

# 生物大分子簡介

# 緒論

1. 細胞為生物的基本構造，細胞內所含的主要物質為水與含碳的有機化合物
2. 細胞內主要的有機化合物有醣類、脂質、蛋白質與核酸等生物大分子
2. 重要的生物大分子各有其特殊的官能基、特性與構形，決定了各類生物大分子所扮演的功能

# 醣類

## 1. 醣類的定義

含多元醇(-OH)的醛類或酮類，或經水解後產生此類化合物的衍生物

## 2. 大部分的醣類具有分子式 $(\text{CH}_2\text{O})_n$ , ( $n \geq 3$ )

俗稱碳水化合物

## 3. 醣類在生物界的分布很廣，主要的功能如表一

## 4. 醣類可分為單醣，寡醣與多醣三大類

## 表一 醣類的生物功能

### 生物功能

燃料分子

儲存功能

結構功能

辨識功能

其它

### 例子

葡萄糖

澱粉與肝糖

纖維

寡糖

代謝中間產物

# 單醣

## 1. 單糖的分類

醛醣，酮醣

三碳醣，四碳醣，五碳醣，六碳醣，七碳醣

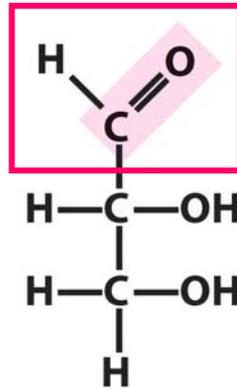
- 磷酸化

## 2. 常見的單糖

六碳醣中有葡萄糖，半乳糖，果糖與甘露糖

五碳醣中有核糖與去氧核糖

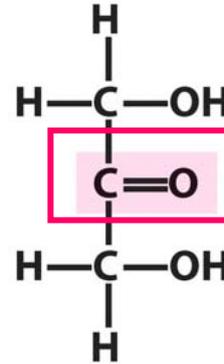
醛糖



三碳糖

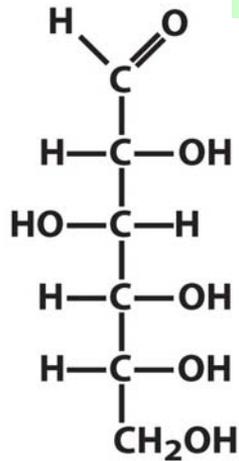
**Glyceraldehyde,**  
an aldotriose

酮糖

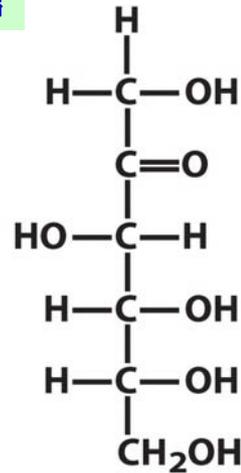


**Dihydroxyacetone,**  
a ketotriose

六碳糖

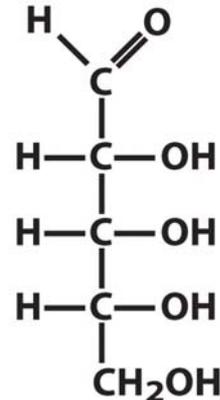


**D-Glucose,**  
an aldohexose

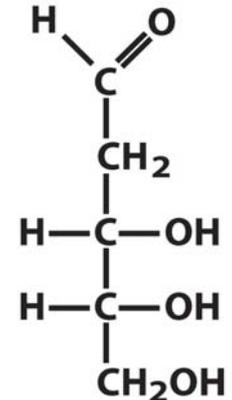


**D-Fructose,**  
a ketohexose

五碳糖



**D-Ribose,**  
an aldopentose



**2-Deoxy-D-ribose,**  
an aldopentose

### 3. 許多單醣分子在水溶液中的構造

以葡萄糖為例

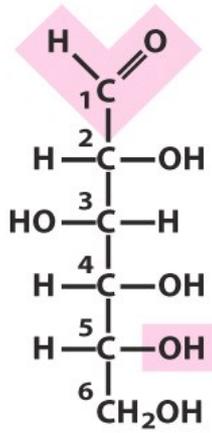
- 可在開鏈式與環式結構間快速互變，因此在鹼性的 $\text{CuSO}_4$ 溶液中，其醛基或酮基仍具有反應性，可將 $\text{Cu}^{+2}$ 還原成 $\text{Cu}^+$ ，故一般單醣為還原糖

### 4. 葡萄糖的立體構形

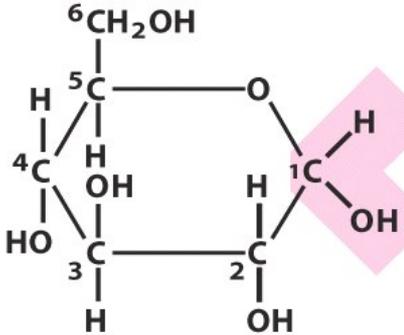
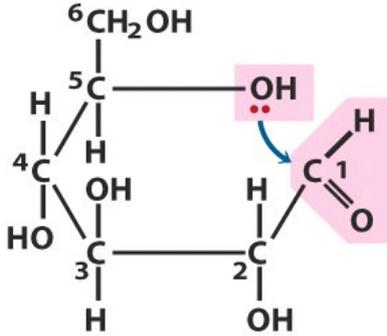
葡萄糖的結構為六元環，以實際的立體構形表示時有船形或椅形兩種

葡萄糖的椅形構形是所有六碳醣中最穩定的構形，因此自然界中葡萄糖的含量最多

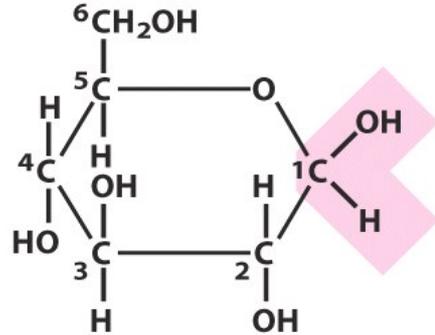
開鏈式構造



葡萄糖



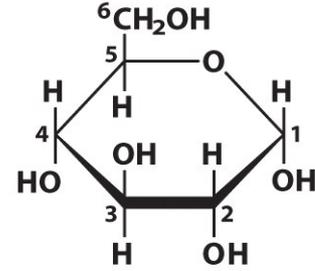
$\alpha$ -D-Glucopyranose



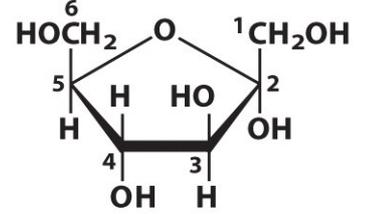
$\beta$ -D-Glucopyranose

環式構造

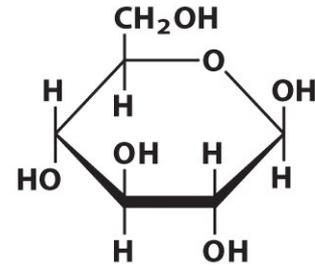
果糖



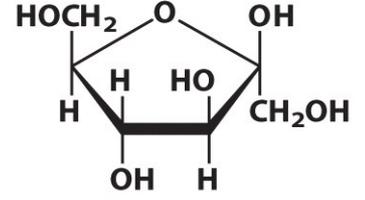
$\alpha$ -D-Glucopyranose



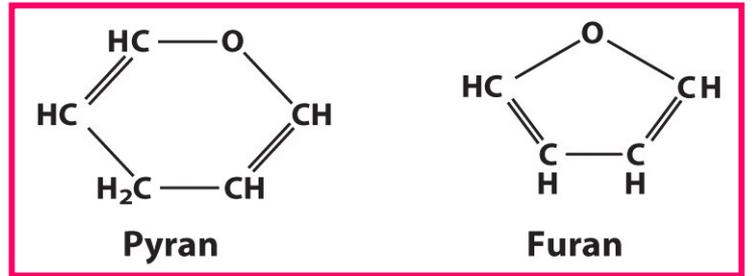
$\alpha$ -D-Fructofuranose



$\beta$ -D-Glucopyranose

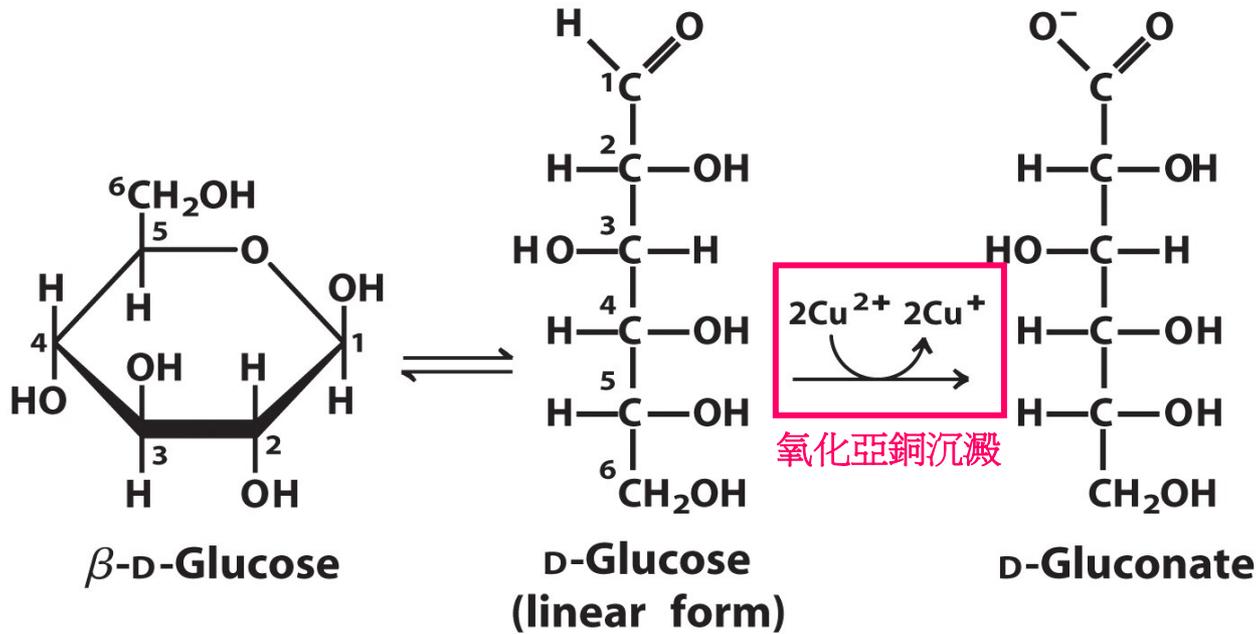


$\beta$ -D-Fructofuranose



Pyran

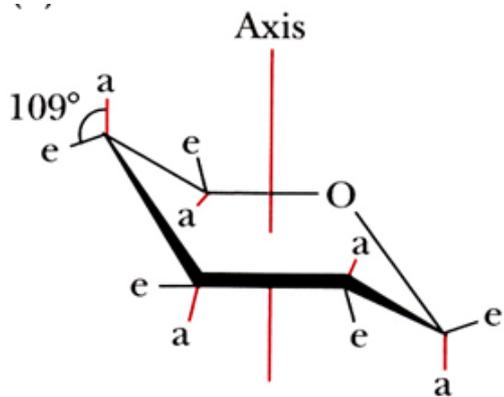
Furan



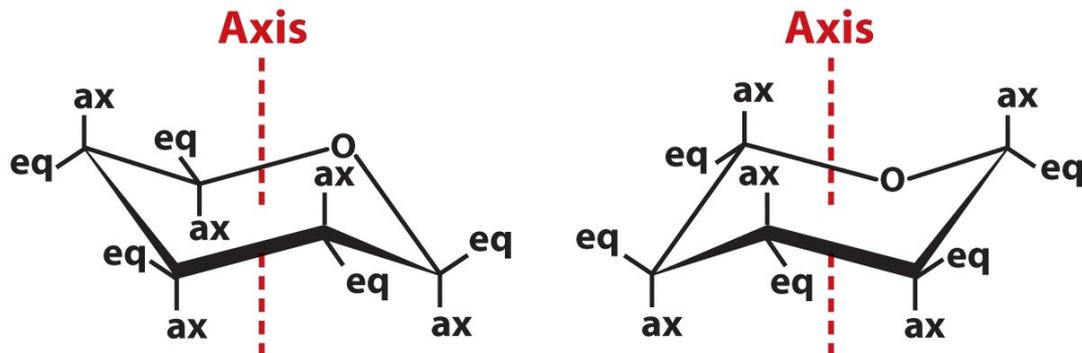
## 菲林反應 (Fehling's reaction)



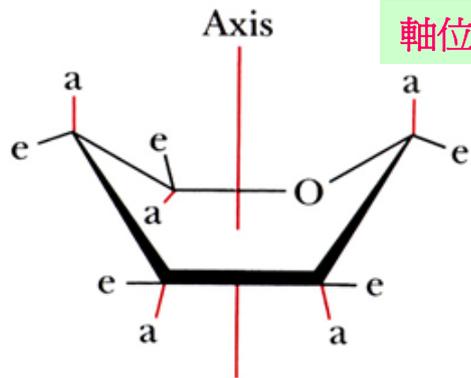
血糖或糖尿的測定



椅形



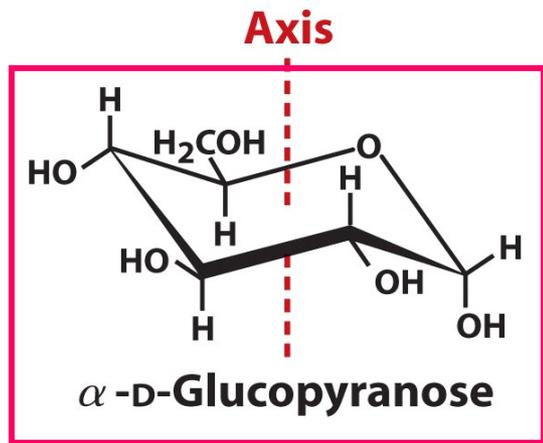
Two possible chair forms



船形

軸位取代基

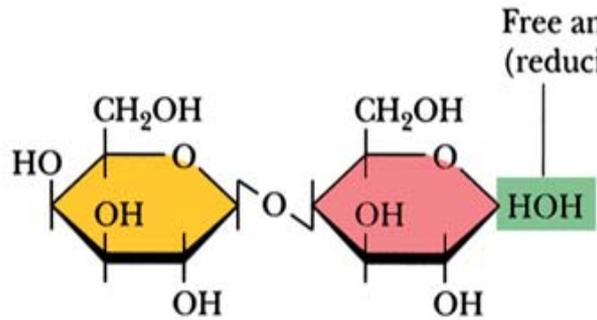
平位取代基



葡萄糖的立體構造

# 雙醣與寡醣

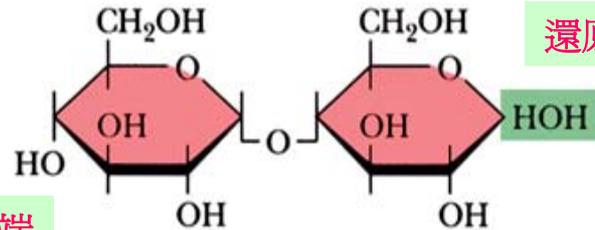
1. 雙醣由兩個單醣分子以糖苷鍵結合而成
2. 常見的雙醣有麥芽糖、乳糖與蔗糖，除蔗糖外均為還原糖
2. 麥芽糖由兩個葡萄糖分子以  $\alpha(1 \rightarrow 4)$  糖苷鍵結合為澱粉的組成單元
3. 乳糖是半乳糖與葡萄糖以  $\beta(1 \rightarrow 4)$  糖苷鍵結合為乳汁中主要的糖成分
4. 蔗糖由葡萄糖及果糖以  $\alpha(1 \rightarrow 2)$  糖苷鍵連接構成甘蔗與甜菜中含量最多，是一般食用的糖



Lactose (galactose-β-1,4-glucose)

乳糖

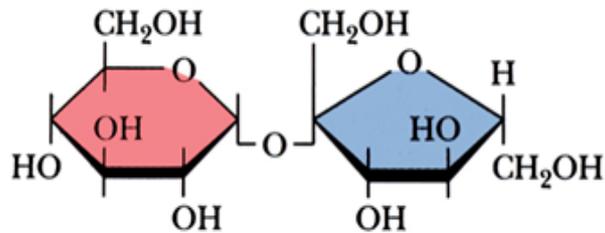
非還原端



Maltose (glucose-α-1,4-glucose)

麥芽糖

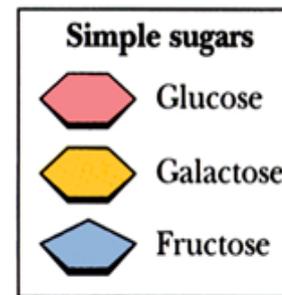
還原端



Sucrose (glucose-α-1,2-fructose)

蔗糖

(非還原糖)



常見的雙醣

5. 寡糖通常連接於其他成分形成糖蛋白、糖脂或肽聚糖

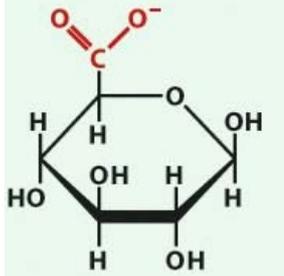
6. 寡糖分子通常以不同種類的單糖或單糖衍生物連接而成  
單糖衍生物

- 糖酸、糖胺、糖酯、去氧糖

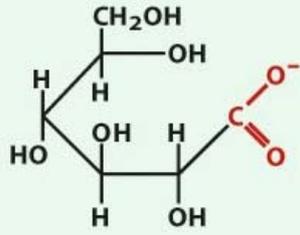
- 糖醇

7. 寡糖的多元功能

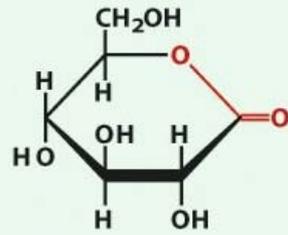
# 醣酸



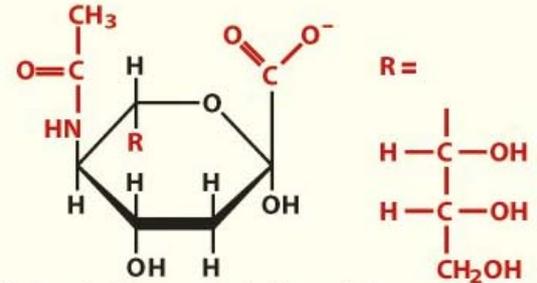
$\beta$ -D-Glucuronate



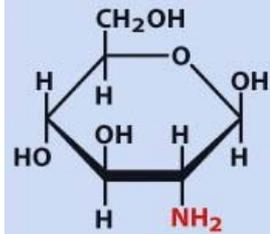
D-Gluconate



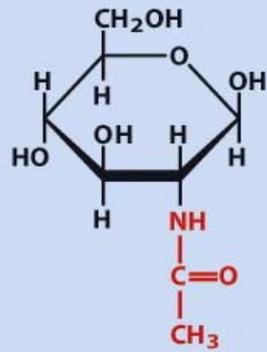
D-Glucono- $\delta$ -lactone



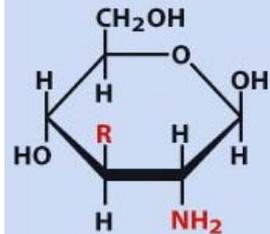
N-Acetylneuraminic acid  
(a sialic acid) 唾液酸



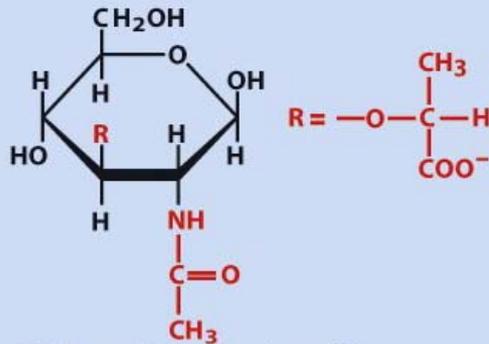
$\beta$ -D-Glucosamine



N-Acetyl- $\beta$ -D-glucosamine

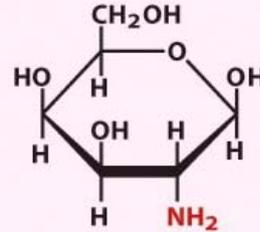


Muramic acid

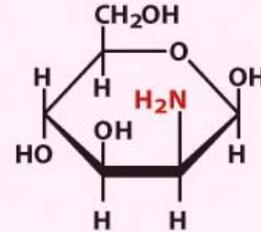


N-Acetylmuramic acid

# 醣胺

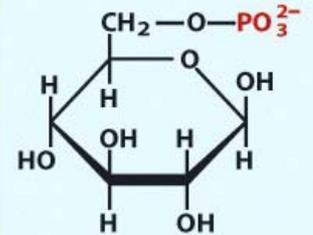


$\beta$ -D-Galactosamine



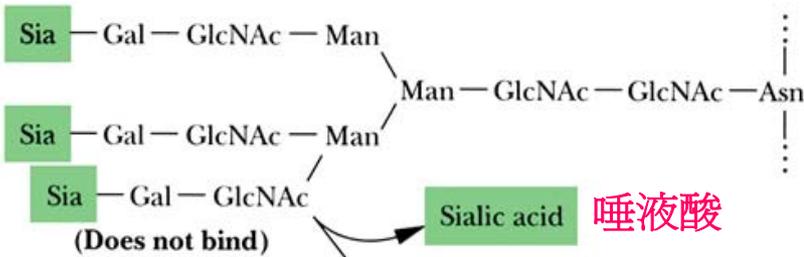
$\beta$ -D-Mannosamine

# 醣酯



$\beta$ -D-Glucose  
6-phosphate

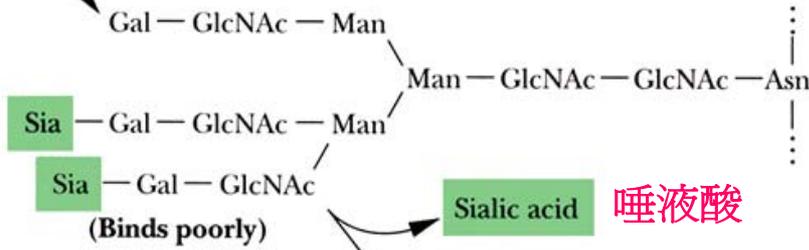
# 各種單醣衍生物(1)



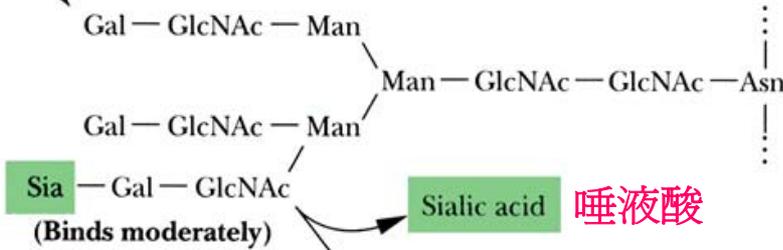
Sialic acid 唾液酸

寡糖可作為蛋白質降解的指標

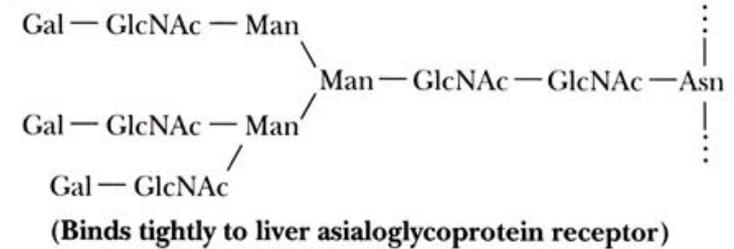
- 偵測糖蛋白上的糖成分
- 肝細胞膜上的 **asialoglycoprotein receptor** 偵測無唾液酸的蛋白質



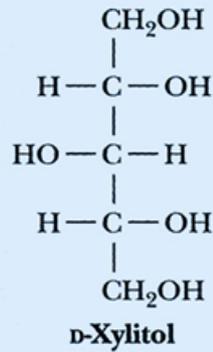
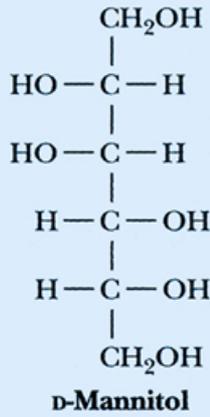
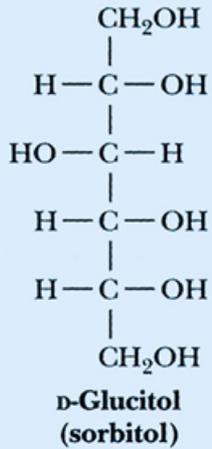
Sialic acid 唾液酸



Sialic acid 唾液酸

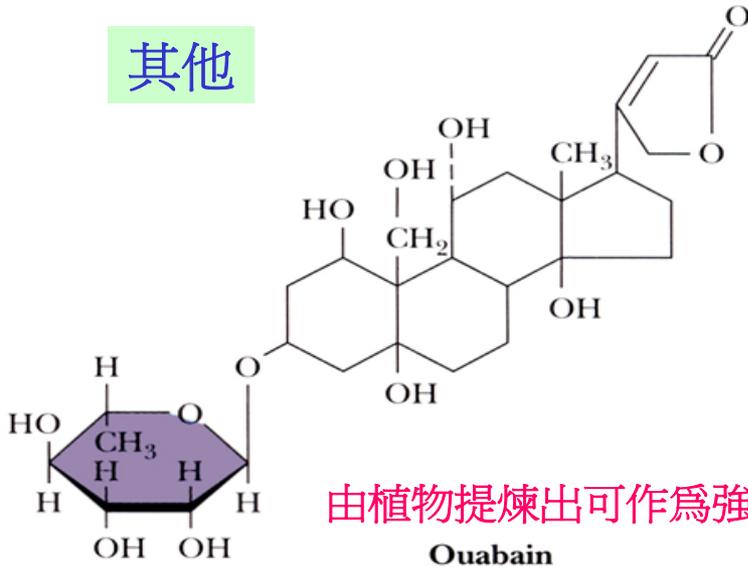


## 醣醇

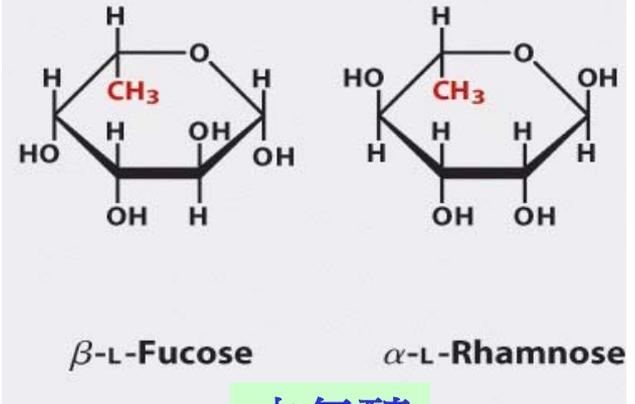


代糖成分

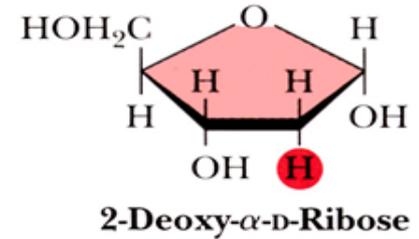
## 其他



由植物提煉出可作為強心劑

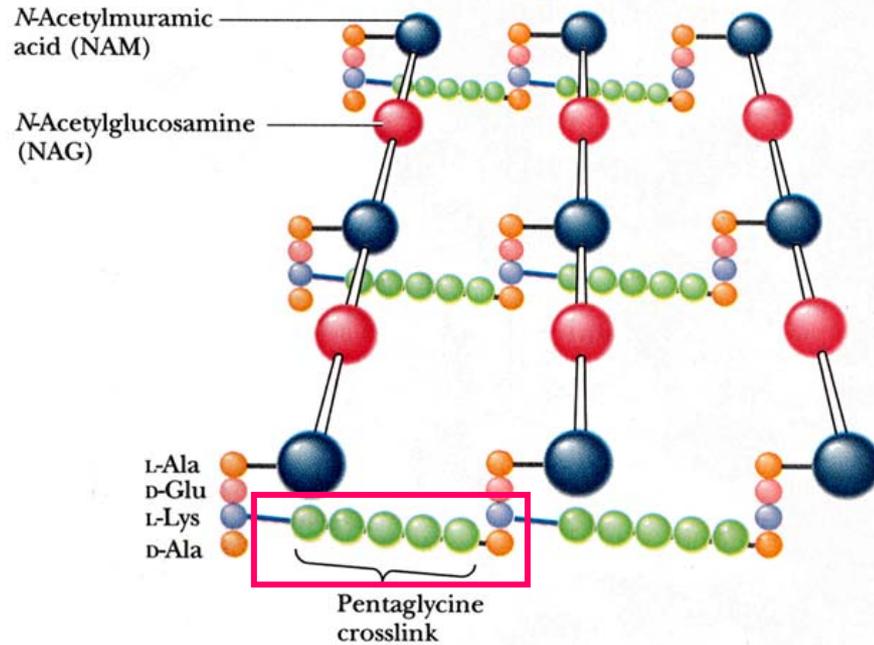
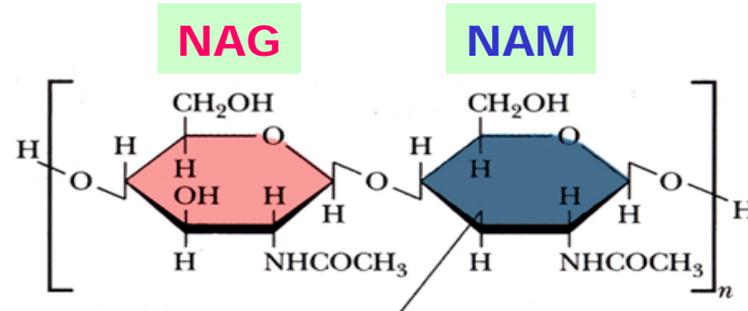


## 去氧醣

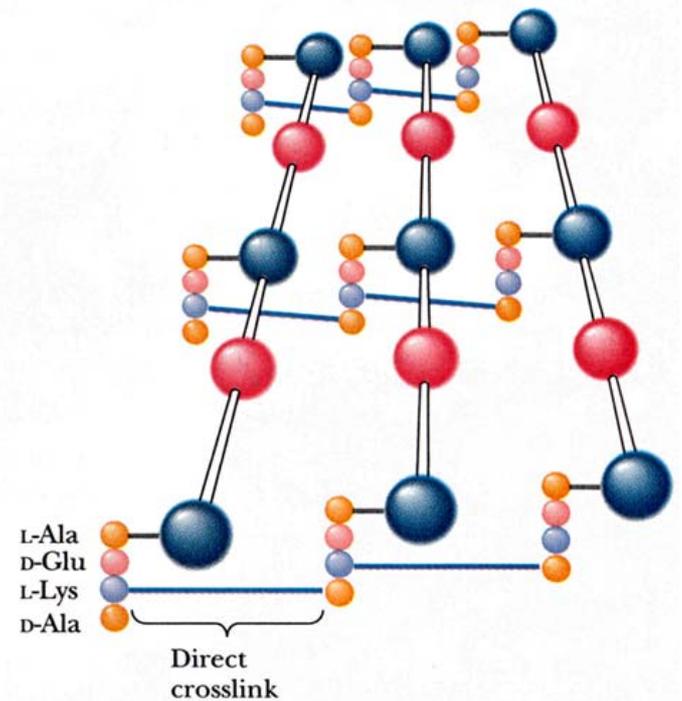


## 各種單醣衍生物(2)

# 肽聚糖的構造



革蘭氏陽性菌



革蘭氏陰性菌

# 多醣

1. 自然界存在的高分子量多醣，依功能可分為儲存性多醣與結構性多醣
2. 儲存性多醣以植物的澱粉與動物的肝醣為代表  
兩者均由葡萄糖組成，又稱聚葡萄糖
3. 澱粉可分直鏈澱粉與支鏈澱粉  
直鏈澱粉由葡萄糖分子以 $\alpha(1 \rightarrow 4)$ 糖苷鍵連接而成  
- 為長形直鏈化合物，形成螺旋狀的立體構造  
與碘液反應時呈藍色  
支鏈澱粉含支鏈，主鏈中的葡萄糖分子以糖苷鍵 $\alpha(1 \rightarrow 4)$ 連接，但支鏈為 $\alpha(1 \rightarrow 6)$ 鍵結，與碘液反應時呈紫紅色

# Homopolysaccharides

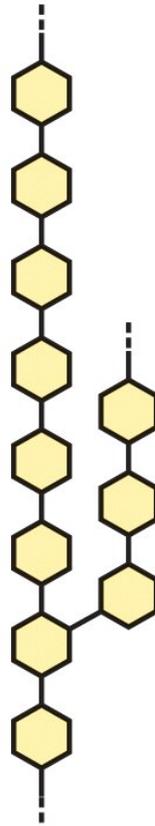
Unbranched

Branched

同種類的單醣分子



纖維素



肝糖

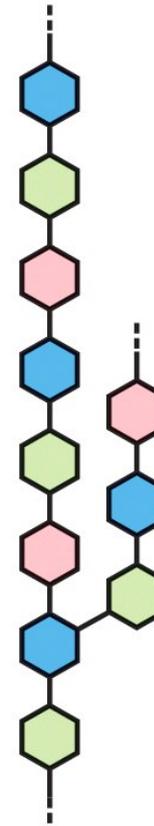
# Heteropolysaccharides

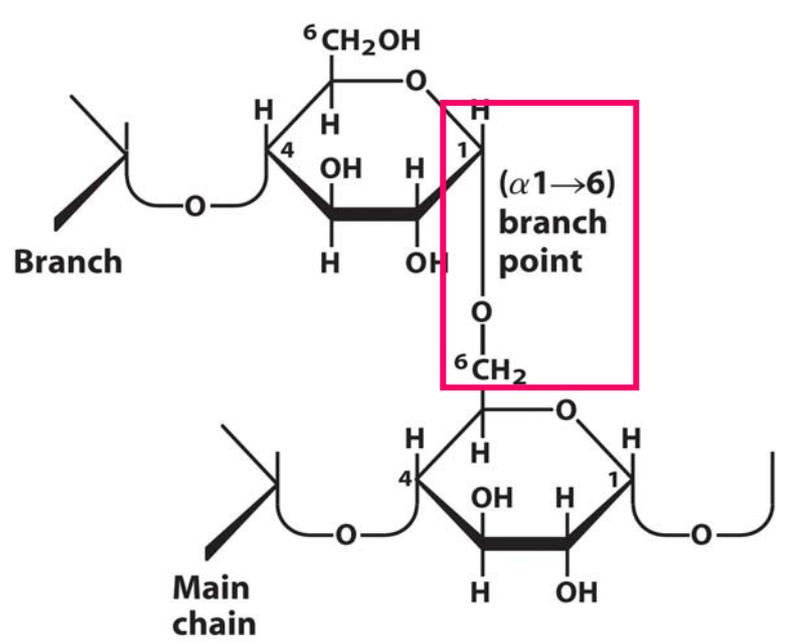
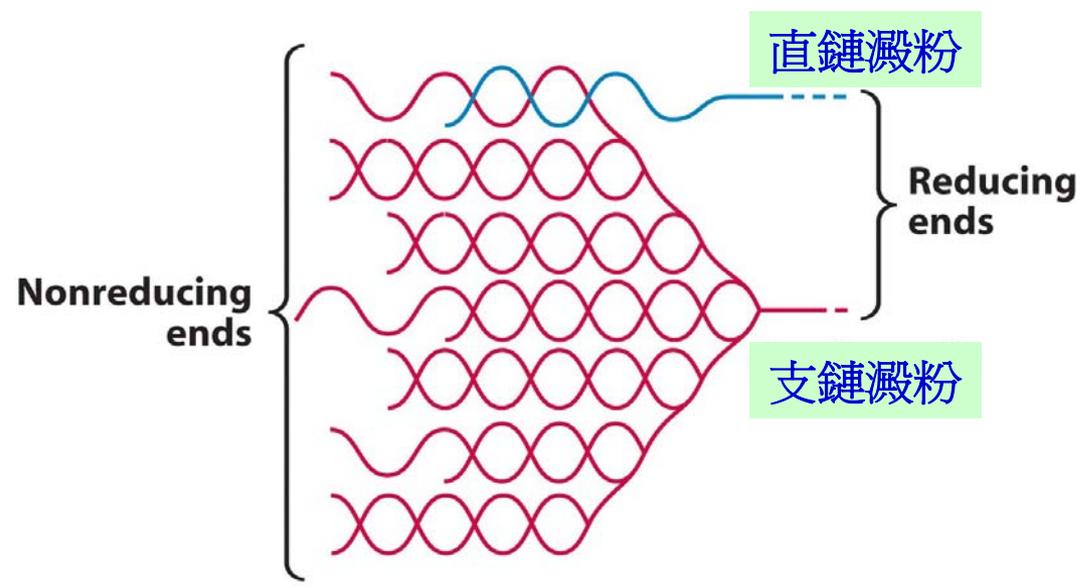
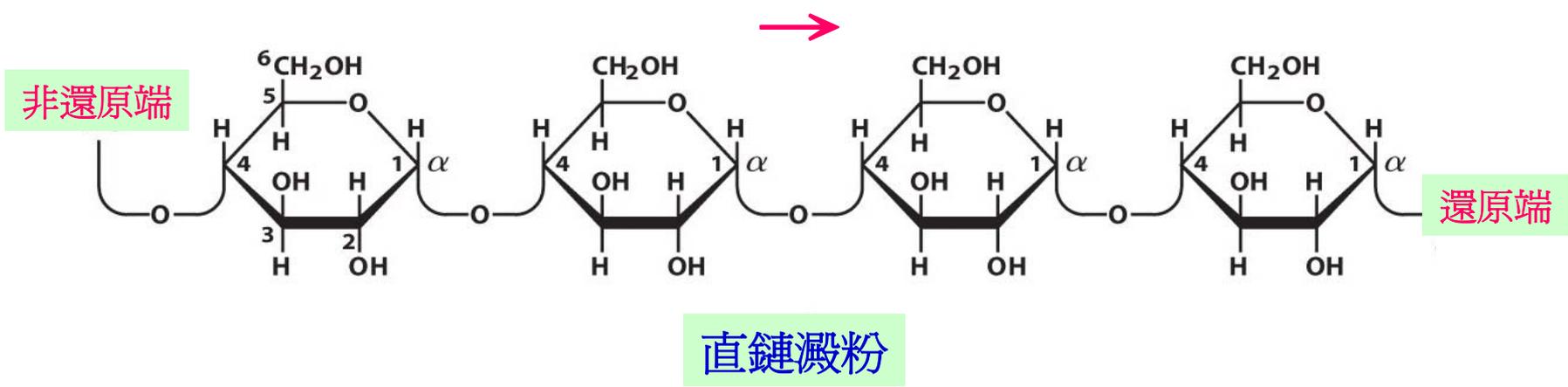
Two monomer types, unbranched

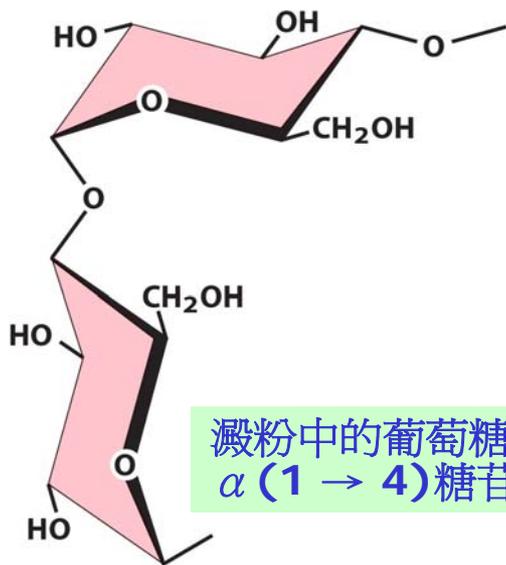
Multiple monomer types, branched



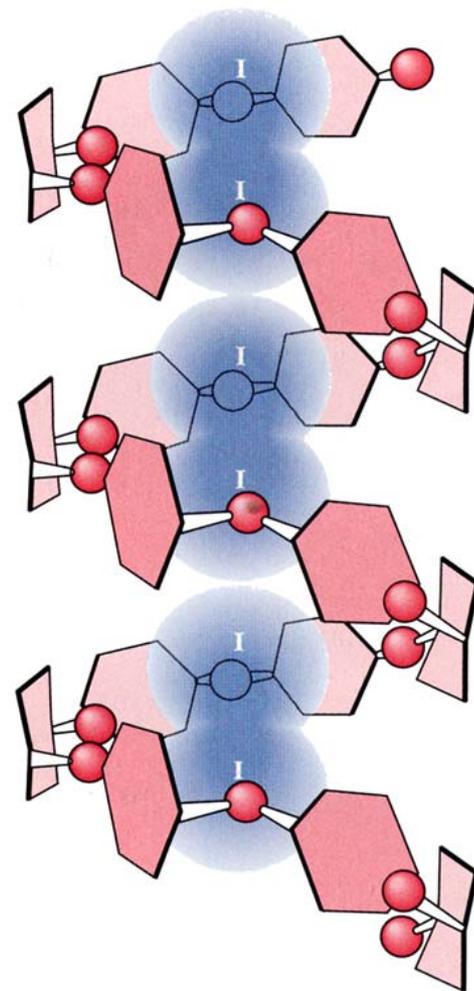
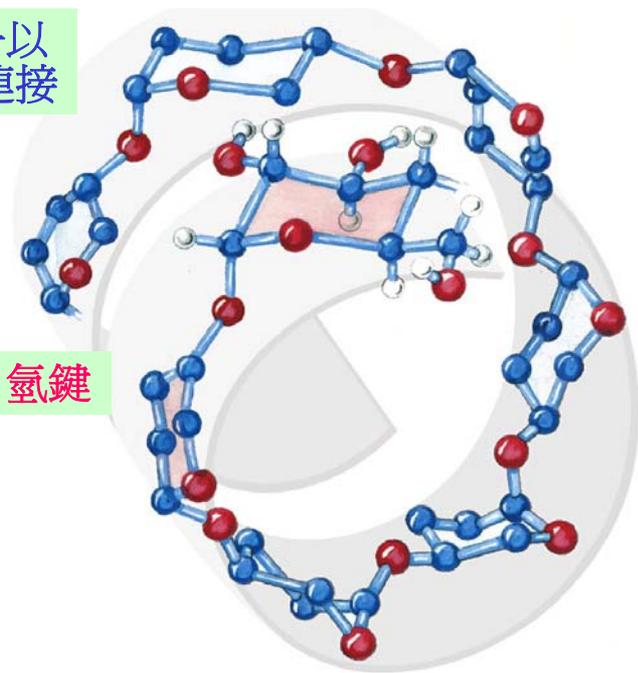
不同種類的單醣分子





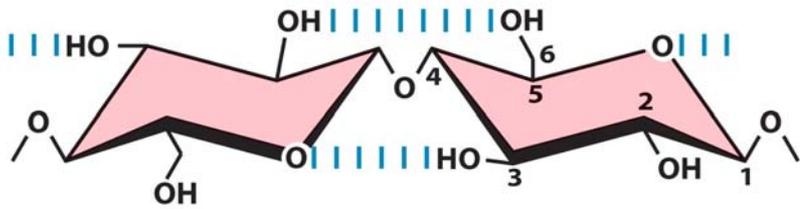


澱粉中的葡萄糖分子以  
 $\alpha(1 \rightarrow 4)$ 糖苷鍵連接

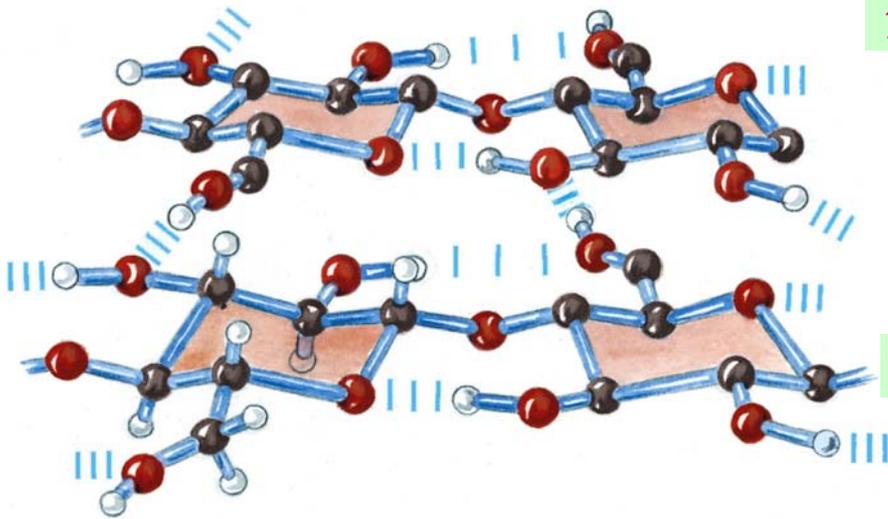


直鏈澱粉的螺旋狀立體構造，與碘液反應時呈藍色

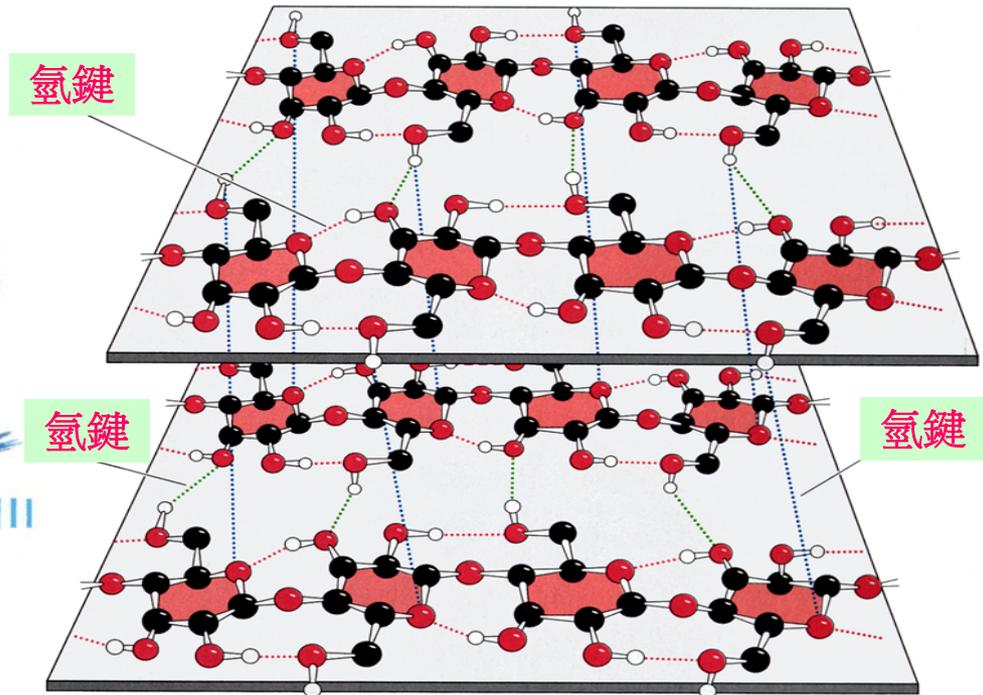
4. 肝糖的結構與支鏈澱粉類似，與碘液作用時亦呈紫紅色
5. 植物、酵母、細菌等亦含有由不同單醣分子(如阿拉伯糖、甘露糖等)所組成的儲存性多醣
6. 結構性多醣中的纖維素，是植物細胞壁的主要成分也是自然界含量最多的化合物
7. 纖維素也是聚葡萄糖，但組成的葡萄糖分子間以糖苷鍵  $\beta(1 \rightarrow 4)$  連接，人體無法消化利用
8. 纖維素的構造較為展延，適合擔任結構支撐與保護的角色
9. 甲殼動物外骨骼的幾丁質與動物細胞膜外或細胞間質的黏多醣也是由不同單醣衍生物構成的結構性多醣，其醣分子間的鍵結多為  $\beta(1 \rightarrow 4)$  的形式

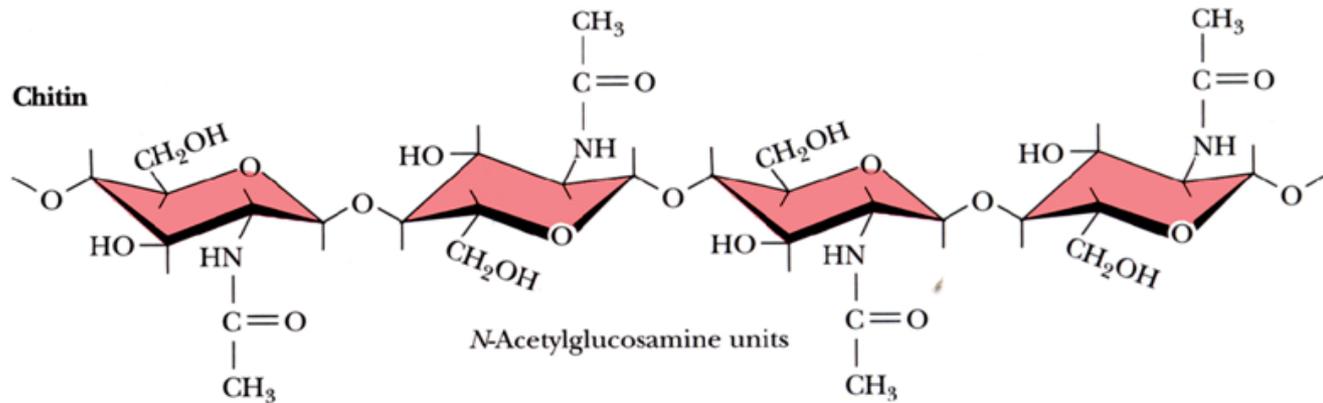
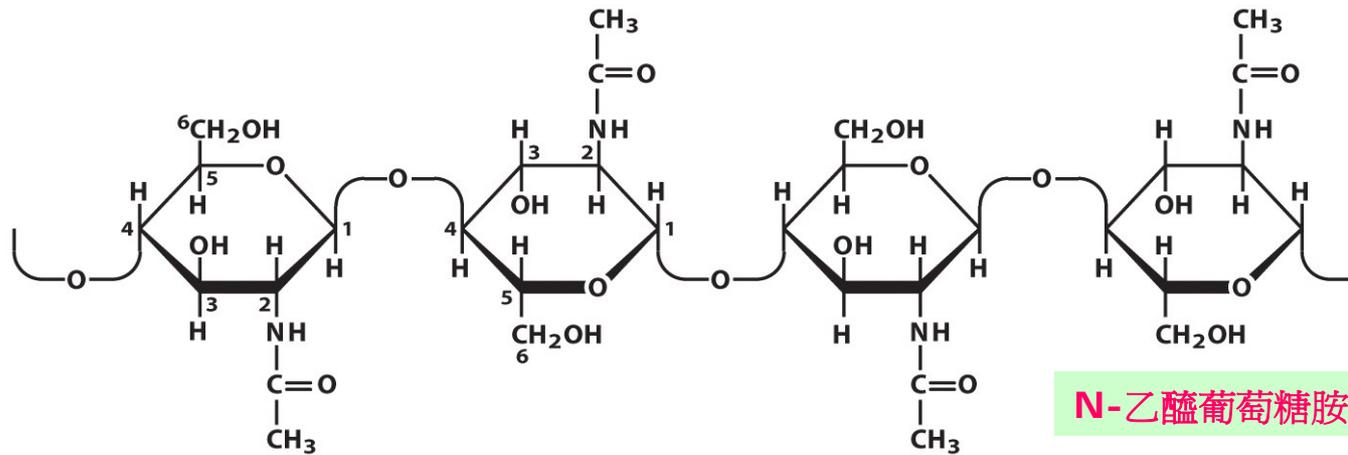


纖維素中的葡萄糖分子以  
 $\beta(1 \rightarrow 4)$ 糖苷鍵連接



纖維素的結構較為展延





甲殼動物外骨骼的幾丁質也是組成的糖分子以  $\beta(1 \rightarrow 4)$  的鍵結形式連接

# 醣蛋白

## 1. 醣蛋白

一種以共價鍵與醣分子結合的複合蛋白

種類繁多，分佈廣，具有多種重要的生理功能

所含的醣成份包括各種不同的單糖或單糖衍生物

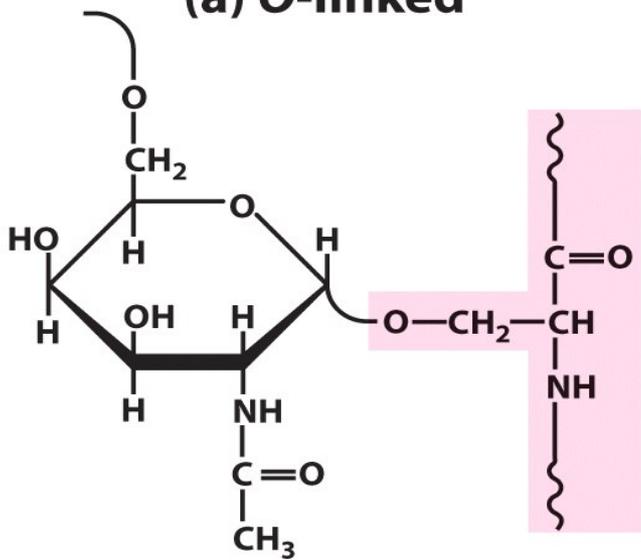
## 2. 動物體內，醣蛋白多存於細胞表面或分泌到細胞外

如受體蛋白，抗體，激素與水解酵素等

## 3. 醣成分的功能雖未確立，但一般認為可能會影響蛋白質的構形、安定性與生物活性，和胚胎的發育分化，或細胞的辨識等有關

(a) O-linked

(b) N-linked

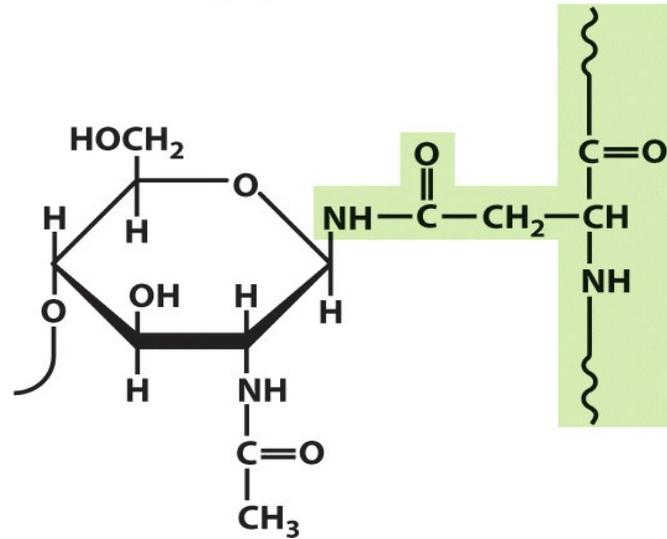
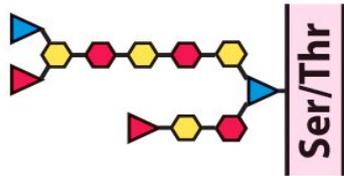
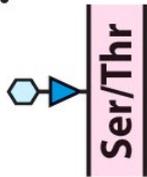


GalNAc

Ser

絲胺酸 (-OH)

Examples:

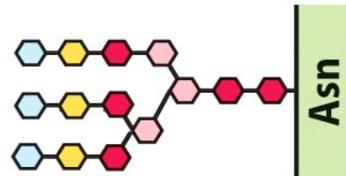
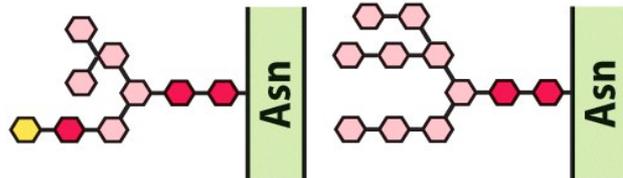


GlcNAc

Asn

天門冬醯胺 (-NH<sub>2</sub>)

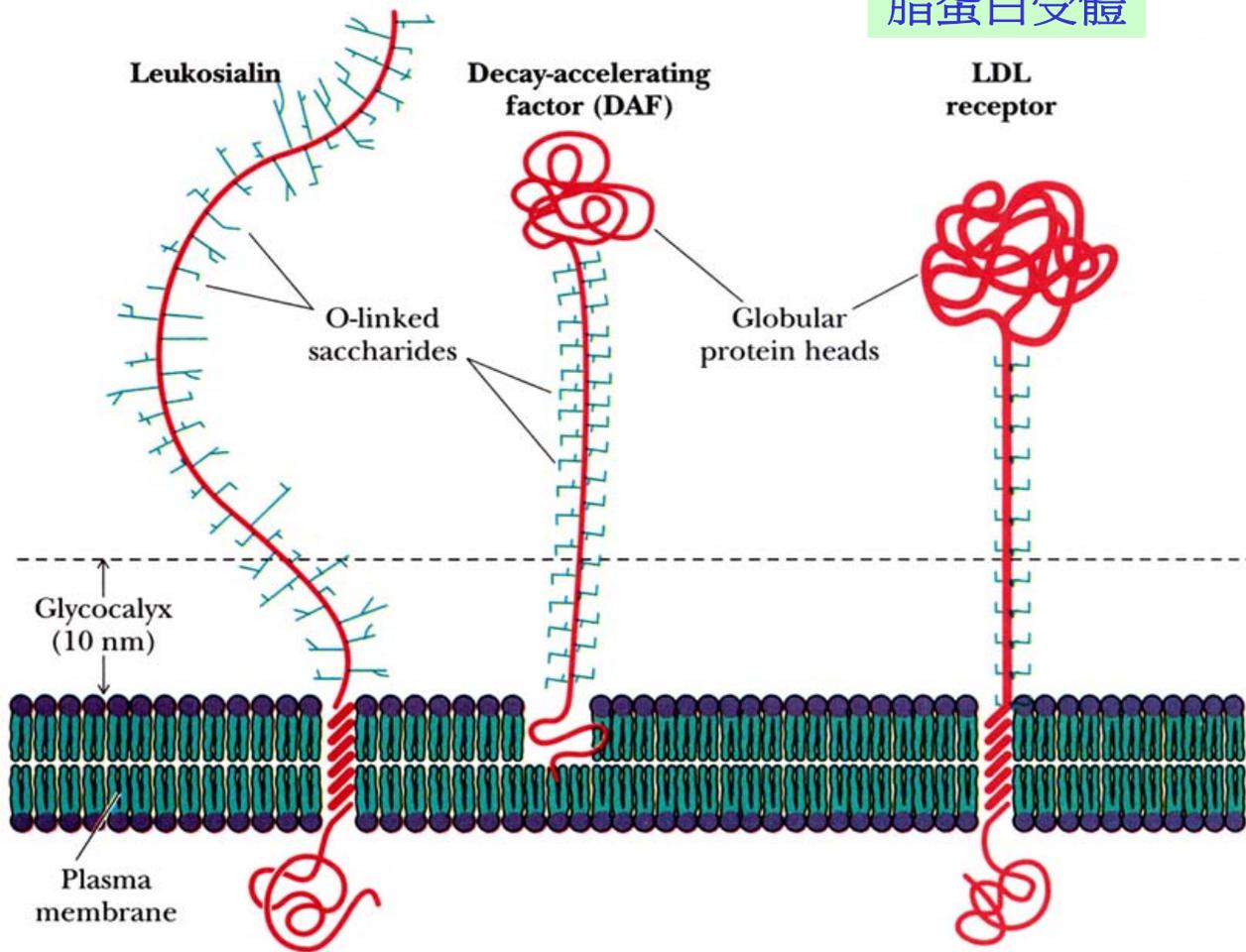
Examples:



	GlcNAc
	Man
	Gal
	Neu5Ac
	Fuc
	GalNAc

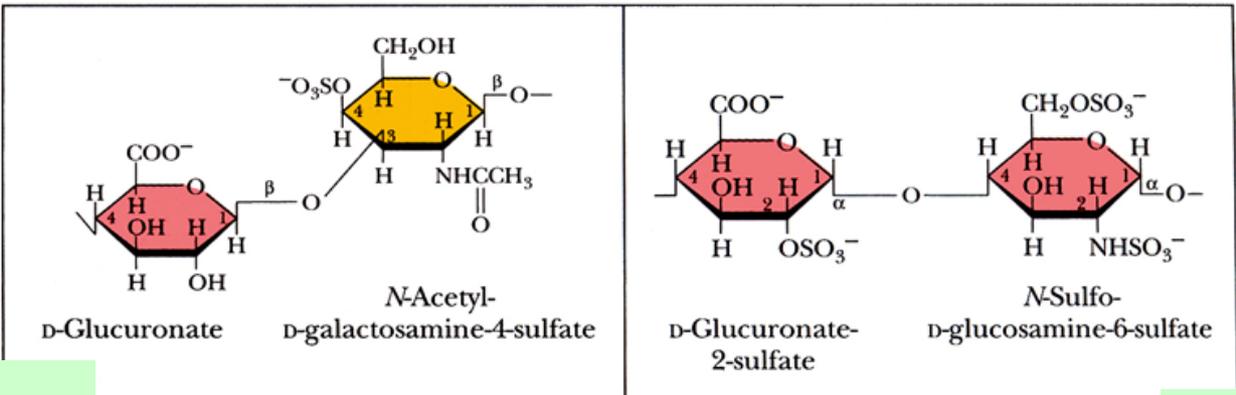
醣蛋白中寡醣與蛋白質連接的方式

低密度  
脂蛋白受體



# 蛋白醣

1. 結締組織中的主要聚合物如軟骨醣與肝質醣屬於蛋白醣，此類成份在各組織細胞間質的基液中分佈極廣，如在軟骨組織中軟骨醣的含量即可達乾重40%之多
2. 有些蛋白醣參與細胞內外的“溝通”

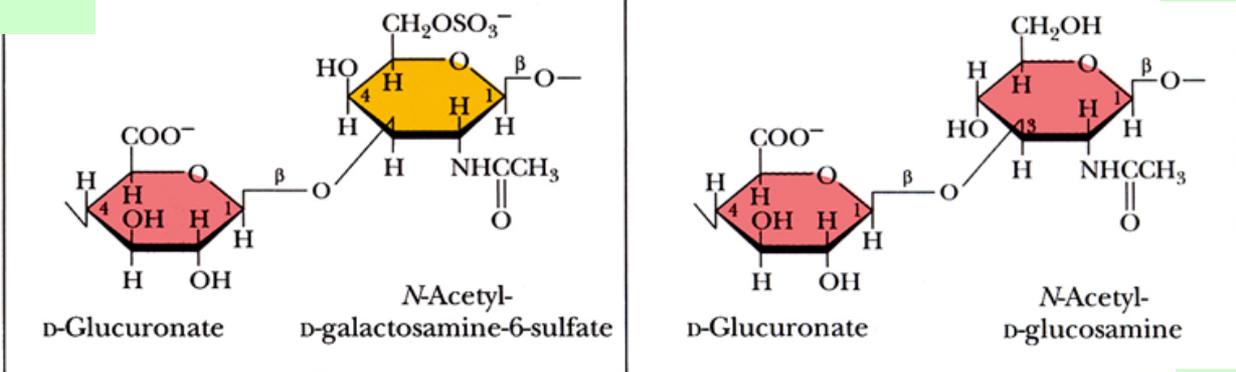


軟骨素

Chondroitin-4-sulfate

Heparin

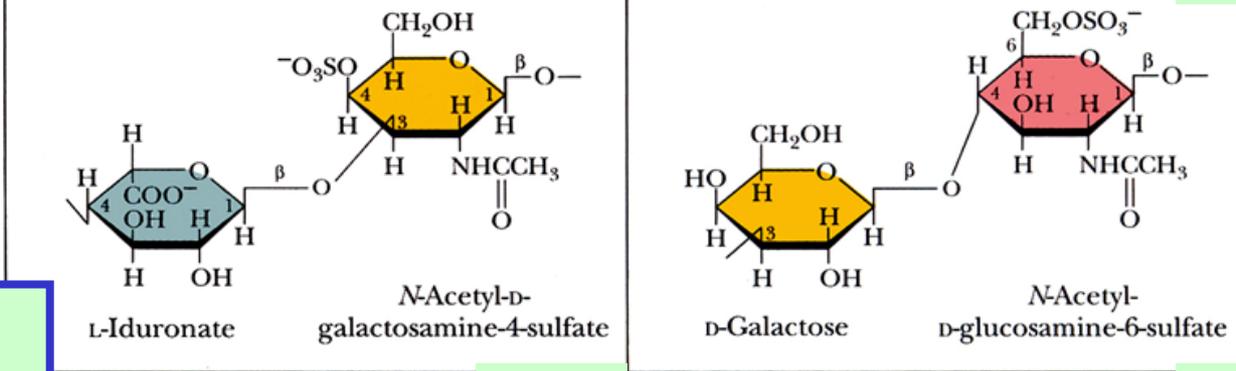
肝質(肝素)



Chondroitin-6-sulfate

Hyaluronate

玻尿酸



蛋白醣  
常見的糖

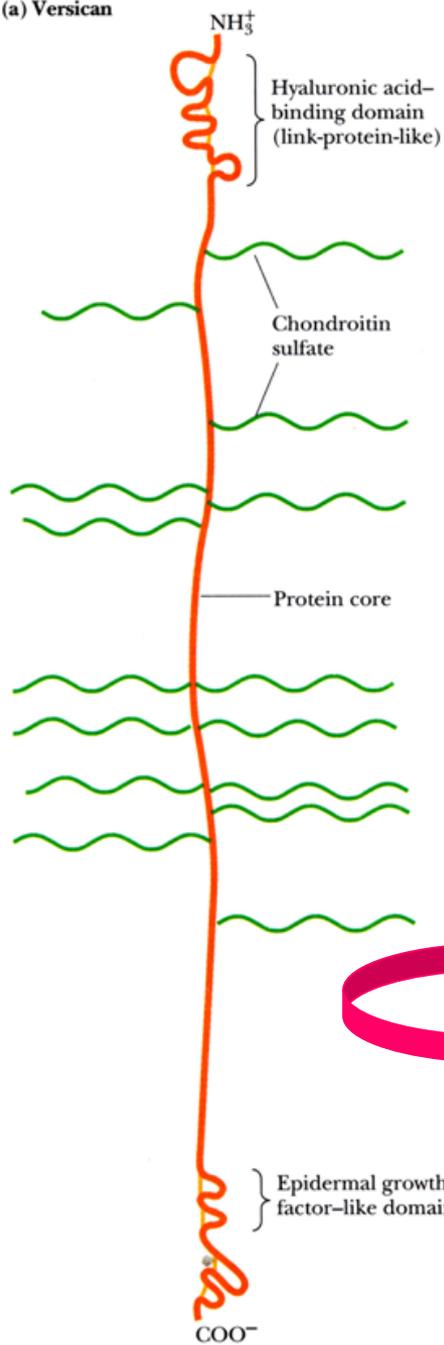
Dermatan sulfate

皮膚素

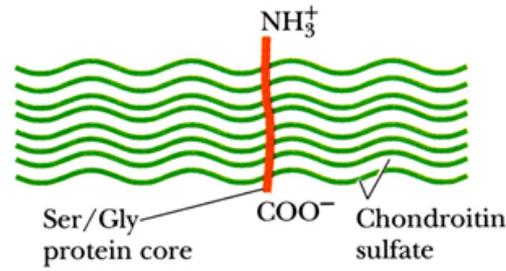
Keratan sulfate

角質素

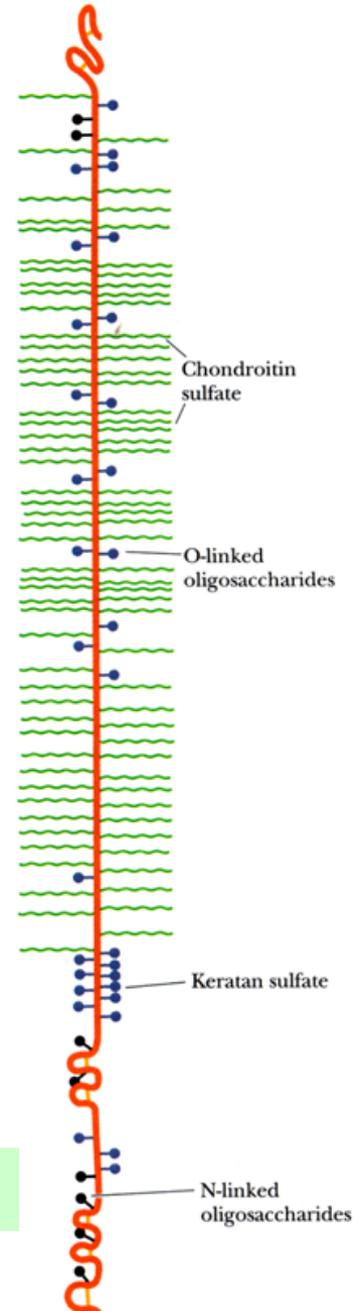
(a) Versican



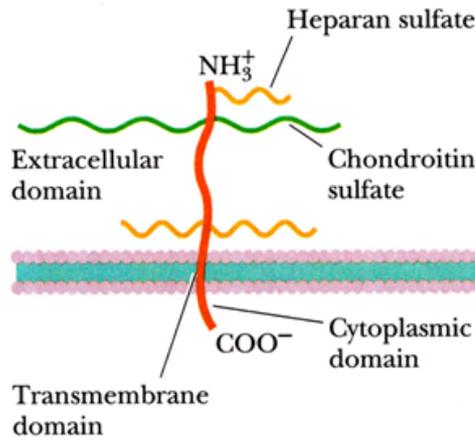
(b) Serglycin



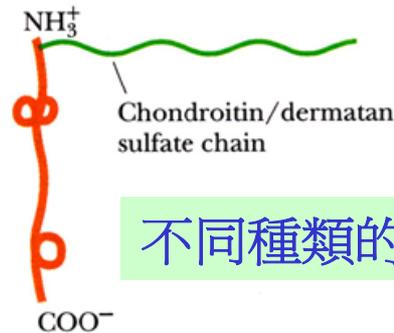
(e) Rat cartilage proteoglycan



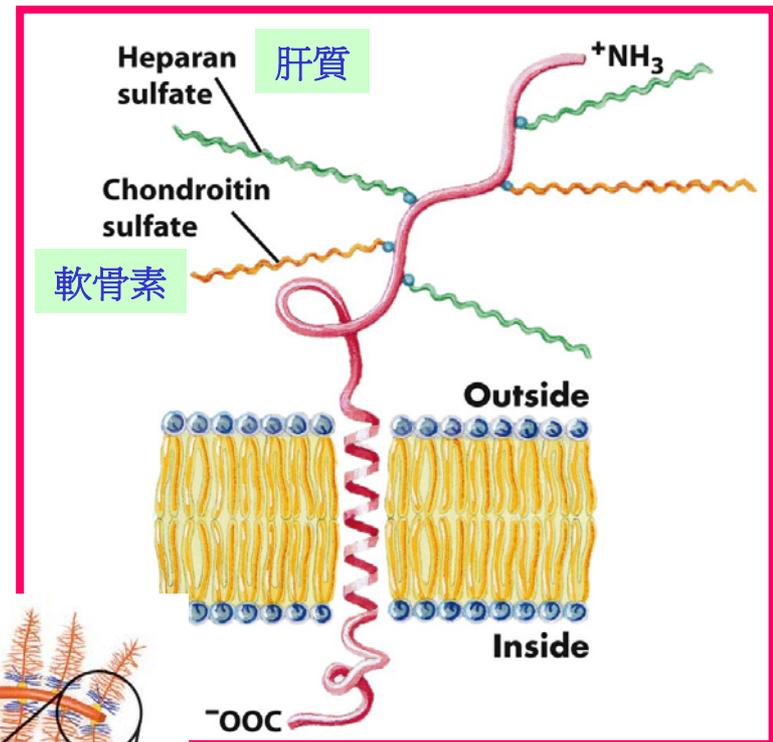
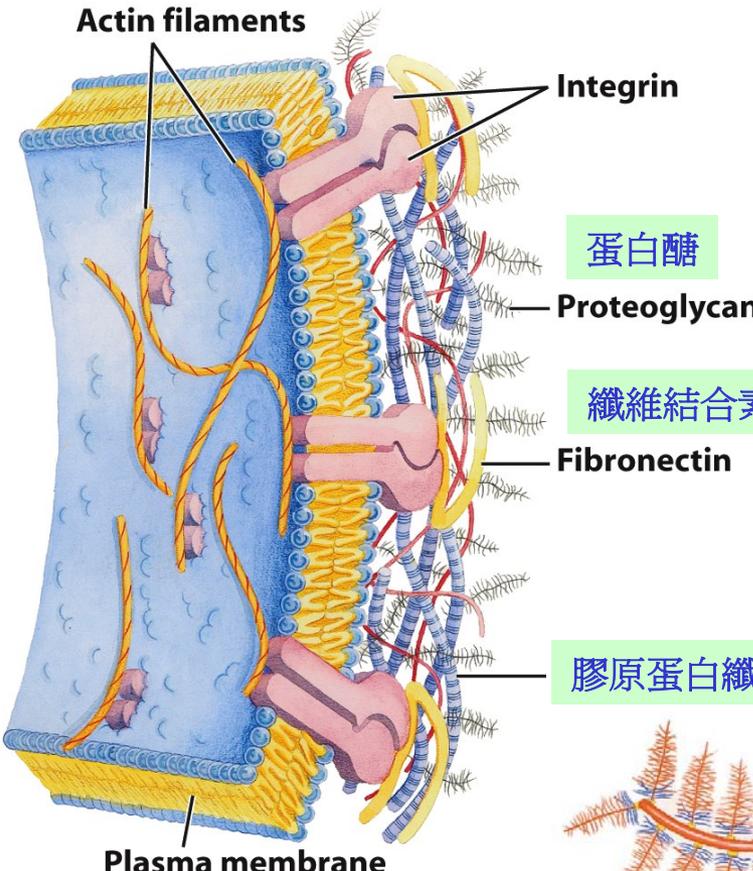
(d) Syndecan



(c) Decorin



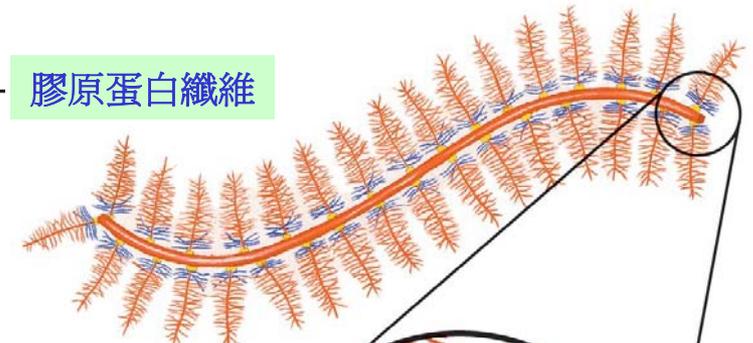
不同種類的蛋白醣



蛋白糖

纖維結合素

膠原蛋白纖維



玻尿酸

角質素

軟骨素

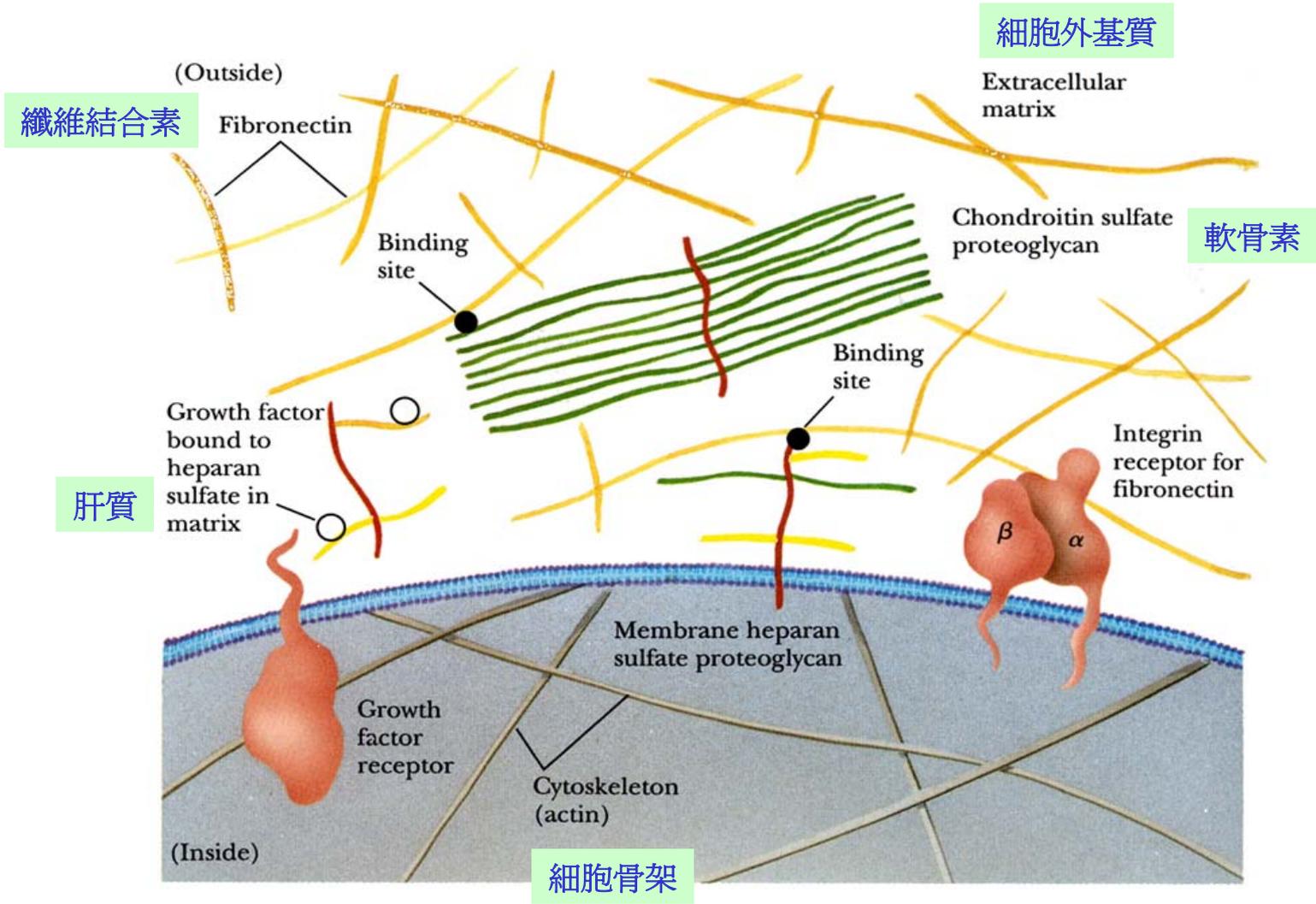
**Hyaluronate**  
(up to 50,000 repeating disaccharides)

**Keratan sulfate**

**Chondroitin sulfate**

**Link proteins**

**Aggrecan core protein**



纖維結合素

細胞外基質

軟骨素

肝質

細胞骨架

# 脂質

## 1. 脂質

不溶於水但溶於有機溶劑

其化學成分極不相同但依其功能可歸類如表二

2. 脂質可和醣類或蛋白質結合而形成醣脂質與脂蛋白

3. 脂質分類的方法不同，依其化學結構可分為含脂肪酸成分的複脂(即可皂化的脂質)與不含脂肪酸的單脂

4. 最常用於純化與分析各類脂質的技術有薄層層析法與氣相層析法等

## 表二 脂質的生物功能

### 生物功能

結構功能

運輸功能

保護功能

儲存功能

調節管制功能

其它

### 例子

細胞膜的磷脂類

血液中的脂蛋白、白蛋白

組織器官周圍的三酸甘油脂

脂肪組織中的三酸甘油脂

膽固醇衍生的激素

參與代謝反應的脂溶性維生素

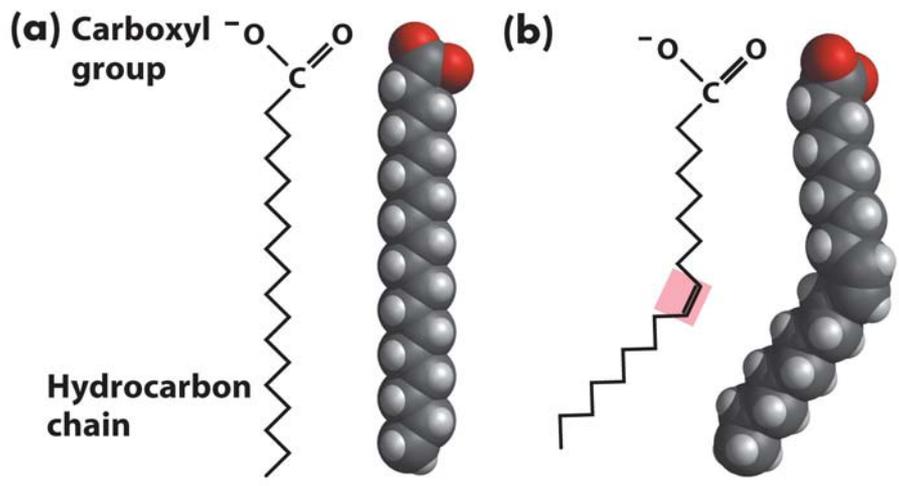
# 脂肪酸

1. 生物體僅含微量的未酯化游離脂肪酸，大部分的脂肪酸均是複脂的成分
2. 脂肪酸的區別在於碳鏈的長短與雙鍵的數目及位置，表三為自然界常見的脂肪酸
3. 生物體中含量最多的是含偶數碳的直鏈脂肪酸  
棕櫚酸與硬脂酸是最常見的飽和脂肪酸  
油酸是最常見的不飽和脂肪酸
4. 不飽和脂肪酸的熔點低於相同碳數的飽和脂肪酸  
雙鍵愈多，熔點愈低  
雙鍵的組態為順式(*cis*)
  - 反式脂

表三 常見的脂肪酸

<u>常用名稱</u>	<u>結構式</u>	<u>符號</u>
<b>飽和脂肪酸</b>		
棕櫚酸	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	16:0
硬脂酸	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	18:0
<b>不飽和脂肪酸</b>		
油酸	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	18:1, $\Delta^9$
亞麻油酸	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_2(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$	18:2, $\Delta^{9,12}$
次亞麻油酸	$\text{CH}_3\text{CH}_2(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_3(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$	18:3, $\Delta^{9,12,15}$
花生四烯酸	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_4\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$	20:4, $\Delta^{5,8,11,14}$

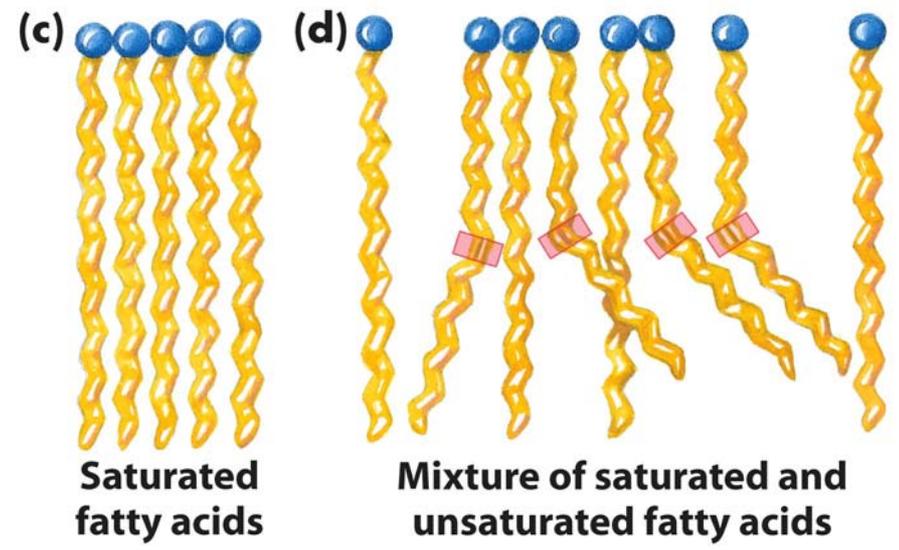
# 脂肪酸的構造

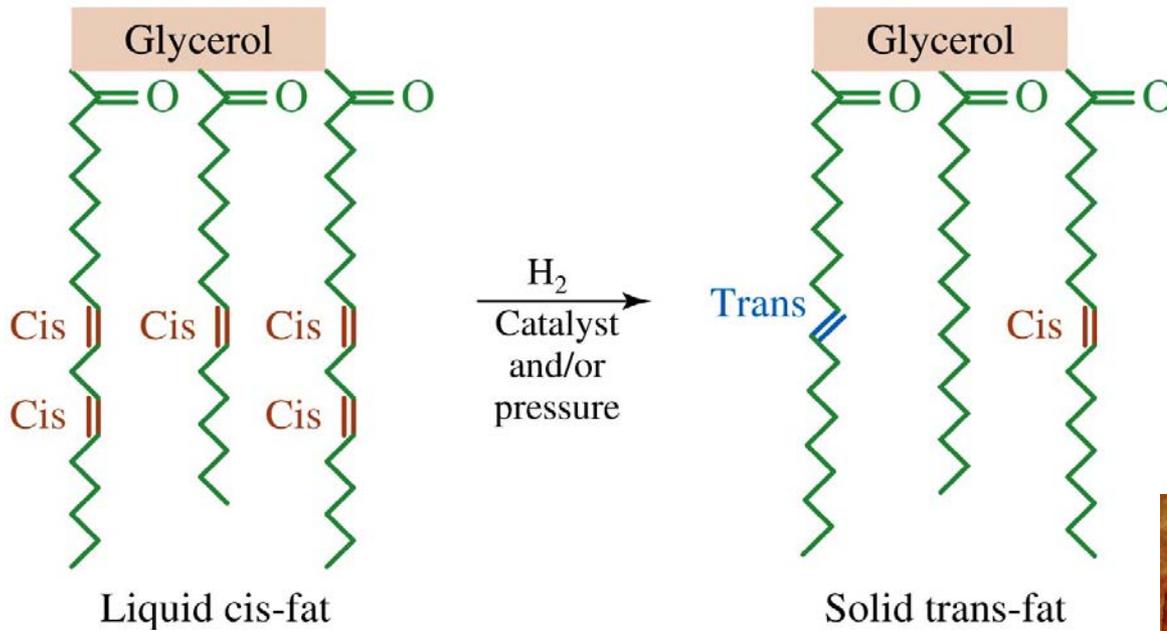


飽和脂肪酸

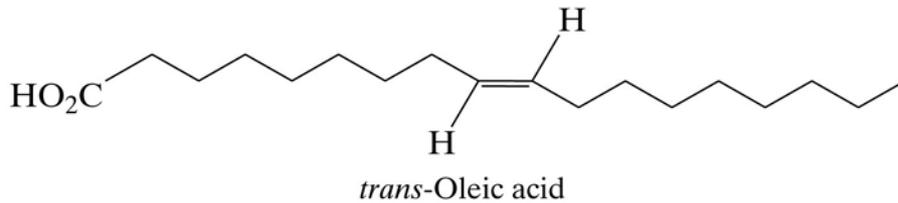
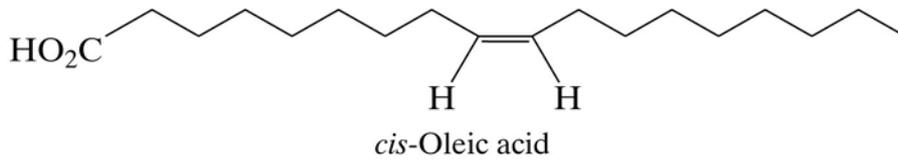
不飽和脂肪酸

# 不飽和脂肪酸雙鍵組態的影響





商業上植物油經氫化作用會產生反式脂肪酸



## 5. 脂肪酸的命名

通常以含-COOH的碳為第1個碳原子  
之後的碳原子依序為 $\alpha$ 、 $\beta$ 及 $\gamma$ 碳原子等  
最後一個含甲基的碳原子稱為 $\omega$ 碳原子

## 6. $\omega$ -6脂肪酸

如亞麻油酸(18:2,  $\Delta^{9,12}$ )與花生四烯酸(20:4,  $\Delta^{5,8,11,14}$ )

## 7. $\omega$ -3脂肪酸

如次亞麻油酸(18:3,  $\Delta^{9,12,15}$ )、EPA (20:5,  $\Delta^{5,8,11,14,17}$ )與DHA (22:6,  $\Delta^{4,7,10,13,16,19}$ )

# 三酸甘油脂

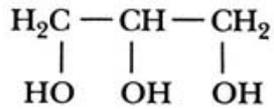
## 1. 三酸甘油脂(酯)

俗稱中性脂，是動植物體儲存脂質的主要成分，也是自然界含量最多的脂質

2. 在室溫下為固體的一般稱為脂肪，為液體者稱為油

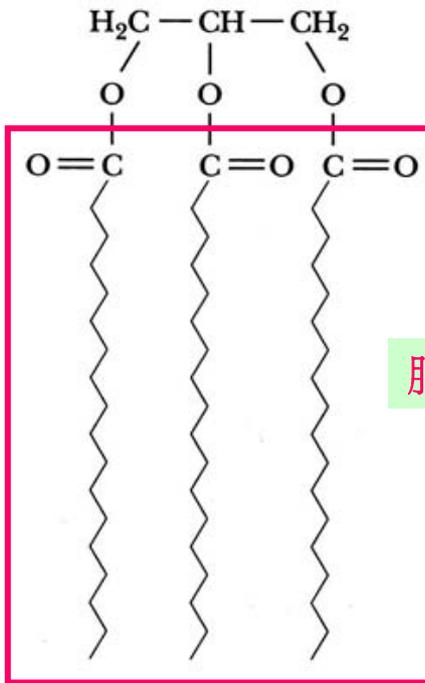
3. 三酸甘油脂中，與甘油酯化的脂肪酸種類與位置可有不同的組合，因此三酸甘油脂的種類很多

# 三酸甘油脂的構造



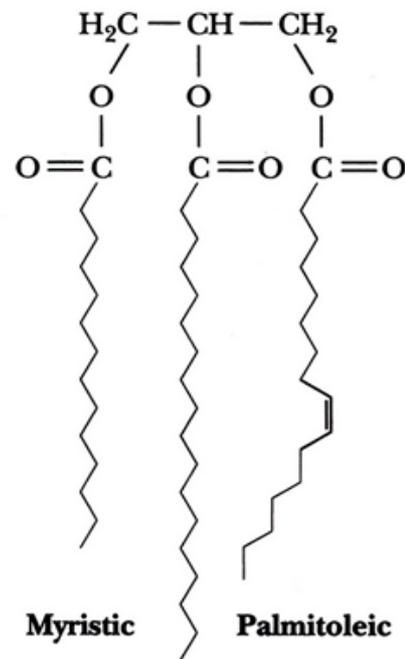
Glycerol

甘油



脂肪酸

Tristearin  
(a simple triacylglycerol)

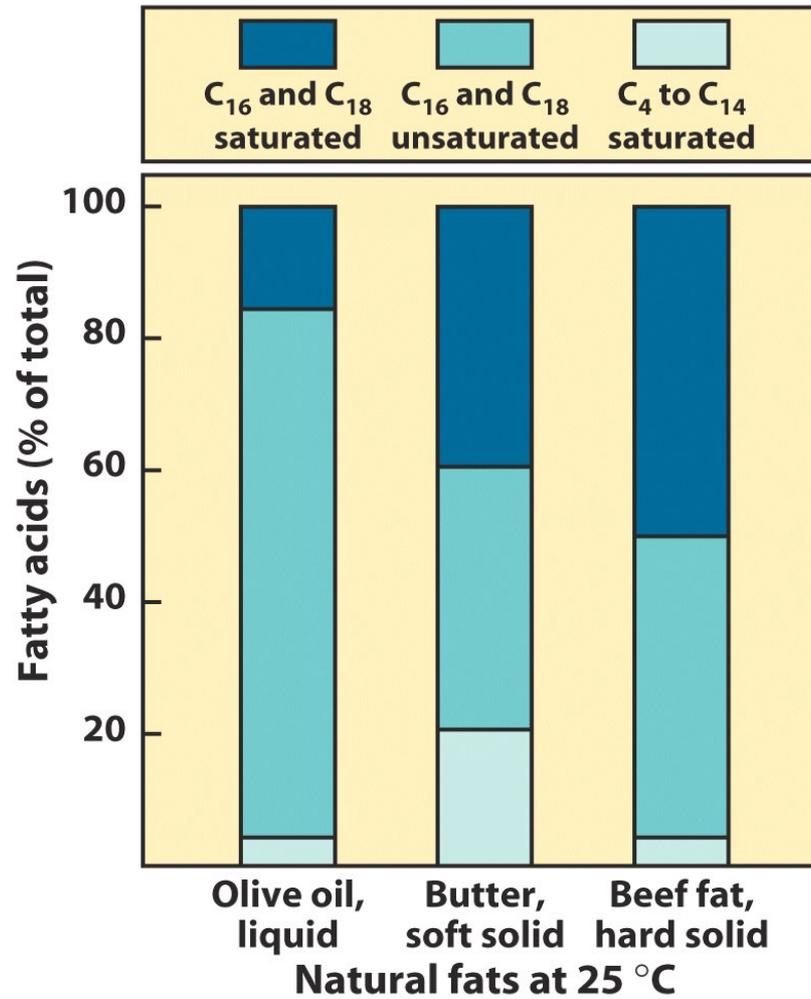


Myristic

Palmitoleic

Stearic

A mixed triacylglycerol



三種食物脂質的脂肪酸組成

# 甘油磷脂類

## 1. 甘油磷脂

含有磷酸基的甘油脂，為細胞膜結構的主要成分

## 2. 甘油磷脂分子的構造

長鏈涇基組成的非極性尾部構造

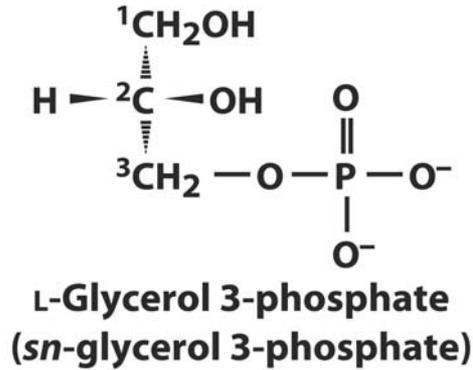
連接於磷酸基的極性頭部構造

為兩性脂類，此特性是甘油磷脂形成脂雙層結構的分子基礎

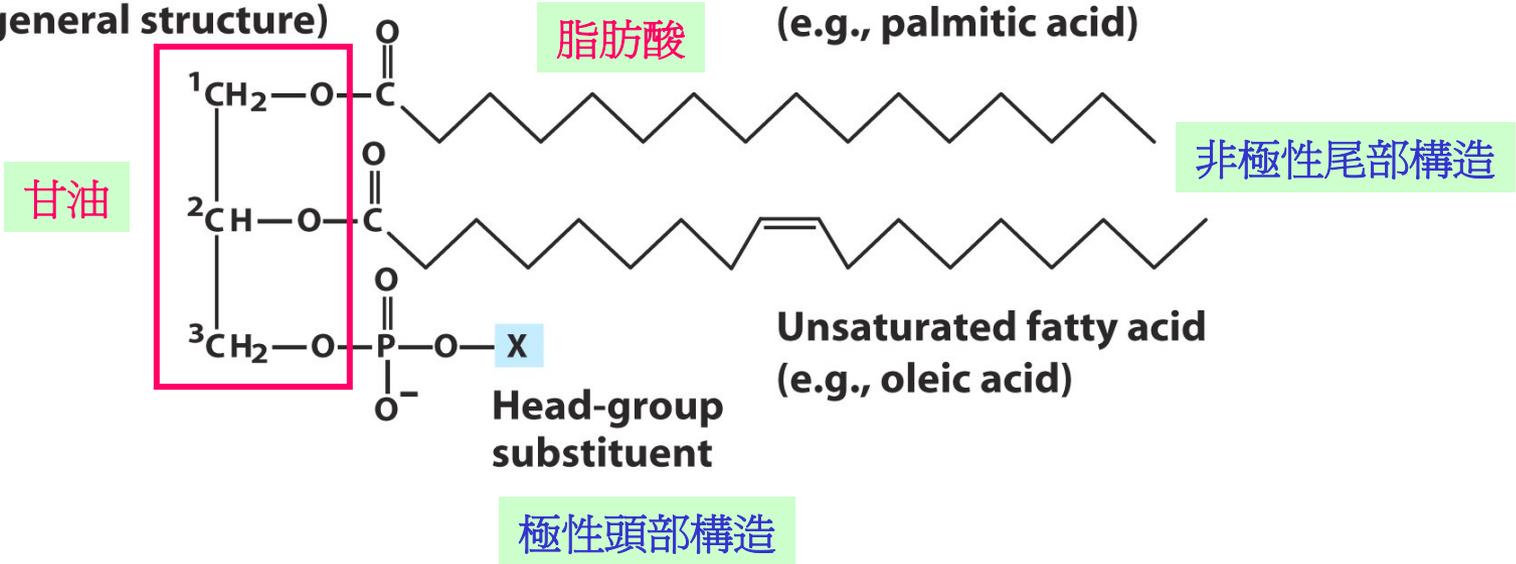
## 3. 甘油磷脂的分類

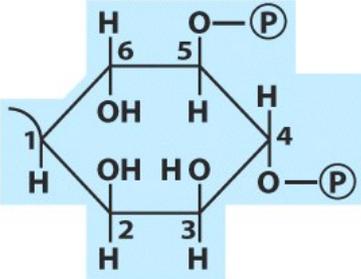
依其極性的頭部分子構造、大小與帶電荷情形加以區分

# 磷脂質的共同結構



Glycerophospholipid  
(general structure)



Name of glycerophospholipid	Name of X	Formula of X	Net charge (at pH 7)
Phosphatidic acid	—	— H	- 1
Phosphatidylethanolamine	Ethanolamine	— CH <sub>2</sub> —CH <sub>2</sub> —NH <sub>3</sub> <sup>+</sup>	0
Phosphatidylcholine	Choline	— CH <sub>2</sub> —CH <sub>2</sub> —N <sup>+</sup> (CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	0
Phosphatidylserine	Serine	— CH <sub>2</sub> —CH—NH <sub>3</sub> <sup>+</sup>   COO <sup>-</sup>	- 1
Phosphatidylglycerol	Glycerol	— CH <sub>2</sub> —CH—CH <sub>2</sub> —OH   OH	- 1
Phosphatidylinositol 4,5-bisphosphate	<i>myo</i> -Inositol 4,5-bisphosphate		- 4
Cardiolipin	Phosphatidyl-glycerol	— CH <sub>2</sub>   CHOH   CH <sub>2</sub> —O—P(=O)(O <sup>-</sup> )—O—CH <sub>2</sub>   CH—O—C(=O)—R <sup>1</sup>   CH <sub>2</sub> —O—C(=O)—R <sup>2</sup>	- 2

卵磷脂

各類磷脂質

# 神經脂類與固醇類

## 1. 神經脂類

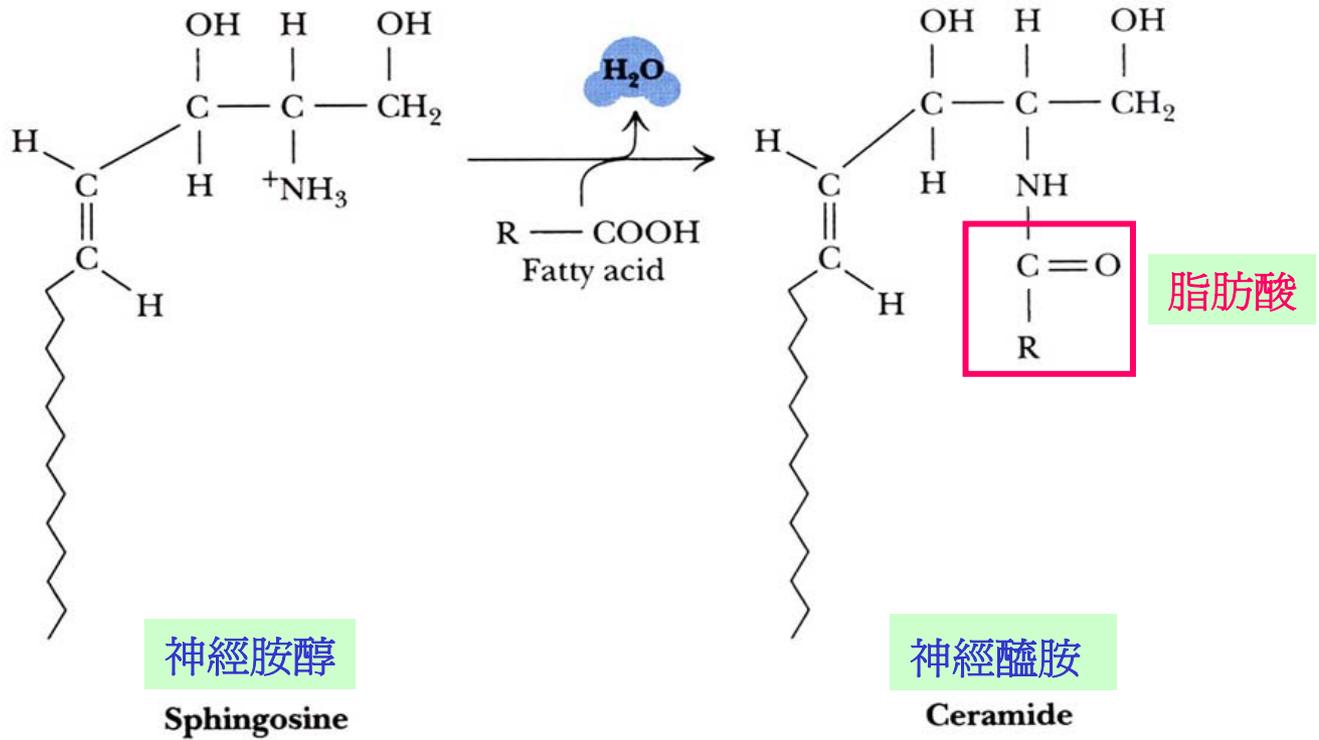
由神經胺醇為基本結構所衍生的神經胺醇脂  
可分神經磷脂類與神經糖脂類

## 2. 膽固醇

主要的動物固醇

未酯化的膽固醇是人與動物細胞膜的重要成分，可調節  
細胞膜的流動性

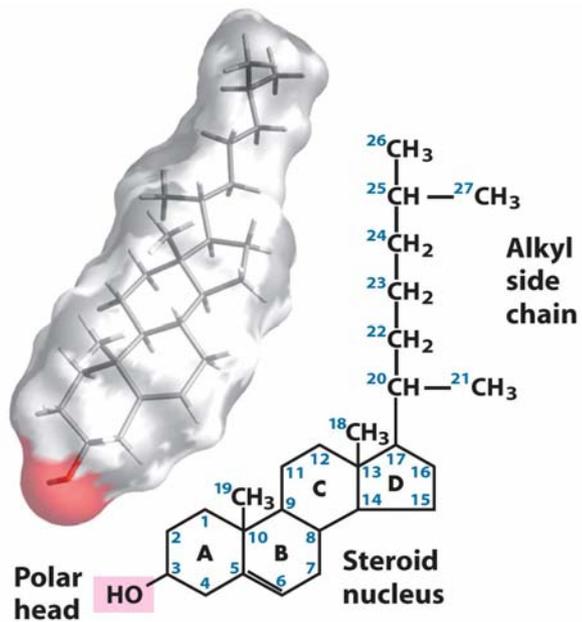
## 3. 血中膽固醇的濃度與動脈硬化等心血管疾病有關



神經胺醇脂由神經胺醇衍生

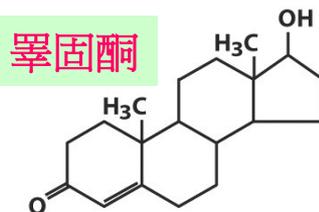
Name of sphingolipid	Name of X	Formula of X
Ceramide 神經醯胺	—	— H
Sphingomyelin	Phosphocholine	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{—P—O—CH}_2\text{—CH}_2\text{—N}^+(\text{CH}_3)_3 \\   \\ \text{O}^- \end{array}$
Neutral glycolipids Glucosylcerebroside	Glucose	
Lactosylceramide (a globoside)	Di-, tri-, or tetrasaccharide	
Ganglioside GM2	Complex oligosaccharide	

各類神經脂質



## 膽固醇的結構

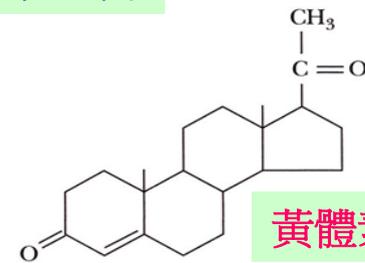
## 膽固醇的衍生物



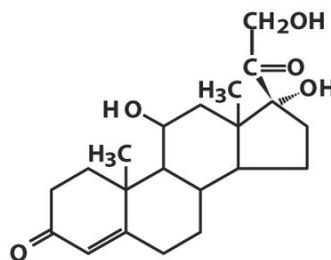
Testosterone



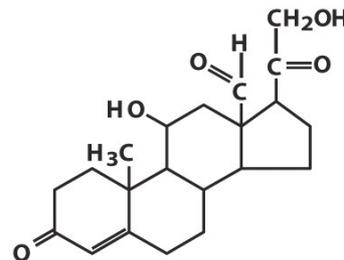
Estradiol



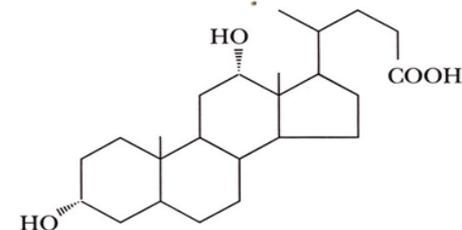
Progesterone



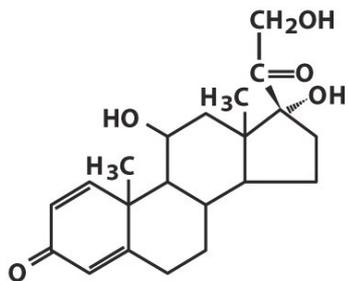
Cortisol



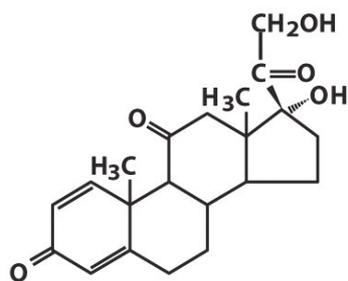
Aldosterone



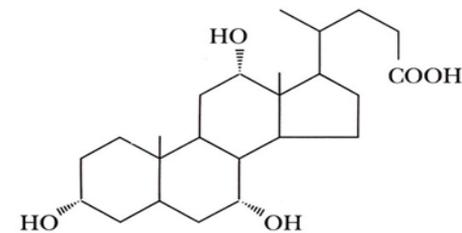
Deoxycholic acid



Prednisolone



Prednisone



Cholic acid

#### 4. 膽固醇的代謝產物或衍生物具有重要的生理功能

7-去氫膽固醇是維生素D的先驅物

膽汁中的膽鹽具促進脂肪乳化與吸收等多項生理功能

膽固醇經酵素作用可合成多種固醇類激素

- 影響能量代謝，礦物質吸收與第二性徵及生殖功能等

# 蠟與異戊二烯類化合物

## 1. 蠟

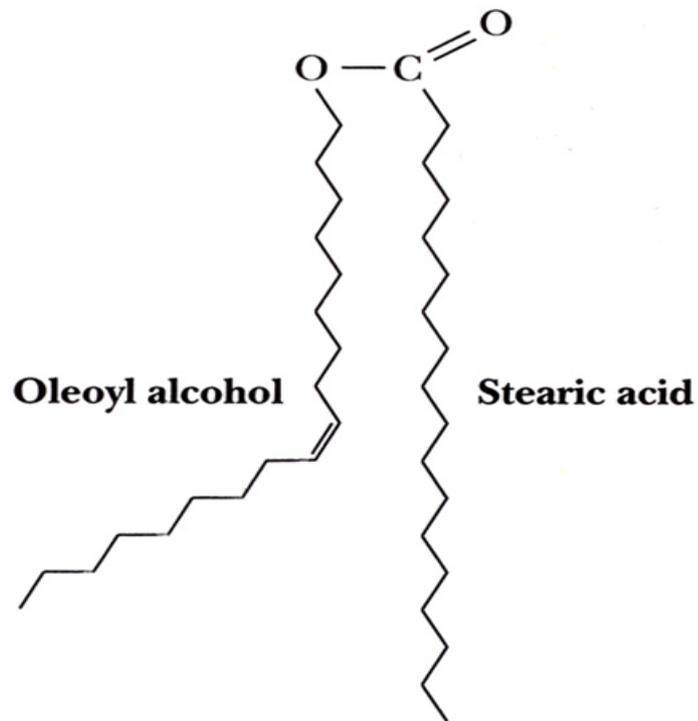
長鏈脂肪酸與長鏈一元醇或固醇所形成的固態酯類  
為皮膚、羽毛、樹葉、果實與昆蟲外殼保護覆被的成分

## 2. 異戊二烯類化合物

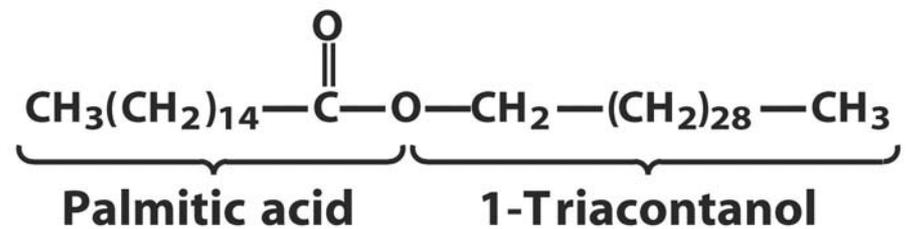
由數個異戊二烯單體構成，又稱萜類  
植物含有多種萜類，是各種芳香性揮發油的主要成分

## 3. 脂溶性維生素A、E與K等

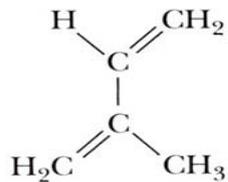
亦為異戊二烯類化合物，與生物的視覺反應、骨骼結構的  
維持與血液凝固等有關



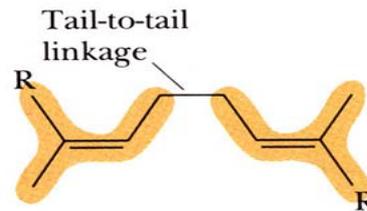
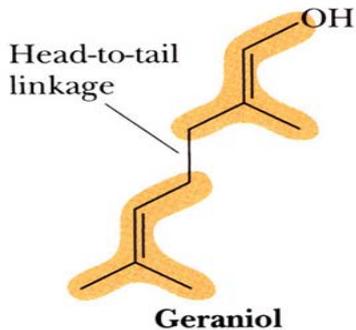
蠟的組成



蜂蠟的主要成分  
-triacontanoylpalmitate



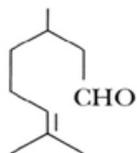
異戊二烯



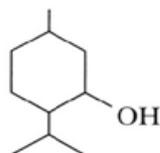
MONOTERPENES



Limonene

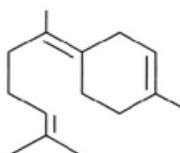


Citronellal



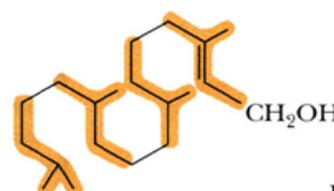
Menthol

SESQUITERPENES



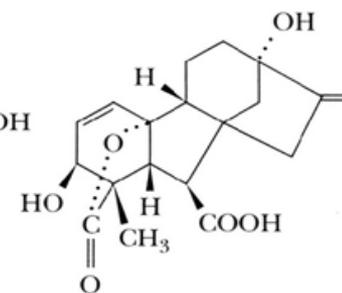
Bisabolene

DITERPENES



Phytol

葉醇



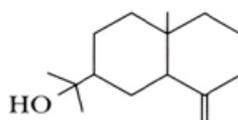
Gibberellic acid



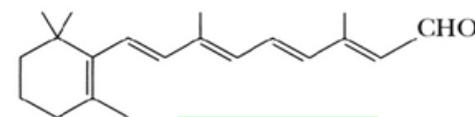
Camphene



$\alpha$ -Pinene



Eudesmol

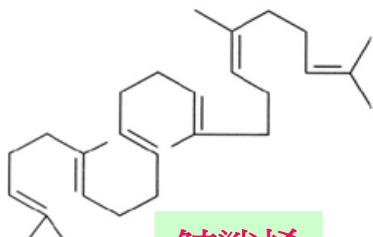


維生素A

All-trans-retinal

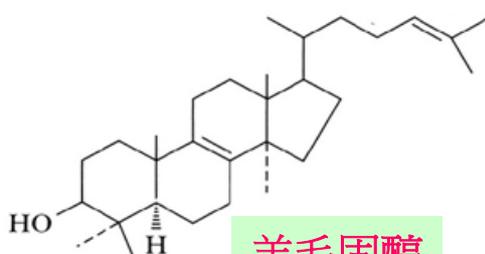
異戊二烯類化合物

TRITERPENES



鯨鯊烯

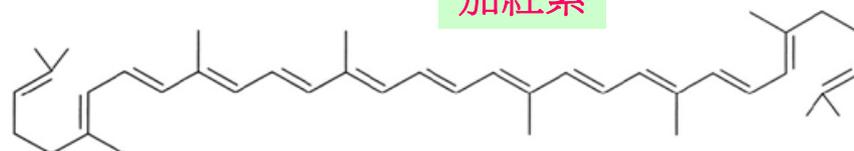
Squalene



羊毛固醇

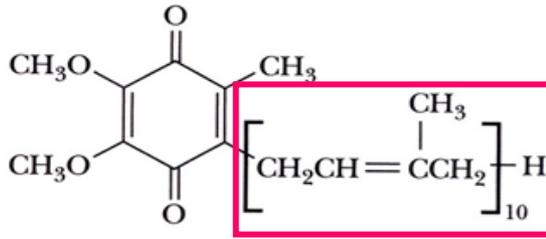
Lanosterol

TETRATERPENES



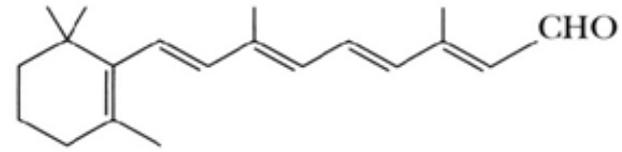
茄紅素

Lycopene

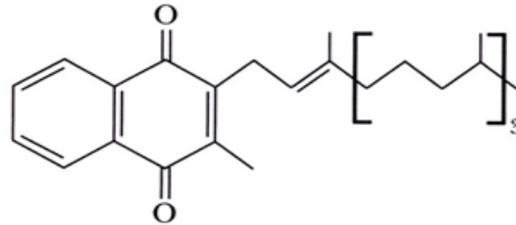


Coenzyme Q (Ubiquinone, UQ)

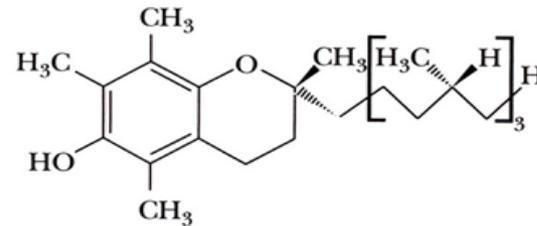
Q10



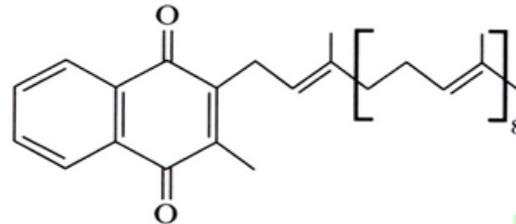
All-trans-retinal



Vitamin K<sub>1</sub>  
(phylloquinone)



Vitamin E ( $\alpha$ -tocopherol)

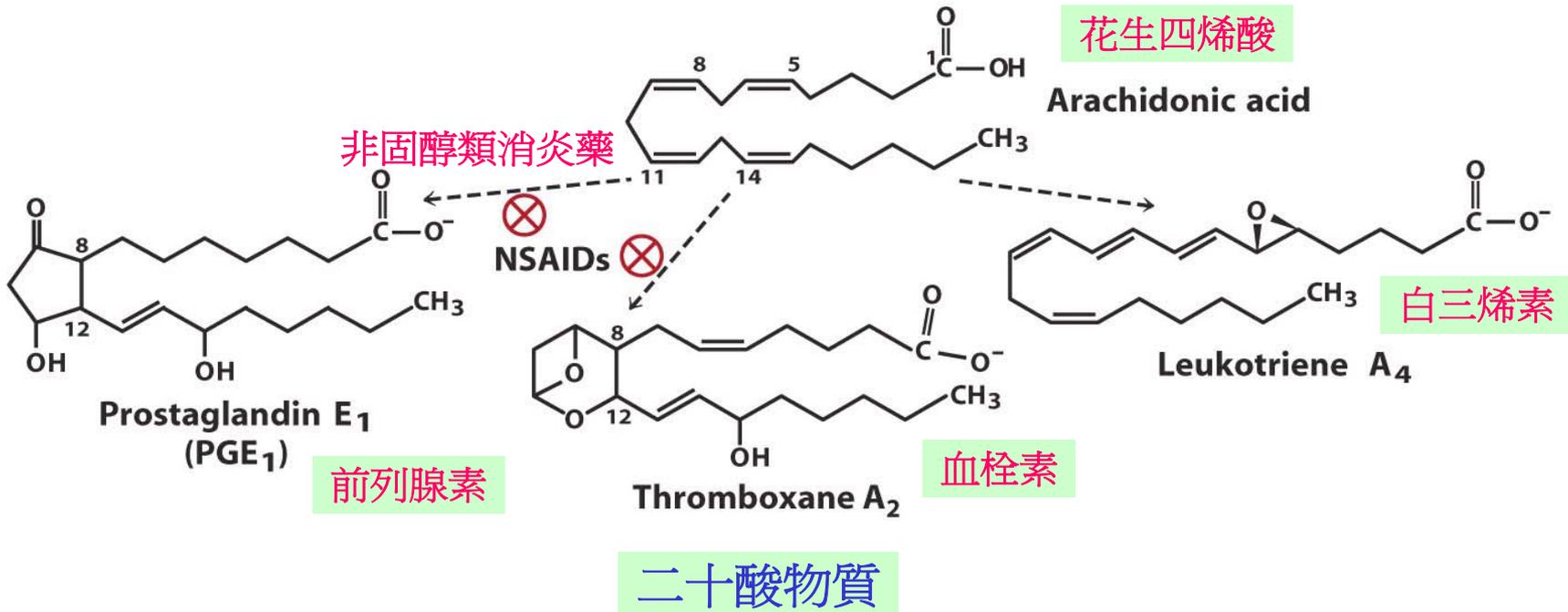


Vitamin K<sub>2</sub>  
(menaquinone)

其他異戊二烯類化合物

# 花生四烯酸衍生物

1. 前列腺素、血栓素與白三烯素統稱二十酸物質  
為花生四烯酸經多種酵素作用而衍生的重要活性物質
2. 前列腺素種類多，具不同的生理活性  
大致均有降低血壓與收縮平滑肌的功能
3. 血栓素具促進凝血的活性
4. 白三烯素能促進白血球的活動與聚集



John Vane, Sune Bergström, and Bengt Samuelsson

# 蛋白質

## 1. 蛋白質

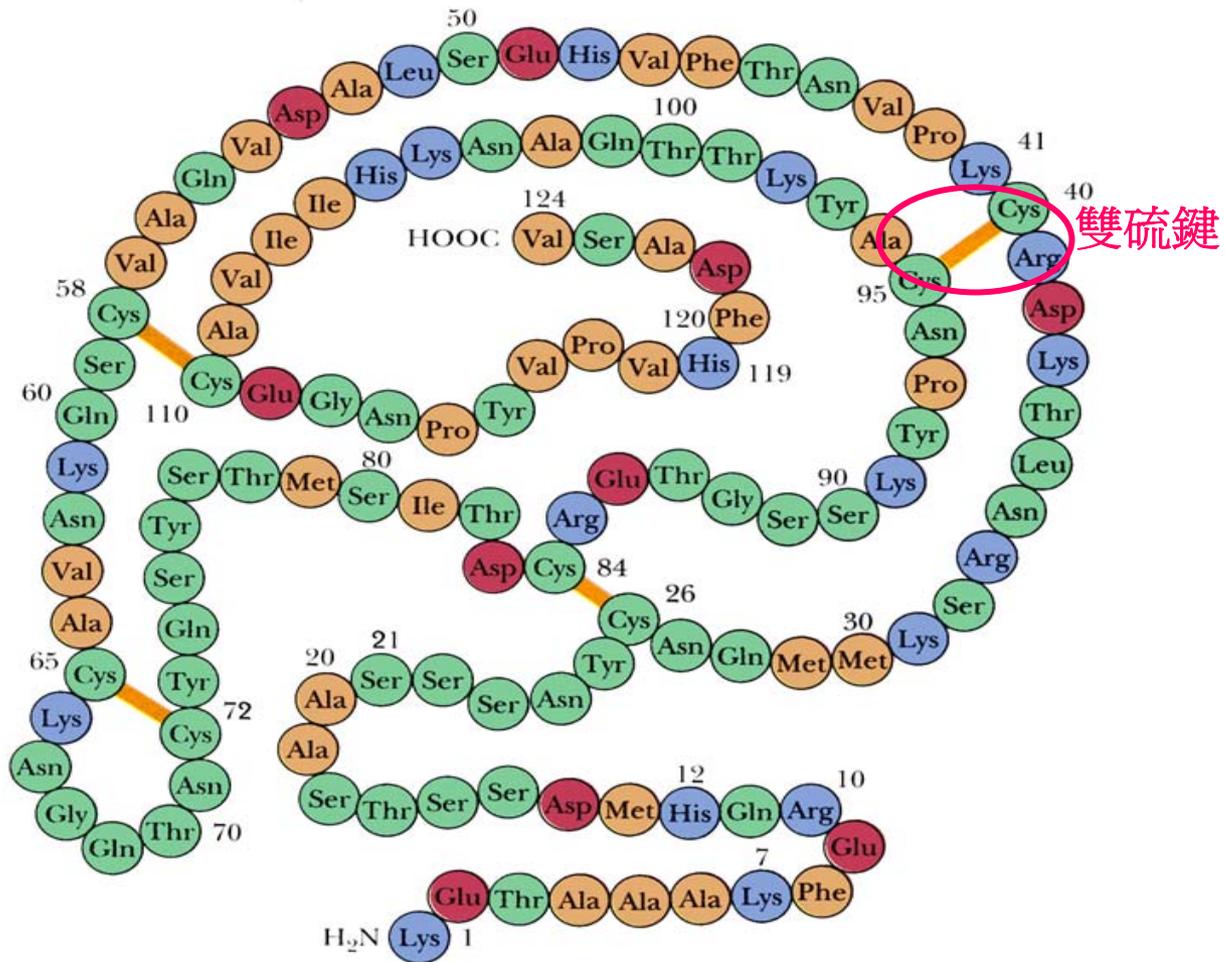
是細胞的主要成份，約佔總乾重的一半以上

蛋白質的重要性可由其所擔任的多種功能得知(表四)

## 2. 蛋白質由20種胺基酸構成

每種胺基酸的側鏈構造不同

- 有的帶電荷
- 有的為疏水的非極性
- 有的不帶電但具有極性

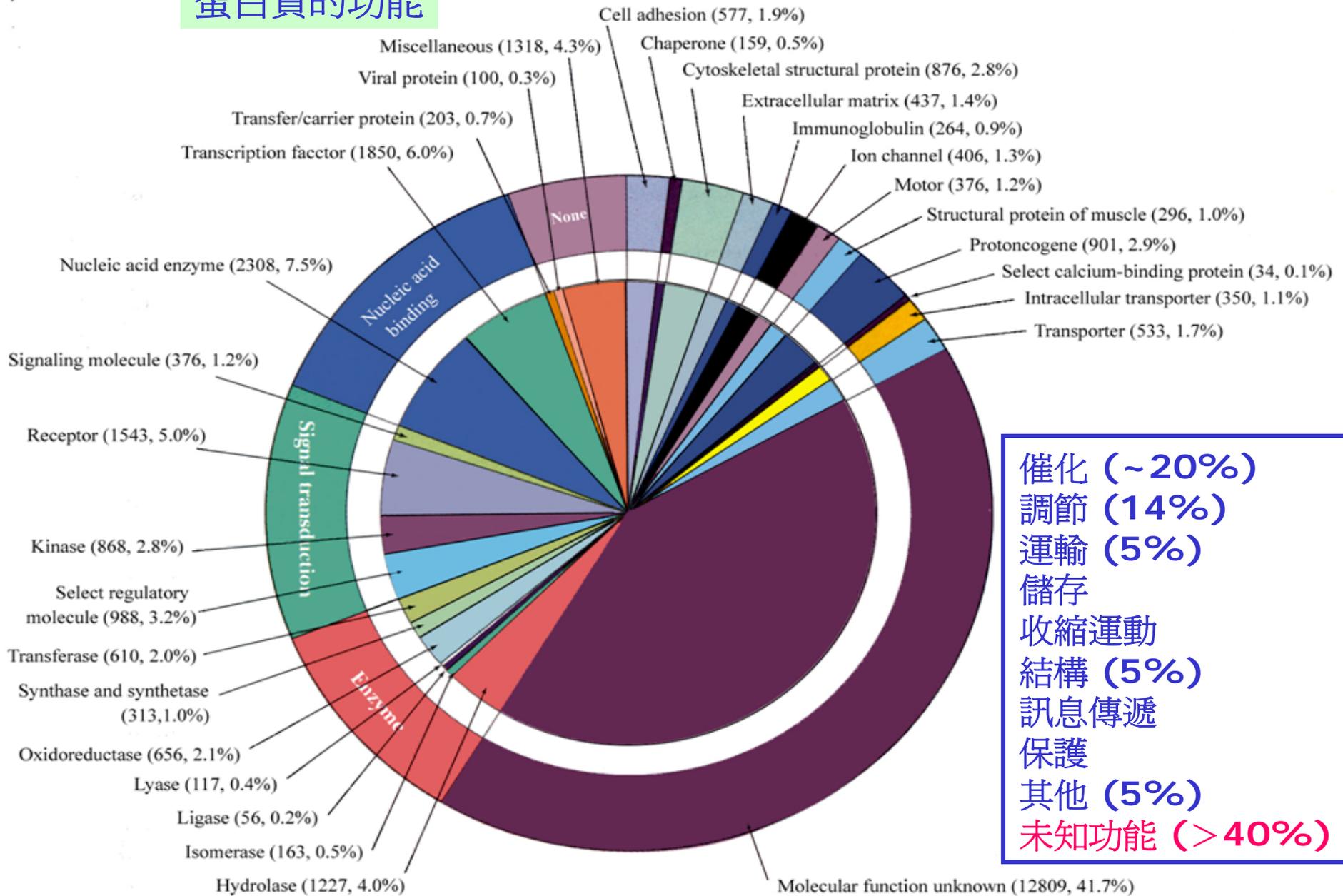


牛胰臟分泌的RNase由124個胺基酸組成,含有4個雙硫鍵

## 表四 蛋白質的生物功能

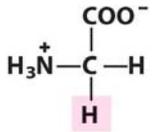
<u>生物功能</u>	<u>例子</u>
催化功能	酵素
結構功能	角蛋白, 膠原蛋白
運動功能	肌紅蛋白, 肌動蛋白
運輸功能	血紅素, 肌紅蛋白
防禦保護功能	抗體, 補體, 凝血因子
儲存功能	牛奶中的酪蛋白
調節管制功能	胰島素, 生長激素
其它	細菌毒素, 蛇毒蛋白

# 蛋白質的功能

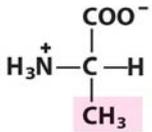


催化 (~20%)  
 調節 (14%)  
 運輸 (5%)  
 儲存  
 收縮運動  
 結構 (5%)  
 訊息傳遞  
 保護  
 其他 (5%)  
 未知功能 (>40%)

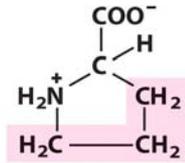
側鏈為疏水, 非極性



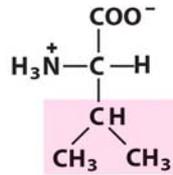
Glycine



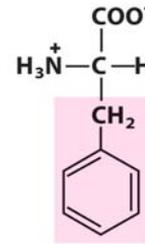
Alanine



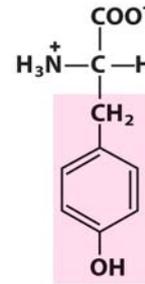
Proline



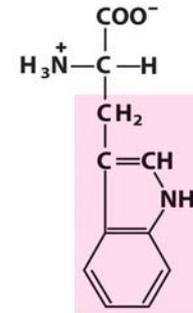
Valine



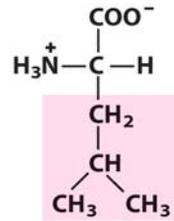
Phenylalanine



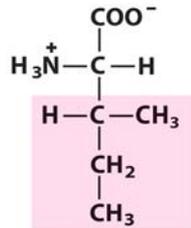
Tyrosine



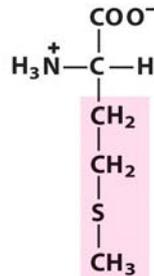
Tryptophan



Leucine



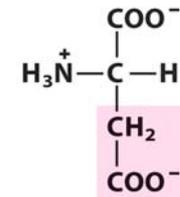
Isoleucine



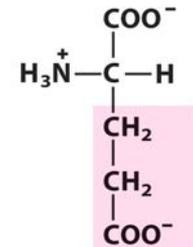
Methionine

側鏈為芳香族, 疏水

側鏈帶負電荷

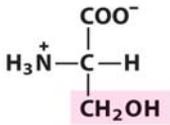


Aspartate

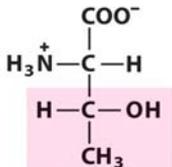


Glutamate

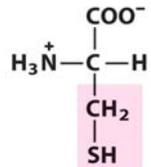
側鏈不帶電但具極性



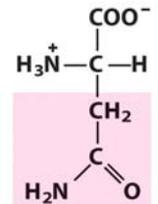
Serine



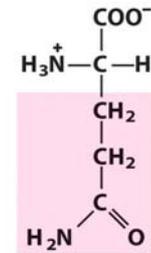
Threonine



Cysteine

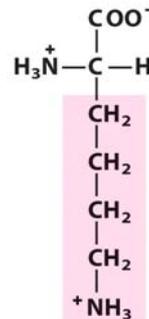


Asparagine

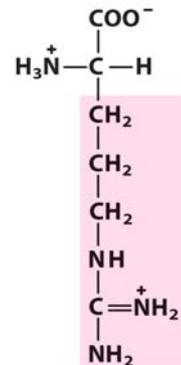


Glutamine

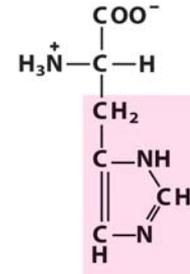
側鏈帶正電荷



Lysine



Arginine



Histidine

組成蛋白質的20種胺基酸構造

### 3. 蛋白質的分類

依其外觀形狀與溶解度

- 可分為球狀蛋白、纖維狀蛋白與膜蛋白
- 大部分功能性蛋白為球狀蛋白

依組成分

- 可分為簡單蛋白與複合蛋白

# 纖維狀蛋白與球狀蛋白

## 1. 纖維狀蛋白

外觀為纖維狀或長條狀

擔任結構、支撐或保護的角色

- 如皮膚、韌帶、軟骨、頭髮與蠶絲等所含的蛋白質成分

## 2. 球狀蛋白

外觀為球形

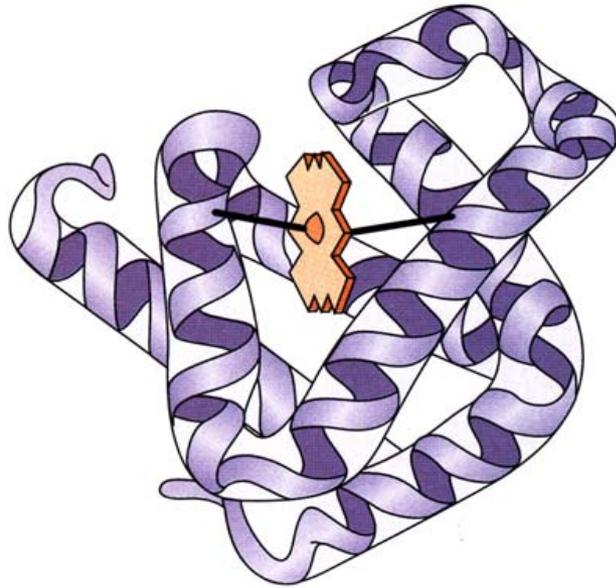
擔任功能性角色

立體結構緊密，水分子不易進入，但外部極性或親水性

胺基酸的側鏈可與水接觸或與其他分子產生交互作用

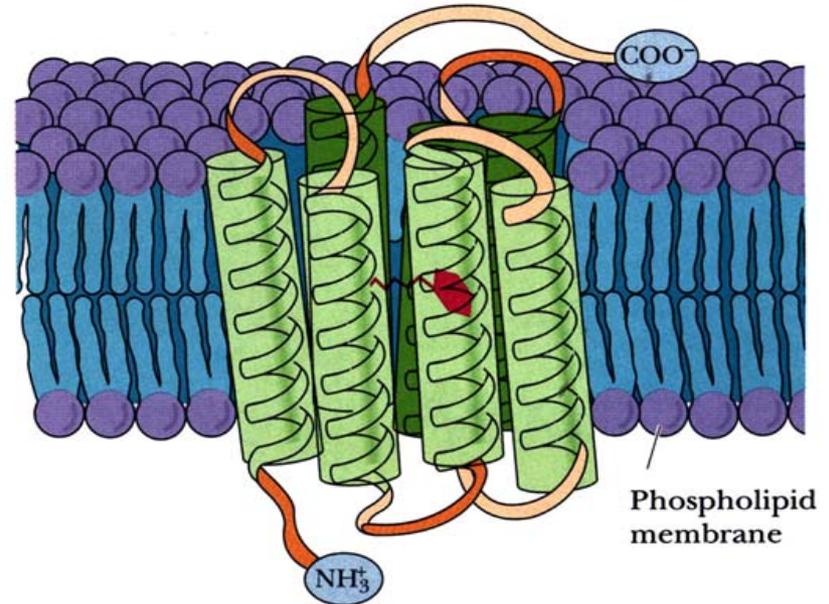
# 蛋白質的分類

纖維狀蛋白  
(膠原蛋白)



球狀蛋白(肌紅蛋白)

膜蛋白(細菌視紫素)



# 膜蛋白

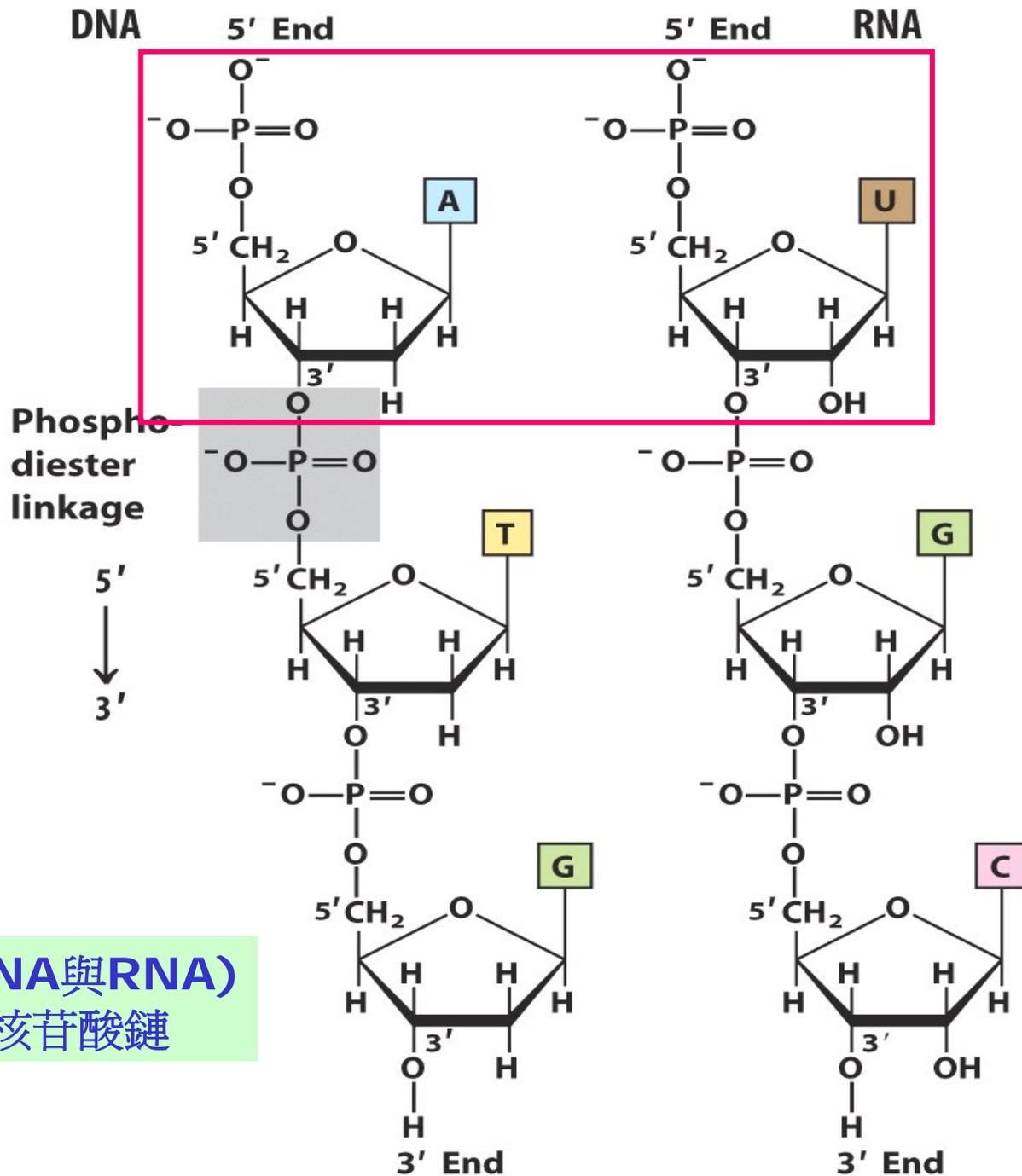
1. 膜蛋白在水溶液中的溶解度極低  
有些鑲嵌於細胞的各種膜構造中，有些僅附著於膜上
2. 大多數膜蛋白為球狀構造，在膜構造中形成通道，控制物質的進出
3. 有些膜蛋白參與外界訊號的傳遞與能量的產生等
4. 由於位於膜構造的環境，因此膜蛋白的外部多為非極性的胺基酸側鏈

# 酵素

1. 酵素是已知蛋白質種類中最重要  
的生物系統中幾乎所有的化學反應(新陳代謝)皆由酵素  
催化  
唯有酵素(生物催化劑)的存在，生命才得以發生與延續

# 核酸

1. 核酸是由4種核苷酸組成的巨大分子聚合物，正如蛋白質是由20種胺基酸組成的巨大分子
2. 核苷酸由含氮鹼基，五碳醣與磷酸所構成
3. 核酸除了是遺傳物質的儲存形式與參與遺傳訊息的傳遞外，其組成份尚參與其他重要的代謝反應(表五)

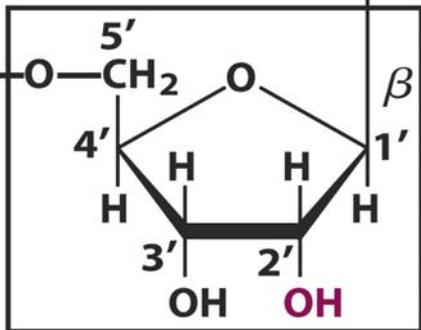


核酸(DNA與RNA)  
為聚核苷酸鏈

Phosphate



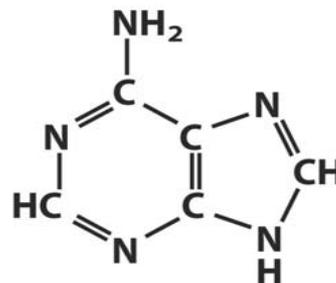
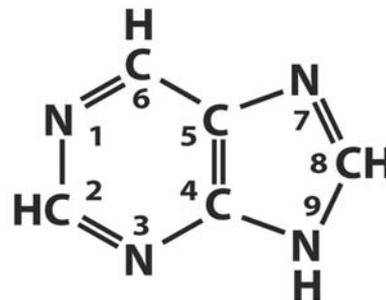
Purine or pyrimidine base



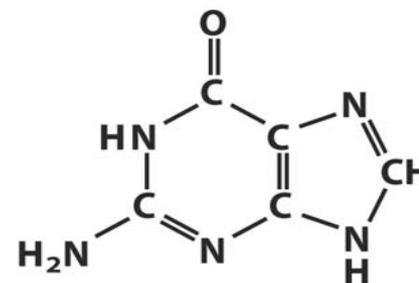
Pentose

核苷酸的構造

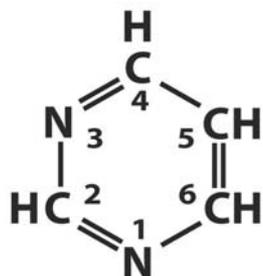
嘌呤



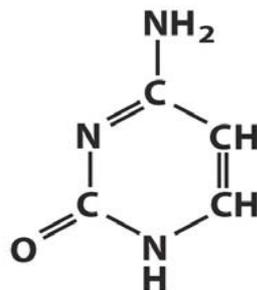
Adenine



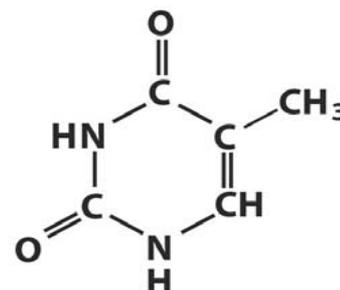
Guanine



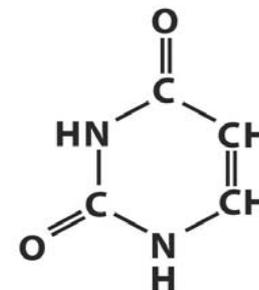
嘧啶



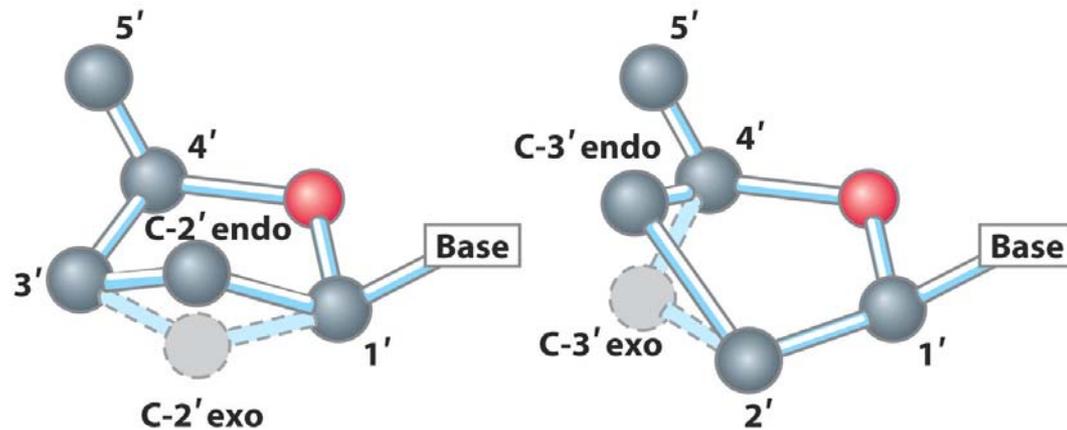
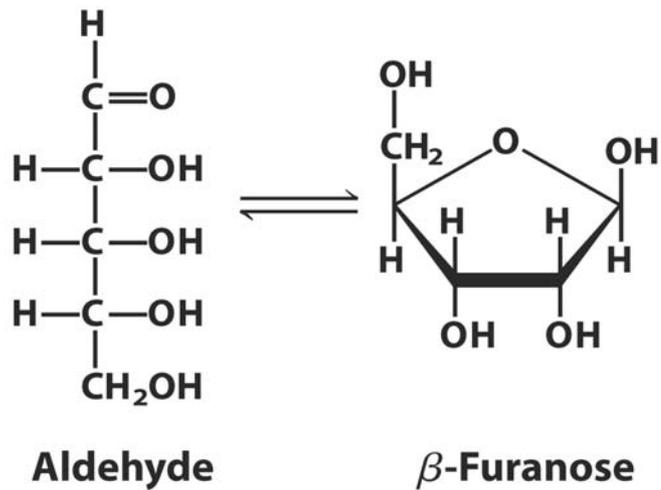
Cytosine



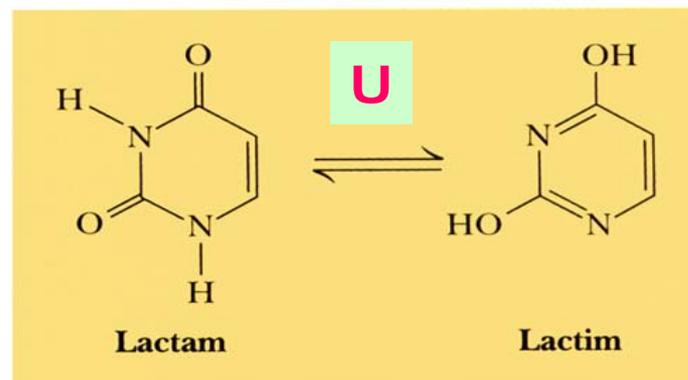
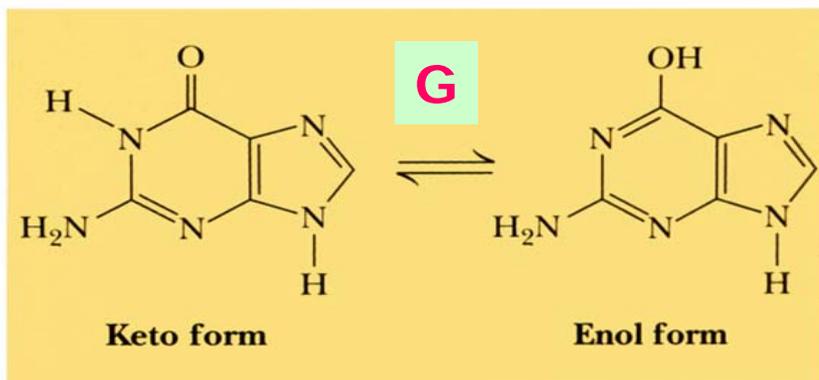
Thymine (DNA)



Uracil (RNA)



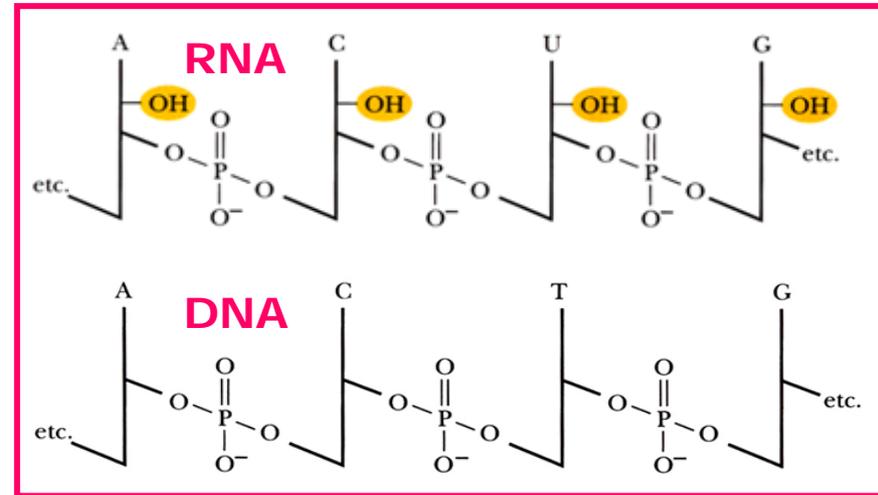
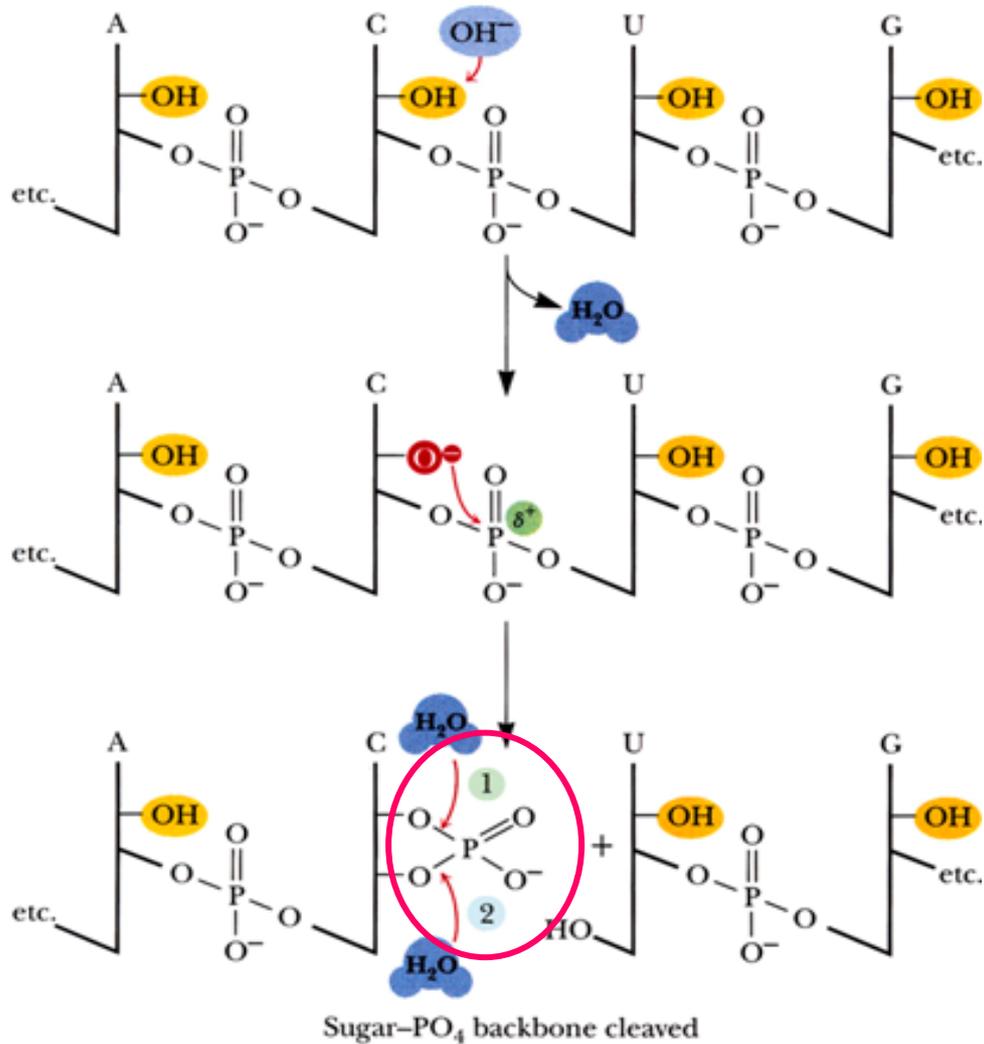
為何是五碳糖？



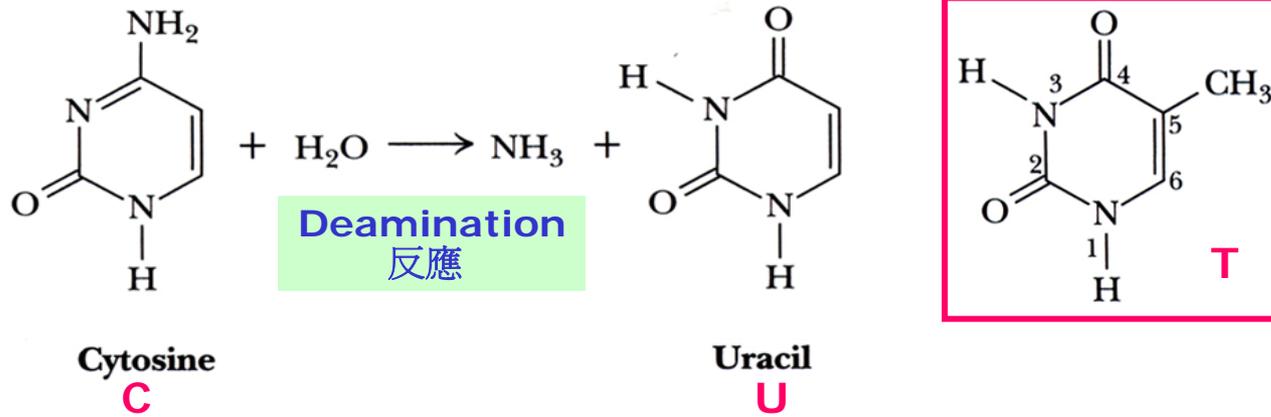
互變異構作用是自發突變的基礎？

# DNA與RNA間化學組成不同的重要性 (1)

A nucleophile such as  $\text{OH}^-$  can abstract the H of the 2'-OH, generating 2'- $\text{O}^-$  which attacks the  $\delta^+$ P of the phosphodiester bridge:



## DNA與RNA間化學組成不同的重要性 (2)



## 表五 核苷酸與核酸的生物功能

### 生物功能

遺傳物質

參與代謝

能量傳遞

輔酵素的成分

訊號分子

### 例子

DNA與RNA的組成分

GTP參與蛋白質合成

CTP參與脂類合成

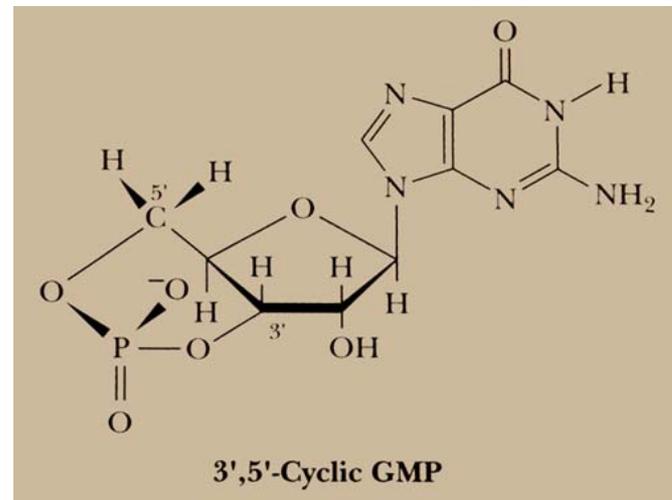
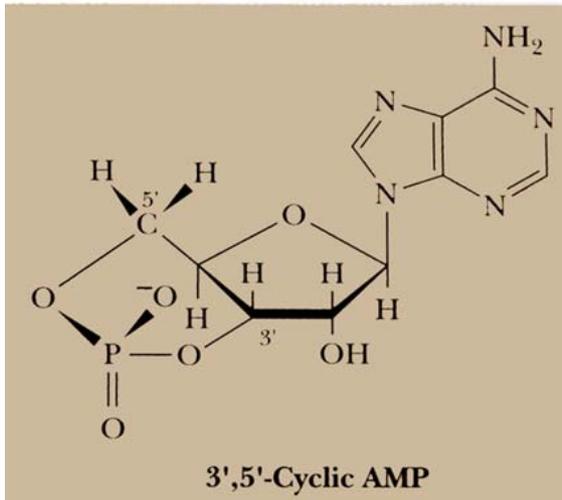
UTP參與醣類合成

ATP參與各需能的合成反應

ATP為細胞的能量貨幣

ATP為NADH與FADH<sub>2</sub>的先驅物

cAMP, cGMP



cAMP與cGMP的構造

# 去氧核糖核酸 (DNA)

1. 1868年Miescher開始研究DNA
2. 直到1950年代初期才解出DNA的正確結構
3. DNA分子非常巨大，不易完整的分離出  
原核細胞通常僅含一染色體  
真核細胞含有多條染色體且多半與組織蛋白結合
4. DNA含有dAMP、dCMP、dGMP與dTTP等4種核苷酸  
各核苷酸間以3',5'-磷酸雙酯鍵相連  
核苷酸中含氮鹼基擔任攜帶遺傳訊息的角色，五碳糖與磷酸則是DNA的結構主體

### Molar Ratios Leading to the Formulation of Chargaff's Rules

Source	Adenine to Guanine	Thymine to Cytosine	Adenine to Thymine	Guanine to Cytosine	Purines to Pyrimidines
Ox	1.29	1.43	1.04	1.00	1.1
Human	1.56	1.75	1.00	1.00	1.0
Hen	1.45	1.29	1.06	0.91	0.99
Salmon	1.43	1.43	1.02	1.02	1.02
Wheat	1.22	1.18	1.00	0.97	0.99
Yeast	1.67	1.92	1.03	1.20	1.0
<i>Haemophilus influenzae</i>	1.74	1.54	1.07	0.91	1.0
<i>E. coli</i> K-12	1.05	0.95	1.09	0.99	1.0
Avian tubercle bacillus	0.4	0.4	1.09	1.08	1.1
<i>Serratia marcescens</i>	0.7	0.7	0.95	0.86	0.9
<i>Bacillus schatz</i>	0.7	0.6	1.12	0.89	1.0

Source: After Chargaff, E., 1951. Structure and function of nucleic acids as cell constituents. *Federation Proceedings* 10:654-659.

## 4. DNA的構造

由Watson與Crick依據X光繞射的研究結果於1953年提出，兩人因此貢獻同獲1962年諾貝爾生理及醫學獎

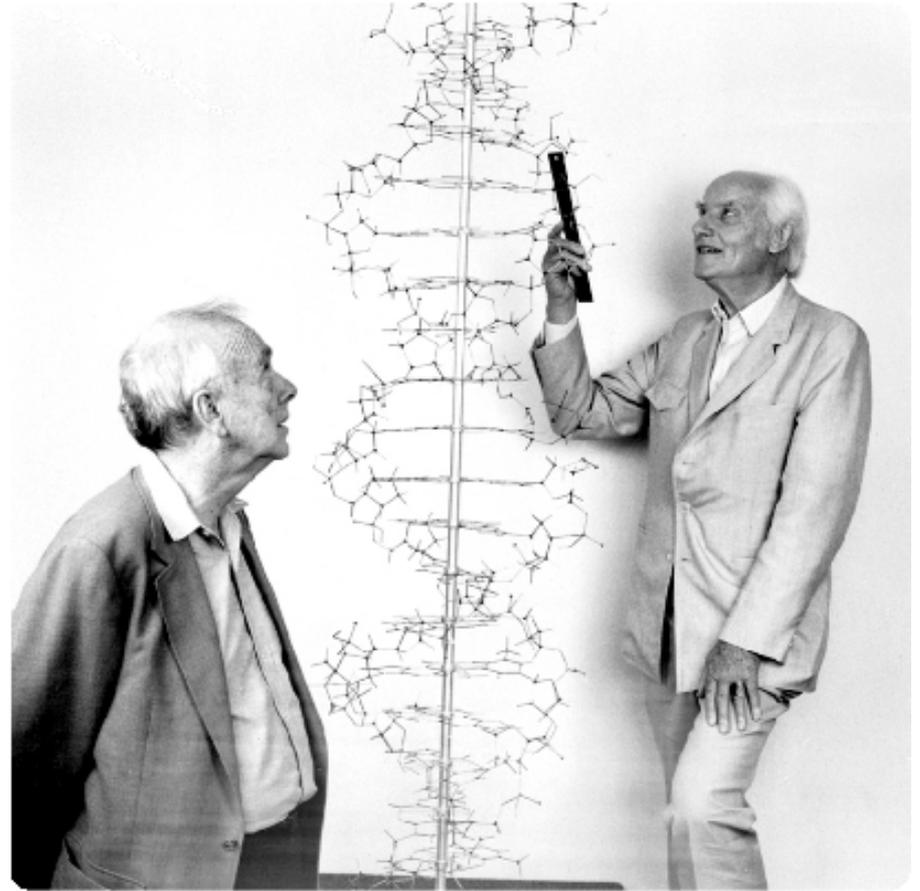
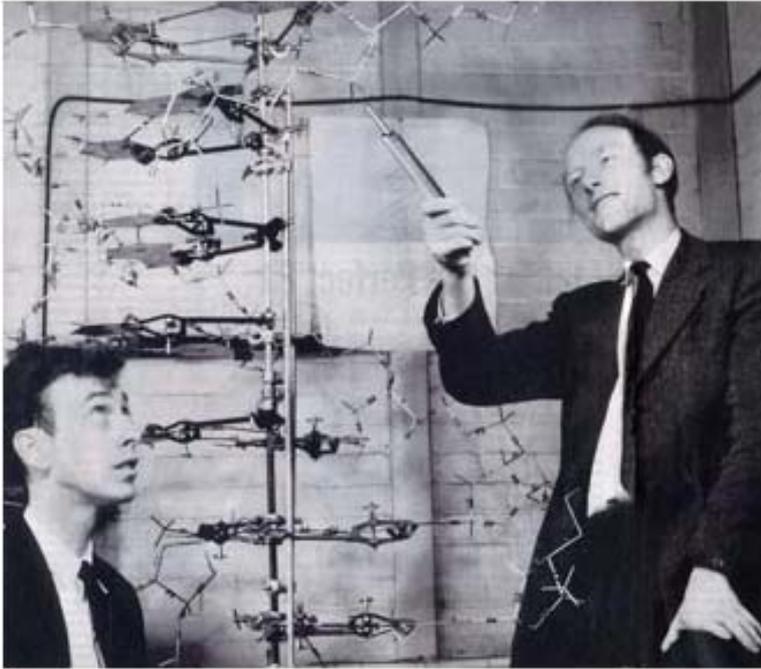
DNA分子為兩股方向相反的聚核苷酸鏈

- 相互纏繞成的右旋的雙股螺旋，去氧核糖與磷酸基暴露在外，攜帶遺傳訊息的鹼基包埋於分子內部，雙股之間以互補鹼基間的氫鍵相連(A與T而G與C配對)
- Watson與Crick所發現的雙螺旋DNA目前稱為B-DNA

## 5. 1979年

以人工合成，具嘌呤嘧啶交替出現(如GCGCGC)的核苷酸鏈以左旋的雙股螺旋存在，稱為Z-DNA，一般認為其與基因表現的調控有關

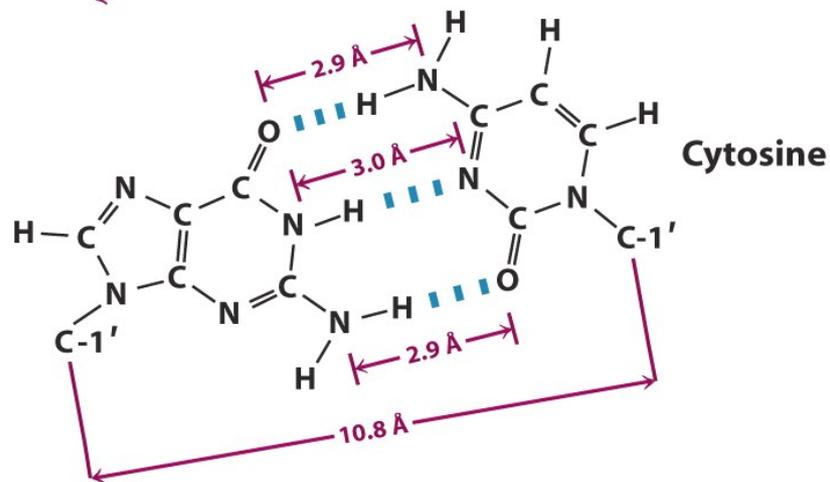
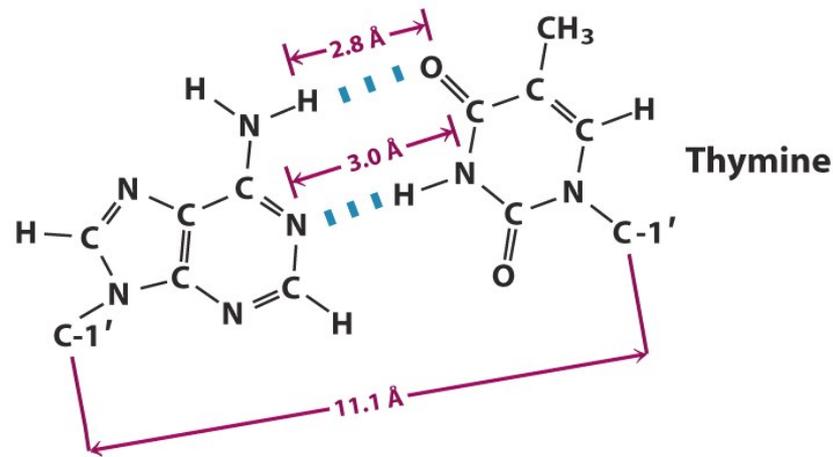
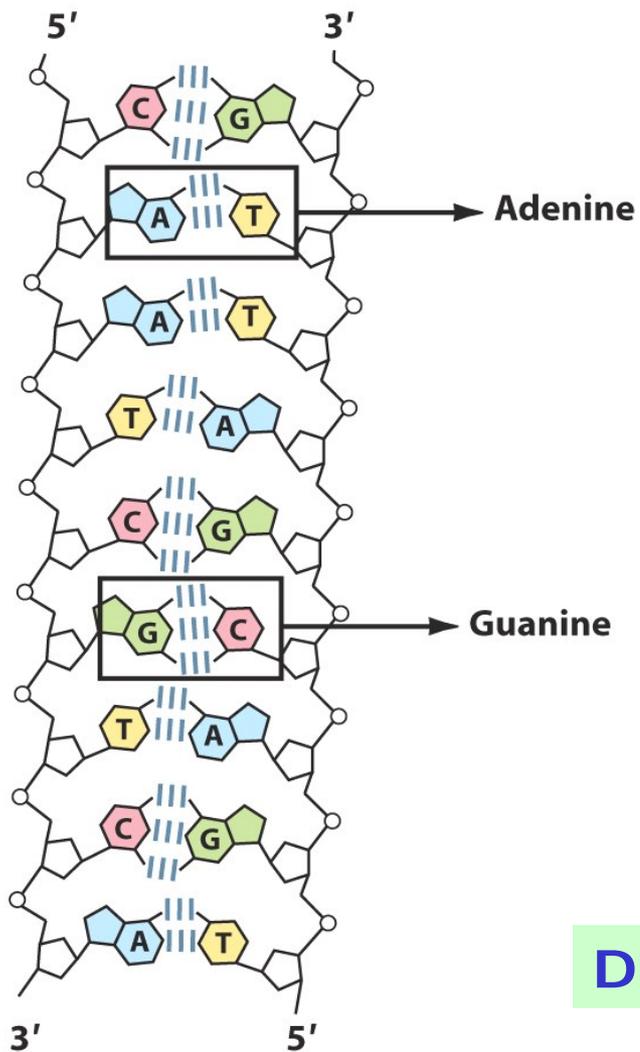
## Watson與Crick



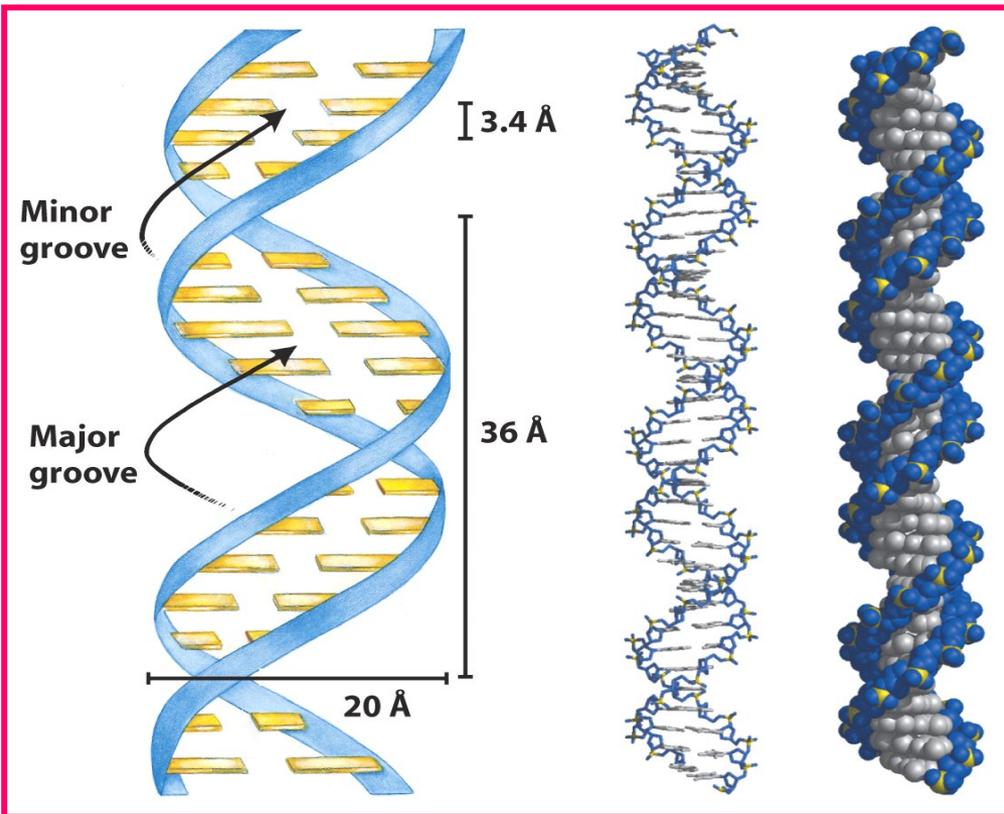
James Watson



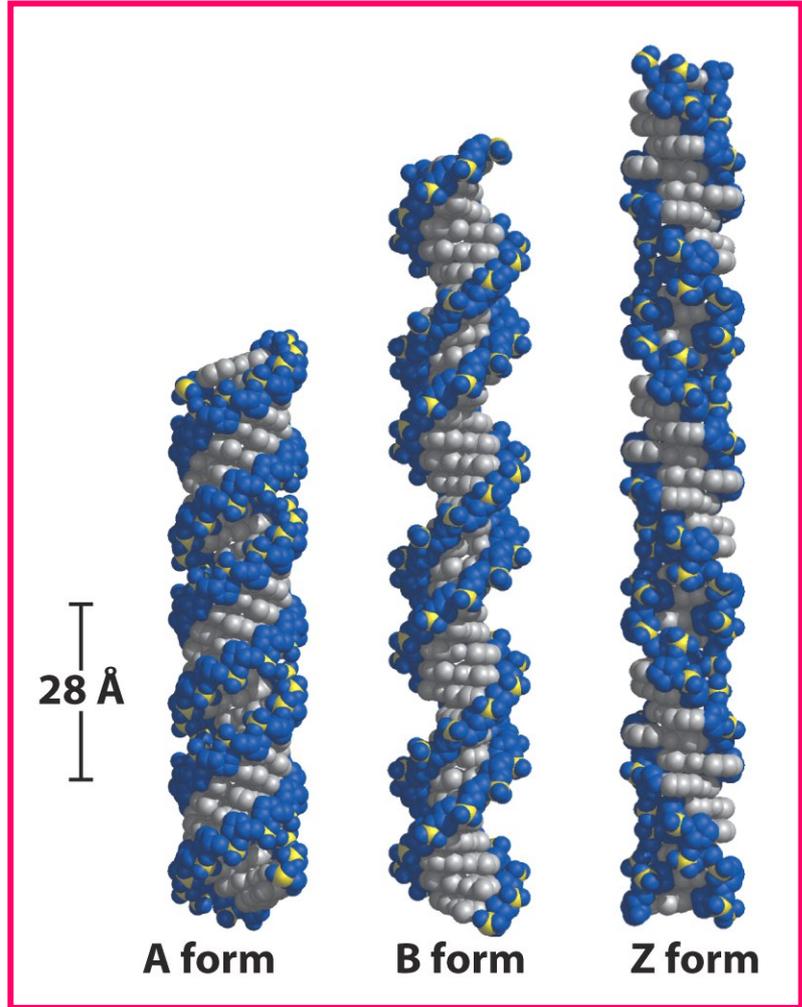
Francis Crick



DNA的兩股以互補鹼基間的氫鍵相連



Watson與Crick的雙螺旋DNA (B-DNA)



## 5. DNA的一級、二級、三級與四級構造

鹼基序列

雙股螺旋

超螺旋

染色體



DNA超螺旋構造

染色體構造



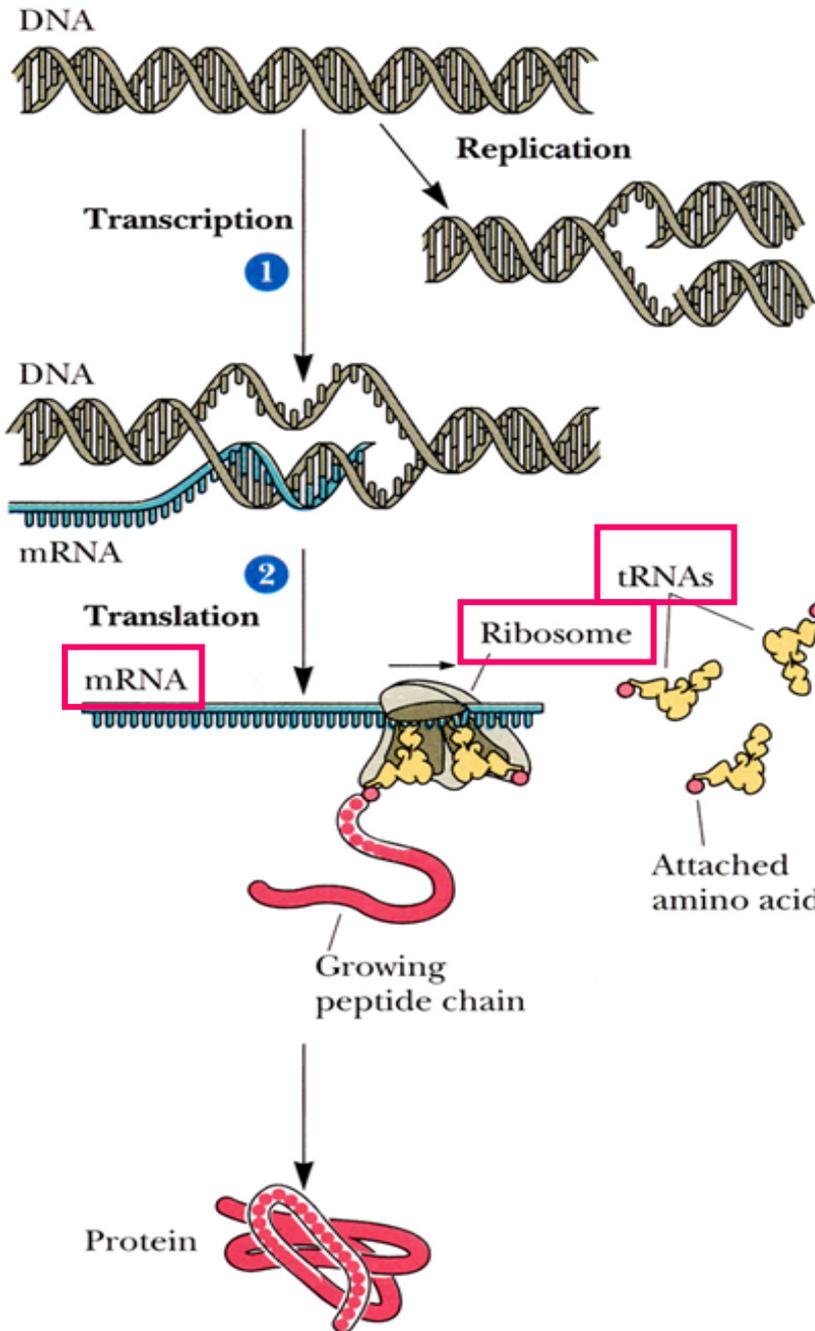
# 核糖核酸 (RNA)

1. RNA分子為單股聚核苷酸鏈，與DNA分子不同
2. RNA主要有mRNA，rRNA與tRNA三類  
mRNA分子為單股構造，rRNA與tRNA分子內則有不同程度的鹼基配對形成
3. 所有mRNA的核苷酸只含A、U、G、C四種鹼基，擔任傳遞DNA遺傳訊息至蛋白質的角色  
每一mRNA分子攜帶一種或數種蛋白質的遺傳密碼，因此細胞內mRNA分子的種類最多，要分離特定的mRNA分子極為困難

### Principle Kinds of RNA Found in an *E. coli* Cell

Type	Sedimentation Coefficient	Molecular Weight	Number of Nucleotide Residues	Percentage of Total Cell RNA
mRNA	6–25	25,000–1,000,000	75–3,000	~2
tRNA	~4	23,000–30,000	73–94	16
rRNA	5	35,000	120	82
	16	550,000	1,542	
	23	1,100,000	2,904	

大腸桿菌細胞內的主要RNA種類



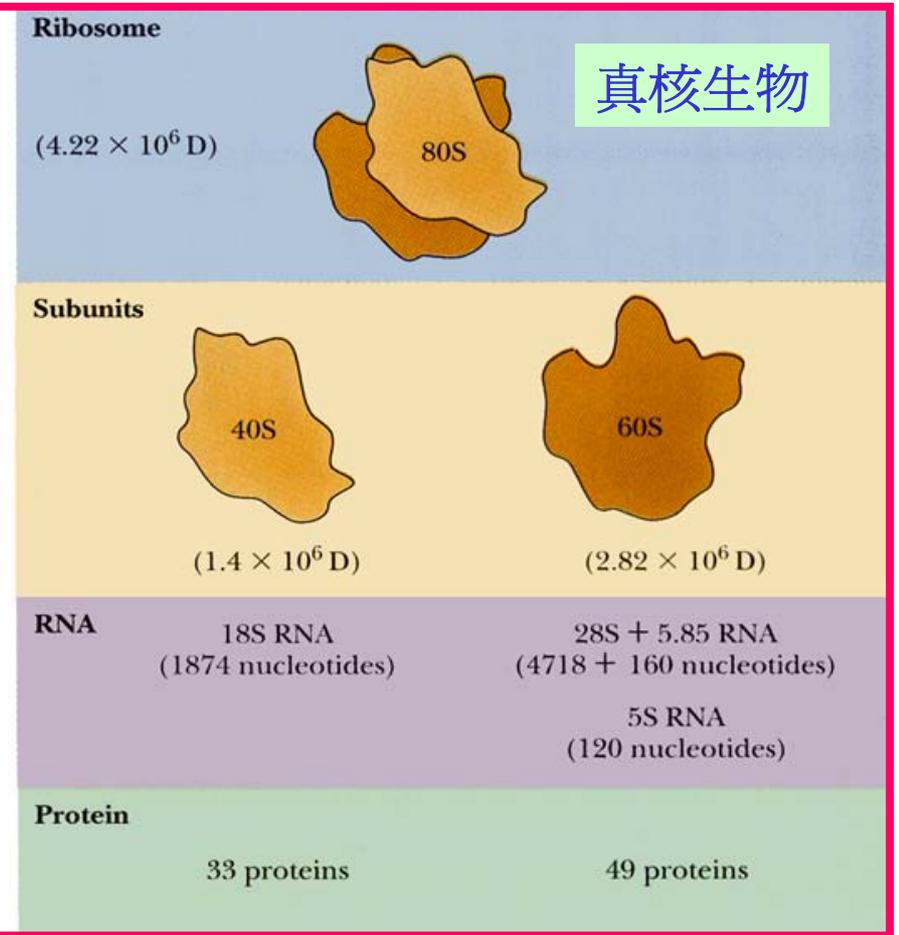
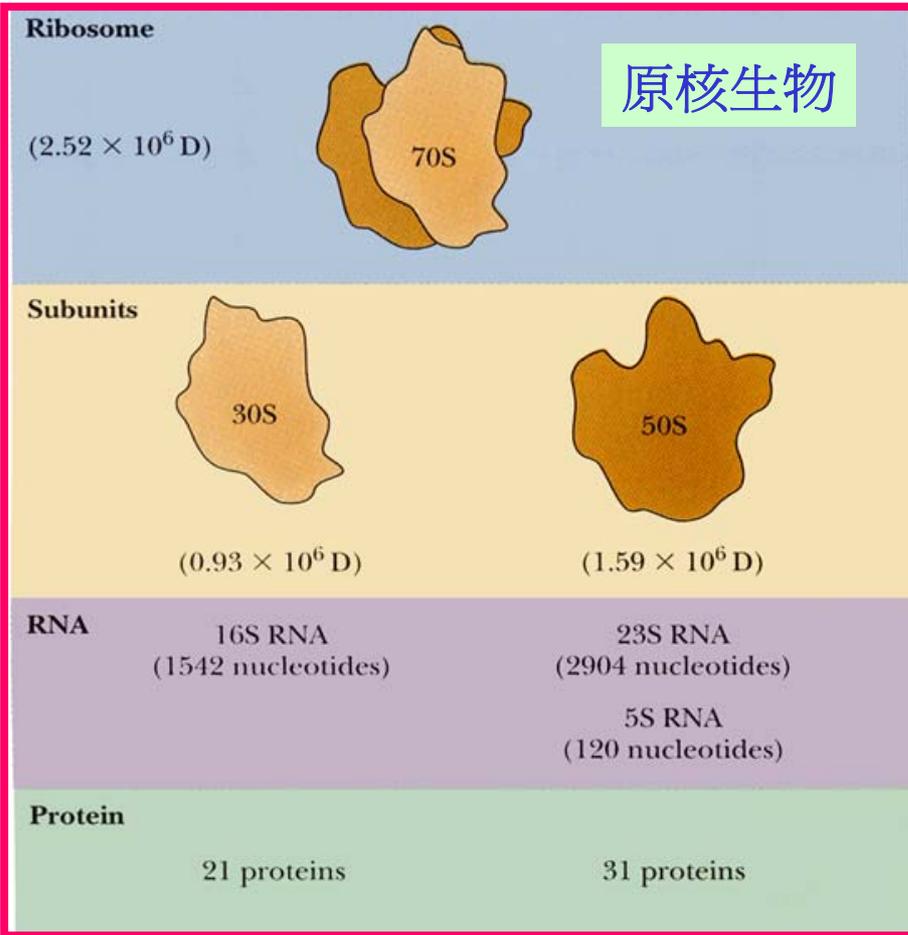
DNA複製

轉錄

轉譯  
- mRNA  
- tRNA  
- Ribosome

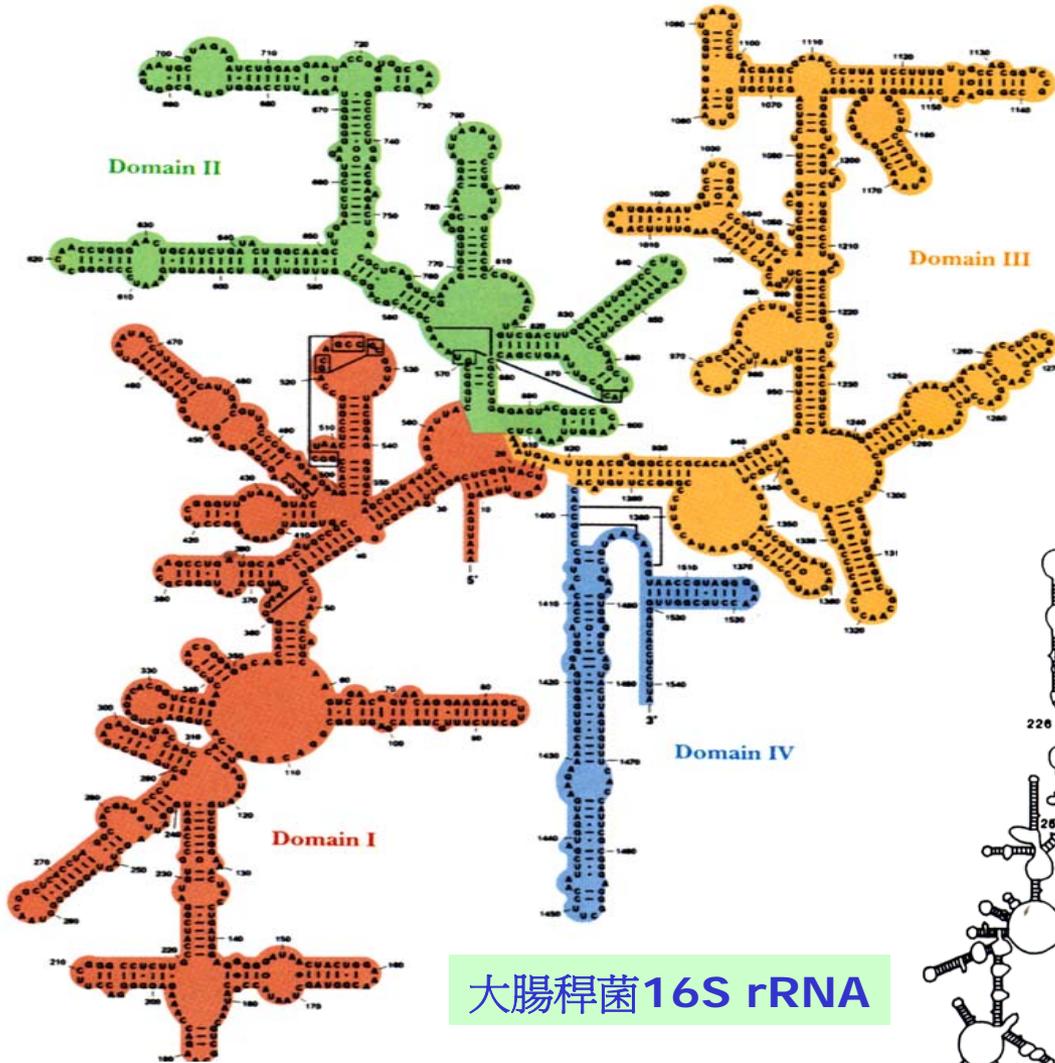
4. **tRNA**在蛋白質合成過程中負責攜帶對應於密碼的胺基酸  
每種胺基酸可有一種或數種**tRNA**與之相對應  
**tRNA**分子的形狀類似苜蓿葉，有四個具特殊功能的部位
  - 胺基酸接合部位
  - **mRNA** (密碼)接合部位
  - 核糖體接合部位
  - 相關酵素的接合部位
5. **rRNA**佔**RNA**總重量的**65%**，是核糖體的主要成分之一
6. 近年的研究中發現幾種具有催化功能的**RNA**，打破過去認為生物催化劑都是蛋白質的觀念



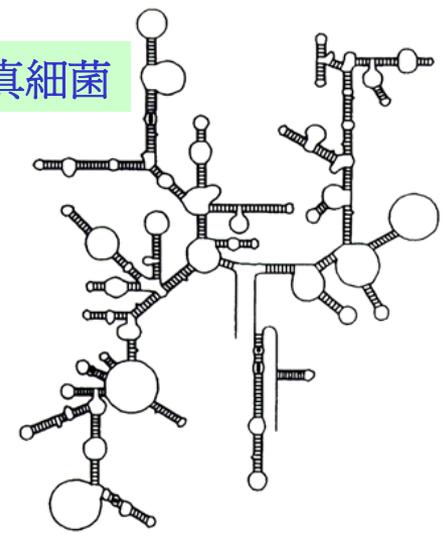


核糖體的構造與組成

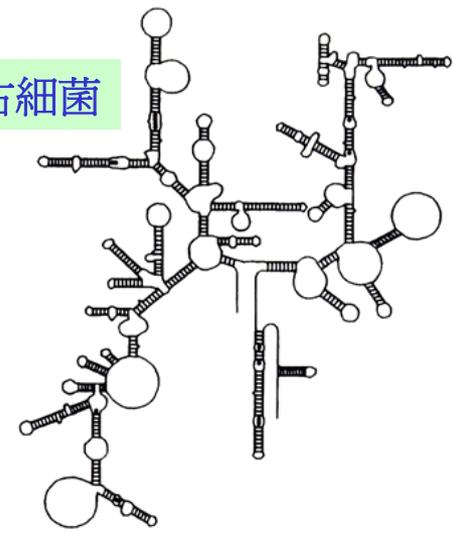
# rRNA的二級與三級構造



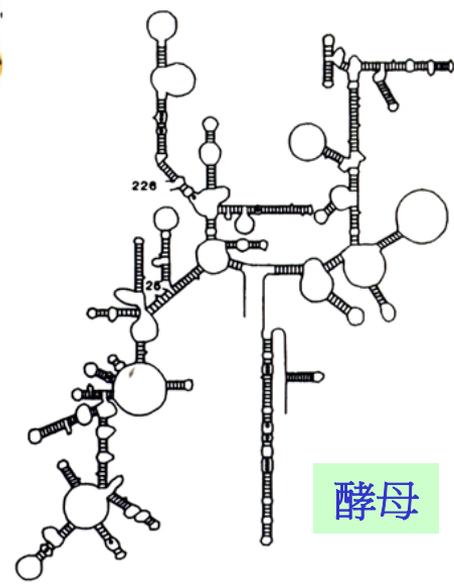
真細菌



古細菌

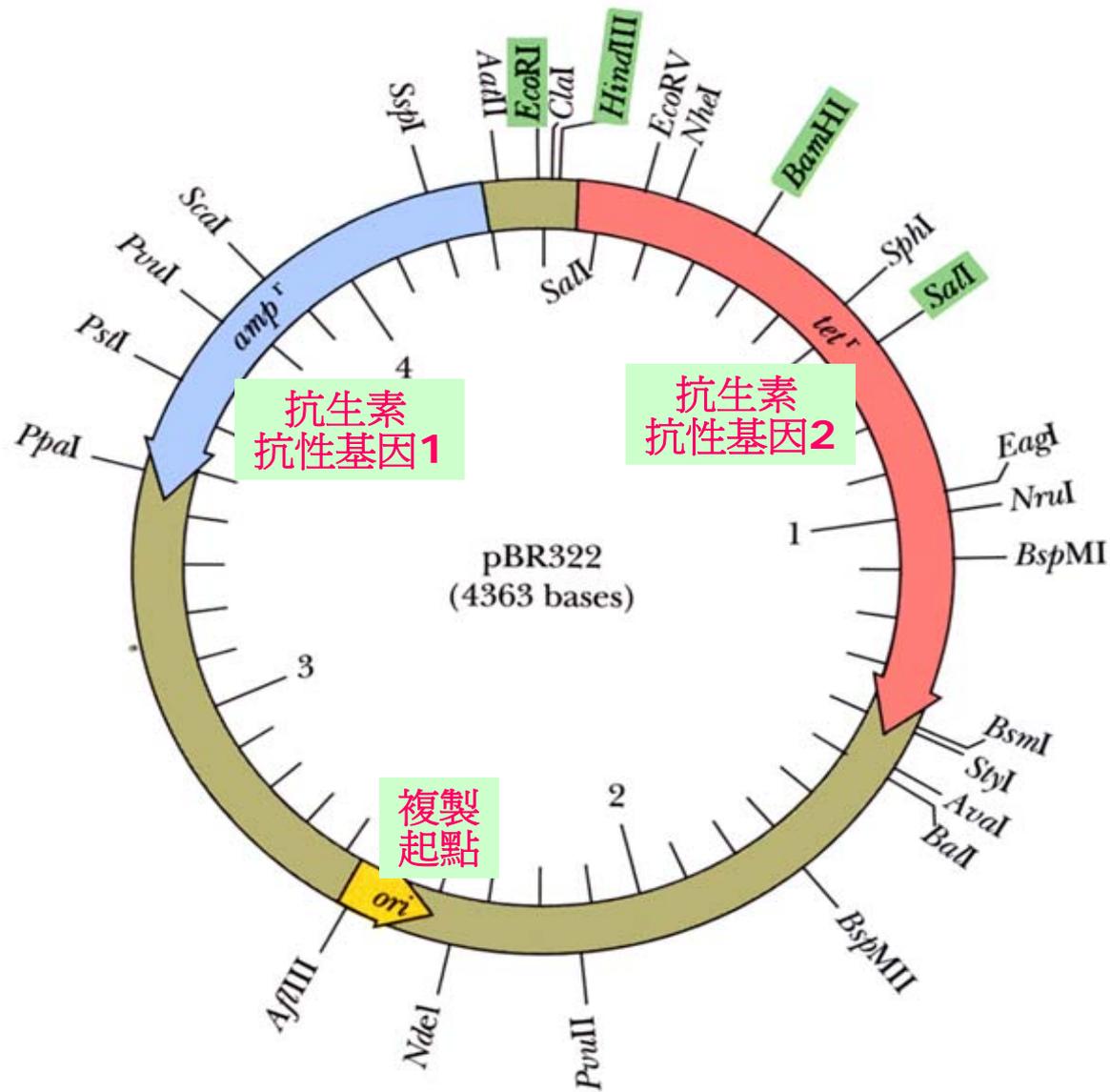


酵母



# 質體

1. 大部分原核細胞與少部分真核細胞，除染色體外尚含有環狀的小**DNA**分子，稱為質體
2. 質體經常帶有對抗生素或重金屬產生抗性的基因，是臨床醫學的一大問題，但此類質體經改造後可以人工方式嵌入外來基因，將外來基因隨質體一併送入細胞內被表現，此類質體稱為基因載體，對遺傳工程的研究貢獻良多



早其被普遍使用的選殖載體pBR322的限制酶切割圖

