

# 细菌的细胞壁与革兰氏染色

刘唤明

# 一、细菌的细胞壁与功能

**细胞壁：**位于细菌细胞外表面，是一层较坚韧、厚实、略有弹性的结构，占细胞干重的10~25%，厚度约10-80 nm。

## 细胞壁主要功能：

- ① 维持细胞外形，保护细胞免受外力的损伤；
- ② 具有一定屏障作用；
- ③ 为正常的细胞分裂增殖所必需；
- ④ 作为鞭毛运动的支点；
- ⑤ 与细菌的革兰氏染色反应密切相关。
- ⑥ 与细胞的抗原性、致病性及对噬菌体的敏感性密切相关。

## 二、细菌的革兰氏染色

所有细菌细胞壁的结构和化学组成都一样吗？

丹麦医生Hans Christian Gram  
于1884年发明的一种鉴别不同类型细菌的染色方法。



# 革兰氏染色法

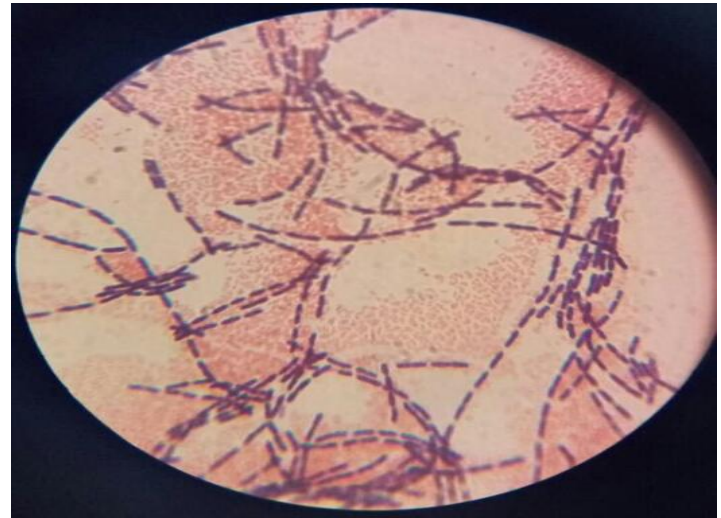
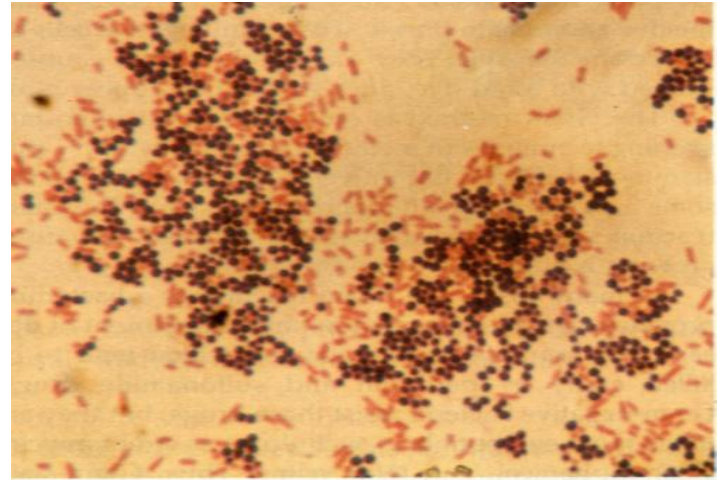
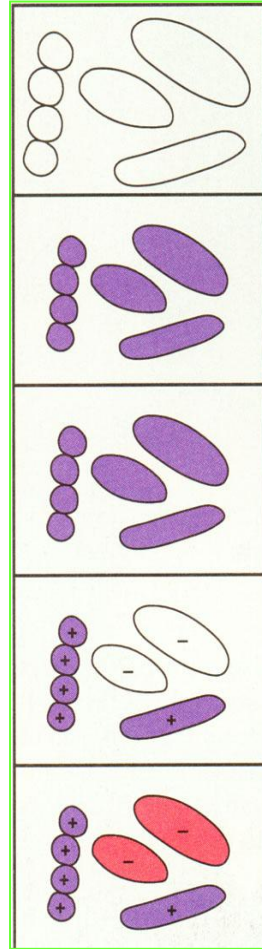
涂片固定

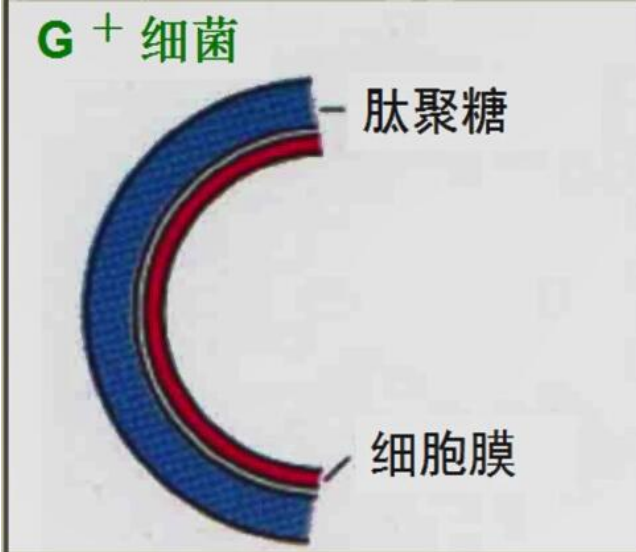
结晶紫初染

碘液媒染

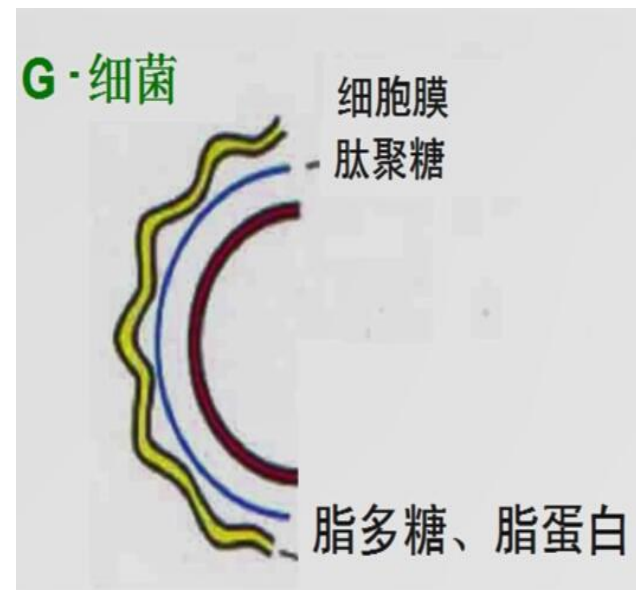
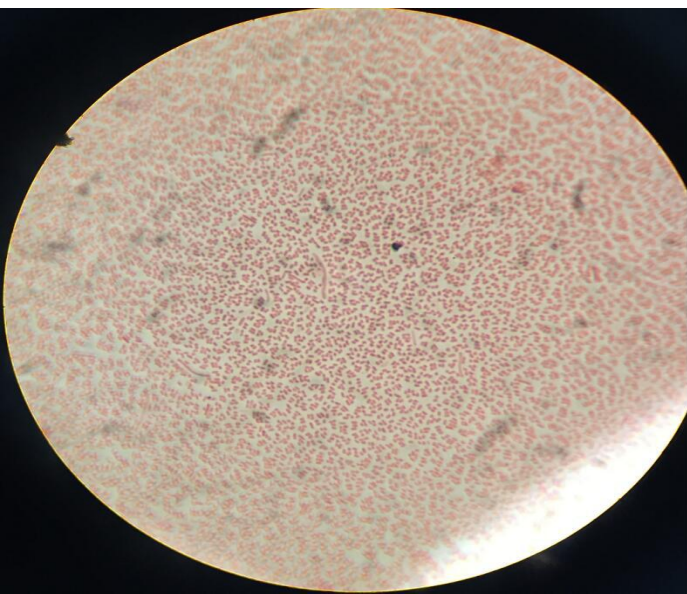
乙醇脱色

番红复染





革兰氏染色呈  
紫色的细菌为  
革兰氏阳性菌

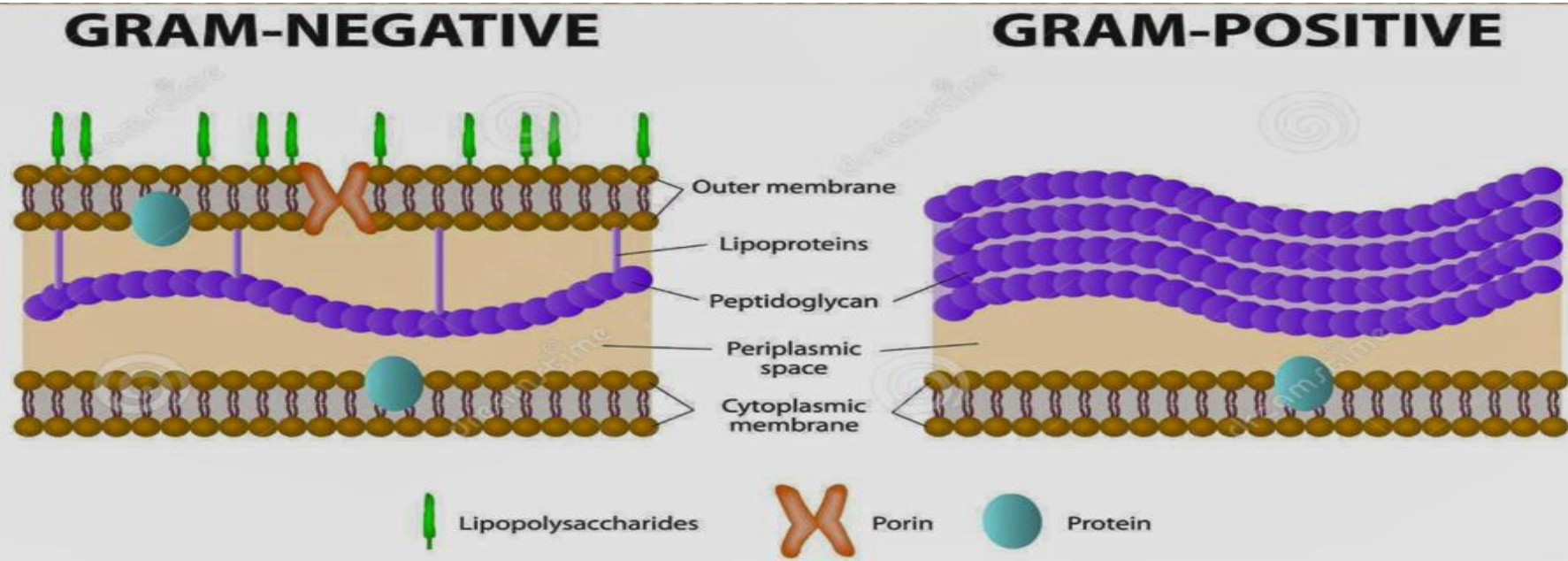


革兰氏染色呈  
红色的细菌为  
革兰氏阴性菌

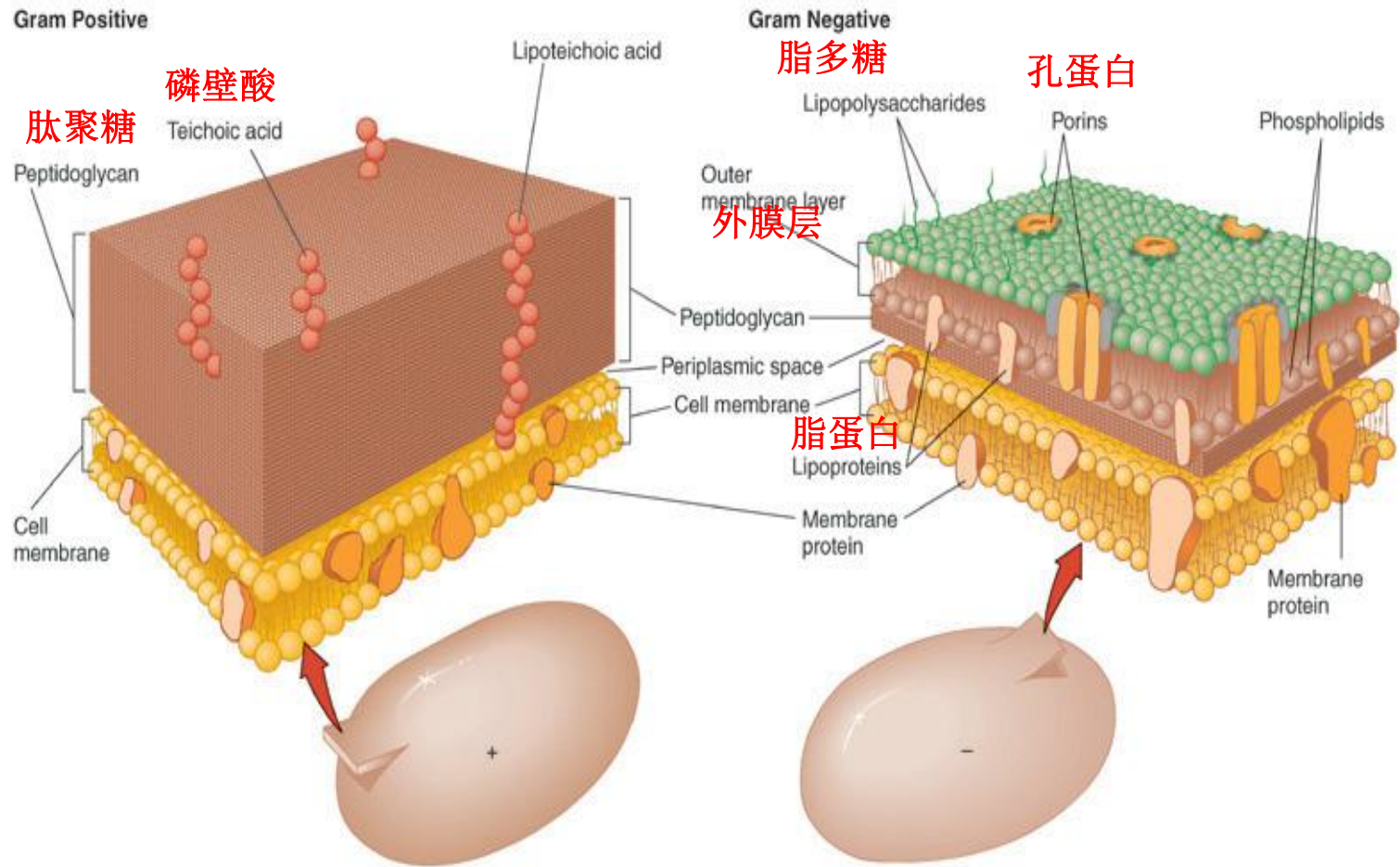


为什么不同的细菌在相同的染色步骤下呈现不同的颜色？

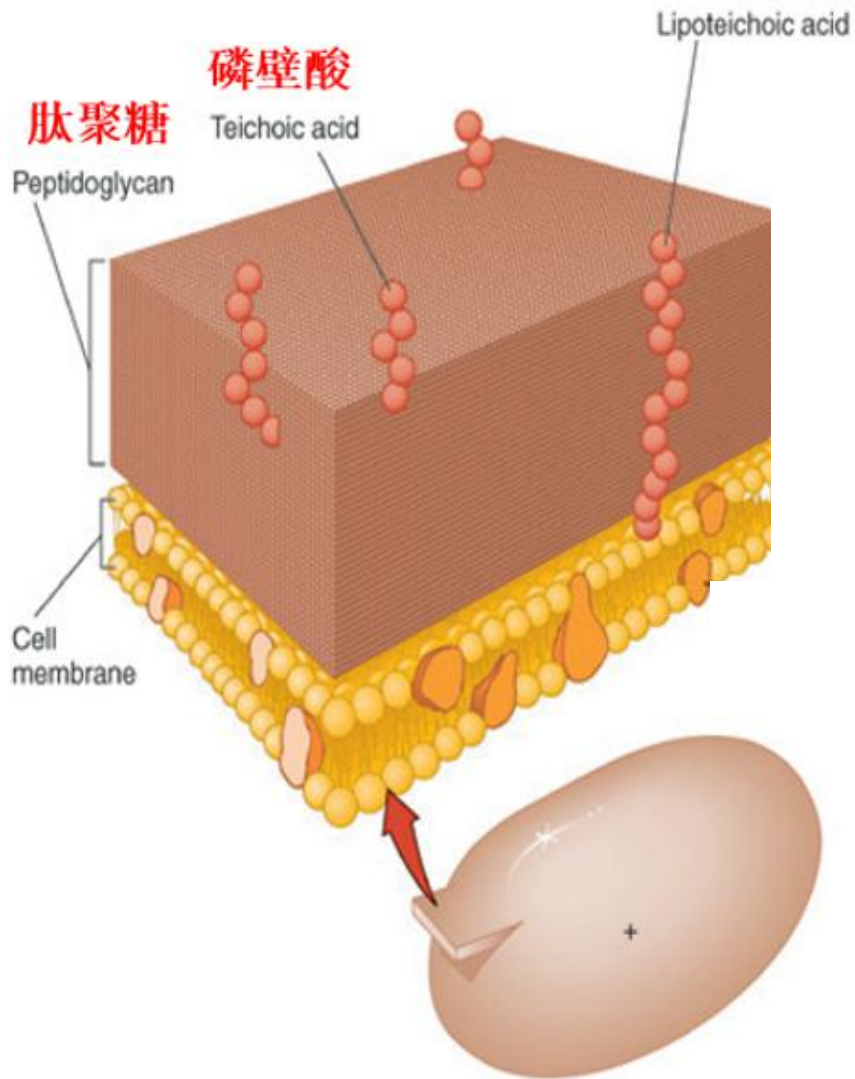
细菌细胞壁的**结构和化学成分上的显著差异**导致细菌革兰氏染色反应的不同。



# 三、细菌细胞壁的化学组成和结构



Gram Positive





# 革兰氏阳性菌与革兰氏阴性菌的细胞壁特征

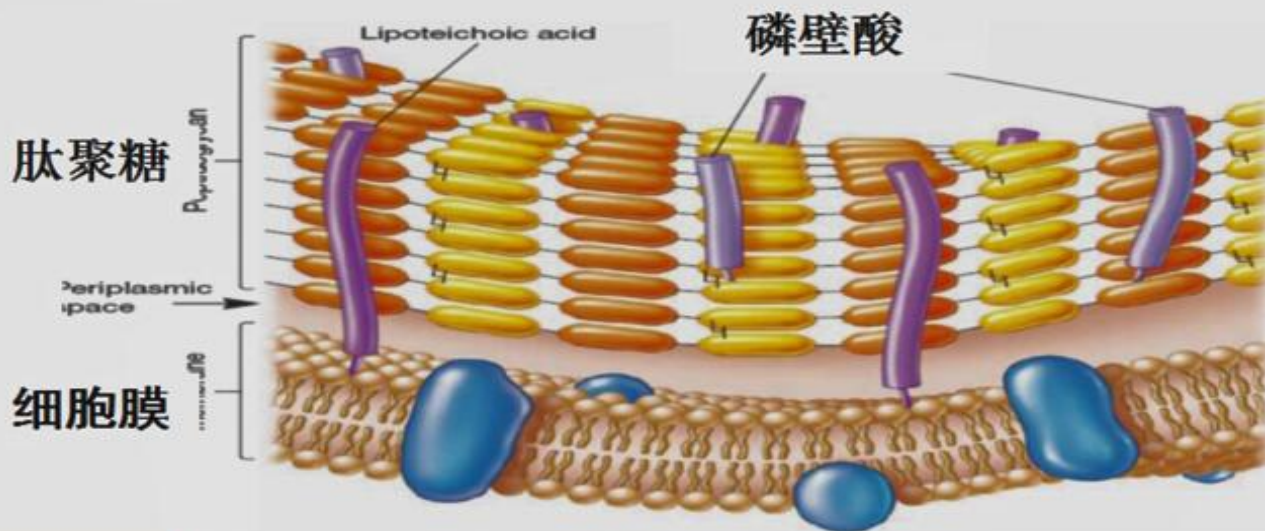
特征	革兰氏阳性菌	革兰氏阴性菌
厚度（nm）	20～80	10～15
外膜层	无	有
肽聚糖	多层，占细胞壁干重的50-80%	单层，占细胞壁干重的5-10%
磷壁酸	有	无
脂多糖	无	有
类脂和脂蛋白含量	无	有

## （一）革兰氏阳性细菌细胞壁

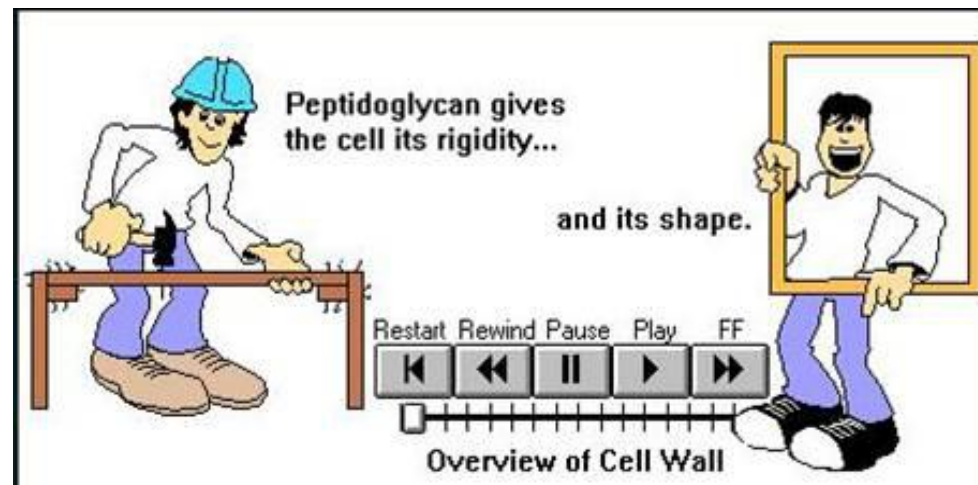
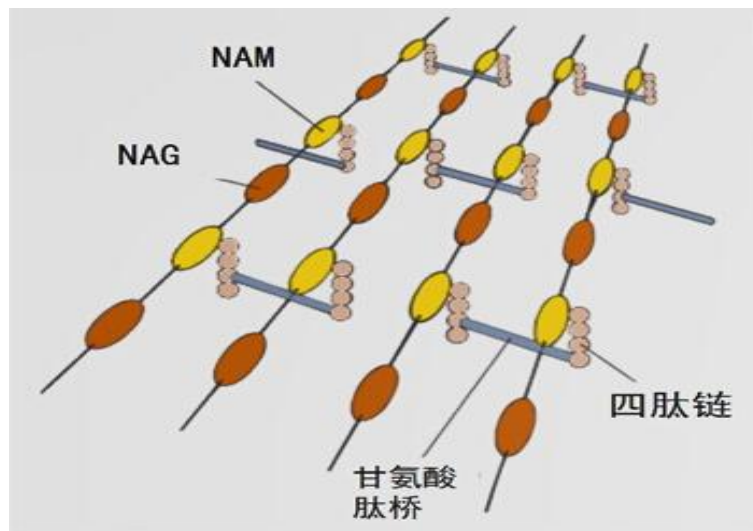
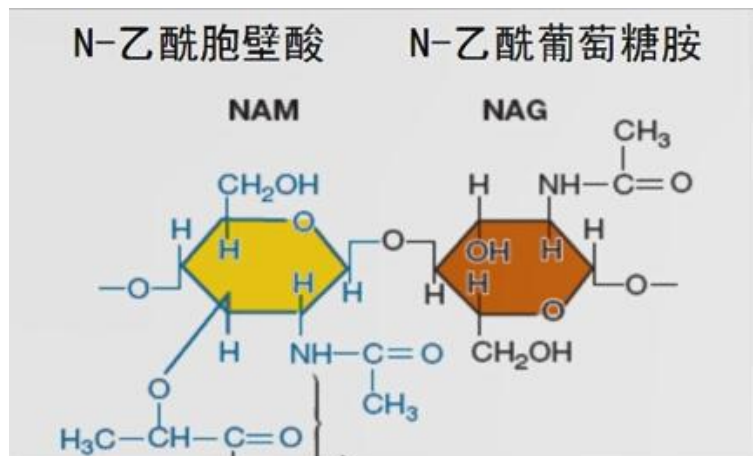
结构：单层；厚度约20~80nm；化学成分是肽聚糖和磷壁酸。

肽聚糖：占90%，原核生物特有成分

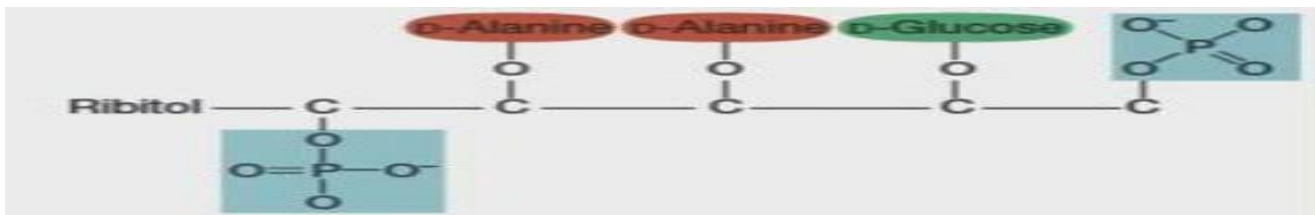
磷壁酸：占10%，革兰氏阳性菌特有成分



# 细菌肽聚糖化学组成

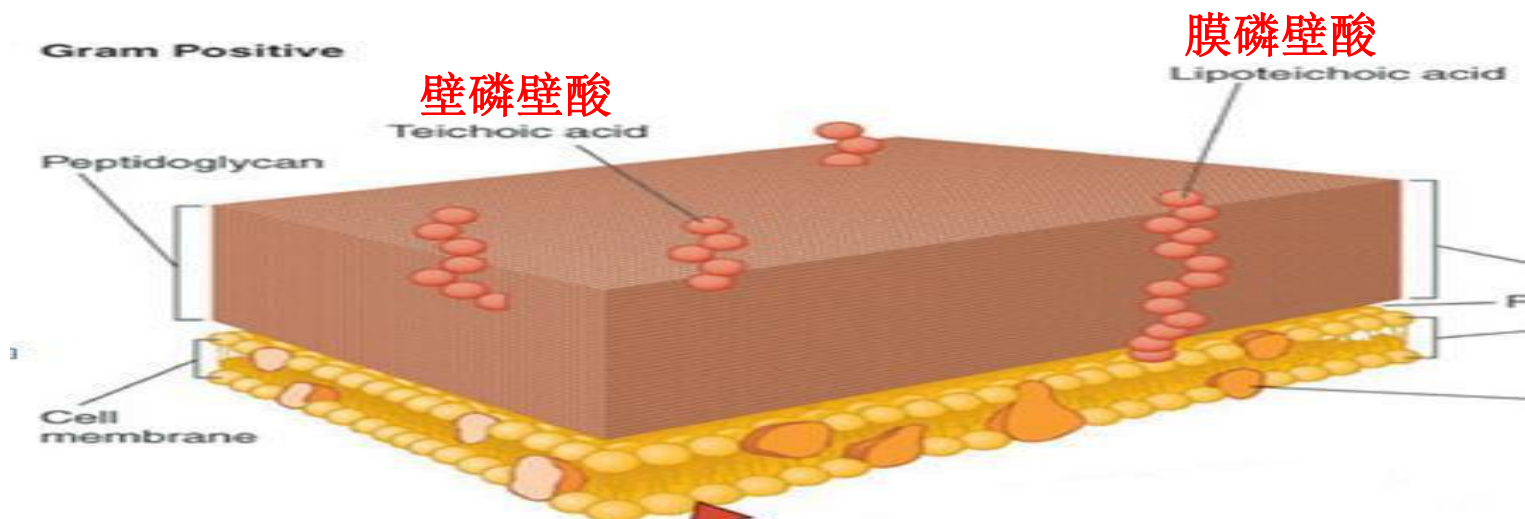


**磷壁酸：** 是G<sup>+</sup>细菌细胞壁中特有的一种酸性多糖。



**壁磷壁酸：** 只与肽聚糖层相结合

**膜磷壁酸：** 跨越肽聚糖层，并与细胞质膜层相交联





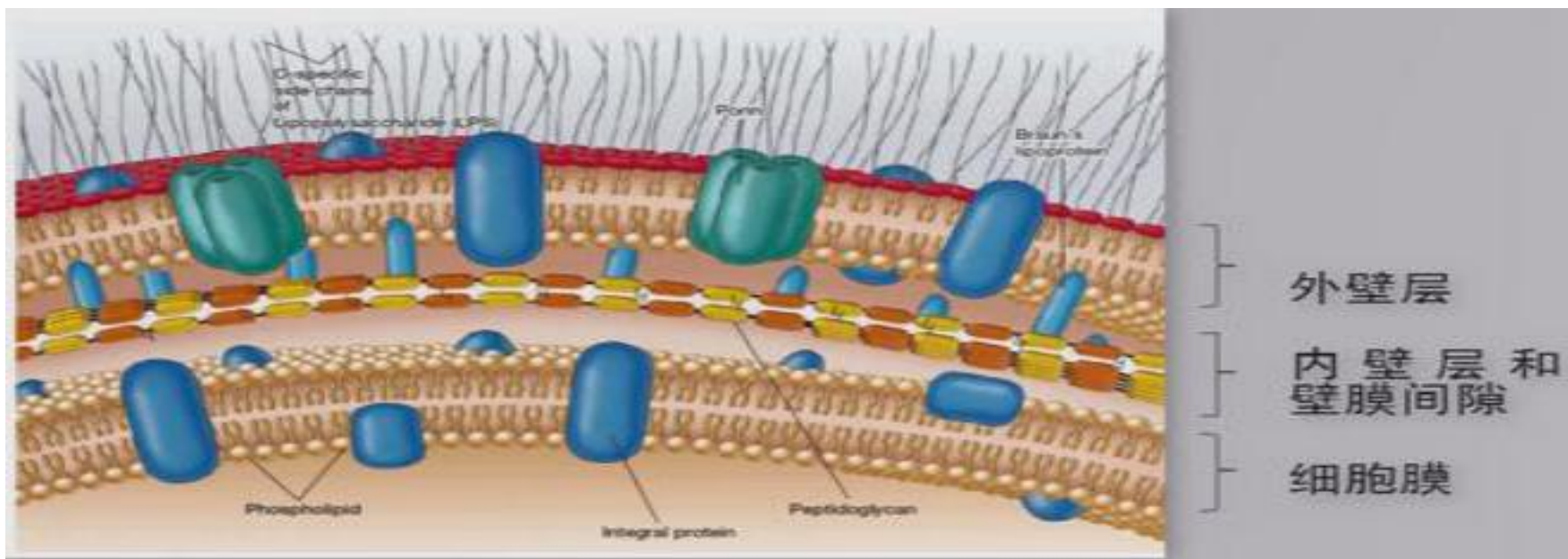
## 磷壁酸的主要生理功能：

带负电荷，能增强细胞吸附 $\text{Mg}^{2+}$ 等阳离子的作用；  
赋予G<sup>+</sup>细菌以特异的表面抗原，因而可用于菌株鉴定；  
提供某些噬菌体的特异性吸附受体；  
调节细胞内自溶素的活力，防止细菌因自溶而死亡；  
增强某些致病菌（如A族链球菌）与其宿主间的黏连。

## (二) 革兰氏阴性菌细胞壁

比阳性菌细胞壁要薄，厚度15~20nm；

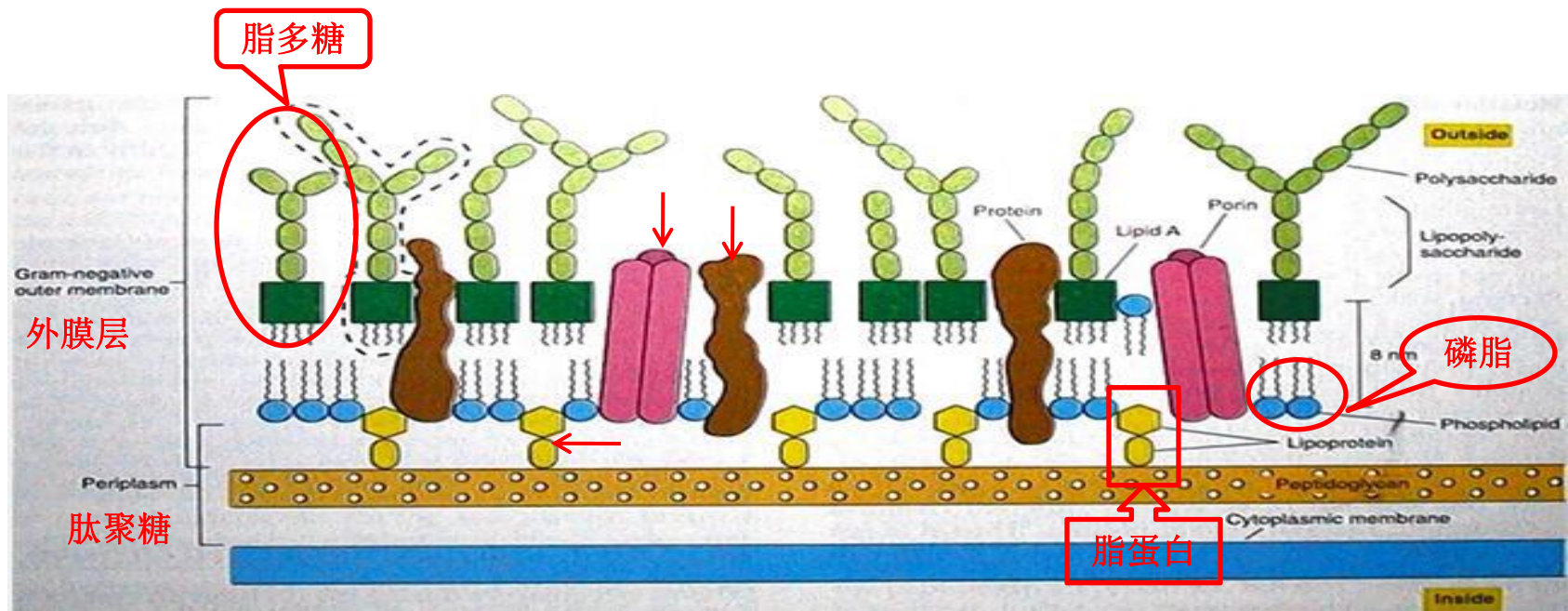
结构复杂，有内外两层



# 外膜（又称外壁）层

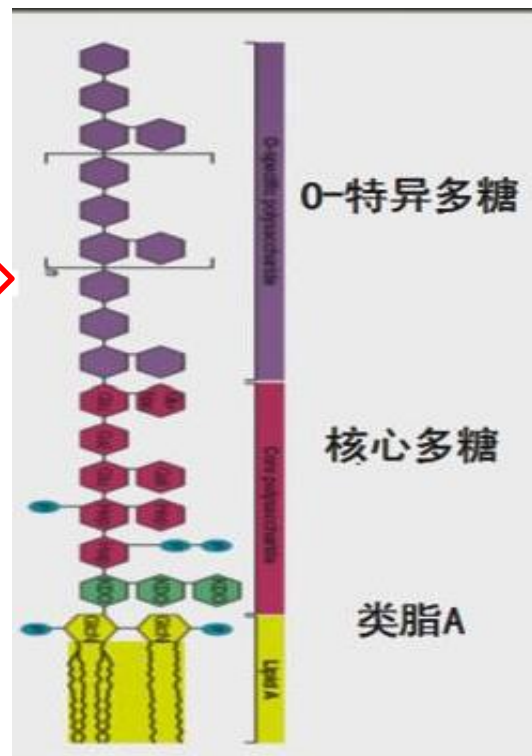
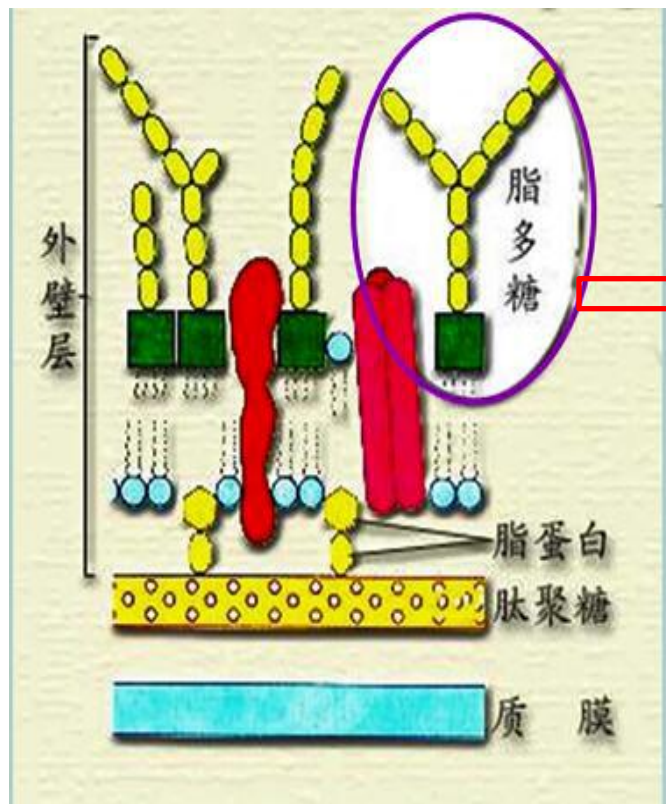
结构：外膜层厚度8 ~ 10nm；基本结构和细胞膜类似，也是磷脂双分子层；化学成分为脂多糖、磷脂和外膜蛋白。

外膜层是革兰氏阴性菌细胞壁所特有的结构。



# 脂多糖

**脂多糖：** 是位于G-细菌细胞壁外的一层较厚（8~10nm）的类脂多糖类物质，由类脂A、核心多糖和O-特异侧链3部分组成。





## 脂多糖主要功能：

类脂A为G<sup>-</sup>细菌内毒素的物质基础；

具有吸附Mg<sup>2+</sup>、Ca<sup>2+</sup>等阳离子的作用；

决定了G<sup>-</sup>细菌细胞表面抗原决定族的多样性；

是许多噬菌体在细菌细胞表面的吸附受体；

具有某种选择性吸收功能。

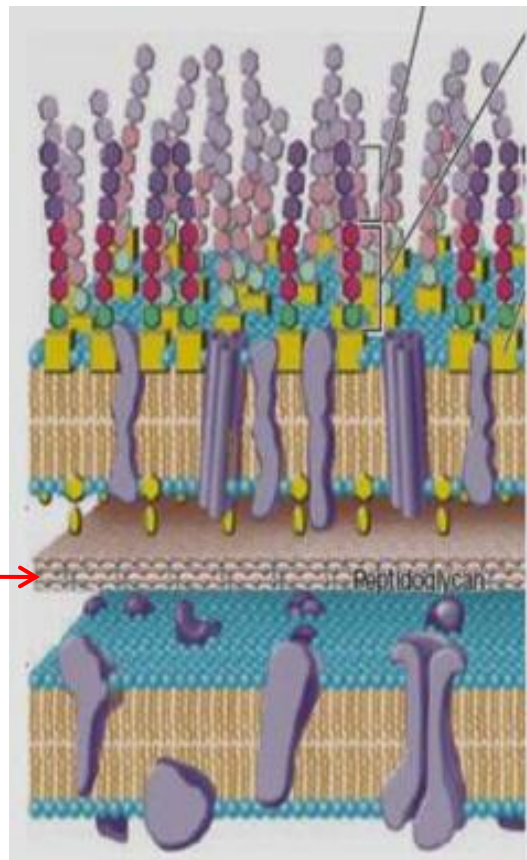
# 内壁层

内壁层厚度仅有1~8nm

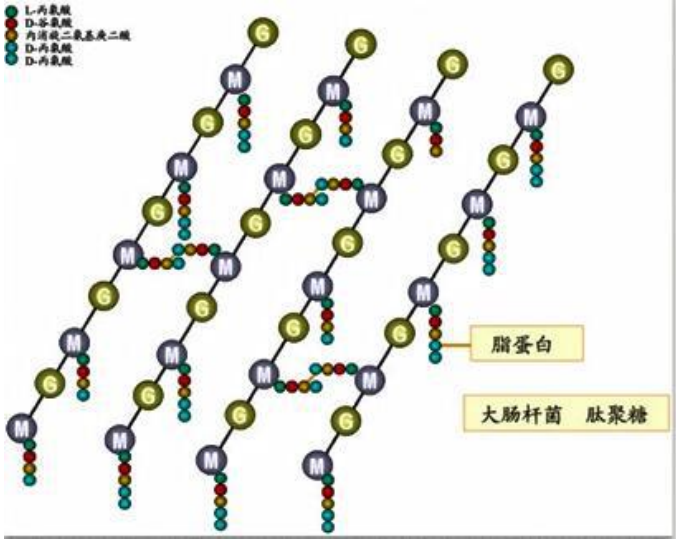
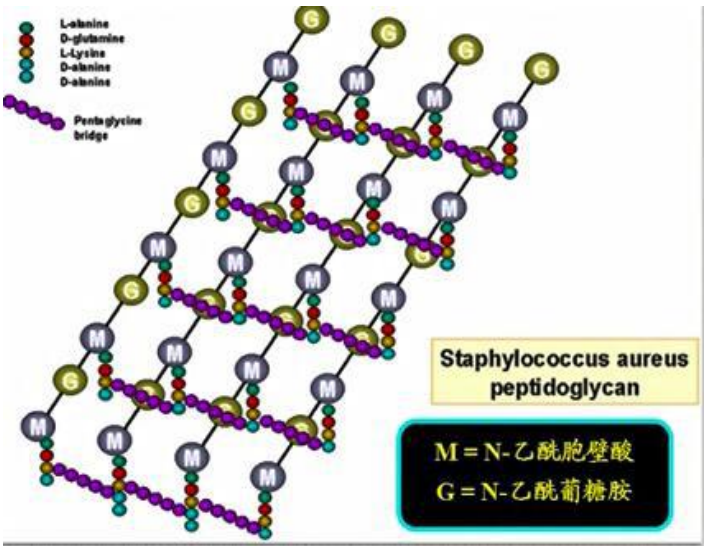
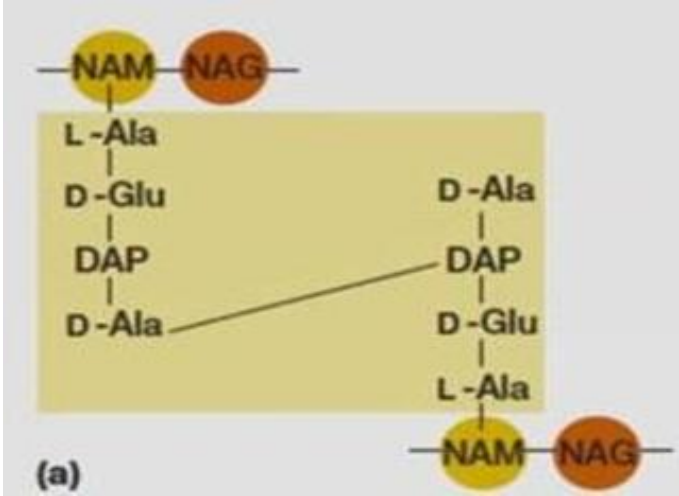
内壁层由一层或少数几层肽聚糖组成

与G<sup>+</sup>细菌相比，G<sup>-</sup>细菌肽聚糖四肽尾的第三个氨基酸分子不是赖氨酸，而是被二氨基庚二酸所取代。

内壁层



G-细菌肽聚糖无甘氨酸肽桥，四肽链之间的链接通过第一个四肽尾的第四个氨基酸（Ala）的羧基与第二个四肽尾中DAP的氨基直接相连。



# G<sup>+</sup>细菌与G<sup>-</sup>细菌肽聚糖的比较:

项目	革兰氏阳性菌	革兰氏阴性菌
层次	15-20层	一层或少数几层
含量	占细胞壁干重的50-80%	占细胞干重的5-10%
四肽尾	第三个氨基酸是赖氨酸	第三个氨基酸是二氨基庚二酸
肽桥	有	无
交联度	高	低
空间结构	致密	较稀疏
机械强度	强	较差

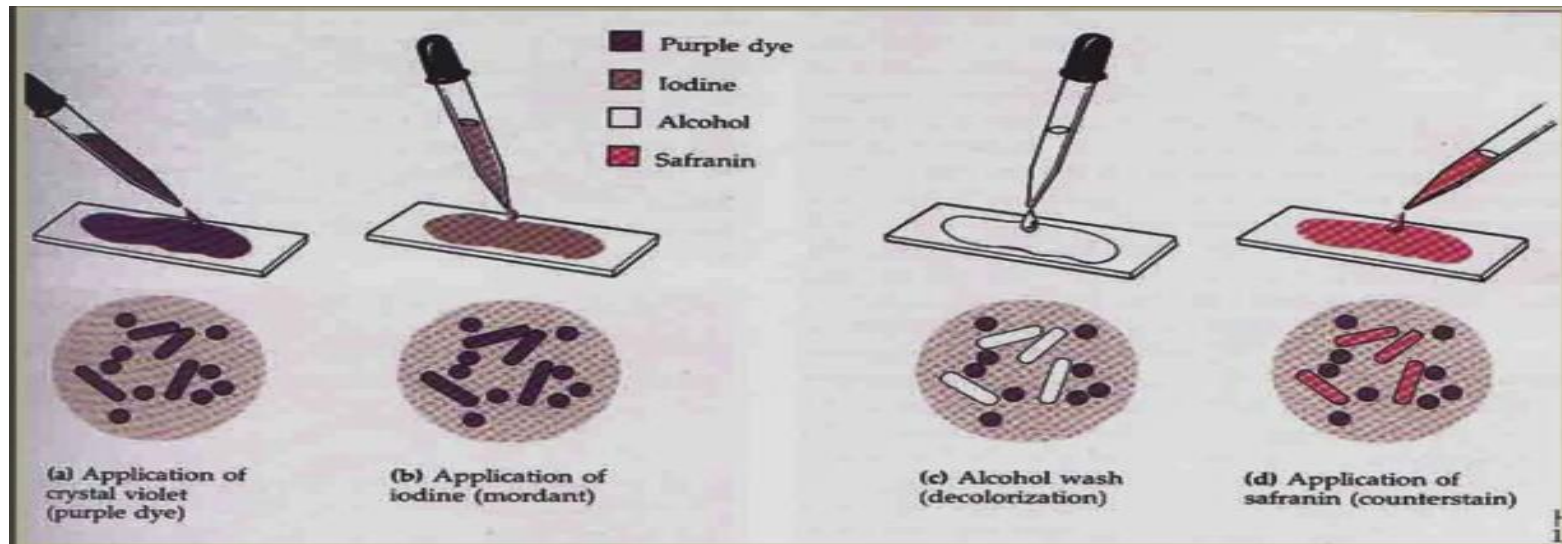


# G<sup>+</sup>细菌与G<sup>-</sup>细菌一系列生物学特性的比较

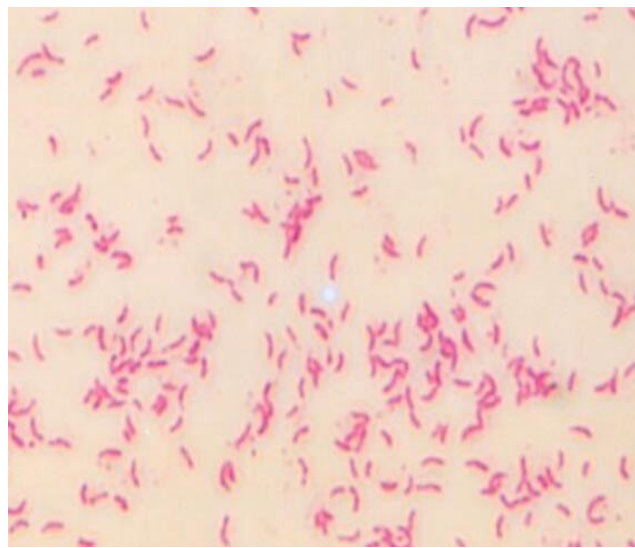
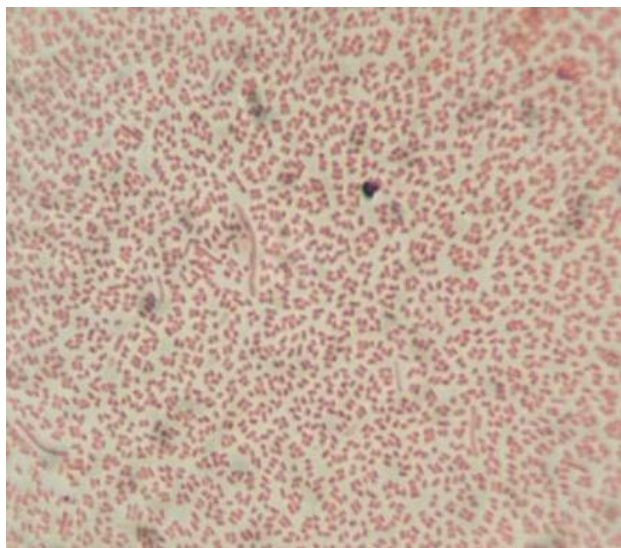
比较项目	革兰氏阳性菌	革兰氏阴性菌
1革兰氏染色反应	阻留结晶紫而染成紫色	可脱色而复染成红色
2肽聚糖层	厚，层次多	薄，一般单层
3磷壁酸	有	无
4外膜	无	有
5脂多糖	无	有
6类脂和脂蛋白含量	基本无（仅抗酸性细菌含）	高
7鞭毛结构	基体上着生两个环	基体上着生四个环
8产毒素	以外毒素为主	以内毒素为主
9对机械力的抗性	强	弱
10抗溶菌酶	弱	强
11对青霉素	敏感	不敏感
12对链霉素、氯霉素	不敏感	敏感
13产芽孢	有的产	不产

## 四、革兰氏染色的机理

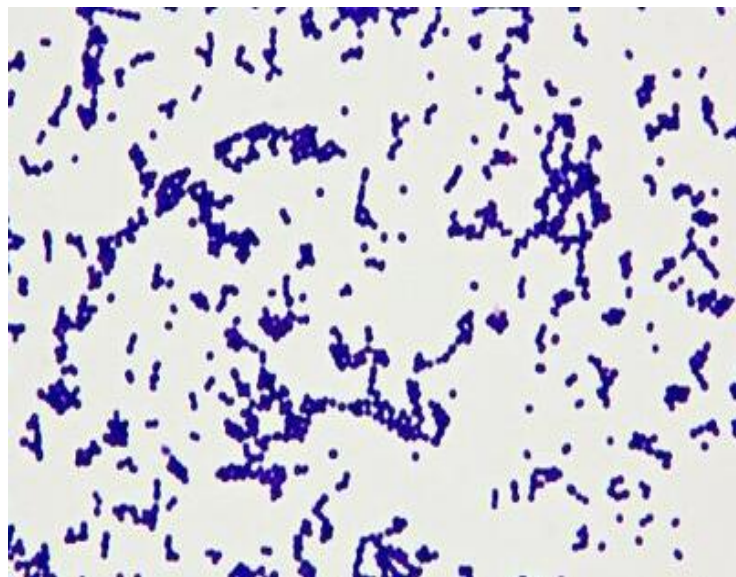
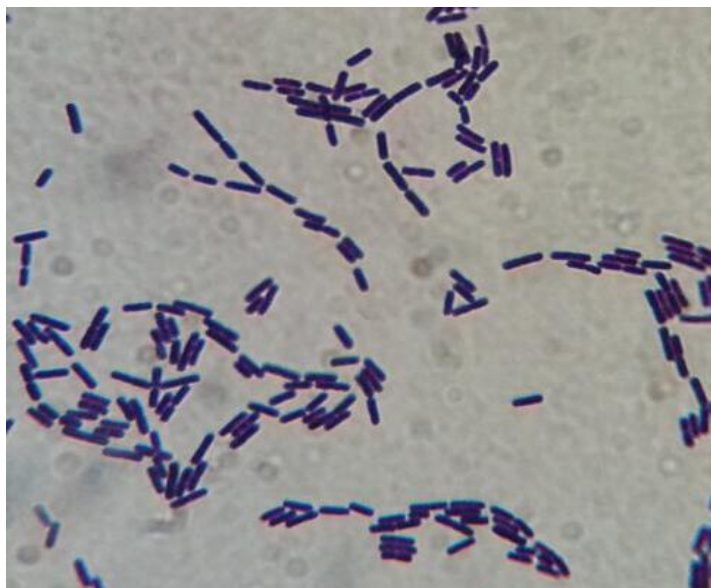
经过结晶紫初染和碘液媒染，细菌内形成不溶于水的结晶紫-碘复合物。



**G-菌**的细胞壁中含有较多易被乙醇溶解的类脂质，而且肽聚糖层较薄、交联度低，故用乙醇脱色时溶解了类脂质，增加了细胞壁的通透性，使初染形成的结晶紫-碘复合物易于渗出，结果细菌就被脱色，再经蕃红复染后就成红色。



**G<sup>+</sup>菌**细胞壁中几乎不含类脂质，肽聚糖层厚且交联度高，经乙醇脱色处理后肽聚糖网孔脱水收缩，结晶紫-碘复合物不同透过细胞壁被洗出，因此细菌仍保留初染时的颜色，呈现紫色。





## 思考题

- (1) 比较革兰氏阳性菌和革兰氏阴性菌细胞壁的不同。
- (2) 革兰氏染色的步骤和原理。