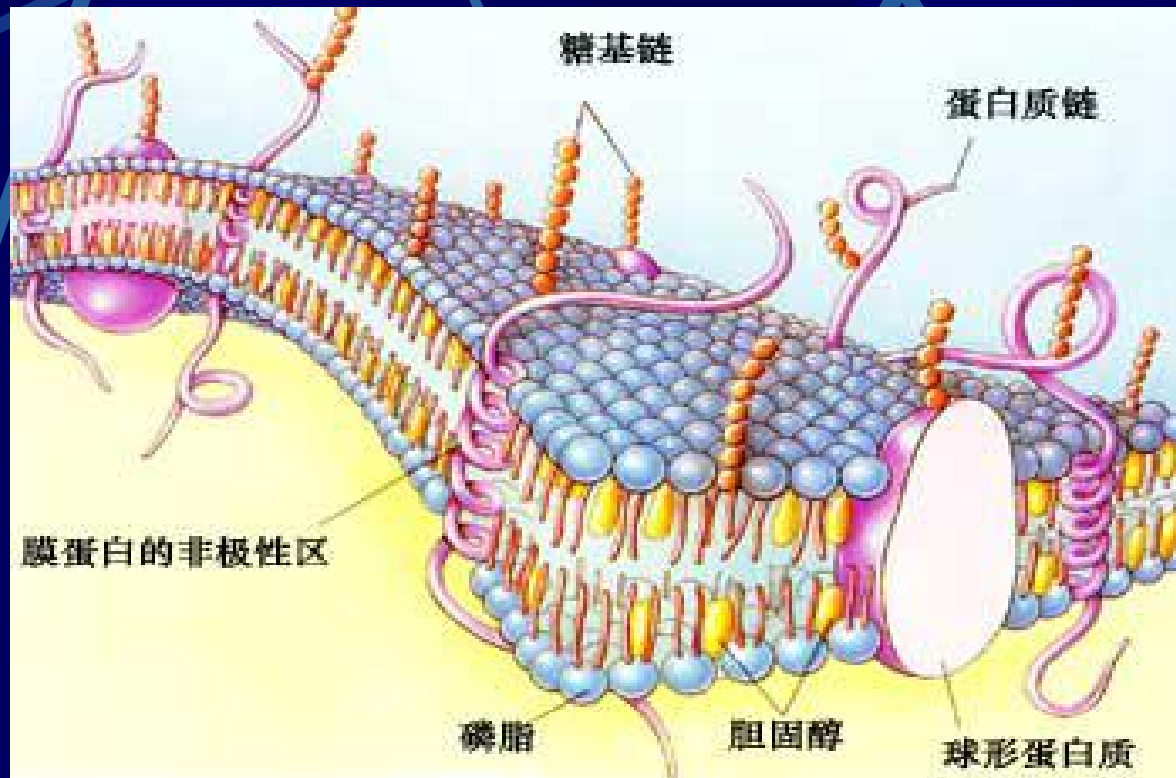


第四章 细胞膜及其表面结构



PLASMA MEMBRANE AND ITS SURFACE STRUCTURES

本章内容提要

- 第一节 质膜的化学组成

- 一、膜脂

- 二、膜蛋白

- 三、膜糖类

- 第二节 质膜的结构

- 一、质膜结构的研究历史

- 二、质膜的流动镶嵌模型

- 三、细胞膜的功能

- 第三节 细胞表面的分化

- 一、细胞外被

- 二、膜骨架

- 三、质膜的特化结构

几个基本概念

- 质膜（**plasma membrane**）包在细胞外面所以又称细胞膜。围绕各种细胞器的膜，称为细胞内膜。
- 质膜和内膜在起源、结构和化学组成的等方面具有相似性，故总称为生物膜（**biomembrane**）。生物膜是细胞进行生命活动的重要物质基础。

- 质膜表面寡糖链形成细胞外被（**cell coat**）或糖萼（**glycocalyx**）。
- 质膜下的表层溶胶中具有细胞骨架成分组成的网络结构，除对质膜有支持作用外，还与维持质膜的功能有关，所以这部分细胞骨架又称为膜骨架。
- 细胞外被、质膜和表层胞质溶胶构成细胞表面。

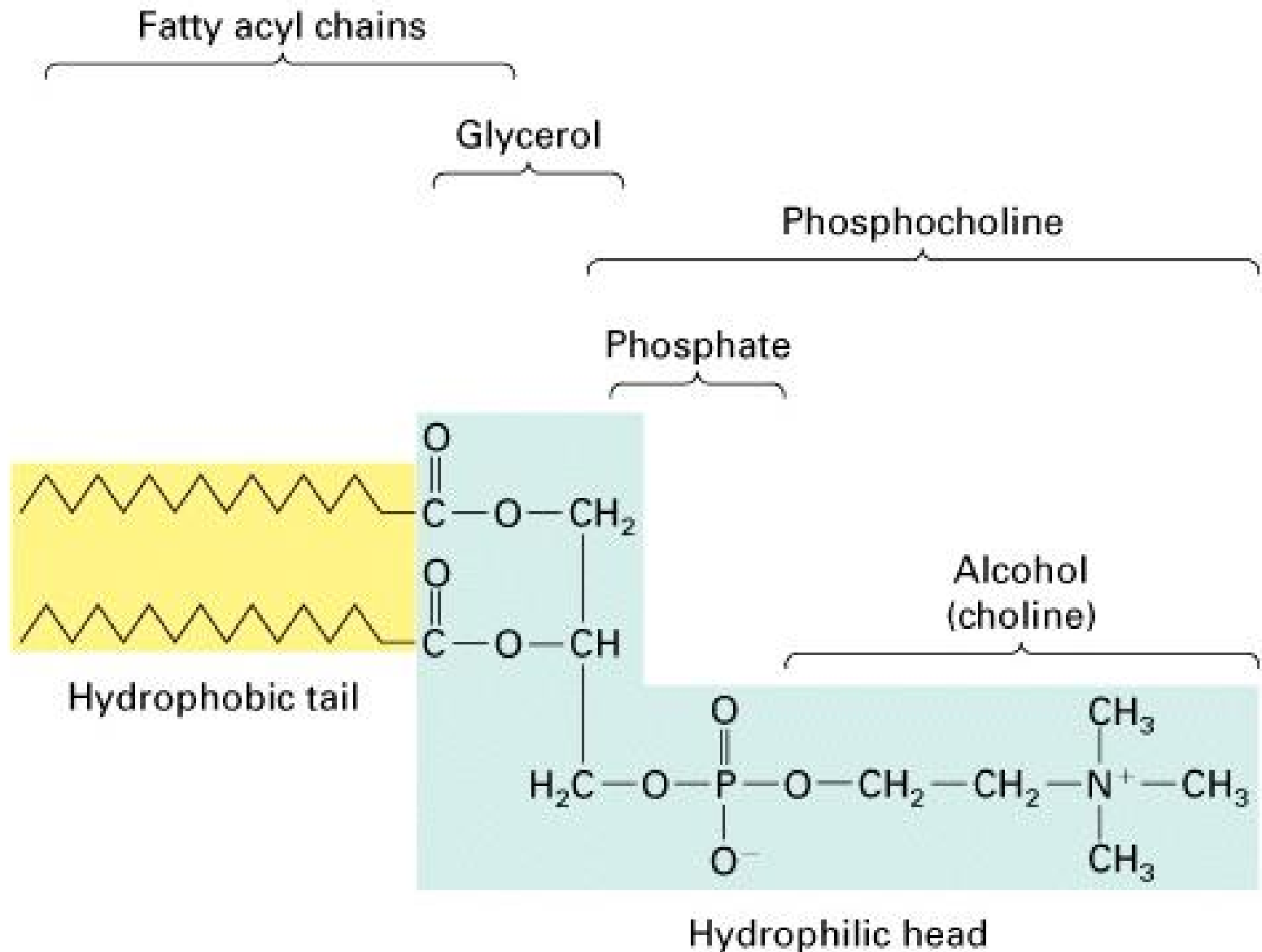
第一节 质膜的化学组成

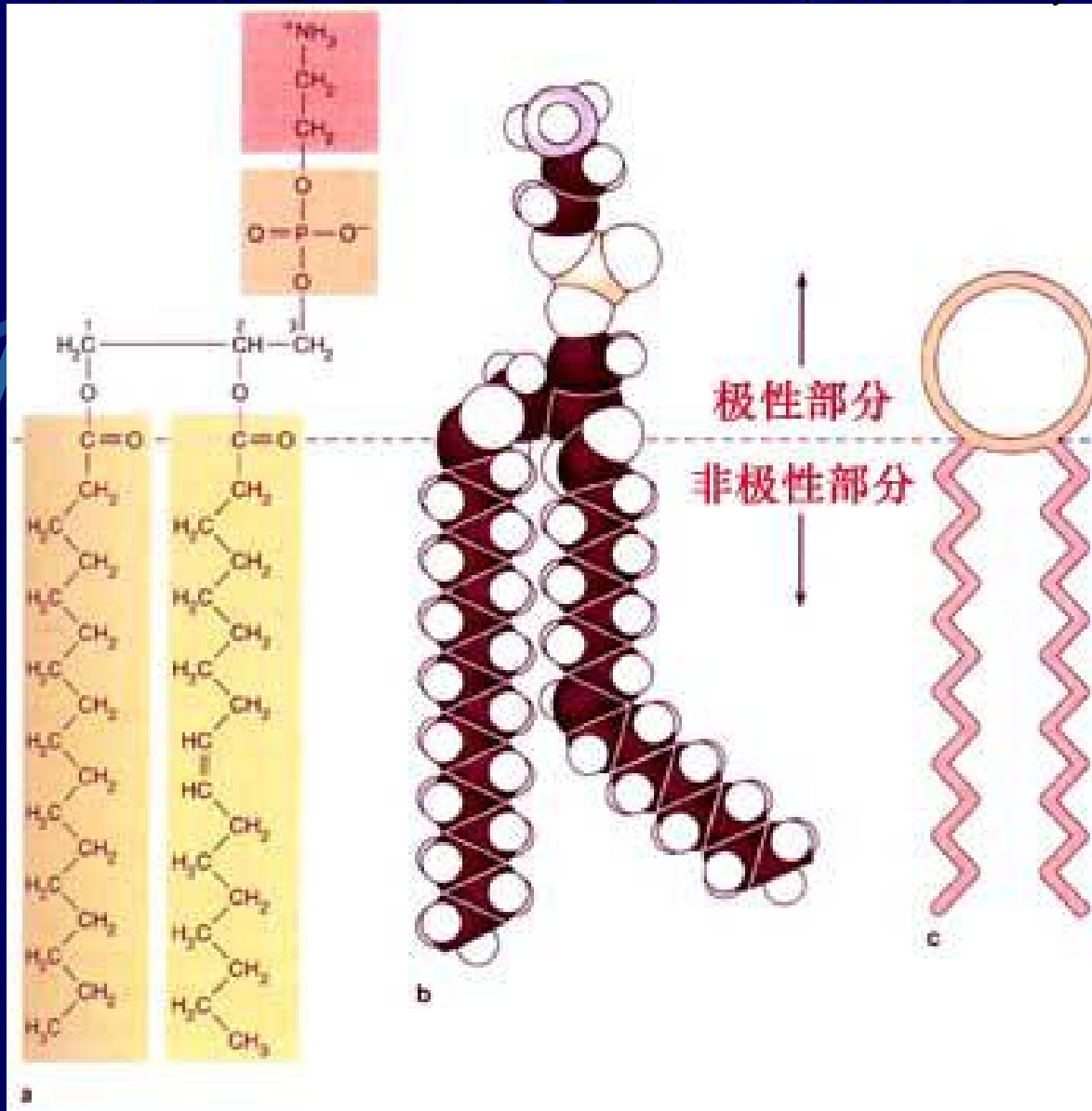
- 质膜主要由**膜脂**和**膜蛋白**组成，另外还有少量糖，主要以糖脂和糖蛋白的形式存在。膜脂是膜的基本成分，膜蛋白是膜功能的主要体现者。动物细胞膜通常含有等量的脂类和蛋白质。

一、膜脂

- 膜脂主要包括**磷脂**、**糖脂**和**胆固醇**三种类型。
- (一)、**磷脂**
- 是构成膜脂的基本成分，约占整个膜脂的**50%**以上。
磷脂分子的主要特征是：
 1. 具有一个极性头和两个非极性的尾（脂肪酸链），线粒体内膜上的心磷脂具有**4**个非极性局部。兼性分子（双亲媒性分子）
 2. 脂肪酸碳链为偶数，多数碳链由**16**，**18**或**20**个碳原子组成。
 3. 常含有不饱和脂肪酸（如油酸）。

Phospholipids 磷脂





磷脂酰乙醇胺的分子结构

1、甘油磷脂

以甘油为骨架的磷脂类，在骨架上结合两个脂肪酸链和一个磷酸基团，胆碱、乙醇胺、丝氨酸或肌醇等分子籍磷酸基团连接到脂分子上。主要类型有：

磷脂酰胆碱 **phosphatidylcholine, PC**, 旧称卵磷脂

磷脂酰丝氨酸 **phosphatidylserine, PS**

磷脂酰乙醇胺 **phosphatidylethanolamine, PE**, 旧称脑磷脂

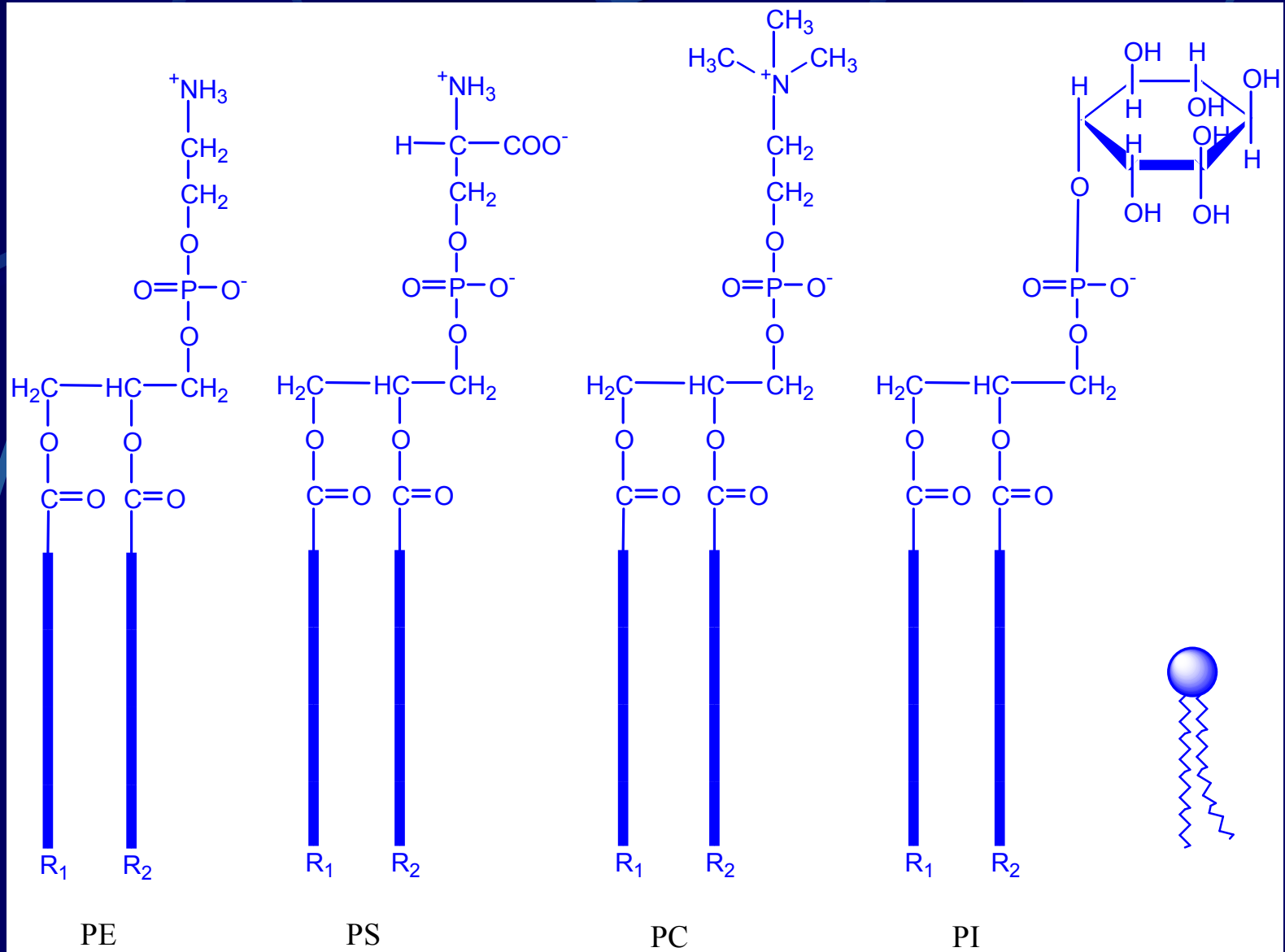
磷脂酰肌醇 **phosphatidylinositol, PI**

双磷脂酰甘油 **Diphosphatidylglycerol, DPG**, 旧称心磷脂

某些膜脂的功能

脂	存在的膜	功能
主要磷脂		
磷脂酰胆碱	存在于大多数膜中	形成脂双层
磷脂酰乙醇胺	存在于大多数膜中	起界膜的作用，防止水
磷脂酰丝氨酸	存在于大多数膜中	溶性物质的自由扩散
次要磷脂		
心磷脂	线粒体内膜	激活性染色体
磷脂酰肌醇(PI)	存在于大多数膜	作为三磷酸肌醇的供体
鞘脂	大多数哺乳动物细胞，特别是神经细胞	屏障作用，激活某些酶
糖脂	叶绿体类囊体的膜的主要脂类	屏障作用
胆固醇	大多数动物细胞膜	大多数动物细胞膜膜的流动性

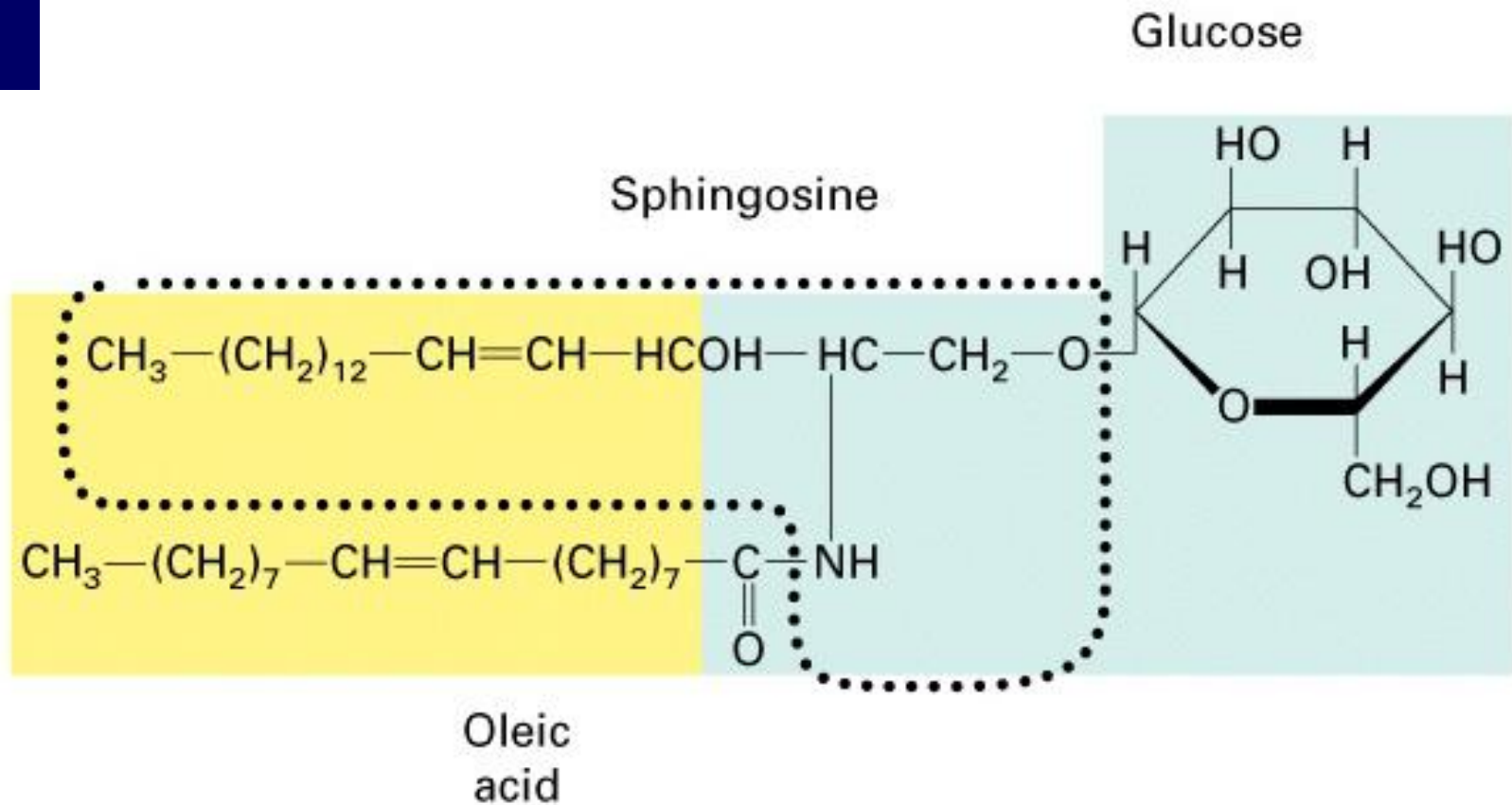
Phospholipids in plasmamembranes



(二)、糖脂

- 是含糖而不含磷酸的脂类，含量约占脂总量的5%以下，在神经细胞膜上糖脂含量较高，约占5-10%。
- 糖脂也是两性分子，其结构与SM很相似，只是由一个或多个糖残基代替了磷脂酰胆碱而与鞘氨醇的羟基结合。
- 最简单的糖脂是半乳糖脑苷脂，在髓鞘的多层膜中含量丰富；变化最多、最复杂的糖脂是神经节苷脂，其头部包含一个或几个唾液酸和糖的残基。神经节苷脂是神经元质膜中具有特征性的成分。

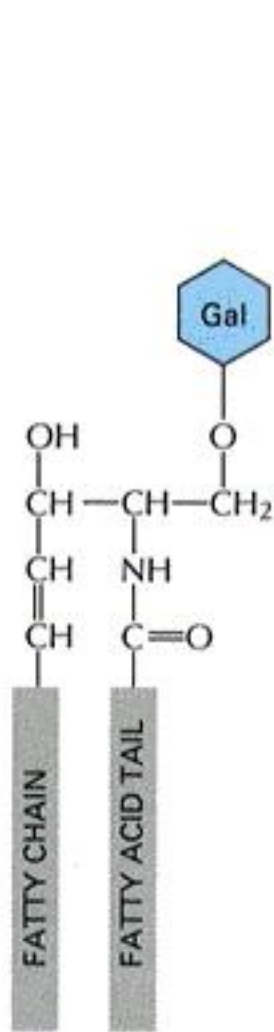
Glycolipids 糖脂



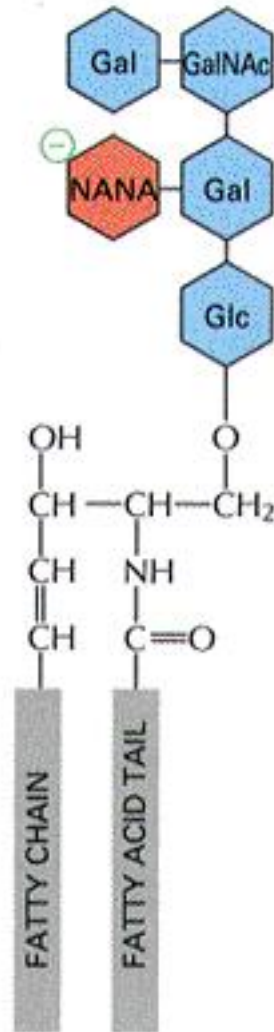
Glucosylcerebroside

葡糖脑苷脂

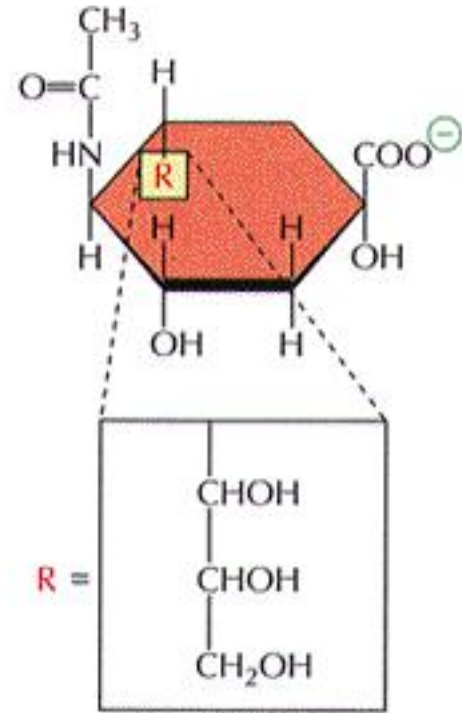
Glycolipids



(A) galactocerebroside



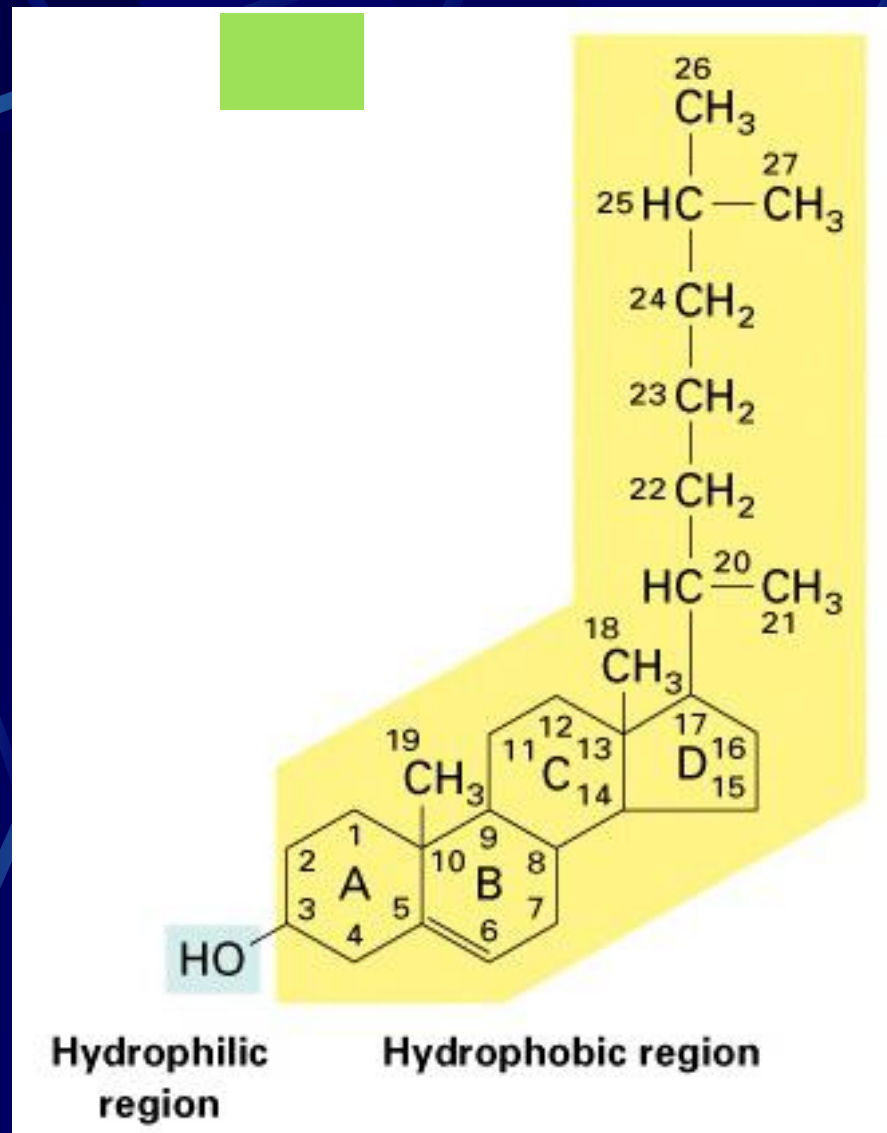
(B) GM₁ ganglioside



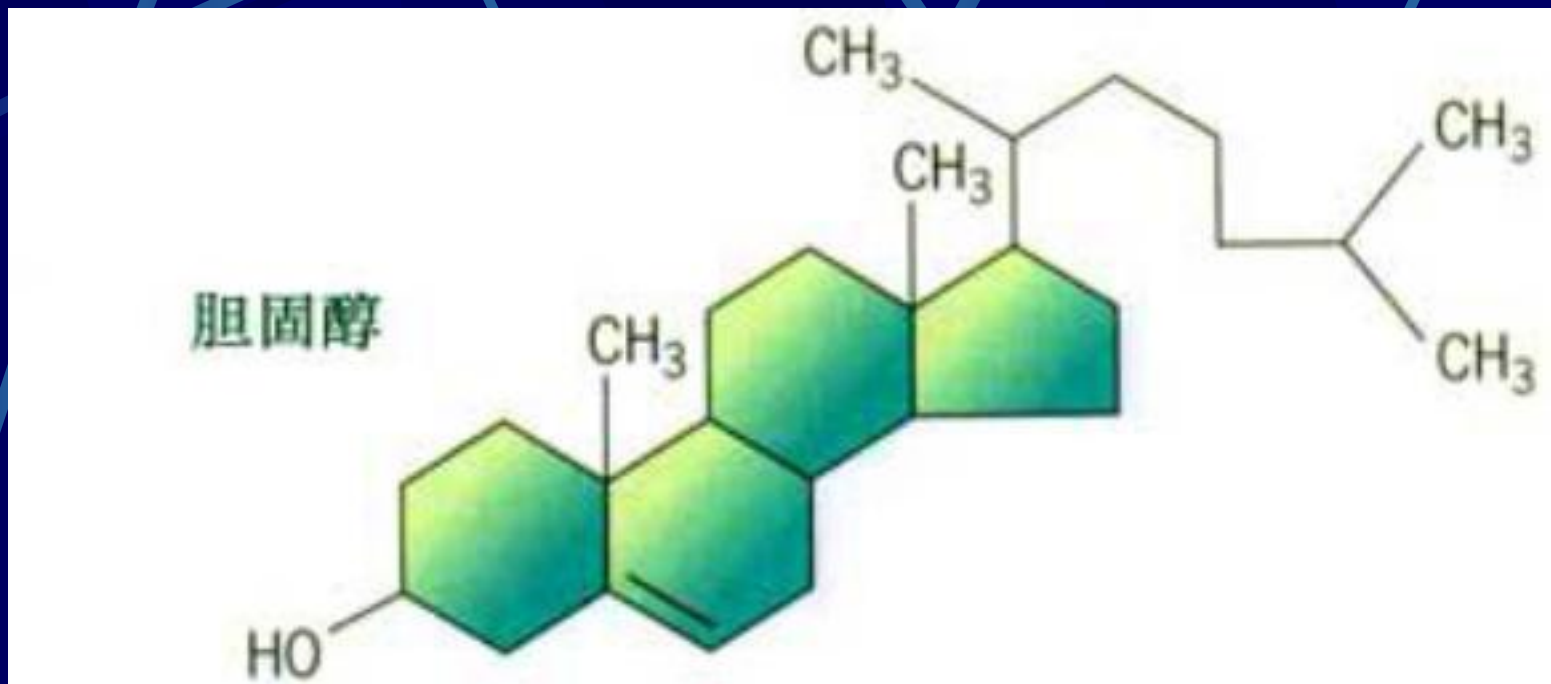
(C) sialic acid (NANA)

(三)、胆固醇

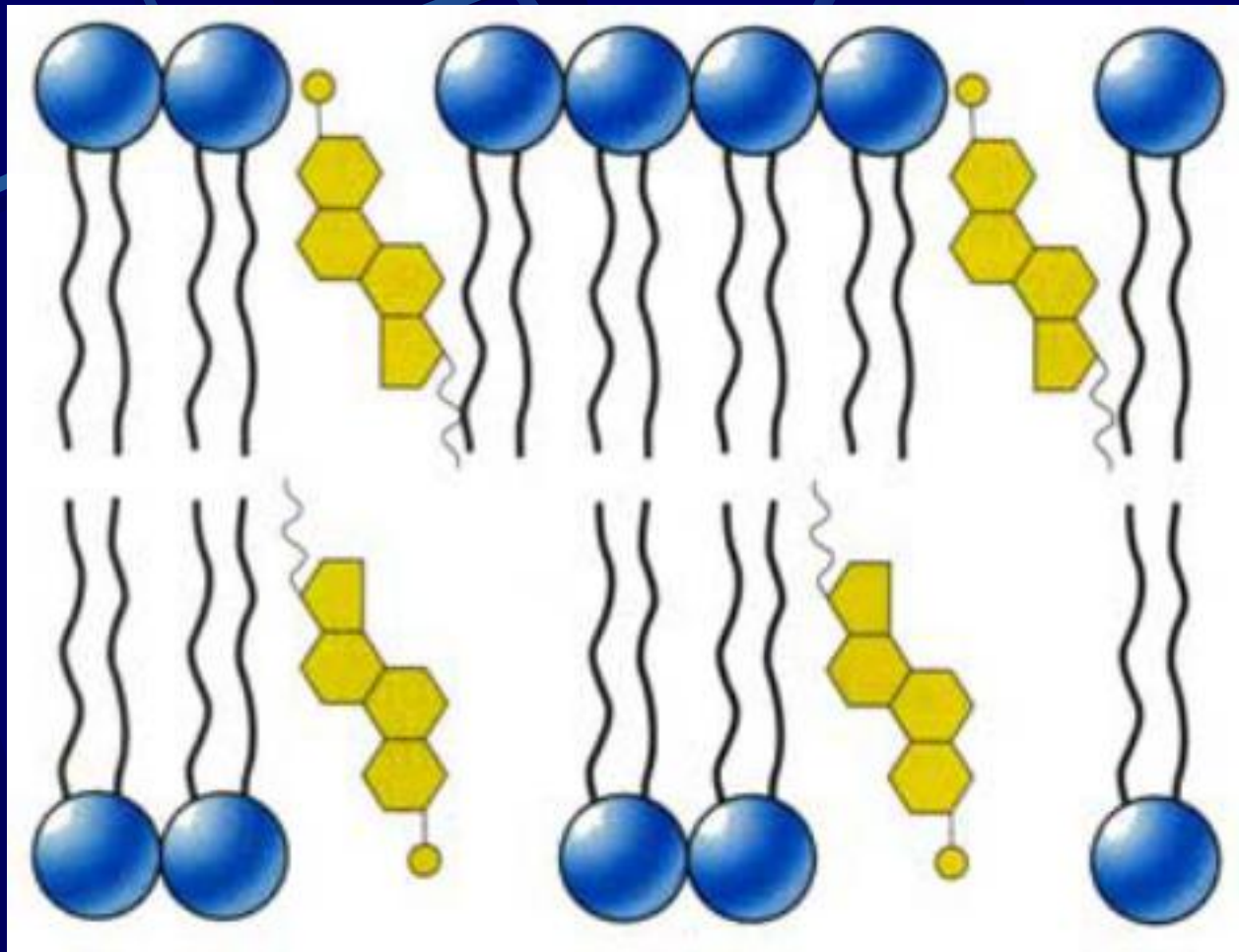
● 主要存在真核细胞膜上，含量一般不超过膜脂的1/3，植物细胞膜中含量较少，其功能是提高双脂层的力学稳定性，调节双脂层流动性，降低水溶性物质的通透性。



• 在缺少胆固醇培养基中，不能合成胆固醇的突变细胞株很快发生自溶。



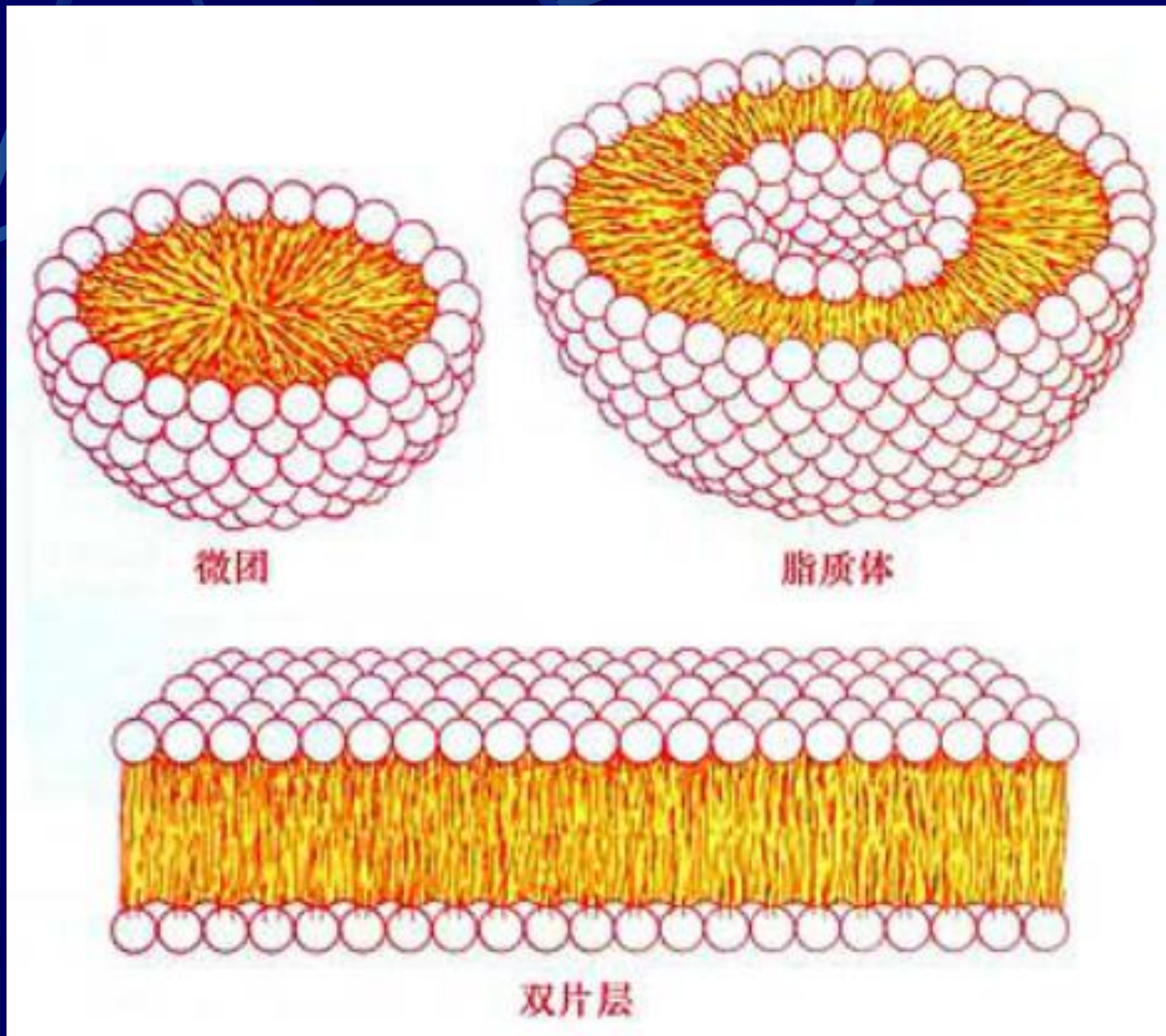
胆固醇的结构



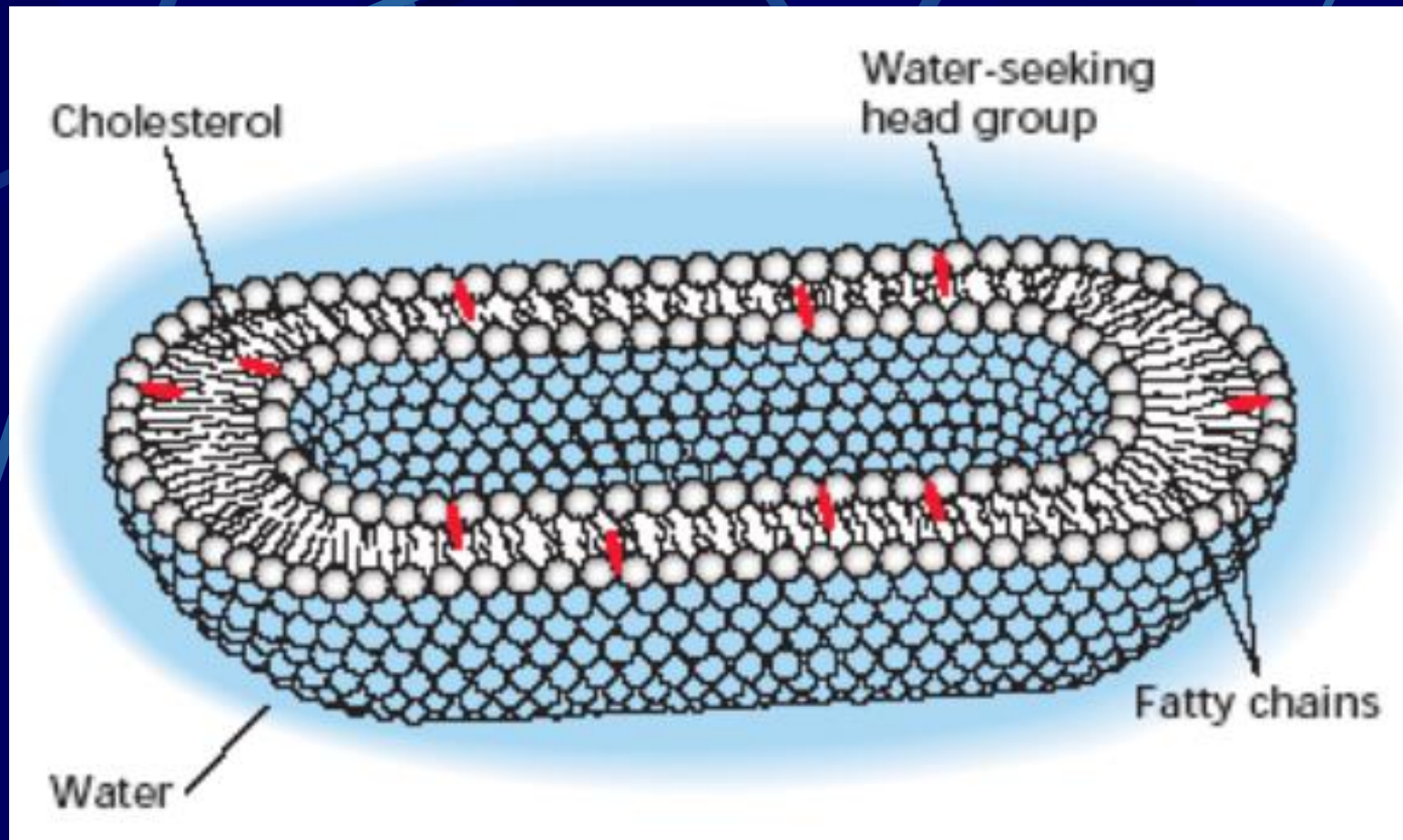
胆固醇在脂双层中的位置

（四）、脂质体（**liposome**）

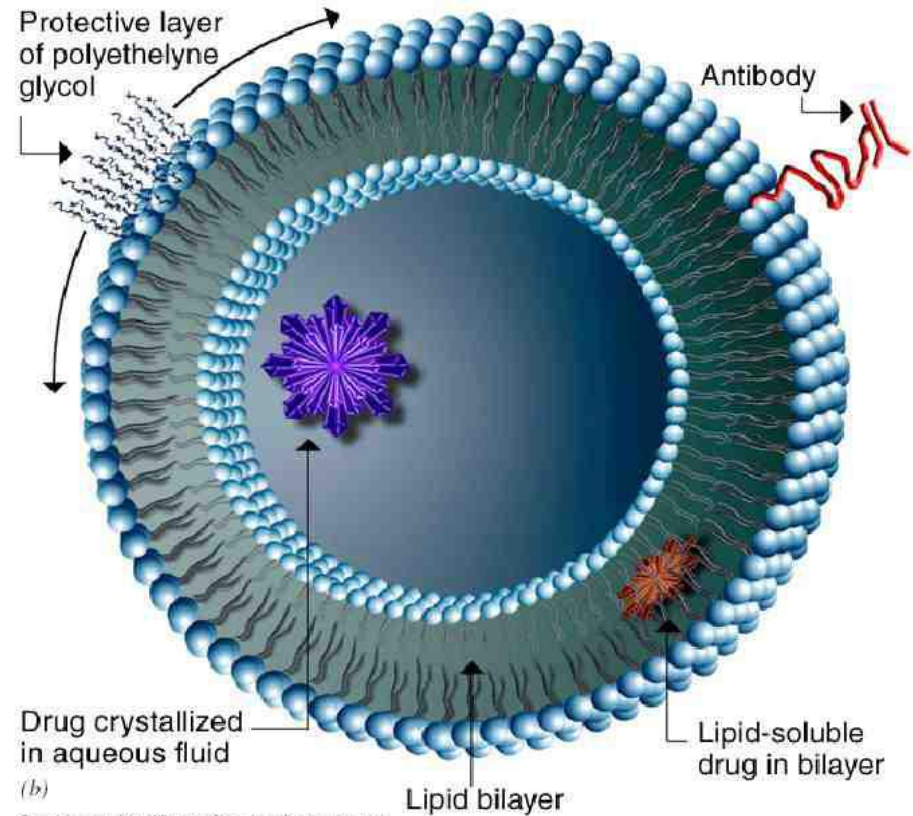
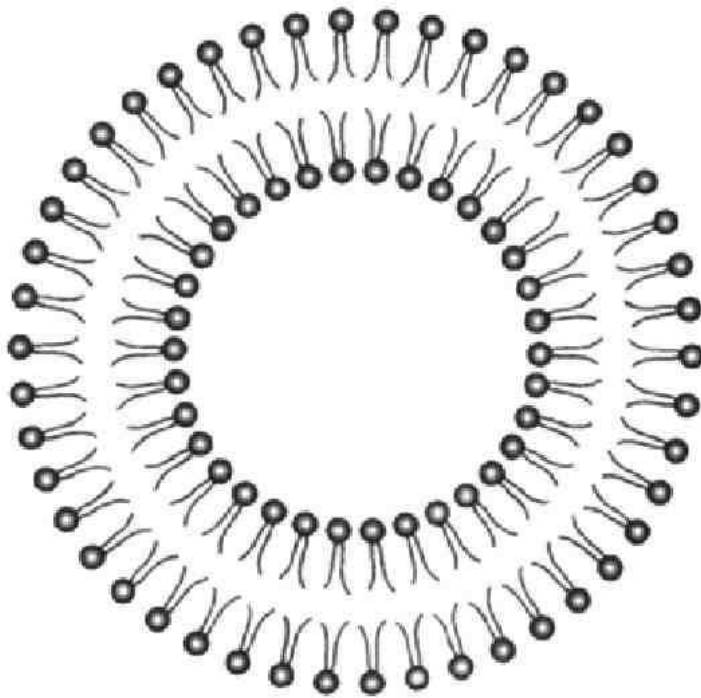
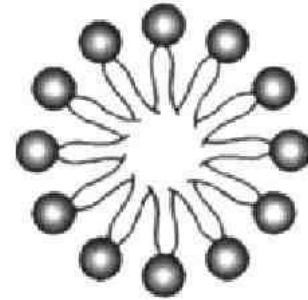
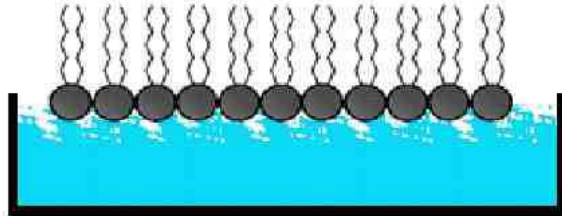
- 是一种人工膜。
- 在水中，搅动后磷脂形成双层脂分子的球形脂质体，直径**25~1000nm**不等。
- 人工脂质体可用于：
 1. 转基因
 2. 制备的药物
 3. 研究生物膜的特性



脂在水中的行为



LIPOSOME



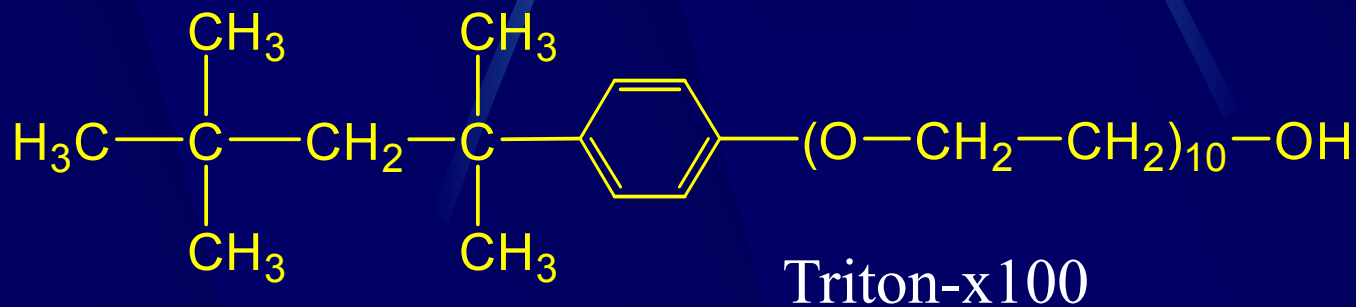
Copyright 1999 John Wiley and Sons, Inc. All rights reserved.

二、膜蛋白

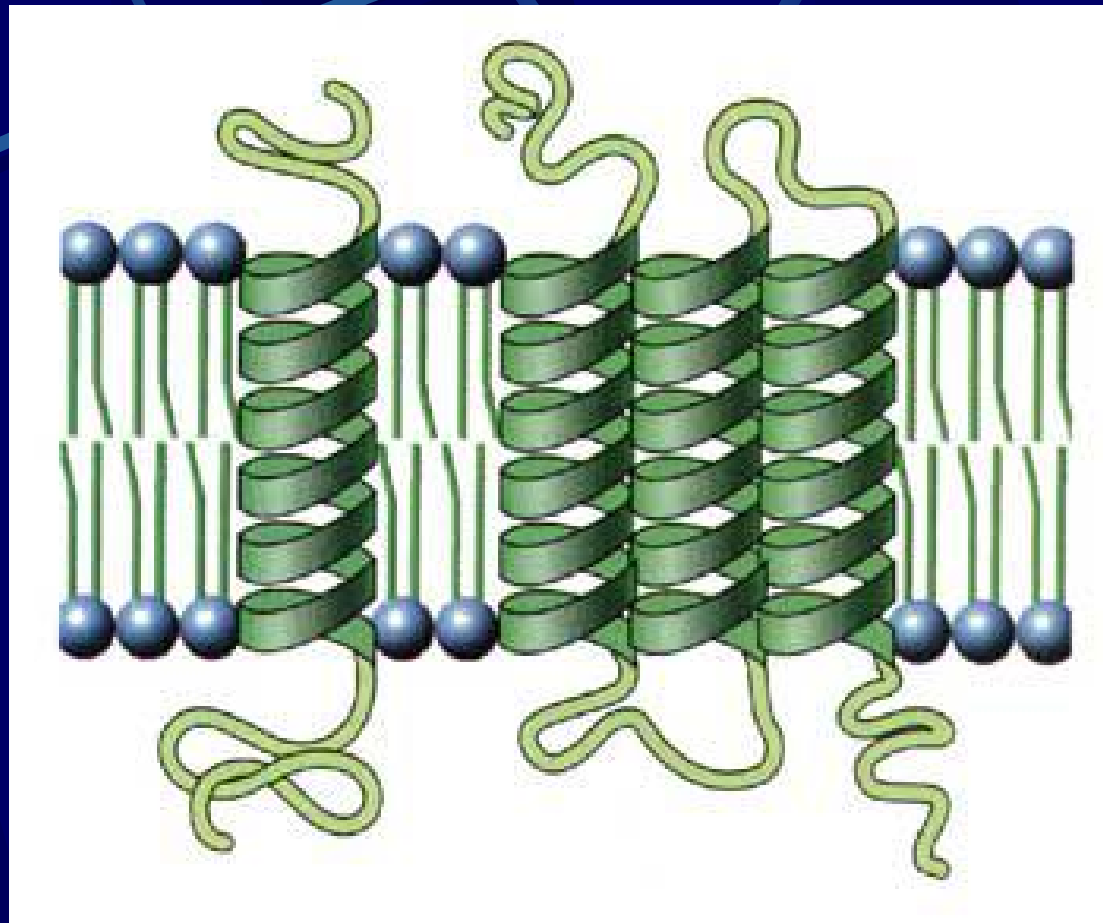
- 是膜功能的主要体现者。据估计核基因组编码的蛋白质中**30%左右**的为膜蛋白。根据膜蛋白与脂分子的结合方式，可分为：
 - 整合蛋白（**integral protein**）
 - 外周蛋白（**peripheral protein**）
 - 脂锚定蛋白（**lipid-anchored protein**）。

(一) 整合蛋白:

- 整合蛋白为跨膜蛋白 (**transmembrane proteins**)，是两性分子。与膜的结合非常紧密，只有用去垢剂才能从膜上洗涤下来，如离子型去垢剂**SDS**，非离子型去垢剂**Triton-X100**。



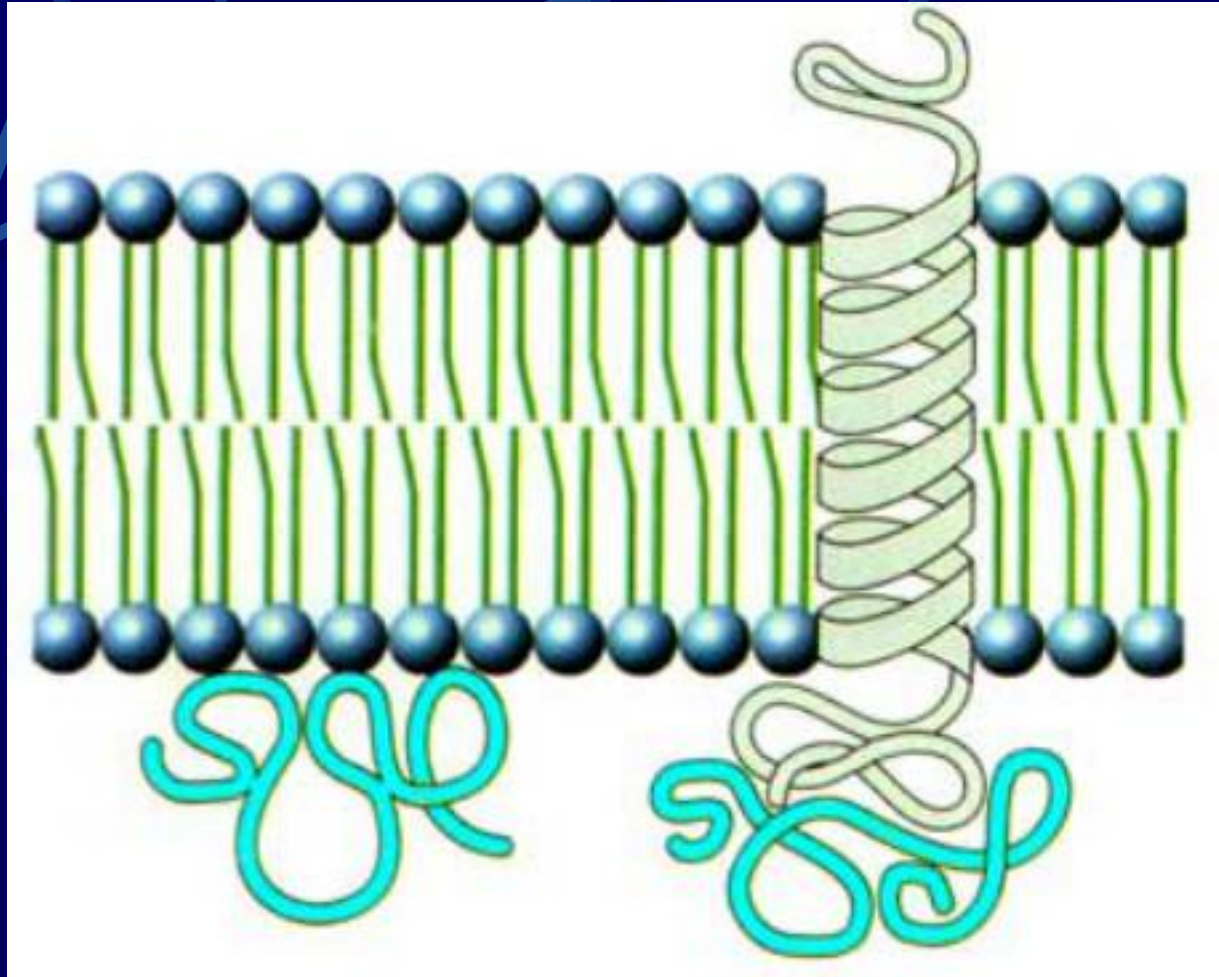
- 整合蛋白的跨膜结构域可以是1至多个疏水的 α 螺旋，形成亲水通道的整合蛋白跨膜区域有两种组成形式，一是由多个两性 α 螺旋组成亲水通道；二是由两性 β 折叠组成亲水通道。



整合蛋白

(二) 外周蛋白：

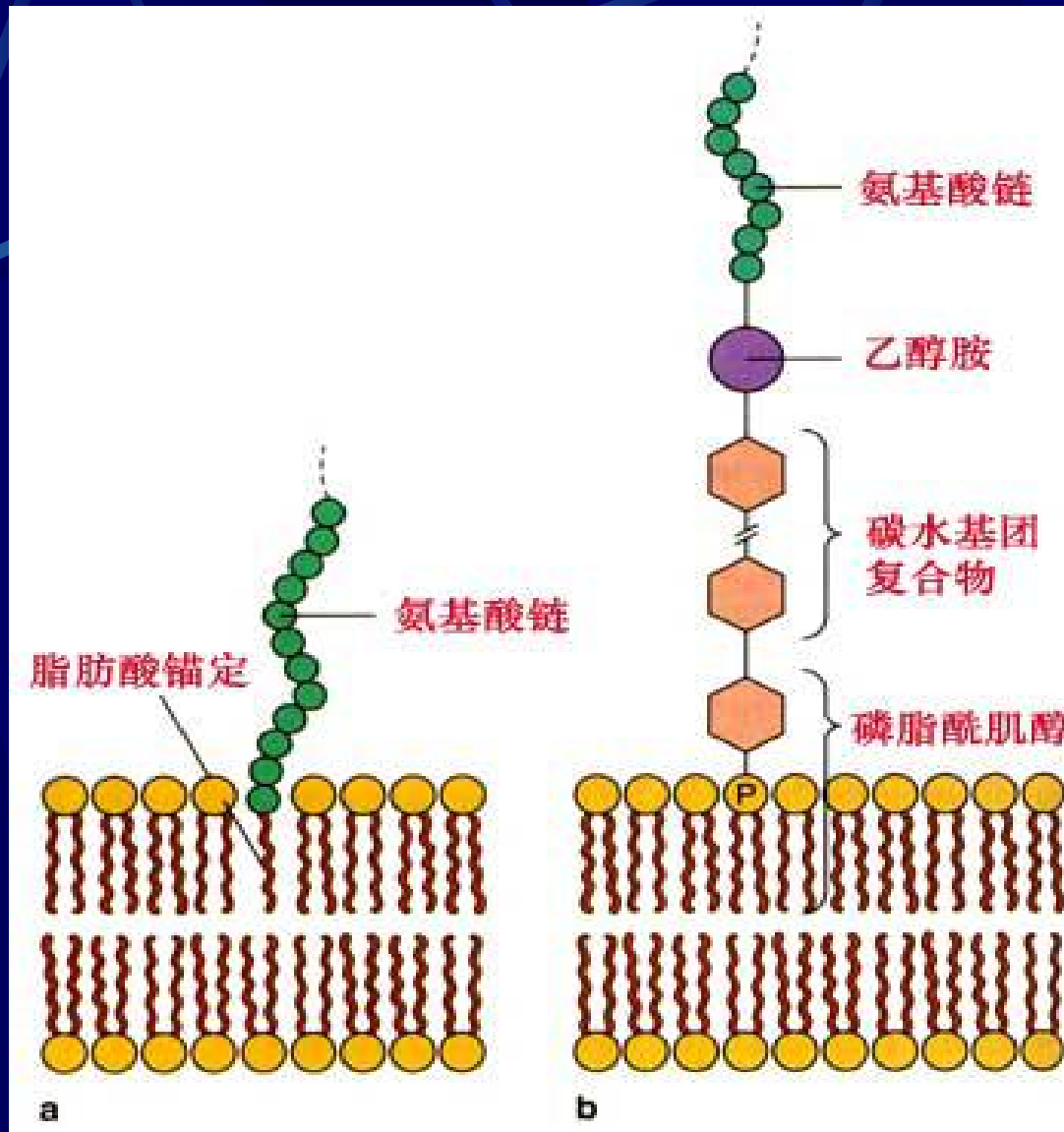
- 外周蛋白靠离子键或其它较弱的键与膜表面的蛋白质分子或脂分子的亲水部分结合，因此只要改变溶液的离子强度甚至提高温度就可以从膜上分离下来，有时很难区分整合蛋白和外周蛋白，主要是因为一个蛋白质可以由多个亚基构成，有的亚基为跨膜蛋白，有的则结合在膜的外部。

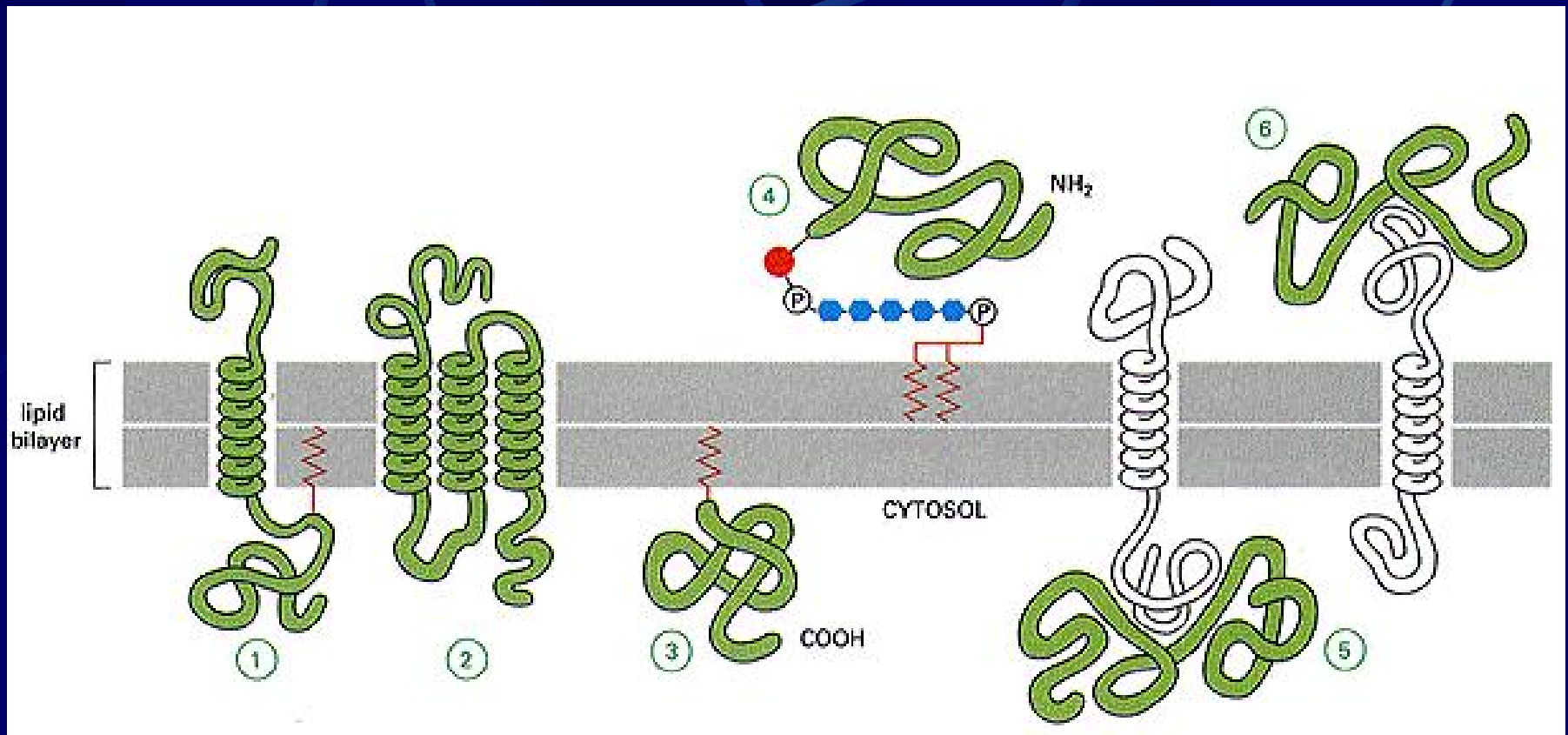


外周蛋白

(三) 脂锚定蛋白

- 脂锚定蛋白 (lipid-anchored protein) 可以分为两类：
- 糖磷脂酰肌醇(glycophosphatidylinositol, GPI)连接的蛋白，GPI位于细胞膜的外小叶，用磷脂酶C（能识别含肌醇的磷脂）处理细胞，能释放出结合的蛋白。许多细胞表面的受体、酶、细胞粘附分子和引起羊瘙痒病的PrP^C都是这类蛋白。（PrP^C → PrP^{Sc}）
- 另一类脂锚定蛋白与插入质膜内小叶的长碳氢链结合。





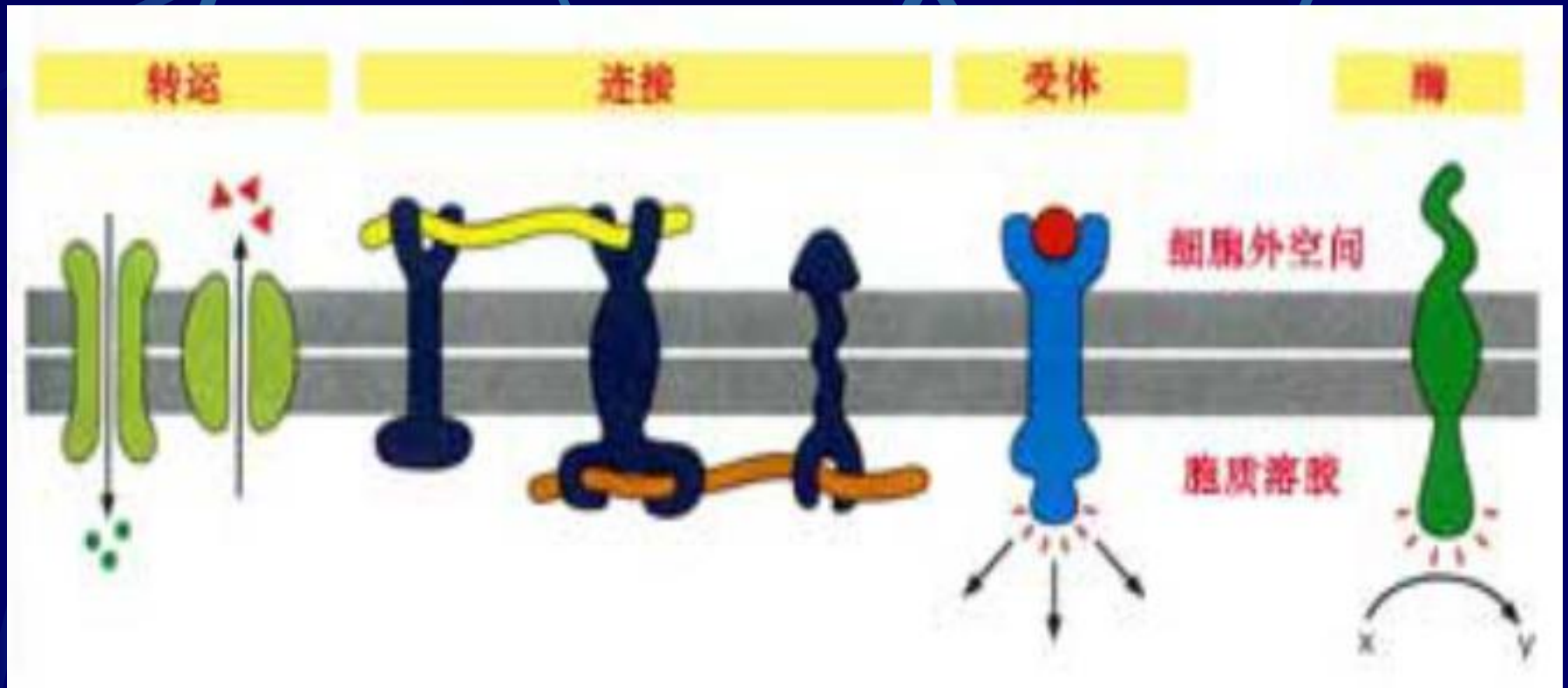
- ①,② integral protein;
- ③,④ peripheral protein;
- ⑤,⑥ lipid-anchored protein

1、膜蛋白的分离

2、膜蛋白在膜中位置的测定

3、膜蛋白功能的测定

(四) 膜蛋白的功能

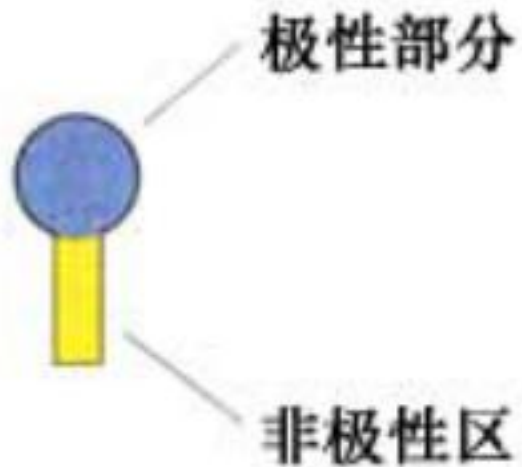


某些膜蛋白及其功能

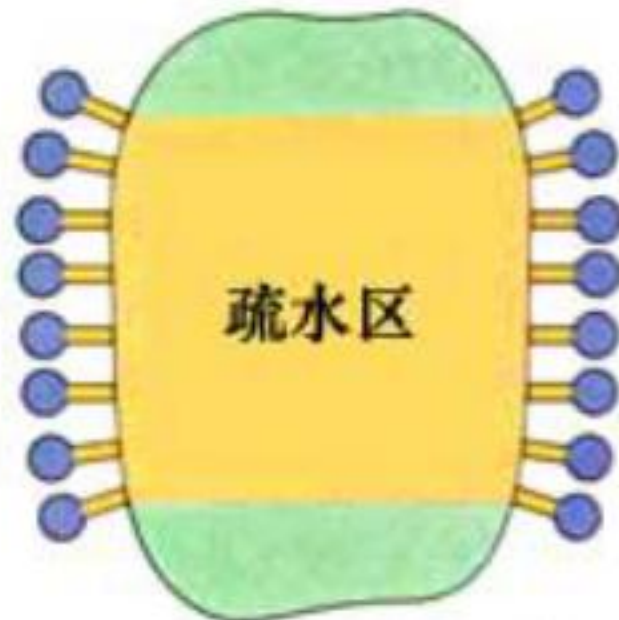
功能蛋白	示例	作用方式
运输蛋白	Na^+ 泵	主动将 Na^+ 泵出细胞， K^+ 泵入细胞
连接蛋白	整合素	将细胞内肌动蛋白与细胞外基质蛋白相连
受体蛋白	血小板生长因子(PDGF)受体	同细胞外的PDGF结合、在细胞质内产生信号，引起细胞的生长与分裂
酶	腺苷酸环化酶	在细胞外信号作用下，导致细胞内cAMP产生

膜蛋白的研究方法

- 膜蛋白的分离——去垢剂的作用机理
- 去垢剂是一端亲水一端疏水的双亲媒性分子，它们具有极性端和非极性的碳氢链。当它们与膜蛋白作用时，可以用非极性端同蛋白质的疏水区作用，取代膜脂，极性端指向水中，形成溶于水的去垢剂-膜蛋白复合物，从而使膜蛋白在水中溶解、变性、沉淀



a 去垢剂分子

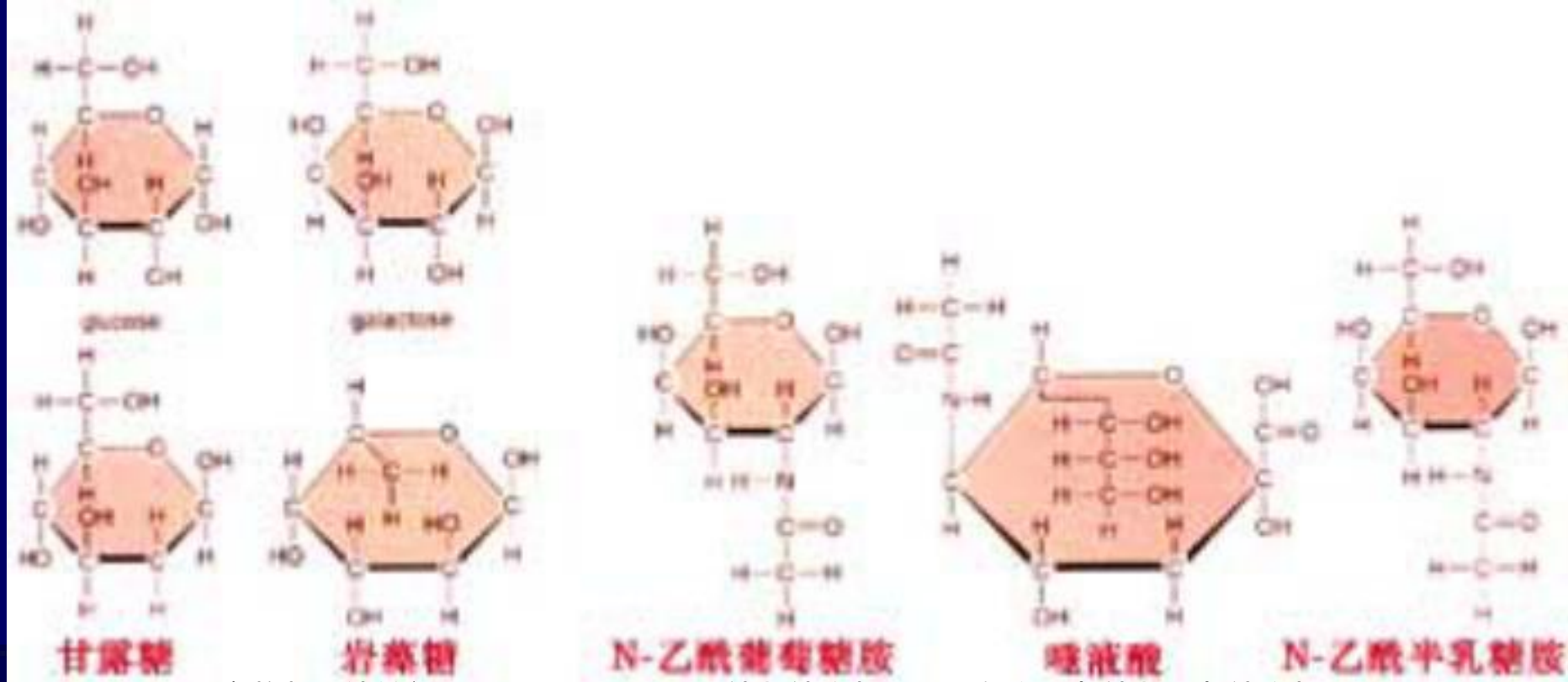


b 膜蛋白疏水区被去垢剂分子包裹

去垢剂在膜蛋白分离中的作用

三 膜糖类

1、种类自然界存在的单糖及其衍生物有**200**多种，但存在于膜的糖类只有其中的**9**种，而在动物细胞膜上的主要是**7**种

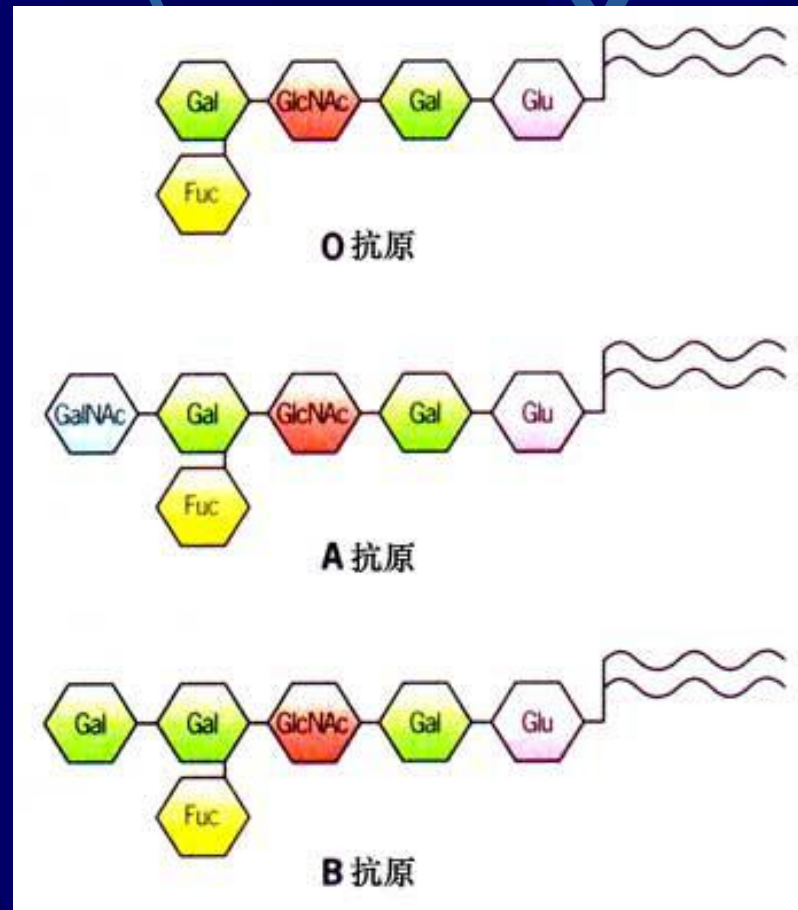


- 2、膜糖的存在方式：糖脂、糖蛋白
- 糖同氨基酸的连接方式：O-连接、N-连接
- （O-连接蛋白糖基化、N-连接蛋白糖基化）

- **3、膜糖的功能：**

- 膜糖在细胞的生命活动中具有重要作用，它们可以提高膜的稳定性，增强膜蛋白对细胞外基质中蛋白酶的抗性，帮助膜蛋白进行正确的折叠和维持正确的三维构型。同时膜糖也参与细胞的信号识别、细胞的粘着。如同某些糖脂一样，膜蛋白中的糖基是细菌和病毒感染时的识别和结合位点。另外，糖蛋白中的糖基还帮助新合成蛋白质进行正确的运输和定位。

ABO血型决定子(determinant)，即**ABO血型抗原**，它是一种糖脂，其寡糖部分具有决定抗原特异性的作用



血型抗原