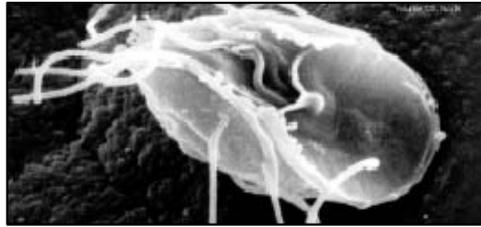


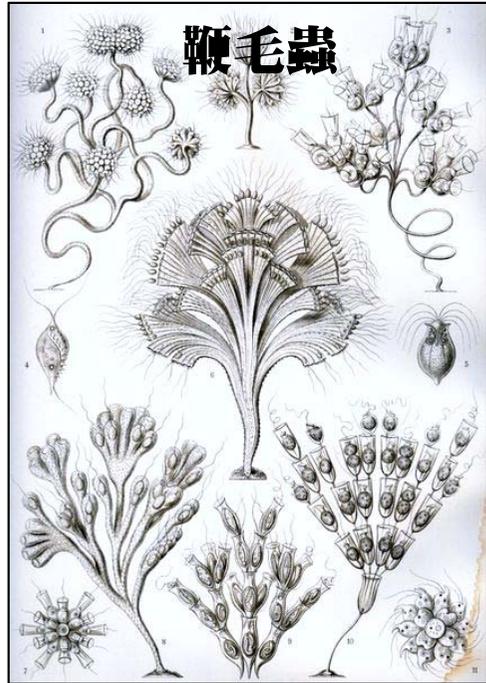
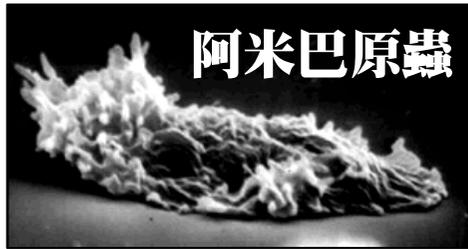
真核細胞

Profiles of Nature: 簡單的真核生物

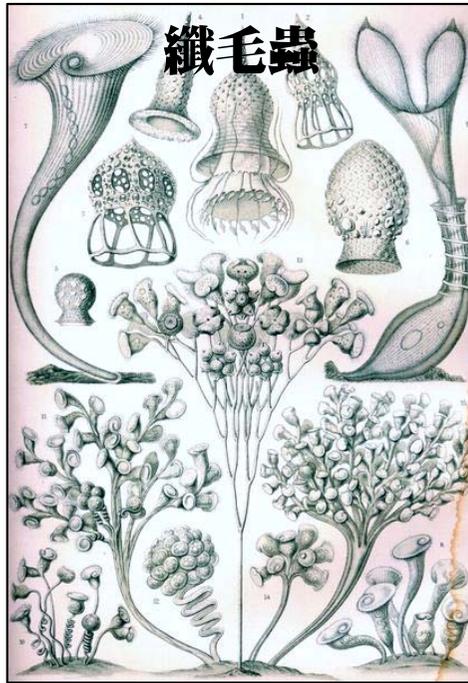
水塘中的微小生物



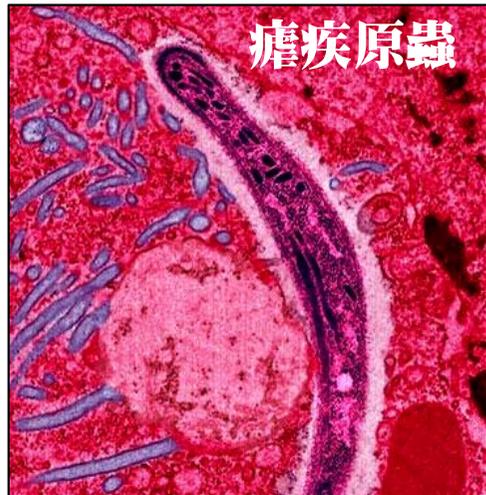
阿米巴原蟲



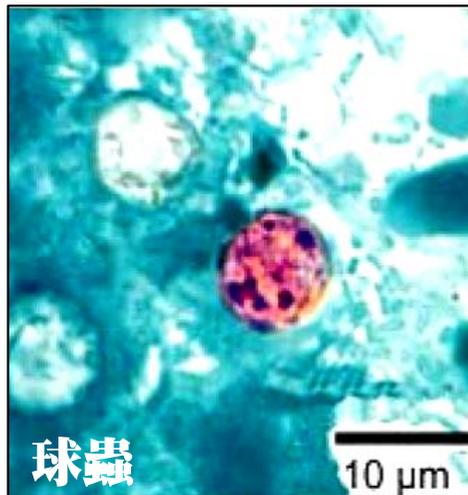
鞭毛蟲



纖毛蟲



瘧疾原蟲



球蟲

真核細胞在構造與功能上，比原核細胞複雜。

真核細胞真的有一個細胞核，還有細胞質內的許多細胞器官 (胞器)。

<http://www.bms.ed.ac.uk/research/others/smaciver/amoebae.htm>

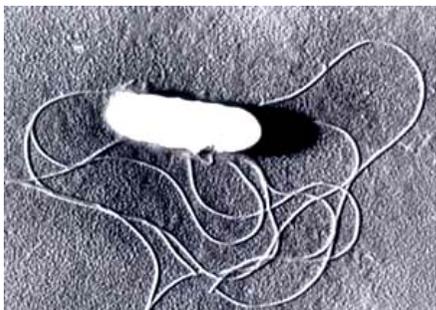
C41a

WIKIPEDIA



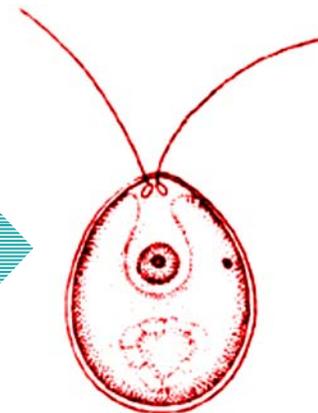
真核細胞

由原核到真核，由單細胞到多細胞



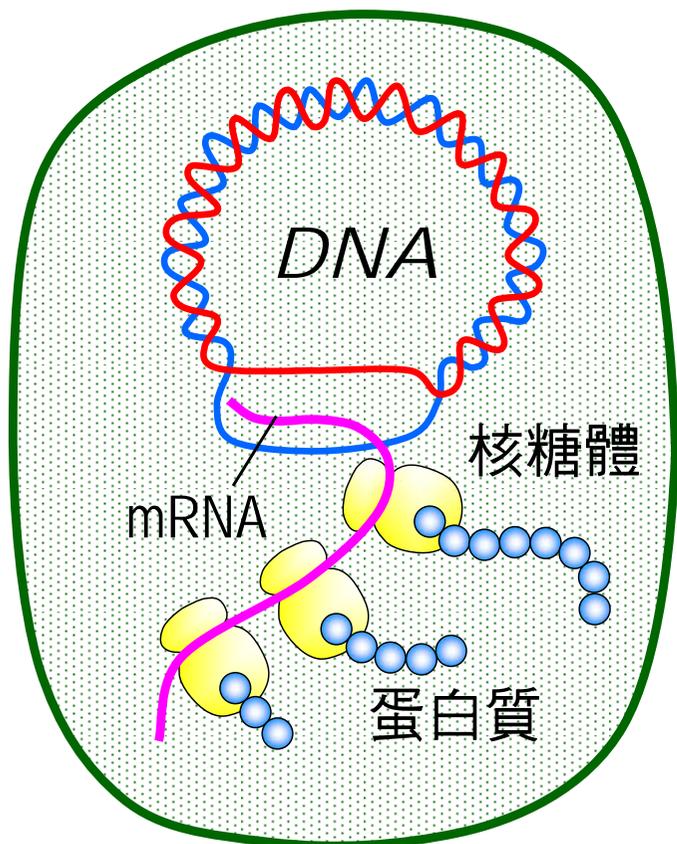
細胞核生成、胞器加入

由原核到真核

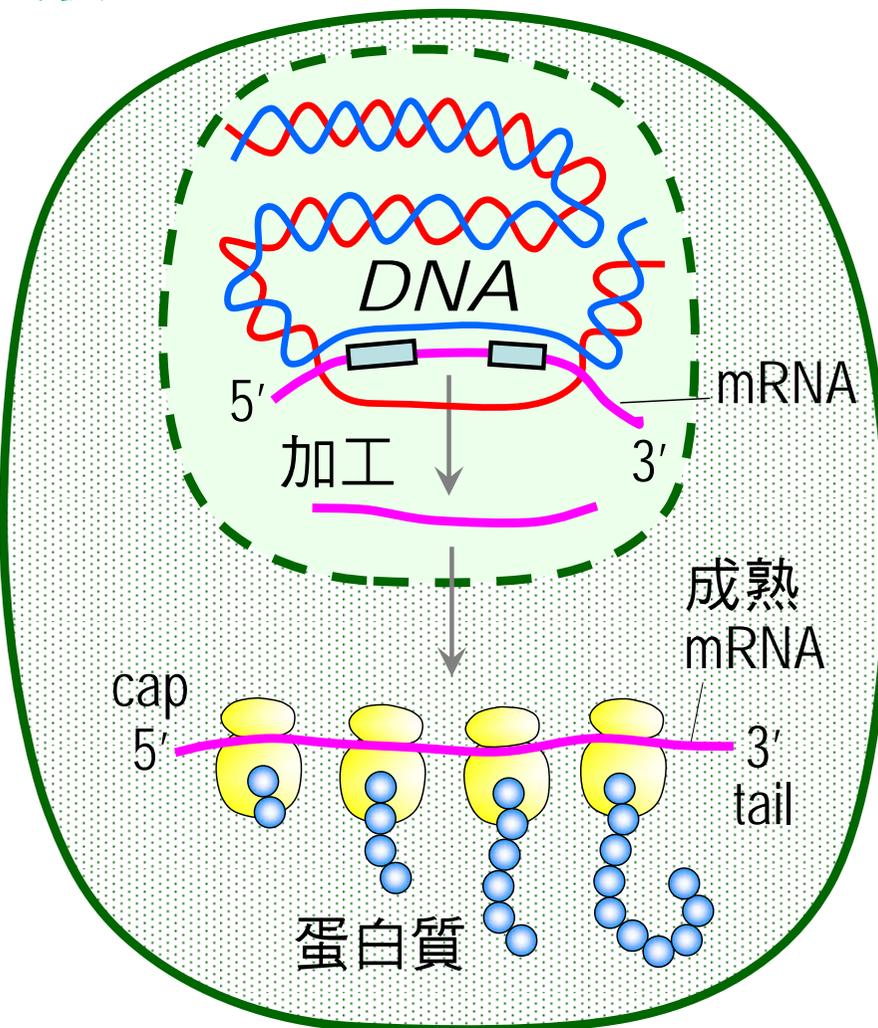


由單細胞到多細胞

細胞聚集、分工、調節



原核細胞 (單身宿舍)



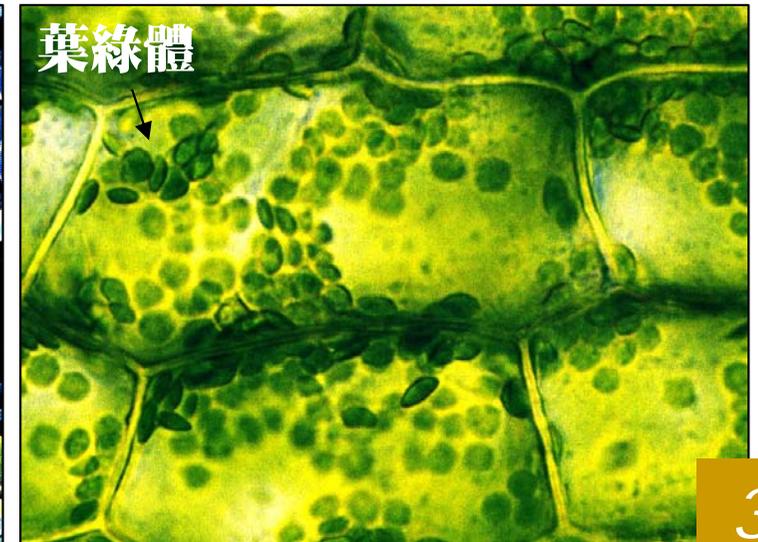
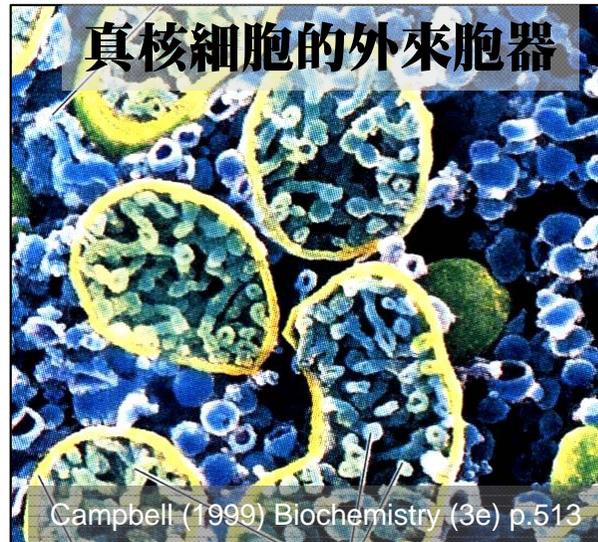
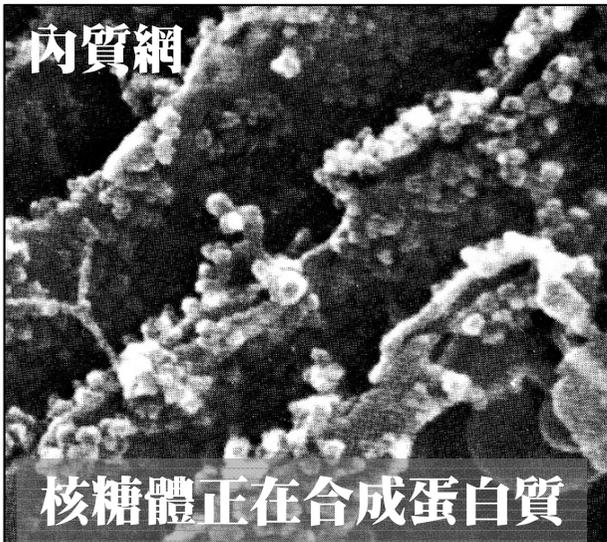
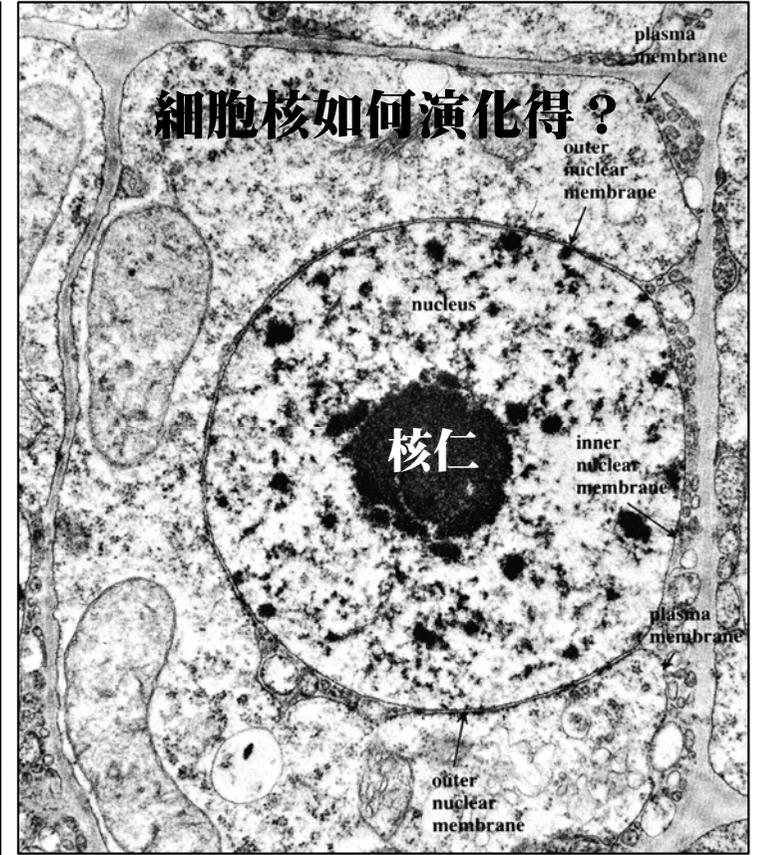
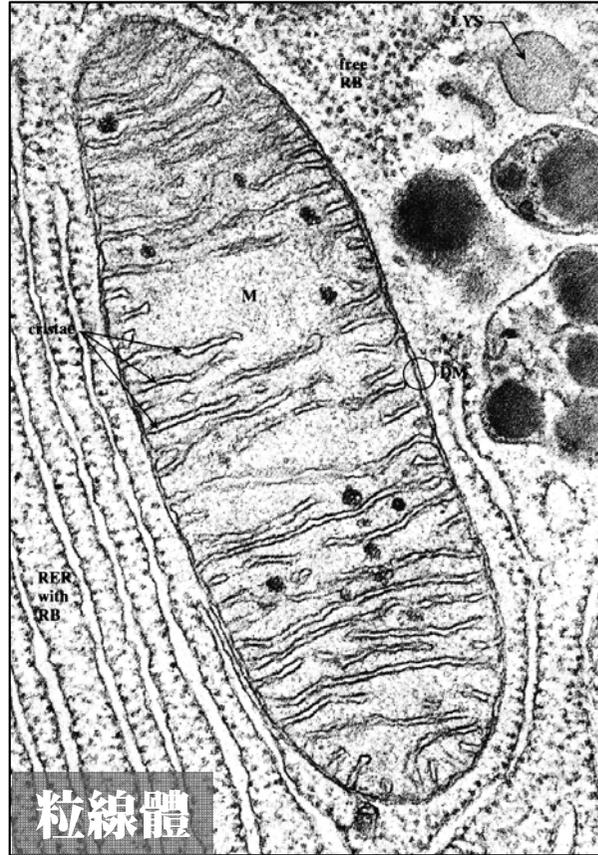
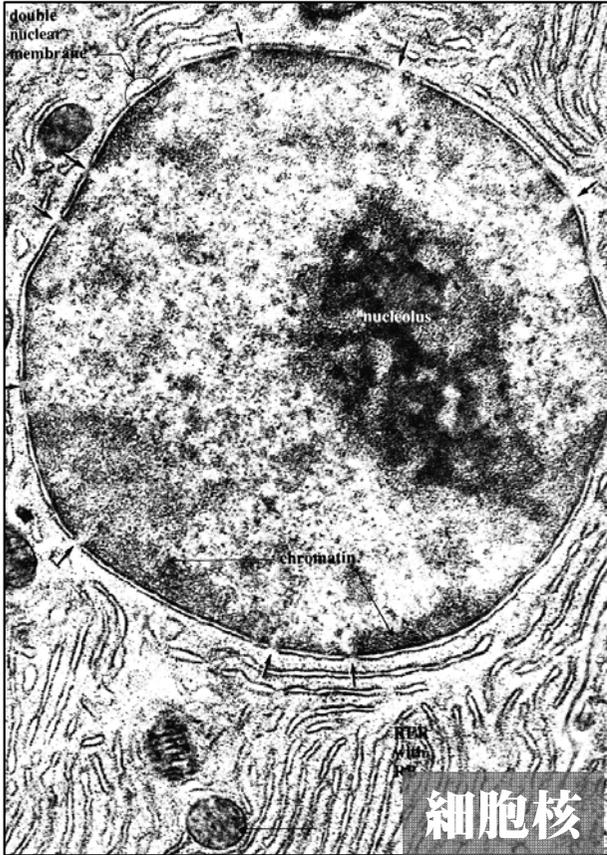
真核細胞 (三房兩廳)



真核細胞

真核細胞的主要特徵就是細胞核及許多胞器

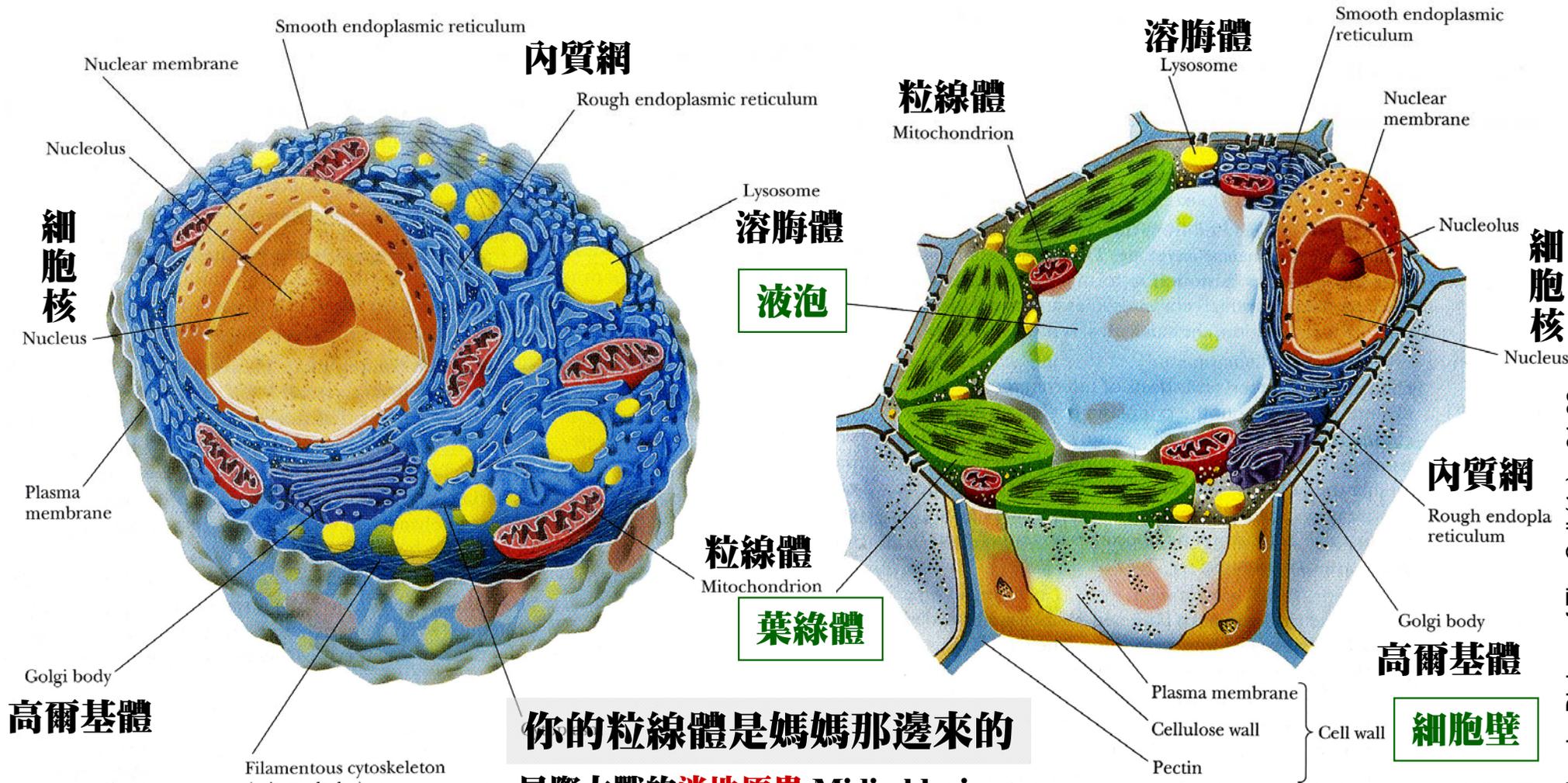
Bohinski (1987) Modern Concepts in Biochemistry (5e) p.19-26



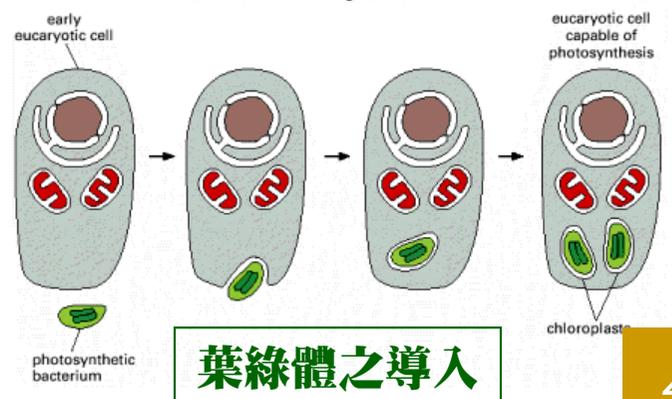
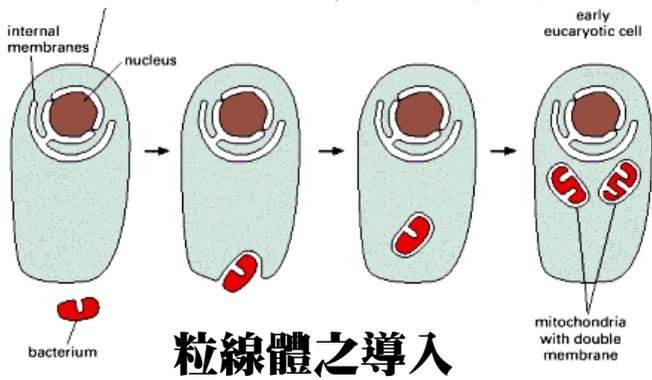
真核細胞

動植物細胞之比較與外來胞器 (粒線體、葉綠體)

Garrett & Grisham (2005) Biochemistry (3e) p.24-25



你的粒線體是媽媽那邊來的
星際大戰的迷地原蟲 Midi-chlorians



Alberts et al (2002) Molecular Biology of The Cell (4e) p.31-32

假如把地球上的細胞分成兩大類，應該是如何分法？

『原核細胞、真核細胞』

真核細胞真的有一個細胞核。還可能有其他什麼胞器？

『粒線體、葉綠體等』

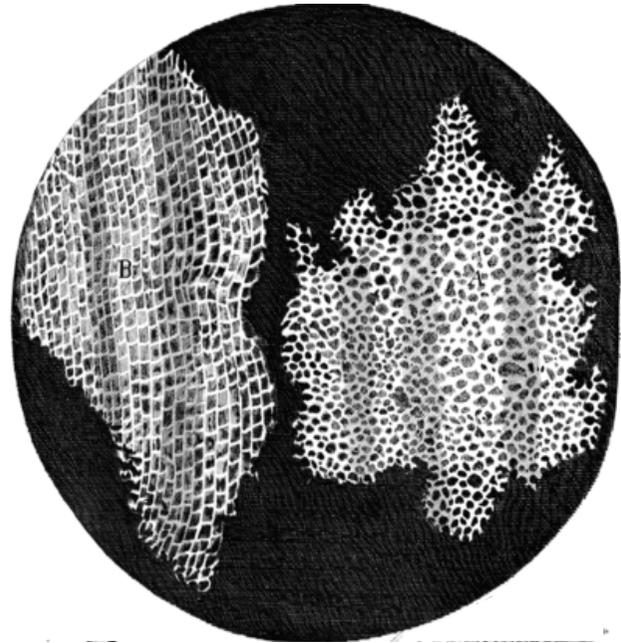
粒線體與葉綠體兩者有何異同？

『都是外來的、與能量獲取有關』

『葉綠體只出現在植物細胞中』

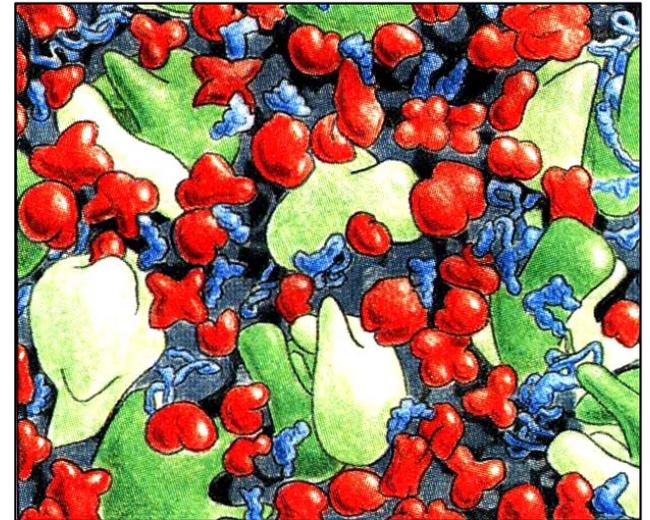
真核細胞

細胞的體積通常都很小，要用顯微鏡才看得到



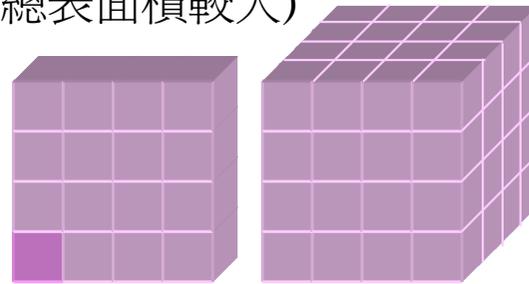
主要原因是，在相同體積中，細胞分得越細、越小，就會有最大表面積；而物質進出細胞的路徑會比較短，吸收效率較高。

細胞裡面非常擁擠



1663 英國人 Hook 看到軟木塞的細胞壁，取名 cell (像地窖)。

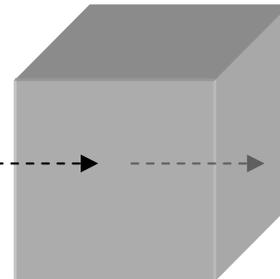
(總表面積較大)



組合多細胞

(總體積相同)

單一大細胞

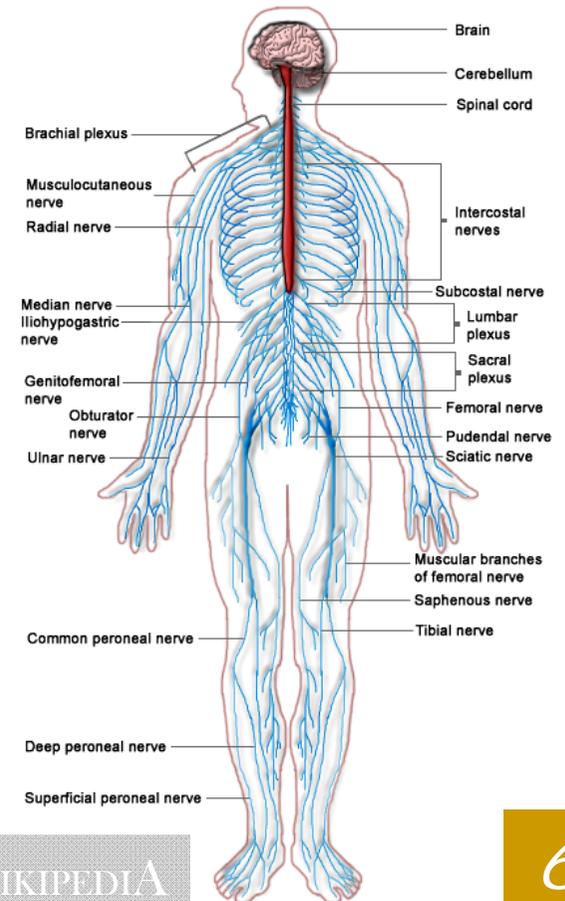


岩葛是世界最大的單細胞生物，可達數公尺高。



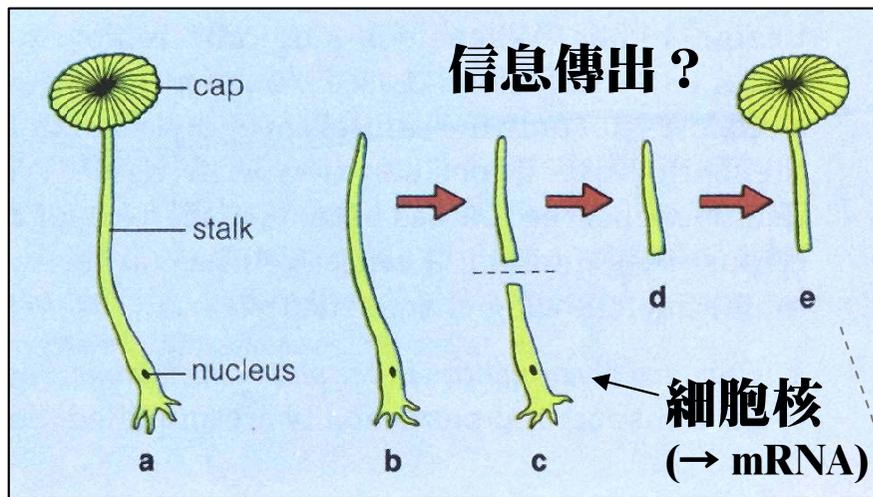
岩葛 *Caulerpa*

神經細胞都很長



真核細胞

台灣原生之單細胞生物大傘藻，是研究的好材料

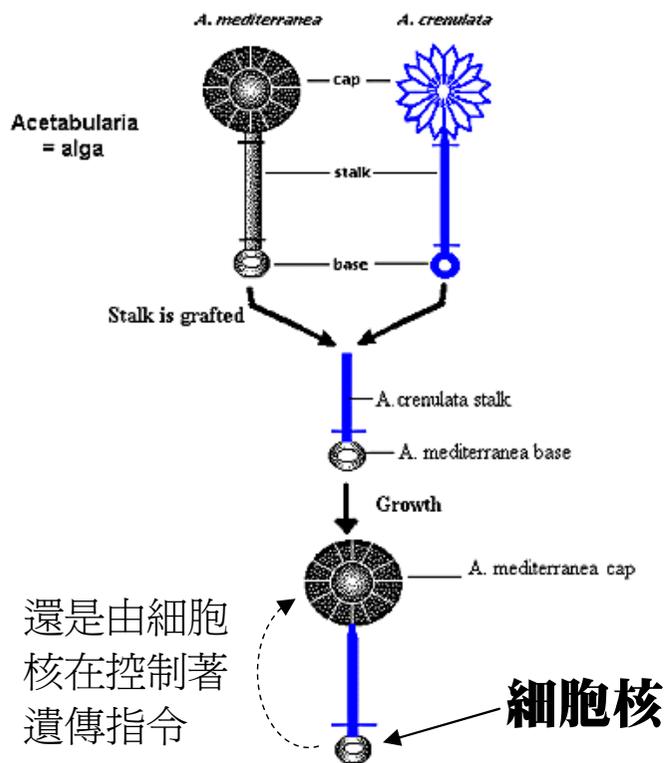


Starr & Taggart (1987) Biology (4e) p.225

大傘藻 *Acetabularia*



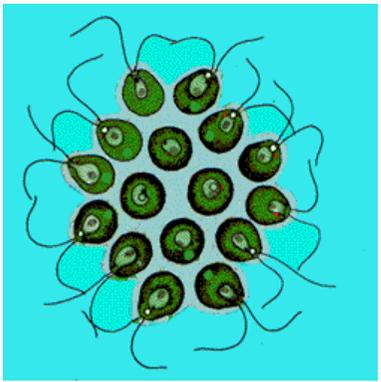
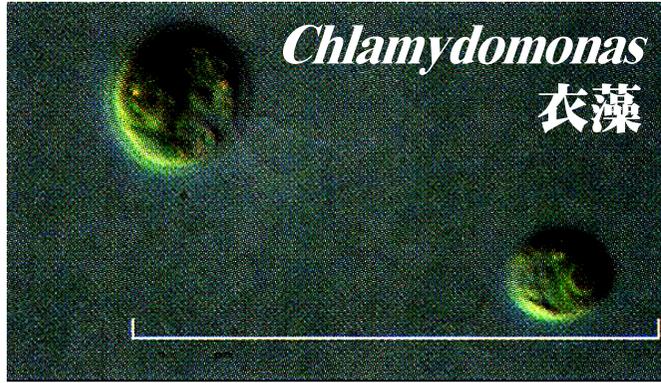
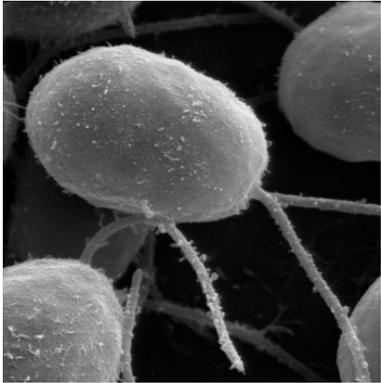
整株就是一個細胞



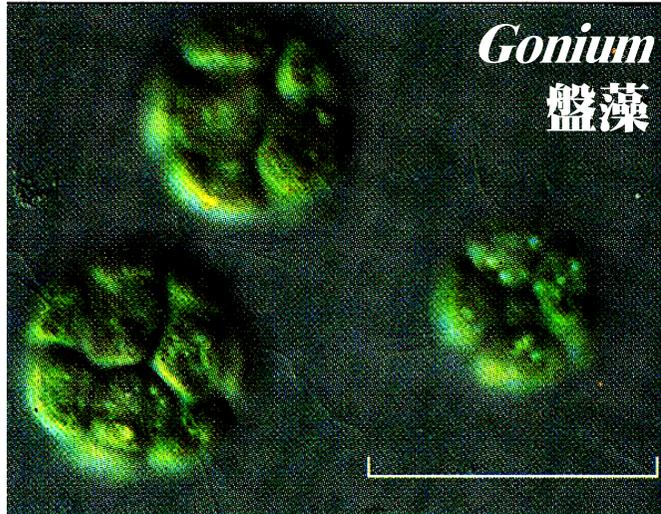
真核細胞

由單細胞到多細胞，生物可分工以增加生存優勢

(1) **衣藻**只有單細胞，有點像帶有鞭毛的原蟲，只是含有葉綠體。

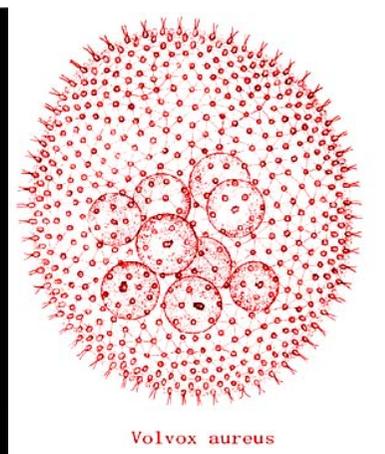
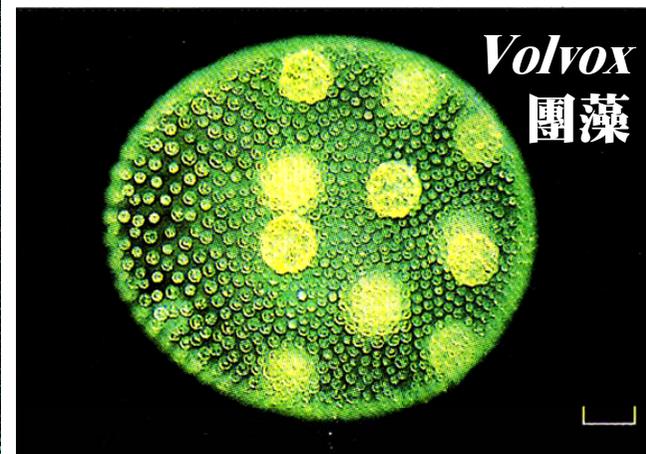
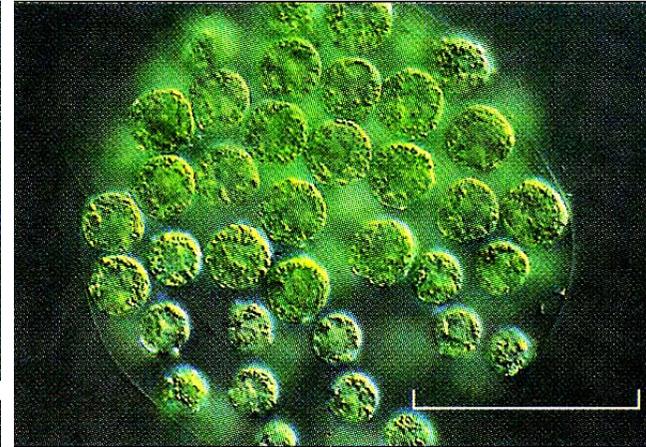


micro*scope



(2) **盤藻**集合 4 到 32 個細胞，群體過活，可以一起以鞭毛同向滑水，但還是獨立個體，各自分裂生殖。

(3) 更大群落聚集成空心球稱團藻，較原始者每個細胞仍可獨立生活。



(4) **團藻**的每個細胞間，有架橋物質連結，無法單獨生存，具生理上的分工，球內的細胞負責生殖。

大部分生物細胞都很小，為什麼？

『物質進出較快、總表面積較大』

**假如把人變成只有單一個細胞構成，
有沒有可能？你願不願意？**

『不太可能』

細胞核有何重要功能？

『貯藏遺傳信息、控制細胞活動』

許多細胞聚集在一起生活有何好處？

『成員開始分工、執行複雜活動』

關鍵名詞

原核細胞

真核細胞

胞器

細胞核

粒線體

葉綠體

內質網

高爾基體

單細胞

岩葛

大傘藻

多細胞

分工

團藻

Central

Dogma

中心教條

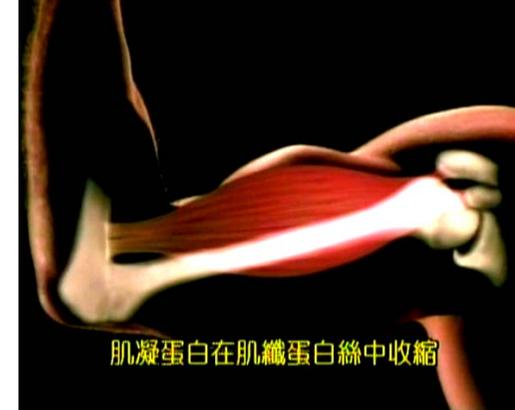
DNA

轉錄

RNA

轉譯

蛋白質



NHK 名作 DVD
人體系列 醫學保健

人體系列 (3)

骨骼·肌肉·免疫系統

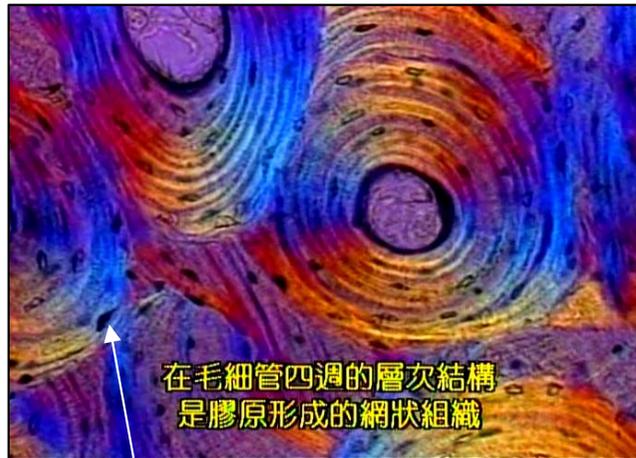
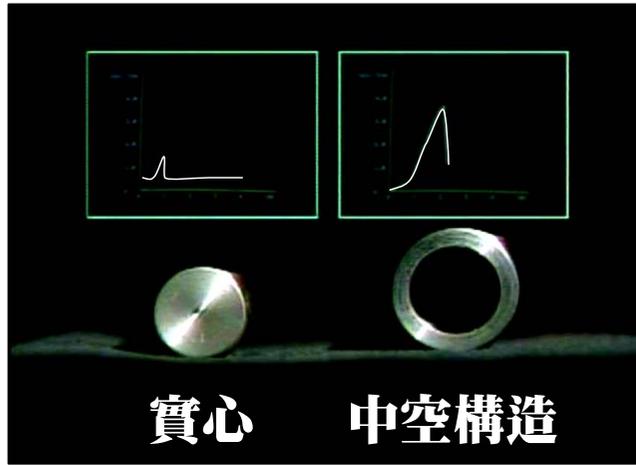
Smooth Interplay
-- Bones Muscles and Nerves
Protecting the Living Body
--Immune System



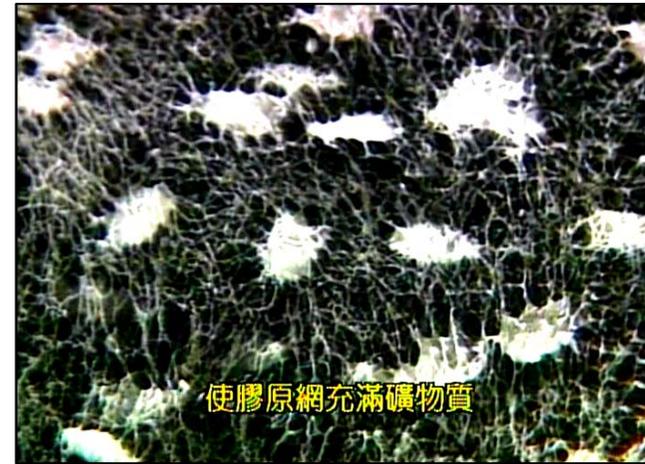
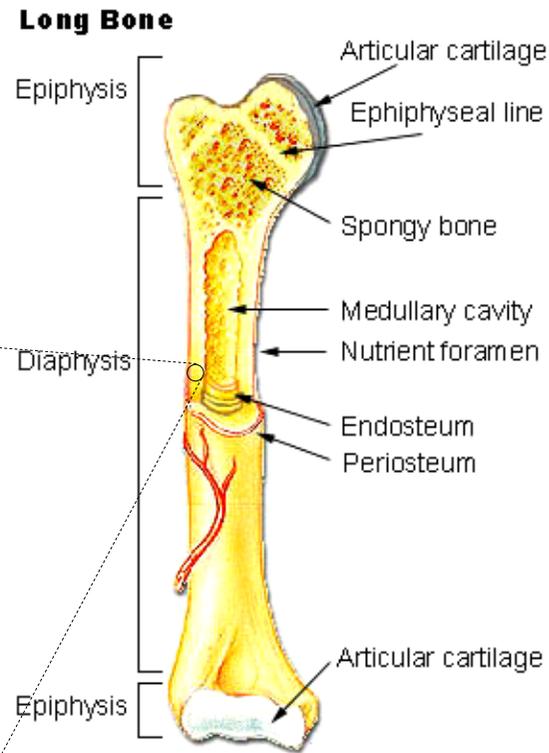
骨骼與肌肉都是生物的
絕妙設計，深藏玄機。

空心的堅硬骨骼，實體
的柔軟肌肉，相互結合
共同造就人類的行動。

驚異的小宇宙·骨骼·肌肉·免疫系統



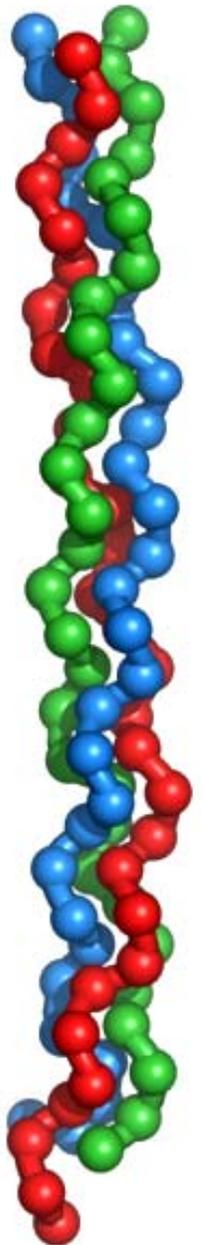
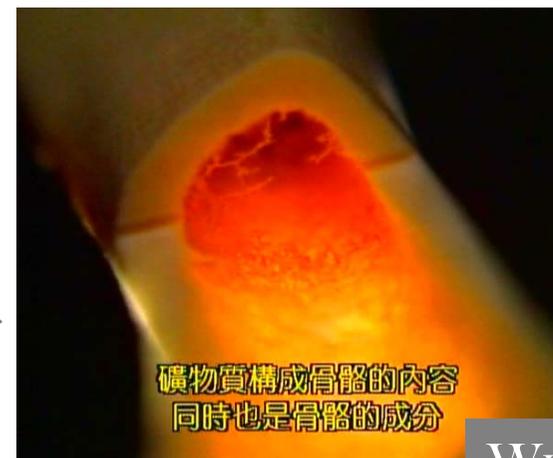
骨骼中空部份含骨髓



膠原蛋白具有很強的伸張能力，是韌帶和肌鍵的主要成份；也是細胞外表基質的主要組成成分，使皮膚保持彈性。

骨骼的五大功用：
保護、造型、造血、貯鈣、運動。

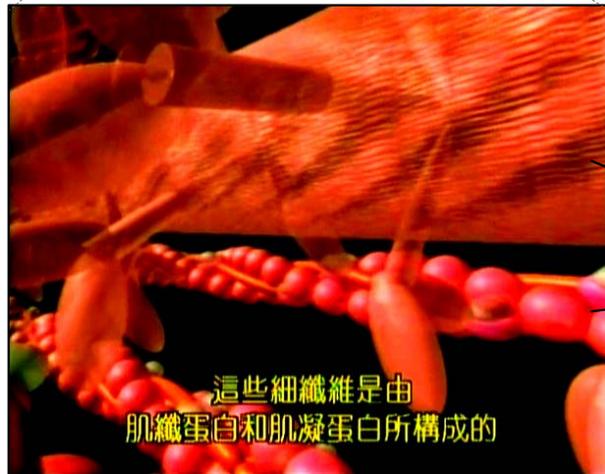
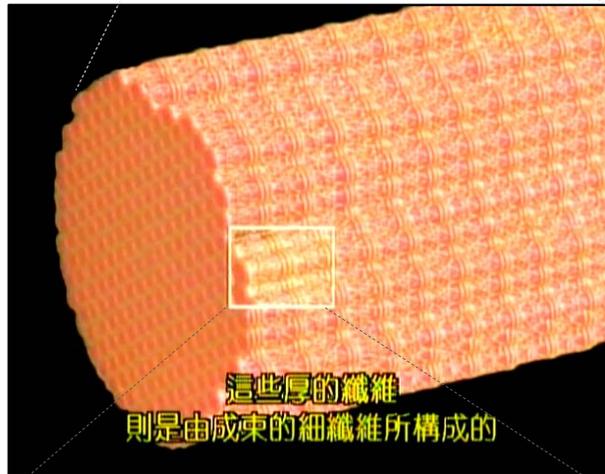
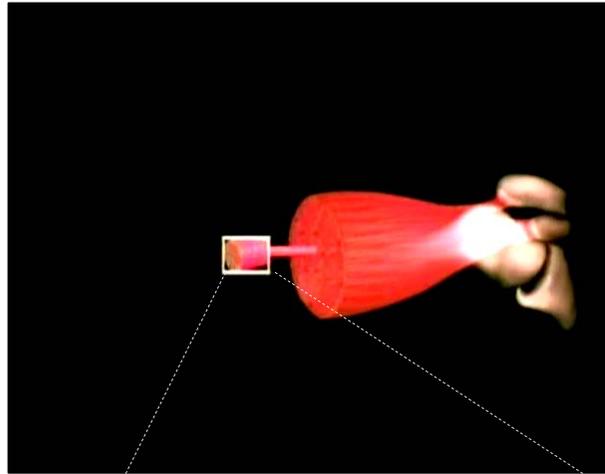
骨髓是**幹細胞**，可衍生成多種血液細胞。



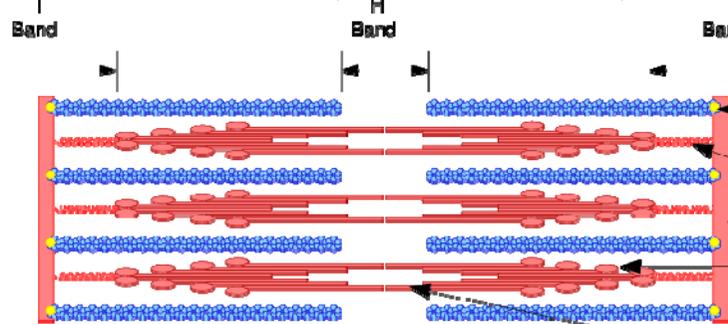
膠原蛋白

肌肉由層層構造組成，最後有兩種蛋白質：**肌動蛋白**與**肌凝蛋白**，兩者間因互相牽曳而縮短距離達成收縮。

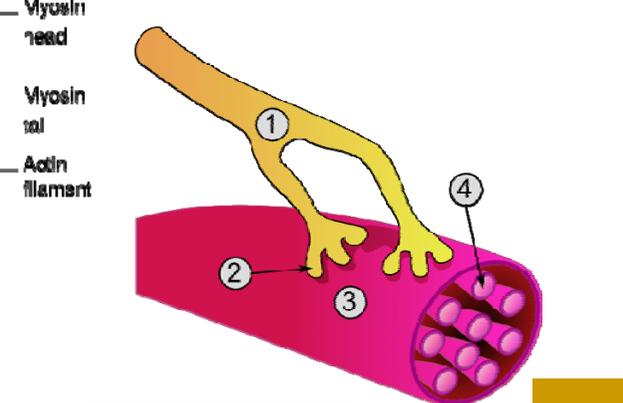
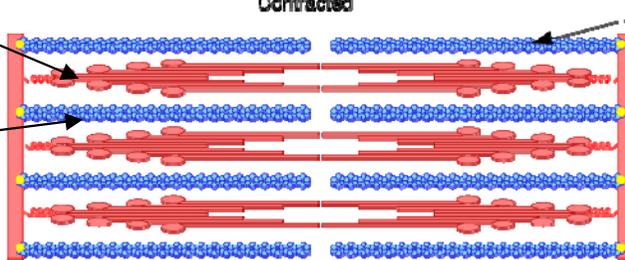
收縮肌肉需靠神經刺激，若神經失去作用，肌肉就會逐漸萎縮。例如帕金森症。

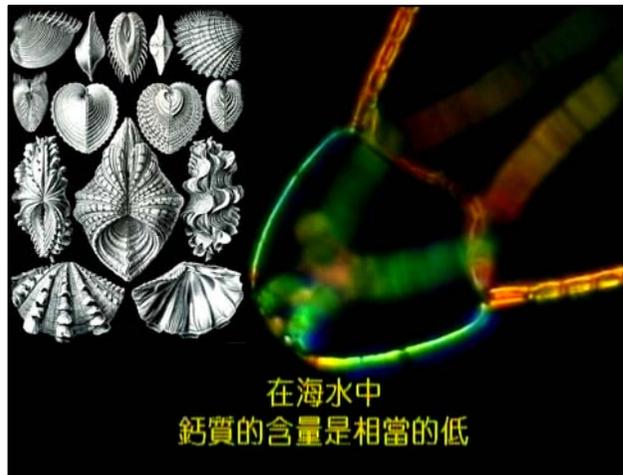


肌肉放鬆 (肌肉不會伸展)



肌肉收縮 (肌動蛋白被拉近)





骨骼早先可能是鈣的貯藏器官，後來發展成身體支架。

因此，骨骼中的鈣質可以被身體取出利用，要補充鈣質以免骨質疏鬆。



受精後 卵子表面有鈣的流動，活化卵子開始分裂，並且防止其他精子重複受精。

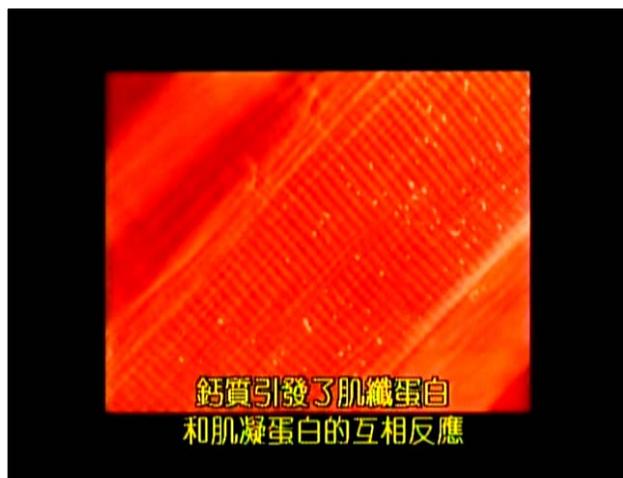
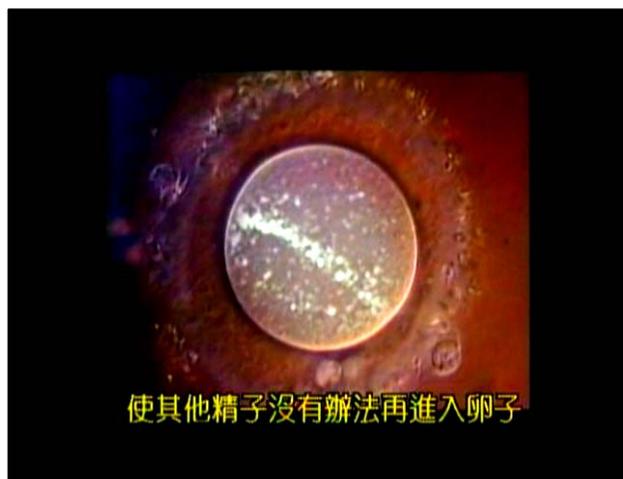
細胞信號

肌肉收縮是由鈣所引發：當神經傳導至肌肉時，肌肉即釋放鈣質與肌動蛋白結合引發收縮。

骨骼中**蝕骨細胞**溶解出鈣質，以供身體使用；相反地，**骨細胞**則填補骨質，互相制衡。

鈣的生理功能
構成骨骼牙齒
心臟肌肉收縮
促進神經傳導
細胞膜通透性
促進血液凝固
活化許多酵素
調節酸鹼平衡

The Visual Elements
Periodic Table



Ca 鈣

骨骼內含有什麼物質成份？

『骨骼含有膠原蛋白、礦物質』

骨骼是活的嗎？ 骨骼有活細胞嗎？

『是活的。有骨細胞、蝕骨細胞』

肌肉含有那兩種蛋白質以便收縮？

『肌動蛋白、肌凝蛋白』

體內的鈣 (Ca) 有那些重要生理功能？

『接受神經衝動傳導肌肉之收縮』

『受精後鈣啟動信息防止重複受精』

關鍵名詞

骨骼系統

骨髓

幹細胞

膠原蛋白

(成)骨細胞

蝕骨細胞

磷酸鈣

精卵受精

肌肉

肌凝蛋白

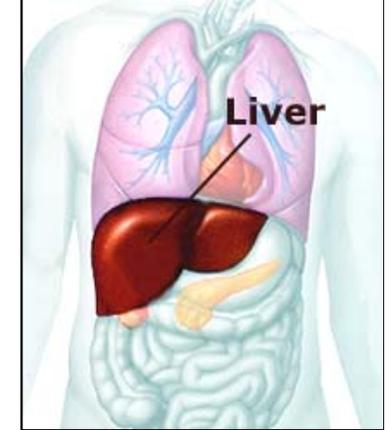
肌動蛋白

肌肉收縮

肌肉放鬆



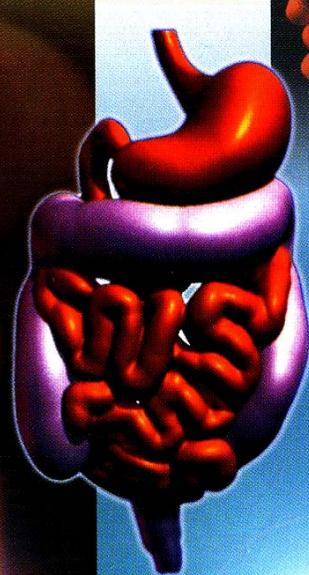
勤奮工作的酵素



人體系列 (2)

胃·腸/肝臟

The Wonders of
Digestion and Absorption
A Multifunctional Chemical
Factory -- The Liver



驚異的小宇宙·胃·腸·肝臟



肝臟是人體化學工廠，
製造豐富多樣的酵素，
可**代謝**各種生化反應。

酵素反應極神奇，催化
效率高且具專一性，完
全是蛋白質構形之賜。

真核細胞

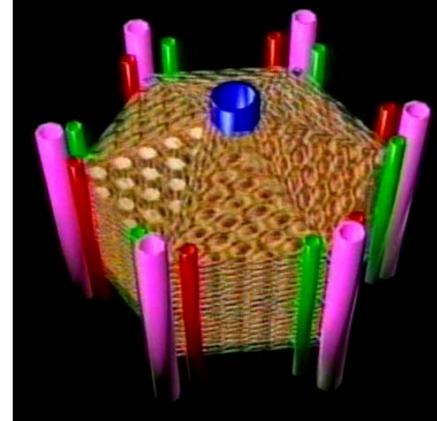
肝臟是人體的化學工廠，轉化、收存重要物質



肝臟把酒精 (乙醇) 去氫化成乙醛，再氧化成為無毒的乙酸，就是醋酸。這些轉換過程，全都靠肝臟中的**酵素**催化，才得以有效進行。

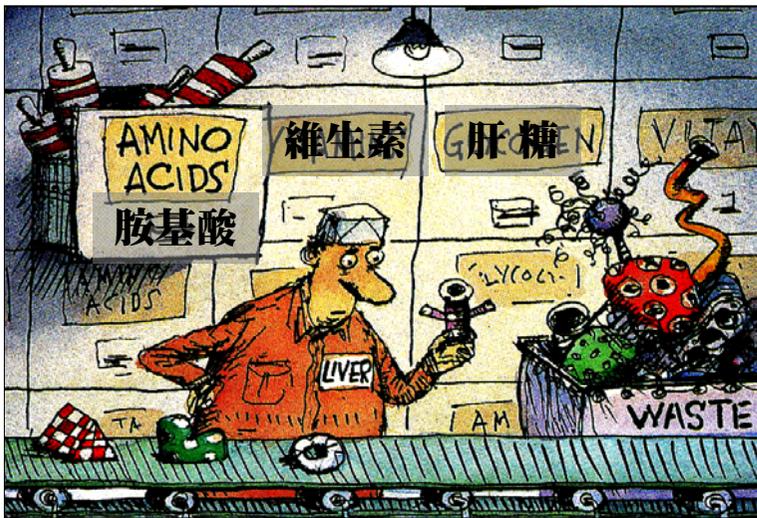
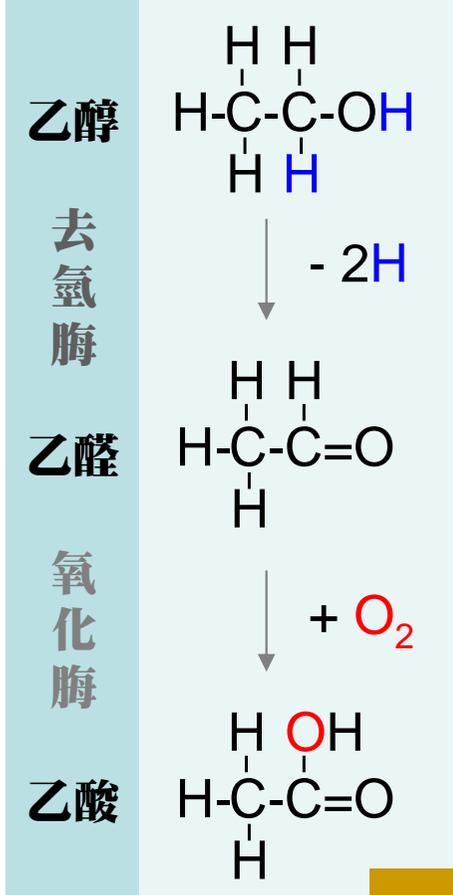


正如化學工廠有各種輸送管，肝臟充滿血管，輸入反應物、移出生成物，並回收有用物質。



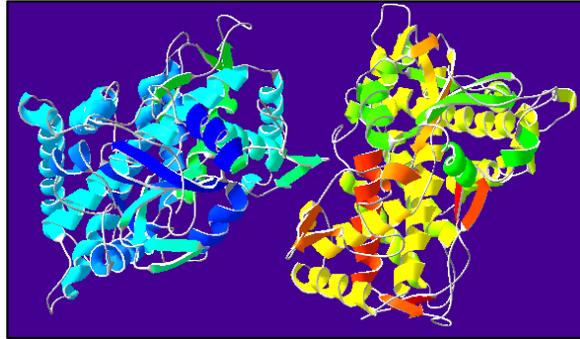
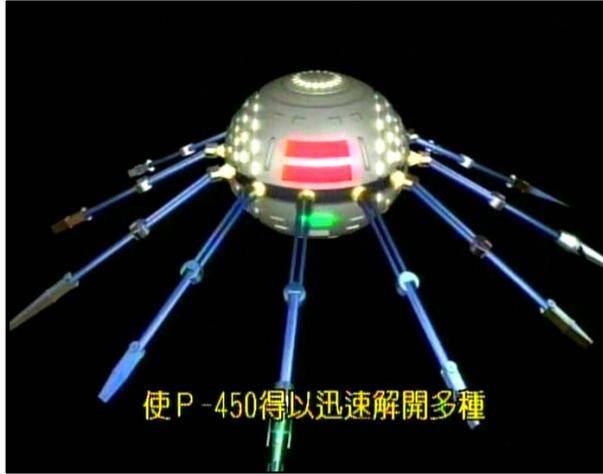
- 肝生理功能：**
- (1) 糖類代謝
 - (2) 脂肪代謝
 - (3) 生產膽汁
 - (4) 解毒作用

肝小葉除了有很多細胞外，也有動脈、靜脈、膽管等，出入頻繁。



真核細胞

細胞色素 P450 可催化許多解毒反應，但不可過荷



P450 可催化並代謝掉毒物，然而過強的 P450 反而會把某些物質轉變成致癌物質，並使很多藥物失去作用。

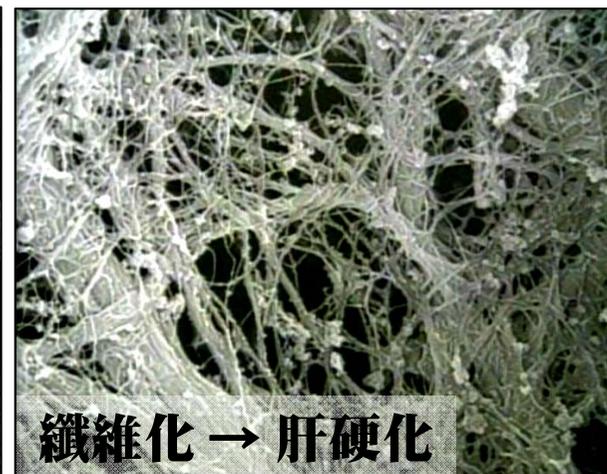
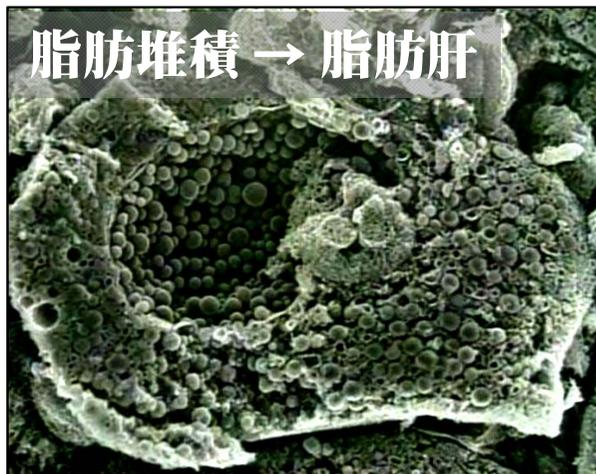
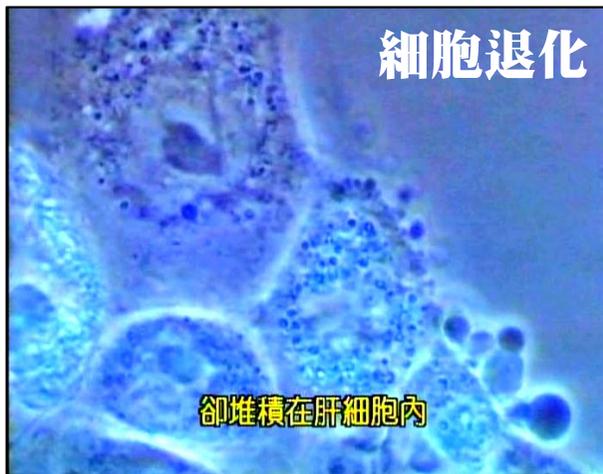
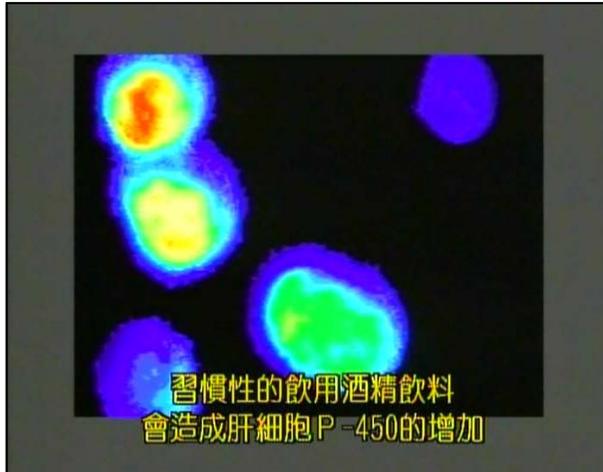
WIKIPEDIA

酒精 → P450 → 代謝酒精

藥物、酒精過量 → P450 過量 → 酒精耐量上升

服用藥物 → 藥物代謝加速 → 藥物耐量上升

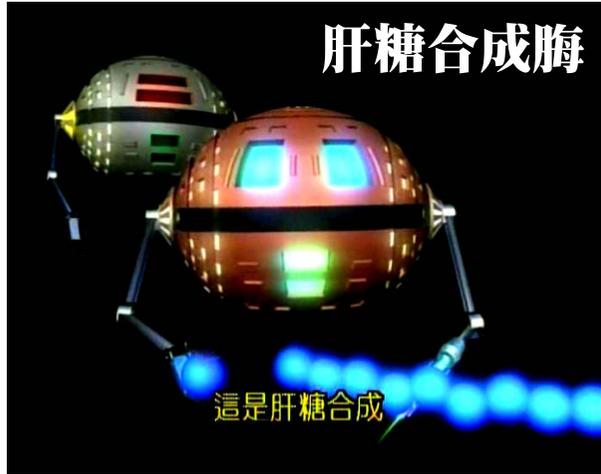
肝細胞退化 ← 可能產生毒物 → 導致癌症



← 沒救了！

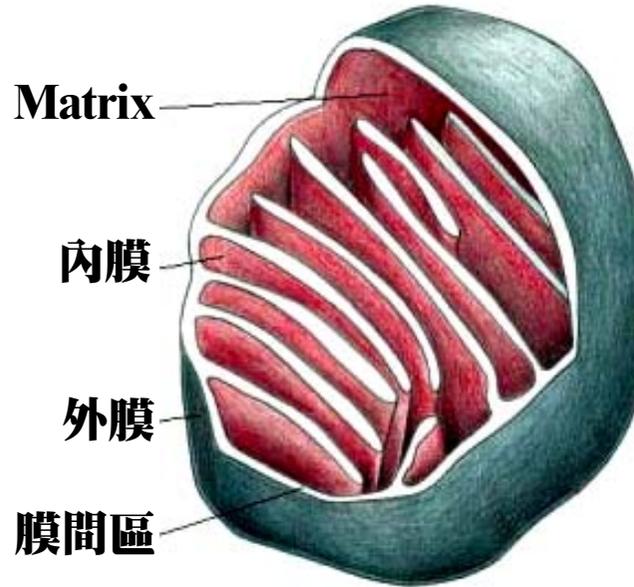
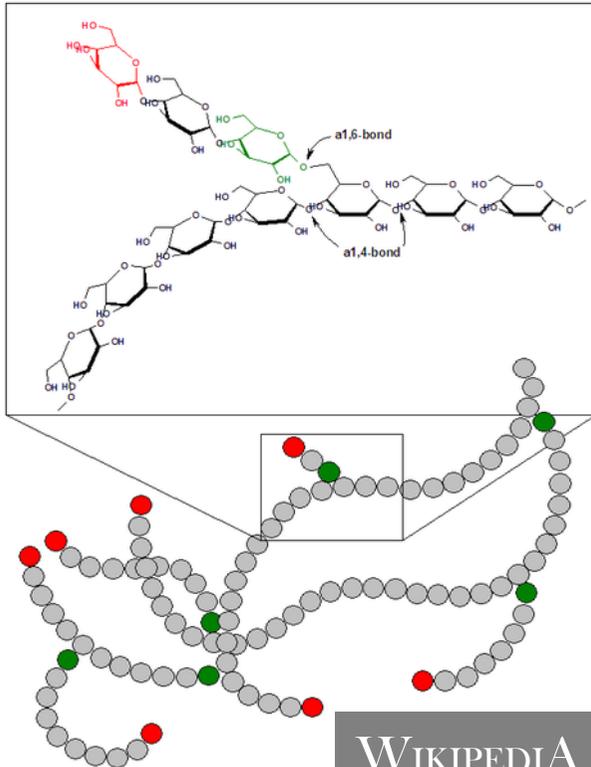
真核細胞

肝臟以肝糖形式貯藏能量，並以粒線體產生 ATP

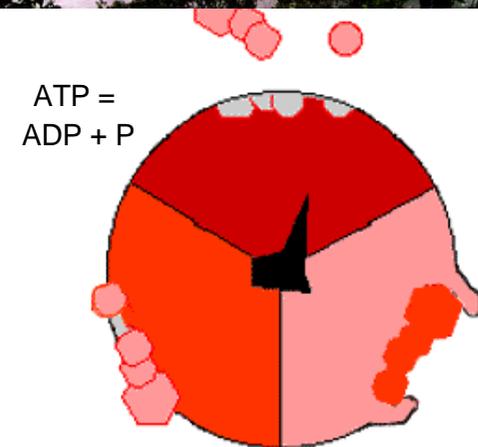


消化後的葡萄糖送到肝臟，被聚合成肝糖貯藏，需要時分裂出葡萄糖，經分解後送到粒線體產生能量。

肝糖是由葡萄糖聚合成的巨分子。



粒線體內有**雙層膜**，是產生能量的關鍵。在分解葡萄糖的過程中，使膜間區累積高濃度質子，造成電位差而推動 ATP 之合成。



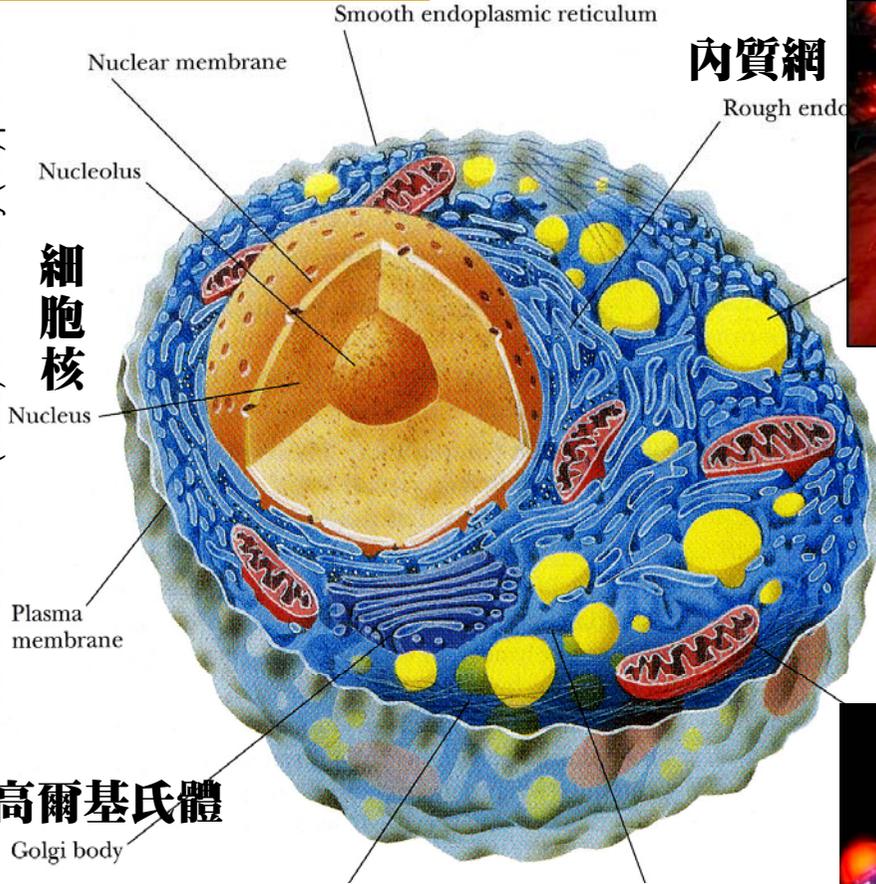
真核細胞

肝細胞有旺盛的基因表現，做出很多蛋白質 (酵素)

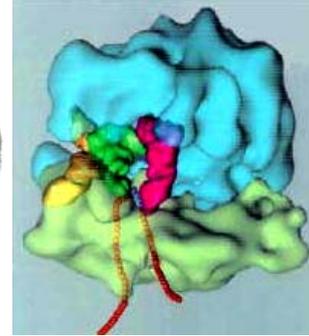
Garrett & Grisham (2005) Biochemistry (3e) p.24-25

細胞核

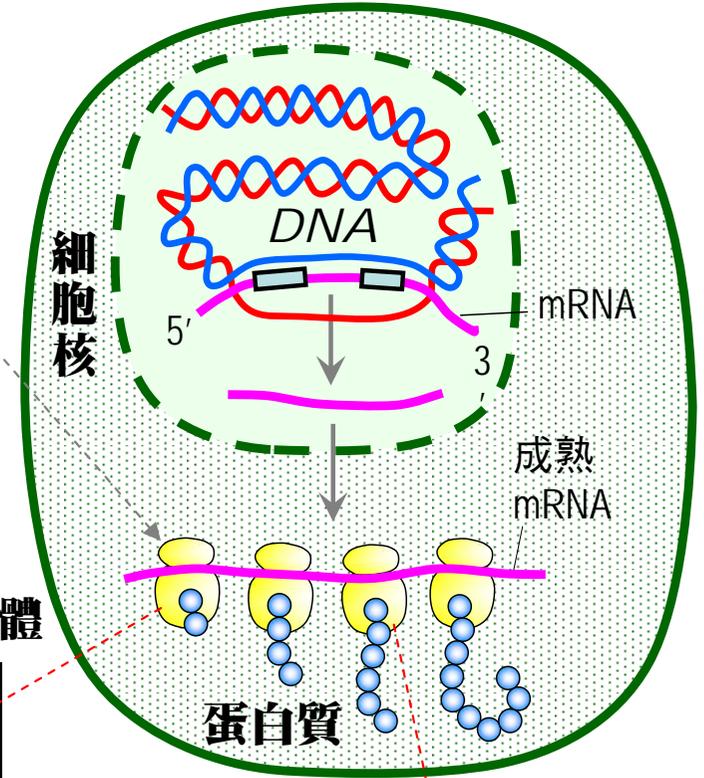
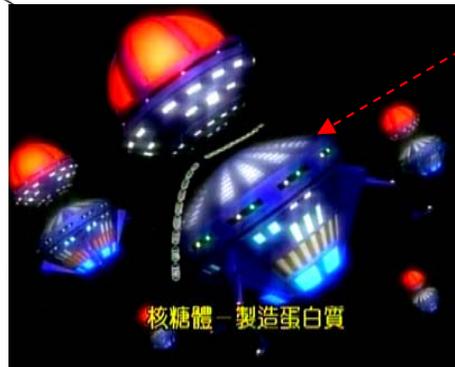
高爾基氏體



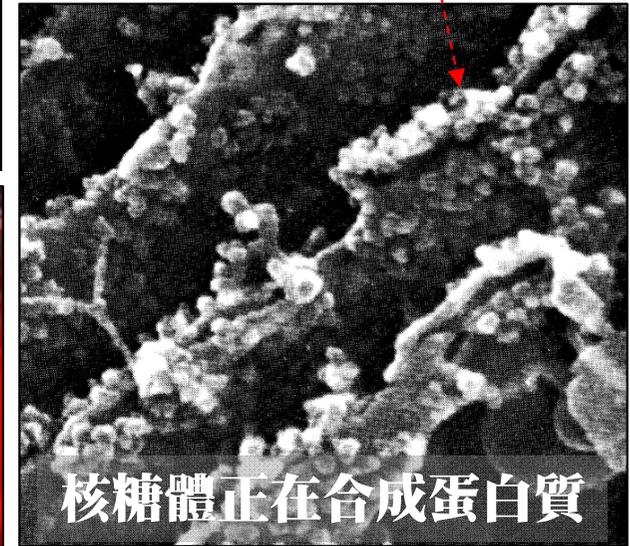
內質網



核糖體



內質網



蛋白質太小看不到

基因密碼轉錄成 mRNA，在細胞質中轉譯成蛋白質，蛋白質可留在細胞中，或送出細胞。**酵素**屬於蛋白質，是具有催化功能的工作分子，執行細胞之所有反應。

Alberts et al (2002) Molecular Biology of The Cell (4e) Fig 1-10

Bohinski (1987) Modern Concepts in Biochemistry (5e) p.19-26

為何說肝臟是人體的化學工廠？

『可進行很多催化反應以轉化物質』

為什麼喝酒過量有害健康？

『酒精刺激 P450 過荷而傷害肝臟』

肝糖由什麼單位組成？有何作用？

『分解成葡萄糖做為能量的來源』

細胞內如何合成蛋白質？

『DNA 把基因指令抄錄成 RNA』

『RNA 被核糖體翻譯成蛋白質』

關鍵名詞

酵素 (酶)

乙醇

去氫酶

肝小葉

膽汁

P450

脂肪肝

肝硬化

肝糖

葡萄糖

粒線體

雙層膜

電位差

ATP

ADP

能量來源

DNA

轉錄

RNA

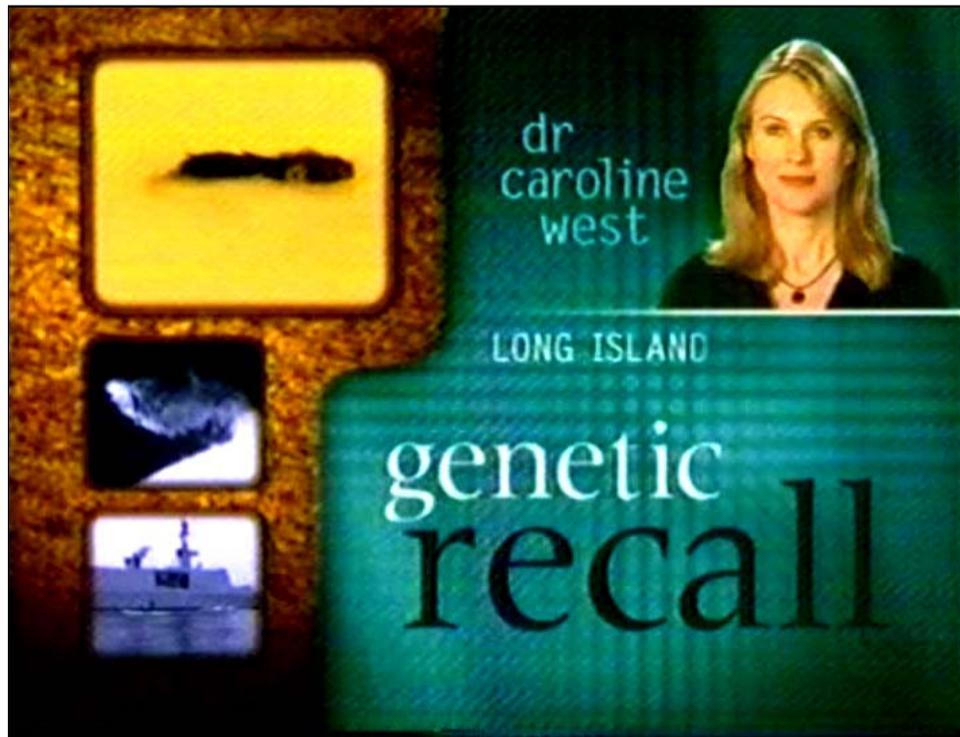
轉譯

蛋白質

胺基酸

核糖體

內質網

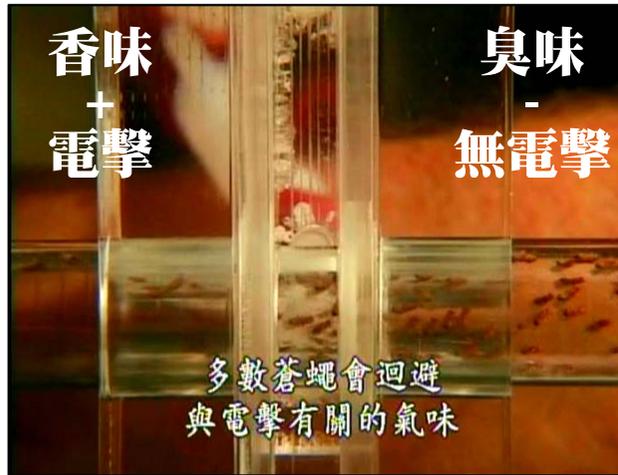


蒼蠅王：記憶的基因

生物所有的生理表現，
全都是由基因所控制。

人工改變基因就會導致
生物的變異，人類是否
有資格主導這種操作？

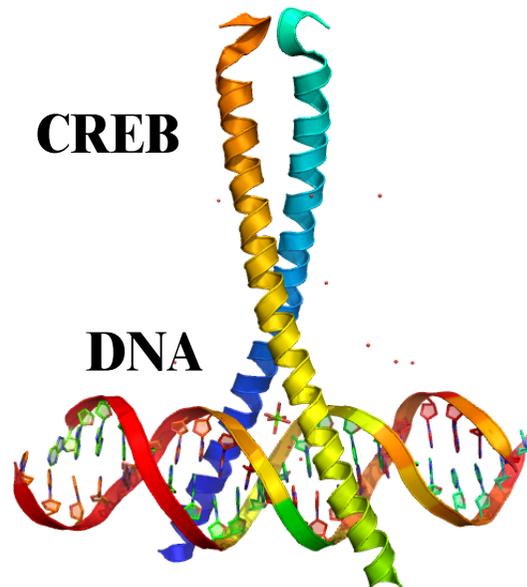




要產生 CREB 必須：

- (1) 刺激**次數**要足夠
- (2) 刺激的**強度**足夠

產生 CREB 後才能啟動長期記憶 (LTP)：



↑

強化神經元之間的傳遞

↑

→ 基因表現 (turn-on)



真核細胞

基因與遺傳之人為操作，是極嚴肅的爭議問題

這些科技與地動說或演化論在本質上有何不同？

基因改造作物



有些農作物利用動物基因而變得更強壯

DNA 晶片



異種器官移植



就拿首度心臟移植手術來說，很多人便認為有違自然法則

跨物種基因轉移



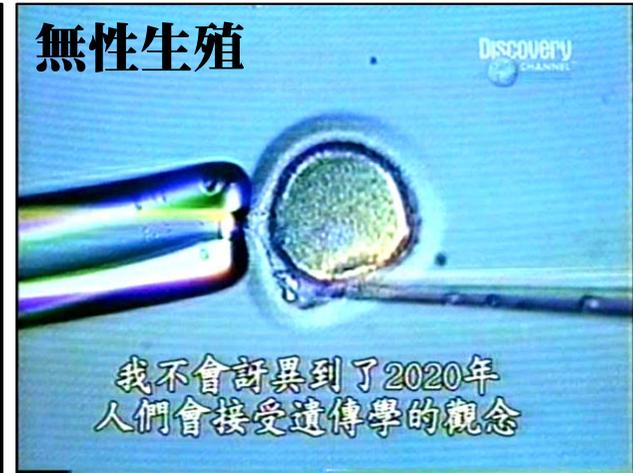
Fish genes can stop frost (魚的基因可防止草莓受霜害)

基因篩檢



可以辨識並捕捉與檢體DNA互補的序列

無性生殖



我不會訝異到了2020年，人們會接受遺傳學的觀念



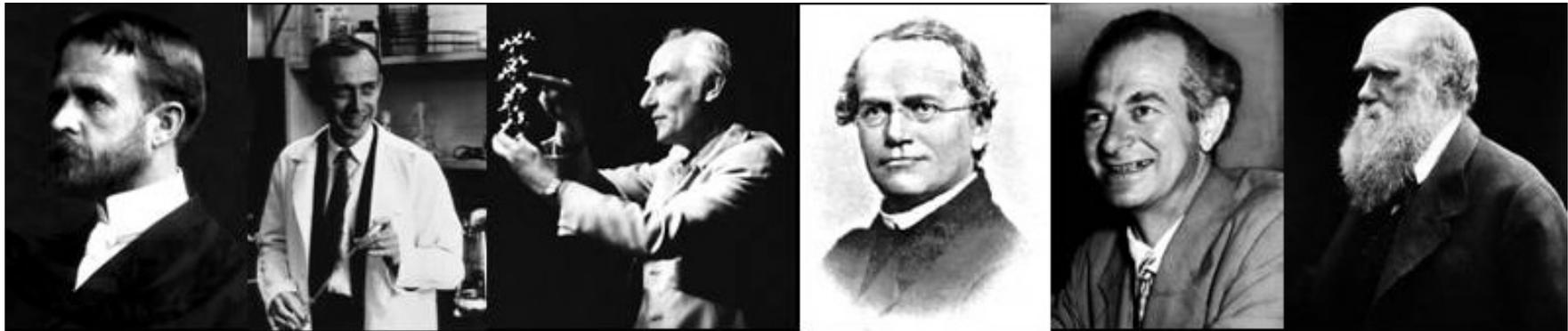
Prometheus

自天上盜取火種給人類，因而被罰以巨鳥啃食肝臟。



問題：
社會是否應該容許這些新科技？

- (1) 異種生物之間的**基因**是否可以互相移植？
- (2) 異種生物之間的**器官**是否可以互相移植？
- (3) 無性生殖的**複製生物**可否應用在醫學或農業？
- (4) 個人的**基因資訊**是否可供醫學或研究使用？
- (5) 人類可否選擇**胎兒**的基因組成？或放棄胎兒？



先賢們會如何想？

我們如何長期記憶一件事情？

『一串神經細胞網不斷重複受刺激』

怎樣才能牢固記住一件事情？

『事件發生的次數與強度要足夠』

為何大家如此畏懼基因改造或轉殖？

『無法預期結果的強大科學工具』

基因改造有何利弊之處？

『縮短演化時間以進化出優質物種』

『人為方法短期內造成全球重大影響』

關鍵名詞

長期記憶

神經元

突觸

CREB

基因組

基因改造

基因轉殖

器官移植

基因晶片

基因篩檢

無性生殖

複製人

訂製胎兒

商業保險

個人隱私

政府控制

環境污染

物種污染

政治角力



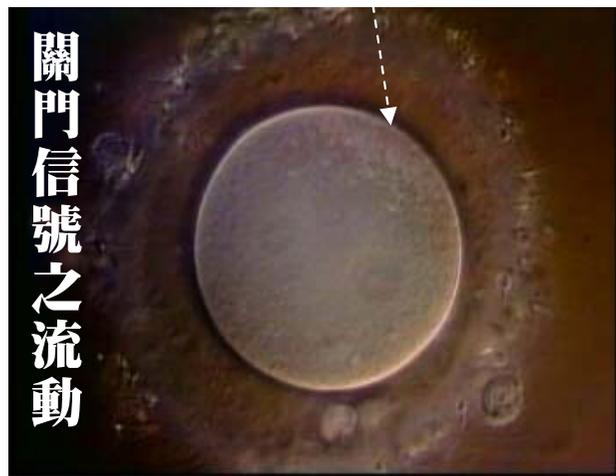
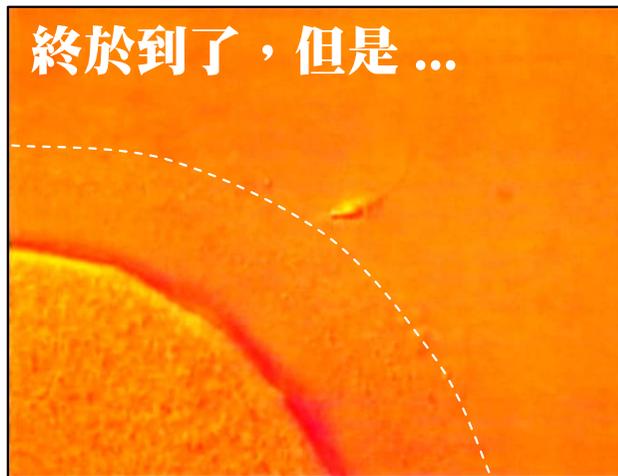
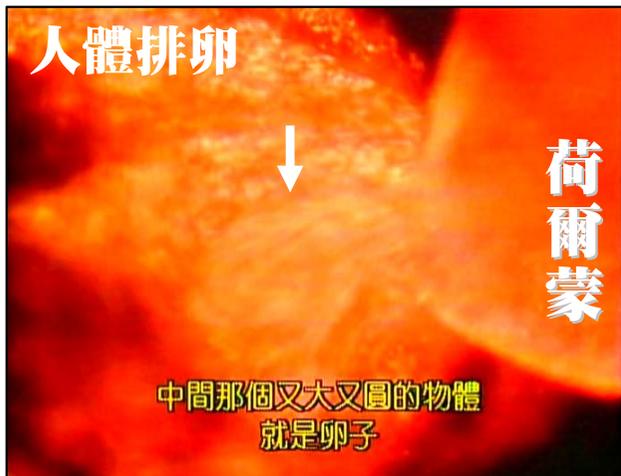
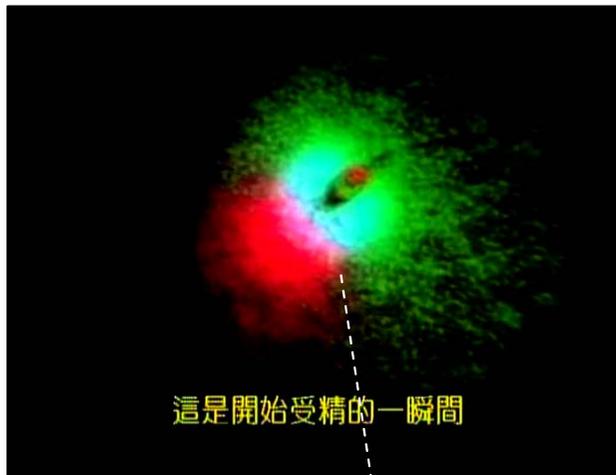
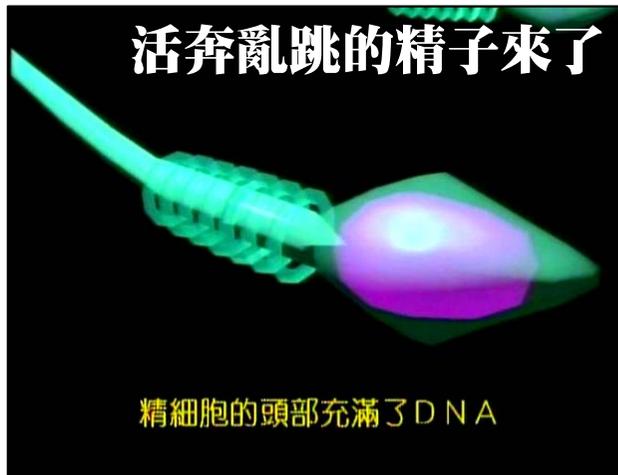
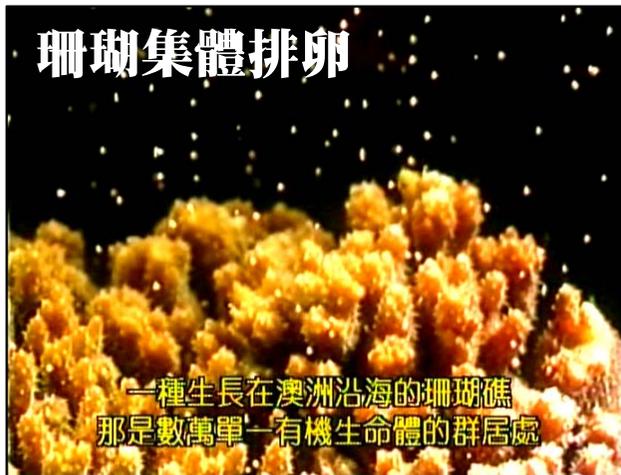
精子與卵子結合並分化
成長為胚胎乃至個體。

整個過程精密規劃、執行，
是繁衍生命根本。

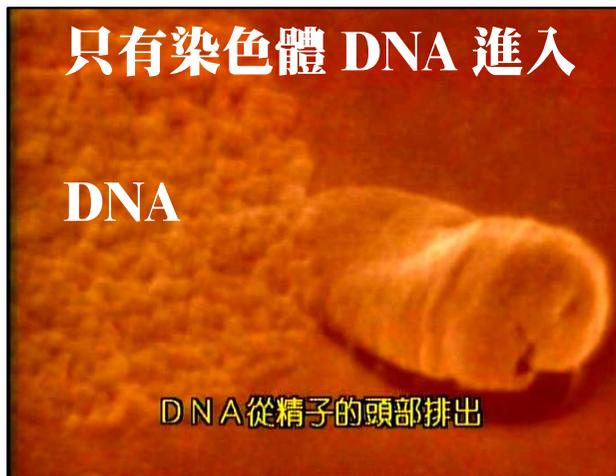
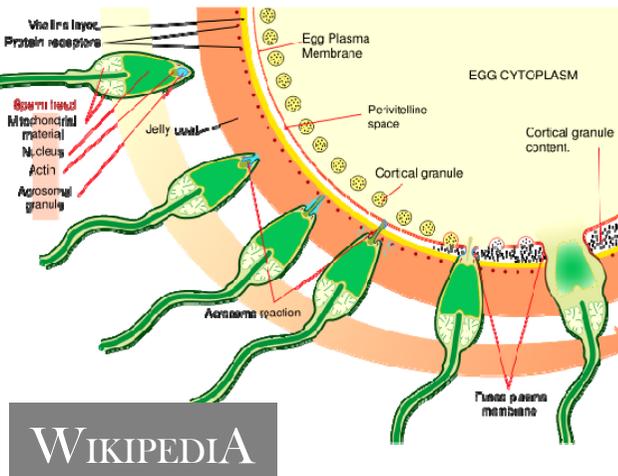
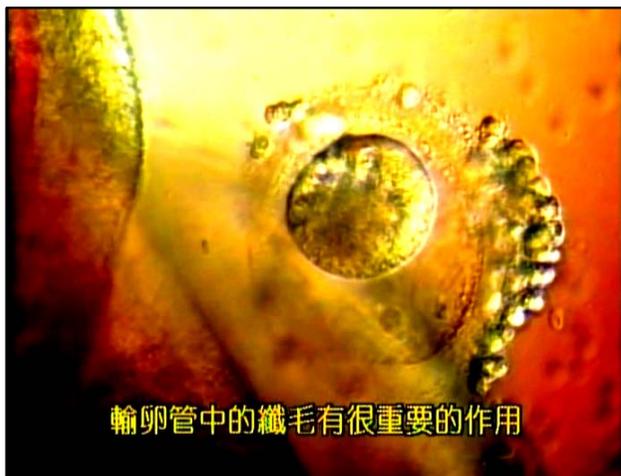
真核細胞

卵子與精子結合，兩者 DNA 混合後細胞開始發育

受精過程

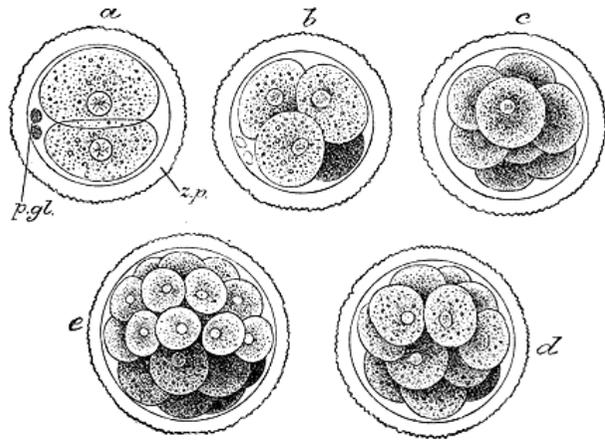


有性生殖使基因得以混合



真核細胞

受精卵分裂並分化成胚胎，胚軸首先形成



重力影響胚胎形成

在太空梭的實驗中導致
已受精的雞卵死亡的因素之一

初始循環系統

人體的循環系統幾乎已經完成了

已經開始分化

受精之後的第三天
這個時期的胚胎稱為「桑葚期」

分化：胚胎之細胞數目持續增加，同時也開始分工，發展出各種不同功能的細胞。

Homeobox genes

到了第四週末期
人體依然只有4公釐大

第一件事

是從一條沿著
胚胎長軸走的溝痕開始形成

原始心臟

人類的胚胎在第3週末期
心臟開始產生跳動

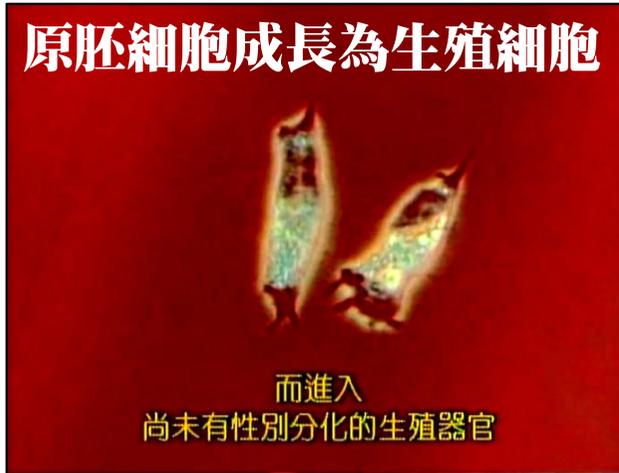
以細胞自戕修飾手指

受精後第五週的末期
從胚胎開始長出手

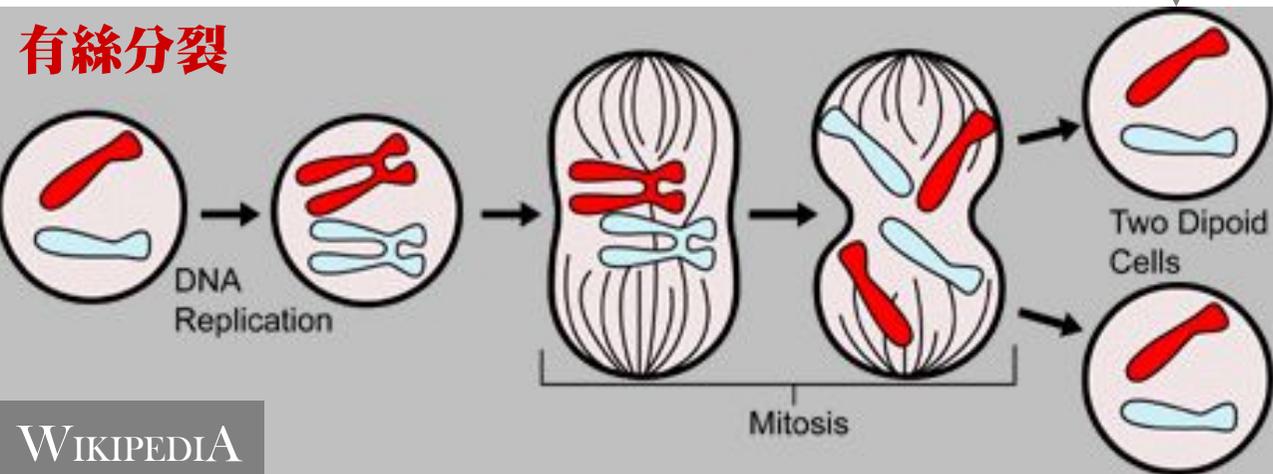
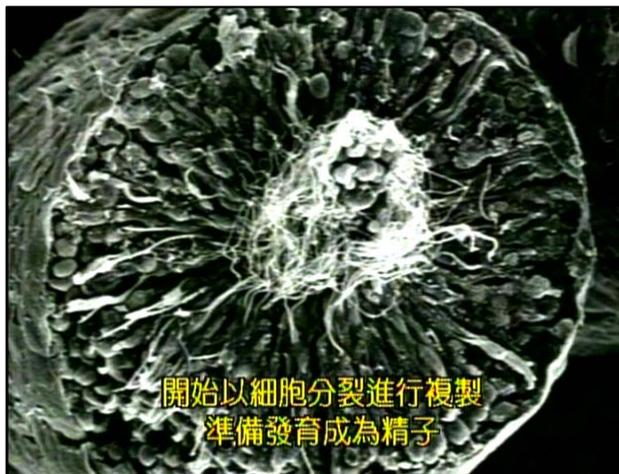
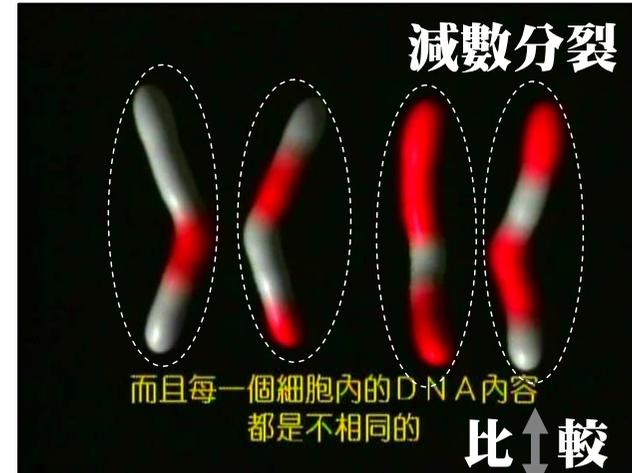
整個胚胎發育過程受到基因控制

真核細胞

原胚細胞進行減數分裂以生成精子或卵子



減數分裂生成精子或
卵子，其染色體數目
各只有 **23 個**；一般
身體細胞則經**有絲分
裂**，可保持 **23 對**。



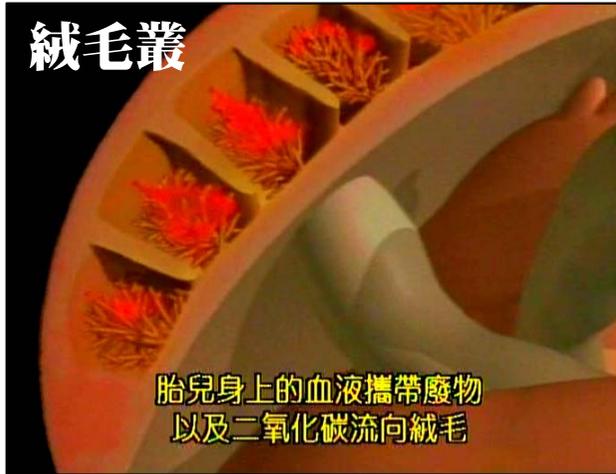
WIKIPEDIA

← 減數分裂之前先進行基因重組

真核細胞

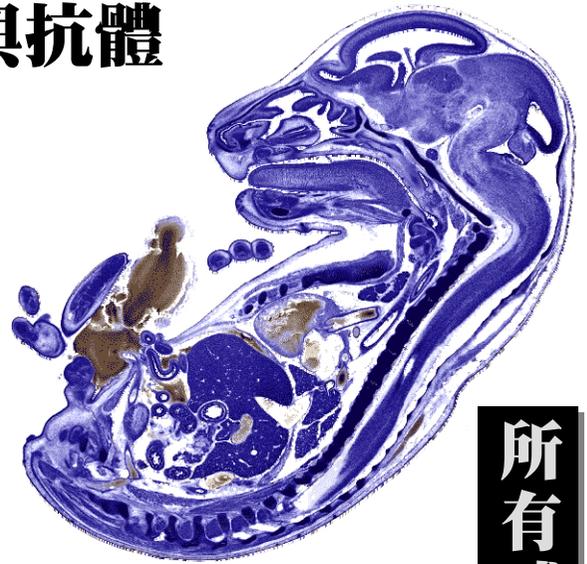
胎兒成長完全依靠母親的養分與抗體

絨毛叢



母親的健康狀況
密切影響胎兒，
胎兒也可感受母
親的情緒等。

WIKIPEDIA



所有哺乳類的胚胎發育非常相似

絨毛膜



胎盤



但是病毒、一氧化碳和藥品
卻能夠輕易的通過它

為何一個卵只能接受一個精子？

『卵子受精後啟動機制關閉細胞』

受精卵含有父母雙方的全部基因？

『錯。粒線體只由卵子貢獻』

受精卵如何形成胚胎乃至個體？

『細胞快速分裂，然後分化』

胎兒的精子或卵子如何形成？

『原胚細胞以減數分裂形成精卵細胞』

『減數分裂前染色體之間先重組基因』

關鍵名詞

精子

卵子

受精卵

胚胎發育

細胞分化

荷爾蒙

胚軸

基因控制

Homeobox

細胞自戕

原胚細胞

有絲分裂

減數分裂

基因重組

胎兒

胎盤

臍帶 (血)

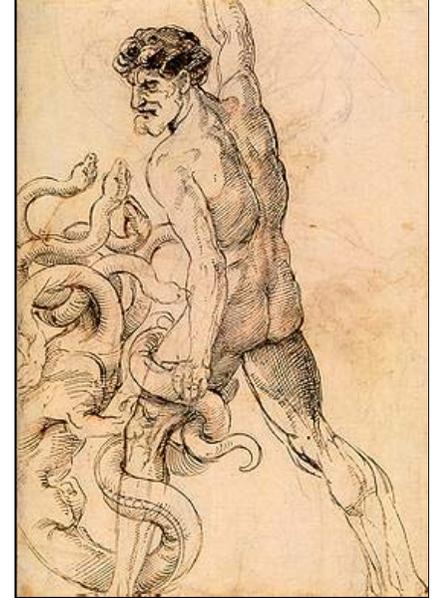
胚胎相似

子宮絨毛

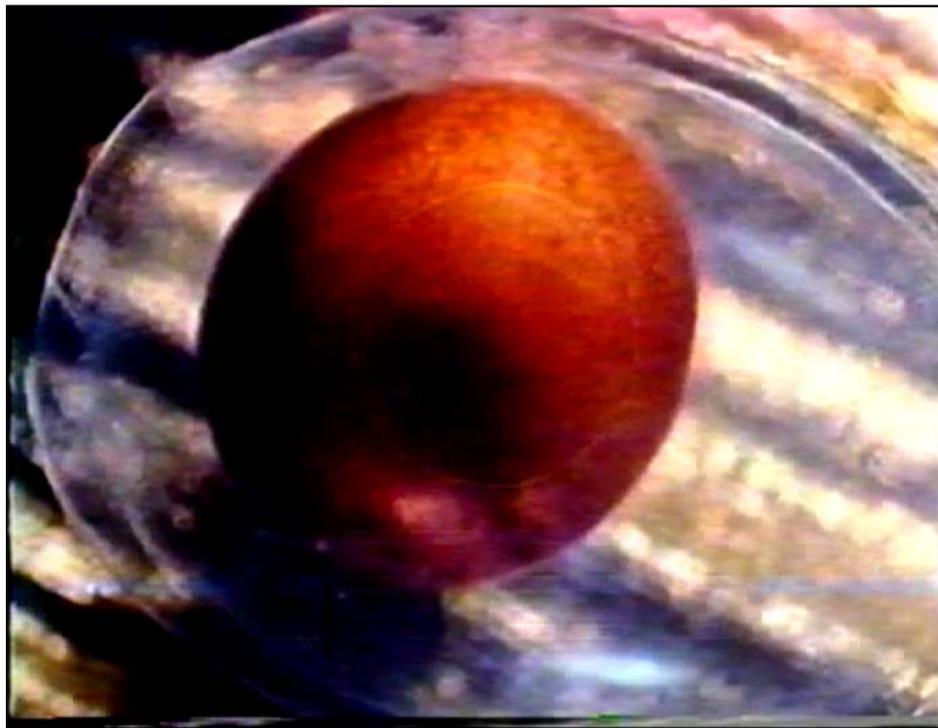
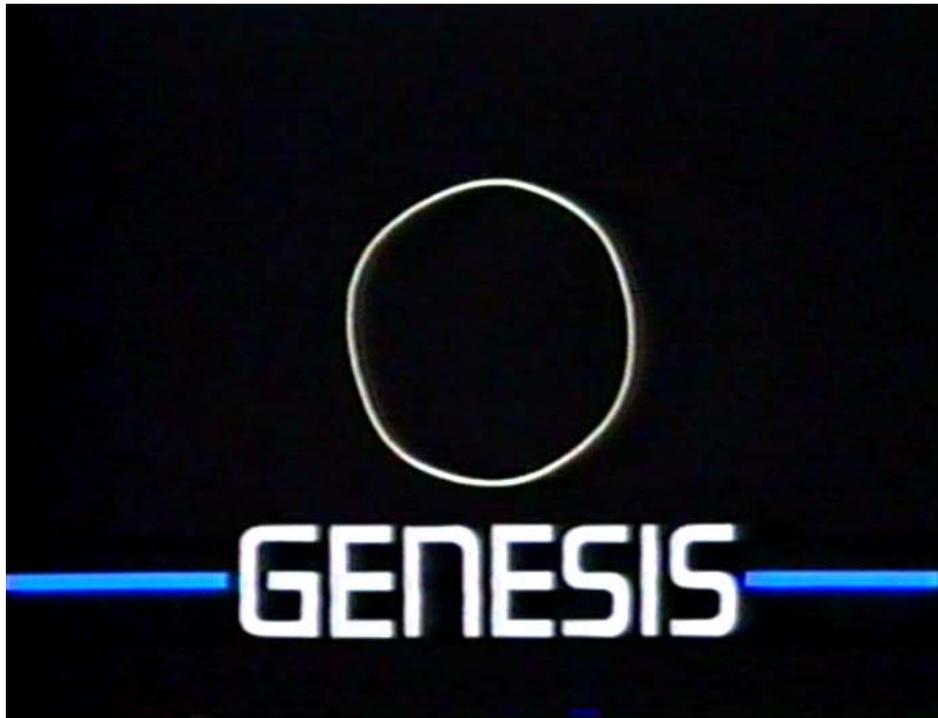
母源抗體

母胎相容

胎兒健康



Hercules 大戰九頭水怪

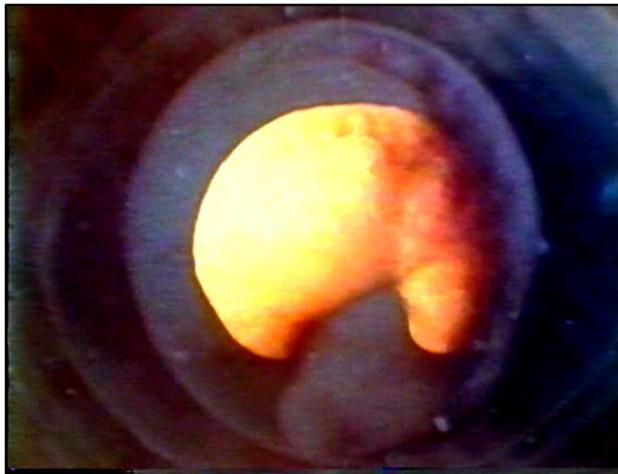
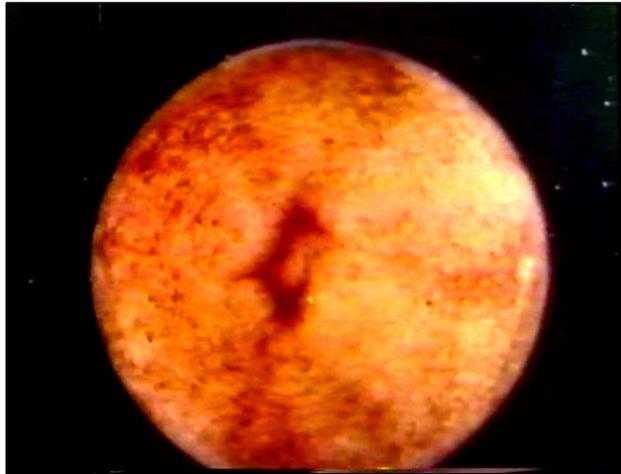
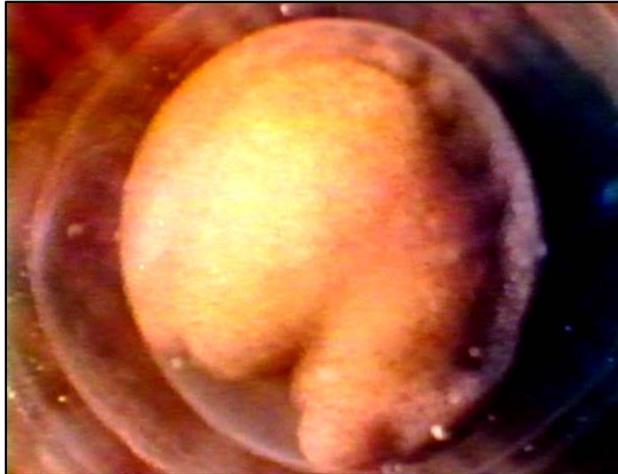
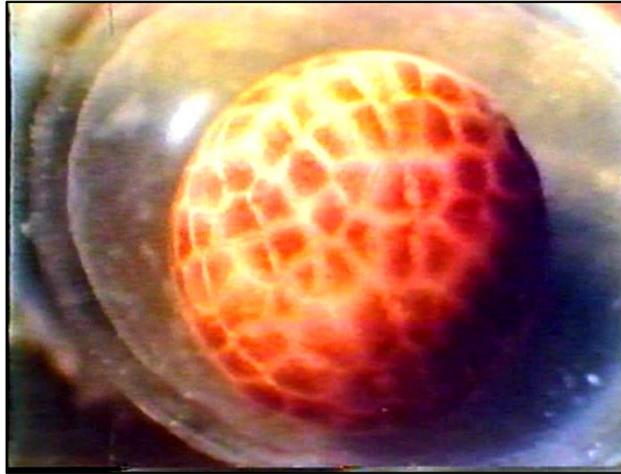
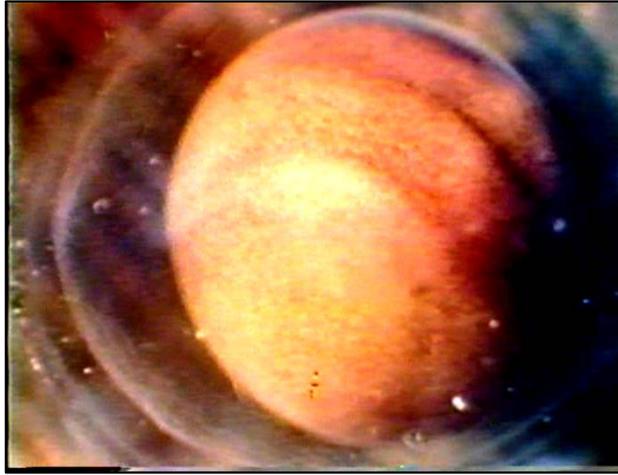
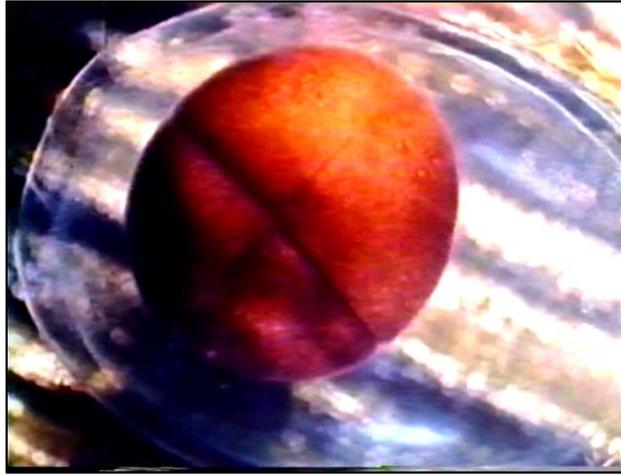


胚胎的發育過程，重現
數億年的生物演化史。

若不是同源，脊椎動物
的胚胎為何如此相似？

真核細胞

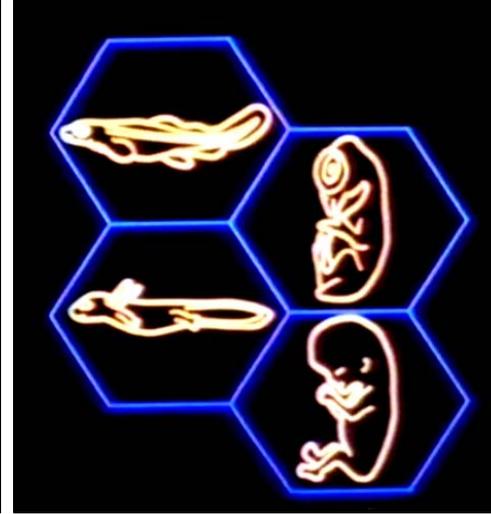
脊椎動物胚胎的發育過程 (魚類)



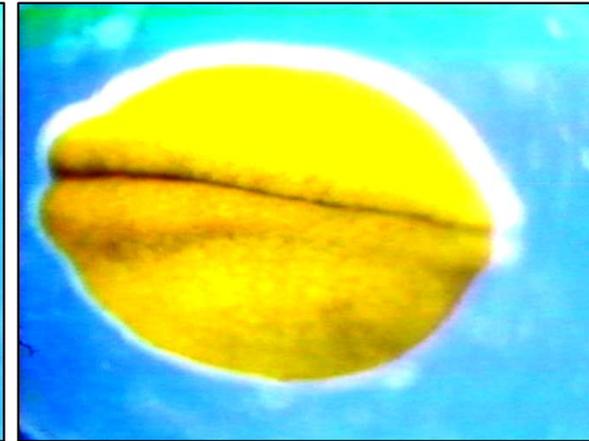
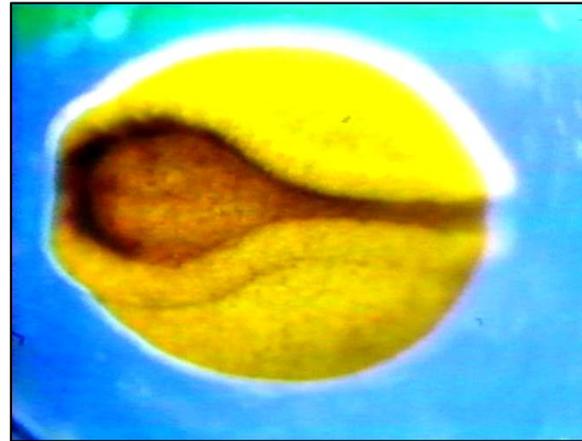
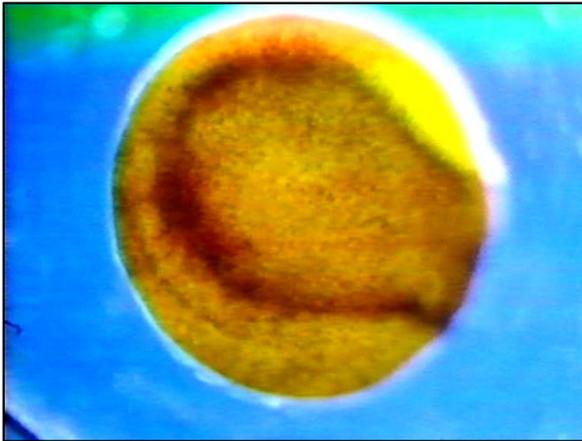
連動物控制胚胎發育過程的基因都非常相似

真核細胞

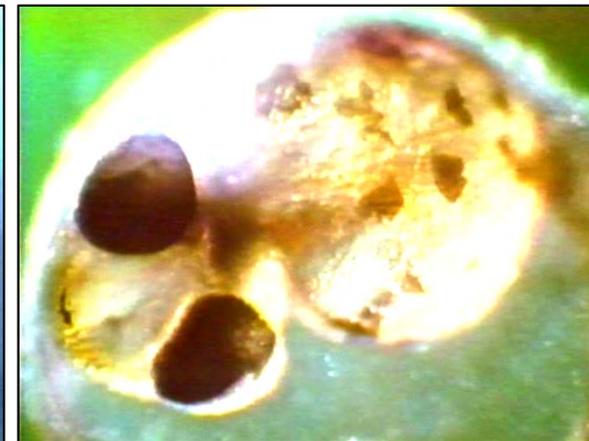
所有脊椎動物都有相似的胚胎演化過程



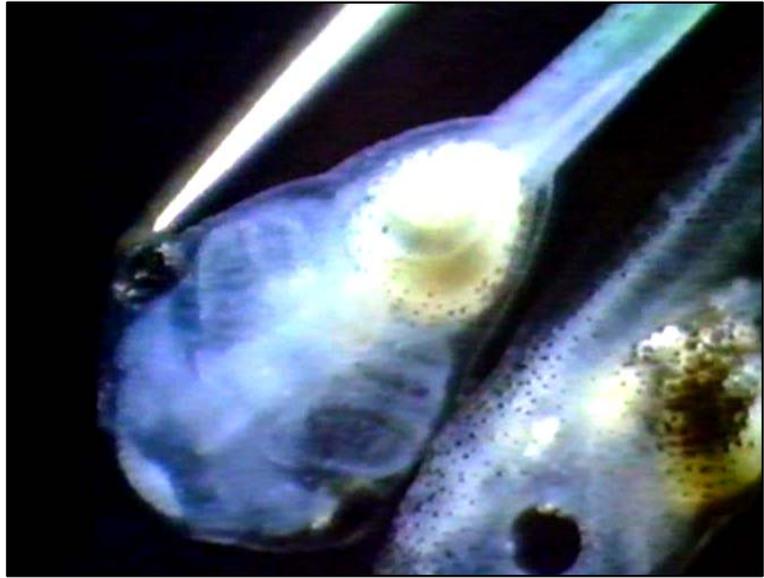
脊椎動物胚胎的衍生過程，其相似性令人驚訝，剛開始的胚胎，幾乎長得一模一樣。



← 胚軸形成



← 器官演化完成

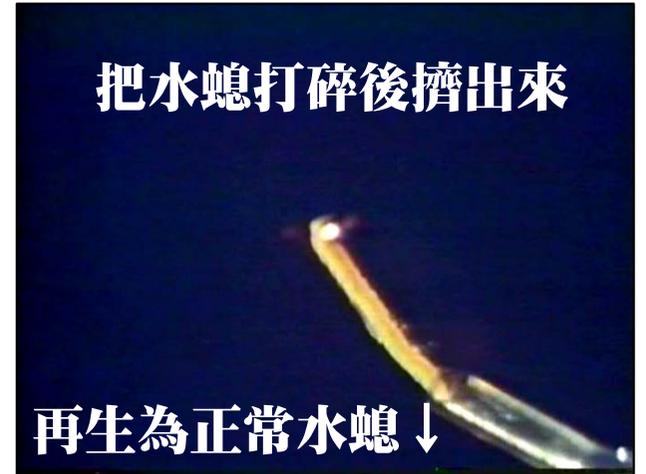


分化：青蛙胚胎已經分化出眼睛、心臟等不同細胞，各司不同功能。

人類大部分已分化細胞都不能再生，但是低等動物的細胞則有很強的再生能力 (如**水螅**)。



把水螅打碎後擠出來

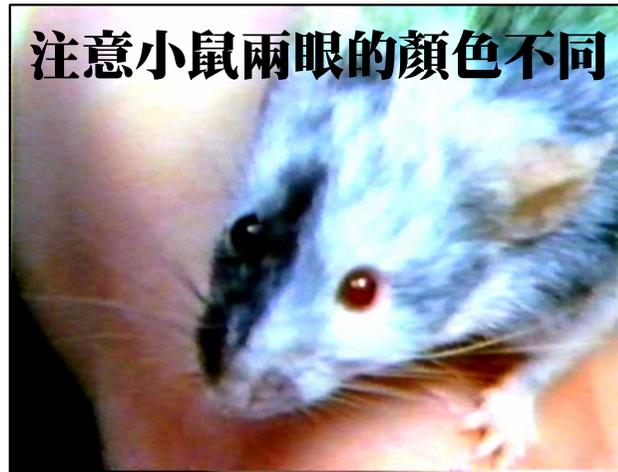


再生為正常水螅↓

癌細胞仍有分化能力：把某癌細胞注入小鼠胚胎，成長後的小鼠有部份組織衍生自癌細胞 (黑色部份)，而小鼠也不會得癌症。



注意小鼠兩眼的顏色不同

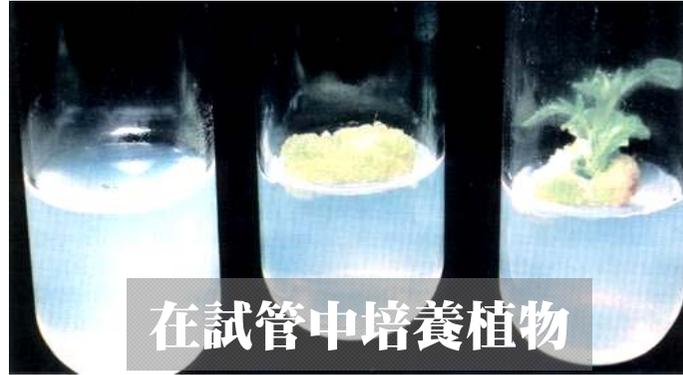
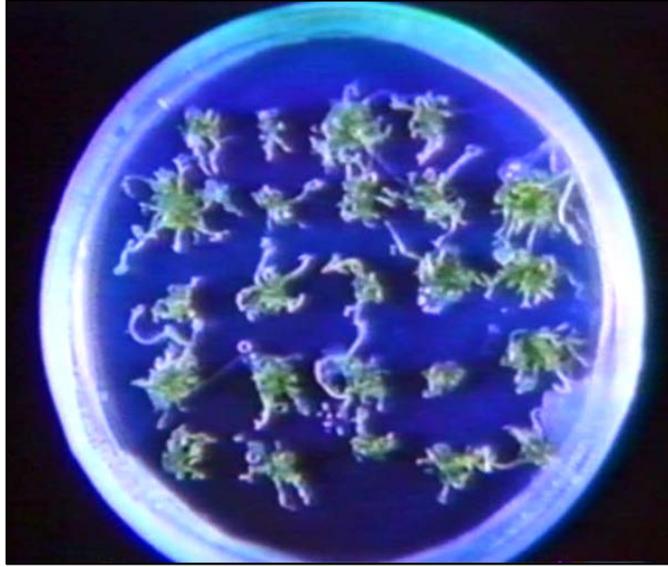


誰在掌控再生能力？



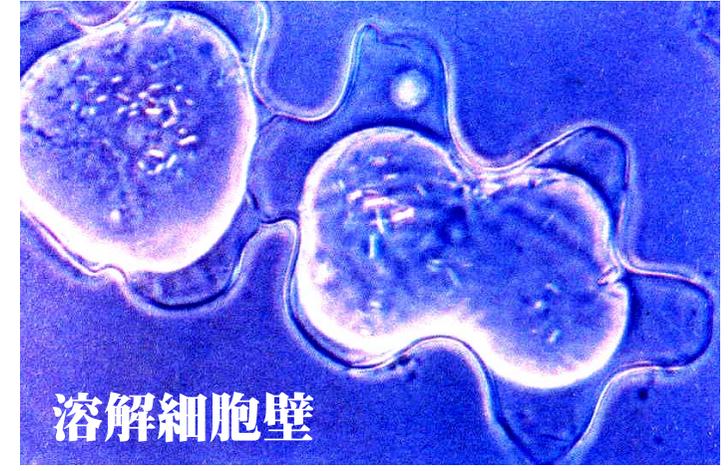
真核細胞

植物每一個體細胞都可以再生，至今機制不明



在試管中培養植物

每一植物細胞都有極強的再生能力 **Totipotency**

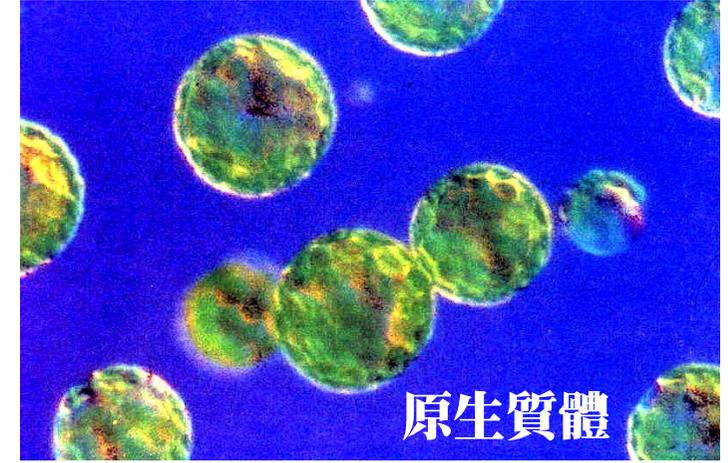


溶解細胞壁

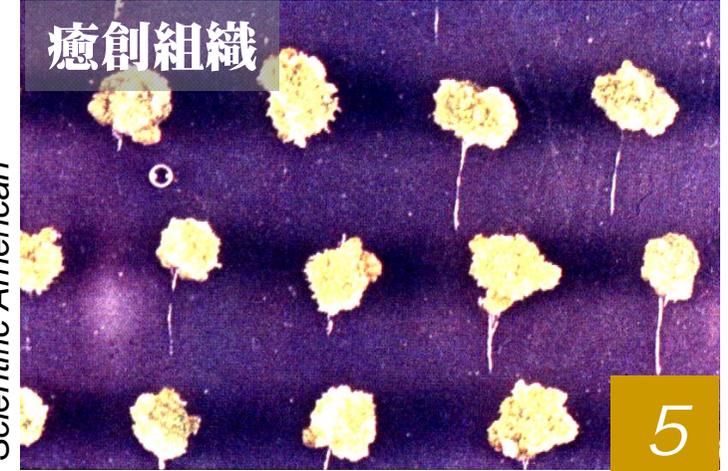


由癒創組織再生植株

Life Processes of Plants



原生質體



癒創組織

Scientific American





古老不正確的生命藍圖

THE INFINITE VOYAGE

科學之旅

THE GEOMETRY OF LIFE

生命的幾何學

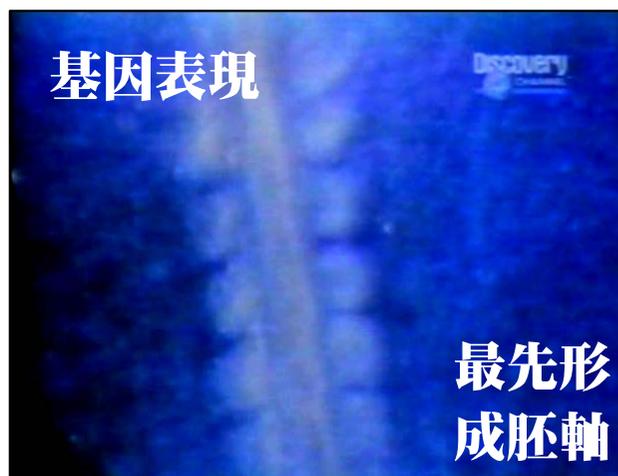
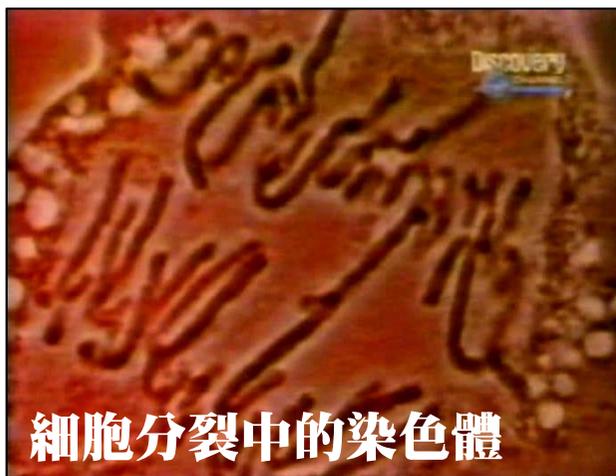
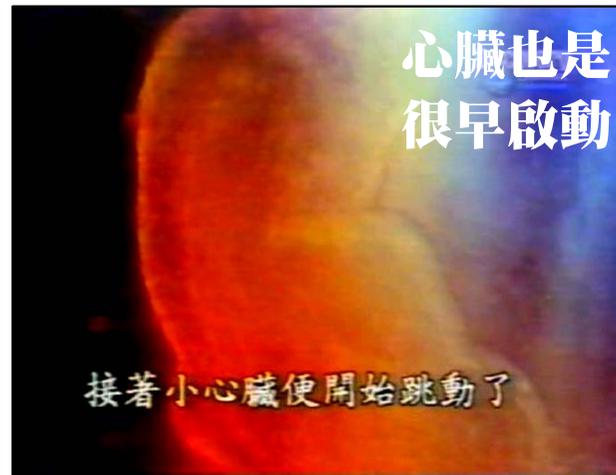
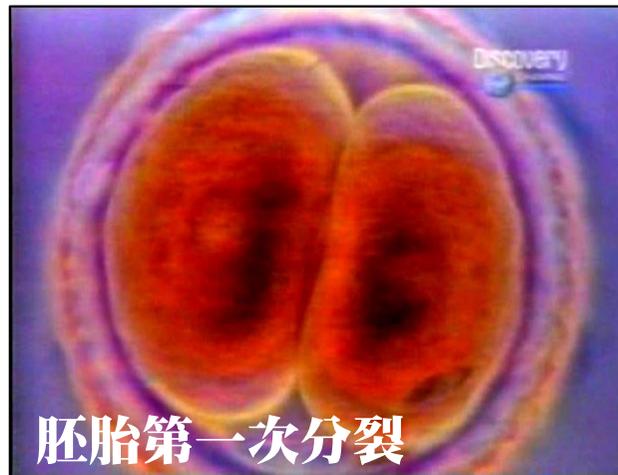
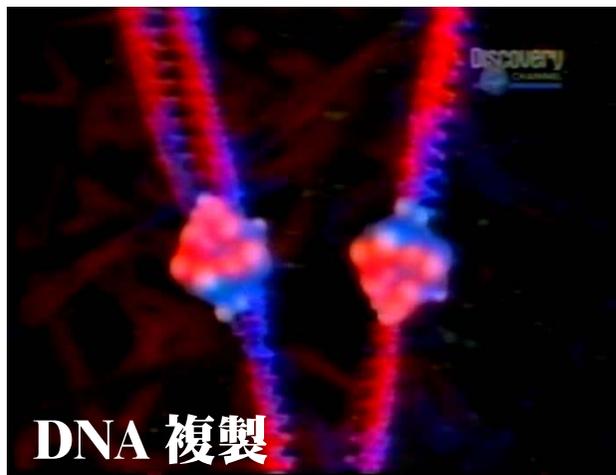
生命藍圖由少數的主要
控制基因在指揮進行。

所有生物都有這些控制
者之對等基因，顯現了
生物間的高度同質性。

真核細胞

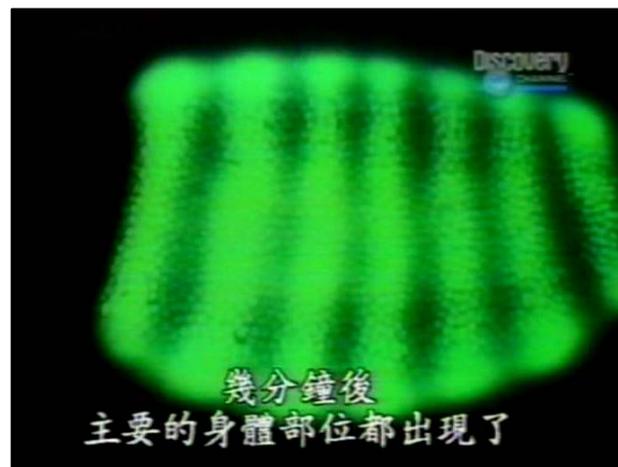
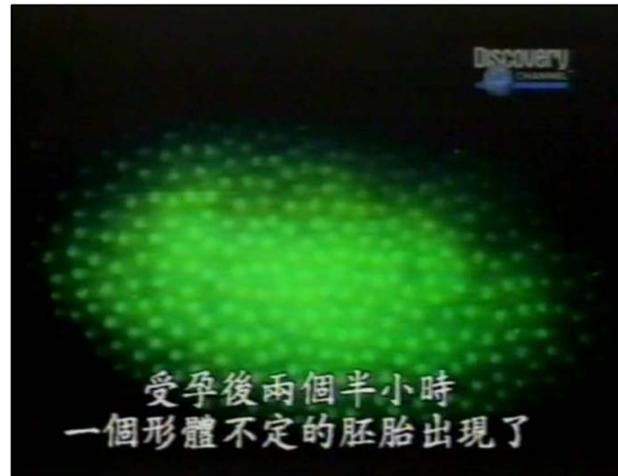
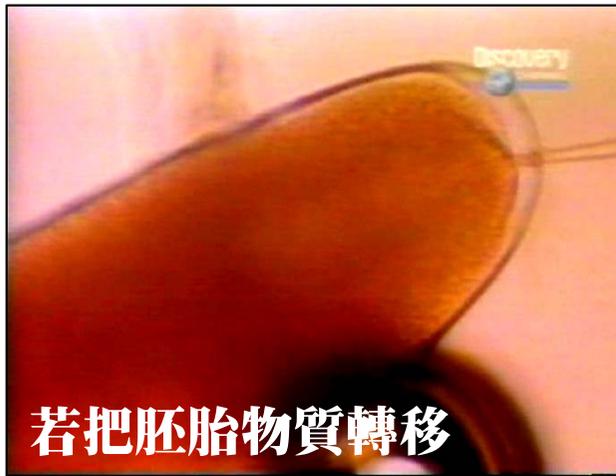
回顧整個細胞分裂與胚胎發展的生命藍圖

所有生物都遵循非常相似的胚胎發展過程



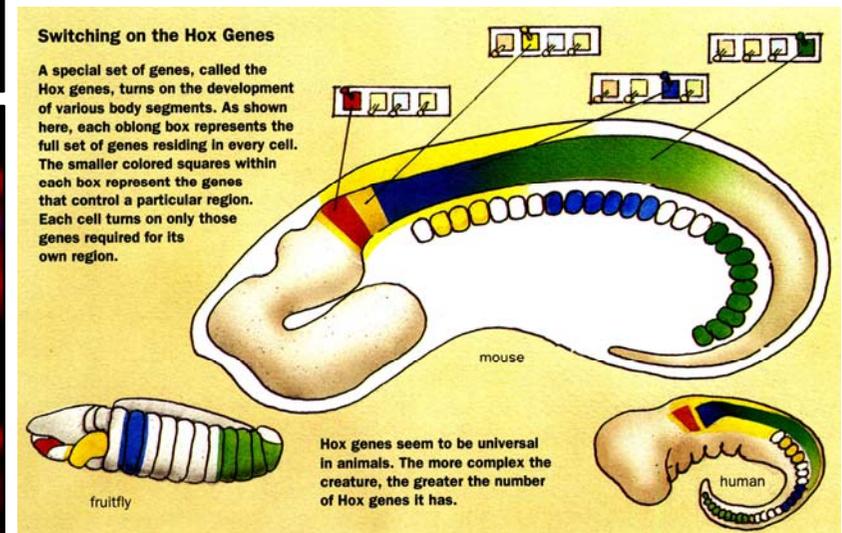
真核細胞

胚胎演化過程受到幾個主要基因的引導

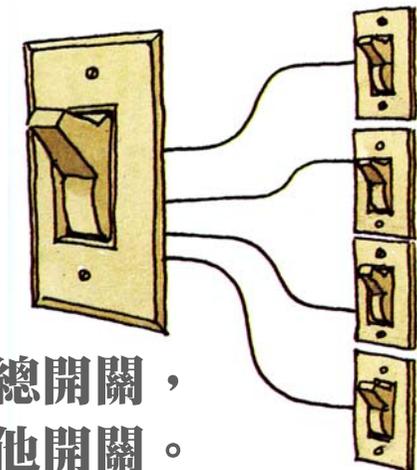


Homeobox genes

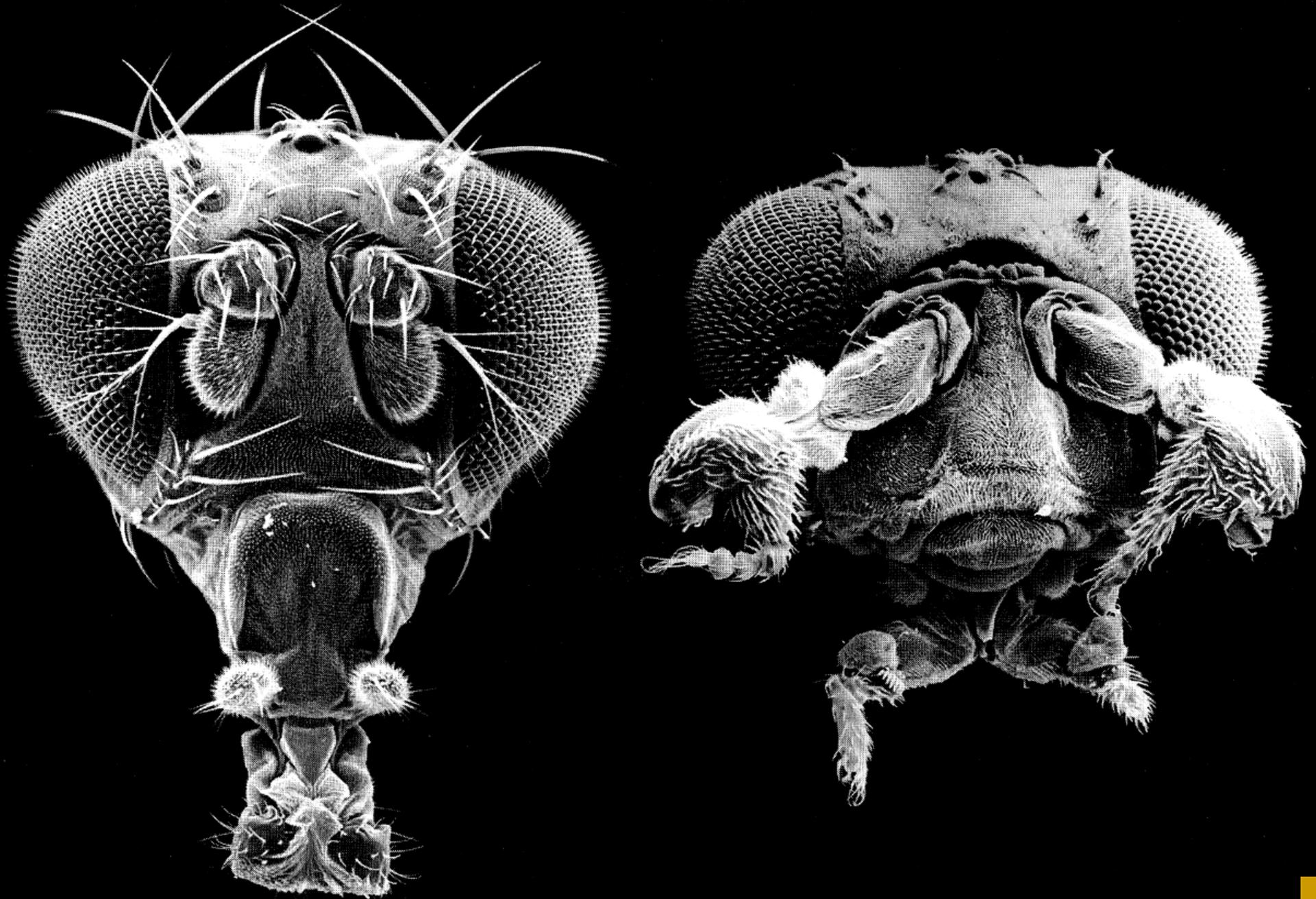
胚胎的發育過程並非隨機發生，是由少數指揮者，有秩序地控制其他基因的表現。



Hoagland & Dodson (1998)
The Way Life Works, p.165



指揮者像總開關，
控制著其他開關。



真核細胞

由各種蛋白質的序列可推得生物間的親疏遠近

生物間驚人的相似性

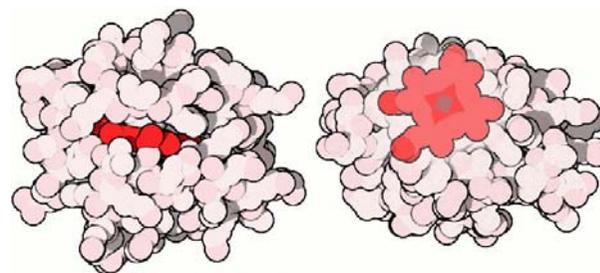
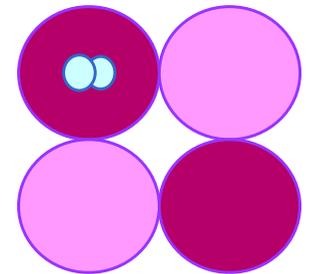
- ◎ 糖解作用酵素 triose isomerase
 - 人類 (249 個胺基酸)
 - 細菌 (255 個) 相同 115 個 (46%)
 - 鳥類 (249 個) 相同 223 個 (90%)
 - 兔子 (248 個) 相同 244 個 (98%)



已經有分工的團藻

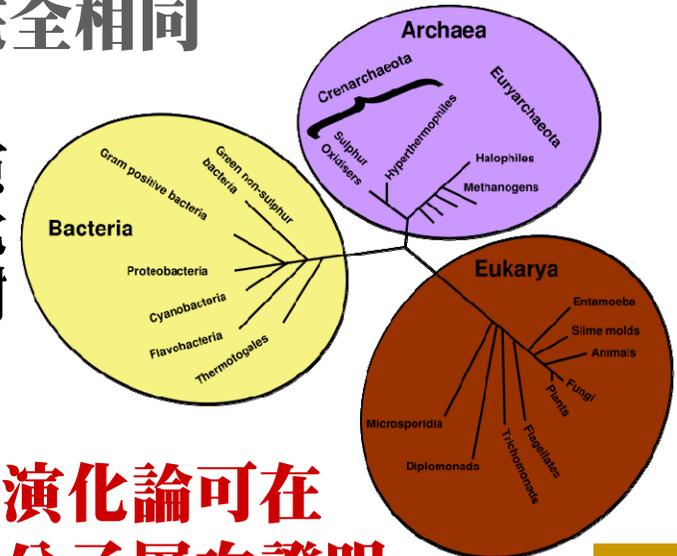
人類與黑猩猩整體基因只有 1% 差異

- ◎ 血紅素 hemoglobin 完全相同 →
 - A 鏈 (141 個) B 鏈 (146 個)
- ◎ 細胞色素 cytochrome 完全相同 (104 個) ↓

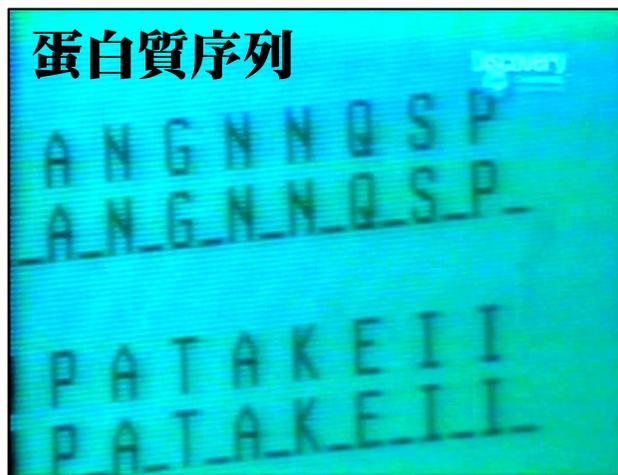
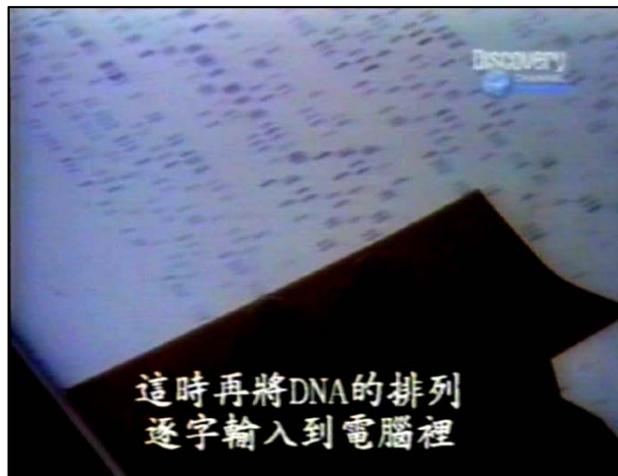


比較生物的蛋白質序列，可推出其親緣遠近關係。

演化樹



演化論可在分子層次證明

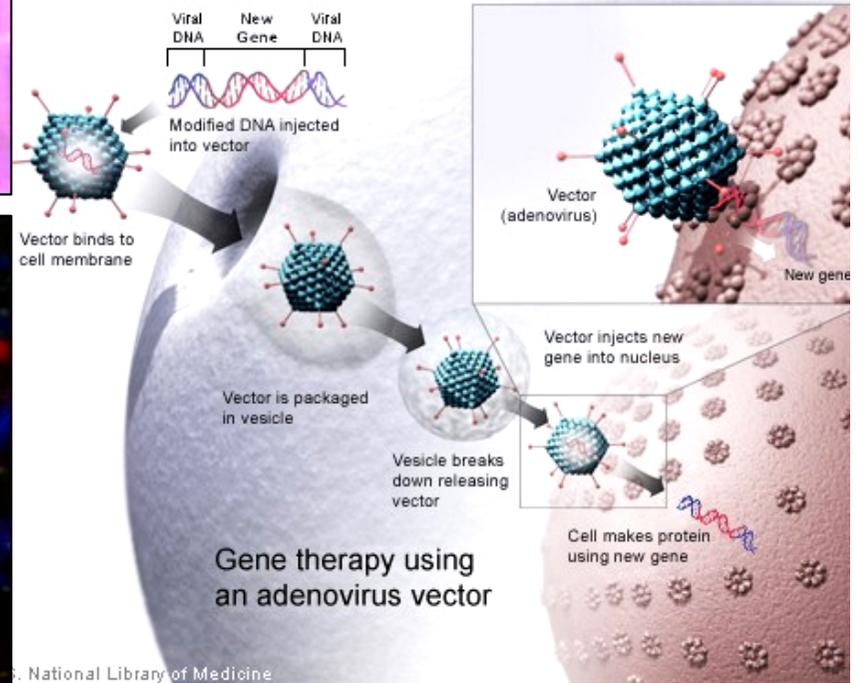


真核細胞

基因密碼之解讀方法適用於人類或細菌，相互通用



基因治療：把正確基因利用病毒帶入人體細胞，取代缺陷基因，可治療遺傳疾病。



糖尿病：缺乏胰島素

血友病：缺乏凝血因子 VIII

遺傳疾病可以用細菌所表現出來的人類蛋白質治療，效果完全一樣。

基因複製時產生錯誤是否絕對不利？

『錯誤所產生的突變是演化推動力量』

胚胎的分化是如何控制的？

『由若干關鍵基因 homeobox 主導』

物種間蛋白質的高度相似有何涵意？

『演化論在巨觀與微觀都是正確的』

基因轉殖技術如何幫助人類？

『以大腸菌生產有用的蛋白質』

『把正確基因導入病人細胞中表現』

關鍵名詞

生命藍圖

DNA 複製

染色體

基因表現

胚軸

胚胎相似

Homeobox

指揮者

基因序列

蛋白質序列

血紅素

細胞色素

親緣關係

演化樹

分子遺傳學

生命同質性

基因突變

載體

細菌質體

糖尿病

胰島素

腺病毒

血友病

基因治療