

第二章 细胞的物质基础

第二节 脂质

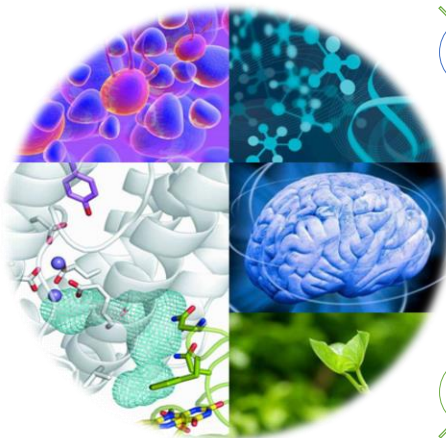
孔宇

西安交通大学生命科学与技术学院

2021年9月18日星期六



内容提要



1.脂的功能

2.脂的定义

3.脂的结构及分类

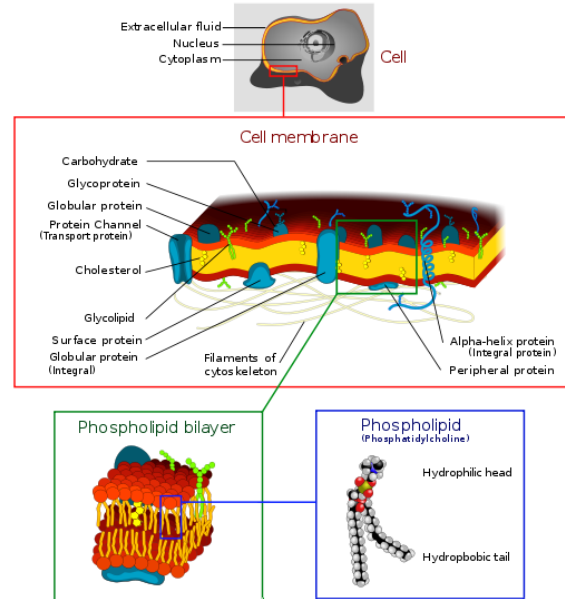
4.脂的物理化学性质

5.脂的重要应用举例



1.脂的功能

- ❖ 构成生物膜脂质双层结构(不亲水), 保护脏器等;
- ❖ 提供能量, 良好的储能物质;
- ✓ 脂 $\sim 37 \text{ kJ/g}$ ---人;
- ✓ 糖 / 蛋白质 $\sim 17 \text{ kJ/g}$;



可弹幕或投稿!!!

为什么?

植物 \rightarrow 淀粉; 动物 \rightarrow 脂肪





1.脂的功能

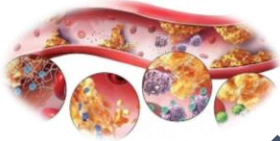


- ❖ 信号传递功能：固醇类激素，如雌雄激素；
- ❖ 维生素类：维生素D₂/D₃；



❖ 电绝缘：类似电线皮-鞘细胞；

❖ 热绝缘、防蛀、防辐射、抗蒸发(冬青、棕榈等)；



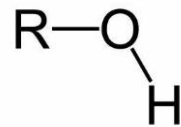
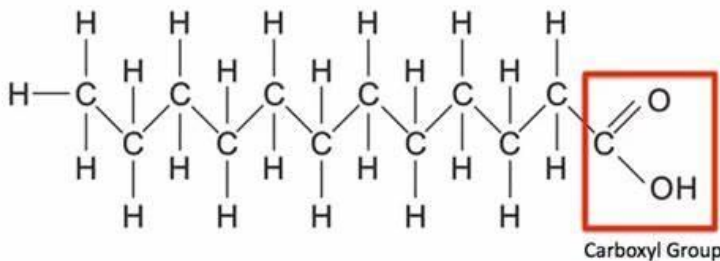
❖ 脂类(糖脂)与信息识别、种特异性、组织免疫有密切的关系；与细胞信号转导有关(IP₃)

❖ **疾病**：动脉粥样硬化、脂肪肝和酮尿症等



2.脂的定义

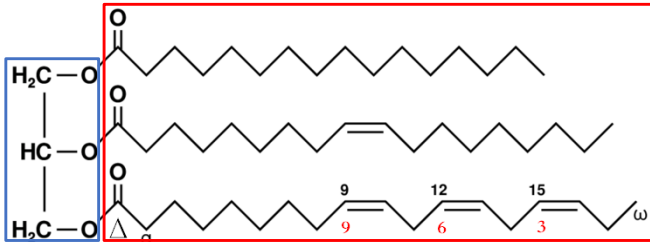
❖ **脂肪酸**(C₄以上)和**醇类**(甘油醇、鞘氨醇)组成的**酯类**及衍生物/类似物(固醇等)。



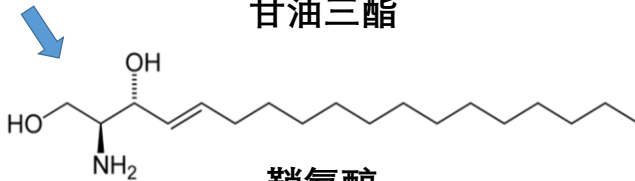


3.脂的结构及分类

❖ 3.1 结构：酯类及衍生物/类似物。

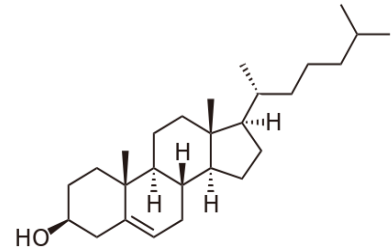
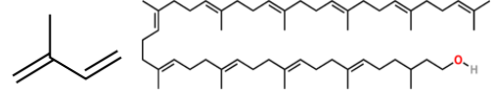


甘油三酯



鞘氨醇

萜类



固醇类



3.脂的结构及分类

❖ 3.2 脂的分类

元素组成：
C、H、O、
N、P

脂质
lipid

单纯脂质

simple lipid

酯：脂肪酸与甘油(甘油醇、高级一元醇)所组成的酯类

油：不饱和FA

蜡：高级FA和高级一元醇

复合脂质

compound lipid

磷脂：脂肪酸与醇(甘油醇,鞘氨醇)所生成的酯,并含有其他非脂性物质(糖、磷酸及含氮碱等)

糖脂：N-乙酰基鞘氨醇甘油醇糖脂

固醇类

sterol

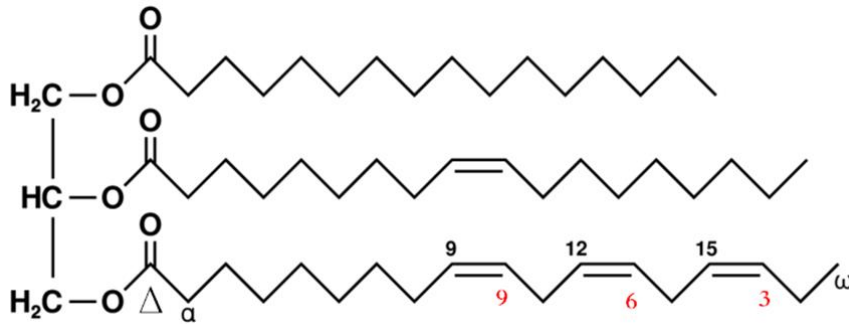
其它脂质：

衍生物, 萜：异戊二烯结构



3.1 单脂- Triglycerides

- ❖ 一/二/三酰-甘油(Glycerol)
- ❖ 分型依据甘油(α - β - α')，前手性。L天然
- ❖ 编码体系 Δ ， ω 体系

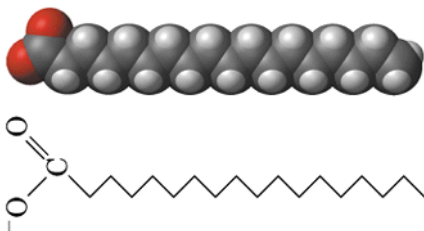


上→下：棕榈酸、油酸、亚麻酸

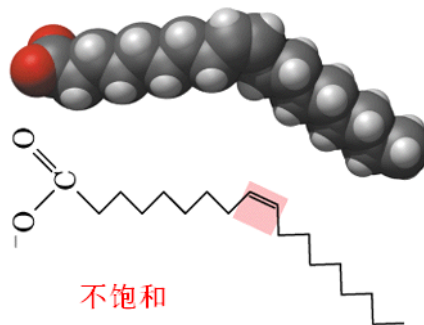


脂肪酸

- ❖ 偶数为主，奇数(细菌)
- ❖ 碳数4~28，天然16,18,20最常见
- ❖ 熔点：饱和>不饱和，低温适应性



饱和

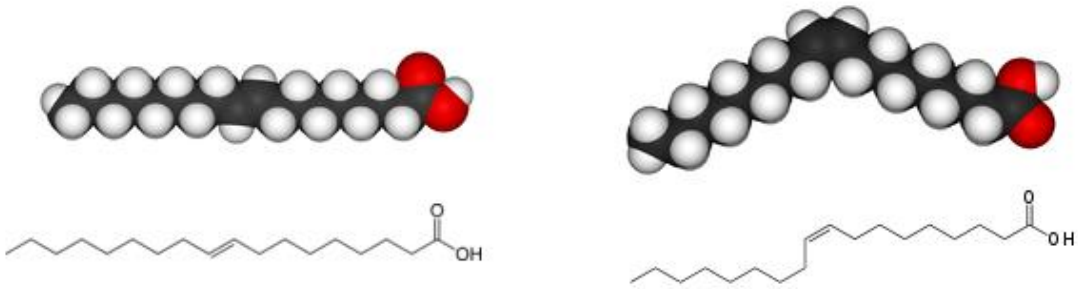


不饱和

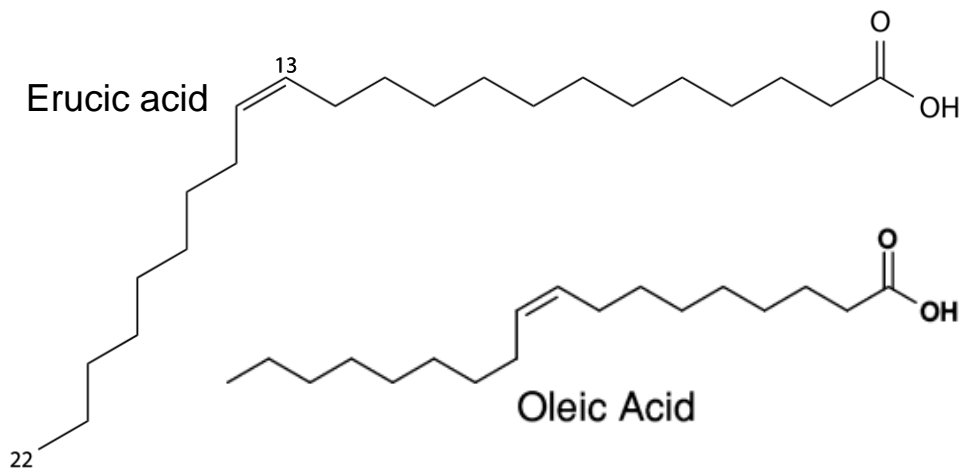


脂肪酸

- ❖ 熔点：顺式<反式
- ❖ (不)饱和居多，羟、环少
- ❖ 根据碳链长度分：短(≤ 10)、中($10 < N < 20$)、长(≥ 20)



常见脂肪酸

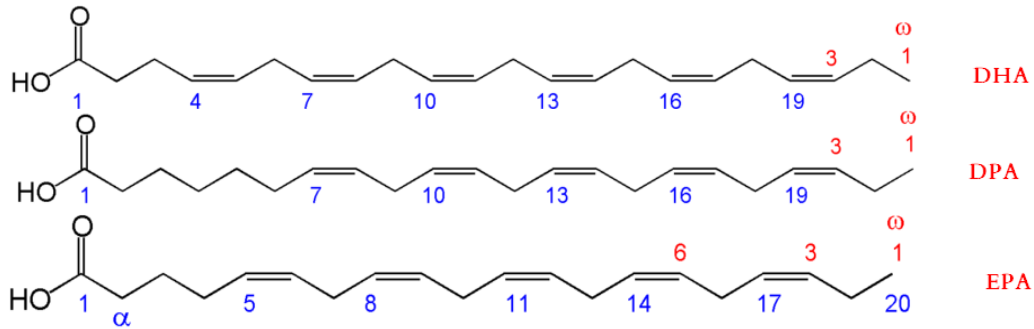


- ❖ 上：芥酸-菜籽油31~35%
- ❖ 下：油酸-豆油、玉米油

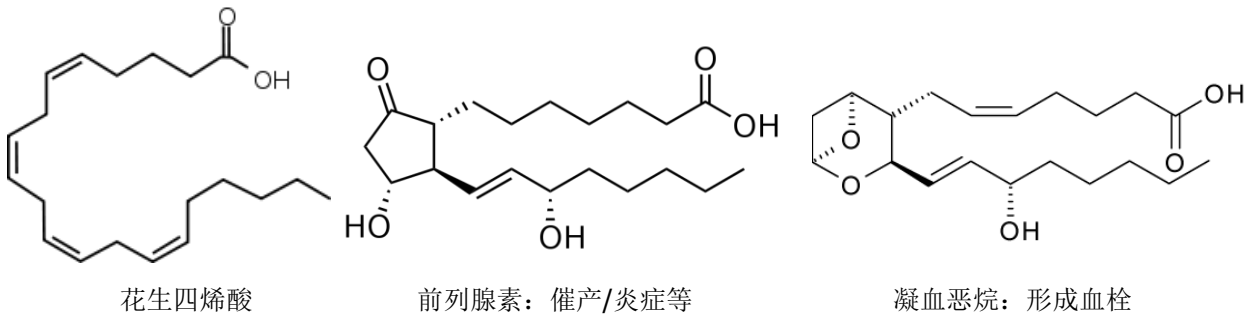


必需脂肪酸-如海洋3A等

- ❖ ω 3/6与心血管、癌症、神经系统(3降血脂;6降胆固醇)
- ❖ (深)海洋鱼类中最高
- ❖ 不饱和位点多为 Δ 9,12, 双键有亚甲基间隔, 非共轭体系: $-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-$



类花生酸(eicosanoid)



- ❖ 前列腺素类(prostaglandin, PG):收缩血管, **升高体温**
- ❖ 由花生四烯酸合成, PG与导致炎症有关(消炎/消炎药), PG可转化为凝血恶烷(阿司匹林);



3.脂的结构及分类

❖ 3.2 脂的分类

元素组成:
C、H、O、
N、P

脂质
lipid

单纯脂质

simple lipid

酯：脂肪酸与甘油(甘油醇、高级一元醇)所组成的酯类

油：不饱和FA

蜡：高级FA和高级一元醇

复合脂质

compound
lipid

磷脂：脂肪酸与醇(甘油醇,鞘氨醇)所生成的酯，并含有其他非脂性物质(糖、磷酸及含氮碱等)

糖脂：N-乙酰基鞘氨醇甘油醇糖脂

固醇类

sterol

其它脂质：

衍生物， 萜：异戊二烯结构



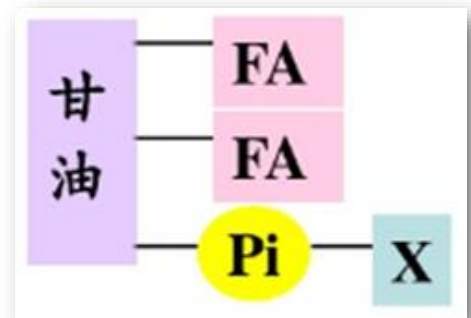
3.2 复脂-complex lipid

❖ 3.2.2.1 磷脂-phospholipids

甘油醇/鞘氨醇磷脂

❖ 3.2.2.2 糖脂-glycolipids

甘油醇/鞘氨醇糖脂

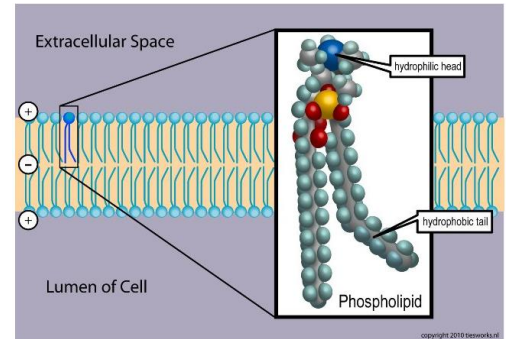




3.2.1 磷脂-phospholipids

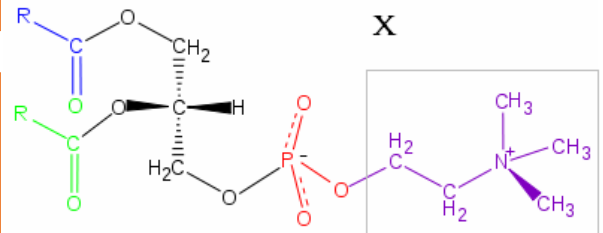
甘油磷脂:

- 细胞膜双层结构; 临界胶束浓度
- 3位羟基被磷酸酯化
- 1位羟基常被饱和脂肪酸酯化
- 2位羟基常被C16~C20的不饱和脂肪酸酯化



卵磷脂(胆碱)

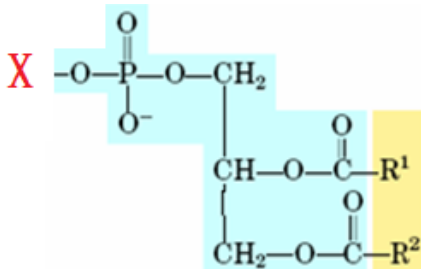
- 来源鸡蛋、大豆; 磷酸的羟基可再被氨基醇或肌醇酯化



其他取代基

❖ 脑磷脂: 增强记忆

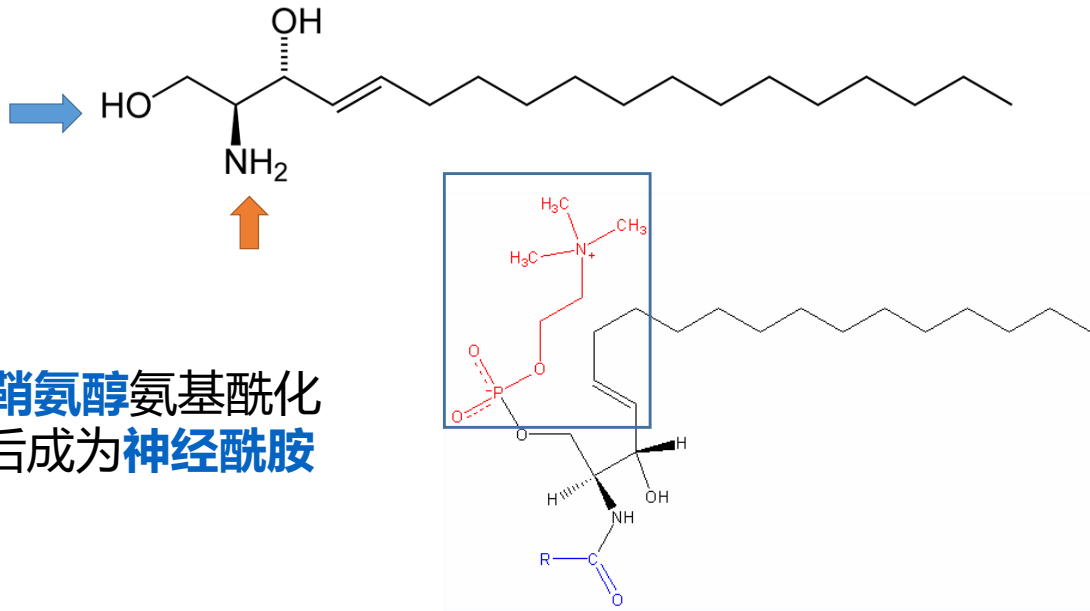
❖ 肌醇: 二酰甘油 / IP₃ 均为第二信使



| Name of glycerophospholipid | Name of X | Formula of X |
|---|--|--|
| Phosphatidic acid 磷脂酸 | — | —H |
| Phosphatidylethanolamine 磷脂酰乙醇胺, 脑磷脂 | Ethanolamine 乙醇胺 | —CH ₂ —CH ₂ —N ⁺ H ₃ |
| Phosphatidylcholine 磷脂酰胆碱, 卵磷脂 | Choline 胆碱 | —CH ₂ —CH ₂ —N ⁺ (CH ₃) ₃ |
| Phosphatidylserine 磷脂酰丝氨酸 | Serine 丝氨酸 | —CH ₂ —CH—N ⁺ H ₃ COO ⁻ |
| Phosphatidylglycerol 磷脂酰甘油 | Glycerol 甘油 | —CH ₂ —CH—CH ₂ —OH OH |
| Phosphatidylinositol 4,5-bisphosphate 磷脂酰肌醇-2-磷酸 | myo-Inositol 4,5-bisphosphate 肌醇-2-磷酸 | |
| Cardiolipin 二磷脂酰甘油, 心磷脂 | Phosphatidyl-glycerol 磷脂酰甘油 | —CH ₂ — CHOH CH ₂ —O—P—O—CH ₂ — O ⁻ CH—O—C—R ¹ CH ₂ —O—C—R ² |



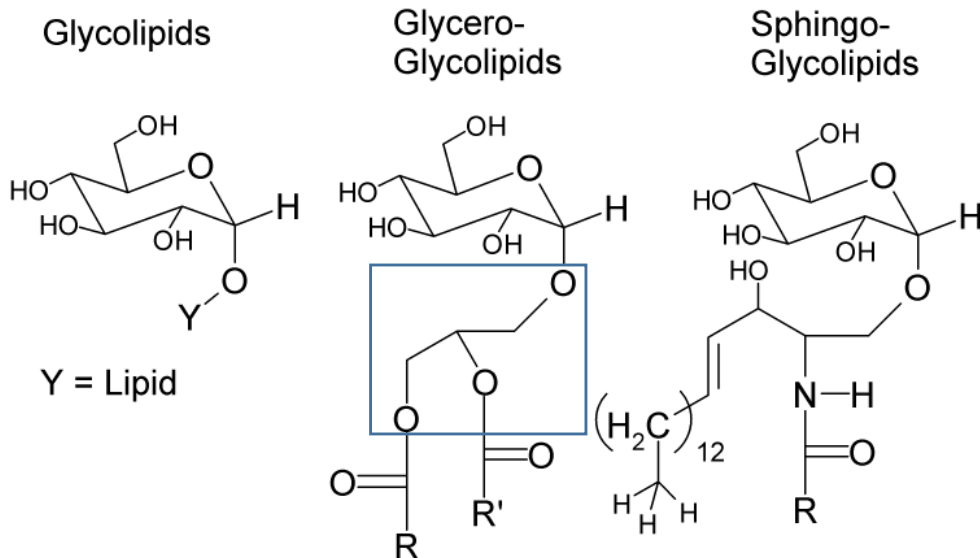
3.2.2 鞘(氨醇)磷脂-自学了解



❖ 鞘氨醇氨基酰化后成为神经酰胺



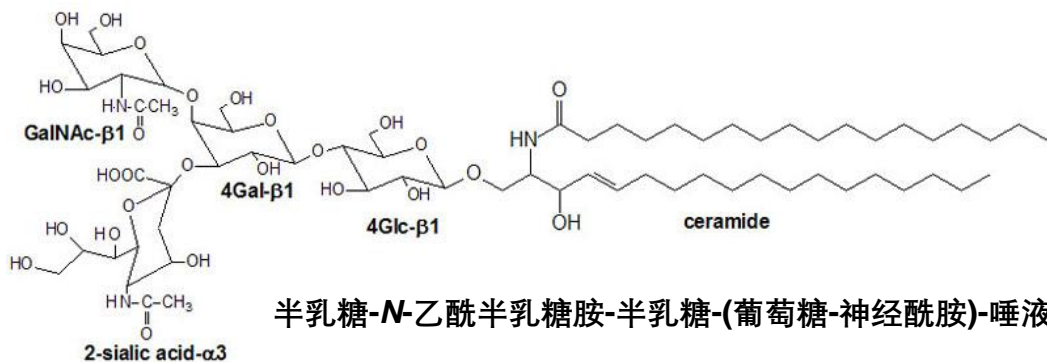
3.2.3 糖脂-glycolipids





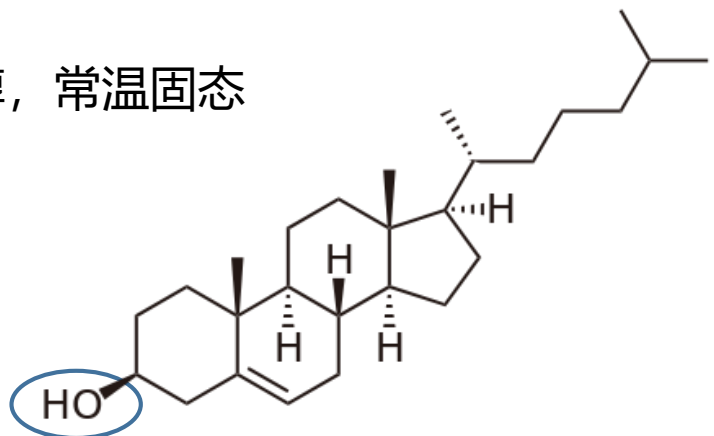
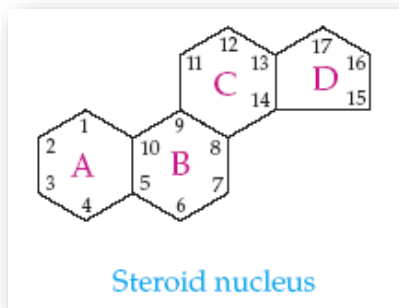
糖脂举例-神经节苷脂

- ❖ 霍乱弧菌分泌的外毒素(84 kDa)，由A、B亚基组成，为AB₅型。B亚基结合敏感细胞膜的神经节苷脂，促使A亚基进入细胞，使Gs蛋白发生ADP-核糖基化，不可逆激活腺苷酸环化酶，导致剧烈腹泻。



3.3 固醇类

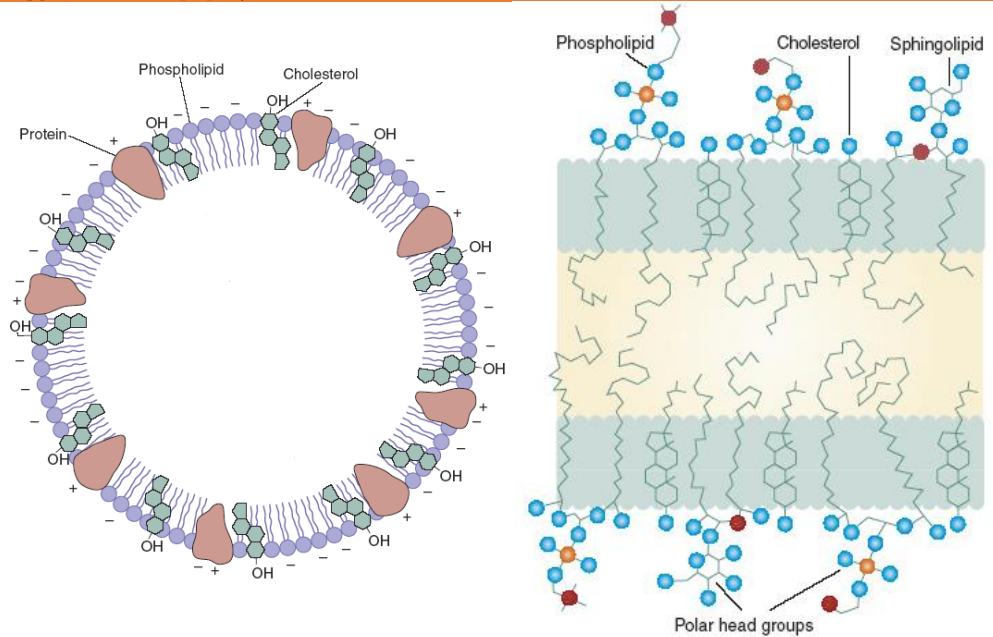
- ❖ 植物(麦角固醇)、动物(胆固醇)
- ❖ 环戊烷多氢菲结构
- ❖ 人体含量最高的固醇，常温固态



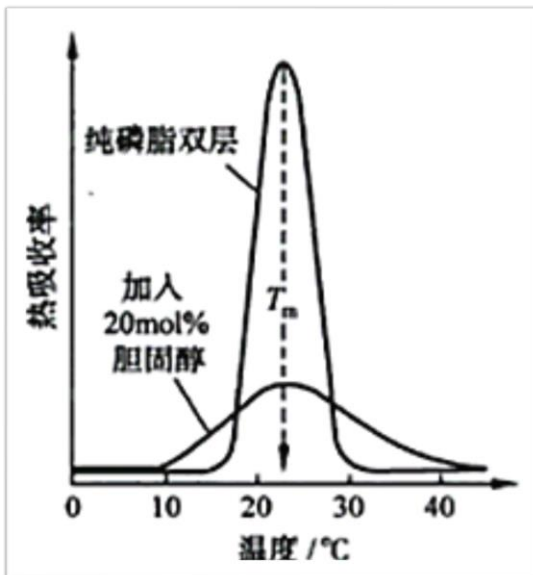


胆固醇的作用

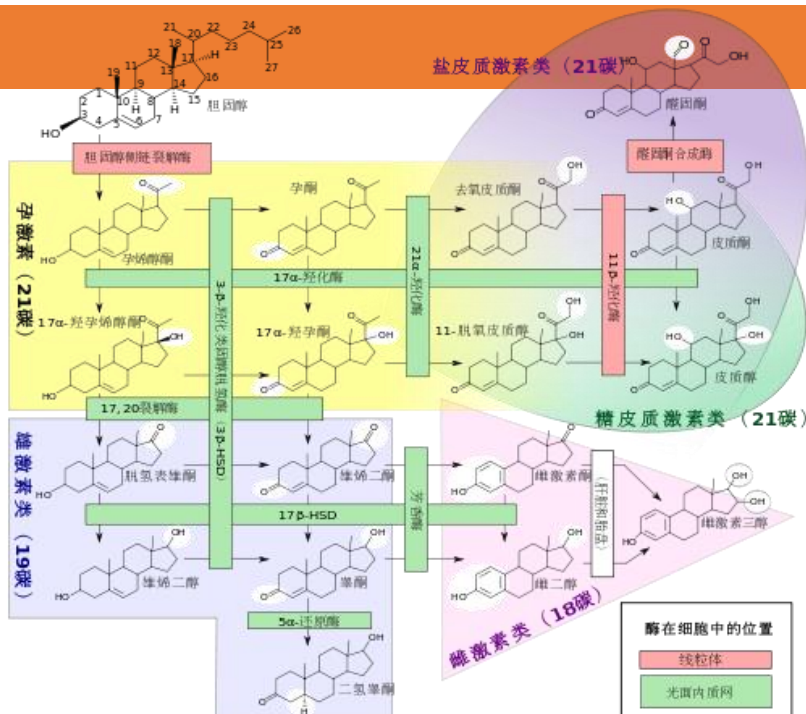
❖ 胆固醇属于细胞膜的基本结构成分, 调节转相温度, 可载脂肪



胆固醇与转相温度关系



- ❖ 细胞膜处于液态：
胆固醇的刚性，会降低流动性；
- ❖ 细胞膜处于固态：
胆固醇的存在降低有序性，增加流动性；

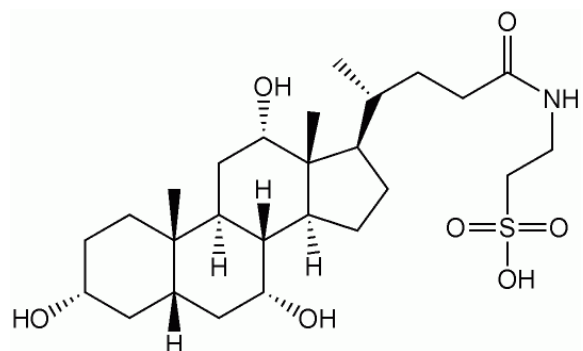


胆固醇的作用

胆固醇的作用

❖胆汁酸(bile acids):
可与甘氨酸、牛磺酸、硫酸、葡糖醛酸结合的产物。

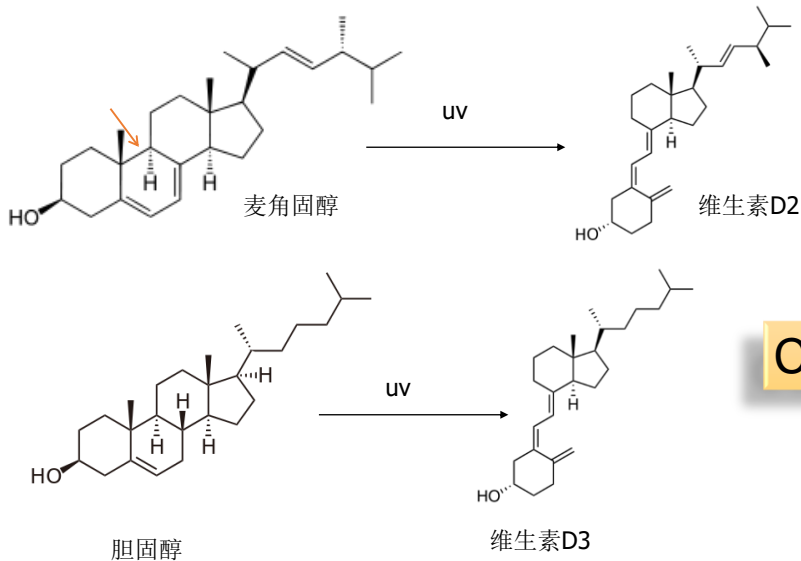
❖ 储备，浓缩，助消化



胆酸



胆固醇的作用-转化为维生素D



胆固醇危害及如何降低血液胆固醇浓度

❖ 心血管疾病

➤ -动脉硬化

➤ -血栓

➤ -心脏病等

❖ 胆结石

❖ 控制饮食

❖ 高纤维素

❖ 少糖

❖ 少油

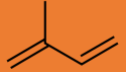
❖ 多鱼

❖ 每天5种以上蔬菜

❖ 麦角固醇抑制吸收



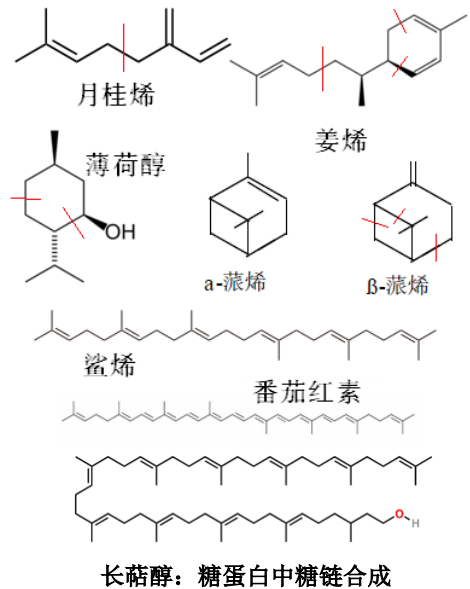
3.4 萜类-自学了解



❖ 异戊二烯的整数倍的烯烃

类化合物，分为：

- 单萜 (2个异戊二烯单位组成)
- 倍半萜 (3个)-香料
- 二萜 (4个)-树脂
- 二倍半萜 (5个)
- 三萜 (6个)
- 四萜 (8个)
- 多聚萜 (>8个)等



4 脂类的物理化学性质

❖ 4.1 物理性质

❖ 4.2 化学性质



4.1 物理性质

- ❖ 无色、无味、**中性**
- ❖ **比重小于1**
- ❖ 常温液态：油；固态：脂
- ❖ **不溶于水**，溶于非极性溶剂(苯、石油醚、乙醚、丙酮、汽油...)
- ❖ 乙醇中溶解度随温度变化大(粗纯化)



4.2 化学性质

- ❖ **皂化价**
- ❖ **氧化/过氧化**
- ❖ 碘值-自学
- ❖ 酸败-自学
- ❖ 乙酰价-自学
- ❖ 水解-自学



皂化价

- ❖ 皂化：动植物油脂在氢氧化钠或氢氧化钾作用下水解生成的脂肪酸盐；
- ❖ 皂化价——皂化1g油脂所需要的KOH mg数
- ❖ 估算平均分子量：
- ❖ 皂化价越高， MW_{FA} 越？

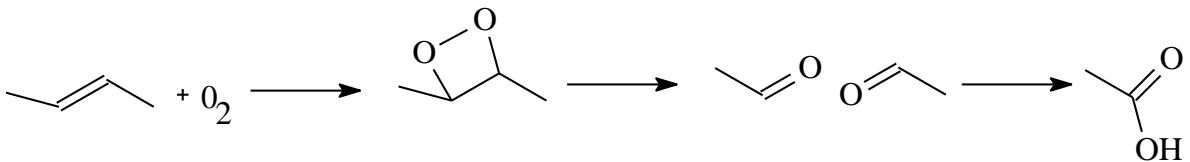


小



氧化

过氧化等详见Blackboard 平台资料



- ❖ 天然油脂暴露在空气中会产生难闻的气味，这种现象叫**酸败**。空气中的分子氧在常温下对化合物的直接作用，从而导致氧化的发生。
- ❖ β -氧化后脱羧-脂代谢
- ❖ 过氧化-自由基-Blackboard 平台



碘值-自学

实验内容

- ❖ 指100g油脂卤化时所能吸收的碘的g数(与油脂不饱和度成正比)
- ❖ 加成作用: $\text{RCH}_2\text{-CH=CH-(CH}_2\text{)}_n\text{-COOH} + \text{I}_2 \rightarrow \text{RCH}_2\text{-ICH-CHBr-(CH}_2\text{)}_n\text{-COOH}$
- ❖ 剩余溴化碘中碘的释放 $\text{IBr} + \text{KI} \rightarrow \text{I}_2 + \text{KBr}$
- ❖ 用硫代硫酸钠滴定释放出来的碘 $\text{I}_2 + 2\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \rightarrow 2\text{NaI} + \text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$



5.血脂与脂蛋白

- ❖ 血浆中的中性脂肪(甘油三酯)和类脂(磷脂、糖脂、固醇、类固醇)的总称
- ❖ 1.乳糜微粒; 2.极低密度脂蛋白; 3.低密度脂蛋白; 4.高密度脂蛋白

| 种类 | 分子大小 (Sf值) * | 上浮率 (gcm ⁻³) | 密度 | 电泳位置 |
|-----------|-----------------|-----------------------------|---------------|------|
| HDL-高密度 | 50×300 | 0 | 1.063 ~ 1.210 | β |
| LDL-低密度 | 200 ~ 250 | 0 ~ 20 | 1.006 ~ 1.063 | α |
| VLDL-极低密度 | 250 ~ 800 | 20 ~ 400 | 0.960 ~ 1.006 | 前-α |
| CM-乳糜颗粒 | 800 ~ 5,000 | >400 | <0.960 | 原点 |



小结

- ❖必需脂肪酸
- ❖脂的重要物化性质
- ❖脂的**分类**及各自的**结构特征**
- ❖胆固醇