1~2 层
肽聚糖含量	多,占细胞壁干重 50%~80%	少,占细胞壁干重 5%~20%
磷壁酸	+	-
外膜*	-	+
糖类含量	多,约 45%	少,15%~20%
脂类含量	少,1%~4%	多,11%~22%
溶菌酶作用	敏感	不太敏感*
青霉素作用	敏感	不敏感*

* 外膜可阻碍溶菌酶、抗生素、碱性染料等进入;某些 G⁻性菌(如淋病奈瑟菌核脑膜炎奈瑟菌)对青霉素亦敏感

此外,某些细菌(如分枝杆菌)细胞壁含有丰富脂质,这与上述 G⁺和 G⁻菌细胞壁结构显著不同,因此这类细菌具有特殊的生物学性状和致病特点。

4. 细胞壁的主要功能及相关的医学意义

(1) 保护细菌和维持菌体形态:细菌细胞壁坚韧而富弹性,其主要功能是维持菌体固有的形态,并保护细菌抵抗低渗环境。细菌细胞质内有高浓度的无机盐和大分子营养物质,其渗透压高达 506.6~2533.1kPa(5~25 个大气压)。由于细胞壁的保护作用,使细菌能承受内部巨大的渗透压而不会破裂,并能在相对低渗的环境下生存。

(2) 物质交换:细胞壁上有许多小孔以及特定转运蛋白,可参与菌体内外的物质交换。

(3) 与致病性有关:乙型溶血性链球菌表面的 M 蛋白与 LTA 结合,在细菌表面形成微纤维(microfibril),可介导菌体与宿主细胞黏附,是该菌的重要致病物质。金黄色葡萄球菌的 A 蛋白和乙型溶血性链球菌的 M 蛋白具有对抗免疫细胞的吞噬功能。磷壁酸和 LPS 具有抗原性,可以诱发机体的免

疫应答。LPS 是内毒素,可使机体发热,白细胞增加,严重时可致休克死亡。

(4) 与耐药性有关:G⁺菌肽聚糖缺失可使作用于细胞壁的抗菌药物失效(见 L-型细菌);G⁻菌外膜通透性的降低阻止某些抗菌药物进入和外膜主动外排(泵出)抗菌药物,成为细菌重要的耐药机制。

(5) 与静电性有关:磷壁酸和 LPS 均带负电荷,能与 Mg²⁺等双价离子结合,有助于维持菌体内离子的平衡,调节细菌生理代谢。但 G⁺菌磷壁酸带更多的负电荷,故等电点更低(G⁺菌等电点为 pH 2~3,G⁻菌为 pH 4~5),故更易与带正电荷的碱性染料结晶紫结合,被染成紫色。

(6) 其他:G⁺菌的磷壁酸是重要表面抗原,与血清型分类有关。LPS 也可增强机体非特异性抵抗力,并有抗肿瘤等有益作用。

5. 细菌细胞壁缺陷型(细菌 L-型) 细菌细胞壁的肽聚糖结构受到理化或生物因素的直接破坏或抑制其合成,这种细胞壁受损的细菌在高渗环境下仍可存活,称为细菌细胞壁缺陷型。1935 年 Klieneberger Nobel 在英国 Lister 研究所研究念珠状链杆菌时发现,该菌培养物中有一种菌落形态类似支原体的微生物,就以研究所第一个字母命名为 L-型(L-form)细菌,或称细菌 L-型(bacterial L form)。现已发现几乎所有细菌、多种螺旋体和真菌均可产生 L-型。L-型有两种类型:G⁺菌细胞壁缺失后,原生质仅被一层细胞膜包住,称为原生质体(protoplast);G⁻菌肽聚糖层受损后尚有外膜保护,称为原生质球(sph

细菌 L-型在体内或体外、人工诱导或自然情况下均可形成,诱发因素很多,如溶菌酶(lysozyme)和溶葡萄球菌素(lysostaphin)、胆汁、抗体、补体等;或抑制细胞壁合成的药物,如 β-内酰胺类抗生素、杆菌肽、环丝氨酸、甘氨酸等;或因培养基中缺少合成细胞壁的成分,如二氨基庚二酸、赖氨酸等而获得;也可用亚硝基胍、紫外线、氯化锂等诱变获得。

细菌 L-型的形态因缺失细胞壁呈高度多形性,大小不一,有球形、杆状和丝状等(图 1-7)。着色不均,无论其原为 G⁺或 G⁻菌,形成 L-型大多染成革兰阴性。细菌 L-型难以培养,其营养要求基本与原菌相似,但需在高渗低琼脂含血清的培养基中生长。细菌 L-型生长繁殖较原菌缓慢,一般培养 2~

7 天后在软琼脂平板上形成中间较厚、四周较薄的荷包蛋样细小菌落,也有的长成颗粒状或丝状菌落(图 1-8)。L-型在液体培养基中生长后呈较疏松的絮状颗粒,沉于管底,培养液则澄清。去除诱发因素后,有些 L-型可回复为原菌,有些则不能回复,其决定因素为 L-型是否含有残存的肽聚糖作为自身再合成的引物。

某些 L-型仍有一定的致病力,通常引起慢性感染,如尿路感染、骨髓炎、心内膜炎等,并常在使用作用于细胞壁的抗菌药物(β-内酰胺类抗生素等)治疗过程中发生。临床上遇有症状明显而标本常规细菌培养阴性者,应考虑细菌 L-型感染的可能性,宜作 L-型的专门分离培养,并更换抗菌药物。

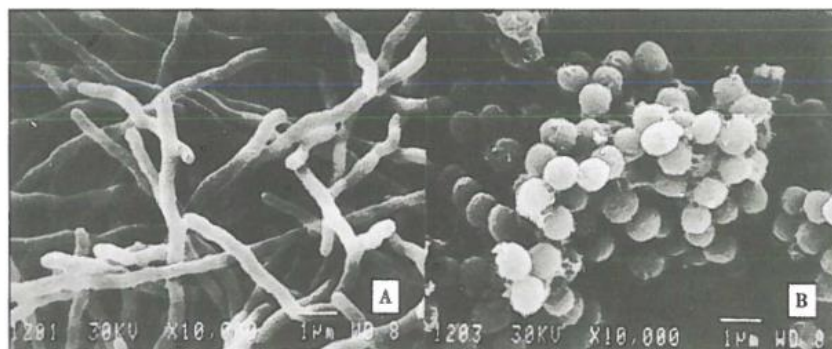


图 1-7 葡萄球菌 L-型

A. 临床标本分出的丝状 L-型菌落(扫描电镜×10 000);B. 丝状 L-型菌落回复后(扫描电镜×10 000)

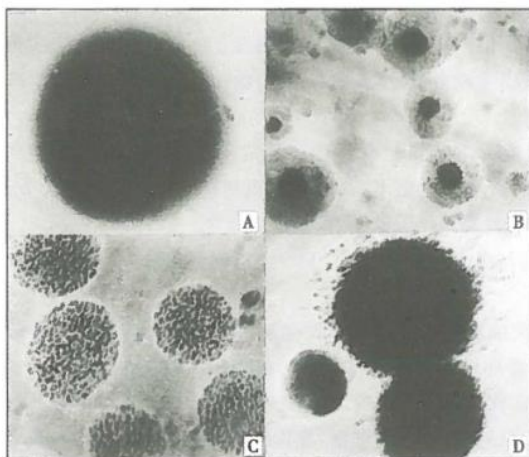


图 1-8 细菌 L 形菌落类型

A. 原细菌性型菌落; B. 荷包蛋样 L-型菌落; C. 颗粒性 L-型菌落; D. 丝状型 L-型菌落($\times 40$)

溶菌酶和青霉素是细菌 L-型最常用的人工诱导剂。溶葡萄球菌素与溶菌酶作用相同,能裂解肽聚糖中 N-乙酰葡萄糖胺和 N-乙酰胞壁酸之间的 β -1,4 糖苷键,破坏聚糖骨架,引起细菌裂解。青霉素能与细菌竞争合成肽聚糖过程中所需的转肽酶,抑制四肽侧链上 D-丙氨酸与五肽桥之间的联结,使细菌不能合成完整的肽聚糖,在一般渗透压环境中,可导致细菌死亡。在高渗情况下,这些细胞壁缺陷的 L-型仍可存活。G⁺菌细胞壁缺陷形成的原生质体,由于菌体内渗透压很高,可达 20 ~ 25 个大气压,故在普通培养基中很容易胀裂死亡,必须保存在高渗环境中。G⁻菌细胞壁中肽聚糖含量较少,菌体内的渗透压(5 ~ 6 个大气压)亦比 G⁺菌低,细胞壁缺陷形成的原生质球在低渗环境中仍有一定的抵抗力。

(二) 细胞膜

细胞膜 (cell membrane) 或称胞质膜 (cytoplasmic membrane), 位于细胞壁内侧, 紧包着细胞质。厚约 7.5nm, 柔韧致密, 富有弹性, 占细胞干重的 10% ~ 30%。细菌细胞膜的结构与真核细胞者基本相同, 由磷脂和多种蛋白质组成, 但不含胆固醇。细菌细胞膜是细菌赖以生存的重要结构之一, 其主要功能如下:

1. 物质转运 细菌细胞膜形成疏水性屏障, 允许水和某些小分子物质被动性扩散、特异性营养物质的选择性进入和废物的排出及透性酶参与营养物质的主动摄取过程。

2. 呼吸和分泌 细菌无线粒体结构, 参与细胞氧化呼吸的细胞色素、组成呼吸链的其他酶类及三羧酸循环的某些酶均定位于细胞膜表面。因此, 细菌细胞膜类似于真核细胞的线粒体, 在细胞呼吸和能量代谢中发挥重要作用。

3. 生物合成 细胞膜含有多种酶类, 参与细胞结构(如肽聚糖、磷脂、鞭毛和荚膜等)的合成。与肽聚糖合成有关的酶类(转肽酶或转糖基酶), 是青霉素作用的主要靶位, 称为青霉素结合蛋白 (penicillin-binding protein, PBP), 与细菌的耐药性形成有关。

4. 参与细菌分裂 细菌部分细胞膜内陷、折叠、卷曲形成的囊状物, 称为中介体 (mesosome)。中介体多见于革兰阳性细菌(图 1-9), 常位于菌体侧面(侧中介体)或靠近中部(横膈中介体), 可有一个或多个。中介体一端连在细胞膜上, 另一端与核质相连, 细胞分裂时中介体亦一分为二, 各携一套核质进入子代细胞, 有类似真核细胞纺锤丝的作用。中介体的形成, 有效地扩大了细胞膜面积, 相应地增加了酶的含量和能量的产生, 其功能类似于真核细胞的线粒体, 故亦称为拟线粒体 (chondroid)。

细菌的分泌系统是一种贯穿细菌细胞膜的特殊结构, 由不同的膜镶嵌蛋白构成。其分泌的物质主要为蛋白质(如蛋白酶、溶血素、毒素等)和 DNA,



图 1-9 白喉棒状杆菌的中介体 (透射电镜 $\times 130\ 000$)

可分布于细菌表面,或释放到细菌的外环境中,或者注入宿主细胞内,参与细菌的各种重要生命活动和致病作用。如通过分泌系统,细菌可将某些胞外酶分泌至胞外,消化营养物质,便于自身吸收利用;有些细菌蛋白可分泌到细胞膜外,参与菌毛和鞭毛的生物合成;而分泌到细胞外的细菌毒素及毒性酶类,则参与细菌的致病过程。根据细菌分泌系统的结构和功能不同,目前确认的有 I ~ VII 型分泌系统。

(三) 细胞质

细胞膜包裹的溶胶状物质为细胞质(cytoplasm)或称原生质(protoplasm),由水、蛋白质、脂类、核酸及少量糖和无机盐组成,其中含有许多重要结构。

1. 核糖体(ribosome) 核糖体是细菌合成蛋白质的场所,游离存在于细胞质中,每个细菌体内可达数万个。细菌核糖体沉降系数为 70S,由 50S 和 30S 两个亚基组成,以大肠埃希菌为例,其化学组成 66% 是 RNA(包括 23S、16S 和 5S rRNA),34% 为蛋白质。核糖体常与正在转录的 mRNA 相连呈“串珠”状,称多聚核糖体(polysome)。在生长活跃的细菌体内,几乎所有的核糖体都以多聚核糖体的形式存在。

细菌的核糖体与真核生物核糖体不同,后者沉降系数为 80S,由 60S 和 40S 两个亚基组成。有些抗生素如链霉素能与细菌核糖体的 30S 亚基结合,红霉素与细菌核糖体的 50S 亚基结合,均可干扰其蛋白质合成,抑制细菌生长或蛋白质毒素的合成,对人核糖体无作用。

2. 质粒(plasmid) 质粒是细菌染色体外的遗传物质,存在于细胞质中。为闭合环状的双链 DNA,带有遗传信息,控制细菌某些特定的遗传性状。质粒能独立自行复制,随细菌分裂转移到子代细胞中。质粒不是细菌生长所必不可少的,失去质粒的细菌仍能正常存活。质粒除决定该菌自身的某种性状外,还可通过接合或转导作用等将有关性状传递给另一细菌。质粒编码的细菌性状有菌毛、细菌素、毒素和耐药性的产生等,与细菌致病性和耐药性有关。质粒的结构简单,易导入细胞中,常作为载体广泛应用于分子生物学研究中。

3. 胞质颗粒 细菌细胞质中含有多种颗粒,大多为贮藏的营养物质,包括糖原、淀粉等多糖、脂类、磷酸盐等。胞质颗粒又称为内含物(inclusion),不是细菌的恒定结构,不同菌有不同的胞质颗粒,同一菌在不同环境或生长期亦可形成不同的胞质颗粒。当营养充足时,胞质颗粒较多;养料和能源短缺时,颗粒减少甚至消失。胞质颗粒中有一种主要成分是 RNA 和多偏磷酸盐(polymetaphosphate)的颗粒,其嗜碱性强,用亚甲蓝染色时着色较深呈紫色,称为异染颗粒(metachromatic granule)或迂回体(volutin)。异染颗粒常见于白喉棒状杆菌,位于菌体两端,故又称极体(polar body),有助于鉴定。

(四) 核质

细菌是原核细胞,不具成形的核。细菌的遗传物质称为核质(nuclear material)或拟核(nucleoid)集中于细胞质的某一区域,多在菌体中央,无核膜、核仁和有丝分裂器;因其功能与真核细胞的染色体相似,亦称之为细菌的染色体(bacterial chromosome)。

细菌核质为单倍体。大多数细菌的核质由单一的密闭环状 DNA 分子反复回旋卷曲盘绕,形成松散网状结构,相当于一染色体,附着在横隔中介体或细菌膜上。序列分析证实大肠埃希菌 K-12 MG1655 的染色体 DNA 全长 4639kb,有 4289 个可读框(ORF)。但也发现某些细菌有两个不同的染色体,例如,霍乱弧菌和羊布鲁菌有两个不同的染色体。个别细菌甚至有三个或四个不同的染色体,而某些疏螺旋体的染色体则为线性 dsDNA 分子。与真核细胞染色体相比,细菌的染色体有显著的特点:①DNA 基因数目少,编码区连续,无内含子;②绝大多数编码蛋白质的结构基因保持单拷贝形式,很少有重复序列,但编码 rRNA 的基因通常是多拷贝,以便能装备大量的核糖体满足细菌的迅速生长繁殖;③没有核膜,DNA 转录过程中核糖体就可以与 mRNA 结合,使转录和翻译相偶联同步。