

生物大分子簡介

《緒論》

1. 細胞為生物體的基本構造，細胞內所含的物質主要為水與含碳的有機化合物
2. 細胞內主要的有機化合物為醣類、脂質、蛋白質與核酸等“生物大分子”
每類生物大分子各有其特殊的官能基，其特性與構形決定各類大分子的生物功能

《醣類》

1. 醣類為含多元醇(-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 $C_n(H_2O)_m$ ， $n \geq 3$ ，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*，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	例子
燃料分子	葡萄糖
儲存功能	澱粉與肝糖
結構功能	纖維素
辨識功能	寡糖
其它	代謝中間產物

單糖

1. 單糖的分類*

依官能基可分為**醛糖**與**酮糖**

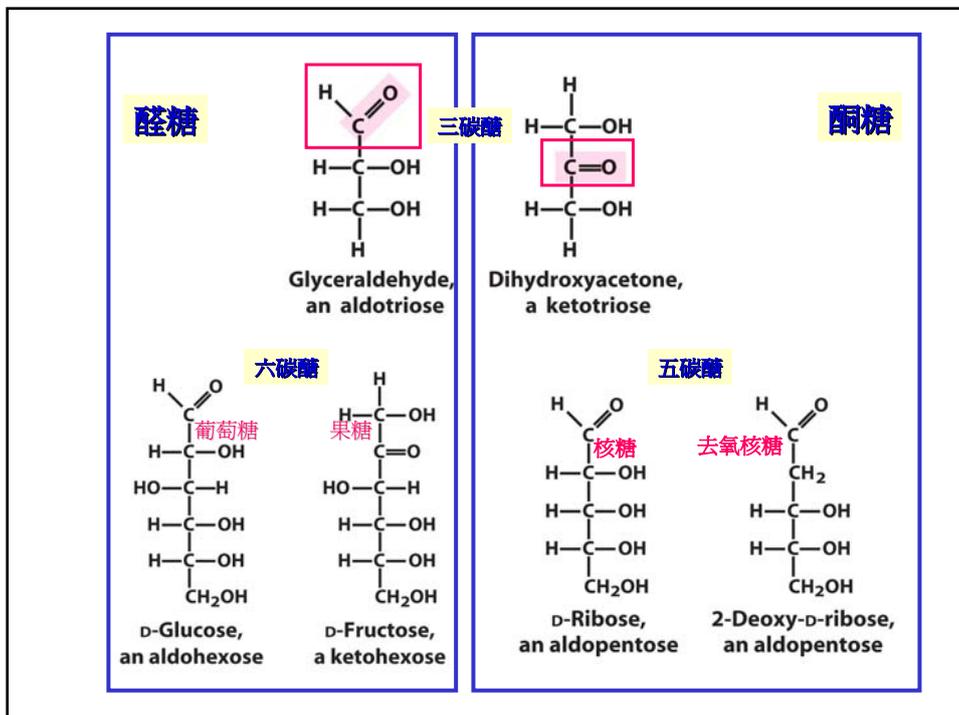
依所含碳原子數目可分為**三碳糖**，**四碳糖**，**五碳糖**，**六碳糖**與**七碳糖**等

細胞內的單糖均以磷酸化的型式存在

2. 常見的單糖

六碳糖，如**葡萄糖**、**半乳糖**、**果糖**與**甘露糖**

五碳糖，如**核糖**與**去氧核糖**



3. 單醣分子在水溶液中的構造

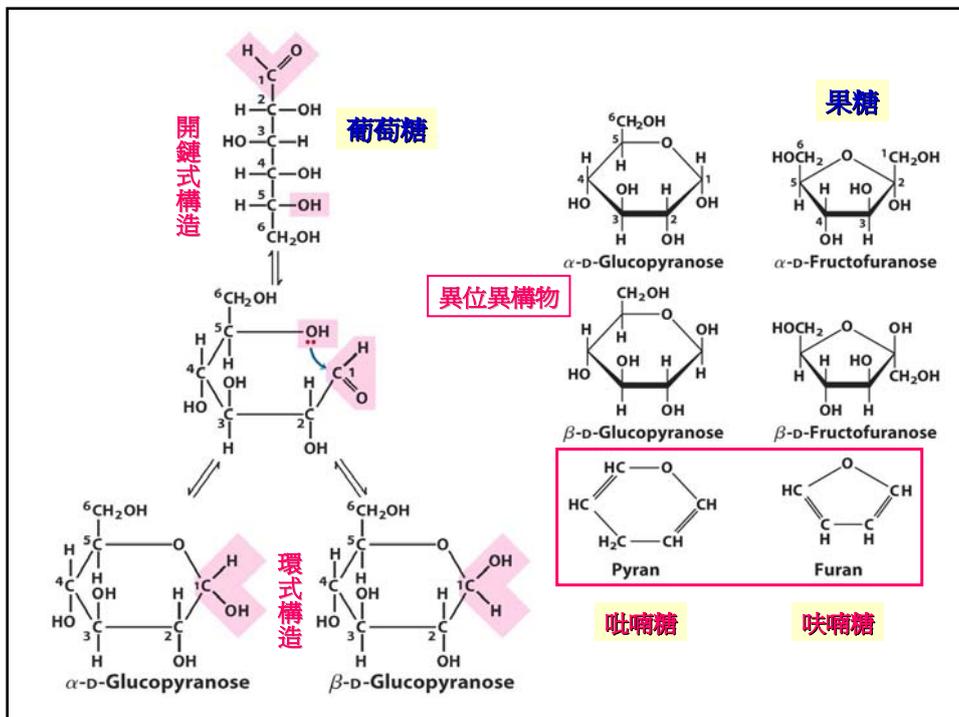
以葡萄糖為例

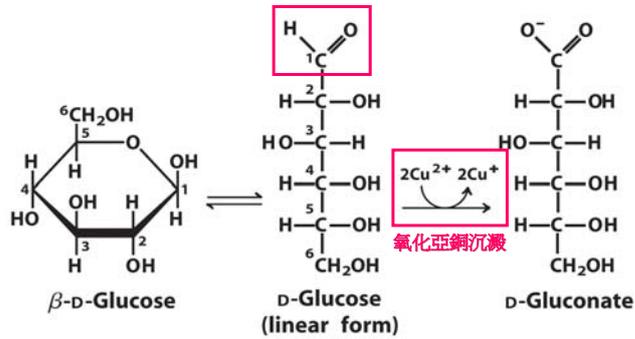
- 可在開鏈式與六元環的環式結構間快速互變*
- 在鹼性的CuSO₄溶液中，所含的醛基或酮基仍具有反應性，可將Cu⁺²還原成Cu⁺，故單醣為還原糖*

以果糖為例

4. 水溶液中葡萄糖的立體構形

葡萄糖的實際立體構形有船形或椅形兩種*，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

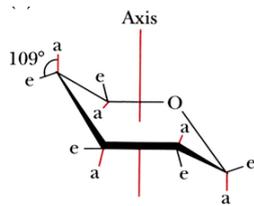




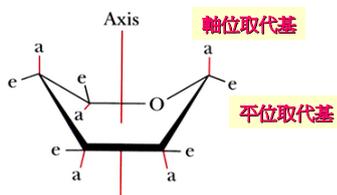
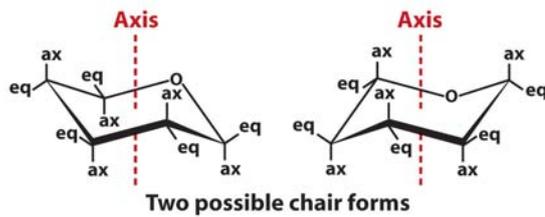
菲林反應 (Fehling's reaction)



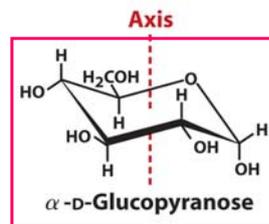
血糖或糖尿的測定



椅形



船形



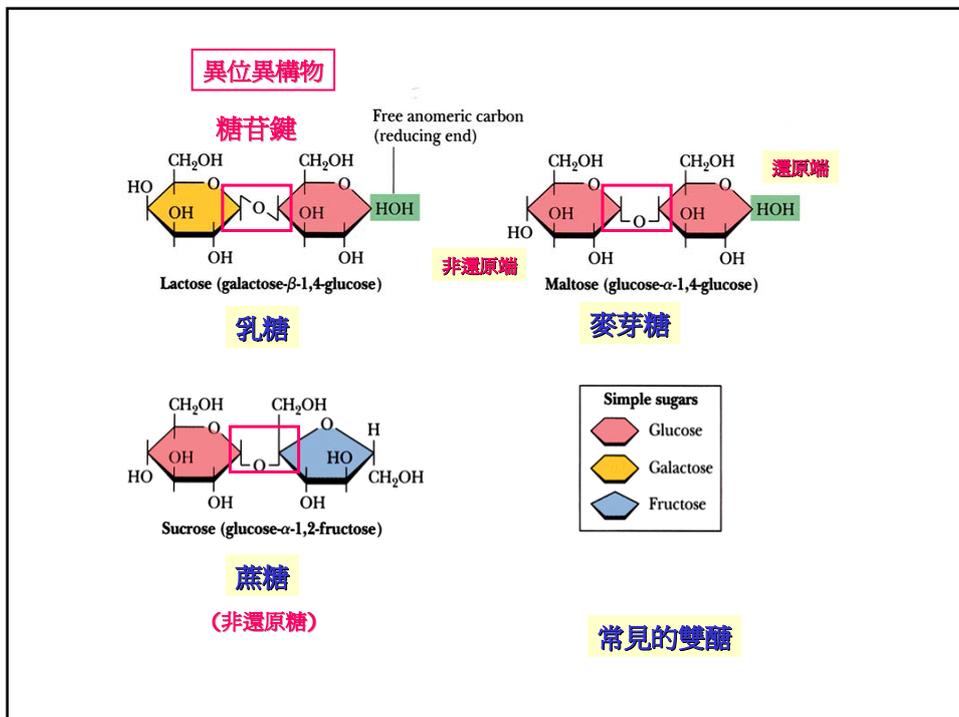
葡萄糖的立體構造

雙糖與寡糖

1. 雙糖由兩個單糖分子以糖苷鍵結合而成

常見的雙糖有麥芽糖、乳糖與蔗糖

- 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，為還原糖
- 乳糖*由半乳糖與葡萄糖以 $\beta(1 \rightarrow 4)$ 糖苷鍵結合，為乳汁中主要的糖成分，為還原糖
- 蔗糖*由葡萄糖與果糖以 $\alpha(1 \rightarrow 2)$ 糖苷鍵結合，以甘蔗與甜菜中含量最多，是一般食用的糖，為非還原糖

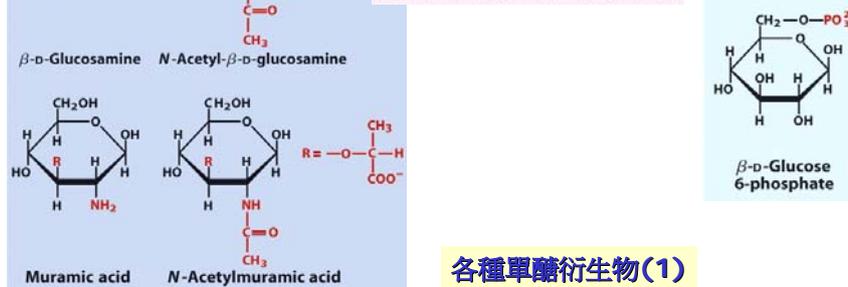
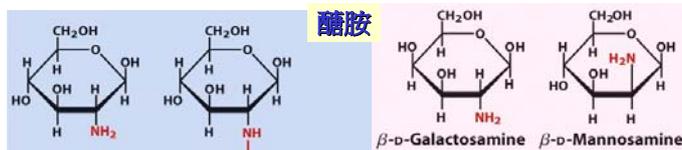
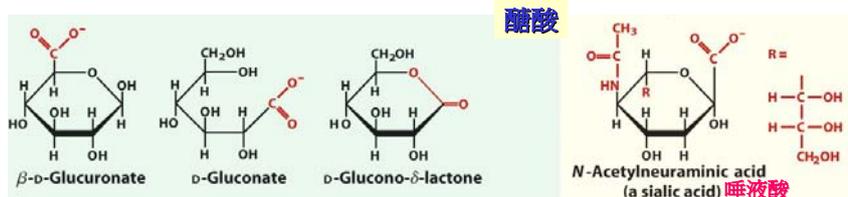


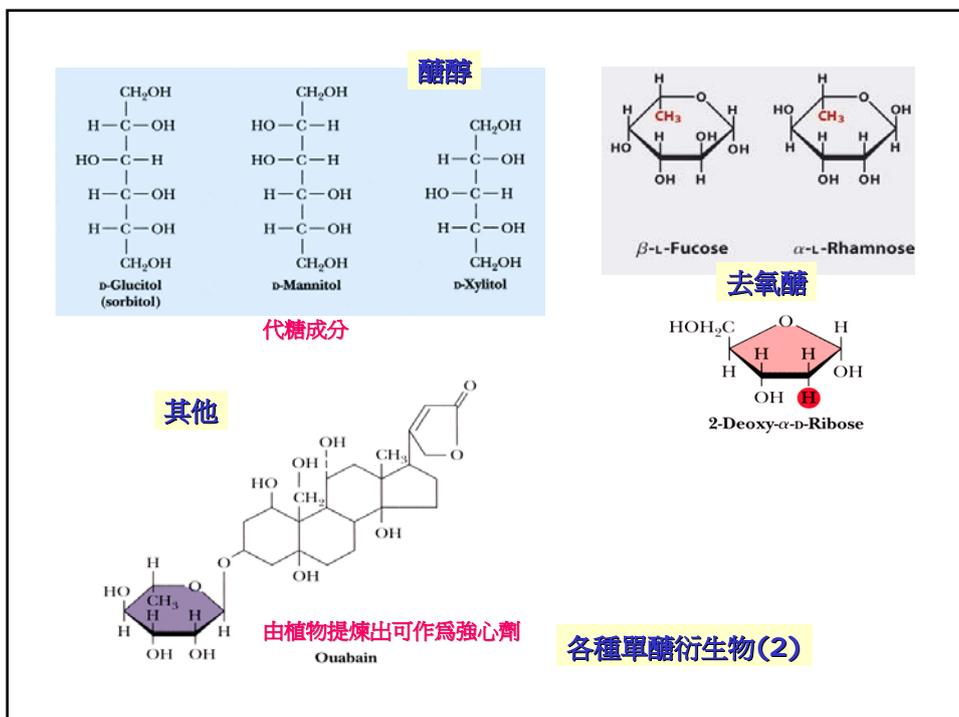
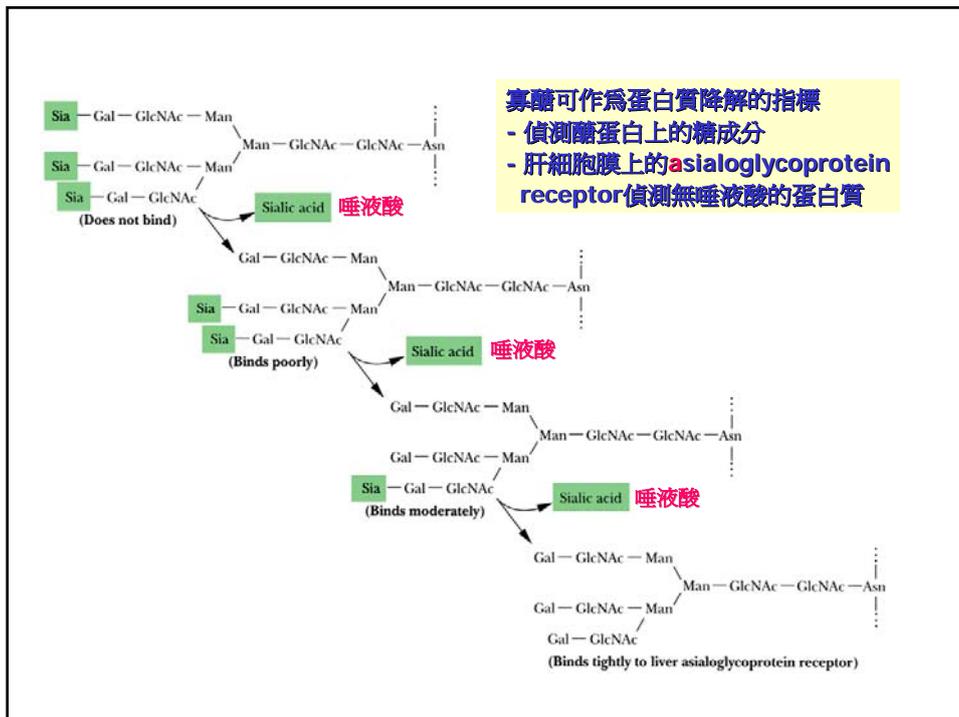
2. 寡糖分子通常由不同種類的單糖或單糖衍生物連接而成
常見的單糖衍生物*

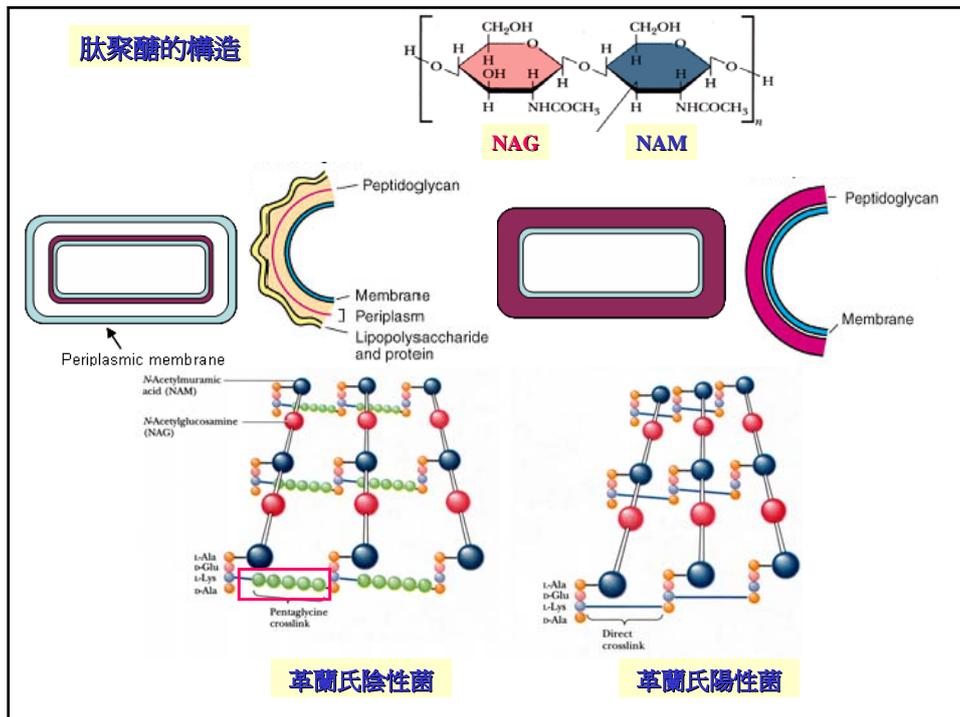
- 醣酸、醣胺、醣酯、去氧醣
- 醣醇

3. 寡糖通常與其他成分連接，如醣蛋白、醣脂或肽聚醣

4. 寡糖有多元的功能*
醣體學(glycomics)

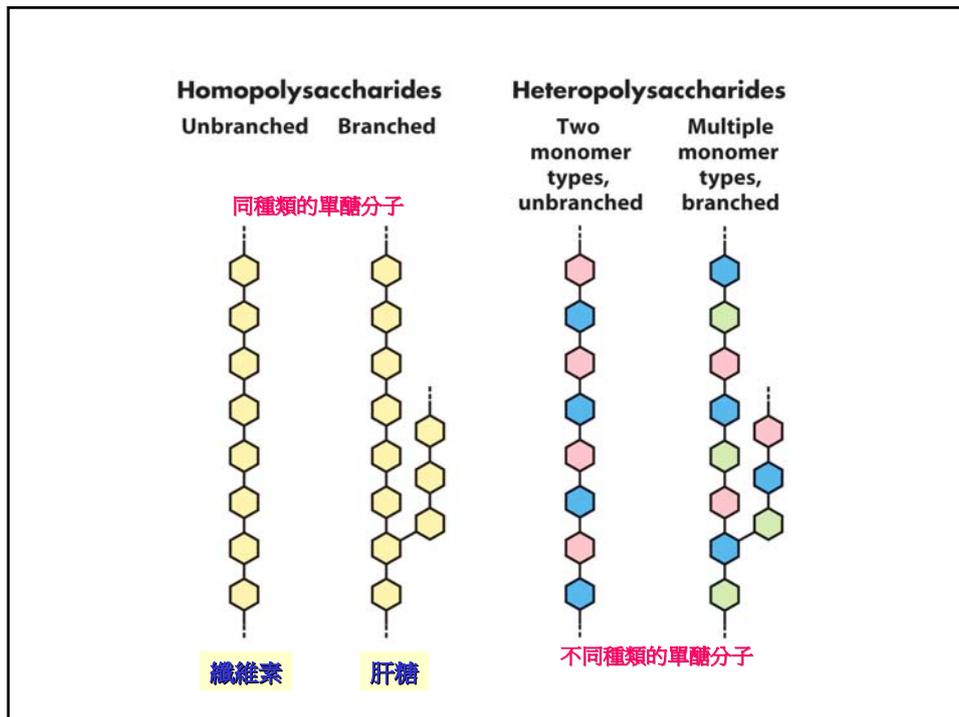






多醣

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



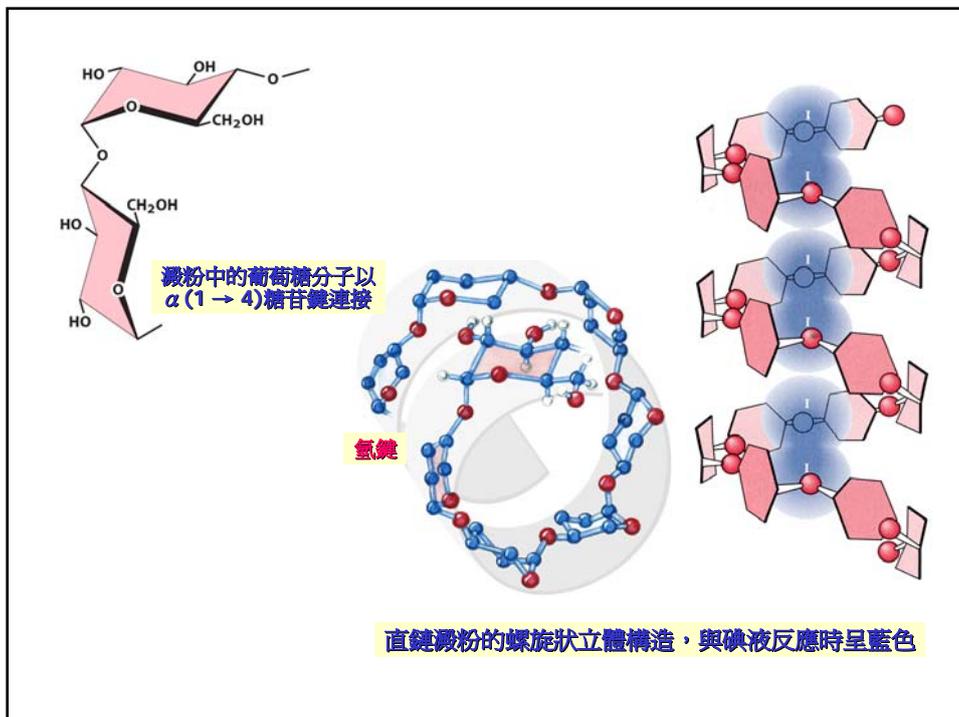
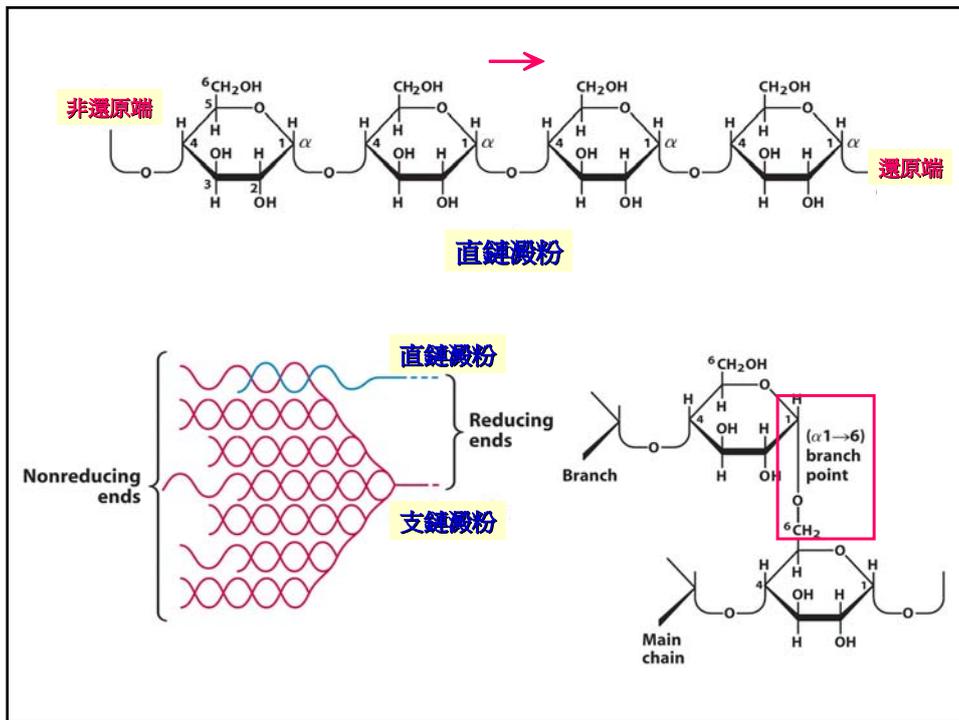
3. 澱粉可分直鏈澱粉與支鏈澱粉*

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，可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 $\alpha(1 \rightarrow 4)$ 糖苷鍵連接，但支鏈為 $\alpha(1 \rightarrow 6)$ 鍵結，與碘液反應時呈紫紅色

4. 肝糖的結構與支鏈澱粉類似，與碘液反應時呈紫紅色

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

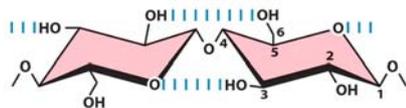


6. 結構性多醣中的纖維素，是植物細胞壁的主要成分，也是自然界含量最多的化合物

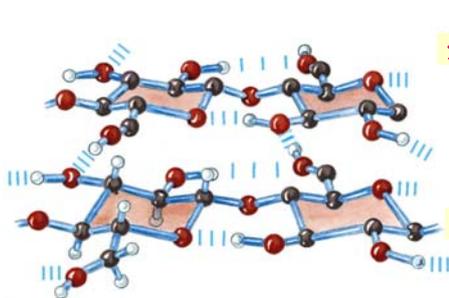
纖維素也是聚葡萄糖，但組成的葡萄糖分子間以 $\beta(1 \rightarrow 4)$ 糖苷鍵連接，人體無法消化利用

纖維素的構造較為展延*，適合擔任結構支撐與保護的角色

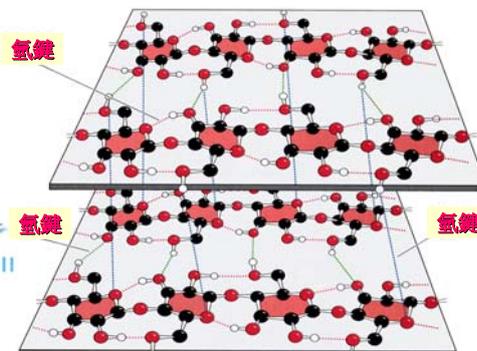
7. 甲殼動物外骨骼的幾丁質與動物細胞膜外或細胞間質的黏多醣也是由不同單醣衍生物構成的結構性多醣，其醣分子間的鍵結多為 $\beta(1 \rightarrow 4)$ 的形式

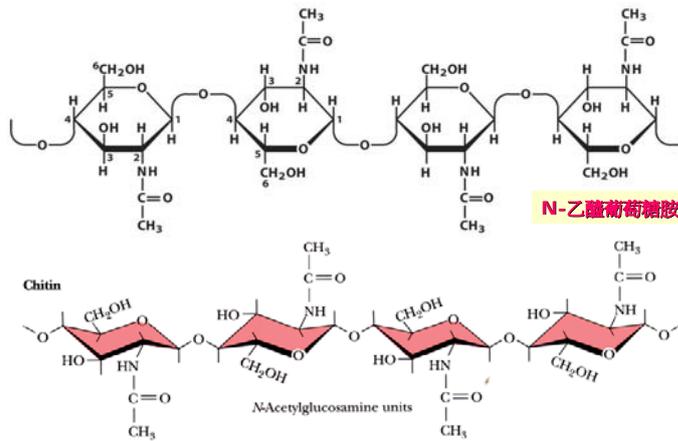


纖維素中的葡萄糖分子以 $\beta(1 \rightarrow 4)$ 糖苷鍵連接



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

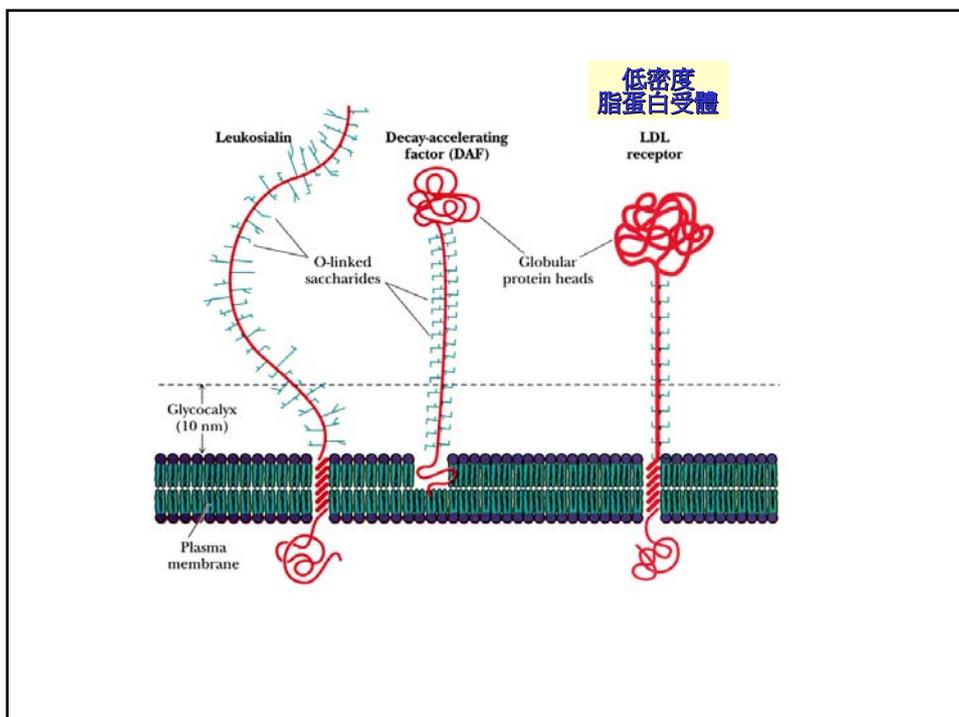
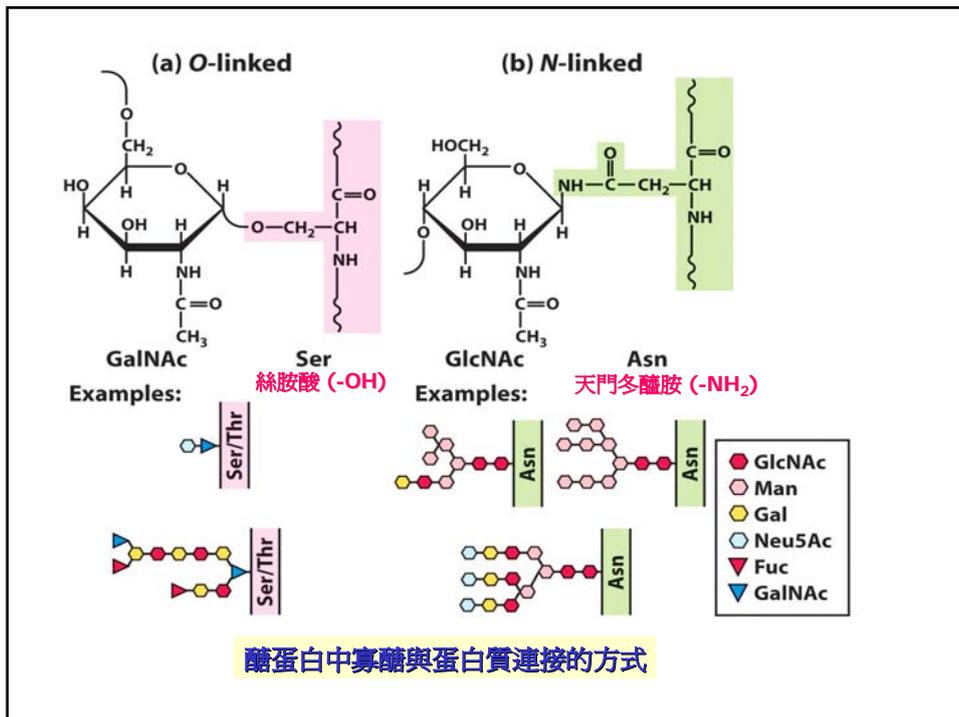
醣蛋白

1. 醣蛋白*

一種以共價鍵與醣分子(通常為寡醣)結合的複合蛋白，分佈廣、種類繁多，具有多種重要的生理功能，所含的醣成份包括各種單糖及單糖衍生物

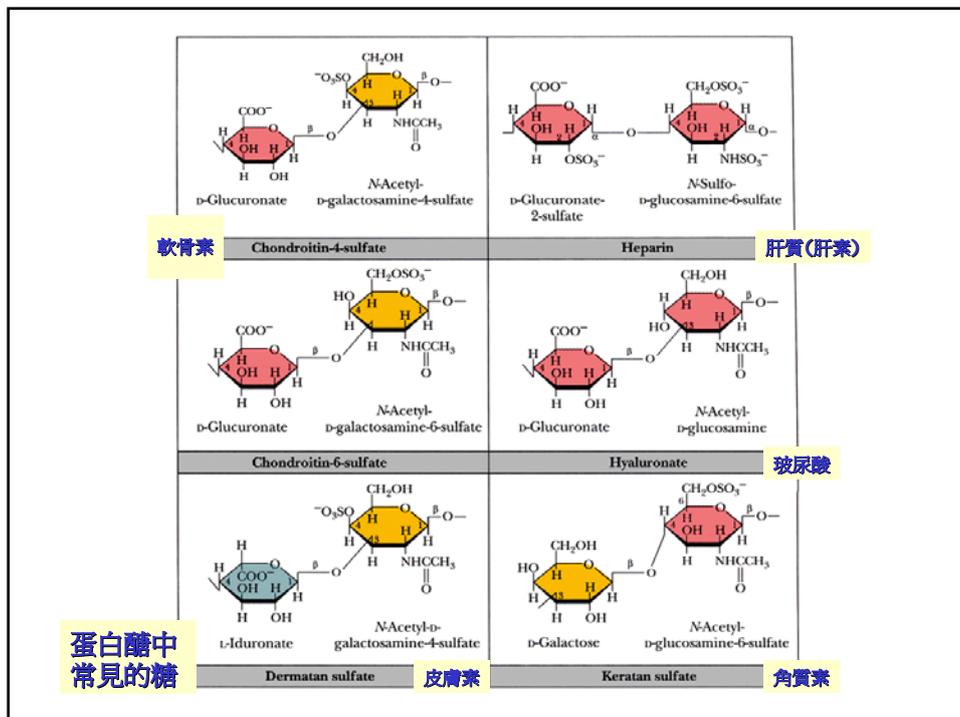
2. 動物體內，醣蛋白多存於細胞表面或分泌至細胞外，如受體蛋白，抗體與，激素與水解酵素等

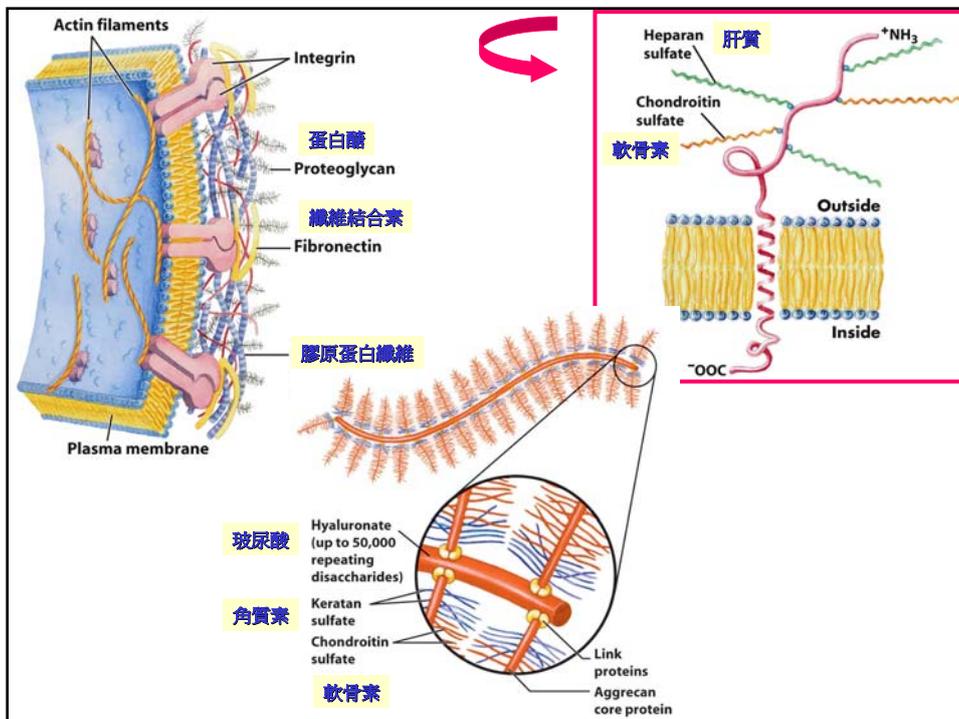
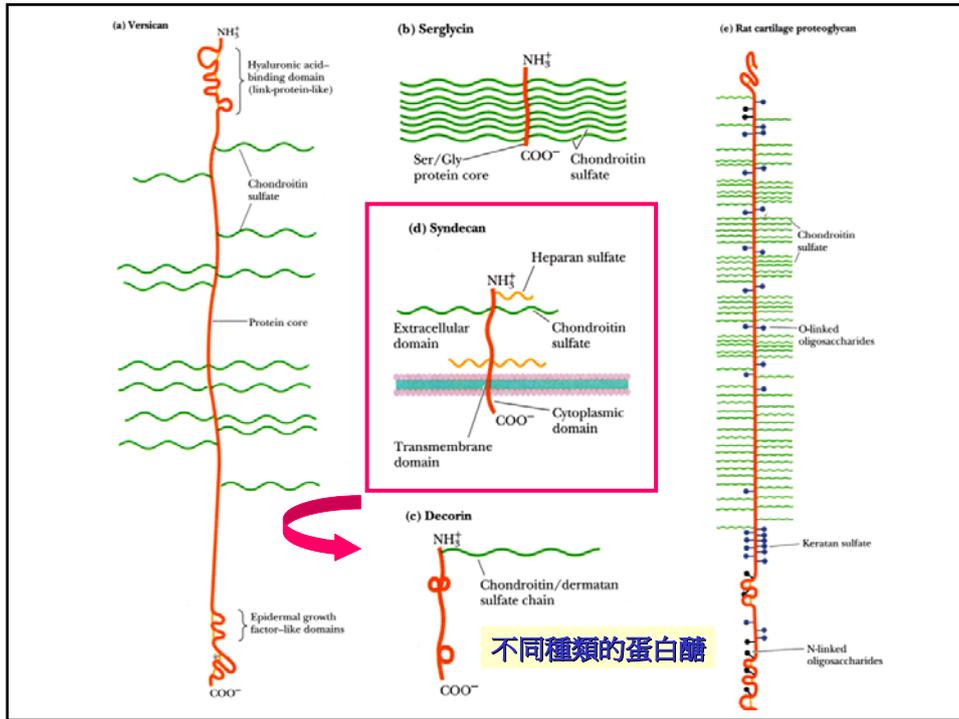
3. 醣蛋白中醣成分的功能雖未確立，但一般認為可能會影響蛋白質的構形、安定性與生物活性，與胚胎的發育分化，或細胞的辨識等有關

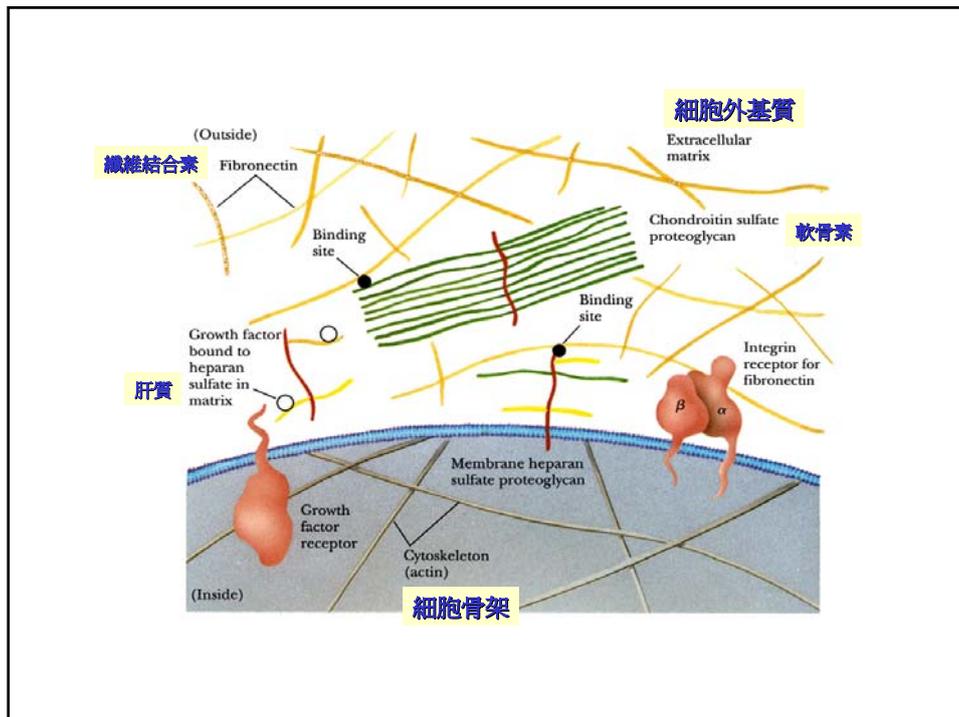


蛋白醣

1. 結締組織中的主要聚合物如軟骨醣與肝質醣均屬於蛋白醣，此類成份在各組織細胞間質(細胞外基質)的基液中分佈極廣，如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”







《脂質》

1. 脂質

不溶於水但溶於有機溶劑，其化學組成極不相同但依其功能可歸類如表二*

脂體學(lipidomics)

2. 脂質可和醣類或蛋白質結合而形成醣脂或脂蛋白

3. 脂質的分類可依其化學結構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

各類脂質的純化與分析最常用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	例子
結構功能	細胞膜的磷脂類
運輸功能	血液中的脂蛋白、白蛋白
保護功能	組織器官周圍的三酸甘油脂
儲存功能	脂肪組織中的三酸甘油脂
調節管制功能	膽固醇衍生的激素
其它	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. 脂肪酸的區別在於所含碳鏈的長短與雙鍵的數目及位置，自然界常見的脂肪酸如表三*
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

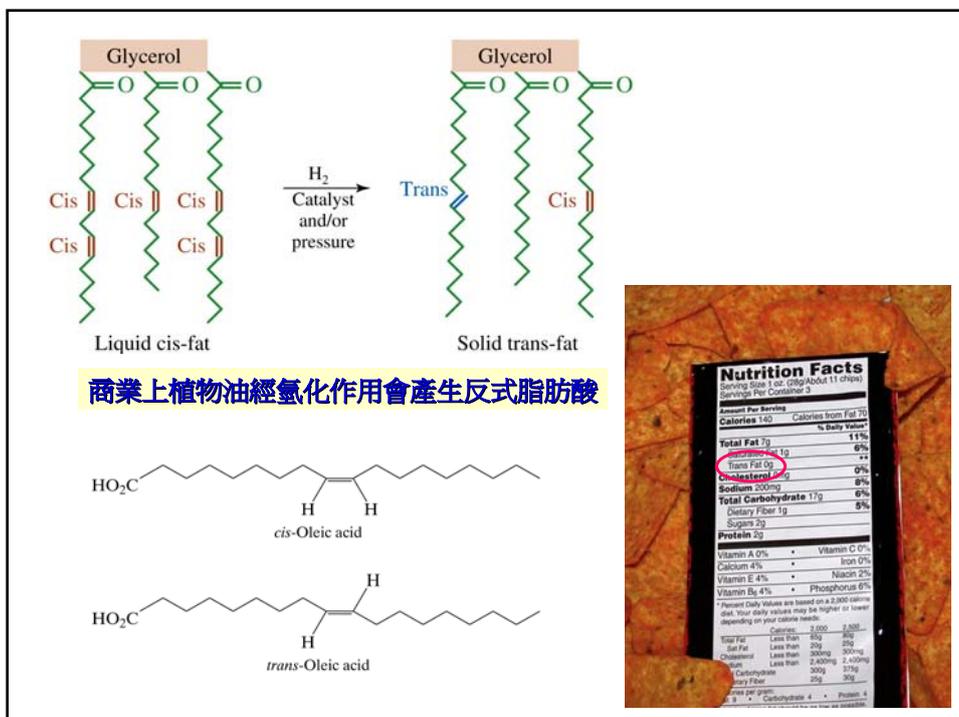
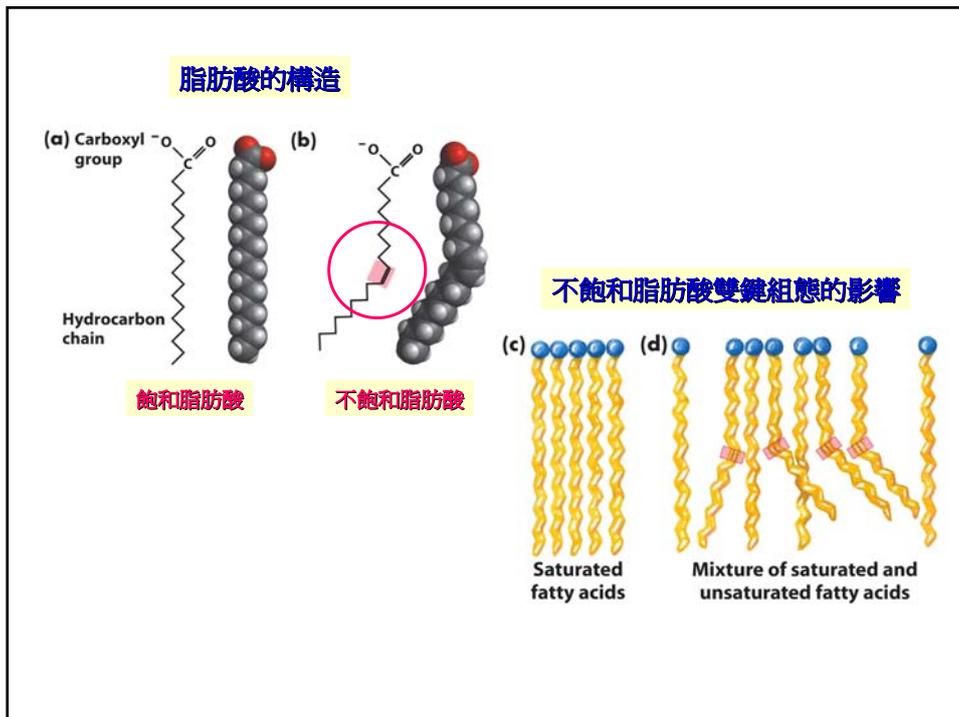
表三 常見的脂肪酸

常用名稱	結構式	符號
飽和脂肪酸		
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
不飽和脂肪酸		
油酸	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	18:1, Δ^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, $\Delta^{5,8,11,14}$

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
 自然界存在的不飽和脂肪酸，其雙鍵的組態為順式(cis)
 反式脂*

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 α (第2個碳原子)、 β (第3個碳原子)及 γ 碳原子
 (第4個碳原子)等，最後一個含甲基的碳原子則稱為
 ω 碳原子



	Trans fatty acid content	
	In a typical serving (g)	As % of total fatty acids
French fries	4.7–6.1	28–36
Breaded fish burger	5.6	28
Breaded chicken nuggets	5.0	25
Pizza	1.1	9
Corn tortilla chips	1.6	22
Doughnut	2.7	25
Muffin	0.7	14
Chocolate bar	0.2	2

Source: Adapted from Table 1 in Mozaffarian, D., Katan, M.B., Ascherio, P.H., Stampfer, M.J., & Willet, W.C. (2006) Trans fatty acids and cardiovascular disease. *N. Engl. J. Med.* 354, 1604–1605.

Note: All data for foods prepared with partially hydrogenated vegetable oil in the United States in 2002.

6. ω -6脂肪酸

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

7. ω -3脂肪酸

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

三酸甘油酯

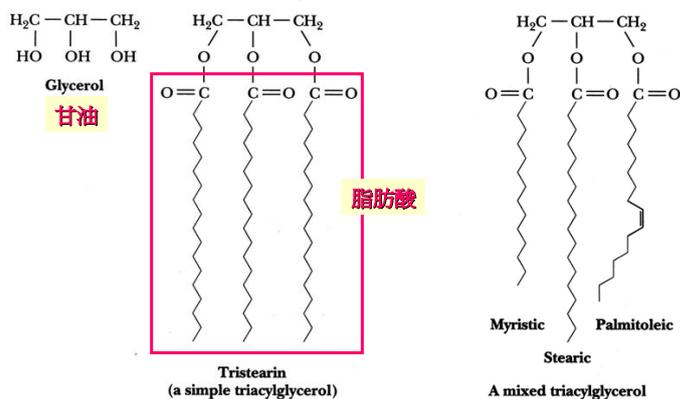
1. 三酸甘油酯(酯)*

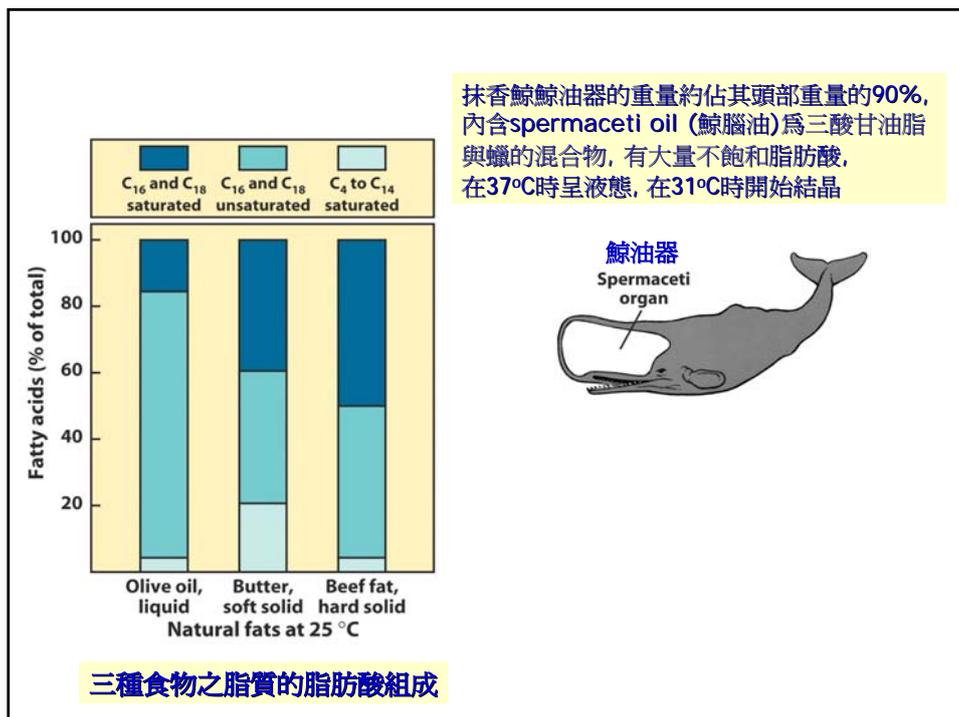
俗稱**中性脂**，是動植物體儲存脂質的主要形式，也是自然界含量最多的脂質

2. 在室溫下為固態者一般稱為**脂肪**，為液態者稱為**油**

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

三酸甘油酯的構造





甘油磷脂類

1. 甘油磷脂

含有磷酸基的甘油酯*，為細胞膜的主要成分

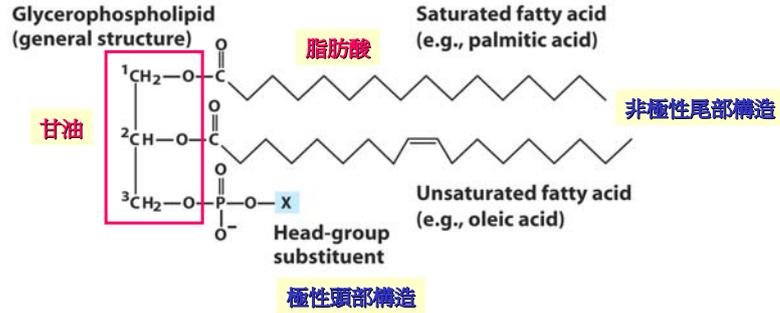
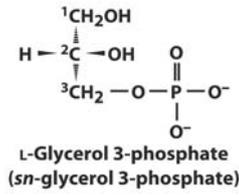
2. 甘油磷脂分子的構造

有脂肪酸長鏈(碳氫鏈)組成的非極性尾部構造及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

依連接於磷酸基的分子之構造、大小與帶電荷情形加以區分

磷脂質的共同結構



Name of glycerophospholipid	Name of X	Formula of X	Net charge (at pH 7)
Phosphatidic acid	—	—H	-1
Phosphatidylethanolamine	Ethanolamine	—CH ₂ —CH ₂ —NH ₃ ⁺	0
Phosphatidylcholine	Choline	—CH ₂ —CH ₂ —N ⁺ (CH ₃) ₃	0
Phosphatidylserine	Serine	—CH ₂ —CH(NH ₃ ⁺)—COO ⁻	-1
Phosphatidylglycerol	Glycerol	—CH ₂ —CH(OH)—CH ₂ —OH	-1
Phosphatidylinositol 4,5-bisphosphate	myo-Inositol 4,5-bisphosphate		-4
Cardiolipin	Phosphatidyl-glycerol	$ \begin{array}{c} -\text{CH}_2 \\ \\ \text{CH-OH} \\ \\ \text{CH}_2-\text{O}-\text{P}(=\text{O})(\text{O}^-)-\text{O}-\text{CH}_2 \\ \\ \text{CH-O-C-R}^1 \\ \\ \text{CH}_2-\text{O}-\text{C-R}^2 \end{array} $	-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，可分為神經磷脂類與神經醯脂類

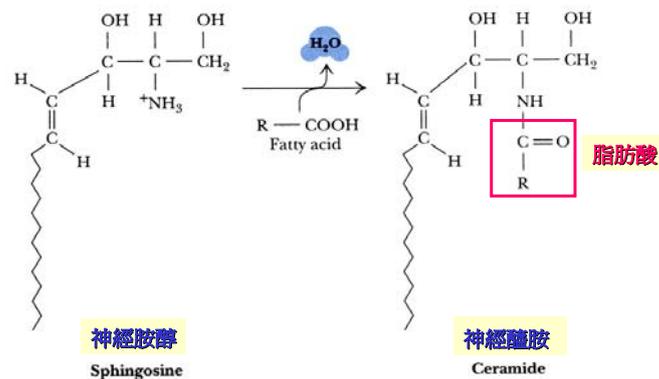
2. 膽固醇*

主要的動物固醇

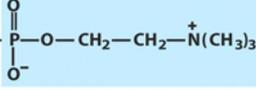
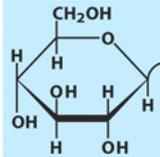
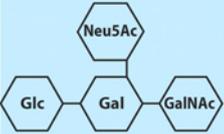
- 植物有豆固醇

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

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	
Neutral glycolipids Glucosylcerebroside	Glucose	
Lactosylceramide (a globoside)	Di-, tri-, or tetrasaccharide	
Ganglioside GM2	Complex oligosaccharide	

各類神經脂質

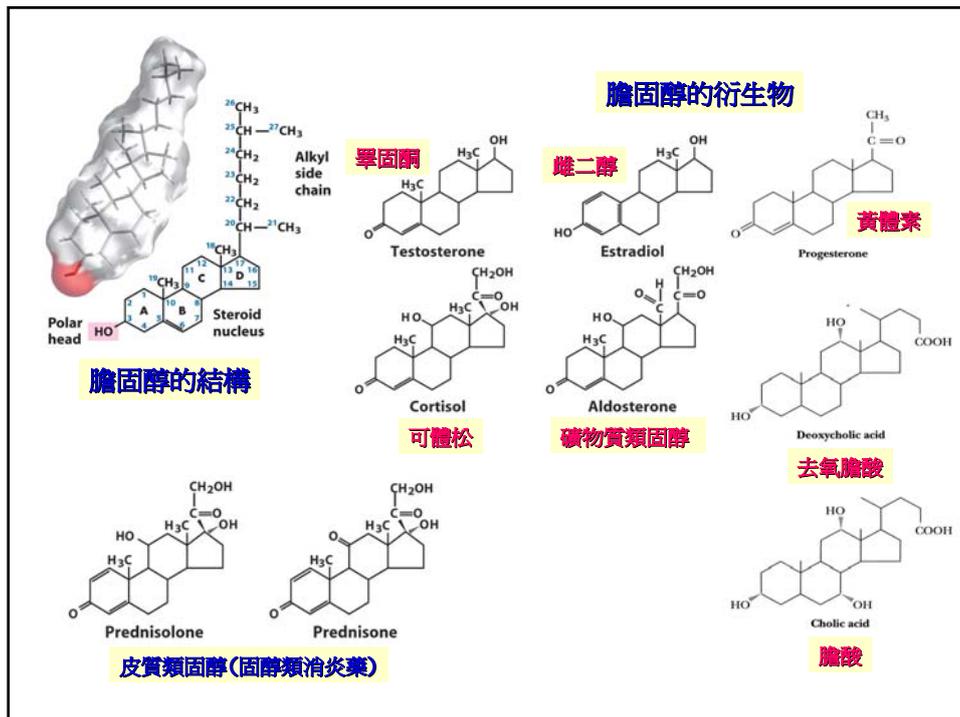
3. 膽固醇的代謝產物或衍生物*具有重要的生理功能

7-去氫膽固醇是維生素D的先驅物

膽汁中的膽鹽由膽固醇代謝而來，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

由長鏈脂肪酸(14~36個碳)與長鏈一元醇(16~30個碳)或固醇形成的固態酯質，為皮膚、羽毛、樹葉、果實與昆蟲外殼等保護覆被的成分

熔點為60~100°C，廣泛應用於製藥、化妝品與其他工業，如棕櫚蠟、羊毛脂、蜂蠟等

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

Oleoyl alcohol **Stearic acid**

蠟的組成

蜂蠟的主要成分
-triacontanoylpalmitate

$$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\text{CH}_2-(\text{CH}_2)_{28}-\text{CH}_3$$

Palmitic acid **1-Triacontanol**

異戊二烯

Geraniol

Tail-to-tail linkage

MONOTERPENES

Limonene **Citronellal** **Menthol**

SESQUITERPENES

Bisabolene

DITERPENES

Phytol **Gibberellic acid**

Camphene **α-Pinene**

Eudesmol

維生素A
All-trans-retinal

TRITERPENES

Squalene **Lanosterol**

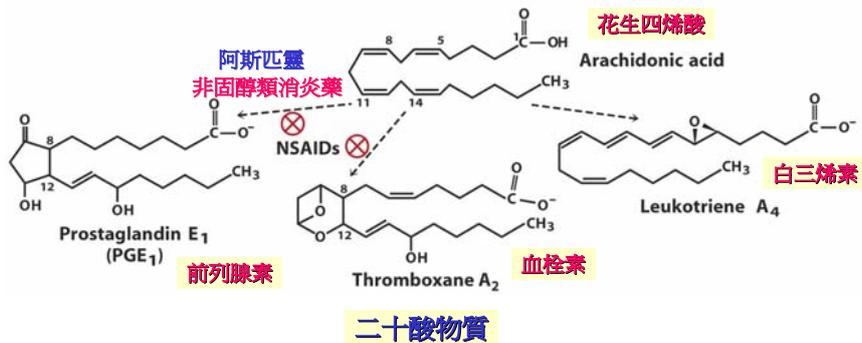
TETRATERPENES

茄紅素
Lycopene

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** 均是由花生四烯酸(20:4)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



《蛋白質》

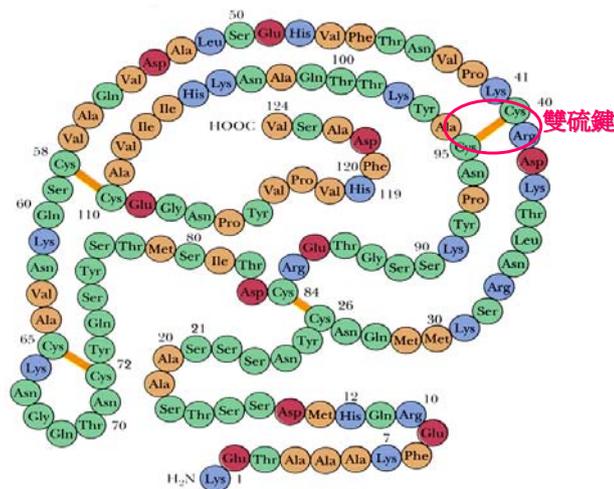
1. 蛋白質

是細胞的主要成份，約佔總乾重的一半以上
蛋白質的重要性來自其擔任的多種功能，其功能如表四*

2. 蛋白質由20種胺基酸構成

每種胺基酸的側鏈構造不同*

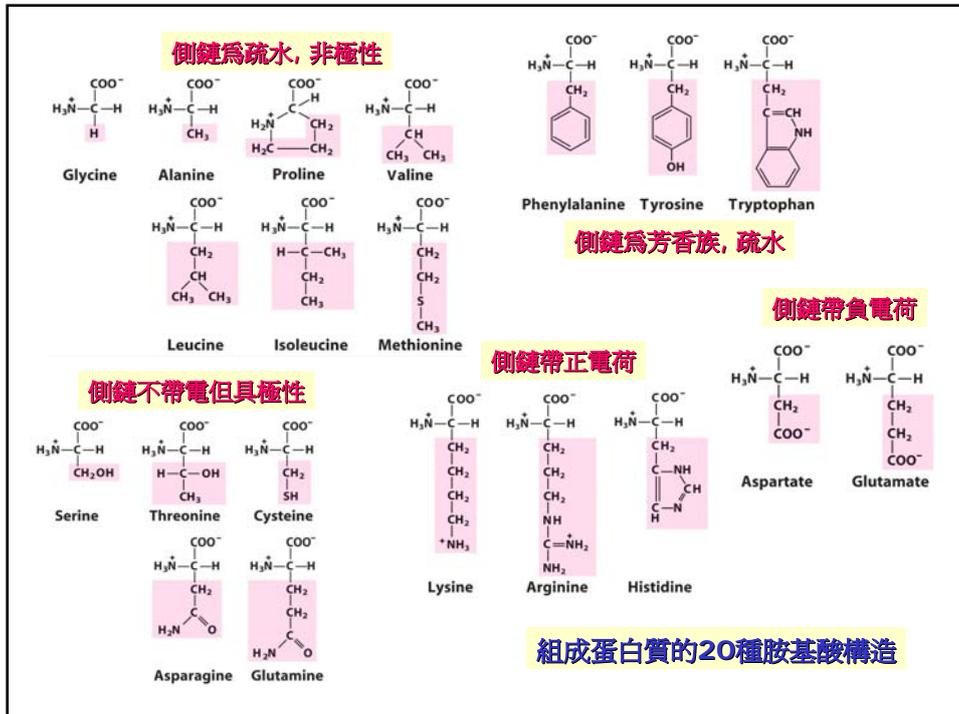
- 有的帶電荷
- 有的為疏水的非極性
- 有的不帶電但具有極性



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

生物功能	例子
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



3. 蛋白質的分類

依其外觀形狀與溶解度

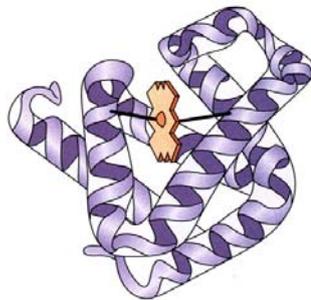
- 可分為球狀蛋白、纖維狀蛋白與膜蛋白
- 大部分功能性蛋白為球狀蛋白

依其組成

- 可分為簡單蛋白與複合蛋白

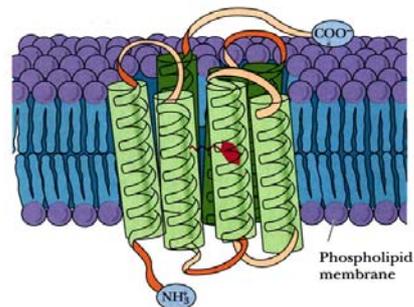
蛋白質的分類

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)



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、支撐或保護性的角色

- 如皮膚、韌帶、軟骨、頭髮與蠶絲等所含的蛋白質

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，但外部有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

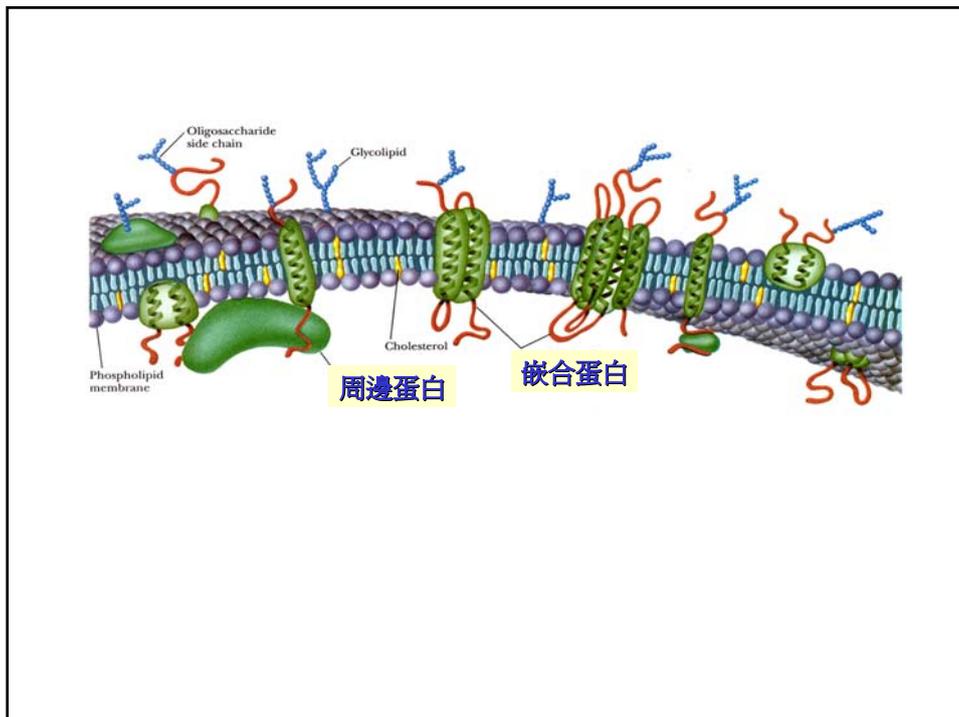
膜蛋白

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(嵌合蛋白)，有些僅附著於膜上(周邊蛋白)，有些則懸掛於膜上

2. 大多數膜蛋白為球狀構造，在膜構造中形成通道，管控制物質的進出

3. 有些膜蛋白參與外界訊號的傳遞與能量的生成

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

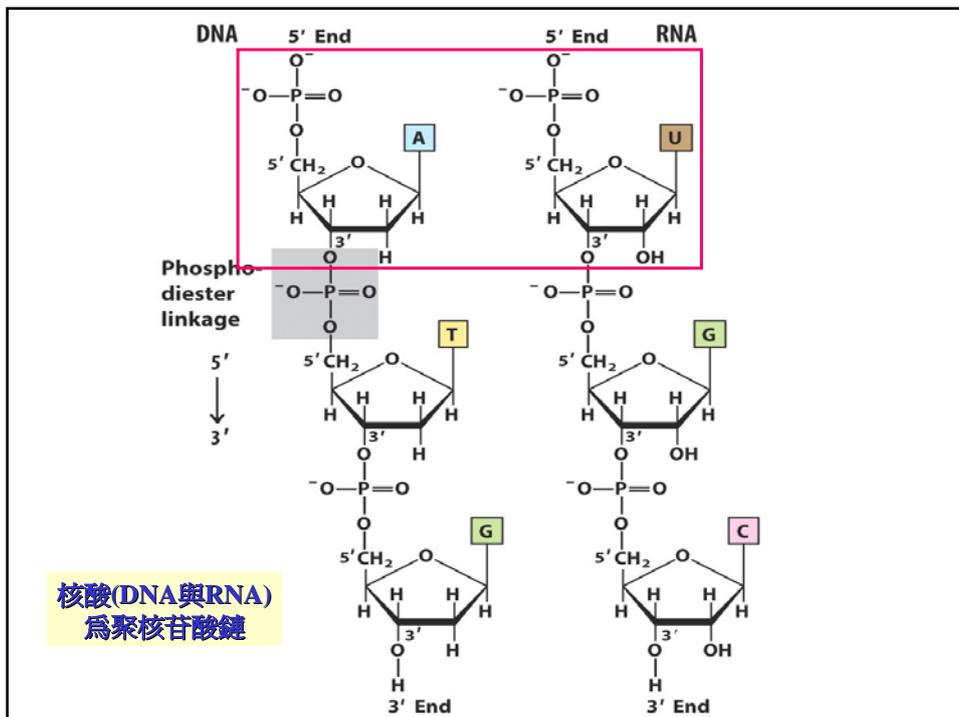


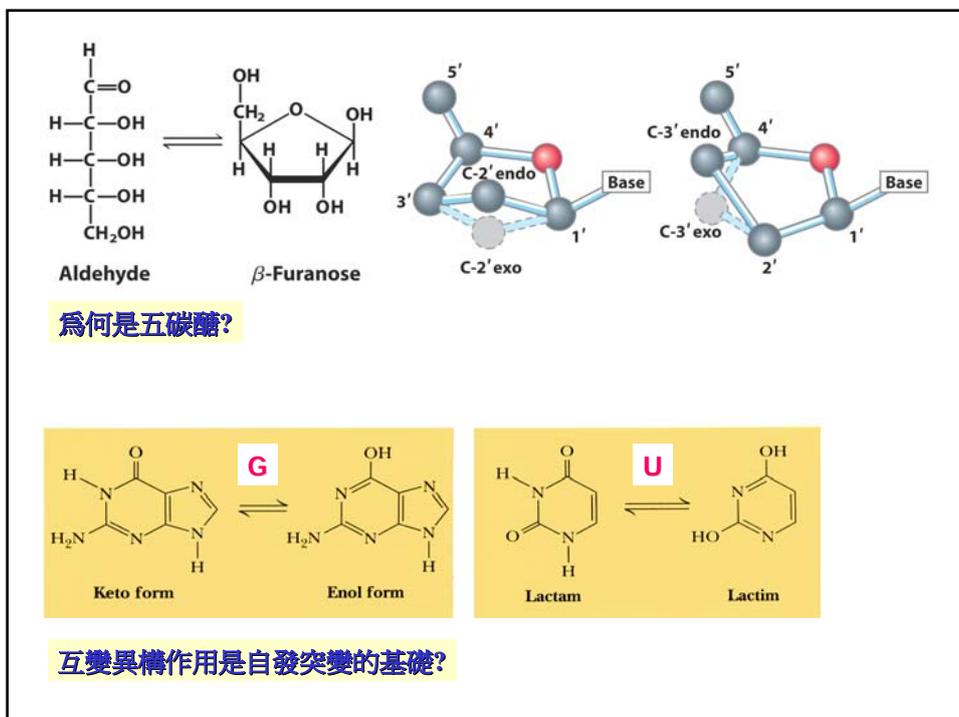
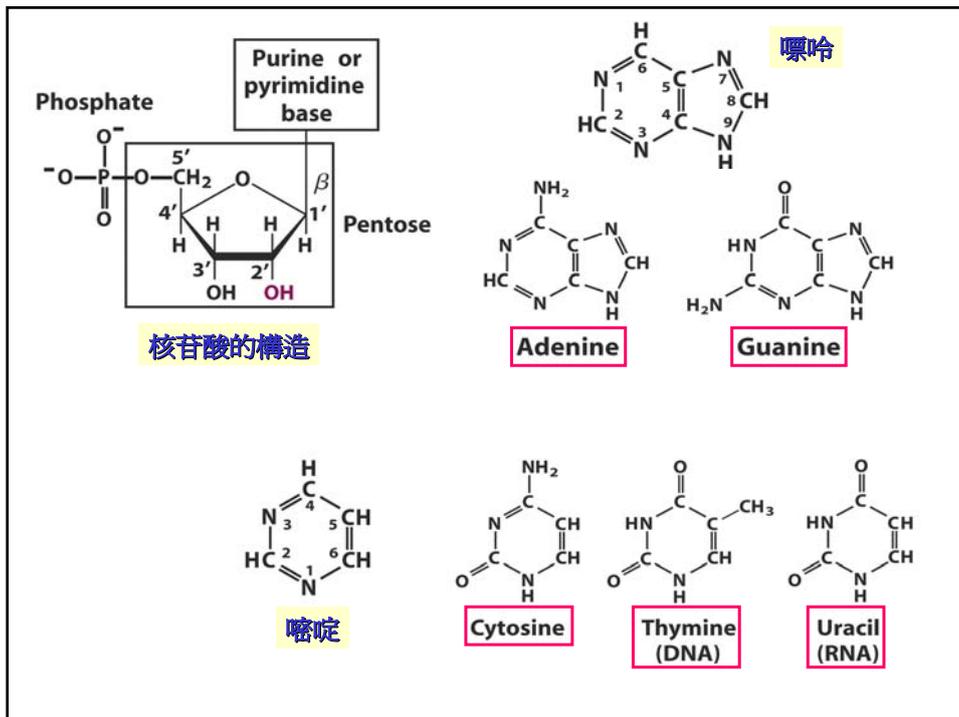
酵素

1. 酵素是已知蛋白質中最重要的一類
生物系統中幾乎所有的化學反應(新陳代謝)皆由酵素催化
2. 唯有酵素(生物催化劑)的存在，生命才得以發生與延續

《核酸》

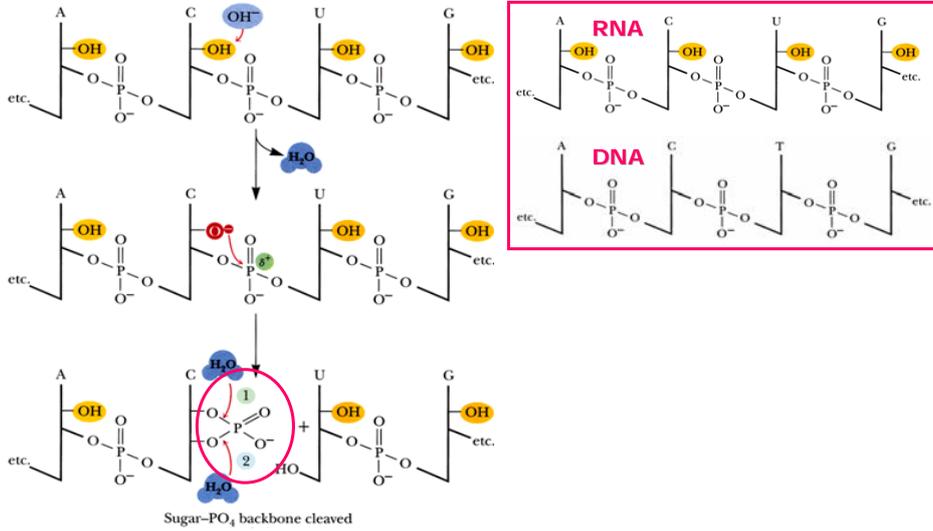
1. 核酸是由4種核苷酸組成的巨大分子聚合物，正如同蛋白質是由20種胺基酸組成的巨大分子般
2. 核苷酸的結構與種類*
由含氮鹼基，五碳糖與磷酸基所構成
核糖核苷酸(A、U、G、C)
去氧核糖核苷酸(A、T、G、C)
3. 核酸除了是遺傳物質的儲存形式與參與遺傳訊息的傳遞外，其組成份尚參與其他重要的代謝反應如表五*



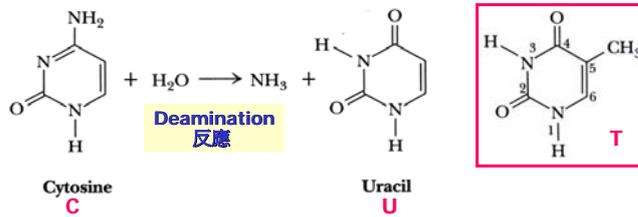


DNA與RNA間化學組成不同的重要性 (1)

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

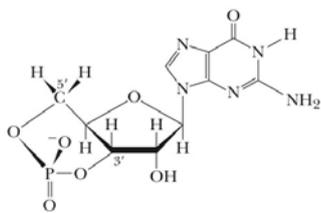


DNA與RNA間化學組成不同的重要性 (2)

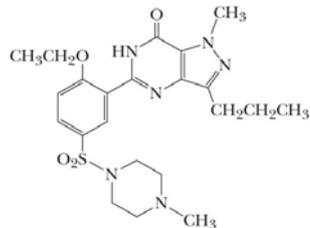


表五 核苷酸與核酸的生物功能

生物功能	例子
遺傳物質	DNA與RNA的組成分
參與代謝	GTP參與蛋白質合成 CTP參與脂類合成 UTP參與醣類合成
能量傳遞	ATP參與各需能的合成反應
輔酵素的成分	ATP為細胞的能量貨幣
訊號分子	ATP為NADH與FADH ₂ 的先驅物 cAMP, cGMP



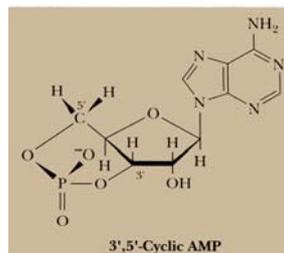
cGMP



Viagra



tween



3',5'-Cyclic AMP

cAMP與cGMP的構造

去氧核糖核酸 (DNA)

1. 1868年Miescher開始研究DNA*，但直至1950年代初期DNA的結構才被解出
2. DNA分子非常巨大，不易分離出完整的分子
3. 原核細胞通常僅含一條染色體，真核細胞則含有多條染色體且多半與組織蛋白結合
蚊子(6條)，玉米(20條)，麵包酵母(32條)，小鼠與大鼠(40條)，人類與馬鈴薯(48條)，狗與雞(78條)，鴿子(80條)，蝦子(254條)，暴龍(113條)

4. DNA含有dAMP、dCMP、dGMP與dTTP等4種核苷酸(dNTP)，各核苷酸間以3',5'-磷酸雙酯鍵相連，核苷酸的含氮鹼基攜帶遺傳訊息，五碳糖與磷酸基則是DNA結構的骨架

5. DNA的構造

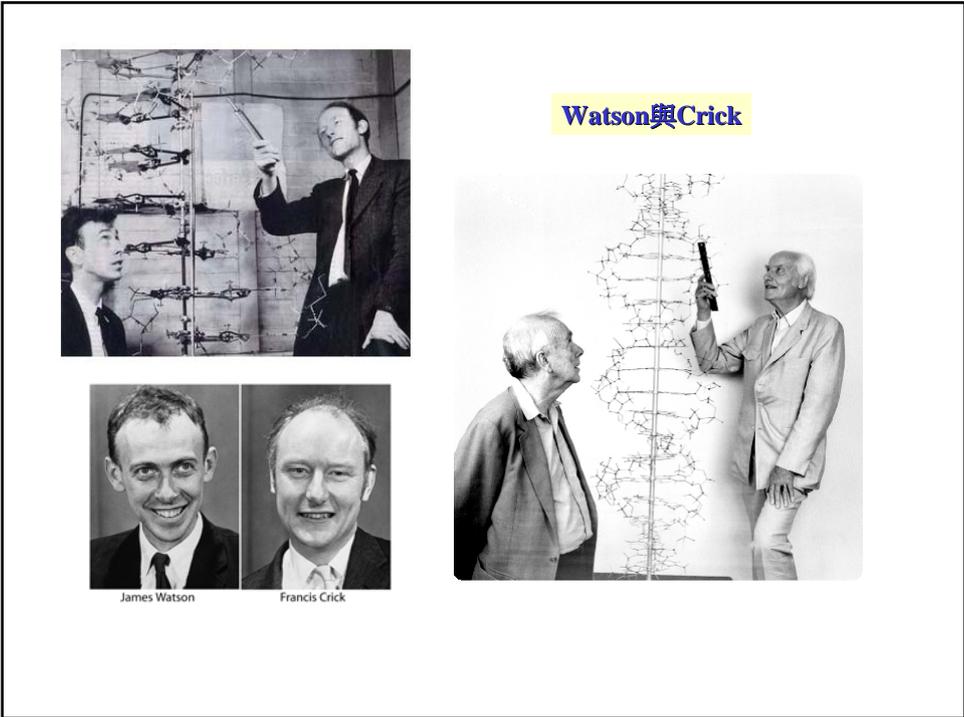
Watson與Crick依據X光繞射的研究結果於1953年提出

- 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*

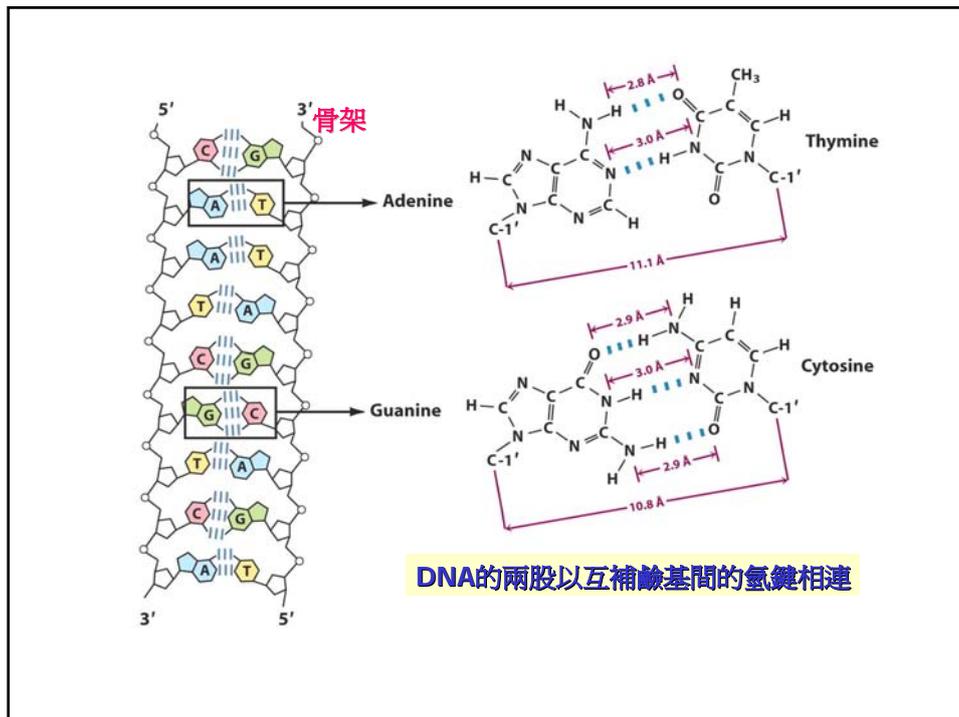
- 相互纏繞成右旋的雙股螺旋，去氧核糖與磷酸基暴露在外，攜帶遺傳訊息的鹼基包埋於分子內部，兩股以互補鹼基間的氫鍵相連(A與T, G與C配對)

- Watson與Crick所發現的雙螺旋DNA目前稱為B-DNA



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.

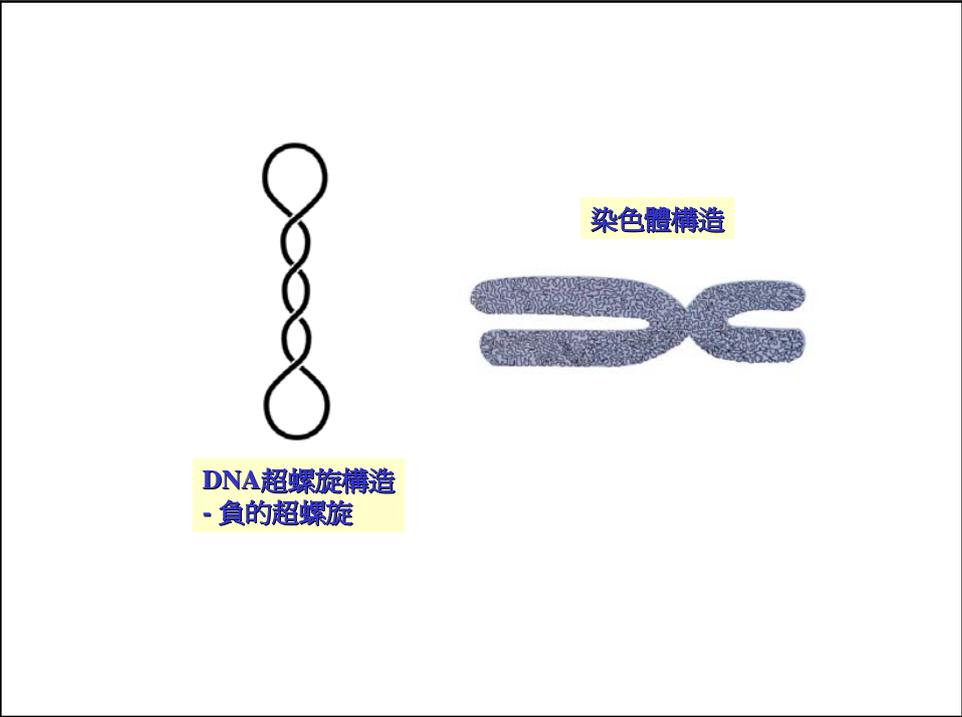
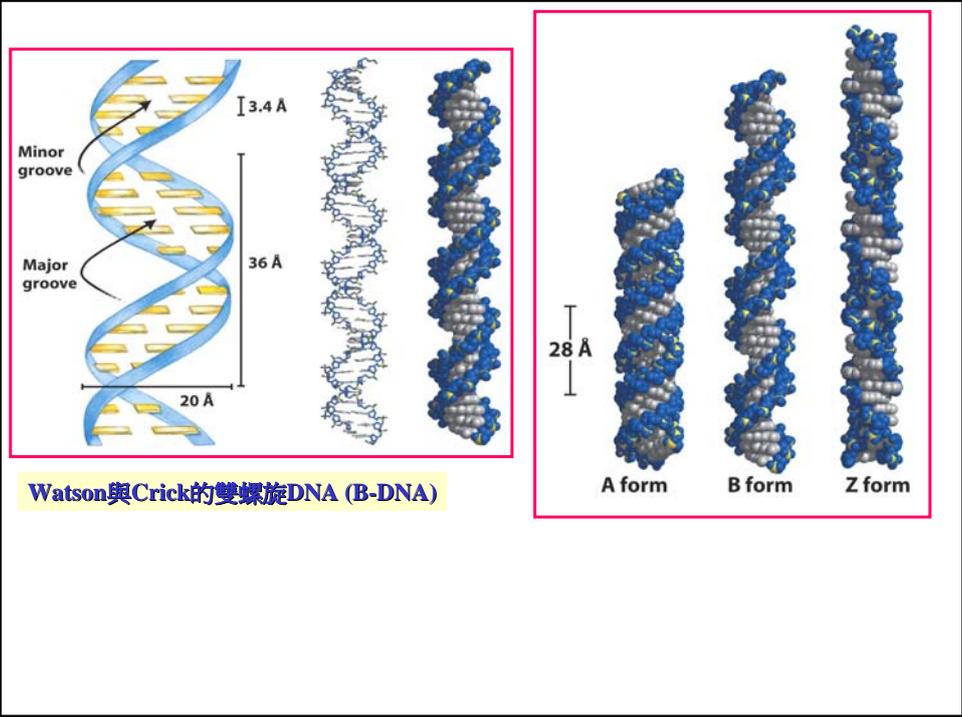


5. 1979年

以人工方式合成鹼基為嘌呤與嘧啶交替出現的聚核苷酸鏈(如GCGCGC)，此聚核苷酸鏈以左旋的雙股螺旋存在，稱為Z-DNA*，一般認為其存在與基因表現的調控有關

6. DNA的一級、二級、三級與四級構造

鹼基序列為一級構造
 雙股螺旋*為二級構造
 超螺旋*為三級構造
 染色體*為四級構造

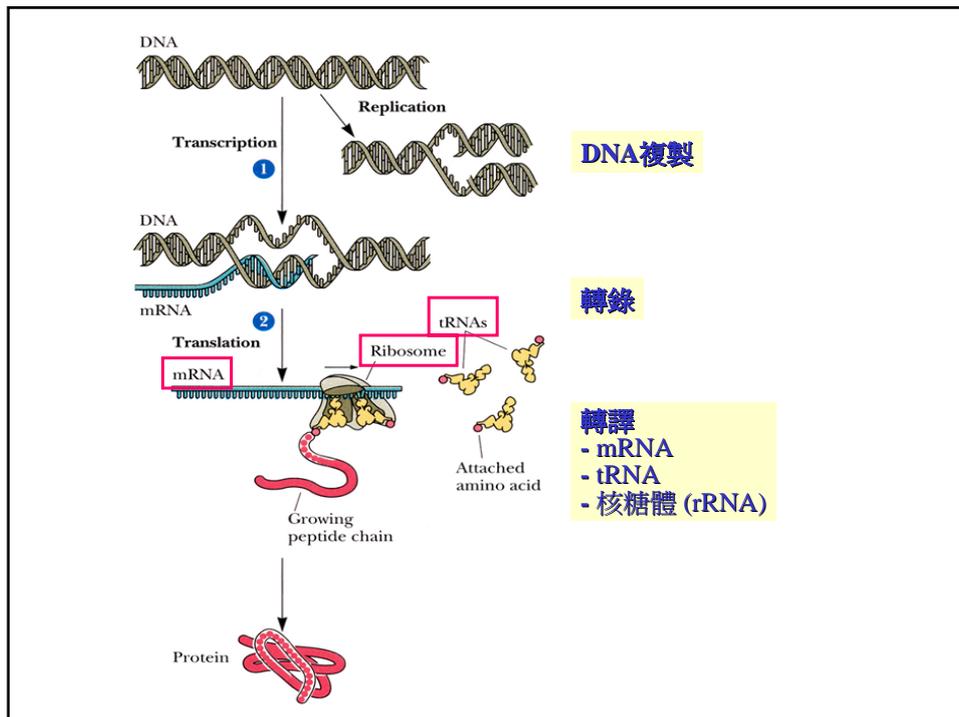


核糖核酸 (RNA)

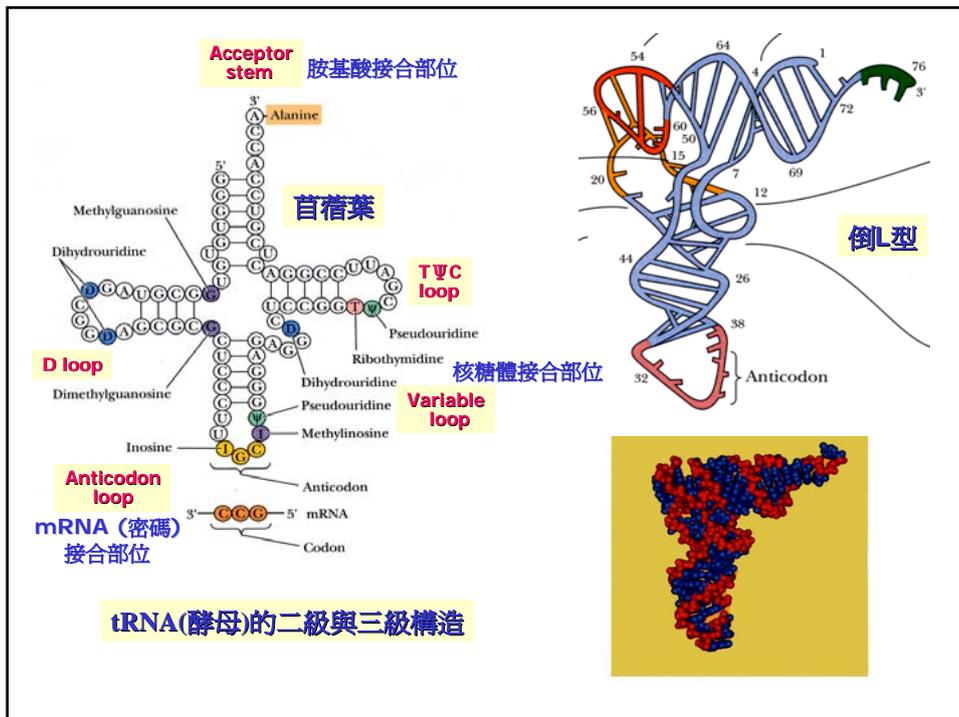
1. RNA分子為單股聚核苷酸鏈，與DNA分子不同
2. RNA主要有mRNA，rRNA與tRNA三類*
mRNA分子為單股構造，rRNA與tRNA分子內則有不同程度的鹼基配對形成*
3. mRNA的組成核苷酸只含A、U、G、C四種鹼基，擔任傳遞DNA遺傳訊息至蛋白質的角色*
每一mRNA分子攜帶一種或數種蛋白質的遺傳密碼，因此細胞內mRNA分子的種類最多，使得要分離特定的mRNA分子極為困難

Principle Kinds of RNA Found in an <i>E. coli</i> 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

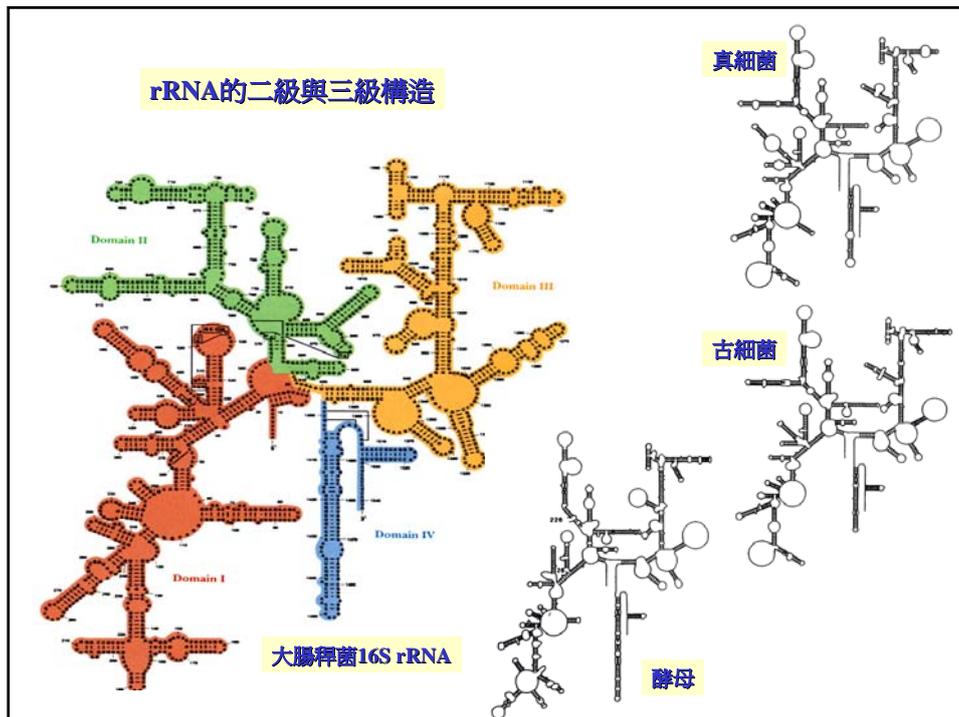


4. tRNA在蛋白質合成的過程中負責攜帶胺基酸
 每種胺基酸可有一種或數種tRNA與之對應
 tRNA分子的形狀類似苜蓿葉，其立體結構為倒L型，
 有四個具有特殊功能的部位*
 - 胺基酸接合部位，mRNA (密碼子)接合部位，核糖體
 接合部位，相關酵素的接合部位
5. rRNA佔RNA總量的65%，是核糖體的主要組成分之一
6. 近年的研究發現幾種具有催化功能的RNA，打破過去
 認為生物催化劑都是蛋白質的觀念



原核生物		真核生物		
Ribosome (2.52×10^6 D)	70S	Ribosome (4.22×10^6 D)	80S	
Subunits	30S (0.93×10^6 D)	50S (1.59×10^6 D)	40S (1.4×10^6 D)	60S (2.82×10^6 D)
RNA	16S RNA (1542 nucleotides)	23S RNA (2904 nucleotides) 5S RNA (120 nucleotides)	18S RNA (1874 nucleotides)	28S + 5.8S RNA (4718 + 160 nucleotides) 5S RNA (120 nucleotides)
Protein	21 proteins	31 proteins	33 proteins	49 proteins

核糖體的構造與組成



7. 新進發現的其他小RNA分子

snRNAs (small nuclear RNAs)，參與真核細胞的RNA剪接

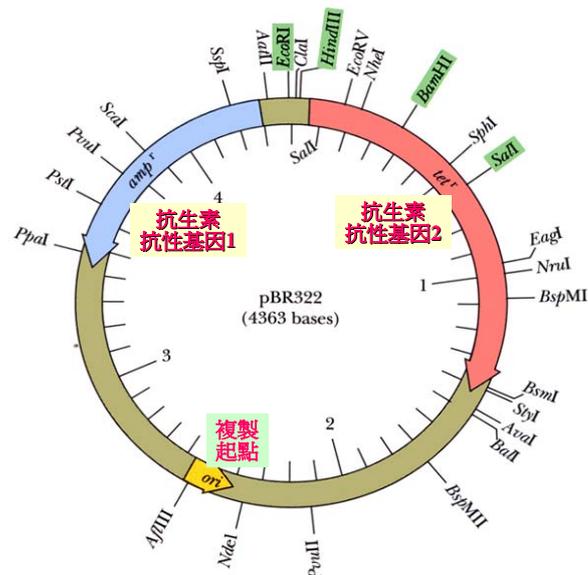
siRNAs (small interfering RNAs)，與特定mRNA配對形成雙股結構，造成與基因靜默(gene silencing)

miRNAs (micro RNAs)，干擾特定mRNA的輸送以調控分化

snoRNAs (small nucleolar RNAs)，參與tRNA與rRNA的化學修飾作用

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的方式嵌入外來基因，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

