

國民政府教育部審定

復興高級中學
教科書
生物學

陳楨編著
商務印書館發行

國立清華大學
生物學教授 陳楨編著

復興高級中學
生物學

商務印書館發行

本 書 於 三 十 三 年 十 一 月 經

中華民國二十二年十一月初版
中華民國三十五年八月九一版

◆(57024)

高級中學用

復興生物學一冊

定價國幣壹元貳角

印刷地點外另加運費

編者 陳 雲 楨
主 者 王 雲 五

發行人 李 宣 龔
上海河南路

印刷所 商務印書館
印刷廠

發行所 商務印書館
各地

前 言

這本書是根據幾百本最近出版的專門書籍、雜誌、論文，與著者自己的幾篇研究論文著成的。因為普通讀者沒有知道這些專門著作的必要，所以不會把參考書的名稱附在這本書的後面。

生物學的範圍極廣，內容是異常豐富的。在收集材料的時候，著者感覺的困難，不是材料太少，乃是材料太多。這本書是為着普通人而著的，普通人可以用了。讀生物學的時間有限，所以這本書的頁數，不能過多。要想在幾百頁的一本書裏講到生物學裏各方面的問題，就不得不刪去許多普通人可以不必知道的專門知識，只留下普通人應該有的一部分生物學常識。

未成熟的新奇學說，沒有在這本書裏佔着地位。但是生物學的進步很快。最近幾年裏，關於衰老死亡與壽命的研究，雌雄性決定的研究，用 X 光線引起突變的研究，機體論等，已經有了很大而且很確實的進步。這些新發現的知識和新學說，都收集在這本書裏。

這本書裏的譯名，多半是已經通用的。但是有的時

候,因爲不得已的原因,不得不改譯新的,例如把 tissue 改譯爲體素,把 development 改譯爲演發。如若我們把 tissue 譯爲組織,有的時候我們就要說『器官是組織組織而成的』;如若我們把 development 譯爲發生,有的時候,一定要發生誤解。

這本書裏的圖畫,多數是從各種參考書裏抄來的,少數是著者自製的。凡是從別人書裏抄來的,都在圖註後面註明來源;凡是著者自製的,也在圖註後面註明。

民國二十二年一月 陳楨誌於清華園

目次

第一篇	導言 —— 生物 生物學 生物學的	
分門	生物學通論 生物學研究法	1
第二篇	細胞,原生質與生命現象的特點	
第一章	細胞的形體 —— 細胞是造成生物身體的 單位 細胞的體積與形狀 細胞的微細結構 細 胞間質	7
第二章	原生質 —— 原生質是生命的物質基本 原生質的顯微鏡觀 原生質的化學分析 造成原 生質的原素 造成原生質的化合物 水與無機鹽 醣 脂肪與擬脂 生質精 醇精 原生質是複 雜的膠體物	13
第三章	細胞的生理 —— 單細胞能獨立生活 多 細胞身體裏的各個細胞也能獨立生活 代謝作用 食物 維他命 食物的來源 消化分泌與吸收 組成作用與分解作用 呼吸作用與排洩作用 物質與能力的收入與支出 細胞的運動 激感與 反應	27
第四章	細胞的分裂 —— 細胞分裂的普遍 有線 分裂 無線分裂	48
第五章	生命現象的特點 —— (1)複雜的結構 (2)代謝作用 (3)適應 (4)內填滋長 (5)生殖 機	

械論,生機論與機體論55

第三篇 單細胞生物的生活

- 第一章 鼓藻與矽藻——鼓藻 矽藻60
- 第二章 酵母菌——形體 生理 生殖 酵母菌的利用65
- 第三章 細菌——形體 生殖 能製造食物的細菌 腐生細菌 寄生細菌 需氧菌與離氧菌 細菌與人生的關係69
- 第四章 眼蟲——形體 生理 生殖78
- 第五章 草履蟲——形體 生理 生殖80
- 第六章 瘧蟲——瘧蟲在人體裏 瘧蟲在蚊體裏86
- 第七章 動植物之間的生物——動植物的分別 眼蟲 黏菌89
- 第八章 單細胞與多細胞之間的生物——單胞藻 盤藻 實球藻與空球藻 雜球藻 團藻93

第四篇 多細胞植物的生活

- 第一章 菌藻植物——水綿 麵包黴99
- 第二章 苔蘚植物——有性世代 無性世代104
- 第三章 羊齒植物——無性世代 有性世代106
- 第四章 種子植物——種子植物的器官與體素 莖 根 葉 花 世代交迭 果實 種子 109

第五章 植物的生理 —— 根部吸收的無機物 水的吸收,運導和蒸散 製醱的材料 製醱的器具 製醱的能力 製醱的程序 脂肪和生質精的製造 有機食物的運輸與儲藏 代謝作用與呼吸作用 廢物的利用與儲藏 激感與反應 食蟲植物 …125
--

第五篇 多細胞動物的生活

第一章 腔腸動物 —— 水螅 水螅的生理 水螅的生殖 再發 世代交迭 枝形蟲……………146
第二章 環節動物 —— 蚯蚓 消化 循環與呼吸 排洩 行動 調節 生殖 再發與接體……………155
第三章 脊椎動物 —— 外形 體壁,消化管與體腔系統,器官與體素……………170
第一節 骨骼 —— 中軸骨骼 附體骨骼…………… 176
第二節 消化器官與消化 —— 消化管的各部 消化管壁 消化腺 口腔內的消化 胃內的消化 腸內的消化……………180
第三節 血液與血液的機能 —— 血液的成分 紅血球和他的機能 白血球和他的機能 凝血球和他的機能 血漿是運輸的器具 血漿是細胞生活的適宜環境 總結…………… 188
第四節 血液的循環 —— 魚類的血液循環 蛙

類的血液循環 人類的血液循環 心跳與血管
的張縮 血壓與脈搏 血液流行的速度 微血
管的機能 淋巴液的循環 脾臟.....193

第五節 呼吸器官與排洩器官 —— 呼吸器官

系 排洩器官201

第六節 肌肉與運動204

第七節 無管腺與激素206

第八節 神經系統和他的機能 —— 聯絡身體

各部的兩種方法 神經系統 神經原 反射弧

脊髓 延髓,中腦與間腦 小腦 蛙的大腦

人的大腦 自治神經系統208

第九節 感受器220

第十節 生殖器官.....224

第六篇 個體的起源演發與衰老

第一章 無生源論與生源論 —— 芮迪的研究

施巴蘭讓尼的研究 巴斯德的研究 聽德爾的研

究.....227

第二章 生殖與性 —— 分體生殖 出芽生殖 孢

子生殖 配子生殖 單雌生殖 人工單雌生殖

性的功用233

第三章 生殖細胞的輪轉 —— 從受精卵到原始生

殖細胞 繁殖時期 滋長時期 成熟時期 精子

與卵子 受精 染色體數目的輪轉.....242

第四章 個體的演發——植物的演發 動物演發

的胚胎時期 動物演發的胚後時期、先成論與後
生論 分離細胞的研究 更改環境的研究 形體
的維持.....253

第五章 衰老死亡與壽命——細胞的長生不死

多細胞身體的衰老 衰老的原因 轉老返幼
壽命的長短.....277

第七篇 遺傳

第一章 前後代生物相似的原因——前後代生

物的相似 環境與前後代的相似 遺傳與前後代
的相似.....286

第二章 孳生論與種質論——孳生論 種質論

種質的連續 獲得性不能遺傳 身體質不能影
響種質.....288

第三章 孟德爾定律——一對因子的遺傳 二對

因子的遺傳 孟德爾定律 孟德爾定律的修改
孟德爾定律的普遍.....295

第四章 遺傳的物質基本——染色體與因子的關

係 因基的定位 環連與互換 直線排列.....309

第五章 雌雄性的決定——性染色體 性連遺傳

中間性 性反轉.....325

第六章 個性的決定與改良——個性的決定 個性的改良	336
---------------------------	-----

第八篇 演化

第一章 演化的證據——特創論與演化論 形態學裏的證據 胚胎學裏的證據 古生物學裏的證據 分類學裏的證據 遺傳學裏的證據	341
---	-----

第二章 演化的成績:植物,動物與人類——植物界 動物界 脊椎動物亞門 哺乳動物綱 靈長目 人類	359
---	-----

第三章 演化的成績:適應——水中生活的適應 陸地生活的適應 樹枝生活與空中生活的適應 冬眠與夏伏 隱身色,警戒色與擬態 寄生與免疫 共棲與共生 團體生活	381
--	-----

第四章 演化的原因與方法——用進廢退論 天擇論 突變論 直生論	398
---------------------------------	-----

附錄一:生物學發達史一覽表	411
---------------	-----

附錄二:英漢名詞對照表	417
-------------	-----

附錄三:漢英名詞對照表說明	430
---------------	-----

生 物 學

第 一 篇

導 言

生物。生物是生活的物體，可以分爲植物和動物兩大類；人是生物之中的一種。生物的種類很多，大約有一百幾十萬。從不同的方面看起來，這許多種生物都是形態互殊，自成一類的；從相同的方面看起來，無論是植物或者動物，微生物或者人類，各種生物都有根本上相同的現象。各種生物的身體，都是細胞造成的，或者是一個細胞，或者是許多細胞；各種生物的各種細胞，都是原生質造成的；各種生物的身體，都有新陳代謝的變化。都能感受環境的刺激，又能發生適宜的反應；各種生物都能由小長大，又能產生許多同樣的生物；現代的各種生物，都是從古代的簡單生物演化出來的。

生物學。研究生物的科學，門類很多，內中有農學，

醫學,博物學,和生物學這些科學的研究材料是相同的,都是各種動,植物與人類;但是研究的問題不同,農學的研究目的是增加農產物的產量。醫學的研究目的是免除人類的疾病。博物學的研究目的是採集與鑑定天然產生的各種希奇古怪的物體。生物學的研究目的是解決生命問題。這門科學在英文叫作 Biology。Biology 這個字的原來意義是生命的研究,所以可以譯為生命學。嚴復在他翻譯的天演論裏把這個字譯為生學,是很恰當的。但是『生物學』這三個字的譯名已經通用了,沒有更改的必要。

生物學的分門 生物學的研究雖然起源很早,但是到最近幾百年裏才發達起來。發達之後,生物學就漸漸的分化成了很多的專門科學。這些專門科學之中有一門是專研究植物的,叫作植物學(Botany),有一門是專研究動物的,叫作動物學(Zoology),形體學(Morphology)是專門研究植物或者動物的身體構造的學門。如若用刀和剪子專研究粗大的結構,就成了解剖學(Anatomy)如若用顯微鏡專研究微細的結構,就成了體素學(His-

① tology)和細胞學(Cytology)。生理學(Physiology)裏專門研究的問題是生物身體各部的機能和各部怎樣互相合作維持全體的生活。生態學(Ecology)裏專門研究的問題是生物與環境的關係。專門研究胚胎變化的學問叫作胚胎學(Embryology)。專門研究遺傳現象的學問叫作遺傳學(Genetics)。除此以外,又有分類學(Taxonomy),古生物學(Palaeontology),地理生物學(Geographical biology)等,各種專門科學。

生物學通論 各種生物的生命現象是根本上相同的。把生命現象的普遍原理收集在一處,就成了這一本書叫作生物學。又可以叫作生物學通論。這本書裏第一個要講到的題目,是細胞與原生質。細胞與原生質的結構是怎樣?化學成分是怎樣?發生的生活現象是怎樣?生活現象與無生物界的現象比較起來有什麼特別的地方?何以有這些特點?

第二個題目要講到的是單細胞生物的生活。這類生物的身體是極簡單的,所發生的生命現象也與高等動物有很多不同的地方。這些生物怎樣能生活?能蕃殖

有什麼新奇的生命現象？

第三個題目要講到的是多細胞植物的生活。植物身體是怎樣構造的？怎樣能得着他的食物？能呼吸與運動？能生殖？

第四個題目是多細胞動物的生活。水螅的身體像花瓶，蚯蚓的身體像橡皮管。這些低等動物怎樣維持他們的生活？怎樣蕃殖他們的種類？高等動物的身體結構是怎樣？怎樣消化和吸收食物？怎樣排泄身體裏產生的廢物？心與血怎樣維持身體各部的交通？身體的運動是怎樣發生的？神經怎樣聯絡身體各部的動作？大腦怎樣管理身體各部的動作？

第五個題目是生物的起源，演發^①(Development)與衰老。地面上的各種生物是怎樣起源的？前代生物怎樣產生後代生物？性是怎樣起源的，有什麼功用？一個簡單的細胞怎樣能變成一個複雜的身體？身體長成以後何以又進了衰老的時期，有死亡的結局？壽命何以有長短的分別？生物能永遠生活嗎？能轉老返幼嗎？

第六個題目是遺傳。後代的生物何以與前代的相

①舊譯為發生。因為發生二字容易發生誤解，所以改譯為演發。

似？遺傳現象裏有什麼定律？簡單的生殖細胞怎樣能傳遞各種特性到後代？雌雄性是怎樣決定的？雌性生物能變成雄性的嗎？

第七個題目是演化。生物的種類是怎樣起源的？演化論是什麼？有什麼證據？人類在生物界裏站在什麼地位？生物怎樣適合他所在的環境？生物與生物之間有什麼互相對敵的關係？又有什麼雙方有利的關係？用進廢退論是什麼？天擇論是什麼？

生物學研究法 有些人只知道用思想研究問題，用這種方法所得的結果，不過是關於生命問題的個人意見或者哲學，不能尋着確實無疑的科學知識。要尋着確實的知識，必須用科學方法來研究這類問題。科學方法的第一步是查考事實，收集證據，第二步是根據事實推求理論的解釋，第三步是從理論推測未知的現象，第四步是考察實在狀況，看是不是與推測出來的結論相合。照這種方法尋找真理，不但要用思想並且要細心考察事實，所以是很費力而且成功很慢的，但是從這種方法得着的結果，因為有事實作根據，都是些確實無疑的知識。

生物學裏最常用的一種科學方法是觀察 (Observation), 或者到野外觀察生物的自然狀況, 或者把生物拿到實驗室裏解剖開來觀察內部的構造。有的時候不用精細的器具, 有的時候必須有精細的顯微鏡纔能看見微細的結構和微生物的生活現象。

最近幾十年來生物學裏有了一個新的趨勢, 這個趨勢是用試驗方法 (Experimental method) 來研究生命問題。用這種方法來研究問題必須先在適宜的實驗室裏用適當的儀器造成可以用人工控制的環境。後來把生物放在這種環境裏, 看他發生什麼反應, 這個反應對於要想解決的問題有什麼關係。試驗方法可以發現觀察方法所不能發現的知識, 可以解決觀察方法所不能解決的問題。生理學家用這種方法早已發現了很多重要的原理。近幾十年來許多生物學家用這種方法來研究細胞, 胚胎, 衰老, 壽命, 遺傳, 演化各種問題也得了很多重要的結果。

第二篇

細胞,原生質與生命現象的特點

第一章 細胞的形態

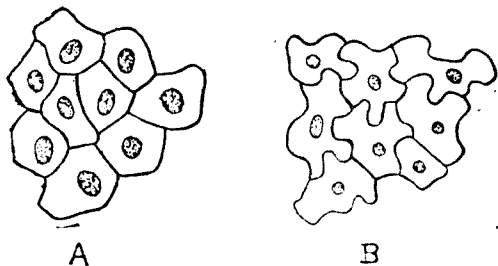
細胞是造成生物身體的單位 生物身體的形狀結構雖然變化很大,但是如果取一部分下來,切成極薄的片子,用顯微鏡細心觀察一下,就可以看出無論是植物的根莖葉,或者動物的心肝肺腦,都是許多大同小異的微小物體連合在一處造成的。這許多微小物體叫作

細胞 (Cell), 所以細胞可以說是造成各種生物身體的單位。

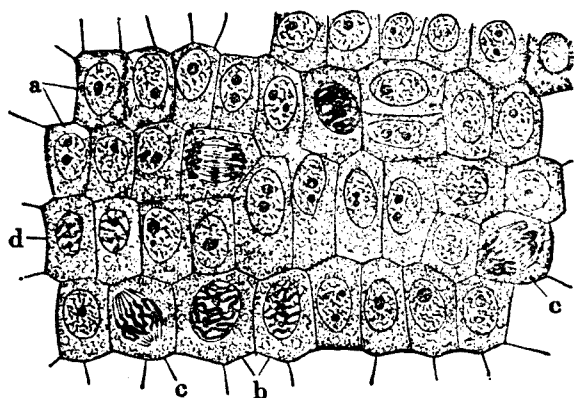
(第1,2圖)

細胞的體

積與形狀 最



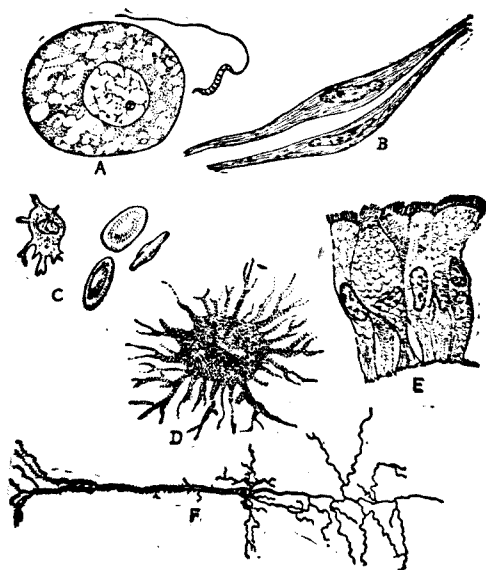
第一圖 -- A, 蛙皮細胞;
B, 植物葉細胞。仿(Woodruff)



第二圖 -- 洋葱根細胞。a, 未分裂時的細胞；b, 將分裂時的細胞；c, 分裂中的細胞；d, 分裂後的兩個子細胞。(仿 Wilson)

大的細胞是鳥類的卵細胞, 可以大到對徑在一寸以上, 最長的細胞是神經細胞, 可以長到二尺以上。最小的細胞是細菌, 有些種類小到不能在顯微鏡裏看見。普通的細菌都是很小的, 但是可以用顯微鏡看見他們。細胞的形狀變異很大, 或圓或方, 或長或短, 或高或扁, 沒有一定的規則。變形蟲和白血球一類的細胞可以時常改變形狀。(第3圖)

細胞的微細結構 生物學家用許多精細的切片方法和染色方法考察各種生物的身體, 查出細胞裏普

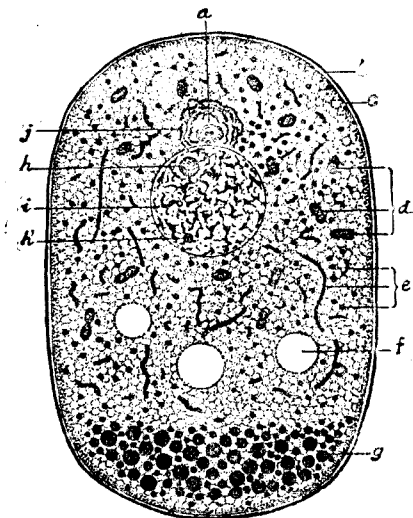


第三圖——細胞的各種式樣。A,環蟲的卵子與精子; B,蛙的平滑肌肉細胞; C,蛙的三個紅血球與一個白血球; D,魚皮裏的色素細胞; E,犬腸的表皮細胞,內中有一個是腺細胞,其他的細胞表面有纖毛; F,鼠腦裏的神經細胞。(仿 Woodruff)

通都有一個圓形或者橢圓形的物體叫作細胞核(Nucleus)。細胞核裏有一種特別的物質,這種物質遇着鹽基

性染料的時候可以吸收很多的色素,染成很深的顏色,所以叫作染色質(Chromatin)。在細胞核裏,染色質往往分散成網形,叫作染色網(Chromatin network)。有的時候染色質聚集起來形成一個藏在細胞核裏的小圓形體叫作核仁(Nucleolus)。除去染色質,細胞核

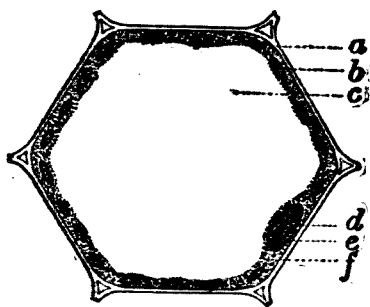
裏又有一種不能用鹽基性染料染成很深顏色的物質,這種物質也能形成網狀的結構和圓形的核仁在細胞核的外面有一層很薄的膜叫作核膜(Nuclear membrane)。(第4,5圖)



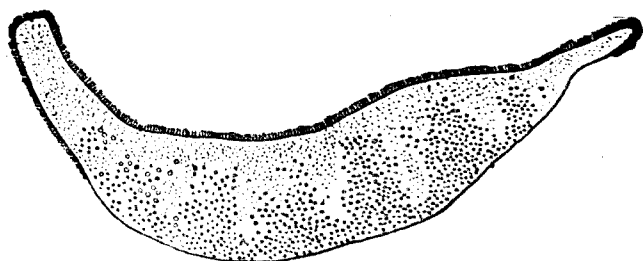
第四圖——模式細胞圖。a, 中心體; b, 細胞壁; c, 質膜; d, 質體; e, 粒線體; f, 空胞; g, 後含體; h, 核仁; i, 染色質; j, 高爾基體。(仿 Wilson)

細胞核是各種生物各種細胞裏都有的;每個細胞裏普通只有一個細胞核。但是在原生動物的細胞裏

有的時候有兩個或者許多個細胞核(第6圖);在細菌的細胞裏,往往只有染色質的顆粒,沒有染色質造成的細胞核(第31圖, A);在人和許多別種哺乳類動物的紅血球裏沒有細胞核,因為這些細胞裏的細胞核都在變化成紅血球的時候消滅了。



第五圖——模式的植物細胞。a, 細胞壁; b, 質體; c, 空胞; d, 細胞核; e, 核仁; f, 細胞質。(仿 Ganong)



第六圖——一種類毛蟲(Trachelocerca),他的身體裏有許多分散的染色質顆粒。(由 Wilson 仿 Gruber)

在細胞核的周圍是一種半透明膠水狀的物體叫作細胞質(Cytoplasm)。各種生物的各种細胞裏都有細

胞質。在細胞質裏又有兩種顆粒形或者線形的物體：一種叫作粒線體(Chondriosome)，一種叫作高爾基體(Golgi bodies)。除去高等植物，各種生物的細胞裏都有一個或兩個極小的顆粒形物體叫作中心體(Centrosome)。有些細胞裏有圓形或者不規則形的空胞(Vacuole)，又有些細胞裏包含着許多有顏色或者些有顏色的特別物體叫作質體(Plastids)。偶然包含在細胞裏，或者暫時儲藏在細胞裏的物質都叫作後含體(Metaplasmic bodies)。

細胞的最外面有一層細胞質造成的膜叫作質膜(Plasma membrane)。植物細胞的質膜外面又有一層很厚的叫作細胞壁(Cell wall)。

細胞間質 在高等動物的骨骼裏可以尋着許多細胞(第109圖 C. D.)，細胞與細胞之間又可以尋着很多的石灰質。像這樣藏在細胞與細胞之間的物質都叫作細胞間質(Intercellular substance)。細胞間質也是造成生物身體的重要材料，因為如果骨骼裏沒有石灰質，就失去了他的硬性，不能支持身體。雖然有重要的功用，但是細胞間質都是生活細胞製造出來的，所以我們仍然可以說造成生物身體的主要物體是細胞。

第二章 原生質

原生質是生命的物質基本 在1838和1839年裏德國生物學家許賴登(Schleiden)與許往(Schwann)發表了兩篇重要的論文(第7, 8圖)。自從這兩個人的論文發表以後,生物學家才公認細胞是造成各種生物身體的單位。在這時候這二位細胞學說創始人以爲細胞膜是細胞的最重要部分。細胞的研究有了進步以後,就有些人看出細胞膜並不很重要,重要的部分是細胞內裏膠水狀的物體,於是就把這膠水狀物體叫作原生質(Protoplasm)。1861年德國動物學家蘇爾才(Schultze)發表一篇論文說明一切生活細胞裏都有原生質,一切生活現象都是由於這種物體發生的(第9圖)。從此以後,生物學家就都知道了原生質



第七圖——許賴登(Matthias Jacob Schleiden, 1804-1881)。德國植物學家,與許往(Schwann)共同發現細胞是組成一切生物身體的單位。

的重要，於是赫胥黎(Huxley)就替原生質作了一個定義，這個定義是“生命的物質基本”(Physical basis of life)。

但是原生質究竟是什麼？前章裏曾經講過細胞內部的各種詳細結構，並沒有講起原生質在什麼地方。原

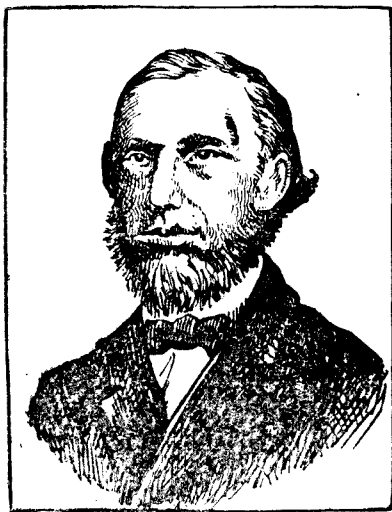


第八圖——許往 (Theodore Schwann, 1810-1882)。德國動物學家，與許賴登 (Schleiden) 共同發現細胞是組成一切生物身體的單位。

生質這個名詞現在已經是很通用了，其實現在生物學家對於這個名詞的定義還沒有一致的意見。有些生物學家把前章裏講過的細胞質叫作原生質。把細胞質叫作原生質不甚妥當，因為細胞質固然是發生生命現象的重要物體，細胞核也是同樣重要的。我們如若以為核外的物體是原生質，是生命的物質基本，細胞核就

像是不重要的物體了。因為有這種不妥當的地方，所以現在又有許多生物學家把原生質與細胞質兩個名詞

的意義分別開來:細胞質專指細胞核外的膠水狀物體,原生質是造成細胞核細胞質,以及細胞裏其他一切發生生命現象物體的物質。這個意思可以做一個比喻說明白。細胞可以比作鐘錶,細胞壁比作鐘錶的外殼,細胞內裏的各重要部分比作鐘錶的機器。機器裏的各部是齒輪發條和各種零件,造成齒輪發條和各種零件的物質都是鋼。細胞裏的各部有細胞核細胞質和許多別種物體,造成這些物體的物質都是原生質。在現在我們讀的這本書裏,原生質這個名詞的意義就是造成細胞各部的物質。

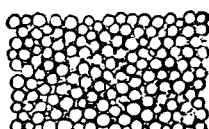


第九圖 ——蘇爾才 (Max Schultze, 1825-1874)。德國生物學家,發現各種生物的細胞都是原生質組成的。

原生質的顯微鏡觀 自從生物學家公認了原生

質的重要以後，就有許多人想用顯微鏡來研究原生質的精細結構。我們雖然以為原生質這個名詞與細胞質的意義不同，但~~且~~仍然可以承認細胞質是原生質的最簡單的狀態，可以用細胞質來研究原生質的精細結構。下面就是用細胞質代表原生質作研究的結果：

生活的或者製造成切片的原生質在最好的顯微鏡之下看起來往往是一塊無色半透明的黏液，內中包含很多的大小不等的泡沫和微細的顆粒。有的時候原



生質顯出網形的結構，網的空處填滿了液體；

第十圖——星魚卵裏的原生質。(仿 Wilson)

有的時候原生

質像是一種液體，內中包含了許多線形的物體；又有的時候原生質裏似乎盡是大小不等的泡沫。(第10圖)

在十九世紀的後半，有許多生物學家想尋出一切生物原生質的共同的結構。他們以為原生質裏有一部分是生活的，是發生生命現象的基本，餘賸的一部分是被動的無生物。有人在顯微鏡裏看見原生質是網形的，他們就主張網形論(Reticular theory)，以為一切原生質

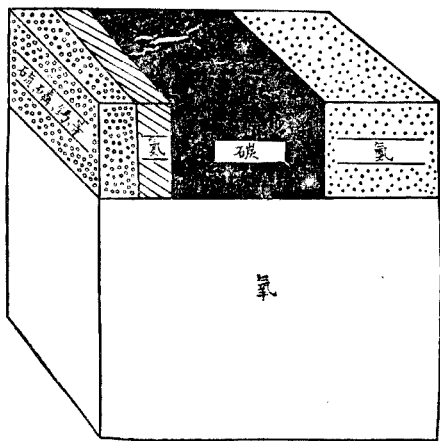
都是網形的物體組成的,這種網形物就是原生質裏的生活部分。有人在顯微鏡裏看見原生質裏有線形的物體,他們就主張線形論(Fibrillar theory),以爲一切的原生質都是線形的物體組成的,線形物就是原生質裏生活的部分。又有人看見原生質裏有許多微粒或者泡沫,於是就主張粒形論(Granular theory)或者泡沫論(Alveolar theory),以爲一切原生質都是微粒,或者小空泡組成的,這些微粒或小空泡是生活的主要物體。近幾十年來生物學界裏漸漸的知道了原生質並沒有一個共同的結構;他有的時候是網形,有的時候是線形,或者粒形,又有的時候是泡沫形。原生質裏的網,線,微粒,泡沫,黏液等等,都是發生生命不可缺少的部分,都是生活的主體;生命現象是原生質裏各部分互相激動互相反應的結果。

原生質的化學分析 原生質的重要得到生物學家公認以後,一方面引起許多人用顯微鏡作研究,一方面又引起許多人用化學方法來研究他。用化學方法研究原生質有一個根本的困難:在分析的時候,生活的原生質一遇到化學品就立刻變成了死原生質。所以分析的結果不過是查明了死原生質分解以後生成的物體;

究竟在生活時候原生質是怎樣只能靠着這些分解死物的結果推測一下,不能直接確實知道,雖然有這種困難,化學家已經得了很多有價值的結果,這些都是我們應該知道的:——

造成原生質的原素 無論什麼生物的原生質裏都可以尋着以下十二種原素:氧 (Oxygen), 碳 (Carbon), 氫 (Hydrogen), 氮 (Nitrogen), 鈣 (Calcium), 磷 (Phosphorus), 鉀 (Potassium), 硫 (Sulphur), 鈉 (Sodium), 氯 (Chlorine), 鎂 (Magnesium), 鐵

(Iron)。除去這十二種原素以外,有些生物的原生質裏又可以尋着以下十種原素:碘 (Iodine), 氟 (Fluorine), 硅 (Silicon) 三種可以在許多種動植物的細胞



第十一圖——表示原生質裏各種原素的比例分量。(仿 Smallwood)

裏尋着;銅(Copper),錳(Manganese),鋅(Zinc),溴(Bromine)四種可以在許多種低等動物的細胞裏尋着;鋇(Barium)鋰(Lithium),砷(Arsenic)三種可以在很少的幾種生物身體裏尋着。用化學方法分析人體的結果記在下面(第11圖)

氧 Oxygen	65.00%	鈉 Sodium	0.15%
碳 Carbon	18.00%	氯 Chlorine	0.15%
氫 Hydrogen.....	10.00%	鎂 Magnesium	0.05%
氮 Nitrogen.....	3.00%	鐵 Iron	0.004%
鈣 Calcium	2.00%	碘 Iodine	微跡
磷 Phosphorus	1.00%	氟 Fluorine	微跡
鉀 Potassium	0.35%	硅 Silicon	微跡
硫 Sulphur	0.25%		

照上面的分析結果看起來,原生質裏並沒有什麼新奇的原素。最普通的原素不過只有十二種,這十二種又都是在無生物界裏很多的。爲什麼很少數的幾種原素可以造成無限種類的生物,發生最神奇的生命現象? 中國字的筆畫不過是橫,直,撇,捺,鈎,點幾種。然而有了這幾種筆畫就可以排成種種不同的結構,造成無限種的字句文章,表示出無限種不同的思想感情。十幾種原素

所以能造成一百幾十萬種不同的生物，發生奇妙的生命現象，也是因為這個緣故，這些原素互相連接和組織的方法在無生物界裏是很簡單的，例如鹽的公式是 NaCl ，水的公式是 H_2O ，在原生質裏是非常複雜的，例如血紅素 (Haemoglobin) 的公式是 $\text{C}_{600} \text{H}_{960} \text{N}_{154} \text{FeS}_2 \text{O}_{179}$ 。原生質不是一種有機物，是許多種有機物組織起來的，所以原生質比血紅素更外複雜因為原生質是這樣一個複雜體，所以原素的種類雖然很少，而複雜體的種類可以很多，並且可以發生變化無窮的生命現象。

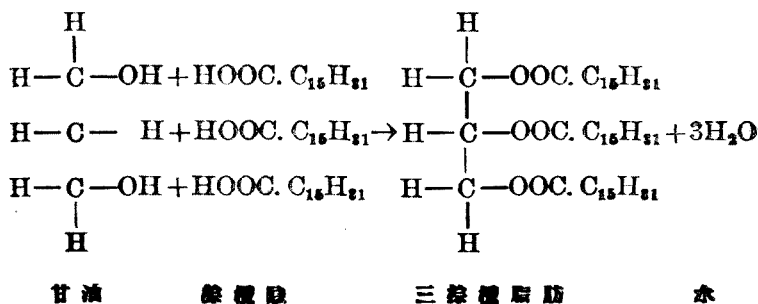
造成原生質的化合物 十幾種原素在原生質裏組成的化合物種類很多，可以分成以下幾大類：(1) 水與無機鹽 (Inorganic salt)，(2) 醣 (碳水化合物, Carbohydrate)，(3) 脂肪 (Fat) 與擬脂 (Lipoid)，(4) 生質精 (Protein)，(5) 酵精 (Enzyme) 與別種有機物。

水與無機鹽 以上幾類化合物之中，水的分量最多。水母類的腔腸動物身體裏有百分之九十八是水。哺乳動物的血裏有百分之九十是水。腦裏有水百分之六十八到百分之八十五。肌肉裏有水百分之七十五到百分之七十八。硬骨裏的水是很少的，然而也有百分之十

四到四十四。水是原生質的一個重要成分;除非是乾死的原生質,沒有不包含水的生命是由水裏起源的。現在生物身體裏的各種變化都離不了水。胚胎裏的水最多,在這個時期裏的變化也最快。種子要吸收了水以後纔能萌發。原生質裏的無機鹽種類很多。這些無機鹽也是原生質裏不能缺少的成分。

醣 醣的種類很多。平常看見的種類有糖與澱粉。這類物體的原素都是碳,氫,氧三種。氫與氧的比例永遠是二比一,與水的氫氧比一樣,所以又叫做碳水化合物。這類有機物又分爲以下三類:(1)單糖(Monosaccharide),例如葡萄糖(Glucose), (2)雙糖(Disaccharide),例如甘蔗糖, (3)多糖(Polysaccharide),例如澱粉。單糖的公式是 $C_6H_{12}O_6$ 。雙糖是兩個分子的單糖減去一個分子的水造成的,他們公式是 $C_{12}H_{22}O_{11}$ 。多糖是許多個分子的單糖連合起來減去幾個分子的水造成的,他的公式是 $(C_6H_{10}O_5)_n$ 。因爲多糖裏的單糖分子數目不定,所以在公式裏用 n 表示這個不定數。在細胞裏,醣可以氧化成二氧化碳和水,同時發生能力,供給生活上的需要,又可以儲藏在細胞裏,等到滋養料不足的時候再用。

脂肪與擬脂 豆油豬油這一類的物體叫作脂肪。脂肪的原素也是碳,氫,氧三種,不過與醴比較起來氧的比例分量更少些。這類有機物都是一個分子的甘油(Glycerol)與三個分子的脂肪酸(Fatty acid)連合起來造成的,例如:

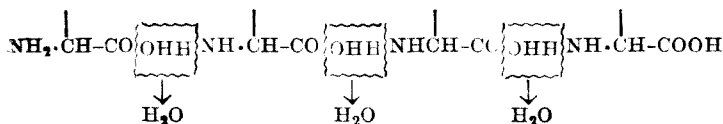


甘油只有一種,但是脂肪酸有許多種,所以化合的結果可以生出許多種的脂肪。在細胞裏,脂肪可以分解成二氧化碳與水,發生能力,又可以儲藏起來預備缺乏滋養料時候的需要。

有一類有機物的性質很像脂肪,但是實在不是脂肪。這類有機物的總名稱是擬脂。擬脂的種類很多,內中有卵黃精(Lecithin)與膽汁精(Cholesterol)二種是造成細

胞膜的重要材料,無論什麼細胞裏都不能缺少他們。

生質精 鷄蛋白是平常看見的一種生質精。大豆,豬肉,牛肉裏生質精的分量很多。醣和脂肪分析開來只有碳,氫,氧三種原素,但是生質精裏最少有碳,氫,氧,氮四種,有的時候除此以外又有硫和磷二種原素。這四種原素造成生質精的方法是先造成氨基酸(Amino acid),然後由許多氨基酸的分子連合起來造成生質精。下面是一種簡單胞氨基酸互相連接的方法。



造成生質精的氨基酸有二十種。這二十種氨基酸,就像是英文二十六個字母造成英文一樣可以互相連接起來造成無限種類的生質精。原生質裏的醣和脂肪雖然有許多種,但是種類之多萬不及生質精。生理學家查出各種生物都有幾種特別的生質精,因此就以爲世界上有無限種類的生質精纔能生出無限種類的生物。

生質精是造成原生質的最重要材料;沒有生質精

就沒有原生質。因為這個緣故，這類物體在英文中叫作 Protein，意義是第一在中文，著者把他譯為生質精，表示這類有機物是原生質的精華。生質精也能分解成二氧化碳、水和尿素 (Urea)，同時發散能力供給細胞生活的需要。

酵精 原生質裏有一類分量很少而作用很大的有機物，叫作酵精。這類有機物可以用水從原生質裏提出來製成無色的乾粉。酵精的重要用途不是個給生命現象發生時候所需要的能力，乃是幫助生物身體裏的各種化學變化。例如澱粉變成糖的變化在平常低溫度裏是很慢的，如若這個溶液裏放進很少一點從唾液之中取出的酵精，叫作唾液精 (Ptyalin)，這種變化就進行得很快了。許多化學變化在生物身體外面變得很慢而在身體裏面變得很快，就是因為身體外面沒有酵精，身體裏面有各種酵精幫助這些變化。酵精幫助化學變化的方法如同無機化學裏的觸媒 (Catalyst) 一樣：很少分量的酵精可以發生很大的影響，把很多的別種有機物變化了，而他的本身並不改變，也不消滅。這個意思可以作一個比喻解釋明白。生物身體裏的化學變化可以比作

鐘錶裏機器的轉動，酒精可以比作機器油。只要有了很少的油，機器轉動的速率就可以增加得很大，而油的本身並不損壞或者消滅；只要有了很少的酒精，生物身體裏化學變化的速率就可以大大的增加，而酒精的本身並無損失。

酒精究竟是什麼有機物現在還不會研究明白，但一定是複雜的有機物，因為把酒精放在高溫度裏熱到了攝氏六七十度或一百度，酒精就破壞了，以後不再發生他的作用。照化學的性質看起來，這類物體像是生質精。酒精有許多種類，各種的分別不是用化學方法分析出來，乃是由他們所發生的作用的不同知道的。有些酒精只能幫助澱粉化爲糖的變化，有些只能幫助甘蔗糖化爲單糖的變化，又有些種類只能幫助脂肪，或者生質精的變化。每種酒精只能影響一種有機物的變化。如若他能幫助某種複雜有機物化爲幾種簡單有機物，在這種複雜有機物缺少的時候，他也能幫助這幾種簡單有機物化合成某種複雜有機物。

原生質是複雜的膠體物 以上所講的是原生質。幾種原質和化合物現在要更進一步研究這些化合

物怎樣造成原生質。原生質不是固體物，因為我們可以看見許多種植物和動物的原生質能在細胞裏不斷的流動（第16, 17圖）但是原生質又不是平常的液體物，因為原生質的流動是很粘滯的，沒有水的流動那樣活潑，又因為在高倍顯微鏡裏可以看見生活的原生質裏有許多很小的顆粒，點滴和泡沫，不像普通液體那樣的單純。

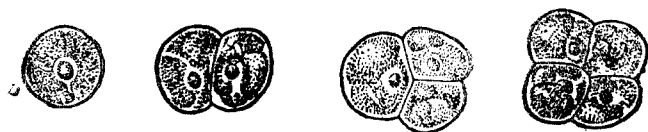
一種或者幾種物體分成極小的顆粒，點滴，或者氣泡混和在另一種物體裏就成了一種膠體物（Colloid）。平常看見的膠體物很多，例如中國墨水和牛乳。中國墨水是水與許多極小的炭的顆粒混和而成的膠體物；牛乳是液體裏混和許多極小的脂肪點滴而成的膠體物。原生質裏有水又有許多種有機物的顆粒，點滴和泡沫混和在裏面，所以是一種很複雜的膠體物。

用高倍顯微鏡看中國墨水，牛乳這一類的膠體物可以看見水中的小顆粒小點滴，並且可以看見這些顆粒，點滴都是永遠不停的在水裏來往擺動。這種擺動是很快的，物理學家以為是分子運動引起的結果。因為最初看見這種運動的是英國植物學家卜郎（Brown），所以

現在就把這種運動叫作卜郎運動(Brownian movement),用最好的顯微鏡可以看見原生質裏也有微細的顆粒和這些顆粒的卜郎運動。

第三章 細胞的生理

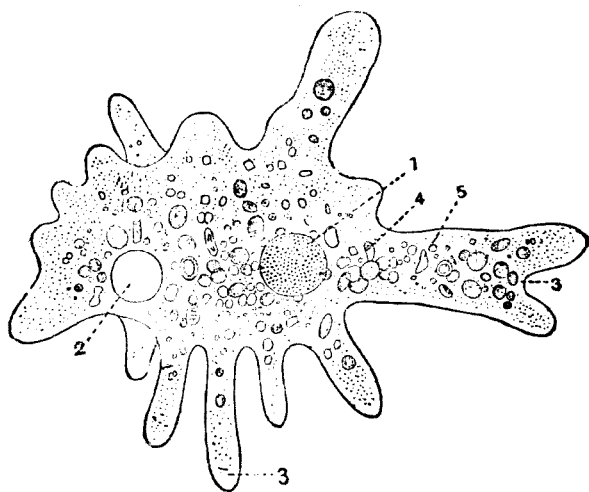
單細胞能獨立生活 以前所講的是細胞與原生質的結構與化學成分,現在要講到細胞怎樣生活。單細胞生物的全身是一個細胞,這樣的細胞自然是能獨立



第十二圖——複球藻(Pleurococcus vulgaris)。分離的個體與細胞分離以後暫時連接而成的細胞羣。(仿 Woodruff)

生活的。現在舉兩個例說明單細胞能獨立生活一個是複球藻,一個是變形蟲。(第12, 13圖)

在陰濕的牆磚,樹皮之上,往往生出一個綠色的物體。用刀刮下些綠屑放在顯微鏡之下就可以看出這些物體是許多微小球形的綠色生物集合而成的。這類生物叫作複球藻(Pleurococcus),他的全身是一個細胞。在這球形細胞的外面有一層厚細胞壁,內裏有一個細胞



第十三圖——變形蟲 (*Amoeba proteus*) 1.細胞核；
2.伸縮胞；3.偽足；4.食物胞；5.砂粒和別種不能消化
的物體。(由 Hegner)

核,細胞壁與細胞核之間有細胞質,又有一個很大的綠色質體叫作綠質體(*Chloroplast*)。綠質體彎曲在細胞裏分成許多瓣,所以有的時候看起來像是有幾個綠質體在一個細胞裏。複球藻能粘在一個固定的地方生活,又能兩個或者四個互相粘結成一團,雖然成團,但是每個細胞各自獨立生活,並不互相分工合作。

飄浮在清水池塘的植物下面往往有一層泥渣在

這層泥渣之中生活着一種最簡單的生物,叫作變形蟲 (Amoeba) 用顯微鏡細心觀察,可以看出變形蟲的全身是一個細胞。這個細胞的形狀不定,時常改變,所以叫做變形蟲。細胞中間有一個圓形的細胞核。細胞核的周圍是流動不停的細胞質。細胞質可以分爲內外兩部。外部的細胞質,叫作外質 (Ectoplasm),是一層薄而透明的細胞膜。在外質之內的細胞質都叫作內質 (Endoplasm)。內質不及外質透明,內中包含一個能伸縮的空胞叫作伸縮胞 (Contracting vacuole),又包含許多數目不定大小不等的食物胞 (Food vacuole)。像這樣一個生物自然是很簡單的。雖然很簡單,但是他能消化食物,有呼吸,排洩,行動,生殖種種與高等生物根本相同的生命現象。

我們看見高大的動物和偉大的名人,自然不以爲他們的生活像多球藻和變形蟲那樣簡單。但是他們都是從胚胎演發長大的;在胚胎最初的時期,他們的身體也不過是一個細胞,他們的結構和生理都和變形蟲,複球藻一樣的簡單。

多細胞身體裏的各個細胞也能獨立生活 高等生物的身體,除去在胚胎最初的時期以外都是許多細

胞集合而成的。這許多細胞有種種不同的形狀，各作一種專門工作，例如肌肉細胞只管運動，神經細胞只管傳遞消息。這許多細胞集合在一處互相分工，互相合作，共同維持全體的生活。如若有一部分細胞損傷，破壞，不能盡職，或者行動越軌不顧公益，這個羣體就不能生活，羣體的各個細胞也就隨着不能生活了。

但是高等生物的細胞並不像複雜機器的齒輪。齒輪離了機器就不能轉動，細胞離了身體不過是失去了幫助他生活的環境，如若用人工造成一種適宜的環境這些細胞仍然可以生活，並且可以永遠生活不死。人工培養細胞的方法有二種。一種方法用稀鹽水作培養液例如培養高等動物的細胞可照洛克 (Locke) 的公式配成一種鹽水，叫作洛克溶液 (Locke's solution)。洛克的公式是蒸餾水之中有以下百分量的無機鹽：

氯化鈉 (NaCl) 0.900 %

氯化鉀 (KCl) 0.042 %

氯化鈣 (CaCl₂) 0.024 %

重碳酸鈉 (NaHCO₃) 0.020 %

照上面公式配成的鹽水，與高等動物身體裏細胞

周圍的液體相似,所以是細胞生活的一個適宜環境。如若把動物身體裏生活的細胞切下極小的一團直徑在一公厘以內,放在這種鹽水裏,這些細胞就能生活着到十天以上,但是不能永久生活。

第二種培養細胞的法方用血漿 (Blood plasma) 作培養液。血漿是血液除去了其中固體物以後所餘下來的血水。血漿比洛克溶液更外適合細胞的生活;從動物身體裏取下來的一小團細胞在血漿裏不但可以繼續生活,並且可以移動,滋長,蕃殖和長生不死。雞胚胎的心臟細胞培養在雞胚胎的血漿裏蕃殖得很快,大約經過四十八小時就可以增長一倍。細胞團長大以後,內部細胞因為吸收養料和排出廢物的不便,就不能維持生活。所以要想這些細胞長久生活,必須時常把長大的一團細胞切成兩小塊分開培養在兩滴新鮮血漿裏。

代謝作用 細胞與機器有一個相似的地方;他們都是消費能力的。細胞的食物與機器的煤炭裏都含着很多的位能 (Potential energy); 進了身體或者鍋爐裏以後,位能都變成動能 (Kinetic energy), 發散出來,引起身體和機器裏發生各種變動。機器不能從煤炭裏得着位能,

就不能運動；細胞不能從食物裏得着位能，也就不能生活。

但是生命現象與機器的運動又有根本上不同的地方。機器在運動的時候，各部分互相磨擦，漸漸的損耗，後來損耗的部分過多，就不能繼續的運動了。生物身體裏也是不斷的有損耗，但是生物有自己修補的能力。原生質能把食物裏得來的材料不斷的製造新原生質，修補自己的損失，並且可以用這些材料添造原生質使自己身體長大。像這樣用外來材料修補自己身體的能力是生物界獨有的。

生物可以比作火焰。火焰的形狀可以長久不變，但是火焰裏的物質與能力卻是時時更換，片刻不停。從表面上看起來，生物的身體在成長以後是沒有大改變的。其實生物身體裏也有與火焰相同的改變：能力不断的由食物收進身體，又不断的由身體的活動發散出去。物質不断的由身體裏損壞和遺失，又不断的由食物裏取出材料添補起來。現在是一團食物不久就變成了我們的身體；現在是我們的身體不久就變成了我們的排泄物。生物身體裏的這種能力的變更與物質的新陳代謝

叫作代謝作用(Metabolism)。

食物 生物是不能缺少食物的從上段裏所講的代謝作用看起來,就可以明白生物所以需要食物的原因,是食物可以供給生活上所必需的能力與物質。食物的種類很多,有些是很簡單的,有些是很複雜的他們的化學成分也很不一律普通生物的食物之中必須有以下幾種重要成分: (1)水,(2)無機鹽,(3)醣,(4)脂肪,(5)生質精,(6)維他命。

從供給能力方面着想,以上幾種成分之中的水與無機鹽不是重要的,醣,脂肪,和生質精都是很重要的。這幾種複雜的有機物裏都和煤炭一樣隱藏着很多的位能,如若經過氧化作用把他們分解成簡單的二氧化碳,水和別種化合物,就會發生很多的動能出來煤炭可以燃燒發熱,這幾種有機物曬乾了以後也都可以燃燒發熱。化學家用熱量計(Calorimeter)測定這幾種食物裏包含的熱的分量,查出一公分的醣可以發出4100單熱量(Calorie),一公分的脂肪可以發出9300單熱量,一公分的生質精在生物的身體裏也可以發出4100單熱量。

水與無機鹽雖然不能供給能力，但是從供給製造原生質的物質着想，這兩類物體也都是很重要的，因為原生質裏最多的成分是水，無機鹽的分量雖然不多，但是不能缺少。有機物之中，生質精是造成原生質的主要物，自然是食物裏不能缺少的。醣和脂肪的需要很少，所以不是造原生質的重要材料。

維他命 在三十年前生物學家都以爲食物的中間只要有了水，無機鹽，醣，脂肪和生質精五類成分就足以維持生物的生活。近二十幾年來纔知道除去以上幾類物品之外，還有一類有機物也是食物裏不能缺少的。如若用純粹的水，無機鹽，碳水化物，脂肪和生質精配成食物喂養一羣小鼠，他們雖然可以不至於餓死，但是他們的身體不能長大。如若把這個人工配成的食物裏加上很少的幾滴牛乳或者別種天產的新鮮食物，小鼠吃了就能照常長大了。很少的幾滴牛乳在小鼠所需要的能力與物質上並沒有什麼幫助，然而對於維持小鼠的正常生活卻是非常的重要。這一類試驗的結果，顯明食物之中除去供給能力和物質的五種物品以外，還要有一類從新鮮天產物裏得來的物質，纔能維持生物

的正常生活。這一類的物質叫作維他命(Vitamine)。維他命有許多種,每種各有一定的特殊功能。現在已經發現的有以下幾種:

甲種維他命(Vitamine A)。這種維他命可以溶化在脂肪裏。魚肝油,牛乳,蛋黃和新鮮蔬菜裏都有這種維他命。如若食物裏缺少這種維他命,身體上就要發生以下幾種影響: 眼球乾燥,皮毛缺乏油光,身體不長大,長久下去可以致死。

乙種維他命(Vitamine B)。這種維他命可以溶化在水裏。植物種子的外皮和新鮮蔬菜裏都有這種維他命。食物裏缺少這種維他命,就會引起神經的發炎而成腳氣病,不能長大,死亡。

丙種維他命(Vitamine C)。這種維他命可以溶化在水裏。新鮮水菓裏有這種維他命。缺乏這種維他命就發生壞血病,以致四肢軟弱,腸腎出血。

丁種維他命(Vitamine D)。這種維他命可以溶化在脂肪裏。魚肝油和牛油裏有這種維他命。動物的滋長時期中如若缺乏這種維他命,就發生軟骨病,不能生成堅硬的骨骼。

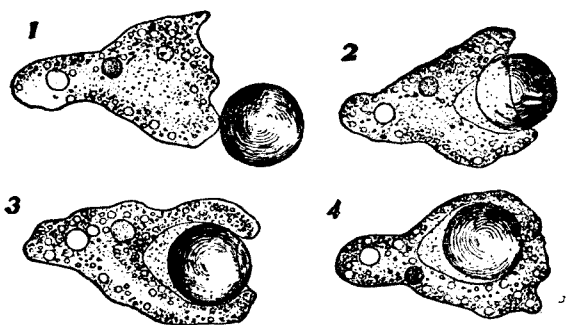
戊種維他命 Vitamine E)。這種維他命可以溶化在脂肪裏許多種植物油裏有這種維他命。雄性動物缺乏這種維他命，就引起精巢的退化，以致不能生殖。雌性動物如若缺乏這種維他命，他的胎兒就不能在子宮裏生活。

食物的來源 上面已經講過了生物必須有水，無機鹽，醣，脂肪，生質精，維他命六種食料。生物怎樣得着這些食料？水在自然界裏很多，無機鹽的需要很少，都可以直接從無生物界裏得來。幾種有機物是無生物界沒有而維持生活上需要得很多的，於是生物界就因為這幾種有機物的不足，發生求食問題與弱肉強食的爭鬪了。求食的方法大概可以分爲二種。一種是動物式的方法完全倚賴別種動物，或者植物得需要的有機物。另一種是植物式的方法，用細胞裏的葉綠素 (Chlorophyll) 作機器，土壤裏的水和無機鹽與空氣中的二氧化碳作原料，利用日光射來的能力，自己製造有機食物（製造食物的方法要在第四篇第五章裏詳細討論）。生物界裏只有植物能製造食物，所以一切生物的可機食物都是直接或者間接從植物得來的；這些食物的物質來源都

是土壤和空氣,能力來源都是日光。

複球藻生活在牆磚或在樹皮上似乎不須求食就能生活,但是細細考察一下,就知道這類生物也是不能缺少食物的。他從潮濕的磚牆和樹皮上得着水和溶化水中的無機鹽。他的綠質體裏有葉綠素,能利用日光把水和空氣中吸收的二氧化碳製造成醣。他的原生質能把醣和無機鹽改造成脂肪與生質精。換句話說,複球藻是單細胞植物,他的食物是自己造成的。

變形蟲是單細胞動物。他的細胞裏沒有葉綠素不能製造食物,所以必須從別種生物得着需要的有機物。變形蟲的食物是水中的小植物或者小動物。他遇着適



第十四圖 變形蟲吞食眼蟲,胞殼。1, 2, 3, 4 吞食的順序。

(由 Jennings)

宜的食物就把他的身體伸出一部分形成臨時的行動器具，叫作偽足 (Pseudopodia)，向着食物的方向進行(第14圖)。等到靠近食物的時候，他就伸出兩個偽足漸漸的把食物包圍起來。變形蟲的細胞膜是膠體物，不是固體物，所以他的偽足包圍食物以後能在食物外面互相連合起來，結果是把食物與食物附近的一部分水完全包進細胞，在細胞裏形成一個食物胞。

多細胞生物身體裏的各細胞如若不能自己製造食物，就從周圍的液體裏吸收食物。培養細胞的血漿裏有各種溶化的食料。如若要想培養的細胞長久生活，必定要時常更換飽含食料的新鮮血漿。

消化分泌與吸收 原生質不能伸出細胞膜來利用食物裏的物質和能力；食料必須要進了細胞膜達到原生質內，纔能被原生質利用。水，無機鹽，和簡單的有機物，例如葡萄糖，是很容易穿過細胞膜進細胞質的。但是複雜的有機物，例如澱粉，脂肪，生質精，都是不能穿過細胞膜的食物。所以要想利用這些食物，必須先把他們改變一下：把複雜的有機物變成比較簡單的，易於穿過細胞膜的，並且可以在原生質各部擴散的有機物。這樣改

變食物的作用叫作消化作用(Digestion)。

要想消化食物必須預先製造消化液,從細胞裏製造有用的液體送出細胞之外叫作分泌(Secretion)。分泌的消化液裏有消化食物的酵精。食物受了酵精的作用就變成簡單的有機物:醣都變成葡萄糖,脂肪都變成甘油與脂肪酸,生質精都變成氨基酸。這些比較簡單的有機物都能穿過細胞膜,擴散到原生質各部;所以經過消化作用以後,食物裏的有用成分就都變成原生質可以利用的材料了。

食物消化後所產生的有用成分就被細胞吸收了,這個收進細胞的作用叫作吸收(Absorption)。

複球藻的食物是在細胞內造成的,所以造成了以後就不用經過消化作用而立刻可以被原生質利用。變形蟲的食物是由身外得來的固體物,雖然被偽足包圍進了細胞,但是在食物胞的周圍有細胞膜,仍然要經過消化作用纔能穿過細胞膜,與原生質接近。有人用一種叫作中性紅(Neutral red)的染料放在培養變形蟲的水裏研究變形蟲消化食物的方法,中性紅能指示液體的酸性或者鹼性,在酸性液裏現出紅色,在鹼性液裏現出

黃色。隨着食物進了食物胞的以後，中性紅先現出紅色，顯明食物胞裏有了周圍細胞質分泌的酸性消化液，後來又變成黃色，顯明細胞質又分泌了一種鹼性的消化液。在顯微鏡中可以看見生活的食物先被酸性的消化液殺死，以後又受了鹼性消化液的作用漸漸的破壞和消化了。食物胞裏有用的物品經過消化被原生質吸收了以後，餘剩下來的都是些不能消化的廢物。在這時候，食物胞已經從變形蟲進行方向的前面慢慢的移到後面；再到後來變形蟲向前移動，食物胞裏的廢物和水就被遺棄到體外了。

以上所講的是在細胞內裏消化食物的方法。高等動物身體裏也有能這樣消化食物的細胞，例如白血球，但是主要的消化食物地方是胃腸裏的空間，在細胞之外。在胃腸內的食物經過消化作用，被胃腸壁吸收以後，就隨着血液的循環運送到身體各部細胞的附近。身體各部的細胞不須自己消化食物，因為他們都可以從血液裏吸收已經消化的食物。用血漿培養的細胞也不須自己消化食物，因為他們都從新鮮血漿裏吸收已經消化的食物。

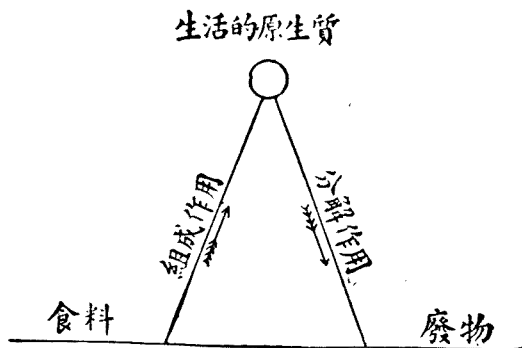
組成作用與分解作用 吸收進細胞膜以後, 食物

的用途可以分爲二類。一部分的食物成了供給能力的材料, 直接經過氧化作用分解成簡單物, 同時發出其中的能力。另一部分的食物在細胞裏成了造原生質的材料, 先造成原生質, 以後再分解發生能力。從簡單的有機食物造成原生質的作用叫作組成作用 (Anabolism), 又叫做同化作用 (Assimilation)。

在組成作用的時候, 氨基酸又化成生質精, 甘油和脂肪酸又化成脂肪,

葡萄糖又化成各種碳水化物。從原生質變成簡單化合物的變化叫作分解作用 (Katabolism), 又叫作異化作用 (Dissimilation)。分解作用的方法也是氧化, 所以也能發散能力供生活上的需要(第15圖)。

食料和原生質在細胞裏經過的氧化作用根本上



第十五圖——代謝作用圖解。(仿 Dendy)

是和煤炭燃燒一樣的。用精細的方法已經查出等量的食料在生物身體裏經氧化作用產生的熱量與在身體外燃燒所發生的熱量是相等的。但是體內的氧化和體外的氧化有一個不同的地方：在身體外面必須要有很高的溫度纔能燃燒；在細胞裏，因為有幫助氧化的酵素，不須高溫度就可以氧化得很快。

醣和脂肪經過氧化作用後，所產生的是二氧化碳和水，例如： $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow CO_2 + 6H_2O$ 。生質精和氨基酸氧化後產生的是二氧化碳，水，尿素，尿酸(Uric acid)和許多別種含有氮素的簡單有機物。

呼吸作用與排洩作用 煤炭在空氣中燃燒的時候需要養氣，產生二氧化碳；原生質與食料在細胞裏氧化的時候也消費養氣，產生二氧化碳。所以生活的細胞必須不斷的從細胞外面吸進養氣，又不斷的向外面排出二氧化碳。細胞與外界的這種氣體的交換叫作呼吸作用(Respiration)。原生質和食料經過氧化作用，產生的化合物除了二氧化碳外，又有許多別種對於身體有害的廢物。原生質把這許多種有害的廢物，連二氧化碳在內，排出細胞或者身體外的作用，叫作排洩作用 (Exerc-

tion)。

複球藻的呼吸作用和排洩作用,因為與高等植物相同,留在第四篇第五章裏再講。高等動物的細胞生活在血漿裏,可以從血漿吸收養氣,向血漿排出廢物。變形蟲的細胞膜能吸收溶化在水中的養氣。他的排洩的器具是伸縮胞。伸縮胞伸張的時候從四周原生質裏收集各種有害的廢物,收縮的時候就把這些廢物作一次由細胞膜上開孔送出細胞外。像這樣不斷的輪流伸縮,細胞內的廢物就都送出細胞外了。

變形蟲細胞裏排出的廢物有兩種:一種是食物胞裏不能消化的餘滓,一種是經過代謝作用產生的廢物。高等動物也有這兩種廢物:一種是由大腸排出身體的廢物,一種是由腎臟收集起來的廢物。煤爐裏也產生兩種廢物:一種是由煤爐底下排出的不能燃燒的煤滓,一種是由煙囪裏排出的燃燒時候產生的氣體。有許多人不知道這二種廢物的來源是根本不同的,往往把這兩種廢物都叫做排洩物,把排出這二種廢物的方法,都叫作排洩作用。其實在生物學裏只有排出代謝作用產生的廢物纔叫作排洩作用;排出不能消化的食物餘滓可

以叫作排遺(Egestion)。

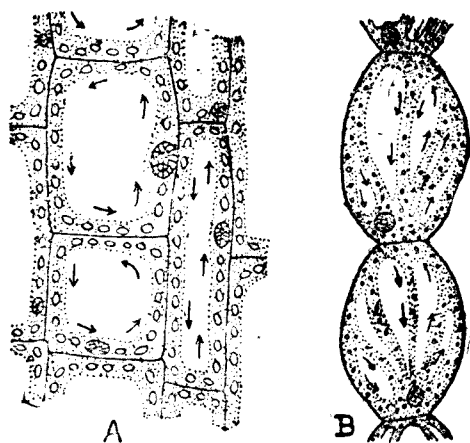
物質與能力的收入與支出 在無生物界裏我們知道物質與能力是只能變化不能無中生有,也不能化有爲無,生物身體裏的各種物質上和能力上的變化是不是也遵守這個不生不滅的定律? 我們可以用動物作試驗考察他由食物裏和空氣裏收入的物質是些什麼? 有多少? 由身體裏排遺和排洩出身體的物質是些什麼? 有多少? 照這樣作精密試驗的結果,查出在身體重量不增不減的時候,動物的物質上收入必定和他的支出相等。用精密方法考察能力的收入和支出也查出同樣的結果。所以生物身體裏的代謝作用是遵守不生不滅定律的。有人用大規模的儀器,極精細的方法已經查出人體裏的物質和能力也是不生不滅。

在身體形狀不變的時期裏代謝作用能維持他的均衡,物與力的收支可以相等。在幼稚生物長大的時期裏,組成作用的速率超過分解作用,一部分的食料用了增加原生質的總量;在這個時期裏,物質和能力的收入就要超過支出。在生物因爲病餓而消瘦的時期裏,分解作用的速率超過組成作用,身體裏的原生質的總量漸

漸減少在這個時期裏,物質和能力的支出就要超過收入。

細胞的運動 原生質裏有了氧化作用所發生的能力就發生種種生活動作。生活動作中最明顯的是細胞的運動。細胞的運動普遍可以分爲四種: 川流運動(Streaming movement), 變形運動(Amoeboid movement), 纖毛運動(Ciliary movement)和收縮運動(Contracting movement)。

川流運動是細胞的外形不改變而原生質在裏面不斷地向着一定的方向流動。幾種水草(例如Hydrilla)的葉片和幾種陸地植物(例如Tradescantia)的花絲毛



第十六圖 -- 兩種植物細胞裏的川流運動。A, Elodea (或 Hydrilla, 黑藻) 的葉細胞; B, Tradescantia (紫鴨跖草) 的花絲毛細胞。箭頭表示原生質流動的方向。(仿 Green)

放在顯微鏡之下都現出細胞裏有川流運動。(第16圖)

變形運動是原生質在細胞裏流動的時候，細胞的外形也隨着時常改變。這種運動的名稱是從變形蟲的行動得來的。我們平常在顯微鏡中看見變形蟲的行動方法是身體的前面伸出一個暫時的行動器具叫作偽



第十七圖——變形蟲的變形運動。箭頭表示原生質流動的方向。(仿 Woodruff and Verworn)

足。在這時候，細胞裏原生質不斷地向前面偽足裏流進，後面身體不斷地收縮，前面的偽足不斷地伸長，於是變形蟲就向前移動了(第17圖)。有人設法從側面看變形蟲的行動，看見他的方法是先向前面空中伸出一個偽足；後來這個偽足漸漸的伸長，彎下，粘定在固體物上，同

時後面身體漸漸舉起，縮小，內中原生質流向前面再生一個新偽足（第18圖）。在高等動物身體裏白血球的行動方法是變形運動。



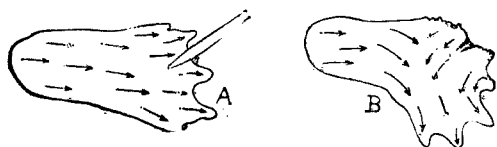
第十八圖——變形蟲行動的側面觀。（由 Shull 仿 Dellinger）

纖毛運動是細胞外面許多細毛的擺動。第三篇第五章要講到的草履蟲就是用這個方法行動的單細胞動物。生物的精子多半是用毛在水裏游泳的。高等動物的氣管壁和食道壁上的細胞都有能擺動的纖毛。

有些細胞裏有很多的纖維，能把長形的細胞縮短。像這樣的運動叫作收縮運動。高等動物的肌肉都是這類細胞造成的，身體運動是這類細胞收縮的結果。在第五篇第三章第六節裏要再講到肌肉與收縮運動。

激感與反應 原生質不但能運動，並且能感受外界的刺激，發生適於這種刺激的動作。原生質被外界的刺激引起的內部的感動叫作激感（Irritability），對於這個刺激發生的動作叫作反應（Response）。用精細的方

法考察起來，複球藻，變形蟲培養在血漿裏的細胞，以及一切生活細胞都能感受刺激，發生反應。各種細胞所不同的是激感，反應的性質與程度，所以有些細胞例如複



第十九圖 —— A, 變形蟲向前進行時忽遇玻璃針的刺
激; B, 受刺激後變形蟲改變進行的方向。(由Jennings)

球藻，像是沒有激感和反應，又有些細胞，例如變形蟲，很容易被刺激感動，很

容易發生明顯的反應。

關於變形蟲的激感和反應已經有人作過詳細的研究，查出變形蟲能感受機械的，光的，熱的，和化學的刺激，這些刺激能引起更改行動方向的反應。例如變形蟲遇着食物就向着這個刺激的方向移動，遇着有害的化學品就向着離開這個刺激的方向行動(第19, 20圖)。因為受了刺激而更改方向的特性叫作向性(Tropism)。(由Jennings)



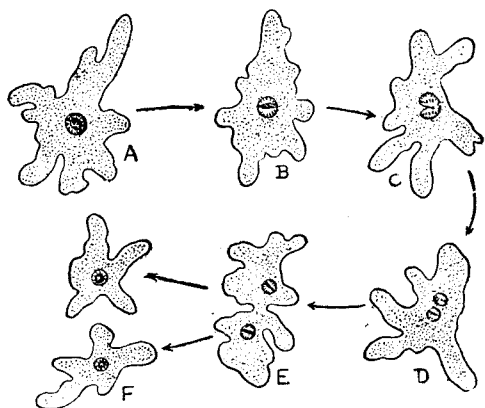
第二十圖 —— 變形蟲受化學品的刺激更改進行的方向。(由Jennings)

第四章 細胞的分裂

細胞分裂的普遍 無論什麼生物身體裏面或者

外面,凡是沒有細胞的地方都不能生出細胞。一切生物的細胞都是從舊有的細胞用分裂方法產生出來的。細胞學家以為從地面上最初有細胞的時候起,經過了無限次的連續不斷的細胞分裂,纔有現在地面上各種生物各種細胞。

複球藻到了長大以後,他的單細胞身體就分裂成兩個小細胞,兩個小細胞長大以後又分裂成四個細胞。這些分裂生成的細胞往往是兩個,或者四個,聚集在一處,粘結成團;但是這種團結是暫時的,不久各細胞就互相分離了。



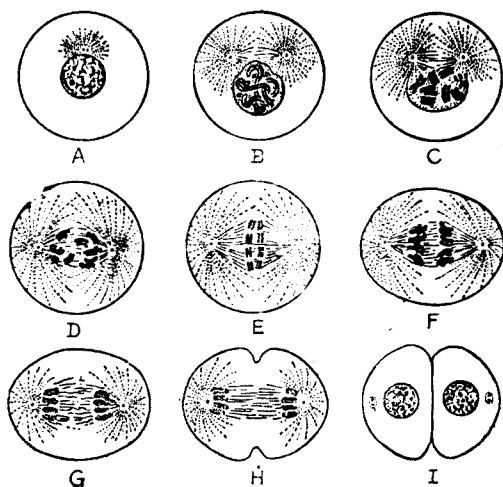
第二十一圖——變形蟲的分裂。A, 分裂前的變形蟲; B, 染色質集合在細胞裏成許多染色體; C, 染色體分裂成兩隊;細胞核的中部收縮起來; D, 細胞核由一個分裂成兩個; E, 中部的細胞質收縮起來; F, 分裂成兩個變形蟲。(由 Hegner)

變形蟲的普通蕃殖方法也是分裂,把一個變形蟲的身

體平均分成兩個一般大的幼稚變形蟲(第21圖)。有人看見變形蟲又有一種不常見的生殖法。這個方法是先把變形蟲的身體收縮成球形,同時身體外面生出一個胞殼(Cyst)保護殼內的身體。後來殼內的細胞分裂許多次,形成五六百個小細胞,再到後來胞殼破裂,殼內小細胞都出來各自成一個小變形蟲。

有線分裂 普通細胞的分裂方法是很複雜的,因為在分裂的時候現出線形的物體,所以這種複雜的細胞分裂方法叫作有線分裂(Mitosis),又叫作間接分裂(Indirect division)。有線分裂的經過可以分為四個時期:前期(Prophase),中期(Metaphase),後期(Anaphase)和末期(Telophase)(第22圖)。

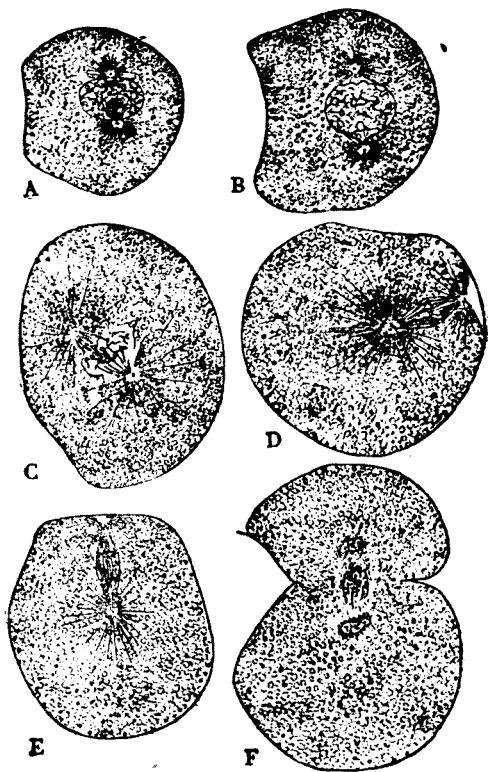
在有線分裂開始的時候細胞核裏的染色質漸漸的凝結成很長的細線,中心體漸漸的分開成了兩個中心球(Centrosphere)。後來細線漸漸的縮短變粗,細線染成的顏色由淺變深,兩個中心球分離得更遠,中心球周圍現出許多纖維叫作星絲(Astral ray),兩個中心球之間的星絲互相連接成紡錘形,叫作紡錘絲(Spindle fiber)。再到後來,染色質凝結成的粗線,縮短成許多顏色很深



第二十二圖——有線分裂的各時期假定細胞裏有八個染色體。A, 前期的最初, 中心體分裂為二, 周圍現出星絲。B, 前期, 染色質集合成線形, 中心體互相分離, 中間現出紡錘絲。C, D, 前期, 核膜漸漸消滅, 中心體分離愈遠。E, 中期, 每個染色體已經分裂成兩個。F, 後期, 兩隊染色體各向一個中心體移動。G, 後期, 染色體已經靠近中心體。H, 末期, 染色體漸漸改變, 星絲與紡錘絲漸漸消滅, 細胞的中部漸漸收縮起來。I, 分裂成的兩個子細胞。(仿 Woodruff)

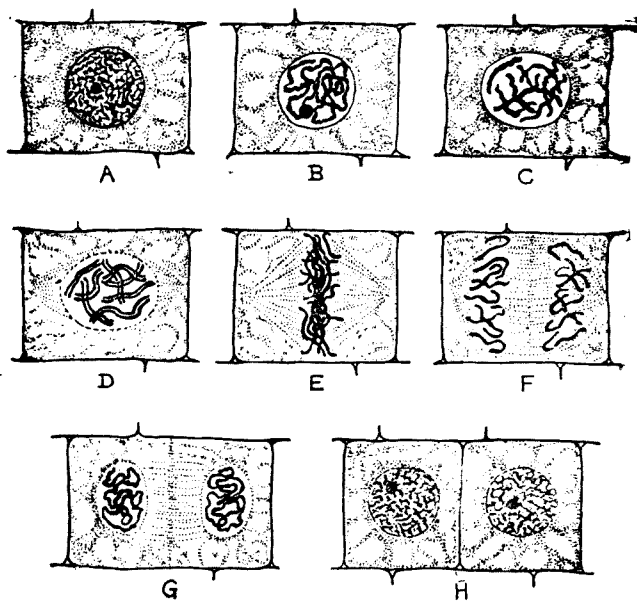
的物體叫作染色體 (Chromosomes), 核仁和核膜都漸漸的消滅了, 兩個中心球漸漸的移到細胞的兩極, 星絲比以前更長了, 紡錘絲移到細胞核的地位, 有些紡錘絲連接在染色體上。從開始分裂到這個時期叫作前期。在前

期的末尾,每個染色體已經分裂成兩個,許多染色體都排列在細胞的中間成一個平面。這時候就到了細胞分裂的中期。中期的時間是很短的。過去以後,染色體就分為兩隊,漸漸的互相分離,向着細胞兩端中心體所在的地方移動。從兩隊染色體互相分離的時候起,到染色體附近在中心體附近的時候止,是細胞分裂的後期。



第二十三圖——蛙卵的有線分裂。A, B, C, 前期; D, 中期; E, 後期; F, 末期。(由 Dahlgren and Kepner)

後期以後就到了末期。這時候細胞漸漸的變成長形, 短軸的兩端漸漸的向內凹進去, 短軸的中間漸漸的現出細胞膜。在末期的末尾每隊染色體變成一個細胞核, 每個細胞核和他的周圍的細胞質形成一個幼稚的細胞, 於是原來的一個細胞就完全分裂成兩個細胞了 (第 23 圖)。



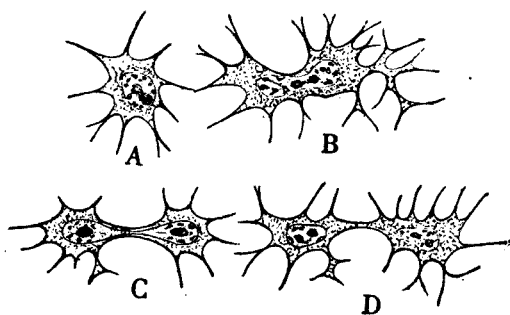
第二十四圖——高等植物的細胞分裂。A, 靜止時期的細胞; B, C, D, 前期; E, 中期; F, 後期; G, 末期; H, 兩個子細胞。(仿 Sinnott and Dunn)

高等植物的細胞分裂與上面所講的有幾點不同的地方：在這些細胞裏沒有中心球和星絲，到分裂的末期裏細胞的短軸不向內裏收縮(第24圖)。

在有線分裂的各時期裏最易引起人注意的是染色體。各種生物都有一個一定的染色體數目，這些染色體又有一定的形狀。例如玉蜀黍的細胞在分裂時候永遠現出二十個染色體。果蠅的細胞在分裂時候永遠現出八個染色體，內中有四個長的，兩個短的，兩個圓粒形的(第193圖)。近代生物學家發現許多證據，證明染色體是遺傳的物質基本，有線分裂的功用是把這些遺傳的物質基本從一個母細胞裏平均分配到兩個子細胞裏。關於這一點在本書的第七篇裏還要詳細討論。

無線分裂

有線分裂是最普通的細胞分裂方法。在生



第二十五圖——幼鼠細胞的無線分裂。

(由 Agar 仿 Nowikoff)

物身體裏有的時候又有一種不常見的細胞分裂方法叫作無線分裂(Amitosis),又叫作直接分裂(Direct division)。無線分裂的第一步是細胞與細胞核漸漸的變成長形,後來細胞與細胞核的短軸兩端漸漸的向內裏凹進去,結果就分成了兩個細胞,內中各有一個細胞核(第25圖)。用這種方法分裂不能把染色體平均分配到兩個子細胞裏。

第五章 生命現象的特點

前幾章裏講過了生物與無生物許多相同的地方,又講過了許多不同的地方。相同的地方很多,例如:生物身體裏的原素與無生物的原素相同;原生質是膠體物,無生物界裏也有膠體物;酒精作用與接觸作用相同;細胞內的分解作用與體外的燃燒都是氧化作用;代謝作用與無生物界變化一樣的遵守不生不滅定律。生物與無生物不同的地方也很多,以下就是生命現象的五個特點:

(1) 複雜的結構 在無生物界裏,原子,分子,以至人工造成的機器,雖然也有簡單或者複雜的結構,但是無論什麼複雜的無生物構造體總不如細胞造得複雜

精巧。科學家對於人工製造生質精這方面已經有了很大的進步，能把十幾個氨基酸的分子連接成一個有些像最簡單的生質精的有機物，用無機物造成幾種生質精已經有了成功的希望。但是把許多種類的複雜生質精，與脂肪，醣，無機鹽組織起來造成原生質，又把原生質組織起來造成生活的細胞，是一個非常困難的工作，現在還沒有人敢對於這個工作存着嘗試的狂想。

(2) 代謝作用 機器的動作有些像生物的活動，但是生物能自己修補自己的損壞，能川流不息的把外來的物質改變成自己的身體，又把自己的身體變成排洩物，這是無生物界裏沒有的現象。

(3) 適應 生物的形體結構與生活動作都適合他的周圍的環境。如若他的環境有了改變，他能立刻感受着這個改變的刺激，並且發生適當的反應。他的反應可以是形體上的，或者是生理上的；也可以是多方面的，都能互相調節成一致的動作，藉此可以得着環境改變的利益，或者免去環境改變的災難。能適合環境的反應叫作適應(Adaptation)，這也是生物界獨有的特性。

(4) 內填滋長 在無生物界裏只有結晶現象可

以與生物的滋長 (Growth) 相比。一杯鹽水或者糖水在飽和以後溫度降低的時候水中現出許多微細的顆粒;這些顆粒慢慢的長成一定形狀的結晶體。結晶體的長大似乎有些像生物的長大,但是結晶體的物質是從體外面堆積上去的,生物的長大是體內各部原生質增加的結果。像這樣從體內各部增加物質引起全體長大的現象是生物界裏獨有的。

(5) 生殖 無論什麼生物都有生殖的能力,能從自己身體上分出許多細胞,後來這些細胞長成許多與前代相似的生物。無生物界裏的物體都沒有這種生殖的能力。^①

機械論,生機論,與機體論 生命現象和上面講過的許多特點是不是可以用無生物界的原理完全解釋出來?這是一個很難解決的根本問題。有些生物學家相信一派理論叫作機械論 (Mechanism),以為細胞和生物身體裏的各種現象都是與無生物界裏的變化根本相同的;生命現象可以完全用物理學和化學裏的原理

①運動是生物的一種普遍性質,但是不能把他當作生物的特點,因為無生物界裏也有這種現象,例如流水,火焰,卜耶運動等。

解釋出來；如若我們現在不能解釋，將來生物學有了更大的進步以後，一定有能解釋的時候。機械論能引起生物學家從物理學和化學的觀點來研究生命問題。無論這種研究能不能把生命現象的根本問題完全解決，至少他總可以貢獻很多重要的新知識，幫助生物學的進步。

有些生物學家相信生機論(Vitalism)，以為生命現象與無生物界的現象是根本上不同的。生物身體裏的各種現象雖然都可以分析成物理學和化學的變化，但是許多種變化連合在一處怎樣能互相調和，互相合作，發生生命現象，就不是物理學和化學所能解決的問題了。信生機論的人以為生物身體裏有一種特殊的能力，叫作『隱得來希』(Entelechy)或者『生命的奮進』(Vital impulse)，這種特殊能力不是可以用物理學或者化學的方法可以察看出來的，但是他能管理生物身體裏的各種物理學的和化學的變化，指導這些變化發生生命現象。如若生機論是不錯的，生物學裏很難解決的根本問題都可以用『隱得來希』或者『生命的奮進』把他們解決了，不必再來觀察試驗用種種方法作研究。

因為這個緣故,反對生機論的人以為這派哲學不過是用一個空名詞把難解決的問題隱藏起來,既不能算是真正解決了生命現象的根本問題,又不能引起生物學的研究與進步。

最近幾年裏有許多生物學家相信一派理論叫作機體論(Organicism)。在化學裏我們知道各種原素有各種特殊的性質,各種化合物也有各種特殊的性質。化合物是原素組成的,但是我們不能從原素的性質推出組成的化合物有什麼性質,例如我們不能從氫(H)與氧(O)的性質推出水(H₂O)的性質。生物的身體雖然是無生物界裏容易尋着的幾種原素組成的,但是組成複雜的有機體以後,就自然的生出很奇妙的特性能發生生命現象;這種特性是屬於整個細胞或者整個生物的,不能從組成生物的無機物推測出來。機體論以為生命現象不是完全可以用無生物界裏的原理解釋出來的,所以他沒有機械論所有的困難。機體論不假定生物身體裏有特殊的能力,所以他又沒有生機論所有的困難。

第 三 篇

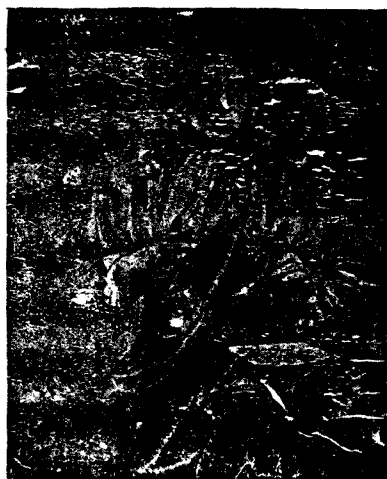
單細胞生物的生活

在十七世紀裏顯微鏡發明以後，有許多科學家用這個新器具來研究各種微細的物體。望遠鏡的發明與應用把我們能看見的天空世界擴大了幾萬倍；顯微鏡的發明與應用爲我們發現了一個新的微生物世界。從我們的肉眼看起來，不過是一滴水，然而就在這一滴水裏就可以有無量數的微生物，熙來攘往與人一般的忙碌（第26圖）。

單細胞生物這個名詞並不是分類學裏的一類，乃是一個普通名詞，包含許多種類微小的非用顯微鏡不能看見的生物。前篇裏講過的複球藻，變形蟲，都是單細胞生物。除此以外，還有許多種類的單細胞生物也是我們應該知道的；這些種類或者是顯微鏡中常看見的生物，或者有特殊的生活現象，或者與人生有密切的關係。

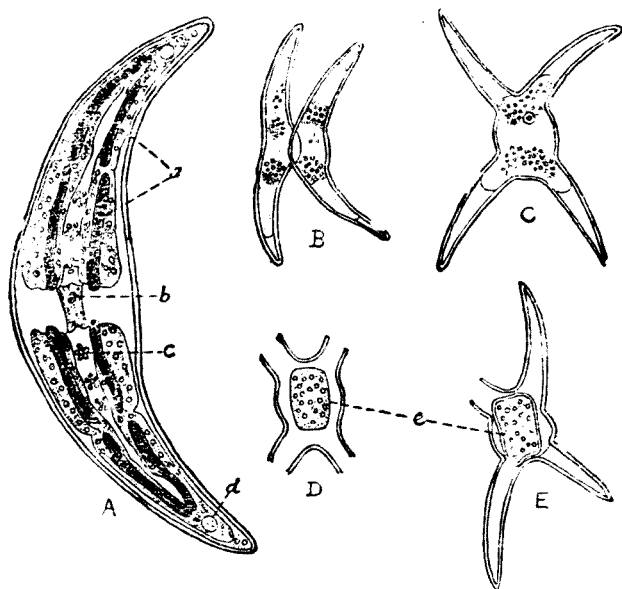
第一章 鼓藻與矽藻

從池塘裏取一滴水放在顯微鏡裏觀察，往往可以看見許多種微小綠色或者黃色的生物。這些生物的形式很多，內中有一類叫作鼓藻 (Desmids)，又有一類叫作矽藻 (Diatoms)。鼓藻身體的中央有一個收縮的部分，把全身分成相等的兩半，矽藻的身體不像這樣收縮。鼓藻和矽藻普通是單個的，但是有的時候許多個可以連接成暫時的羣體。



第二十六圖 勒文荷克 (Antony van Leeuwenhoek, 1632-1723)，荷蘭人。他與英國的荷克 (Hooke)，葛魯 (Grew)，荷蘭的施望漫登 (Swammerdam)，意大利的馬爾辟基 (Malpighi)，都是最早(十七世紀)用顯微鏡研究生物的人。他用他自己製造的顯微鏡發現許多種的微生物。

鼓藻 這類單細胞生物大約有一千種，其中有一種容易看見的叫作新月藻 (Closterium)。因為他的形狀很像一彎新



第二十七圖——A, 新月藻(Closterium); B, C, D, E, 新月藻的接合。a, 綠質體; b, 細胞核; c, 澱粉核; d, 空胞; e, 合孢子。
(仿 Holman and Robbins)

月(第27圖)。在他的細胞外面有一層纖維質(Cellulose)的細胞壁。細胞內裏的原生質分成左右兩個相等的部分與中央一個收縮的部分藏在這個收縮部分裏面有一個圓形的細胞核。左右兩部的細胞質裏各有一個複雜的綠質體,又有兩個空胞在細胞的兩端。空胞內中有水,水中有硫酸鈣的小結晶體。這些小結晶體時常現出

卜郎運動

鼓藻的細胞裏有葉綠素能製造食物，製造成的碳水化合物如果超過原生質裏代謝作用需要的分量，就儲藏起來成澱粉粒。細胞裏有一種小物體叫作澱粉核（Pyrenoid），是造成澱粉粒的中心。有些鼓藻能用伸出細胞壁外的原生質在水中行動，他們的普通移動方法是隨水飄流。

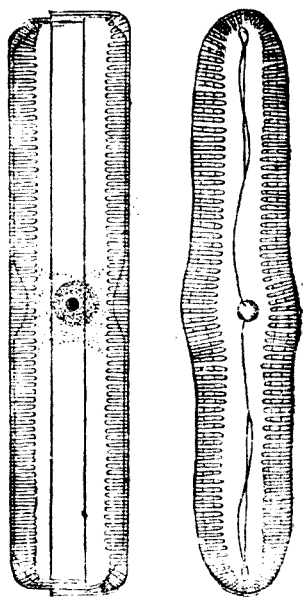
鼓藻的生殖方法有二種。一種方法是分裂，在收縮部分把細胞的兩半分開，後來每個半部各自再生出失去的一半，恢復原狀，成一個新個體。另一種方法叫作接合（Conjugation）。在這種生殖方法的最初，有兩個細胞互相靠近到一處，後來這兩個細胞的細胞壁破裂，原生質合併起來，再後來這兩個細胞裏的原生質完全混合成一團，團的外面新生一個厚壁，像這樣的一個團體叫作合孢子（Zygosporc）。經過休息時期以後，合孢子的厚壁破裂，內中的原生質分成兩部出來形成兩個新個體。

矽藻 矽藻的種類極多，大約有六千種。淡水和海水裏都有這類生物（第28圖）。這類生物的細胞壁裏有矽素，所以死後不隨原生質腐爛，能沈在水底堆積成很

厚的地層細胞壁分爲二部，互相套合在一處很像一個肥皂盒。細胞壁上有各種式樣的槽，裂口，小孔，或者突起，排列得很整齊精細。細胞內裏有細胞質，細胞核，又有二個或者幾個褐黃色能製造食物的質體。有些種類的矽藻能用伸出細胞外面的原生質在水中行動。

矽藻的普通蕃殖法是分裂。在分裂時候，他的細胞壁的兩部互相分離，後來每部各自再生出失去的一部形成一個新個體。因爲原來

胞壁的兩部是一大一，胞壁裏有矽質不能擴大，所以分裂後的兩個個體也是一大一。比較小些的個體再生的新胞壁藏在舊胞壁裏，當然要比舊胞壁小些，所以第二次分裂後生成的細胞就比以前的更小了，像這樣



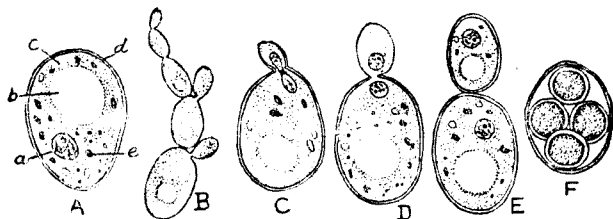
第二十八圖 一種矽藻 (Navicula) 的兩面觀。圖內未畫質體。(由 Holman and Robbins)

繼續下去，細胞的體積愈過愈小，後來必定到了一個不能再小的時期。在這時候，原生質完全脫離舊胞壁出來，或者經過接合，或者不經過接合，形成一個沒有胞壁的細胞。這樣一個細胞叫作滋長孢子(Auxospore)，他能長大到最初的體積，以後再生出一個與最初一樣大的胞壁。

第二章 酵菌

在氣候溫暖的時候，果子汁很容易發生一種變化，叫作發酵(Fermentation)，經過發酵以後，澄清的果子汁就變成混濁的，帶着酒味的液體，內中有許多小氣泡。如若把這種液體，取出一滴，放在顯微鏡下觀看，可以看見其中有許多無色的單細胞生物叫作酵菌(Yeast)。

形態 酵菌的身體是橢圓形或者圓形的。在身體



第二十九圖 酵菌。A，成熟的酵菌細胞；a，細胞核；b，空胞；c，細胞質；d，細胞壁；e，儲藏的食物；B，出芽生殖形成的細胞羣；C，D，E，出芽生殖；F，四個孢子。(仿 Smith, Overton 等)

外面有一層細胞壁,內裏有細胞質,空胞和脂肪滴經過染色以後,可以看見他的身體裏又有一個細胞核。(第29圖)。

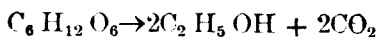
生理 酵母菌的細胞裏沒有葉綠素不能製造食物,又不能伸出偽足從別種生物得固體食料。在果子汁裏,他的食物是溶化水中的糖和別種有機物。巴斯德(Pasteur)用許多種化學品配成一種溶液;酵母菌生活在這種溶液裏不但可以得着適當的食物,維持他們的正常生活,並且可以在裏面滋長和蕃殖,後人把這種溶液叫作巴斯德溶液(Pasteur Solution):

巴斯德溶液的成分

水	H_2O	83.76%
甘蔗糖	$C_{12}H_{22}O_{11}$	15.60%
酒石酸氫	$(NH_4)_2C_4H_4O_6$	1.00%
磷酸鉀	K_3PO_4	0.20%
磷酸鈣	$Ca_3(PO_4)_2$	0.62%
硫酸鎂	$MgSO_4$	0.62%

從上面的表裏我們可以看出酵母菌的主要食料是溶在水中的糖。酵母菌細胞裏能分泌出幾種酒精把周圍

水裏的甘蔗糖或者麥芽糖都變為單糖,後來把單糖吸收進酵母細胞內裏,用另一種酵精把他變為酒與二氧化碳。



單糖

酒

二氧化碳

糖變為酒與二氧化碳是一種發散能力的變化。酵精就利用這種變化生出來的能力供給維持生活上的需要。酒與二氧化碳都是酵母細胞裏產生的廢物,產生後就排洩出來到周圍的水裏。

酵母既然能在巴斯德溶液裏滋長與蕃殖,他必定能利用這種溶液裏的物質添造他的原生質。原生質裏最重要的成分是生質精,生質精裏必須有氮素。在巴斯德溶液裏只有酒石酸氨含着氮素;如如減去酒石酸氨,巴斯德溶液就不能維持酵母的正常生活。照這樣看起來,酵母必定能利用酒石酸氨裏的氮素製造生質精。普通植物可以從硝酸鹽得到氮素,普通動物必須用氨基酸製造生質精。酸菌製造原生質的氮素材料既不像普通植物的那樣簡單,又不像普通動物的那樣複雜。

生殖 酵精的普通生殖方法是出芽(Budding)。在

出芽生殖的時候，細胞壁與細胞質的一部分漸漸的凸起成一個球形的物體叫作芽體 (Bud)。後來這個芽體漸漸的長大成橢圓形，芽體與母體分界的地方漸漸的收縮起來。再到後來芽體與母體間便完全隔斷，這個芽體就成了一個獨立的酵母菌了。在環境適宜的時候，蕃殖很快，往往在芽體未曾與母體分離前，又生新芽體，結果是許多酵母菌和芽體形成一個暫時連接在一處的團體。

在環境不適宜的時候，酵母菌另有一種生殖方法，叫作孢子生殖 (Spore formation)。這種生殖方法是原生質在細胞壁裏分裂兩次，形成了四個細胞，藏在原來的細胞壁內。這四個細胞叫作孢子 (Spore)，能抵抗不適宜的環境，由空氣中傳播到各處。如若這些細胞傳播到新的適宜環境裏，例如溫暖地方的果子汁，包圍他們的細胞壁就破裂，放出其中的孢子，後來每個孢子長成一個酵母菌。

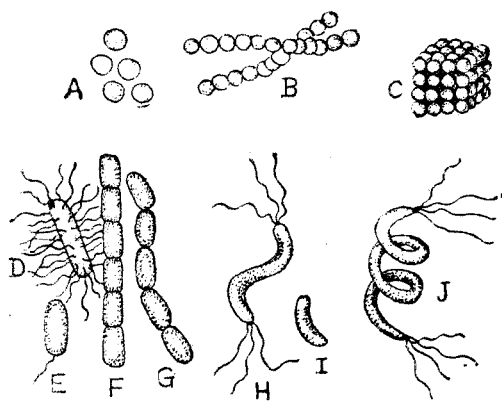
酵母菌的利用 發酵的原理雖然是近代纔研究明白的，發酵的應用是已經很久了。前面已經講過酵母菌用糖供給能力的時候產生兩種廢物：一種是酒，一種是二

氧化碳這兩種廢物於人類都有用處。我們可以利用酵母菌把果子汁或者別種農產物釀造成酒，又可以利用二氧化碳製造麵包。麵裏有了酵母菌就生出許多二氧化碳的小氣泡。在蒸麵的時候這些小氣泡受了高溫度的影響都膨脹起來，成了大氣泡於是製成的麵包裏就有了許多空洞。

第三章 細菌

細菌 (Bacteria) 是分佈最廣的生物無論在空氣當中，土壤的下面以及人體的內外，都有細菌的踪跡最早看見細菌的人是十七世紀裏的顯微鏡學家勒文荷克 (Leeuwenhoek)，他所看見的細菌是從牙垢裏尋着的(第26圖)。

形體 細菌是體積最小的生物他的種類很多，有些種類小到不能用普通的顯微鏡看見，有些種類必須要有二千個互相連接成一行纔能長到一公釐。他的形狀可以分爲三大類：一類是圓形的叫作球形細菌 (Coccus)，一類是棒形的叫作棒形細菌 (Bacillus)，一類是螺旋形的叫作螺形細菌 (Spirillum)。普通細菌是分離獨立的單細胞有些種類能集成羣體(第30圖)。



第三十圖 細菌的各種式樣。A—C, 球形細菌, D—G, 棒形細菌。H—J, 螺旋形細菌。(仿 Smith, Overton 等)。

把細菌染色以後,用高倍顯微鏡細心觀察,可以看出細菌的外面有一層細胞壁,裏面有細胞質。細菌沒有普通的圓形細胞核,但是有許多染成很

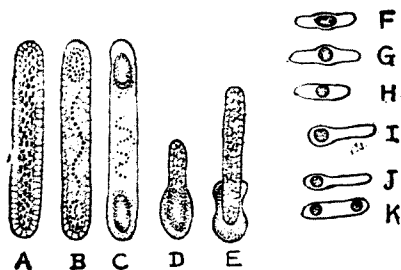
深顏色的顆粒分散在細胞質裏造成這些顆粒的物質和細胞核裏的染色質一樣,所以這些顆粒可以算是一個未成形的細胞核。

在細菌身體的外面,有的時候長着纖毛,或者鞭毛。纖毛,或者鞭毛,是細菌行動的器具。毛的數目是一根或者許多根;毛的地位是細菌的一端,或者兩端,或者周身都有。細菌的身體極小,所以像膠體物裏的顆粒一樣,時常現出卜郎運動——在水中來往擺動,並不移到很遠的地方。但是他又有真正的行動,能用纖毛或者鞭毛把

他的身體從一個地點移到遠處。

生殖 細菌的生殖方法是分裂,如若他的環境適宜,食品豐富,他能蕃殖得很快,普通細菌大約只須半小時就從前次分裂又到後次分裂的時期,照這個速度蕃殖,一個細菌繼續分裂經過二十四小時後,如若環境適宜,個個都能生活,就能生出 140, 744, 041, 955, 328 個細菌。

在環境不適宜的時候,細菌的原生質在細胞壁裏收縮起來,形成一個孢子(第31圖)。孢子外面有一層厚殼,能抵抗有害的環境。癩細菌(*Bacillus anthracis*) 放在百分之一的石炭酸水裏,最多不過二分鐘就死了,但是他的孢子能在



第三十一圖 — A—E, 一種桿形細菌(*Bacillus Bütchlii*): A, 細胞的結構。B, C, 孢子形成。D, E, 孢子的萌發。F—K, 桿形細菌孢子形成的各種式樣。(由Smith, Overton等)。

這種液溶裏生活十五天;乾草上生活的一種細菌(*Bacillus subtilis*) 與普通細菌一樣到沸水裏立刻就死了,但

是他的孢子必須在沸水中經過三十至四十五分鐘纔能殺死。惡劣的時期渡過以後，環境變為適宜的時候，孢子的厚殼破裂，放出其中的原生質，形成一個細菌，孢子是一個細菌變成的，現在又變成一個細菌，所以這種方法只能抵抗惡環境不能蕃殖個體的數目。

從求食的方法看起來，細菌可以分為三類：一類是能製造食物的細菌，一類是在已死的生物身體裏得食物的細菌，這類細菌叫作腐生物(Saprophyte)。一類是在生活的生物身體裏得食物的細菌，這類細菌叫作寄生生物(Parasite)。這三類細菌分別講在下面：

能製造食物的細菌 在第二篇裏曾經講過生物界裏惟有植物能把簡單的無機物製成複雜的有機物，製造食物的機器是葉綠素，能力是從日光得來的，這種方法叫作光合作用。細菌細胞裏沒有葉綠素，但是有一種細菌有紫顏色的色素，這種色素像葉綠素一樣，能利用日光的能力製造食物。又有幾種細菌能用很特別的方法，叫作化合作用(Chemosynthesis)，不需日光，製造他所需要的食物。例如鐵細菌 (Iron bacteria) 能把周圍環境裏的碳酸亞鐵氧化為氫氧化鐵 ($2\text{FeCO}_2 + 3\text{H}_2\text{O} + \text{O}$

$\rightarrow 2\text{Fe}(\text{OH})_3 + 2\text{CO}_2$), 這種變化是發散能力的,鐵細菌就利用這種變化所發出的能力把簡單的無機物製造成複雜的有機食物。硫細菌(Sulphur bacteria)能把環境裏的硫化氫氧化成硫酸或者硫與水;氮化細菌(Nitrifying bacteria)能把身體外面的銨氧化為亞硝酸($2\text{NH}_3 + 6\text{O} \rightarrow 2\text{HNO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$),或者把亞硝酸氧化為硝酸($2\text{HNO}_2 + 2 \rightarrow 2\text{O HNO}_3$),以上幾種變化也都是發散能力的,這些細菌都能利用發生的能力製造食物。

腐生細菌 這類細菌用已死的生物身體作他們的食料是屍體發生腐爛變化的原因。腐生細菌有許多種能分泌出許多種的酒精把已死的生物身體一步一步的分解下來,直到化為簡單的無機物。他們用分解變化所生的能力維持他們的生活,又用分解變化所生的物質添造原生質,蕃殖他們的身體。

寄生細菌 這類細菌的食料都是從生活的生物身體裏得來的。有些種類寄生在植物身體裏,有些在動物身體裏或者人體裏,是發生許多種疾病的原因。例如肺癆,傷風,白喉,傷寒,霍亂,鼠疫都是寄生細菌在人體裏引起的疾病。這些細菌有種種不同的為害方法。有的時

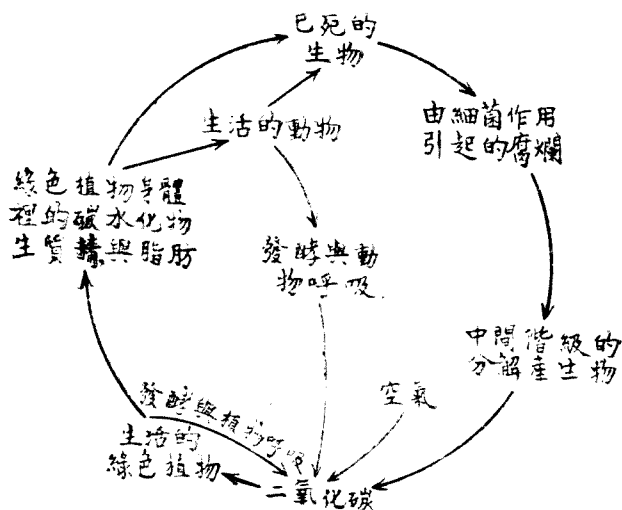
候細菌的害處不過是把他所在的地方的人體損壞了，例如肺癆菌寄生在人肺裏蕃殖起來，就把肺破壞了像這類的病菌害處雖然很大，但是不至於立刻致人死亡。又有些病菌，例如白喉菌，霍亂菌等，生活在人體裏直接破壞身體的工作並不很快，但是他們能產生極猛烈的毒質 (Toxin) 這種毒質能由血液裏傳播到全身，所以病菌進身體以後不多時就發生很危險的急病。

需氣菌與離氣菌 生物生活的地方普通都是空氣流通的，因為生物需要空氣中的養氣，細菌之中有些種類也是這樣的需要空氣，不能在無空氣的地方生活。這類細菌都叫作需氣菌 (Aerobes)。又有些種類的細菌可以在無空氣之處生活，這類細菌都叫離氣菌 (Anaerobes)。離氣菌並不是不需養氣就可以生活，他們也要吸進養氣，不過他們的養氣不是從空氣中得來的，乃是分解周圍環境裏的化合物的時候生出來的。

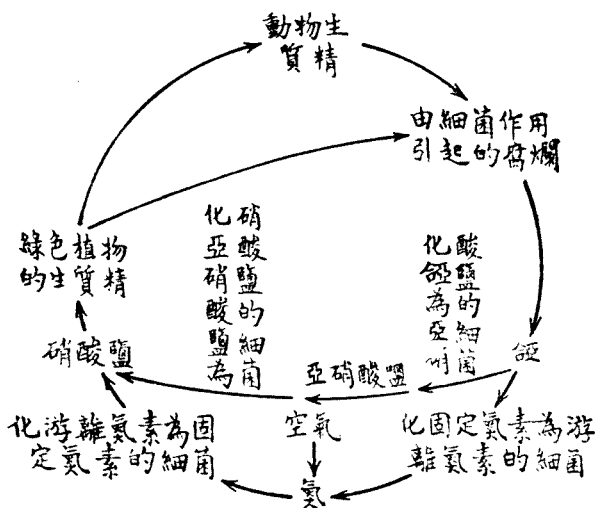
細菌與人生的關係 前面曾經講過有許多種細菌是致病的原因，許多人因為怕這些疾病就以爲細菌都是有害人類的。其實有些種類的細菌對於人類固然有害，但是有些種類是於人類有益的，又有些種類是對

於維持生物界全體的生活上有益的。

植物的身體可以作動物的食物，動物的身體不能直接作植物製造食物的材料，必須先經過腐生細菌的作用，把他化爲簡單的無機物以後，植物纔能利用這些無機物重新製造成有用的有機物。如若地面上沒有細菌，動物的屍體與排洩就要愈積愈多，同時植物需要的



第三十二圖 自然界的碳素循環。綠色植物由空氣中吸收二氧化碳造成醣，又名碳水化合物，後來又用碳水化合物改造成脂肪與生質精。動物由植物得着碳水化合物，脂肪與生質精。生活動植物的呼吸作用與排洩物的發酵都能產生二氧化碳。已死的動植物屍體，經過細菌作用發生腐爛變化，也產生二氧化碳。(仿 Woodruff)



第三十三圖——自然界的氮素循環。空中的氮氣經過固定氮素細菌 (N-fixing bacteria) 的作用化為硝酸鹽。植物由根吸收硝酸鹽造成生質精；動物從植物得着生質精。動植物死後，身體裏的生質精受了細菌的作用化為氨，後來氨受亞硝酸鹽細菌 (Nitrite bacteria) 與硝酸鹽細菌 (Nitrate bacteria) 的作用化為硝酸鹽又成了製造生質精的原料。一部分的氨受了分離氮素細菌 (Denitrifying bacteria) 的作用化為空中氮氣。(仿 Woodruff)

機物愈過愈少；物質不能循環生物界全體的生活上
要發生困難了(第 32, 33 圖)。

植物需要的無機物之中，硝酸鹽是一種很重要的
因為植物不能利用空氣中的氮素，他們必須從土壤裏

吸收硝酸鹽，纔能製造生質精而土壤裏硝酸鹽的成分很少，時常不足供植物的需要農人要想田產豐收時，常用肥料來增加土壤裏的硝酸鹽。肥料裏的有機物先經過腐生細菌的作用，把其中的氮素化爲氨，後來又經過兩種氮化細菌的作用，先把氨化爲亞硝酸，又把亞硝酸化爲硝酸。經過這許多種細菌的幫助以後，肥料裏的氮素以及其他原素纔變成有用的無機物，這是細菌在農學上一種有益於人的地方。

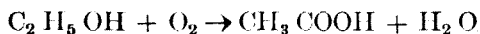
細菌不但能幫助植物利用有機物裏的氮素，又能幫助他們利用空氣中的氮素。豆科植物的根上往往長出瘤狀的物體叫作根瘤。根瘤內中生活着一種細菌（第34圖）。這種細菌能把空氣中的氮素改造成植物可以利用的氮化合物，又有一種生活在土壤裏的細菌也能把空中的氮素化爲植物可以利用的化合物。

在工業方面，有些細菌可以幫助製醋。這類細菌能生活在濃度不



第三十四圖——
豆科植物的根與根瘤。
(由 Cowles)

過百分之十四的酒裏，把酒氧化爲醋與水，利用這種變化所發生的能力維持他們的生活：



酒 養氣 醋 水

以上所講的是細菌有益於人的方面。在有害的方面，腐生細菌能腐爛人類的食物，寄生細菌是人類發生許多種傳染病的原因。又有些寄生細菌，能使人類依賴以維持生活的農產物和家畜發生傳染病。幸而我們現在已經知道了許多方法，可以防止這些有害細菌的蕃殖。我們可以把食物曬乾或者保存在濃糖水裏，濃鹽水裏，因爲細菌不能在這樣環境裏蕃殖。我們可以用沸水，硼酸水，酒精，石炭酸殺死傳染病的細菌。

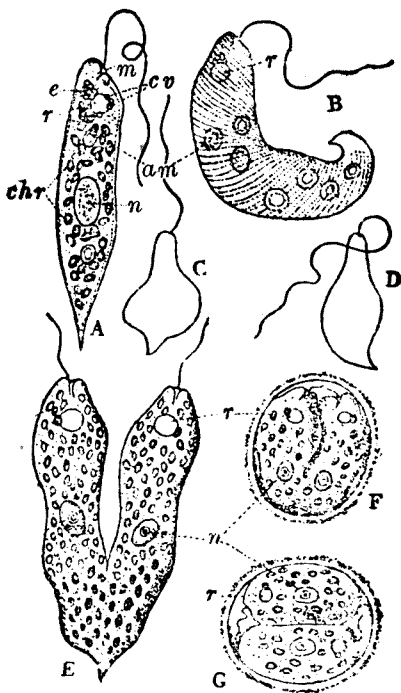
第四章 眼蟲

形體 眼蟲 (Euglena) 是生活在池塘裏的一種很小的單細胞生物。在顯微鏡裏看起來，他的形狀有些像紡錘(第35圖)。他的身體裏有細胞核和細胞質。在細胞質裏有圓形的澱粉核，又有許多綠色的質體。身體的外面有一層有彈性的外膜。外膜的表面有許多的橫紋。在他的身體的前端有一個貯蓄胞 (Reservoir)。靠近貯蓄

胞旁邊有一個紅點，叫作眼點 (Stigma)，又有幾個伸縮胞伸縮胞能收集身體各部的廢物送到貯蓄胞裏貯蓄胞的前面有一個管子與一個通到身體外面的孔，這個管子雖然叫作“食道”，孔雖然叫作“口”，但是實際上並不是為食物進身體的，乃是貯蓄胞裏收藏的廢物出身體的道路身體的前端有一根很長的鞭毛 (Flagellum)。

生理 眼蟲雖然有‘口’與“食道，”但是不能像動物那樣吞食

固體物，他的身體裏有葉綠素，所以他製造食料他的眼



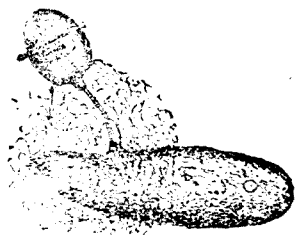
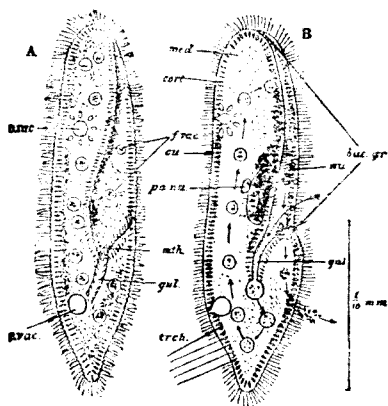
第二十五圖 眼蟲 (*Euglena viridis*)
 A, 游泳時的眼蟲，顯明各部的結構；B, 表示形狀的改變與橫紋；C, D, 兩個收縮的形狀；E, 縱分裂；F, G, 在胞殼內分裂。am, 澱粉粒；chr 綠質體；cv, 伸縮胞；e, 眼點；m, 口；n, 細胞核；r, 貯蓄胞 (由 Hegner)

點能感受光的刺激,使他離開黑暗到光明的地方,鞭毛是他的行動器具。

生殖 眼蟲的普通生殖法是縱分裂;細胞核先分爲二部,然後全體從前端到後端分裂成兩個細胞,其中一個細胞保留着原有的鞭毛,其他一個細胞另生一根鞭毛。在環境不利的時候,眼蟲的身體收縮成圓形,身體的周圍分泌出一個胞殼。這個胞殼可以保護他渡過不利的時期,等到環境適宜的時候,他就破殼出來,有的時候他在殼裏分裂一次,或者二次;殼破的時候,有兩個,或者四個眼蟲出來。

第五章 草履蟲

形體 如若拿些枯草泡在水裏,過幾天後水裏就生出許多微生物,內中有一個叫作草履蟲 (Paramecium),在顯微鏡裏看起來,草履蟲的形狀像一個倒轉過來的草鞋,前端稍帶圓形,後端是尖的 (第36圖),在他的身體外面有一個從前端斜向着後端的口凹 (Oral groove),口凹裏有一個食道。身體裏面有一個大細胞核 (Macronucleus),一個或者兩個小細胞核 (Micronucleus),兩個伸縮胞,和許多食物胞。細胞質分爲內質和外質,外質



第三十七圖 草履蟲的絲胞放出絲狀物抵抗一種原生動物 (Didinium) 的攻擊。(由 Hegner)

第三十六圖 A, 草履蟲的外面觀; B, 草履蟲的切面觀; 箭頭指示食物胞移動的方向。buc. gr, 口凹; cort, 外質, 內含絲胞; cu, 外膜與纖毛, c. vac, 伸縮胞; f. vac, 食物胞; gul, 食道; med, 內質; mth, 口; nu, 大細胞核; pa. nu, 小細胞核; trch, 絲胞, 放出絲狀物, (由 Parker and Haswell)

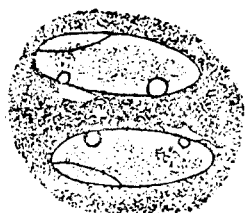
裏有許多絲胞 Trichocyst, 能放出絲狀物來抵抗仇敵, 不讓侵犯他的生物靠近身體(第 37 圖), 外質的外面, 有一層堅固有彈性的外膜

(Pellicle), 外膜的外面, 有許多能擺動的短毛, 叫作纖毛 (Cilia)。

生理 在草履蟲的口凹裏有許多纖毛, 這許多纖毛時常擺動着, 把水裏的細菌等送進草履蟲的口裏作食料, 食料進口後, 就成了食物胞, 在細胞裏移動, 移動的

方向是先向身體的後端,後向前端,再後來又向着後端到出身體的地方。有用的食料就在食物胞移動的時候消化了,吸收了;無用的廢物隨着食物胞到出身體的地方脫離身體。

草履蟲的兩個伸縮胞各有一定的位置,一個在前,一個在後,每個伸縮胞的四周,有許多水槽貫通在原生質裏收集代謝作用產生的廢物,等到伸縮胞裏裝滿了廢物的時候,就開一個臨時的小孔把廢物送出身體(第38圖)。



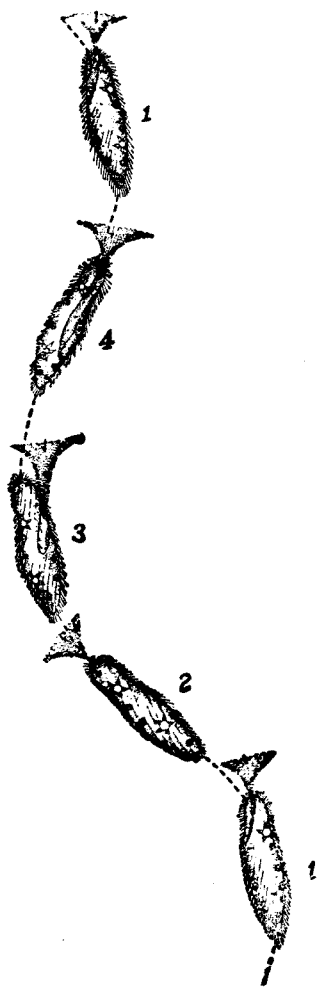
第三十八圖 草履蟲在

黑墨水內顯明由伸縮胞排洩胞內物體到體外。(由 Hegner)

草履蟲的身體外面有很多纖毛。這些纖毛能在水裏擺動,是他行動的器具(第39圖)。在行動的時候,如若遇到外界的機械,溫度化學品各種刺激,他能感受這些刺激,發生更改方向的反應。在流水裏他常向上流游泳,在靜水裏向水上面游泳。在向前急進的時候,如若遇到一個固體物或者別種有害的環境阻礙他的前進,他就向後倒退,退到離障礙物稍遠的地方,他旋轉他的身體,更改他

的方向,再向前進倘若這次前進又遇到障礙,他又倒退,旋轉身體,更改方向,後來又向前進行他照這樣的行動重複許多次,直到他不再遇着阻礙的時候,就繼續前進用這種方法免除困難,叫做嘗試成功 (Trial and Error),不但是草履蟲,高等動物與人類也用這種方法脫離困難(第40圖)。

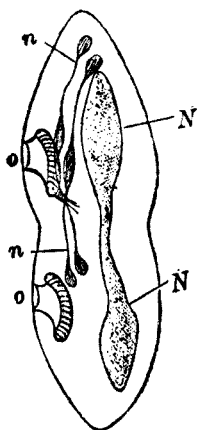
生殖 草履蟲的生殖方法是橫分裂在橫分裂的時候草履蟲的大細胞核,小細胞核,細胞質都平均分裂成兩部,後來每部各自形成一個新個體(第41圖)。草履蟲經過許



第三十九圖 — 明由前面引來的水流。(仿 Jennings) 草履蟲進行的螺旋形路線。1, 2, 3, 4, 繼續的幾個位置。草履蟲前端有細點及小箭頭處表

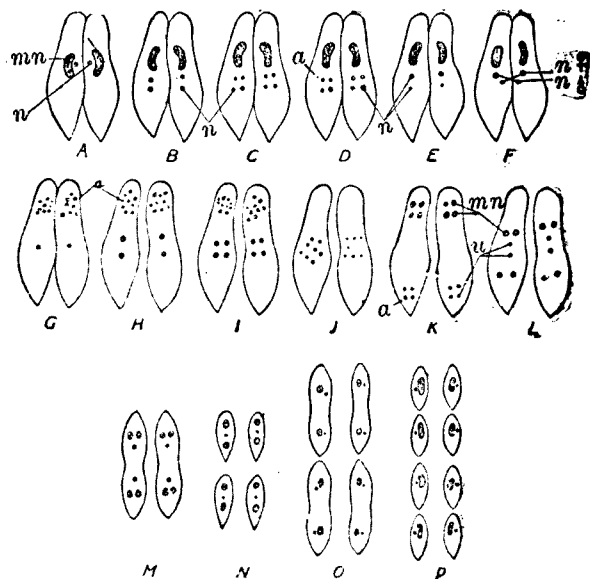


第四十圖 一草履蟲的嘗試成功。A, 固體物或者別種障礙物。
1—6, 嘗試時繼續的幾個位置 (仿 Jennings)



第四十一圖 草履蟲 (*Paramecium aurelia*) 的橫分裂。N, N', 大細胞核; n, n', 兩個分裂的小細胞核; o, o', 口。(仿 Hertwig)

多次的橫分裂以後,必定有一次接合(第42圖)。接合的第一步是兩個草履蟲互相靠近,他們的原生質在口部連接起來。這時候草履蟲的小細胞核,經過許多複雜的變化,先由一分裂為二,再由二分裂為四,結果是每個草履蟲裏有四個小細胞核。後來這四個小細胞核之中有三個消滅了;餘賸的一個分裂為二,內中一個稍大,一個稍小。稍小的小細胞核,從原來的草履蟲移進旁邊的草



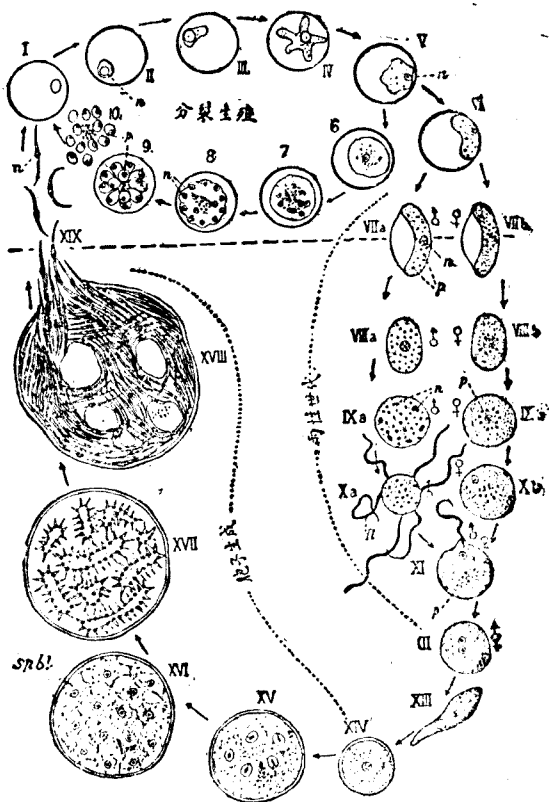
第四十二圖——草履蟲接合時細胞核的變化。A—P，標記的幾個時期。a，將消滅的細胞核。mn，大細胞核。n，小細胞核。n♀，小細胞核留在原體內的部分。n♂ 小細胞核移進另一草履蟲體內與 n♀ 合併的部分。在 A—G，各時期裏兩個接合的草履蟲互相接觸，以後就互相分離。(仿 Shull)

履蟲裏，和這裏面的稍大的小細胞核混合。細胞核的混合叫作受精 (Fertilization)。接合的草履蟲經過交換小細胞核和受精後就互相分離。這時候這兩個草履蟲裏的大細胞核都起了變化後來都消滅了。同時混合而成

的小細胞核經過幾次繼續的有線分裂分成八個細胞核。後來這八個中有四個長大了變成四個大細胞核，餘下的四個中有三個消滅了，只剩一個。再後來這一個分裂成兩個小細胞核。這時候的草履蟲有四個大細胞核和二個小細胞核。經過一次橫分裂後，每個草履蟲裏有兩個大細胞核和一個小細胞核。後來草履蟲又橫分裂一次，把兩個大細胞核分配在兩個子細胞裏，把一個小細胞核分裂成兩個，也分配進兩個子細胞。經過這次橫分裂後，每個草履蟲只有一個大細胞核和一個小細胞核，恢復了接合以前的狀態。從此以後，這個草履蟲經過許多次的橫分裂纔再有第二次接合。

第六章 瘧蟲

瘧蟲在人體裏 瘧蟲 (Plasmodium) 是寄生在紅血球裏使人生瘧疾的單細胞動物。他的形狀很像變形蟲 (第43圖)。在他成熟的時候，他的身體幾乎填滿了一個紅血球。後來他的全身分裂成十二個或者十六個小細胞叫做孢子。再後來，紅血球破裂，這些孢子散出來到血漿體，每個孢子鑽進一個沒有損傷的紅血球。等到這個小瘧蟲在紅血球裏長大以後，他又分裂成許多孢子。



第四十三圖——瘧蟲的生活史。斷線以上各時期在人體裏，以下在蚊體裏。I—X 6—10各時期是瘧蟲由蚊(XIX)入人體後在人的紅血球裏生活的幾個時期。在這些時期裏瘧蟲用無性生殖法蕃殖很快，並且繼續蕃殖(由10到1)破壞很多的紅血球。VI—XIII是瘧蟲的有性世代。在這個世代裏瘧蟲生出雌(♀)雄(♂)兩種配子；後來這兩種配子連合(XI)成合子(XII)，再後來，合子變成能動的狀態(XIII)穿進蚊的胃壁。在胃壁裏這些合子的外面生殼(XIV)；後來殼內的原生質分裂許多次成許多細胞(XVI, Sp.bl.)；這些細胞變成許多長形孢子(XVIII)。長形孢子成熟後破殼外出進入蚊的唾液腺裏；在蚊子咬人的時候他們從唾液腺裏進入人體內的紅血球(I)。n, 瘧蟲的細胞核；f, 瘧蟲的色質和排泄物；fl, 細長雄性配子。(由 Woodruff)

破壞舊紅血球攻進新血球。從前次紅血球破裂，到後次紅血球破裂，要經過一定的時間，或者經過二十四小時，或者經過二日，或者經過三日。在每次舊紅血球破裂放出瘧蟲孢子鑽進新紅血球的時候，患瘧疾的人發一次寒熱。照上面所講的方法，瘧蟲在病人身體裏可以經過許多次的孢子生殖，破壞很多的紅血球。

瘧蟲在蚊體裏 經過許多次無性生殖以後，瘧蟲在人體裏生出雌雄兩種。這時候如若有一種蚊蟲，叫作斑翅蚊 (Anopheles)^①，來吸病人的血液，他就把瘧蟲吸進了他的身體。進了斑翅蚊的胃裏以後，雌性瘧蟲長成一個圓形的雌性生殖細胞；雄性瘧蟲長成一個小圓形物體，周圍有許多長形的雄性生殖細胞。後來雌性生殖細胞與一個雄性生殖細胞合併成一個細胞，叫作合子 (Zygote)。合子鑽進蚊的胃壁，在胃壁裏長得很大，外面生出一個厚殼，內裏的原生質分裂許多次形成許多長形的孢子，這些長形孢子在長成以後都聚集在斑翅蚊的唾液腺 (Salivary gland) 裏。等斑翅蚊吸人血液的時候，

①普通蚊蟲在吸人血液的時候，他的身體與人的皮膚成平行線；斑翅蚊在這時候，尾部舉起，頭部低下，身體斜在人的皮膚上面。

瘧蟲的長形孢子就隨着蚊的唾液進了人的血液，攻進紅血球，變成變形蟲的狀態，再用無性方法蕃殖。

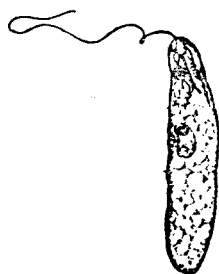
第七章 動植物之間的生物

動植物的分別 普通人以為動物和植物的不同是很明顯的，其實這兩大類生物，很不容易根據一種特徵把他們分別出來。普通動物能行動，植物永遠固定在一個地方，但是動物界裏有海綿，珊瑚，幾類動物固定在一處，不能行動，植物界裏有許多種低等植物，例如矽藻，細菌，反能行動。普通植物身體裏有纖維質，動物沒有，但是海鞘類的動物(第150圖)身體外面有纖維質。普通動物能吞食固體食物，植物有葉綠素能製造食物，但是寄生動物中的條蟲不能吞食固體物，植物界裏的菌類植物，沒有葉綠素，不能製造食物。

自從單細胞生物的研究進步以後，動植物兩界之間的界限更外不能分清。在前面已經講過的許多種單細胞生物之中，變形蟲，草履蟲，瘧蟲是動物，複球藻，鼓藻，矽藻是植物。酵母菌與細菌都沒有葉綠素，有些不像植物，細菌有纖毛能行動，反像動物。但是酵母菌不能行動，他的孢子生殖與幾種菌類植物相似，所以植物學家把他定

爲植物；在細菌中有些種類能製造食物，又有些種類能集合成一個像菌類植物的羣體，所以植物學家把細菌也定爲植物。

眼蟲 眼蟲細胞裏有葉綠素，不需固體食物，自然應該屬於植物界。但是他有鞭毛能游泳，又像動物。眼蟲的形體很像一種叫作 *Peranema* 的單細胞生物(第44圖)。*Peranema* 身體裏沒有葉綠素，能吞食固體物，有鞭毛，能游泳，自然應該屬於動物界。*Peranema* 既然是動物，與他極相似的眼蟲也就應該算是動物了。因爲眼蟲兼有植物動物兩界的特徵，所以植物學家把眼蟲和他同類的生物歸併在植物界裏，叫作鞭毛藻(Flagellata)，動物學家又把他們歸併在動物界裏，叫作鞭毛蟲(Mastigophora)。從生物學家的眼光看起來，他們實在是一類動植物之間的生物。

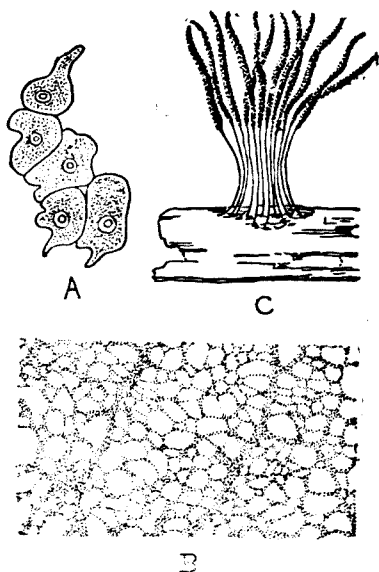


第四十四圖——*Peranema Trichophora*，
(仿 Calkins)

黏菌 除去鞭毛藻或者鞭毛蟲以外，又有一類生物也是兼屬於動植物兩界的。這類生物在植物界裏叫

作黏菌(Slime mold, Myxomycetes), 在動物界裏叫作菌蟲 (Mycetozoa)。這類生物從孢子殼裏初出來的時候很像一個變形蟲(第45圖)。後來身體上長出一個鞭毛, 能在水中游泳。再後來鞭毛消滅了, 又成了變形蟲的式樣, 這個變形蟲式的細胞裏有細胞核, 細胞質空胞和食物胞。在他的身體外面能伸出偽足, 照變形蟲的式樣行動, 又能用偽足包圍固體食物進他的身體。

這個變形蟲式的細胞能用分裂方法從一個蕃殖成許多同樣的個體。這樣蕃殖生成的個體本是分離獨立的。後來這些個體互相連合起來, 形成一大團不分細胞界限的細胞質, 內中包含許多細胞核。這樣混合而成



第四十五圖 — 黏菌。A, 幾個變形蟲式的細胞互相靠近, 後來合併成原形體。B, 原形體的一部分, 內中有許多空胞, 網形的細胞質, 和包圍在細胞質裏的細胞核。C, 孢子囊長在一塊木片上。(由 Coulter)

的身體叫作原形體(Plasmodium)。原形體很像一個極大的變形蟲。他的身體平鋪在固體物上,往往有幾寸長的對徑,內中包含幾千個細胞核。原形體生活在陰濕的地方,藏在腐木爛葉底下,像變形蟲的式樣行動。他能用偽足吞食各種微生物和有機物體,又能感受光的刺激避到黑暗的地方。

原形體到了生殖時期,就從避光性的改變成向光的,便從黑暗處移到光亮的地方。這時候他的身體內部發生很大的變化,變化的結果是原生質改造成一個或者許多個孢子囊(Sporangium)。孢子囊往往長在一個長柄的頂上,囊外有殼,囊內有網狀的物體,又有很多的孢子分散在網孔裏,孢子是一團細胞質和一個細胞核造成的,外面有一層纖維質的細胞壁。孢子囊成熟以後,放出其中的孢子,隨風吹散到各處。如若遇到適宜的環境,孢子裏的原生質就破殼出來形成一個變形蟲式的個體。

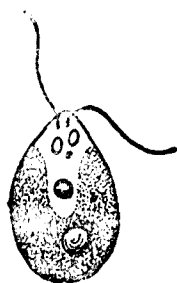
黏菌在變形蟲式的時期裏有偽足,能行動,無纖維質,能吞食固體物,自然是一種動物。但是到了原形體生殖時期裏,他的身體變成不能行動,有纖維質,有植物式

的孢子囊,又成了一種植物了。

第八章 單細胞與多細胞之間的生物

有些生物的全身是一個細胞造成的,這類生物叫作單細胞生物(Unicellular organism);有些生物的身體是許多互相分工合作的細胞連合在一處造成的,這類生物叫作多細胞生物(Multicellular organism)。單細胞生物與多細胞生物之間,也和動植物兩界之間一樣,沒有一個明顯的界限。在前章裏講過的麩菌就是一種單細胞與多細胞之間的生物,因為他初從孢子出來的時候,是單細胞生物,後來連合成原形體生出孢子囊,又成了多細胞生物了。

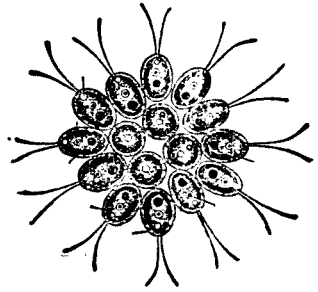
單胞藻 鞭毛藻(或者鞭毛蟲)
裏有許多種類是動植物之間的生物,同時又是連接單細胞生物與多細胞生物的中間階級,在這類生物中有一種叫作單胞藻(Chlamydomonas)。他的身體是一個細胞;裏面有細胞核,葉綠質體,空胞和眼點,外面有細胞膜,又有兩根很長的鞭毛



第四十六圖——單胞藻
(Chlamydomonas)。
(由 Coulter)

(第46圖)。

盤藻 又有一種鞭毛藻叫作盤藻(Gonium)。盤藻的身體是四個或者十六個同樣的細胞集合成的平圓體,每個細胞各有兩根鞭毛同向平圓體的一邊伸出。這些細胞的結構,生理都像單

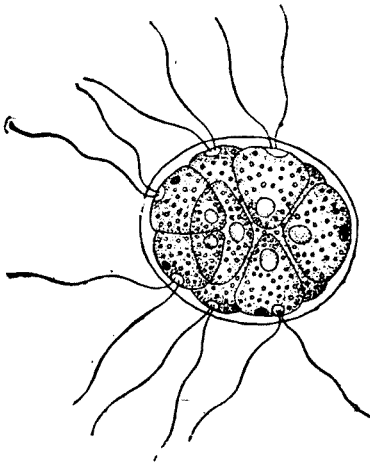


第四十七圖——盤藻(Gonium pectorals)。(由Weyssse仿Stein)

胞藻,所以一個盤藻就像是四個或者十六個單胞藻聚成的一個羣體(第47圖)。

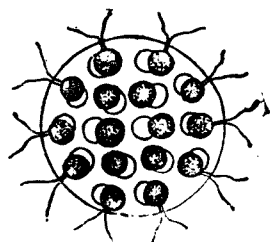
實球藻與空球藻

進一步有實球藻(Pandorina)。這個生物的身體是八個,十六個,或者三十二個細胞集合而成的;每個細胞有兩根邊毛向身體的外面伸出。這些細胞彼此緊靠着成一個實心的球體(第48圖)。更進一步,



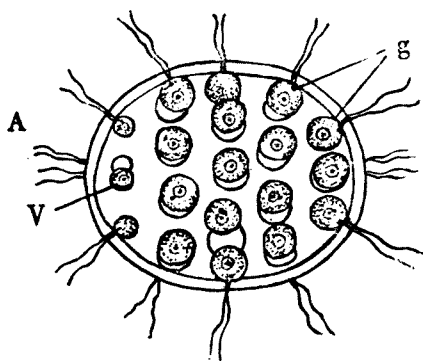
第四十八圖 實球藻(Pandorina)。(由Coulter仿Pringsheim)

有空球藻 (Eudorina), 是三十二個同樣的細胞集合而成的空心球體, 細胞都散在球體的外面(第49圖)。



第四十九圖——空球藻 (Eudorina elegans)。(由Shull)

盤藻, 實球藻, 空球藻三種生物, 只有細胞的集合 (Aggregation), 沒有細胞的特化 (Differentiation)。他們身體裏的各細胞都是生殖細胞, 每個細胞都能分裂幾次, 形成一個小羣體。

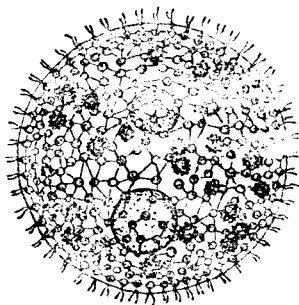


第五十圖——雜球藻 (Pleodorina illinoisensis)。A, 前面; g, 生殖細胞; V, 身體細胞。(由Kellicott 仿 Kofoid)

雜球藻 比空球藻稍複雜的有雜球藻 *Pleodorina illinoisensis*) 到了這種生物, 除去集合以外, 又有特化了。這種生物也是三十二個細胞聚集而成的球體, 但是這些細胞不全是同樣的, 內中有四

個細胞比其餘的細胞小些,這四個小些的細胞叫作身體細胞,是不能分裂生殖的。其餘的細胞叫作生殖細胞,都是能分裂生殖的(第50圖)。

團藻 到了團藻 (Volvox), 細胞的集合和特化就更外複雜了。團藻的身體是很多的細胞聚集在一個空心球體的外面造成的(第51圖)。這些細胞多半是小的,不能生殖的身體細胞分佈在這些身體細胞之間的有三種生殖細胞。一種是無性生殖細胞:他的體積很大,能分裂成許多細胞,組成一個小團藻。一種是大的不能行動的雌性生殖細胞。一種是小的,能行動的雄性生殖細胞。雄性生殖細胞能游泳到雌性生殖細胞所在的地方,與他合併成一個細胞。後來這個合併成的細胞分裂許多次,形成一個小團藻。



第五十一圖 團藻 (Volvox), 內中有兩個大的無性生殖細胞, 許多受精卵, 和很多很小的身體細胞。(仿 Coulter)

第 四 篇

多細胞植物的生活

地面上的植物大約有三十萬種植物學家把這許多種類歸併在四門裏：(1) 菌藻植物門 (Thallophyta)，(2) 苔蘚植物門 (Bryophyta)，(3) 羊齒植物門 (Pteridophyta)，(4) 種子植物門 (Spermatophyta)。

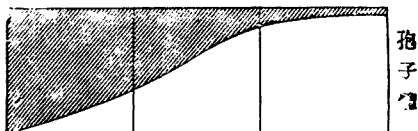
菌藻植物都是很簡單的，在前兩章裏講過的複球藻，細菌，酵母等，都屬這一門。除去這些單細胞植物以外，這一門裏又有許多種簡單的多細胞植物。這門植物的生殖方法有無性的，也有有性的，但是沒有無性和有性兩種生殖方法互相更替的現象。

苔蘚植物，羊齒植物和種子植物都有兩個世代。這兩個世代的形狀，結構，生活方法，生殖方法，都是不同的。在一個世代裏，這些植物的生殖方法是無性的生殖細胞是孢子；所以這個世代就叫作無性世代 (Asexual ge-

neration), 無性世代的身體就叫孢子體 (Sporophyte)。在另一個世代裏這些植物的生殖方法是有性的, 生殖細胞是配子

(Gamete); 所以這個世代就叫作有性世代 (Sexual generation), 有性世代的身體就叫作配子體 (Gametophyte)。

苔蘚植物 羊齒植物 種子植物



第五十二圖 — 由低等植物到高等植物配子體愈過愈不發達, 孢子體愈過愈發達。

(由 Woodruff)



第五十三圖 — 何夫馬司特 (Wilhelm Hofmeister, 1824-1877)。德國植物學家, 發現植物界的一個普通現象: 世代交迭。

苔蘚植物, 羊齒植物和種子植物的無性世代與有性世代都是互相更迭的; 無性世代以後是有性世代, 接下去又是無性世代。像這樣兩個世代互相更迭是植物界裏一個很普通的現象, 叫作世代交迭 (Alternation of generation)。

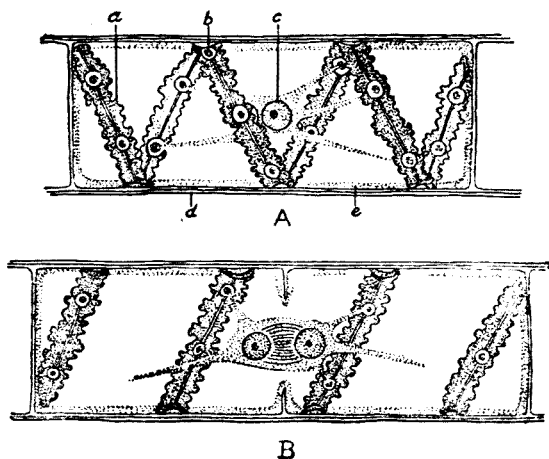
苔蘚植物的配子體能獨立生活孢子體不很發達,

必須倚賴配子體纔能生活。羊齒植物的配子體與孢子體都能獨立生活。種子植物的孢子體最發達，配子體很小，不能獨立生活。所以由低等植物到高等植物有一個很普通的趨勢；這個趨勢是無性世代由不發達漸漸變成很發達，有性世代由很發達漸漸的變成不發達。（第52, 53圖）。

第一章 菌藻植物

菌藻植物都是低等簡單的植物。這門植物分爲兩大類：一類是有葉綠素的叫作藻類植物(Algae)；一類是沒有葉綠素的叫作菌類植物(Fungi)。在前面講過的複球藻，鼓藻，矽藻，鞭毛藻，都是藻類植物，酵母，細菌，粘菌，都是菌類植物。除此以外，還有水綿和麵包黴兩種菌藻植物，也是我們應該知道的。

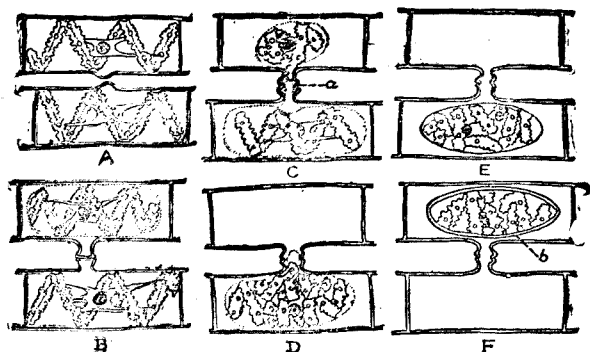
水綿 水綿(Spirogyra)是一種藻類植物，生活在池塘裏。他的身體很像一條細長柔滑的綠絲，這條長絲是許多長形的細胞連接起來造成的(第54圖)。這些細胞有同樣的內部結構；每個細胞能獨立生活可以算是一個個體；所以每條長絲可以算是許多單細胞生物集合成的羣體。在細胞外面有一層細胞壁，中央有一個細



第五十四圖 — A, 水綿的一個細胞; a, 綠質體; b, 澱粉粒;
c, 細胞核; d, 細胞壁; e, 細胞質。B, 水綿細胞分裂的切面觀。(仿
Smith, Overton 等)

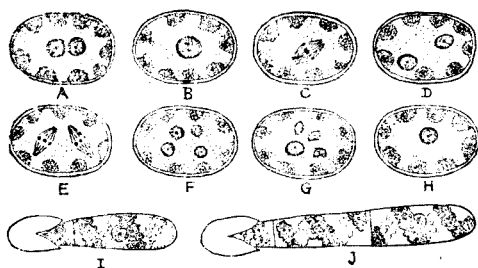
胞核;核的附近與壁的裏面有細胞質。包圍在細胞質裏有一個很大的空胞,又有一個或者兩個長形的綠質體,彎曲在細胞裏成螺旋形。綠質體上有許多澱粉核。細胞的蕃殖方法是分裂——先把一個細胞核分裂成兩個以後在中間生出細胞壁,把一個長細胞隔成兩個短的。

水綿又有有性生殖,這種生殖方法的最初是兩條長絲相配成對,長絲上有許多細胞,在互相靠近的一邊



第五十五圖——水綿的接合。A—F, 配子合併與合子成熟的順序。a, 接合管; b, 合子。(仿 Smith, Overton 等)

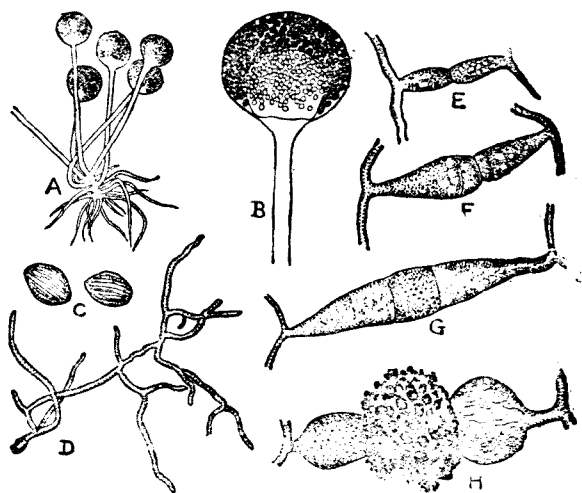
各自生出一個細管狀的凸起(第55圖)。後來這兩個凸起互相連接起來,交界地方的細胞壁消滅,造成一個貫通兩個細胞的細管叫作接合管(Conjugation tube)。這兩個互相連接的細胞是兩個配子在形成接合管的時分,兩個配子中有一個的原生質漸漸的收縮成一團,由接合管移進於其他一個細胞。這個由接合管移進來的配子,可以算是雄性的,另外一個算是雌性的配子。後來雌性配子也收縮起來,與雄性配子合併成一個橢圓形的合子。新生成的合子裏有兩個配子細胞核(第56圖)。後來這兩個細胞核合併成一個,合併以後,繼續分裂兩次



第五十六圖——水綿合子內部的變化與合子的萌發。A, 新形成的合子, 內中兩個配子細胞核尚未合併。B, 兩個配子細胞核已經合併成一個細胞核。C, 合子細胞核的初次分裂。D, 初次分裂後, 合子裏有兩個細胞核。E, 合子細胞核的二次分裂。F, 分裂後合子裏有四個細胞核。G, 四個細胞核中有三個漸漸消滅。H, 三個細胞核消滅後只餘一個細胞核。I, J, 合子的萌發。(仿 Smitl., Overton 等)

生成四個細胞核,再後這來四個細胞核中有三個消滅了,只餘一個。合子的外面生出一層厚壁,這時候就成了成熟的合子了。經過幾個星期或者幾個月以後,合子外面的厚壁破裂,內裏的原生質出來用分裂方法長成一個細長如絲的新羣體。

麵包黴 麵包這一類的食物放在潮濕溫暖的地方,很容易長出毛狀的菌類植物,叫作麵包黴 (Bread mold, *Rhizopus*) (第57圖)。麵包黴從孢子萌發出來的時



第五十七圖——麵包黴(*Rhizopus nigricans*)。A, 菌絲體與孢子囊; B, 孢子囊; C, 孢子; D, 孢子萌發成菌絲體; E—G, 合孢子的形成。(仿 Ganong)

候是一條白色長絲叫作菌絲 (Hypha)。菌絲能分泌出酵精把周圍的食料消化了,以後吸進身體。菌絲長成許多分枝以後就成了一個菌絲體 (Mycelium),是三種菌絲組成的:一種叫作假根 (Rhizoid) 埋在食物裏消化與吸收食物,一種叫作匍匐枝 (Stolon) 向各方向滋長蔓延。第三種菌絲向空中豎起,頂上生出一個孢子囊。這類菌絲叫作囊柄 (Sporangiophore),孢子囊成熟以後放出其中

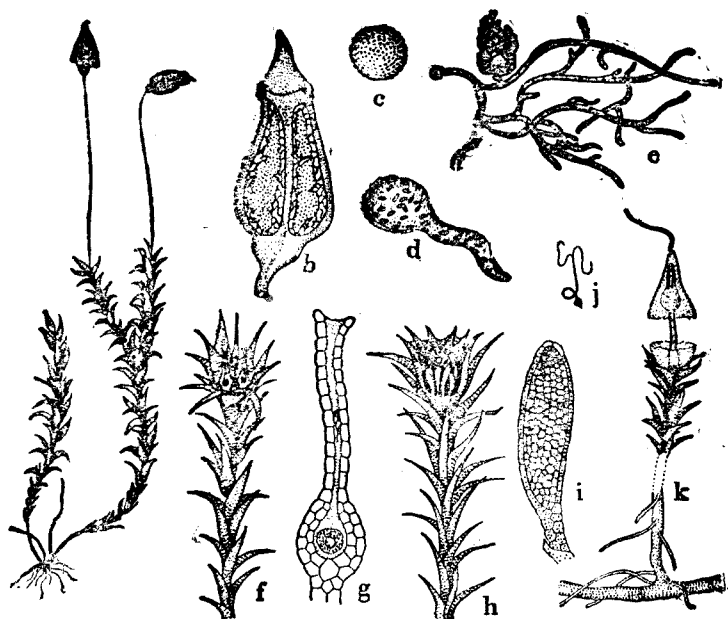
的黑色孢子隨風飄散，傳播到各處。

除去孢子生殖以外，麵包黴也有有性生殖。在同一塊食物上，如果有兩個麵包黴的菌絲互相接近，菌絲的旁邊就相向生出兩個短枝。後來這兩個短枝互相接觸，每個短枝上生出一個隔膜，把短枝分成兩部。兩個短枝的頂部成了兩個配子。配子合併成合子。合子外面有黑色的厚壁，能抵抗惡環境，傳播到各處遇着適宜的環境，合子就萌發成菌絲體，重新用孢子生殖。

第二章 苔蘚植物

最簡單的陸地植物是苔蘚植物。這門植物中，平常最容易看見的種類是生活在陰濕的地方，高不過一二寸，往往有許多棵聚集在一處，像一層綠色地毯的蘚(Moss)(第58圖)。

有性世代 蘚是有性世代交迭的植物。在有性世代的最初，落在適宜的土壤裏的孢子萌發成絲狀的原生線(Protonema)。原生線是分枝的，枝上生出許多芽體。後來每個芽體向下生出假根，向上生出細短直立的莖，莖上生出許多很小很薄的葉。葉與莖都有葉綠素，所以能製造食物，獨立生活在有性世代的末尾，莖頂上生出兩



第五十八圖 一蘚的生活史。a, 蘚的配子體與孢子體；b, 孢子囊；c, 孢子；d, 孢子的萌發；e, 孢子萌發成原生線，原生線上生出小芽，將來長成配子體；f, 雌配子體，頂上有兩個卵器；g, 卵器的切面，顯明內中有一個卵細胞；h, 雄配子體，頂上有精器；i, 精器；j, 精子；k, 配子體的卵器裏有一個孢子體漸漸長大。(由 Ganong)

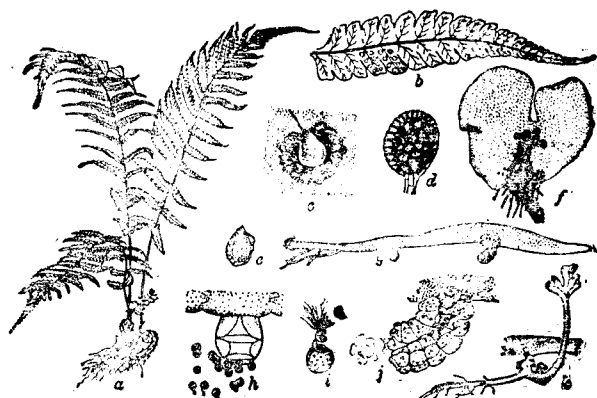
種生殖器官。一種是產生卵細胞的卵器(Archaeogonium), 一種是產生精子的精器(Antheridium)。精子是能游泳的, 後來由雨水或者露水裏游進卵器, 與卵細胞合併成合子。

無性世代 合子在卵器裏演發成孢子體。孢子體是一個細長的囊柄，頂上有一個孢子囊。孢子體在卵器裏長大的時候，把卵器脹破了，卵器的上部頂在孢子囊上面，隨着升高，像一個帽子，叫作蘇帽(Calyptra)。孢子體雖然也有葉綠素，但是他的下部埋在配子體的頂上，必須倚賴配子體得着營養料，不能獨立生活。孢子囊成熟以後就破裂了，放出其中的孢子，由空氣中傳播到各處，在適宜的環境裏萌發成配子體。

第三章 羊齒植物

羊齒植物中，有一種平常容易看見的叫作Aspidium。現在就拿這種羊齒作代表來講解這門植物的生活(第59圖)。

無性世代 羊齒生活在樹林陰處。他的孢子體有二三尺高，全身可以分爲根、莖、葉三部。根部固然是埋在土壤裏，莖部也藏在土壤以內。葉部從莖上長出地面，每個葉片是許多小葉組成的。到了成熟的時期，小葉的下面生出許多褐色的圓點叫作囊羣(Sorus)。在顯微鏡裏看起來，每個囊羣有一層叫作囊羣被(Indusium)的薄膜蓋在外面，囊羣被內裏有許多孢子囊，囊裏裝滿了孢子



第五十九圖——羊齒(Aspidium)的生活史。a, 孢子體全圖。b, 葉的下面顯明孢子囊羣。c, 一個孢子囊羣, 周圍有許多孢子囊。d, 孢子囊。e, 孢子。f, g, 原葉體的腹面和切面, 顯明假根, 精器, 與卵器。h, 精器放出精子。i 精子。j, 卵器, 內中有一個卵子, 和一個游泳進來的精子。k, 從卵器裏的合子長成孢子體。(仿 Ganong)

有性世代 成熟的孢子隨風散播到各處在適宜的地方這些孢子就萌發長成配子體。配子體與孢子體的形狀結構完全不同他的體積很小, 結構很簡單, 形狀是扁的, 像一片極小極薄的葉子平鋪在地面上, 所以叫作原葉體 (Prothallus)。原葉體的下面生出許多假根, 伸進土壤裏, 吸收水與各種無機物。原葉體的本身有葉綠素能製造食物, 所以能獨立生活。在原葉體的下面又有

卵器與精器。精器裏產生的精子能在水中游泳，在地面潮濕的時候，就由水裏游進雌器，與卵合併成合子。後來合子萌發，長成一個有根，莖，葉，能獨立生活的孢子體。

第四章 種子植物

種子植物的器官與體素 平常容易看見的植物，

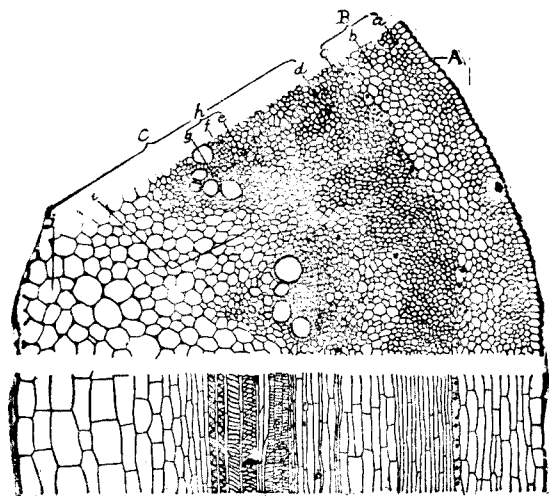
都是能結種子的，所以都叫作種子植物。這些植物的身體可以分爲根，莖，葉，花，果，種子六種器官(Organ)。在顯微鏡裏看起來，這些器官都是許多種體素(Tissue)^①造成的，每種體素又是許多同樣的細胞造成的。植物的體素可以分爲以下幾大類：(1)分裂體素(Meristematic tissue)，(2)薄膜體素(Parenchyma)，(3)表皮體素(Epidermis)，(4)木栓體素(Cork)，(5)支持體素(Mechanical tissue)，(6)引導體素(Conducting tissue)。

分裂體素的細胞裏有大細胞核，沒有大空胞，能分裂蕃殖，機能是增長身體的新體素。薄膜體素的細胞裏有大空胞，胞壁不厚，機能是填塞在其他體素中間；在葉部的這類細胞裏，有綠質體能製造食物。表皮體素的細

①舊譯爲組織。因爲組織二字的普遍意義是構造，所以著者照英文的字音和字義把 Tissue 改譯爲體素。

胞在靠近體外的一邊,有一層不透水的厚膜,叫作蠟質膜 (Cuticle)。這層體素包圍在身體外面,可以防止體內液體的散失與體外有害物體的侵入。木栓體素是許多層已死細胞的細胞壁組成的,他的機能也是保護體內的活細胞

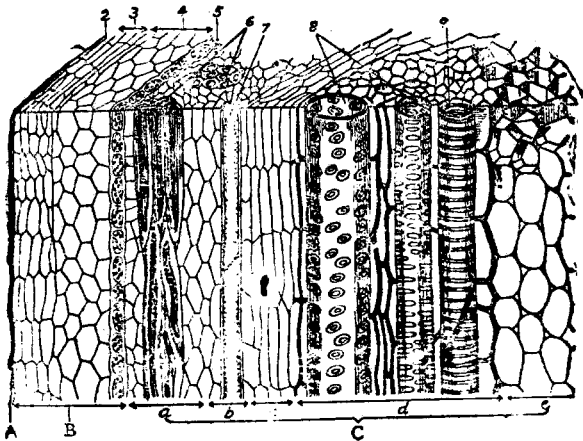
支持體素的機能是架住植物的身體使他不容易被外力推倒。這層體素的細胞都有厚細胞壁。有的時候



第六十圖——一種雙子葉植物(馬兜鈴 *Aristolochia siphon*)的橫切面與縱切面。A, 表皮; B, 皮層; C, 中柱。a, 厚角體素; b, 蠟膜體素; c, 內皮; d, 厚壁體素; e, 韌皮部; f, 形成層; g, 木質部; h, 維管束; i, 射髓; j, 中髓。(仿 Ganong 修改)

只有細胞相接成角處的胞壁特別加厚,這類體素就叫作厚角體素 (Collenchyma)。有的時候細胞全部的胞壁加厚,這類體素就叫作厚壁體素 (Sclerenchyma) (第60, 61圖)。

引導體素是許多細胞連接而成的細長管子,他的機能是引導水和各種營養料。從根部引導水和無機鹽到葉部的管子叫作導水管 (Tracheal tube);從葉部引導製成的食物到莖部和根部的管子叫作篩管 (Sieve tube)。



第六十一圖——雙子葉植物莖的模式結構。A, 表皮; B, 皮層; C, 中柱。a, 杜稍; b, 剝皮部; c, 形成層; d, 木質部; e, 中髓; 1, 蠟質膜; 2, 表皮; 3, 厚角體素; 4, 厚壁體素; 5, 內皮; 6, 剝皮纖維; 7, 篩管; 8, 坑紋導管; 9, 環紋導管。 (由 Holman and Robbins)

導水管裏各細胞的原生質和兩端的細胞壁都已經消滅了，只有餘剩的細胞壁，連接着造成一個空心的長管。這些管子的管壁很厚，但是各部的厚薄不均，厚的部分往往形成種種不同的條紋。有的時候厚的部分是環狀的，這類管子就叫作環紋導管(Annular tube)，有的時候是螺旋式的就叫作螺紋導管(Spiral tube)；又有的時候全部的管壁都是很厚的，惟有許多小圓圈裏的管壁很薄，這類管子就叫作坑紋導管(Pitted tube)；篩管也是長細胞兩端相連而成的，但是兩端的細胞壁和內裏的細胞質都不曾消滅，兩端的細胞壁混合成一塊圓板，上面有許多小孔，叫作篩板(Sieve plate)。篩管就是因為這個篩板得名的。上下細胞的細胞質都由篩板上的小孔互相連接。

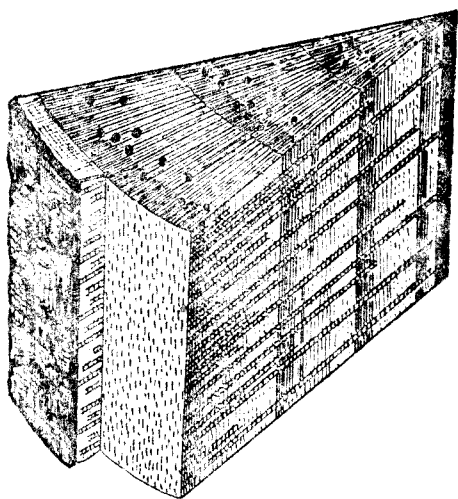
莖 普通植物的莖是圓柱形的，上面生出許多分枝，枝上有葉和芽，下面在靠近地面處與根相連。枝的結構與莖相同，可以算是莖的一部分。莖有二種主要的機能：一種是支架身體，把葉與花高舉在適宜的空中，一種是引導水與各種營養料到身體各處。

莖的微細結構可以分爲三部：表皮(Epidermis)，皮

層 (Cortex), 和中柱 (Stele)。表皮在莖的最外面, 是一層生活的細胞造成的 (第 60, 61 圖)。樹木年老以後, 這層表皮就死亡遺失了, 另由內部生出木栓體素包圍莖的外面。表皮內裏是皮層。皮層的外面有一層厚角體素, 中間是薄膜體素, 內裏有一層內皮 (Endodermis)。中柱在皮層內, 是莖的最重要而且最發達的部分。中柱的外面是一層柱鞘 (Pericycle), 中間是許多維管束 (Vascular bundle) 排列成環形。填在維管束間的部分叫作射髓 (Medullary ray)。中柱的中心叫作中髓 (Pith)。柱鞘是厚壁體素和薄膜體素造成的。維管束可以分爲三部: 外面是韌皮部 (Phloem), 中間是形成層 (Cambium), 內裏是木質部 (Xylem)。韌皮部裏有由葉向根引導有機物的篩管, 又有薄膜體素和厚壁體素。形成層是分裂體素造成的。木質部裏有由根向葉引導水和無機鹽的各種導水管; 又有薄膜體素和厚壁體素。射髓和中髓都是薄膜體素組成的。

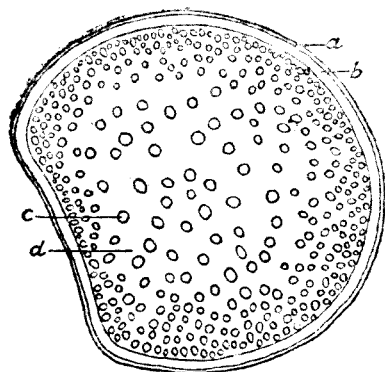
形成層環繞在中柱裏能產生新細胞使莖部的對徑逐漸長大。產生的細胞如若在形成層裏面就成了新的木質部, 在外面就成了韌皮部, 在維管束間就成了射

髓產生新細胞的速度是隨着季候改變的。在春夏兩季裏天氣溫，和綠葉繁茂，食料豐富，形成層就產生很多的細胞；在秋冬二季裏不能產生。春季產生的細胞比夏季的多些，體積比夏季的大些，胞壁比夏季的薄些。因為這個緣故，樹木的莖部橫切面上現出許多環紋，每條環紋是一年裏形成層產生的細胞造成的，前一年夏季產生的細胞和後一年春季產生的細胞的界限可以分得很清。這種環紋叫作年環 (Annular ring)，因為從一棵樹木切面的年環數可以知道他的大概的年齡 (第62圖)。



第六十二圖 松樹 (*Pinus sylvestris*) 莖的一部，顯明年環和射線。
切去樹皮的地方是形成層 (由 Ganong)

在種子植物門裏，裸子植物(例如松，柏)和雙子葉植物(例如豆，向日葵)的莖都是照上面所述的式樣構造的；



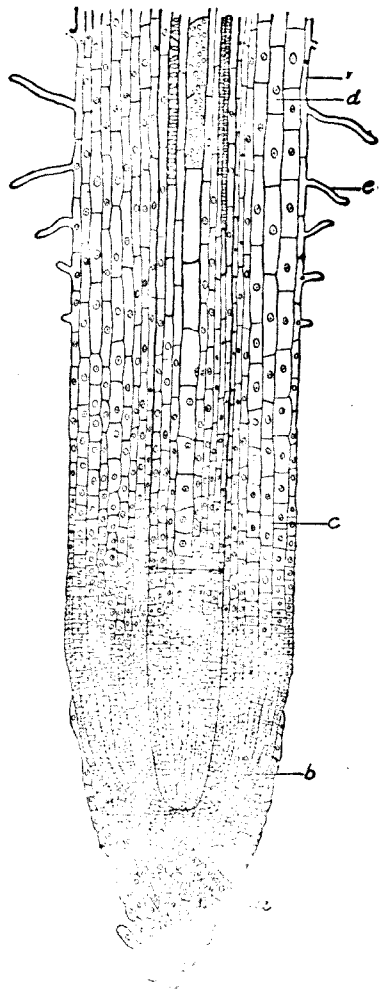
第六十三圖 —— 一種單子葉植物 (玉蜀黍) 的莖。a, 表皮; b, 皮層與柱鞘; c, 維管束; d, 初生維管束。(仿 Holman and Robbins)

單子葉植物的莖部另有一種構造的式樣(第63圖)。這種結構與雙子葉的比較起來有兩個重要的不同點：(1) 單子葉植物的維管束分散在中柱的各部，不像雙子葉的樣子排列成環形；(2) 單子葉植物的維管束裏，只有韌皮，木質二部，沒有形成層。因為這個緣故，單子葉植物成長以後，不能增加木質與韌皮二部。

根 從莖的下面生長到土壤中的粗細各部叫作根，根的主要機能也有二種：一種是把身體固定在土壤裏，一種是吸收土壤中的水和無機物，並且引導吸收的液體到莖部。

單子葉植物(例如玉蜀黍)的莖部另有一種構造的式樣(第63圖)。這種結構與雙子葉的比較起來有兩個重要的不同點：(1) 單子葉植物的維管束分散在中柱的各部，不像雙子葉的樣子排列成環形；(2) 單子葉植物的維管束裏，只有韌皮，木質二部，

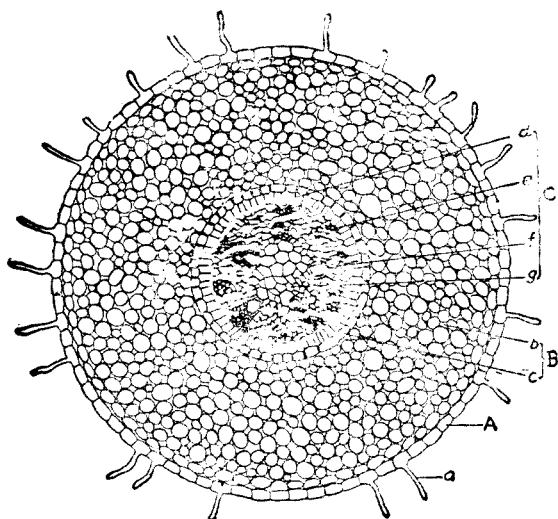
由根的分枝末梢向上，可以分爲五部，(第64圖)：(1)根帽(Root-cap)這是根的尖頂前的一部，他的機能是保護根的尖頂，免得在土壤向前滋長的時候因爲磨擦受傷。(2)滋長點(Growing point)。這是許多短方形，大細胞核，能分裂蕃殖的細胞組成的，根部的細胞就從這裏產生出來。(3)伸長區(Region of elongation)。滋長點產生的細胞在這裏從短方形擴大體積伸爲長方形。



第六十四圖——大麥根的縱切面。a, 根帽; b, 滋長點; c, 伸長區; d, 根毛區; e, 根毛; f, 皮表。仿 Tolman and Robbins)

(4) 根毛區 (Zone of roothair) 根部內裏的細胞, 在這裏特化成種種不同的體素, 表皮上伸出許多細長的根毛 (Root hair)。(5) 成熟區 (Mature region), 根的微細結構在這裏已經完成了。

把根毛區製成切片, 放在顯微鏡裏可以看出以下幾部 (第65圖): 在外面有一層表皮, 表皮上生出根毛, 能

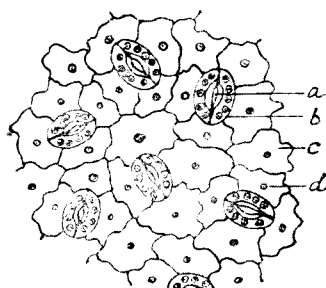


第六十五圖——根毛區的膜式橫切面, A, 表皮; B, 皮層; C, 中柱。
a, 根毛; b, 皮層薄壁細胞; c, 內皮; d, 柱鞘; e, 韌皮部; f, 木質部;
g, 中髓。(仿 Holman and Robbins)

吸收水與水中溶解物。表皮的內面是皮層。皮層是許多薄膜細胞，和一層內皮組成的。內皮內裏有中柱。中柱的外面是一層柱鞘，內裏有韌皮部，木質部和薄膜體素。韌皮部與木質部輪流着排列在柱鞘內成環形，薄膜體素雜在二部之間。中柱的中央是中髓。中髓的普通結構與木質部的一樣。

葉 葉的最主要部分是葉片 (Leaf blade)。葉片很薄，宜於收光換氣，製造食物。葉片下有葉柄 (Petiole)。葉柄能移動方向，把葉片伸張在適當的地點，又能引導液體到葉片或者莖部。

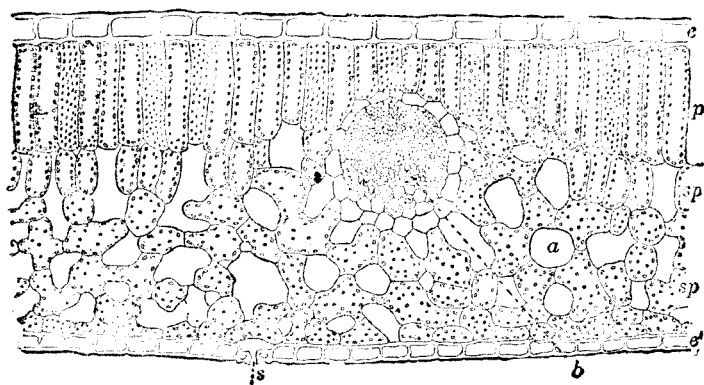
在葉片的表面有一層表皮保衛葉的內部。葉片下面的表皮上有許多小孔，叫作氣孔 (Stomata)，是葉內與葉外交換氣體的門徑 (第66圖)。氣孔的周圍有一對彎曲成新月形的細胞，叫作守衛細胞 (Guard cell)。這對細胞內裏含水過多，就膨脹起



第六十六圖 葉的下面表皮。
a, 氣孔; b, 守衛細胞, 內中包有細胞核與綠質體; c, 表皮細胞; d, 細胞核。(仿 Hamaker)

來向外彎曲以致氣孔大開，氣體的交換與水的蒸發格外方便。如若保衛細胞裏的水分過少，就鬆弛下去，向裏伸直，以致氣孔收小。所以保衛細胞有管理氣孔大小開關的機能。在表皮上惟有保衛細胞裏有綠質體，其他細胞裏都沒有。

表皮的內面是中葉(Mesophyll)。中葉的細胞裏都有綠質體，能製造食物(第67圖)。中葉上面的細胞是長形的，排列得很整齊叫作柵狀體素(Palisade tissue)。下面的細胞沒有一定的形狀，互相連接成海綿式的結構，所



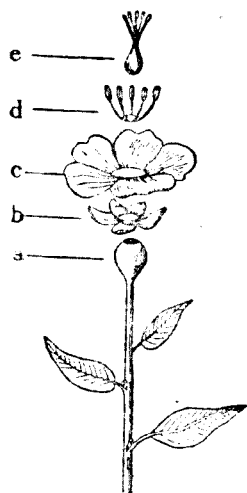
第六十七圖 葉的橫切面 a, 細胞之間通空氣的地方; b, 葉脈; c, 上表皮及下表皮; p, 柵狀體素; s, 氣孔; sp, 海綿體素。
(由 Bergen and Davis)

以叫作海綿體素(Spongy tissue)。海綿體素裏有許多空間。這些空間是互相貫通的，又都與氣孔相通。因為有這許多空間又有氣孔，所以中葉各部的細胞，都是與空氣很接近的。

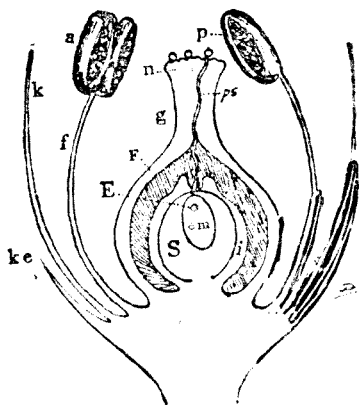
葉片裏有葉脈(Vein)。葉脈是莖部的導水管和篩管延長到葉部造成的。葉部需要的水和無機物都由導水管引來；葉部製成的有機物，都有篩管引到莖、根各部。

花 在花的最外面圍繞着一層綠色的葉狀物。這一層葉狀物的總名稱是花萼(Calyx)，每個物葉狀的名稱是萼片(Sepal)。花萼內裏有許多鮮明顏色的花瓣(Petal)。這些花瓣圍繞在花裏組成一個花冠(Corolla)。花冠內裏有許多細長的小蕊(Stamens)，又叫做雄蕊，圍繞着一個花瓶式的大蕊(Pistil)，又叫作雌蕊。每個小蕊可以分爲二部：一是線形的花絲(Filament)，一是花絲頂上的物體叫作花藥(Anther)。大蕊下部擴大的地方叫作子房(Ovary)，子房上面圓柱形的部分叫作花柱(Style)，花柱的頂上叫作柱頭(Stigma)。子房的內面有胚珠(Ovule)(第68, 69圖)。

世代交迭 照表面上看起來，花像是兩性生殖器



第六十八圖 一模式花的各部。a, 花梗端; b, 花萼; c, 花冠; d, 小蕊, 又叫作雄蕊; e, 大蕊, 又叫作雌蕊 (仿 Woodruff)



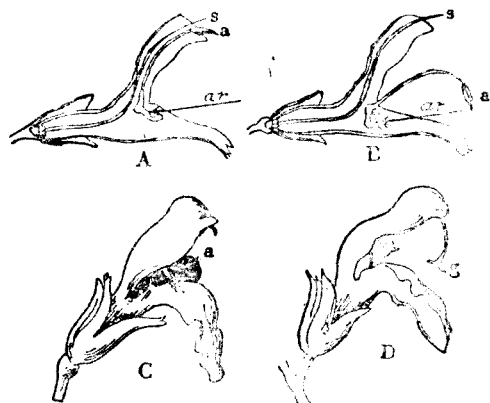
第六十九圖 一花的模式縱切面 a, 花藥(小孢子囊); em, 胚囊(大孢子); E, 卵; f, 花絲; F, 子房壁; g, 花柱; i, 胚珠的外皮; K, 花萼; Ke, 花萼; n, 柱頭; p, 花粉粒; ps, 花粉管; s, 胚囊(大孢子囊)。(由 Dendy)

官,小蕊像是精器,大蕊像是卵器,平常看見能獨立生活的種子植物像是配子體。但是現在生物學家已經查出這些植物並不是配子體,實在是孢子體;這些孢子體在成熟的時候能生出兩種孢子囊:一種是小孢子囊(Microsporangium),內中產生小孢子(Microspore)。一種是大孢子囊(Macrosporangium),內中產生大孢子(Macrospore)。因為從前植物學家不知道世代交迭,所以種子

植物的孢子囊和孢子都已經有了別種名稱。小孢子囊已經叫作花藥，藏在花藥裏的許多小孢子已經叫作花粉細胞 (Pollen cell)，大孢子囊已經叫作胚珠，藏在胚珠裏的一個大孢子已經叫作胚囊 (Embryo sac)。

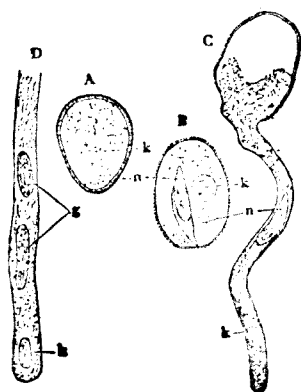
小孢子成熟以後，就在花藥裏長成一個很簡單的雄配子體。這個配子體的全身只有兩個細胞：一個是身體細胞，一個是生殖細胞。像這樣的一個配子體普通叫作花粉粒 (Pollen grain)。大孢子本是胚珠裏的一個細胞。後來這個細胞分裂成一個大細胞和六個小細胞。大細胞裏有兩個細胞核。大細胞的兩頭各有三個小細胞，內中各有一個細胞核。像這樣七個細胞組成的一個物體，就是種子植物的雌配子體。照上面所講的看起來，種子植物的兩種配子體，都是極不發達的；他們藏在孢子體裏，不能獨立生活。

花粉粒成熟以後，出了花藥，或者隨風飄散，或者附在昆蟲身體上傳播到各處(第70圖)。如若花粉粒落在一個大蕊的柱頭上，他就發生以下的變化：身體細胞變成一個很長的管子，叫作花粉管 (Pollen tube)，經過花柱，伸進子房裏面；生殖細胞分裂成兩個細胞核也進了花粉

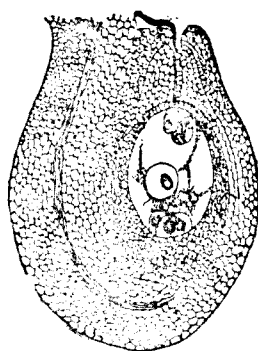


第七十圖 向日葵的花適於利用蜜蜂傳送花粉。A, 花的縱切面；箭頭表示蜜蜂進花的方向；s, 花蕊；a, 花萼。(B) 蜜蜂進花的時候必定推動小蕊底下的機關，於是小蕊就彎下來，把花蕊裏的花粉粒播散到蜜蜂腹部的背面。C, 蜜蜂已經進了花；這時候花萼靠近蜜蜂的背面。D, 後來小蕊衰枯，大蕊成熟，這時候大蕊的柱頭(β)伸出花外，如若有蜜蜂進花就可以遇到蜜蜂背上帶來的花粉粒。(由 Cowles)

管。後來花粉管伸到雌配子體的旁邊，兩個生殖細胞核都移進雌配子體(第71圖)。雌配子體的一頭有三個細胞，內中有一個在這時候成了卵細胞，與花粉管送進來的一個生殖細胞核(等於精子)合併成合子，將來演發成第二代孢子體。雌配子體中央的大細胞裏本來有兩個細胞核，這時候這兩個細胞核與花粉管裏送進來的一個生殖細胞核三個合併成一個，將來分裂滋長成種子。



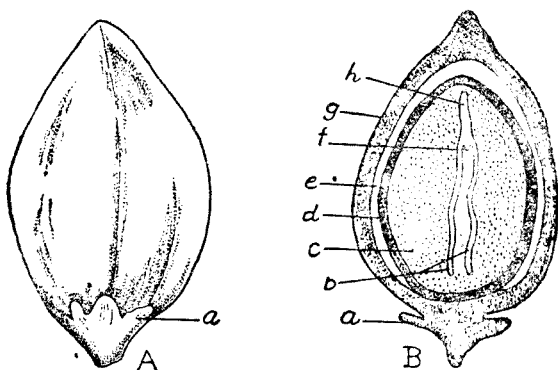
第七十一圖 —— 花粉粒的萌發 (百合屬植物, *Lilium martagon*) A, B, 成熟花粉粒的兩面觀 C, 花粉粒萌發成花粉管; D, 花粉管的下端, 在靠近卵細胞的時候; k, 身體細胞核; n, 生殖細胞核。(由Ganong)



第七十二圖 水仙屬植物 (*Narcissus*) 的胚珠。(由Ganong)

裏儲藏的營養料,叫作胚乳(Endosperm)。雌配子體的其他細胞後來都消滅了(第72圖)。

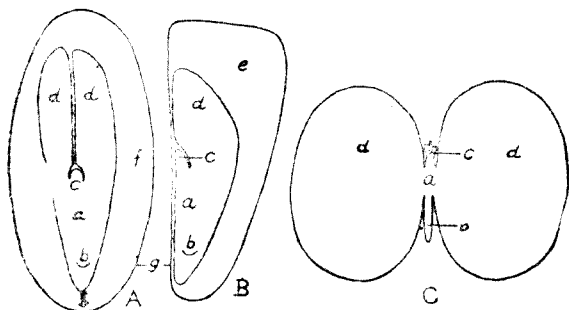
果實 卵細胞受精以後花的各部就發生很大的變化;花的萼片與花瓣都凋枯脫落了;子房,有的時候連花托(Receptacle)經過很大的變化變成果實(Fruit)。普通人往往以為只有櫻桃,蘋果一類的水果纔叫作果實。但是在植物學裏,凡是成熟的子房以及與子房相連的部



第七十三圖——蕎麥的果實。A, 外形; B, 縱切面。a, 花
 萼; b, 子葉; c, 胚乳; d, 種子衣; e, 子房內的空間; f, 胚芽;
 g, 果皮; h, 胚根。(仿 Holman and Robbins)

分,中間包含着種子 (Seed), 都叫作果實。所以蕎麥,豆莢都是果實(第73圖)。

種子 種子的結構可以分爲以下幾部(第74圖):
 (1) 種子衣(Seed coat), (2) 胚胎 (Embryo), (3) 胚乳。種子衣是種子最外面的一層膜,從大孢子囊的外皮變成的。胚胎是合子分裂,滋長,特化而成的一個微小的新孢子體,可分爲胚根 (Radicule), 胚莖 (Hypocotyl, 即在胚根上面子葉下面的一段), 子葉 (Cotyledon) 與胚芽 (Plumule) 四部。胚乳是種子裏儲藏在胚胎四周的澱粉糖,



第七十四圖——三種種子。A, 松樹的種子, 胚胎在厚而脆的配子體裏, 有許多個子葉, 但是圖中只畫了兩個子葉, 大部分的食物貯藏在配子體裏; B, 玉蜀黍的種子, 只有一個很大的子葉, 大部分的食物貯藏在胚乳裏; C, 豌豆的種子 (剝去種子衣, 分開子葉, 現出胚胎), 有兩個很大的子葉, 食物貯藏在子葉裏。a, 胚胎; b, 胚根; c, 胚芽; d, 子葉; e, 胚乳; f, 雌配子體; g, 種子衣。
(仿 Burlingame 等)

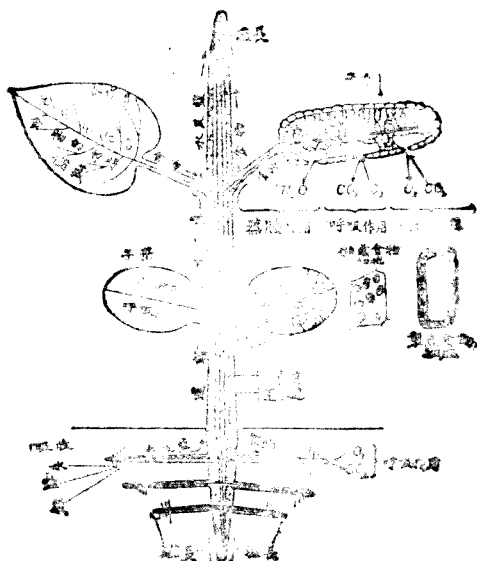
脂肪生質糖, 各種滋養料。

種子裏的胚胎演發到了一定的程度以後, 就暫時停止變化。這時候, 這個種子已經成熟, 可以傳播到各處了。後來要等到環境適宜於種子萌發的時候, 已經停止變化的胚胎, 纔繼續他的滋長與特化, 形成一個能獨立生活的孢子體。

第五章 植物的生理

在前幾章裏已經講過了植物的結構和生殖, 現在

講到植物生活的方法照表面上看起來植物的生理和動物的很不同,但是細心研究一下就知道動植物的生活都是根本上相同的,所不同的是植物的生理偏重在組合方面,把簡單無機物製造成儲藏能力的有機物,動物的生理偏重在分解方面,把有機物分解成簡單無機



第七十五圖 高等植物(豆)生理圖解。
(由 Ganong)

物，發散其中的能力成生活的動作。因為植物生理的特點是組合，所以我們先討論簡單無機物的吸收和運輸，以後講到有機物的製造，末尾纔講到植物的代謝作用和對於環境的反應（第75, 76圖）。

根部吸收的無機物

普通植物都不斷的從土壤裏吸收許多水和無機鹽。植物學家查出根部所需要的

無機物中，除去水以外，必須有以下七種原素的化合物：氮，硫，磷，鈣，鉀，鐵。如果用這七種原素的化合物，照下面所定的分量配成一種溶液，把植物的根部培養在這溶液裏，植物就可以吸收其根部所能吸收的重要無機物，不但可以維持他的生活，並且可以滋長繁茂。如果從這種完備的溶液裏減去七種中任何一種原素的化合物，植物就要受着缺乏這種原素的影響，或者是生長不茂



第七十六圖 一 薩克士 (Julius von Sachs, 1832-1897)，德國植物學家，近代植物生理學的開山祖師。

盛,或者是不能生長(第77圖)。

植物培液養

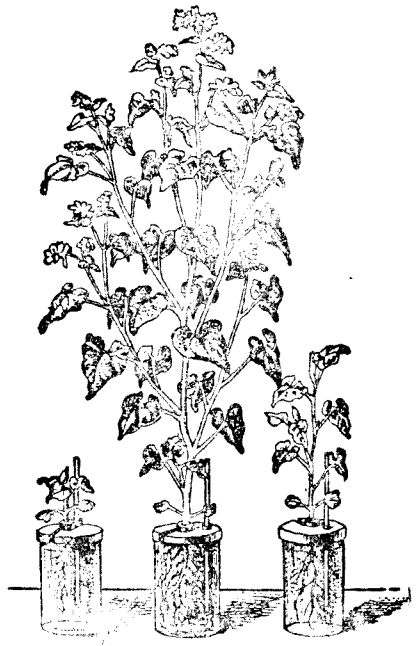
硝 酸 鈣	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	.....	4.0 公分(gram)
硝 酸 鉀	KNO_3	.....	1.0 公分
硫 酸 鎂	Mg_2SO_4	.....	1.0 公分
磷 酸 二 氫 鉀	KH_2PO_4	.....	1.0 公分
氯 化 鉀	KCl}	.....	0.5 公分
鐵 化 鐵	FeCl_3	.....	微跡
蒸 餾 水	H_2O}	.....	3 至 7 公升(liter)

空氣中的氮素很多,似乎是植物採取氮素的一個取之無盡的來源。但是在植物界裏除去很少的幾種例如根瘤菌以外,大多數的植物都不能直接利用空氣中的氮素。有幾種植物能用土壤中的氮鹽供給氮素這樣的植物種類很少;普通植物的氮素來源都是由根部從土壤中吸收的硝酸鹽。

水的吸收,運導和蒸散 在第四章裏曾經講過植物的根部有許多根毛。根毛是吸收水和無機鹽進植物身體的門徑。植物從原來生根的地方移栽到別處的時候,往往有許多根毛,因為與土壤顆粒纏繞着不能分開

以致撕斷了，於是植物就失去了一部分吸收水與無機鹽的能力，直到根毛重新生出後，纔能恢復原狀。

水和溶解在水中的無機鹽進了根毛以後，就經過皮層流進中柱裏的導水管。根部的導水管和莖、枝、葉裏的導水管是相通的，所以根部吸收的水能由導水管裏上昇到葉部在



第七十七圖 一 蔬菜在培養液裏生長。圖中左瓶內的培養液缺乏鐵素，中瓶內有完全的培養液，右瓶內的培養液缺乏鉀素。(由 Ganong)。

上昇的中途，一小部分的水可以流出導水管外，供給根莖各部細胞的需要，但是大部分的水都上昇到葉部的葉脈，後來由葉脈流進中葉部的各細胞裏。

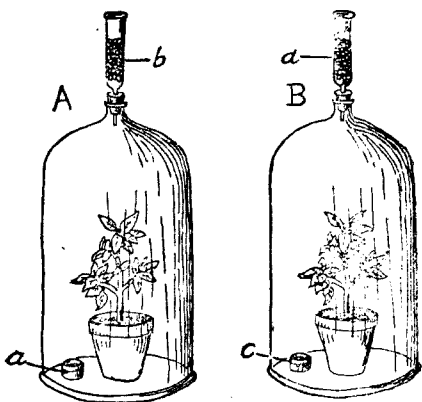
第四章裏曾經講過中葉部裏有許多空間，這許多

空間裏的空氣一方面與中葉部的細胞接近一方面由葉底下的小孔與外界的空氣相通。中葉部的細胞既是這樣與空氣接近，細胞裏的水自然很容易蒸發到空氣裏，由氣孔散失到空中。這樣散水的作用叫作蒸散作用 (Transpiration)。

製造醣的材料 葉部細胞裏的水並不完全散失到空中；在日光裏，植物可以用一部分的水作製造醣的材料。醣是碳、氫、氧三種原素造成的。水有氫、氧二種原素，所以植物細胞裏有水以後，只須添上碳素就可以製造醣了。土壤裏有不少的碳素化合物，但是植物需要的碳素不是從土壤，乃是從空氣中得來的。普通空氣裏都有很少的一部分二氧化碳。二氧化碳與空氣一同經過氣孔，進到中葉部的細胞附近。這些細胞就從空氣裏吸收二氧化碳，作製造醣的材料。以下是兩個證據證明碳的來源是二氧化碳。

植物培養液裏沒有碳素化合物，但是養在這種培養液裏的植物可以滋長，可以增加他的身體裏的醣。這個試驗結果顯明植物不從根部吸收製造醣的碳素材料。

取兩棵植物放在兩個鐘形的玻璃罩裏(第78圖)。第一個鐘形罩裏的空氣是和普通的空氣一樣的含着一小部分的二氧化碳。在第二個鐘形罩裏放一杯鈉石灰。鈉石灰有吸收二氧化碳的能力，所以後來這個鐘形罩裏的空氣就不含着二氧化碳了。用這種設備作試驗，可以查出在第一個鐘形罩裏的植物能製造醣，第二個鐘形罩裏的植物不能製造。這個試驗結果證明空氣中的二氧化碳是製醣必需的材料。



第七十八圖——A，鐘形罩裏沒有二氧化碳，因為罩裏的二氧化碳都被一杯鈉石灰液(a)吸收了，罩外進來的空氣在穿過頂上鈉石灰管子(b)的時候又失去了其中的二氧化碳。因為罩裏沒有二氧化碳，所以蓋活在罩裏的植物不能製成澱粉。B，與A比較的試驗，罩內有一杯水(c)，罩頂上的管子裏有碎磚塊(d)，水與碎磚塊不能吸收罩裏和空氣裏帶進來的二氧化碳，所以罩裏的植物能製成澱粉。(仿 Smith, Overton 等)

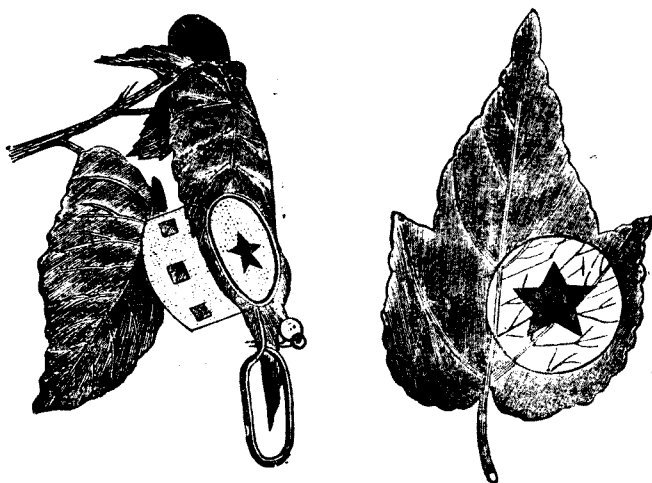
製醣的器具

在前面已經有許多次講過了製造

醴的器具是綠色植物細胞裏的葉綠素現在講到關於這一點的一個試驗從曬在日光裏的植物上取下一個葉片泡在酒精裏酒精能溶化葉綠素，所以過不多時葉片裏的葉綠素就溶化出來把葉片變成黃色。如若把這個沒有葉綠素的葉片移到碘溶液裏葉片裏的澱粉受了碘液的作用發生藍色，於是葉片也就從黃色變為藍色，普通植物的葉片是全部有葉綠素的，這些葉片在碘溶液裏是全部變成藍色顯明凡是有葉綠素的地方都有澱粉。有些植物有花斑的葉片這種葉片是一部分有葉綠素，一部分沒有葉綠素的這些葉片在抽出葉綠素之後，放在碘溶液裏顯明凡是有葉綠素的地方都有澱粉能變藍色，沒有葉綠素的地方都沒有澱粉，不變藍色。

製醴的能力 簡單的無機物必須吸收能力，纔能造成複雜的有機物，所以有了水與二氧化碳兩種材料之後，必須再有一種可以吸收的能力普通植物所需要的能力都是用許多葉片從日光吸收來的因為這個緣故，植物學家把植物製醴的方法叫作光合作用 (Photosynthesis)。下面所講的試驗可以證明植物必須在日光中纔能製造碳水化物。

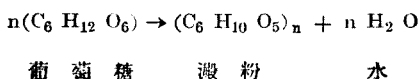
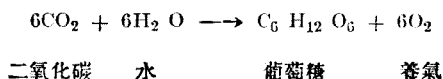
把一棵植物放在暗室裏經過幾天以後，取下他的葉片，照前面所述的方法，用碘溶液試驗，試驗的結果必定是葉片不變藍色，證明內裏沒有澱粉。知道葉片裏已經沒有澱粉以後，如果把這棵植物移到日光裏曬幾小時，再來取下一個葉片，用碘溶液作試驗，試驗的結果必定是變成藍色，證明葉片在日光裏已經製成澱粉了。如果先把葉片上用黑紙或者錫箔遮蓋起一部分以後，再



第七十九圖——右，試驗光合作用的遮光器，器上有一個星形的透光孔。
左，用遮光器試驗的結果。(仿 Gaunong)

放到日光裏結果必定是露在日光裏的部分有澱粉，遮蓋起來不見日光的部分都沒有澱粉(第79圖)。

製醣的程序 製醣的第一步是把二氧化碳和水造成葡萄糖。許多個分子的葡萄糖連合起來就成了一個分子的澱粉。下面是兩步變化的方程式：



從這兩個方程式，我們可以看出製醣的時候有養氣同時產生出來關於這一點，我們可以照第80圖作試驗，證明綠色植物在日光裏果真發出養氣。

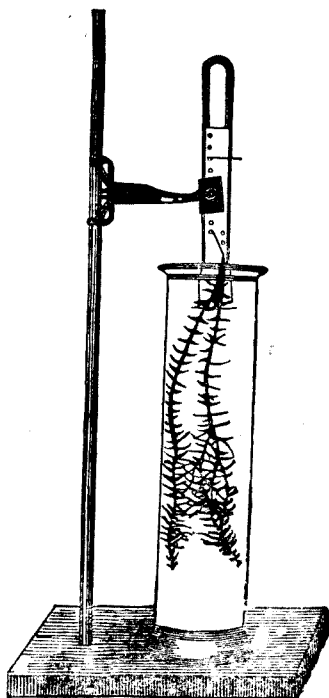
脂肪和生質精的製造 原生質裏除去醣以外，還有兩種重要的有機物：脂肪與生質精。關於這兩種有機物的製造，我們所知道的不如醣那樣詳細，這兩種有機物都是從醣改造出來的。脂肪裏的原素是碳、氫、氧，所以從醣改造脂肪，不須另加別種原素。生質精裏除碳、氫、氧外，還有氮、硫、磷，所以從醣改造生質精，必須再加上別種

原素脂肪與生質精裏儲藏的能力也都是從醣得來的。製造的地點似乎不必限於有葉綠素的細胞裏。製造脂肪的程序大概是先造成甘油與脂肪酸，以後由甘油與脂肪酸連合成脂肪。製造生質精的程序大概是先造成氨基酸，以後由許多個分子的氨基酸連接起來造成生質精。

有機食物的運輸

與儲藏 有機物必定要能從製造的地方運輸到根莖各部，纔能供給這些地方的細胞的

需要，葡萄糖是很容易運輸的，因為他能溶化在水裏，又



第八十圖——光合作用時的養氣發生，圖內玻璃圓筒中有水及水草。圓筒上有倒置的試驗管，內中也裝滿了水。水草在日光中發生養氣泡，聚在試驗管裏的水上面。(由 Strasburger 仿 Noll)

能穿過細胞膜澱粉不容易運輸，因為他不能溶化在水裏；要想運輸澱粉，必須要先把他經過消化作用，藉酵精的能力把他變成葡萄糖，等到葡萄糖運到目的地以後，再藉酵精的作用變成澱粉。生質精和脂肪也要經過消化作用纔能運輸到各部的細胞裏。

運輸的大道是篩管。葉部的篩管與枝莖根部的篩管都是相通的，所以葉部製成的食物可以由篩管裏從植物的上部移到他的下部，根、莖各部的細胞都從他們附近的篩管裏吸收他們需要的有機物。

製成的食物如若用不完，可以由篩管運到身體各部儲藏起來，供給不能製造食物時候或者種子萌發時候的需要。前面已經講過，果實種子裏儲藏着很多的營養料除此以外，根、莖、葉三部也可以儲藏食物，例如蘿蔔的根，甘蔗的莖，白菜的葉。

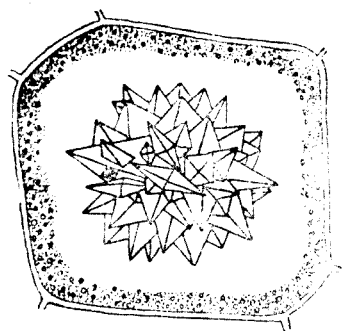
代謝作用與呼吸作用 植物和動物一樣的有代謝作用。他們都不斷的用食物添造新的原生質，又不斷的破壞舊有的原生質，在破壞的時候，都發散能力，吸進養氣，排出二氧化碳。他們的不同點是植物有光合作用，動物沒有這種作用。因為植物在光合作用時候需要很

多的二氧化碳，在這時候呼吸作用發生的二氧化碳很少，不足供給光合作用的需要，所以在日光裏的綠色植物要吸收二氧化碳。因為光合作用時候發生很多的養氣，而同時呼吸作用需要的養氣很少，用不完光合作用所發生的養氣，所以日光裏的綠色植物排出養氣（第80圖）。倘若把一個植物放在黑暗的地方，停止他的光合作用，他就和動物一般的吸收養氣，排出二氧化碳。

廢物的利用與儲藏 動物身體裏代謝作用所產生的廢物都可以排出身體外，高等動物都有專門的器官，作這種排洩工作。植物身體裏也產生代謝作用的廢物，但是植物沒有排洩作用，他們的廢物產生後，可以留在身體裏重新製造成有用的物體。前面講過的二氧化碳就是一個例樣。在動物身體裏二氧化碳是由呼吸器官排出身體的廢物，在植物身體裏這種廢物可以造成糖。代謝作用產生的別種廢物，也可以這樣保留在身體裏，作重新製造食物的材料。所以由土壤裏吸收進身體的七種原素，只有死亡破壞，或者隨着斷枝落葉，殘花熟果，纔能離開植物的身體。

有的時候植物身體裏也產生有害而不能利用的

廢物,例如草酸 (Oxalic acid)。草酸可以溶化在水裏,能損傷原生質。植物身體裏處置這種廢物的方法是把他變成草酸鈣 (Calcium oxalate)。草酸鈣不能溶化在水裏,所以就沈澱出來結成晶體,藏在植



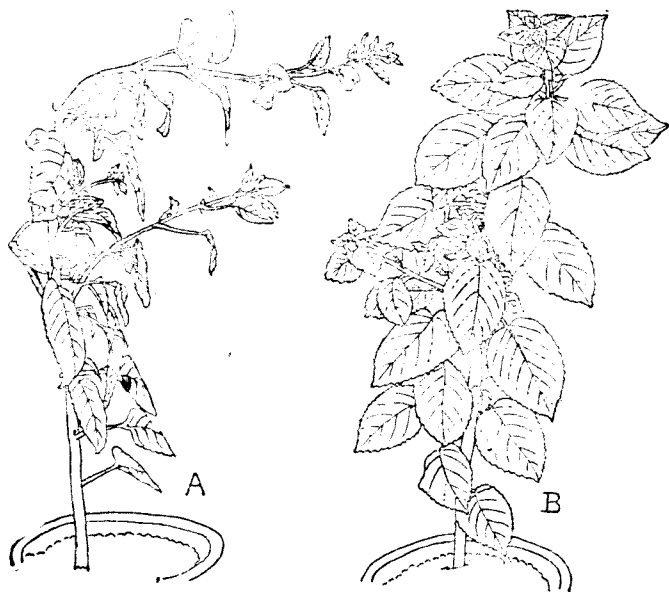
第八十一圖——草酸鈣的結晶體藏在一個秋海棠的細胞裏。(由 Ganong 仿 Kny)

物的空胞裏,不再爲害了(第81圖)。許多別種廢物的處置方法也是變成結晶體儲藏在細胞裏。

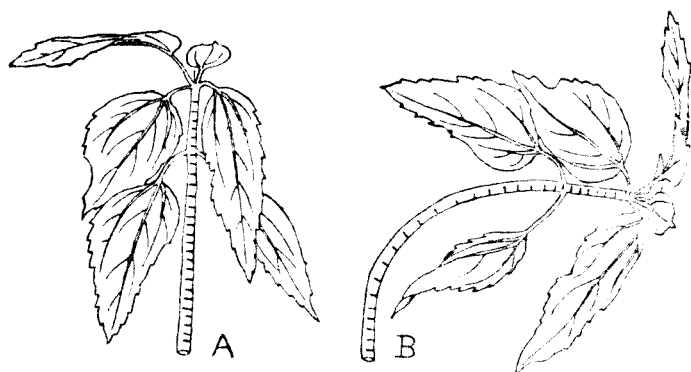
激感與反應 植物和動物一樣的能感受外界的刺激,又能對於這種刺激發生適當的反應。刺激的種類很多,像光,地心吸力,水,化學品,溫度,機械力,都能刺激植物。普通植物對於這些刺激可以發生許多種不同的反應,通是把身體彎曲向一個新的方向,或者是向着刺激的來源,或者是背着刺激的來源。

如若把一棵植物培養在房屋裏,幾天內就可以看出這個植物的葉子已經從原來的方向改變成向着透

光進來的窗戶莖部也能隨光彎曲,改變方向;向日葵的這種反應更外明顯如若把一棵植物的莖部先用墨水畫成許多距離相等的橫線,以後再把他放在側邊來光的地方等到莖部隨光彎曲了後,就可以看出彎曲地方的橫線距離變成比別處更外遠些這個結果可以表明莖部彎曲的地方,就是他的滋長最快的地方(第82, 83圖)。



第八十二圖——倒掛金鐘(*Fuchsia*) 培養在一面透光的暗盒裏,經過一星期以後,顯明所有的葉片都向着光的來源。A, 側面; B, 正面。(仿 Ganong)



第八十三圖——A, 向日葵的莖上畫成許多相等的距離。B, 受側面來光的刺激以後, 向日葵的莖彎向着光的來源。彎曲的地方是莖的伸長區。(仿 Smith, Overton 等)

有些植物,例如含羞草 (*Mimosa*), 能感受機械的刺激,並且發生很靈敏的反應 (第84圖)。含羞草的葉子是許多成對的小葉組成的。最小的葉片叫作次級小葉 (Secondary leaflet)。許多對的次級小葉連合在一處,就成了一個初級小葉 (Primary leaflet)。二對或者四對初級小葉形成一個葉片。在葉片底下有一根很長的葉柄。

如若把一個初級小葉輕輕的碰一下,這個小葉就立刻發生反應向上中方面移轉起來。如若這種刺激的力量大些,不但被刺激的小葉發生反應,與他相對的一個小葉也向上豎起來,於是這兩個小葉就互相合攏了。

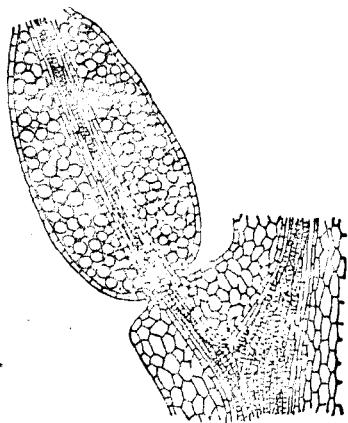
如若刺激的力量再大些,這個刺激可以傳到初級小葉的各部,把從頂端到基底的許多對小葉都感動了,挨次的合攏起來;到全部合攏以後,這個初級小葉的本身也發生反應,向下面垂下來。如若刺激的力量很大,被刺激的初級小葉發生反應以後,這個刺激又可以傳到其他的初級小葉,從基底到頂端,把次級小葉合攏起來。很強的刺激可以從一個小葉傳到一棵植物的全體,引起全部小葉的合攏和葉柄的下垂。反應發生以後經過一個休息的時期,小葉和葉柄就慢慢的恢復原狀;後來又可以再受刺激,發生同樣的反



第八十四圖——含羞草受機械刺激後的反應。A，一個葉片初受刺激後，小葉合攏起來。B，刺激傳到葉基於是葉片下垂。C，刺激傳到這植物的全體，所有的葉片都垂下來。(仿 MacDougal)

應。

在每個小葉與葉柄的基底，有一個膨脹起來的部分叫作座褥(Pulvinus)。座褥內部的結構可以從第85圖裏看出來，在座褥的中間是運導管，運導管的周圍是許多薄壁細胞。這些薄壁細胞的內裏有很多的水，外面有很大的空間。在刺激傳到次級小葉的座褥的時候，座褥上半部的薄壁細胞就放出一部分的水，軟縮下來，這時候座褥下半部的細胞仍然是很膨脹的，所以次級小葉就因為座褥下半部的壓力向上舉起。刺激傳到初級小葉和葉柄的座褥裏的時候，引起的反應是下半部的薄壁細胞軟縮，上半部的照舊膨脹，所以初級小葉和葉柄就因為座褥上半部的壓力向下垂落下來。



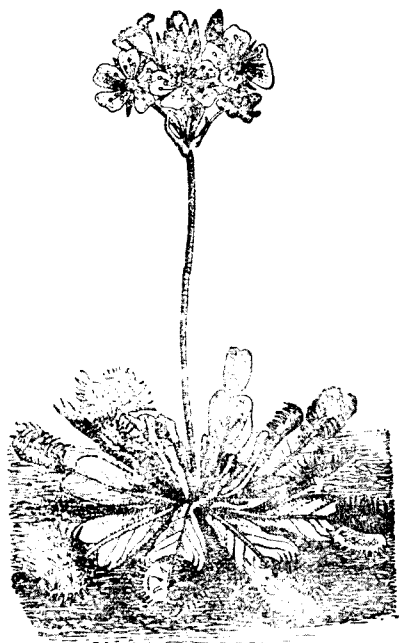
第八十五圖——座褥的縱切面，

(仿Smith, Overton等)

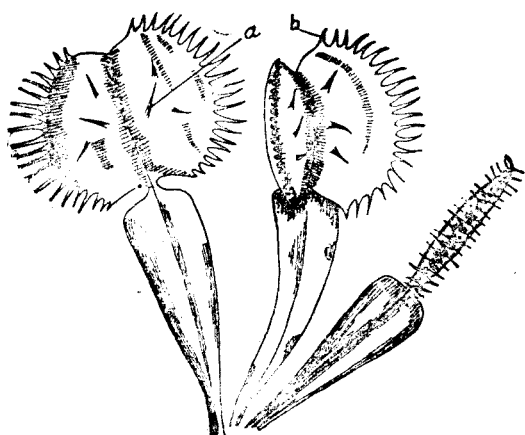
食蟲植物 高等植物羣中有一類叫作食蟲植物

(Insectivorous plant) 這類植物和普通植物一樣的有葉綠素能製造食物。所不同的是這些植物的葉片改變成種種不同的式樣，能捕捉小昆蟲，又能分泌消化液把捉着的昆蟲消化了。消化時候生成的滋養料被葉面的細胞吸收進身體。

食蟲植物有許多種，內中有一種既能食蟲又有靈敏的激感和反應。這種食蟲植物的原產地是北美洲，他的名稱是捕蠅草(Dionaea)。捕蠅草的葉柄擴張開來，成了一個扁平體，很像普通的葉片(第86圖)。他的葉片分為左右兩邊，互相在中間連接着成蚌殼的形狀。每邊葉片的中間各有三根硬毛從葉面上向上



第八十六圖 捕蠅草(Dionaea)，葉片能合攏起來捕捉小昆蟲(由 Ganong)



第八十七圖——捕蠅草的三個葉片。a, 感覺毛；b, 葉瓣。 (由 Conklin)

伸出來，葉片的外緣上又各有一排細齒（第87圖）。如果把一根硬毛輕輕的打擊一下，這個葉片並不發生明顯的反應。如果當第一次打擊後在十幾秒鐘內，又照樣的打擊一次，這個葉片受了二次連續打擊的刺激，就立刻發生反應，左右兩邊互相合攏起來，造成一個蚌殼式的空間。這個反應的動作是很快的，所以小昆蟲碰了葉面的硬毛以後，就立刻被葉片包圍了。後來葉面的細胞分泌消化液，把昆蟲的身體化為滋養料，吸收進捕蠅草的身體。

第五篇

多細胞動物的生活

地面上的動物大約有一百萬種。動物學家根據這些動物的身體結構，把他們分爲十門：^①(1)原生動物門 (Protozoa)，內中有變形蟲，草履蟲，瘧蟲。(2)海綿動物門 (Porifera)，內中有海綿。(3)腔腸動物門 (Coelenterata)，內中有水螅，海蜇，珊瑚。(4)扁蟲門 (Platyhelminthes)，內中有扁蟲，條蟲。(5)圓蟲門 (Nemathelminthes)，內中有蛔蟲。(6)環節動物門 (Annelida)，內中有蚯蚓，螞蟻。(7)節肢動物門 (Arthropoda)，內中有蝦，蟹，蜈蚣，昆蟲，蜘蛛。(8)軟體動物門 (Mollusca)，內中有蚌，螺，烏賊。(9)棘皮動物門 (Echinodermata)，內中有海星，海膽，海參。(10)脊索動物門 (Chordata)；這門動物分爲四個亞門；其中最大的一個是脊椎動物亞門 (Vertebrata)。魚，

①有幾類特殊的動物，例如輪蟲和苔蘚蟲，不能歸併在這十門內。

蛙,鳥,獸,人都是脊椎動物。

以上十門中,原生動物是單細胞動物,已經在第三章裏講過了,其他各門都是多細胞動物。多細胞動物的門數很多,形體,生理都很複雜,在我們現在讀的這本書裏頁數有限,不能把各門個個都講到。所以我們只能選擇三門動物,在這三門裏選擇幾個代表來講解多細胞動物的生活。這三門是腔腸動物,環節動物,脊椎動物。

第一章 腔腸動物

水螅 腔腸動物都生活在水裏,大多數的種類在海水中生活。淡水池塘裏容易尋着的腔腸動物只有水螅(hydra)(第88,89圖)。

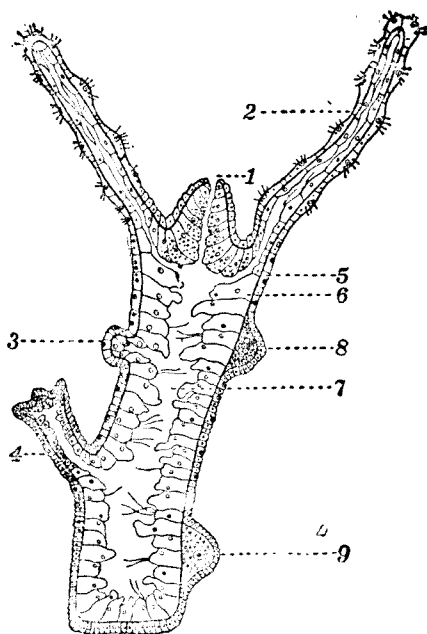
水螅的身體像一棵很小的植物,下部像植物的莖,上部是許多手指形能伸縮移動的物體叫作觸指(Tentacle)。在他的身體上不能尋出前,後,腹,背,左,右,六個方向;從身體的一端經過體軸到其他的一端可以剖成許多個相等的兩部分。像這樣的身體形式叫作輻射相稱(Radial symmetry)。

在顯微鏡裏看起來,水螅的身體像是一個空管子。這個空管子外面是體壁(Body wall),內裏是一個空

間叫作消化腔 (Gastrovascular cavity)。體壁是兩層細胞組成的；外面的一層細胞叫作外胚層 (Ectoderm)；裏面的一層叫作內胚層 (Endoderm)。水螅的觸指也是空的，觸指裏的空間與消化腔相通。在觸指羣的中央有一個孔，是消化腔與身體外面相通的門徑，叫作口。

水螅的生理

水螅的觸指上有一種很特別的細胞叫作刺細胞 (Stinging cell (第90圖))。刺細胞裏有一個囊叫作刺絲囊 (Nematocyst)，囊裏有一條細長如絲的管子。刺絲囊能翻出來把這條細長管子射

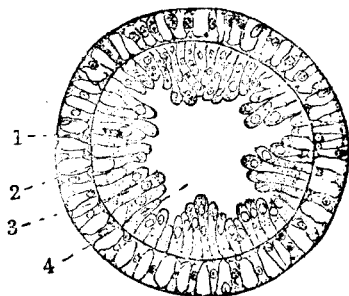


第八十八圖 水螅的縱切面。1, 口；2, 觸指；3, 出芽的初期；4, 出芽的晚期；5, 外胚層；6, 內胚層；7, 消化腔；8, 精巢；9, 卵巢。(由 Parker)

到很遠的地方。管子的盡頭是刺狀的，又有從刺絲囊裏出來的麻醉物，水螅可以用他刺殺他的仇敵或者食物。

水螅的食物是水裏的各種小動物。他先用刺絲把食物麻醉了。以後用觸指把食物送到口裏進消化腔。消化腔四周的內胚層細胞

能分泌消化液，把食物化成簡單的營養料吸進體壁。這些細胞，又能像變形蟲一樣，伸出偽足，把消化腔裏消化不盡的小塊食物包圍進細胞裏，形成食物胞，以後在細胞內裏消化和吸收。在細胞內裏消化食物是單細胞動物的普通方法；分泌消化液到細胞外面的空間裏消化食物是高等動物的普通方法。水螅的消化食物方法在單細胞動物與高等動物之間，因為他兼有兩種方法。食物裏不能消化的廢物都由口送出消化腔，所以水螅的



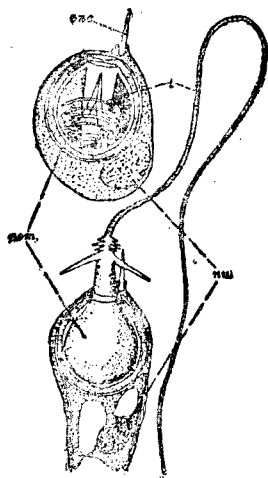
第八十九圖 水螅的橫切面。1, 外胚層；2, 外胚層與內胚層之間的一層膠狀物，叫作中膠。3, 內胚層；4, 消化腔。
(由 Woodruff 仿 Shipley and McBride)

口既是食物進消化腔的入口，又是不能消化的廢物出消化腔的肛門。

內胚層細胞有許多鞭毛伸在消化腔裏這些鞭毛的擺動能把消化腔裏的液體和食物攪得向各處流動不停，於是內胚層各部的細胞都可以得着食物。

已經吸收進體壁的滋養料，在身體各部經過組成和分解作用，散出其中的能力，變成許多種廢物。這些廢物都由體壁的外胚層排洩到周圍的水裏，代謝作用需要的養氣，由體壁外胚層的細胞從周圍水裏吸進身體。

水螅的觸指和體壁外面有許多能感受刺激的細胞，叫作感覺細胞(Sensory cell)。機械力，光，熱，電，各種刺激都可以感動水螅，引起他的反應。在水螅的身體各部又有許多能傳遞刺激的細胞，叫神經細胞(Nerve cell)。這些



第九十圖——水螅的刺細胞與翻出的或者不翻出的刺絲囊。nem, 刺絲囊；nu, 細胞核；t, 刺絲；enc, 一種能感受刺激的毛，受了刺激後，刺絲囊裏的刺激就放射出來。(由 Dahlgren and Kepner 仿 Schneider)

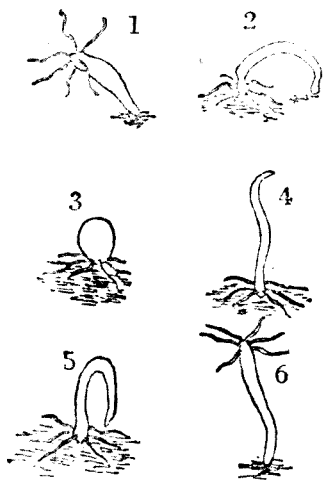
細胞有細長的纖維互相連接起來，造成一種網形的結構，叫作神經網 (Nerve network) (第91圖)。神經網能把感覺細胞從身體外面感受的刺激傳播到身體各部。身體各部的細胞



第九十一圖——水螅的神經網，圖中的平行線表示縱肌肉。(由 Calkins)

多半是能收縮的。這些細胞受了神經網傳來的刺激，就收縮起來，發生身體上的各種運動。

水螅的全身都能伸縮。他遇着不利的刺激就把身體縮成一團；等到這個刺激的影響已經過去了以後，又慢慢的伸張開來。他的行動方法有兩種：一種是身體的底面向前移動，一種是翻筋斗(第92圖)。

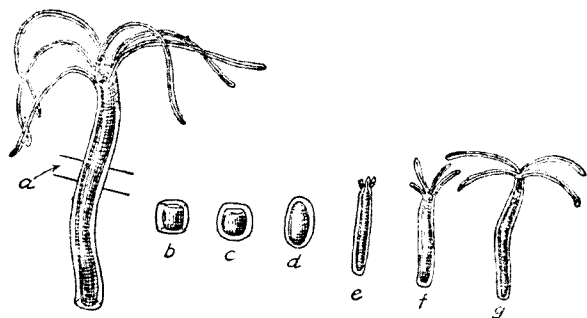


第九十二圖——水螅的翻筋斗。(由 Hegner)

水螅的生殖 水螅有兩種普通的生殖方法：出芽生殖和有性生殖。出芽生殖的最初是體壁的一部凸起來成一個芽體。後來芽體長成空管形，空管的頂上伸出一羣觸指。再後來芽體與母體分離就成了一個獨立生活水螅。

在有性生殖時期裏，水螅的體壁外胚層裏生出精巢(Testis)和卵巢(Ovary)。精巢裏有許多細胞變成精子，卵巢裏有一個細胞變成卵。精巢成熟以後，就破裂了，放出精子到水裏。精子能在水中游泳到卵巢外面，由卵巢的裂口進去與卵合併成合子。後來合子演發成胚胎，離開母體長成一個小水螅。

再發 生物受了意外損傷，失去一部分身體以後，

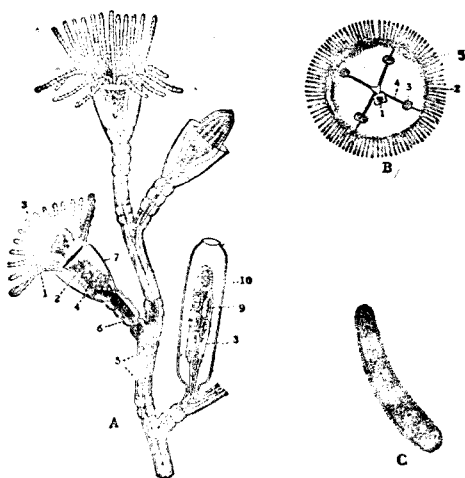


第九十三圖——水螅的再發。由水螅身體上切下一段(a)，後來切下的部分經過許多變化(b—g)再發成一個水螅。(仿 Woodruff)

往往能重新生出遺失的部分,恢復原先的狀態。遺失部分的重新生出叫作再發 (Regeneration)。水螅的再發能力很大(第93圖)。如若我們把一個水螅的身體橫切成三四段,後來每段能補足他失去的部分,長成一個水螅。如若把他縱切成兩條,後來每條能補足他失去的一邊,長成一個整個的身體。

世代交迭 腔腸動物中有些種類,像植物一樣,有互相更迭的兩個世代。在一個世代裏,這些動物的身體像水螅,生殖方法是無性的,所以這個世代叫作無性世代,在這個世代裏的身體叫作水螅體 (Polyp)。在另一個世代裏,這個動物的身體像水母 (一種生活在海水中的腔腸動物), 生殖方法是有性的,所以這個世代叫作有性世代,在這個世代裏的身體叫作水母體 (Medusa)。有性世代以後是無性世代;無性世代以後又是無性世代。前面已經講過的水螅沒有世代交迭。所以現在要另選一個有世代交迭的腔腸動物講解在後面:

枝形蟲 在海水裏有一種很小的腔腸動物叫作枝形蟲 (Obelia) (第94圖)。枝形蟲是羣體動物,他的羣體像一棵小植物豎立在水裏的固體物上面。這個植物

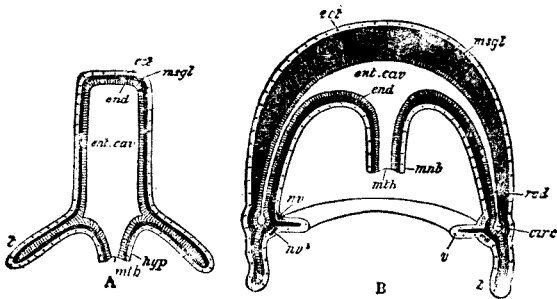


第九十四圖 一枝形蟲(Obelia)的生活史。A, 羣體的一部分: 1, 外胚層; 2, 內胚層; 3, 口; 4, 消化腔; 5, 羣體的莖; 6, 7, 10, 圓筒; 8, 芽柱; 9, 水母芽。B, 水母體: 1, 口; 2, 觸指; 3, 生殖器官; 4, 輻射管; 5, 感覺器官。C, 有纖毛的幼蟲。(由 Hegner)

形的羣體上有許多分枝;每個分枝的頂上有一個茶杯形的外套叫作水螅套(Hydrotheca);水螅套裏有一個水螅形的個體叫作水螅體。水螅體上面有許多觸指,下面有體壁和消化腔。消化腔的一頭是口,另一頭有一個孔,由羣體的分枝裏面與其他水螅體相通。水螅體的生殖

方法是出芽——羣體上生出許多芽體。後來每個芽體長成一個水螅體，用這種方法可以生出很多的水螅體，連在一個樹枝形的羣體上。

枝形蟲用出芽生殖法生出許多水螅體以後，又生出一種燈罩形的外套，叫作生殖套 (Gonotheca)，內中有許多圓形的芽體，叫作水母芽 (Medusa bud)。水母芽成熟以後，就變成水母體，與羣體分離，經過生殖套頂上的小孔到外面海水裏。水母體能自由游泳。他的外形像一



第九十五圖——水螅體與水母體的相似。A，水螅體；B，水母體。
circ, 環管; ect, 外胚層; end, 內胚層; ent. cav, 消化腔; hyp, mnb,
口下部; mth, 口; msgl, 中膠; nv, nv', 神經圈; rad, 輻射管; t, 觸
指; v 緣膜。(由 Parker)

柄傘，內部結構又像一個倒轉過來的水螅（第95圖）。他有兩層細胞組成的體壁，許多觸指圍繞在圓形身體的邊緣上，一個消化腔，一個口在傘柄形的管子底下。後來有些水母體底下生出精巢，有些生出卵巢。精巢成熟後放出其中的精子，隨水飄流到雌水母旁邊，就進卵巢與卵細胞合併成受精卵。受精卵經過許多變化，變成一個有纖毛能游泳的幼蟲。後來這個幼蟲停止在一個固體物上變成水螅形，用出芽生殖法長成一個樹枝形的羣體。

樹枝形羣體的時期是枝形蟲的無性世代，自由游泳的水母體時期是他的有性世代。這兩種世代互相更替，就成了動物界裏的世代交迭。

第二章 環節動物

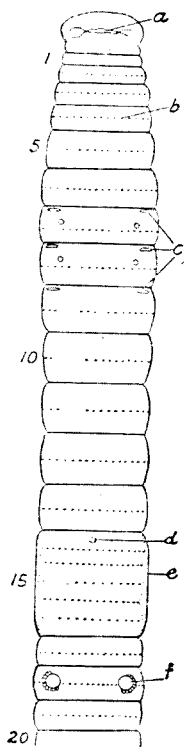
蚯蚓 環節動物門裏的蚯蚓是動物界最適宜的代表，因為他的形狀和生理都在中等地位，與原生動物比較起來是很複雜的，與脊椎動物比較起來又很簡單。蚯蚓的種類很多。在中國各地方最容易尋着的是一種紫黑色的蚯蚓，叫作 *Perichaeta*（第96圖）。又有一種淡

①又叫作 *Pheretima*。

紅色的蚯蚓叫作 *Allolobophora*, 也是在中國許多地方可以尋着的歐美各國容易尋着的蚯蚓是 *Lumbricus*。

蚯蚓的身體有前 (Anterior), 後 (Posterior), 腹 (Ventral), 背 (Dorsal), 左, 右, 六個方向; 前端有口; 後端有肛門; 腹面有許多通生殖器官的孔; 背面沒有生殖孔。像這樣的身體只有一個平面可以把他分成相等的兩部分, 這個平面是從口起沿着腹面和背面的中心到肛門。這種身體式樣叫作兩邊相稱 (Bilateral symmetry)。

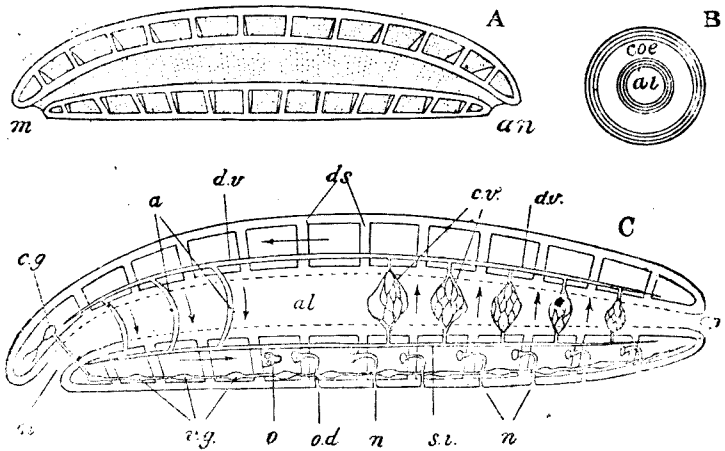
蚯蚓的身體可分成許多環節 (Segments)。環節的數目, 從幾十到一百幾十, 是多少不定的。成長的蚯蚓有幾個環節脹大成特別形狀。這個脹大的部分叫作環帶 (Clitellum)。



第九十六圖 —— 蚯蚓 (*Perichaeta hupehensis*) 前部的腹面。1, 5, 10, 15, 20, 由前向後的環節數。a, 口; b, 剛毛; c, 納精囊孔; d, 雌孔; e, 環帶; f, 雄孔。(仿 Gee, Boring, and Wu)

Perichaeta 的第十四到十六三個環節脹大成環帶。Allo-
lobophora 的環帶是第二十六到三十二七個脹大的環
節組成的。Perichaeta 的各環節上圍繞着很多微小的硬
毛,叫作剛毛 (Setae); Allolobophora 與 Lumbricus 每節只
有八根剛毛在腹面和兩邊排列成四行。

水螅的身體像是一個管子;蚯蚓的身體像是一個
小管子套在一個大管子裏面 (第97圖)。水螅的身體外



第九十七圖 蚯蚓的圖解式切面。A, C, 縱切面; B, 橫切面。a, 動脈弓;
al, 消化道; an, 肛門; c. g., 咽頭上神經結; coe, 體腔; c.v., 壁血管; ds, 隔
膜; d.v., 背血管; m, 口; n, 腎管; o, 卵巢; o.d., 輸卵管 s.i., 腹血管; v.g.,
腹神經結。(由 Sedgwick and Wilson)

面是一個體壁，內裏是一個消化腔；蚯蚓的身體有兩層壁，叫作體壁與消化管壁，又有兩個空間，叫作體腔 (Coelom) 與消化道 (Digestive tract)。水螅的消化腔只有一個孔與身體外面相通；蚯蚓的消化道有口和肛門 (Anus) 兩個孔通身體外面。

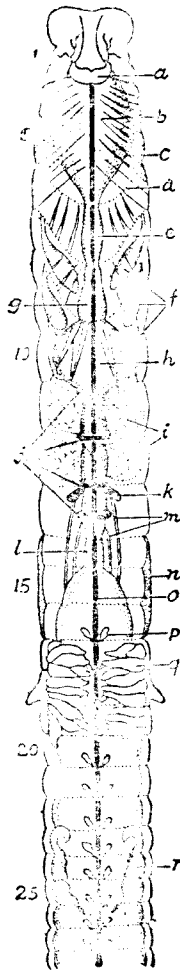
蚯蚓的身體裏有很多的連接體壁和消化管壁的隔膜 (Septum)，把體腔分成許多小空間，每個環節裏有一間。隔膜上有小孔，所以前後各間都是相通的。

消化 蚯蚓的食物是混合在土壤裏的有機物質。土壤和有機物質被蚯蚓吸進口腔 (Buccal cavity) 和咽頭 (Pharynx) 以後，就經過細長的食道 (Oesophagus)，進了一個暫時貯藏食物的空間，叫作嗉囊 (Crop) (第98圖)。嗉囊的後面是砂囊 (Gizzard)。砂囊內裏有砂粒，外面有肌肉造成的厚壁。食物經過砂囊的時候，受了肌肉壁收縮的壓力與砂粒互相磨擦，結果是食物磨成碎粉，後來容易受消化液的作用。砂囊的後面是個很長的管子叫作胃腸 (Stomach-intestine)，因為他兼有高等動物的胃與腸兩種器官的機能。胃腸壁能分泌消化液到胃腸的空間裏把食物消化了，又能把已經消化的食物吸收進細

胞。胃腸壁的背部，凹進胃腸的空間裏，形成一條盲道(Typhlosole)(第99圖)。盲道可以增加食物與胃腸壁接觸的面積，因此消化液的分泌和營養料吸進的速度也可以隨着增加。食物經過胃腸以後，其中的有用物體都已經消化吸收了，餘剩的廢物就由肛門排出身體外面。

循環與呼吸 蚯蚓

蚯蚓的身體很複雜，所以必定要有在身體裏循環流動的液體，纔能把食物和養氣運送到身



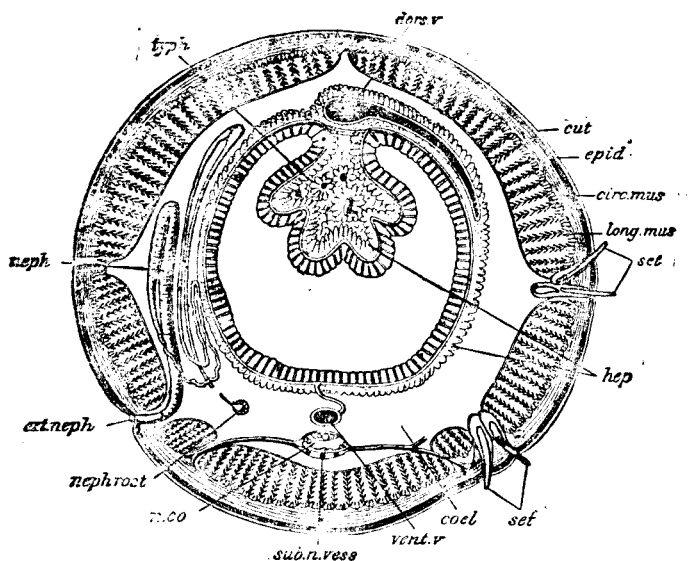
第九十八圖

——
 蚯蚓 (Perichaeta lupehensis) 前部的解剖。1, 5, 10, 15, 20, 25, 由前向後的環節數。a, 咽頭上神經結; b, 口腔; c, 肌肉纖維; d, 隔膜; e, 食道; f, 納精囊; g, 嗉囊; h, 砂囊; i, 貯精囊; j, 動脈弓; k, 卵巢; l, 胃腸; m, 輸精管; n, 環帶; o, 背血管; p, 背腺; q, 攝涎腺; r, 盲腸。(仿 Gee, Boring, and Wu)

體各部，把身體各部產生的廢物運到排出身體的地方。

蚯蚓的循環液體有兩種。一種是無色的體腔液 (Coelomic fluid)。一種是紅色的血液 (Blood)。

體腔液在體腔裏時常受着身體伸縮行動的影響



第九十九圖 蚯蚓中部的橫切面。circ. mus, 環肌肉; coel, 體腔; cut, 外膜; dors. v, 背血管; epid, 表皮; ext. neph, 腎管的外口; hep, 腺細胞; long. mus, 縱肌肉; neph, 腎管; nephrost, 腎管的內口; n. co, 神經索; set, 剛毛; sub. n. vess, 神經下血管; typh, 盲道; vent. v, 腹血管。(由Parker and Haswell 仿 Marshall and Hurst)

發生沒有一定方向的流動。這種液體，一方面與消化管壁接近，能把管壁上吸收的食物運送到身體各部，一方面又能把身體各部產生的廢物運送到排洩器官。

血液收容在血管裏。主要的血管有以下幾條：在消化管壁背面上有一條背血管 (Dorsal blood vessel)，在消化管壁腹面下有一條腹血管 (Ventral blood vessel)，在神經索下有一條神經下血管 (Subneural blood vessel)。在蚯蚓前部有四對 (Perichaeta) 或者六對 (Allolobophora) 連接背血管和腹血管的血管叫動脈弓 (Aortic arch)；在蚯蚓身體的後部，有許多對連接神經下血管與背血管的壁血管 (Parietal vessel) (第 97, 98, 99 圖)。

血液在血管裏不斷的循環流動。在高等動物，血液循環的發動器官是心臟；在蚯蚓，發動器官是背血管。背血管能由粗管收縮成細管收縮的一段血管先在身體後部，以後向前移動。在背血管由後向前挨次收縮的時候，血管裏的血就被排擠得向前流動。流到身體的前端，大部分的血液就經過動脈弓，進了腹血管。在腹血管裏血液流行的方向是由前向後。腹血管有許多支管分佈在體壁，排洩器官，各地方。最細的支管叫作微血管 (Capil-

lary)。腹血管裏流來的血液經過各處的微血管以後，就流進神經下血管。在神經下血管裏血液流行的方向也是由前向後。後來神經下血管裏的血液，經過壁血管回到背血管裏，血液循環的起點再由身體的後端向前端流動。

蚯蚓的血液裏溶化着一種紅色的有機物叫作血紅素。血紅素很容易與養氣連合，又容易與連合的養氣分離。在血液由腹血管流進體壁表面的微血管的時候，血紅素與外界的養氣很接近。在這時候血紅素就吸收了很多的養氣。後來飽含着養氣的血液由神經下血管流到全身各處的微血管裏。這時候血液與需要養氣的細胞最接近，養氣就與血紅素分離，進身體各部的細胞，身體各部產生的二氧化碳由血液裏運到體壁表面的微血管，排出體外。血液又能把胃腸壁吸收的營養料運送到身體各處的細胞，把各細胞裏產生的二氧化碳以外的廢物運到排洩器官，送出體外。

排洩 蚯蚓的排洩器官叫作腎管(Nephridia)。Allo-lobophora 與 Lumiricus 的腎管是彎曲在各環節腹部的細長管子，每個環節裏有一對(第99圖)。這些管子的一

端是一個漏斗形的口，伸在前節的體腔裏，另一端穿過體壁通到身體外面。在腎管彎曲的地方有很多的微血管，血液從身體各部帶來的廢物，都由這些微血管送進腎管，由腎管孔流出體外。體腔液從身體各部收集的廢物，由腎管的漏斗口進腎管排出體外。

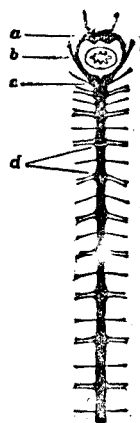
Perichaeta 的腎管很小，不容易看見所以像是沒有腎管。用顯微鏡細心考察，可以看見這種蚯蚓的體壁裏面連着很多的腎管。這些腎管也是一端通體腔，一端穿過體壁通身體外面。

行動 蚯蚓的體壁裏有兩層能收縮的體素。一層是由身體前端通到後端的，叫作縱肌肉層 (Longitudinal muscle layer)；一層是環繞身體的，叫作環肌肉層 (Circular muscle layer) (第99圖)。在蚯蚓行動的時候，這兩層肌肉輪流收縮。如若環肌肉層收縮，他的身體就變細，同時又伸長。如若縱肌肉層收縮，他的身體就縮短，同時又變粗。在他伸長的時候，他的後部各環節的剛毛釘在土壤裏，不能移動，所以身體的前部就向前進行。在他縮短的時候，他的前部各環節的剛毛釘在土壤裏不能移動，所以身體後部也向前進行。像這樣不斷的伸縮，他就

不斷的向前進行了。

調節 水螅身體裏有神經網擔任傳播刺激的工作。蚯蚓的體壁裏也有神經網可以傳播刺激到短距離的地方，但是他另有一個總機關能接受從感覺細胞傳來的刺激，能傳遞這個刺激到身體的一部或者全部，能調和節制身體各部發生一致的動作，能主持身體對外的反應。這個總機關叫作腹神經索 (Ventral nerve cord) (第100圖)。

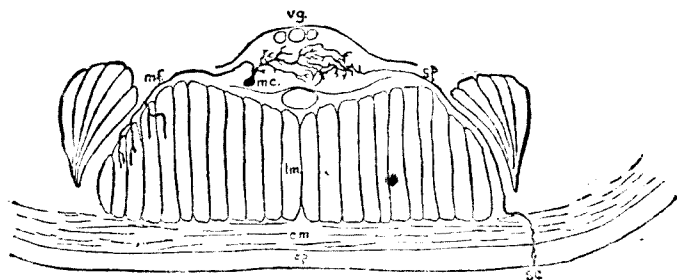
腹神經索是一條細長白色的物體，在腹血管之下，從身體的前端延長到後端。在每個環節裏腹神經索上有一個稍漲大的部分叫作神經結 (Ganglion)。神經結是許多神經細胞的本體集合而成的。在神經索的前端，咽頭的底下，有一對咽頭下神經結 (Subpharyngeal ganglia)。咽頭下神經結的兩邊有兩條神經由咽頭的側面繞到背面，與一對咽頭上神經結 (Suprapharyngeal ganglia)



第一百圖 — 蚯蚓的中央神經系統的前部。a, 咽頭上神經結；b, 環咽頭連接線；c, 咽頭下神經結；d, 腹神經索的神經結與分出的神經。(仿 Woodruff)

相連。咽頭上神經結的地位雖然與普通神經結不同，但是他並沒有很重要的特殊機能。神經索裏有許多神經纖維 (Nerve fiber)，連接前後各環節的神經結。因為有這些纖維，神經索就能調和身體前後各部的動作成一致行動。

神經索的兩邊連着許多對神經。這些神經由神經索起源，分成許多分支，延長到身體各部。這些神經是兩種神經纖維組成的 (第101圖)。一種是把外面刺激傳到神經索的纖維，叫作向心神經纖維 (Afferent nerve fiber)。一種是把刺激從神經索傳到身體各部的纖維，叫

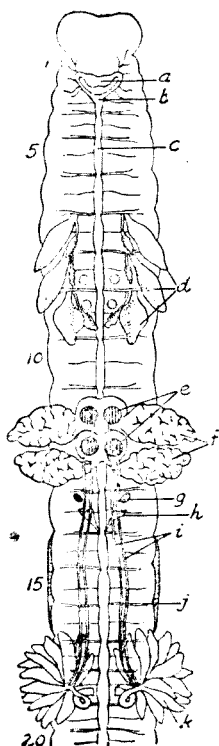


第一百零一圖 蚯蚓的神經系統的一部：cm，環肌肉；ep，表皮；ln，縱肌肉；mc，發動神經細胞；mf，離心神經纖維；sc，感覺細胞；sf，向心神經纖維；vg，腹神經結。(由 Hegner 仿 Parker and Retzius)

作離心神經纖維 (Efferent nerve fiber)。蚯蚓體壁外面表皮裏有許多感覺細胞這些細胞受了刺激,就由他的向心神經纖維把刺激傳到神經索裏的發動神經細胞 (Motor nerve cell)。後來發動神經細胞把刺激由他的離心神經纖維傳到肌

肉,肌肉受了刺激就發生收縮運動。像這樣一個很簡單的傳導刺激的途徑叫作反射弧 (Reflex arc)。由反射弧發生的動作叫作反射動作 (Reflex action)。反射動作是機器式的——可以從刺激的性質預先知道將來發生什麼反應。

蚯蚓能感受機械,化學,光各種刺激,



第一百零二圖

——蚯蚓 (Perichaeta hupehensis) 前部的解剖。

1, 5, 10, 15, 20, 由前向後的環節數。

a, 咽頭上神經結;

b, 咽頭下神經節;

c, 腹神經索; d, 納

精囊; e, 精巢; f,

貯精囊; g, 卵巢;

h, 輸卵管; i, 輸精

管; j, 神經; k, 排

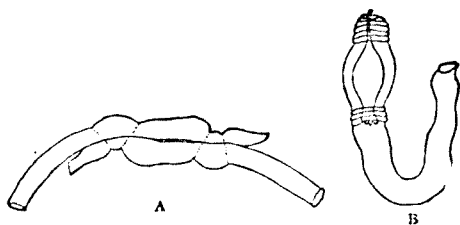
泄腺。(仿 Gee,

Boring, and Wu)

發生向着或者背着刺激來源的行動。有的時候,他的反應是簡單機器式的;有的時候,因為生理狀況的變化,能發生複雜的,不能預測的反應。

生殖 蚯蚓是一種雌雄同體的(Hermaphroditic)動物。每個蚯蚓的身體裏有雌性生殖器官又有雄性生殖器官(第102圖)。

雌性生殖器官是一對卵巢,一對輸卵管(Oviduct),和三對(Perichaeta)或者兩對(Allolobophora, Lumbricus)接收精子的器官,叫做納精囊(Seminal receptacle)。每個納精囊有一個小孔通身體外面。輸卵管通身體外面的一個(Perichaeta)或者一對(Allolobophora, Lumbricus)孔,叫作雌孔(Female pore),在第十四環節的腹面。

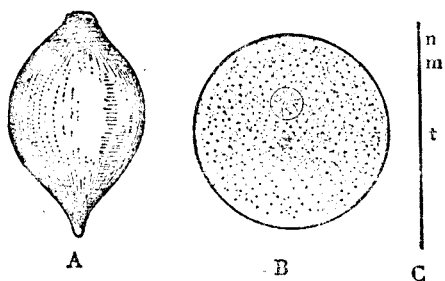


第一百零三圖 A, 生殖時期中兩個蚯蚓前端的接近。

B, 蚯蚓的卵袋與黏液管的一部。(由 Hegner 仿 Foot)

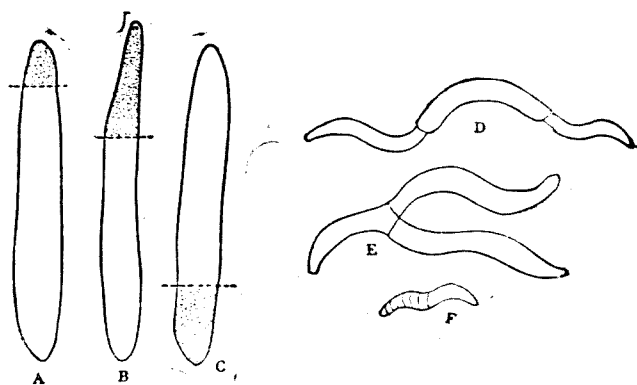
雄性生殖器官有兩對精巢,兩對 (Perichaeta) 或者四對 (Allolobophora) 貯藏精子的囊叫作貯精囊 (Seminal vesicle), 二對從貯精囊送精子出身體的管子叫作輸精管 (Vas deferens)。輸精管通身體外面的一對孔,叫作雄孔 (Male pore), 在第十八 (Perichaeta) 或者十五 (Allolobophora, Lumbricus) 環節的腹面。

蚯蚓雖是雌雄同體的,但是本身產生的卵子不能與本身產生的精子合併;所以在合精以前必定要先有交配。在交配的時候,兩個蚯蚓照 (第103圖) 的樣子互相靠近,身體前幾節外面分泌出粘液,形成一個粘液管 (Slime tube)。這時候他們互相交換精子,交換得來的精



第一百零四圖——蚯蚓的卵袋 (A), 卵子 (B), 與精子 (C); n, 精子的頭部; m, 精子的中段; t, 精子的尾部。(由 Sedgwick and Wilson)

子,都貯藏在納精囊裏。交換精子以後,兩個蚯蚓互相分離,同時環節上分泌的物質,凝結成一個可以移動的管子叫作卵袋(Cocoon)。後來因為身體向後退,粘液管與卵袋向前移動;在移動時候,卵和納精囊裏的精子都放出身體到卵袋裏。再後來,粘液管與卵袋由蚯蚓的前端脫離身體。脫離以後,卵袋的兩頭收縮起來,精子與卵子就在卵袋裏合併成受精卵,經過胚胎變化,演發成蚯蚓(第104圖)。



第一百零五圖 蚯蚓的再發與接體。A, 蚯蚓的後段再發前端五環節; B, 後段在前端再發一尾; C, 前段再發一尾; D, 三段連接成一長蚯蚓; E, 三段連接成一雙尾蚯蚓; F, 前段與後段連接成一短蚯蚓。圖中有細點處代表再發的部分。(由 Morgan)

再發與接體 如若把蚯蚓的前部切去幾節，他可以再發出失去的這一段（第105圖）。有的時候再發出來的不是前部，是尾部。像這樣兩尾無頭的蚯蚓，因為不能得食物，自然不能長久生活。如若把蚯蚓的尾部切去幾節，他可以重新生出失去的尾部。

用人工方法把兩個生物的身體連接起來，長成一個身體叫作接體(Grafting)。三個蚯蚓的前中後三長段，可以連接起來成一個很長的蚯蚓。一個蚯蚓的前段，可以與兩個蚯蚓的後段連接起來，成一頭二尾的蚯蚓。一個蚯蚓的前部幾節，可以與他的後部幾節連接起來，成一個很短的蚯蚓。

第三章 脊椎動物

脊椎動物中，有魚，蛙，龜，蛇以及各種飛禽走獸與人類。這些動物的種類雖然很多，但是身體結構是根本上屬於一種式樣的。我們沒有時間把各類脊椎動物分開細講，只能選兩種動物作代表，根據這兩種代表，把脊椎動物的形體與生理說明一下。這兩種代表是蛙與人。

外形 脊椎動物的身體，和蚯蚓一樣，是兩邊相稱的，有前，後，背，腹，左，右六個方向。從前端到後端脊椎動物

的身體可以分爲四部：頭部 (Head), 頸部 (Neck), 身部 (Trunk), 與尾部 (Tail)。頭部與身部是常有的, 頸部和尾部是或有或無的。

幼稚時代的蛙, 叫作蝌蚪, 有頭, 身, 尾三部。後來蝌蚪變成蛙, 尾部消滅, 只剩頭, 身二部。在胚胎時期裏, 人也是有尾的, 後來尾部消滅, 只剩頭, 頸, 身三部。

脊椎動物的身部, 有前後兩對附體 (Appendages)。附體是行動的器具, 在魚類是魚鰭 (Fins), 在鳥類是翅與腿, 在蛙與人是前肢 (Fore limb) 與後肢 (Hind limb)。

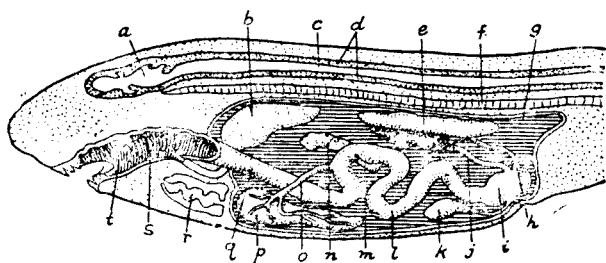
頭部有口, 眼, 耳, 鼻孔; 身尾交界之處有肛門, 又有排洩生殖孔 (Urinogenital opening)。包圍在身體外部的是一層皮膚 (Skin)。皮膚的外面往往生出爪, 牙, 角, 甲, 鱗, 羽, 毛髮。

體壁, 消化管與體腔



第一百零六圖 翟惠業 Georges Cuvier, 1769-1832) 法國動物學家, 是比較解剖學的開山祖師。

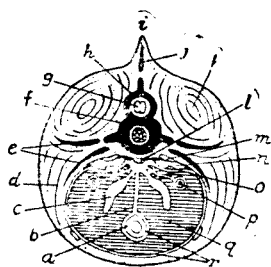
脊椎動物的身體和蚯蚓一



第一百零七圖——脊椎動物(雌)的模式縱切面。a, 腦; b, 肺; c, 脊椎; l, 神經管; e, 腎; f, 原索; g, 體腔; h, 輸尿管; i, 肛腔; j, 生殖管; k, 膀胱; l, 腸; m, 脾臟; n, 胰臟; o, 膽液管; p, 肝; q, 胃; r, 心; s, 內鰓裂; t, 口腔。(仿 Woodruff)

樣的有體壁, 消化道與體腔。體壁很厚, 背部的格外厚。體壁裏最發達的部分是肌肉。除肌肉外, 又有支撐身體的脊梁, 連在脊梁上的各種骨骼, 腦與脊髓 (第 107, 108 圖)。

消化管是彎曲在身體裏的很長的管子, 旁邊連着許多種產生消化液的器官。消化管的兩端有口和肛門與外界相通。在魚類, 咽頭的

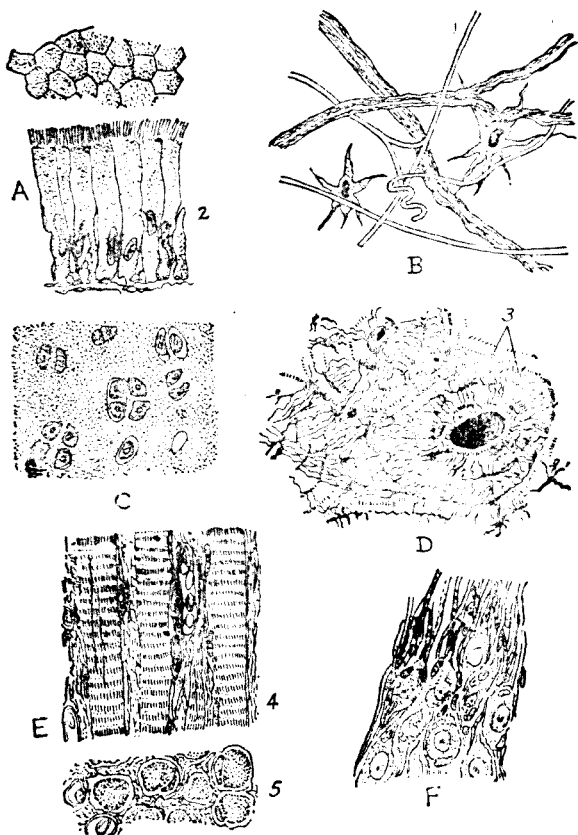


第一百零八圖——脊椎動物的模式橫切面。a, 腸; b, 懸腸膜; c, 生殖腺; d, 腹肌肉; e, 肋骨; f, 椎體; g, 脊髓; h, 神經弧; i, 背鰭; j, 鰭條; k, 背肌肉; l, 背大動脈; m, 主靜脈; n, 中腎; o, 中腎管; p, 前腎管; q, 體腔; r, 圍腔腹。(由 Woodruff)

兩旁有許多穿過體壁的鰓裂 (Gill slits)。高等脊椎動物連人在內，在胚胎時期也有這種鰓裂，但是成長以後都消滅了。

消化管與體壁間的空間是體腔。脊椎動物的體腔分前後二部。體腔的前部，在蛙與普通脊椎動物，叫作圍心腔 (Pericardial cavity)，內中只有心臟一種器官；在人類與別類哺乳動物叫作胸腔 (Thoracic cavity)，內中除心臟外又有肺。體腔的後部都叫後腹腔 (Abdominal cavity)，內中包含着很多種類的器官。

系統，器官與體素 脊椎動物身體裏的器官很多，可以按照他們的機能歸併成八個系統：(1) 骨骼系統 (Skeletal system)，內中有身體各部的骨骼。(2) 消化系統 (Digestive system)，內中有食道，胃，腸，胰，肝。(3) 循環系統 (Circulatory system)，內中有心臟，各種血管。(4) 呼吸系統 (Respiratory system)，內中有氣管，肺。(5) 排泄系統 (Excretory system)，內中有腎，膀胱。(6) 肌肉系統 (Muscular system)，內中有身體各部的許多種肌肉。(7) 神經系統 (Nervous system)，內中有腦，脊髓，許多種感覺器官。(8) 生殖系統 (Reproductive system)，內中



第一百零九圖——脊椎動物的各種體素。A, 表皮體素; 1, 表面觀; 2, 縱切面。B, C, D, 三種支結體素; B, 結締體素 (Connective tissue), 表示細胞與纖維; C, 軟骨 (Cartilage), 表示細胞與細胞間質; D, 硬骨 (Bone), 表示細胞間質與藏細胞的空間(3)。E, 肌肉體素(橫紋肌); 4, 縱切面; 5, 橫切面。F, 神經體素。
(仿 Woodruff)

有卵巢,精巢。

以上許多器官都是五類體素造成的(第109圖)。這五類體素叫作:(1)液體體素(Fluid tissue(第121圖)),(2)表皮體素(Epithelial tissue),(3)支結體素(Supporting and connective tissue),(4)肌肉體素(Muscular tissue),(5)神經體素(Nervous tissue)。液體體素,是許多互相分離的細胞混合在一種液體裏。表皮體素是許多普通形狀的細胞連結起來組成的。這些細胞往往排列成一層或者幾層,包圍在身體或者器官內外各部的表面,保衛其中的別種體素。支結體素是細胞和他們分泌的各種細胞間質組成的。細胞間質是膠狀物,纖維,或者礦物質。這類體素可以造成骨骼作身體的支柱,又可以填充在各器官裏作連結別種體素的中間物。肌肉體素的細胞裏有許多能收縮的細長纖維。這些纖維縮短的時候,肌肉就發生收縮的動作,放鬆的時候,肌肉就恢復原狀。神經體素的細胞裏也有纖維;這種纖維是很長的,不能收縮,但是能傳遞消息。

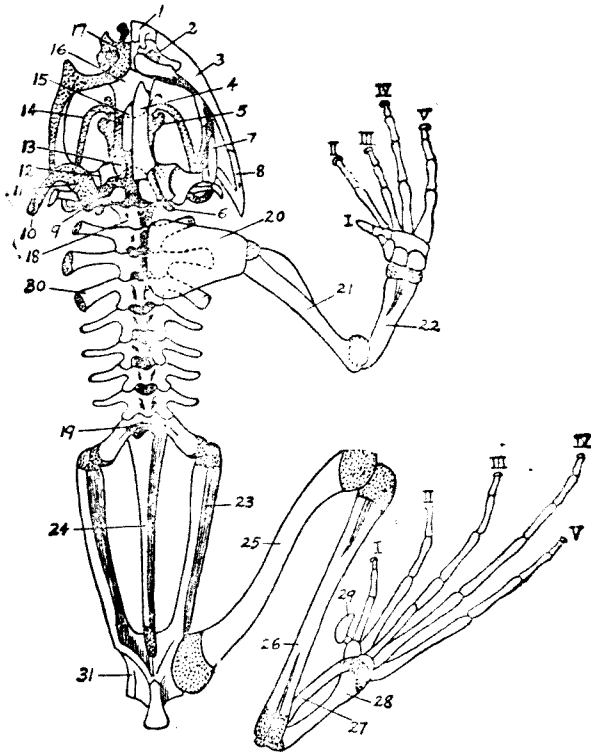
照以上所講的看起來,高等動物的身體是許多系統組成的,系統是許多器官組成的,器官是許多種體素

組成的，體素是細胞與細胞間質組成的；所以高等動物的身體雖然是複雜極了，然而分析下來，仍然是許多細胞集合在一處，互相分工，互相合作而成的一個團體。

第一節 骨 骼

骨骼可以分爲內外兩種。爪牙鱗甲這一類在外面保護身體的堅硬物體，都叫作外骨骼 (Exoskeleton)。長在身體內部的骨骼叫作內骨骼 (Endoskeleton)。內骨骼又分爲中軸骨骼 (Axial skeleton) 與附體骨骼 (Appendicular skeleton) 兩部。中軸骨骼是頭部連到尾部的骨骼。附體骨骼是由中軸連到附體裏的骨骼 (第110, 111圖)。

中軸骨骼 中軸骨骼的前端是頭骨 (Skull)。頭骨後是一條很長的脊梁 (Vertebral column)。脊梁是許多脊椎 (Vertebrae) 互相連接而成的，既能支持身體，又能彎曲，不妨礙身體的運動 (第113圖)。每個脊椎可以分爲椎體 (Centrum)，神經弧 (Neural arch)，神經棘 (Neural spine) 與橫突起 (Transverse process) 幾部。許多脊椎的神經弧連接起來，就在脊梁的背部形成一個保護脊髓的管子，叫作神經管 (Neural canal)。胸部脊

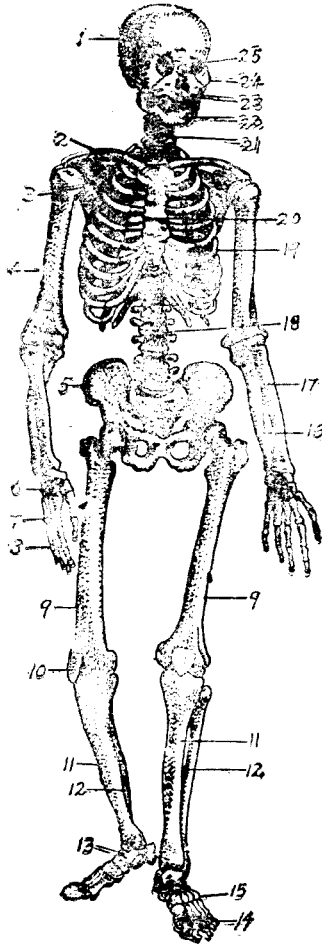


第一百一十圖——蛙骨骼的背面觀。1, 前頭骨; 2, 鋤骨; 3, 上頭骨; 4, 前頭顱頂骨; 5, 基舌骨; 6, 舌骨的后角; 7, 鱗狀骨; 8, 方軛骨; 9, 外後頭骨; 10, 懸骨; 11, 耳突起; 12, 耳前骨; 13, 15, 額門; 14, 舌骨的前角; 16, 蝴蝶篩骨; 17, 嗅囊; 18, 頸椎; 19, 薦椎; 20, 上肩胛骨; 21, 上膊骨; 22, 橈尺骨; 23, 腸骨; 24, 尾桿; 25, 大腿骨; 26, 脛腓骨; 27, 距骨; 28, 跟骨; 29, 距; 30, 橫突起; 31, 髌骨; I—V, 趾。(仿 Howes)

椎的橫突起上連着許多條肋骨 (Ribs)。肋骨包圍着胸腔,在胸腔的腹面與胸骨 (Sternum) 相連。

附體骨盤

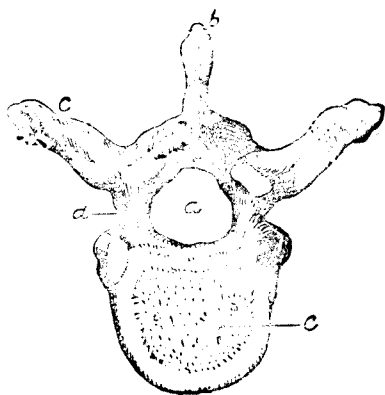
附體骨骼有前後兩對;他們支持着前肢和後肢,並且把前後肢連結在中軸骨骼上。附體骨骼可以分爲許多部。前附體骨骼架在脊梁上的部分,叫作肩帶 (Pectoral



第一百十一圖——人的骨骼。1, 頭蓋骨; 2, 鎖骨; 3, 肩胛骨; 4, 上膊骨; 5, 骨盤; 6, 腕骨; 7, 掌骨; 8, 指骨; 9, 大腿骨; 10, 膝蓋骨; 11, 脛骨; 12, 腓骨; 13, 跗骨; 14, 趾骨; 15, 跖骨; 16, 橈骨; 17, 尺骨; 18, 脊梁; 19, 肋骨; 20 胸骨; 21, 頭部的脊梁; 22, 下顎骨; 23, 上顎骨; 24, 頤骨; 25, 鼻骨。
(仿 Peabody and Hunt)

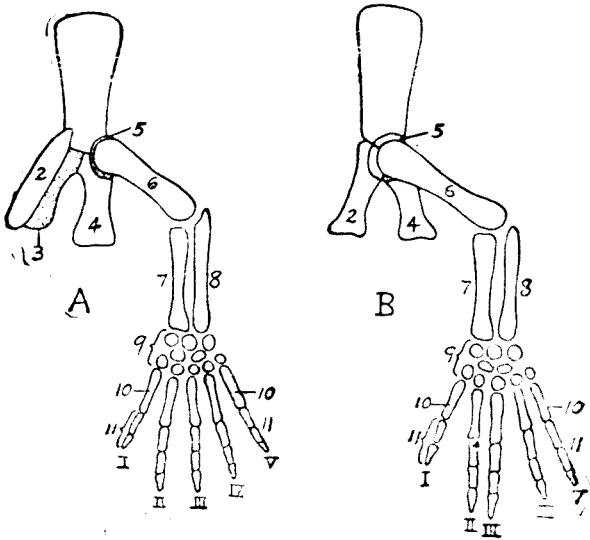


第一百一十二圖——飛薩力歐氏
(Andreas Vesalius, 1514-1564)。比利
時人，是人體解剖學的開山祖師。



第一百十三圖——人的脊椎。a
神經管；b，神經棘；c，橫突起；d，
神經弧；e，椎體。(仿 Woodruff)

girdle)。這部分骨骼的形狀，可以從第 114 圖裏看出來。連接着肩帶，藏在上膊裏的一根骨骼，叫作上膊骨(Humerus)，藏在下膊裏的兩根骨骼，叫作橈骨(Radius)和尺骨(Ulna)。在腕部有許多腕骨(Carpals)，掌部有五根掌骨(Metacarpals)，指部有五排指骨(Phalanges)後肢骨骼的結構，根本上與前肢的相同，但是有不同的名稱；



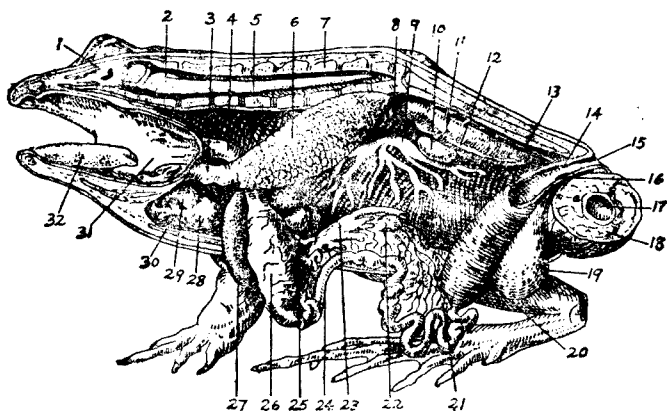
第一百十四圖 —— A, 脊椎動物的模式前肢與肩帶: 1, 肩胛骨; 2, 鎖骨; 3, 前烏喙骨; 4, 烏喙骨; 5, 肩臼; 6, 上脛骨; 7, 橈骨; 8, 尺骨; 9, 腕骨; 10, 掌骨; 11, 指骨。B, 脊椎動物的模式後肢與腰帶: 1, 腸骨; 2, 恥骨; 4, 坐骨; 5, 髌臼; 6, 大腿骨; 7, 脛骨; 8, 腓骨; 9, 跗骨; 10, 跖骨; 11, 趾骨。(由 Parker and Haswell)

結構與名稱都可以從第 114 圖裏看出來。

第二節 消化器官與消化

消化管的各部 消化系統是一個很長的管子上

面連着許多製造消化液的器官叫作消化腺 (Digestive gland)。這個管子的前端是口。口內有口腔。口腔後就是咽頭。咽頭下面是食道。食道末尾，連接一個脹大如囊的部分，這就是胃。胃的後面有小腸 (Small intestine)，以後又有大腸 (Large intestine)。在人類，大腸的末端是肛門；在蛙類，肛門內有一部分叫作肛腔 (Cloaca)，是通大腸，排洩器官與生殖器官的公共道路；所以蛙的大腸先

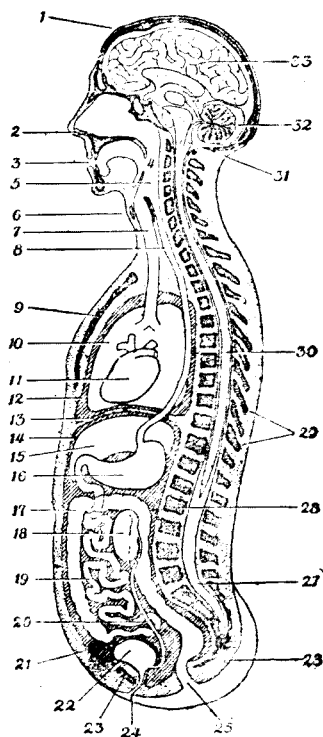


第一百十五圖 —— 蛙的解剖 1, 大嘴; 2, 延髓; 3, 氣管; 4, 食道; 5, 脊髓; 6, 左肺; 7, 脊椎; 8, 右肺; 9, 脂肪體; 10, 右精巢; 11, 右腎; 12, 腎上腺; 13, 輸尿管; 14, 通右輸尿管的孔; 15, 肛腔孔; 16, 通膀胱的孔; 17, 腰帶; 18, 腿肌肉; 19, 膀胱; 20, 大腸; 21, 懸腸膜; 22, 脾臟; 23, 胰臟; 24, 小腸; 25, 膽囊; 26, 胃; 27, 肝; 28, 心室; 29, 右心耳; 30, 左心耳; 31, 咽頭; 32, 舌。(仿 Woodruff)

經過肛腔,以後通到肛門
(第115, 116, 117圖)。

消化管壁 消化管

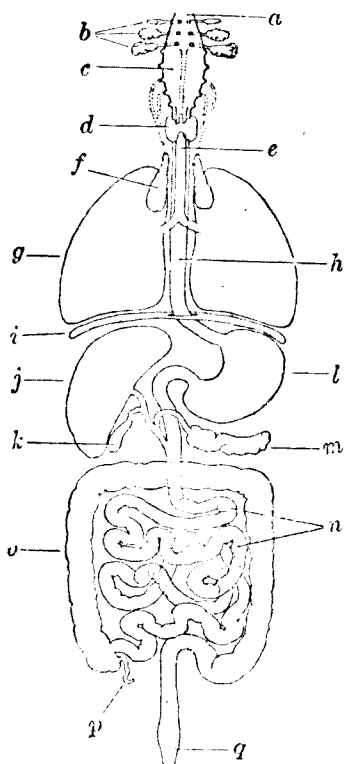
前後各部的形狀結構雖然有種種變化,但是也有根本相同的地方。各部的管壁,都可以分爲四層。這四層是:(1)圍腔膜(Peritoneum),(2)肌肉層(Muscular layer),(3)粘膜下層(Submucosa),(4)粘膜(Mucosa)(第118圖)。圍腔膜是靠近體腔的一層薄膜。肌肉層可以分爲縱肌肉,環肌肉兩部。粘膜下層內中有許多血管。粘膜靠近消化管內裏的空間,所以與食物最接近。粘膜裏有消化腺,外面有表皮。



第一百十六圖 —— 人體的縱切面。1. 頭蓋; 2. 外鼻孔; 3. 口; 4. 內鼻孔; 5. 喉頭; 6. 結喉; 7. 氣管; 8. 食道; 9. 胸骨; 10. 肺; 11. 心; 12. 胸腔; 13. 橫膈膜; 14. 腹腔; 15. 肝; 16. 胃; 17. 大腸; 18. 腎; 19. 小腸; 20. 輸尿管; 21. 蟲狀垂; 22. 膀胱; 23. 腰帶骨; 24. 尿道; 25. 肛門; 26. 骶骨; 27. 神經管; 28. 脊椎的椎體; 29. 脊椎的神經核; 30. 脊髓; 31. 延髓; 32. 小腦; 33. 大腦半球。(仿 Woodruff)

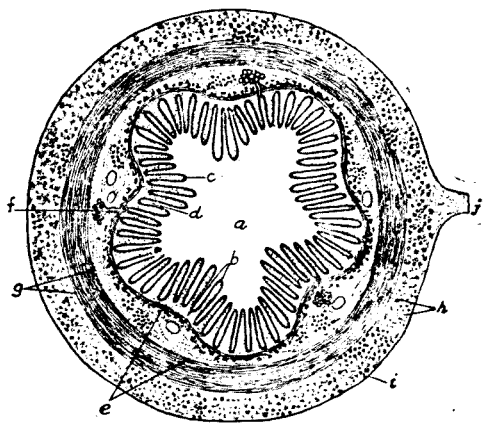
消化腺 凡是能够分泌有用液體的細胞體素,或者器官,都叫作腺 (Gland) (第119,120圖)。最簡單的是單細胞腺 (Unicellular gland)。消化管各部的粘膜裏,有一種單細胞腺,能分泌粘滑如痰的液體,叫作粘液 (Mucus)。這種粘液混合在食物裏,可以減少食物對管壁細胞的磨擦與損傷。

在動物身體裏又有多細胞腺 (Multicellular gland),是許多能分泌的細胞集合在一處造成的。這種腺所佔的空間很小,但是能產生很多的分泌液。多細胞腺有管狀,胞狀,



第一百十七圖 —— 人的消化道與消化道上生出的各器官。a, 口; b, 唾液腺; c, 咽頭; d, 甲狀腺; e, 氣管; f, 胸腺; (Thymus gland, 一種無管腺); g, 肺; h, 食道; i, 橫隔膜; j, 肝; k, 膽囊; l, 胃; m, 胰臟; n, 小腸; o, 大腸; p, 蟲狀垂; q, 直腸。
(仿 Woodruff)

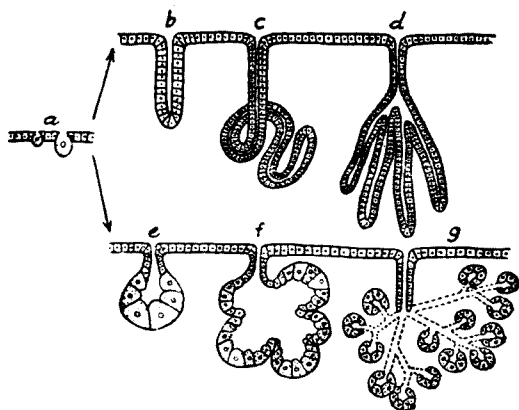
種種不同的結構通到消化管的多細胞線很多：胃壁的粘膜裏有許多管狀的胃液腺 (Gastric gland)，腸壁裏有許多腸液腺 (Intestinal gland)。除此以外又有三種很大的腺。一種是唾液腺 (Salivary



第一百十八圖 — 消化管的模式橫切面。a, 管內的空間；b, 粘膜層；c, 粘膜層的表皮；d, 粘膜層裏的腺；e, 粘膜下層；f, 粘膜下層裏的腺；g, 環肌內層；h, 縱肌內層；i, 圍腔膜；j, 懸腸膜；
(由 Schäfer 仿 Sobatta)

gland), 一種是胰臟 (Pancreas), 一種是肝 (Liver)。唾液腺的管子通口腔。胰臟有管子直接通小腸的前端。肝臟的分泌液, 先儲藏在膽囊 (Gall bladder) 裏, 以後由膽囊送進小腸。

口腔內的消化 蛙的食物是許多種小動物人的食物種類雖多, 分析下來也只有水, 無機鹽, 醣, 脂肪, 生質



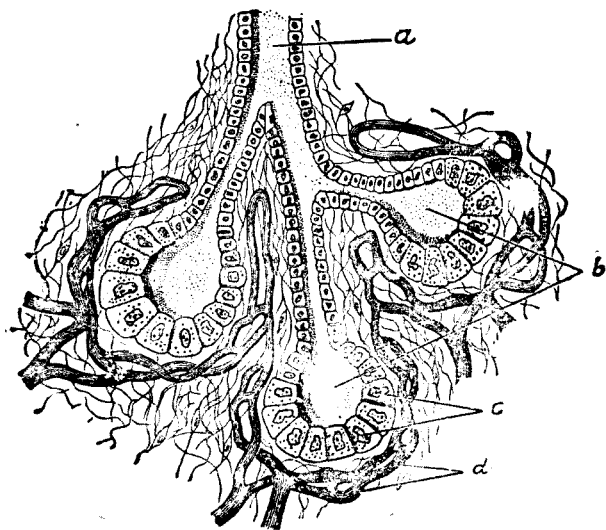
第一百十九圖 各種式樣的腺都是由表皮的向裏翻進造成的。a, 原始的單細胞腺；b, 簡單的管狀腺；c, 彎曲的管狀腺；d, 分枝的管狀腺；e, 簡單的胞狀腺；f, 單管的多胞狀腺；g, 多管的多胞狀腺。(仿 Walter)

精維他命幾種成分。蛙的食物吞下很快，在口內沒有消化。人的食物在口腔裏咀嚼成碎塊與唾液腺分泌的唾液(Saliva)混合。唾液裏有一種酵精叫作唾液精(Ptyalin)。唾液精能把食物裏的澱粉化爲麥芽糖(Maltose)。食物在口腔裏經過很短的時間，就由咽頭，食道送到胃裏。

胃內的消化 食物進胃以後，遇到胃液腺分泌的胃液(Gastric juice)。胃液裏有鹽酸又有一種酵精叫作

胃液精 (Pepsin)。鹽酸把食物變成酸性,可以殺死與食物同進消化管的微生物。胃液精能消化食物裏的生質精。食物進入體以後,大約經過四五小時,就由胃進入小腸。

腸內的消化 小腸是主要的消化器官。在小腸裏食物遇到三種消化液。一種是胰臟分泌的胰液 (Pancreatic juice), 一種是腸壁裏分泌的腸液 (Intestinal juice)。



第一百二十圖 — 腺與血管。a, 引導分泌液出腺外的管子; b, 腔狀的空間; c, 能分泌的細胞; d, 圍繞在腺外的微血管。
(由 Hough and Sedgwick)

一種是肝裏分泌的膽液 (Bile) 這三種消化液都是鹼性的,所以食物進了小腸以後,就變成鹼性胰液和腸液裏有許多種強有力的酵精有些酵精把各種碳水化合物化爲單糖。有些把脂肪化爲甘油與脂肪酸胰液裏的胰液精 (Trypsin) 能把生質精消化爲氨基酸膽液裏沒有酵精,但是有幾種有機鹽能幫助胰液消化脂肪。

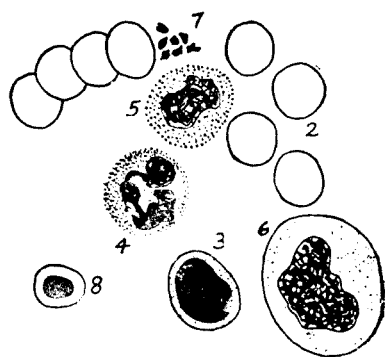
經過許多酵精的作用以後食物裏的有用成分大部分已經變成可以穿過細胞壁的單糖,甘油,脂肪酸與氨基酸。這些已經消化的食物,大部分就在小腸裏吸收進腸壁的血管,以後隨着血液的循環送到身體各部,所以小腸不單是主要的消化器官,並且是主要的吸收器官。在人體裏食物經過小腸的時間,大約是五小時,以後就進了大腸。

大腸不分泌酵精,所以沒有消化的能力。實際上大腸也不用消化的能力,因爲食物進大腸以前,其中大部分的有用成分都已經消化吸收了進大腸以後已經成了不能消化的和消化不盡的食物與膽液,死細胞,微生物混合而成的廢物。這些廢物暫時貯藏在大腸裏,後來做一次排洩送出體外大腸裏有許多種微生物利用消

化不盡的食物維持他們的生活，在平常的時候，這些微生物的生活是於人無害的。有的時候，因為消化不盡的食物太多，或者別種反常狀態，微生物的蕃殖過度，產生許多有害的毒物。這些毒物進了大腸壁的血管裏，傳到身體各部，就能引起疾病。

第三節 血液與血液的機能

高等動物的身體既大，又很複雜，所以必須有很好的運輸機關，纔能聯絡身體各部，共同維持全體的生活。這個運輸機關可以分爲三部：一是血液，一是血管，一是心臟。血液是裝載食物廢物，以及許多別種有用物體的器具；血管是血液流行的道路，心臟是血液流行的發動機。



第一百二十一圖 各種血球 1, 2, 紅血球；3-5, 白血球；3, 淋巴球；4, 多形球；7, 凝血球 8, 有細胞核的紅血球。（由 Walter 仿 Jordan and Ferguson）

血液的成分 血液是微帶鹼性的紅色液體。用顯微鏡和化學方法查出他的成分很複雜，可以

從下面的表裏看出來(第121圖):

血液的成分

血球(Blood corpuscle;

1. 紅血球(Erythrocytes or red corpuscle)
2. 白血球(Leucocytes or white corpuscle)
3. 凝血球(Thrombocytes)

①

血漿(Blood plasma)

1. 許多種有機營養料和代謝作用的廢物。
2. 醇精,激素,抗毒素等。
3. 原纖維精(Fibrinogen)。
4. 無機鹽: NaCl, NaHCO₃ 等。
5. 水。

紅血球和他的機能 蚯蚓的血紅素溶化在血漿裏,蛙與人的血紅素都藏在細胞內中。這些細胞叫作紅血球。蛙的紅血球是橢圓形的,內中有一個細胞核。人的紅血球是扁圓月餅形的,在初生成的時候,內中也有細胞核,後來細胞核消滅,就成了一個無核的細胞。紅血球

①血液除去紅血球就叫作淋巴液(Lymph),血漿除去纖維精就成了血清(Serum)。

的外面都有細胞膜，血紅素包圍在細胞膜的內面。

紅血素是一種含鐵素的生質精，很容易與養氣連合，又容易與連合的養氣分離。這種特性對於動物的呼吸有很大的幫助。因為血紅素有這種特性，血液流進肺部與空氣接近的時候，纔能吸收養氣，後來流到身體各部的微血管裏，纔能把他吸收的養氣放送出去，供給細胞呼吸的需要。

血紅素不單可以與養氣連合，也容易與一氧化碳（Carbon monoxide）連合。與一氧化碳連合以後就不能與他分離，又不能再與養氣連合，所以血紅素與一氧化碳連合以後，就成了廢物不能傳遞養氣，幫助呼吸了。北方人家用煤球爐在不通空氣的房間裏燃燒，很容易產生一氧化碳。一氧化碳吸進肺裏，破壞很多的血紅素，就發生“中煤毒”的危險。

白血球和他的機能 白血球是無色的細胞，內中有細胞核。白血球亦有許多種，很小的一種叫作淋巴球（Lymphocyte），很大的而且有不規則形細胞核的一種，叫作多形球（Polymorphs）。白血球能像變形蟲一樣的改變形狀，伸出偽足，在血液裏行動。如果血液裏偶然的

有了無用的廢物，或者外來的細菌，白血球就聚集到有這些物體的地方，像變形蟲包圍食物一樣，把這些物體吞進他們的細胞膜以後，又把這些物體消化了，或者帶到排洩器官裏排出體外。所以白血球在身體裏很像巡警或者清道夫，能掃除和消滅許多種有害的物體。

凝血球和他的機能 凝血球是許多很小的細胞，在血液流出身體的時候，這些細胞能把溶化在血漿裏的原纖維精變成固體的纖維精（Fibrin），於是血液就凝固起來，堵塞了傷口。如若血液沒有凝固的能力，身體受傷的時候，傷口不能自動堵塞起來，就要發生流血不止的危險，所以凝血球與原纖維精，也是血液裏很有用的成分。

血漿是運輸的器具 血漿是一種微帶鹼性的液體，能溶化許多種有機物和無機物。腸壁上吸收的營養料都由血漿裏輸送到身體各部的細胞，身體各部產生的二氧化碳和別種廢物，都由血漿輸送到排洩器官。激素，抗毒素這一類的物體也由血漿送到身體各部。

血漿是細胞生活的適宜環境 血漿能流到身體各部細胞的附近，所以身體各部的細胞，都生活在血漿

造成的環境裏，在第二篇裏曾經講過，用血漿可以把動物細胞取下來養活在身體之外。如若我們不用血漿，必須用仿照血漿配成的液體纔能養活細胞；用別種液體靠近細胞，細胞就不能生活。

血漿之中，除去裝在裏面輸送的各种有機物以外，有很多的水，又有一定分量的氯化鈉（普通食鹽）與許多別種無機鹽。用人工配成代替血漿的液體也是鹽水。代替蛙類血漿的鹽水是芮應格（Ringer）研究出來的，叫作芮應格溶液（Ringer's solution）。代替人類和別種哺乳動物血漿的鹽水是洛克（Locke）研究出來的，叫作洛克溶液。這兩種溶液的成分是這樣：

<u>芮應格溶液</u>	<u>洛克溶液</u>
--------------	-------------

氯化鈉(NaCl).....	0.650%	.....	0.900%
氯化鉀(KCl)	0.014%	.....	0.042%
氯化鈣(CaCl ₂)	0.012%	.....	0.024%
重碳酸鈉(NaHCO ₃).....	0.020%	.....	0.020%
磷酸二氫鈉(NaH ₂ PO ₄)....	0.001%		

照前面所講的看起來，細胞必須生活在鹽水裏。爲什麼鹽水是細胞生活的適宜環境？生物化學家查出

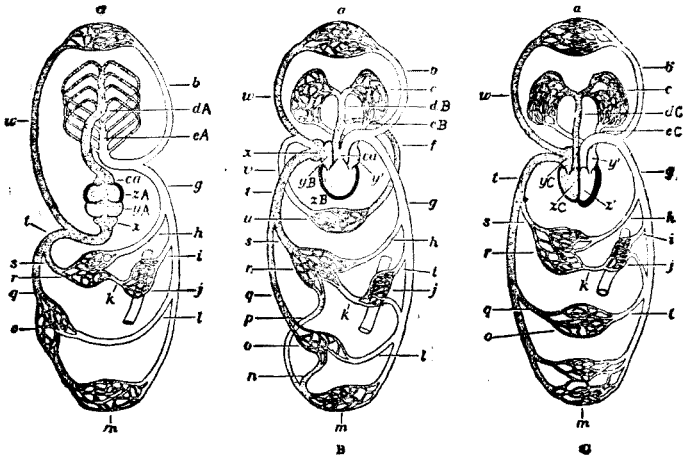
血漿裏的無機鹽成分，與海水的無機鹽成分有許多相似的地方，所以就發表一種學說，以為生命最初起源的地方是海水；現在許多淡水，陸地，和空中生活的動物，都是從海中生活的動物變成的；雖然已經離了海水多年，蛙與人以及別種動物的細胞，仍然要在像海水的環境裏纔能生活。

總結 血液裏有很多的水，又有三種細胞，許多種有機物和許多種無機物。血液的機能很多，可以分為以下幾條：(1) 供給細胞生活的適宜環境。(2) 運輸食物到身體各部，廢物到排洩器官。(3) 運輸養氣到身體各部，二氧化碳到呼吸器官。(4) 運輸激素抗毒素，這一類的物體。(5) 掃除無用物體，消滅有害的細菌。(6) 能自動凝結堵塞傷口，免去流血過多的危險。

第四節 血液的循環

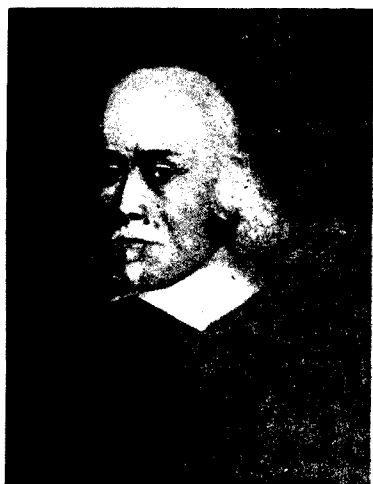
魚類的血液循環 前面所講的是血液的成分和機能，現在要講到血液怎樣在身體裏循環流動（第122, 123圖）。蛙與人類的循環系統，都是從魚類改變出來的，所以我們必須先研究一下魚類的循環，然後總能明白蛙與人的循環。魚類的心臟有一個心耳（Auricle）和一

個心室 (Ventricle) 心臟壁是肌肉造成的,所以能不斷的收縮與擴張心臟內部有許多能開關的隔膜,叫作活門 (Valves)。在心臟收縮的時候內部血液的壓力把向



第一百二十二圖 — 魚類 (A), 兩棲類 (B) 與哺乳類動物 (C) 的血液循環圖解。有點處表示不新鮮血液; 無點處表示新鮮血液。a, 頭部的微血管; b, 引血液到頭部的動脈; c, 肺裏的微血管; Ca, 動脈圓椎; dA, 引血液進鰓部的動脈; dB, dC, 肺動脈; eA, 引血液離鰓部的動脈; eB, eC, 肺靜脈; f, 由心室引血液到皮膚的動脈; g, 引血液到身體後部的主要動脈; h, 引血液到肝裏的動脈; i, 引血液到胃腸等處的動脈; j, 胃腸等處的微血管; k, 門靜脈; l, 引血液到腎裏的動脈; m, 身體後端的微血管; n, 腎門靜脈; o, 腎裏的微血管; p, 腹靜脈; q, 腎靜脈; r, 肝裏的微血管; s, 肝靜脈; t, 由身體後部引血液回心臟的靜脈; u, 皮膚裏的微血管; v, 皮膚靜脈; w, 由頭部引血液回心臟的靜脈; x, 靜脈竇; yA, 心耳; yB, yC, 右心耳; y', 左心耳; zA, zB, 心室; zC, 右心室; z', 左心室。箭頭表示血液流行的方向。(仿 Woodruff)

後的活門關閉起來,向前的活門衝開,於是血液就向前流行。在張大的時候,心臟前面的活門,受了前面血管裏的血液的壓力關閉起來,後面的活門被後面血管裏的血液的壓力衝開,進了心臟的內部。後來心臟再收縮,把血液擠進前面的血管;收縮以後又再擴張,把後面血管裏的血液吸進心臟。像這樣心臟不斷的張縮,血液就不斷的在血管裏流行了。



第一百二十三圖 — 哈爾飛 (William Harvey, 1578-1657)。英國人,發現動物身體裏的血液循環現象,是生理學的開山祖師。

從心臟把血液引出去到身體各部的血管,叫作動脈 (Artery),從身體各部把血液引回到心臟的血管,叫作靜脈 (Vein)。魚類只有一種動脈和一種靜脈。在魚類心臟裏的是缺乏養氣不新鮮的血液,這些不新鮮的血液,由動脈引出以後,先到鰓裏吸收養氣,變成新鮮血

液,以後就由許多動脈的分支,流到身體,頭,身,尾各部。在身體各部,有許多很細的微血管。微血管的壁是很薄的,血液經過微血管的時候,與管外的細胞最接近,所以就在這裏放出養氣,吸進二氧化碳,變成不新鮮的血液。後來微血管裏的血液集合在靜脈裏,由靜脈流回心臟。

蛙類的血液循環 蛙的呼吸器官和魚類的不同,所以他的循環器官也有了更改。這個更改是心臟添了一個心耳,血管添了一條新的途徑,所以蛙有左右兩個心耳和一個心室,又有兩種動脈和兩種靜脈。

蛙的一條循環途徑是由心室進體動脈 (Systemic artery),以後到身體各部,再後來由身體各部進體靜脈 (Systemic vein),經過右心耳,回到心室。另一條途徑是由心室進肺動脈 (Pulmonary artery),經過肺部的微血管,由肺靜脈 (Pulmonary vein) 和左心耳回到心室。

由體靜脈引進右心耳的是不新鮮血液。由肺靜脈引進左心耳的是新鮮血液。後來右心耳裏的不新鮮血液,與左心耳裏的新鮮血液都流進心室,混合成半新鮮的血液。這些半新鮮的血液由心室噴出來,一部分進了體動脈,周流全體,變成不新鮮血液,回到右心耳裏;一部

分進了肺動脈經過微血管變成新鮮血液，流回左心耳。

人類的血液循環 蛙類雖然有了兩條循環途徑，但是在心室裏，這兩條不會完全隔開，所以新鮮和不新鮮的血液混合起來流到身體各部。在人類，這兩條途徑是完全隔開的。人類有左右兩個心耳，左右兩個心室，兩種動脈和兩種靜脈，所以像是有兩條魚類的循環途徑合併在一處。

一條循環途徑是從左心室進體動脈，由體靜脈回右心耳，由右心耳到右心室。一條是由右心室進肺動脈，由肺靜脈回左心耳，由左心耳到左心室。

由體靜脈經過右心耳，右心室，肺動脈到肺部的，都是不新鮮血液；由肺部經過肺靜脈左心耳，左心室，體動脈到身體各部的，都是新鮮血液。因為人類的心室完全隔開成左右二部，所以新鮮與不新鮮的血液就不再混合了。

心跳與血管的張縮 心臟的壁是肌肉造成的，所以心臟能不斷的擴張與收縮。心臟的張縮叫作心跳。心跳的速率，在普通男子，大約是每分鐘七十次；女子每分鐘八十次；小孩每分鐘九十次。

血管壁裏也有肌肉，所以血管的粗細也可以更改。氣候太熱，羞恥與憤怒，飲酒，都可以引起皮膚血管的擴大，增加在皮膚裏流行的血液的分量。所以在這時候，皮膚上就現出紅色。寒冷和恐懼都可以引起皮膚血管的縮細，減少皮膚裏血液的分量，所以在這時候皮膚就變成白色。午飯以後，消化工作很忙，這時候消化器官裏的血管擴大，血量增加，於是腦部的血液減少，感覺疲倦思睡。

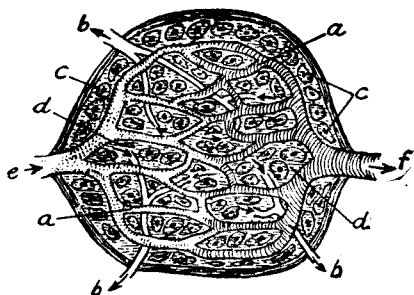
血壓與脈搏 被心臟收縮擠進血管裏的血液有一種壓力，叫作血壓（Blood pressure）。血壓在動脈裏很高，到微血管裏就減低了，在靜脈裏是很低的，或者完全沒有。

動脈裏的血壓，因為受了心臟張縮的影響，是時常改變的；心臟收縮的時候，血壓升高，擴張的時候，血壓降低。血壓的改變是脈搏的原因，所以心臟張縮一次以後，立刻就有一次脈搏（Pulse）。

血液流行的速度 血液流行的速度是很快的。據生理學家的估計，在人體中一滴血從左心室噴出以後，大約只需二十三秒鐘，就可以經過很長的循環途徑，再

回到左心室。血液流行最慢的地方是微血管。

微血管的機能 照前面所講的看起來，血液在心臟和大血管裏，是與血管外面的身體隔離的。但是血液循環的一種主要機能，是運輸食物和養氣到身體各部的細胞，又從身體各部的細胞運出廢物。要作這種工作，必須與細胞很接近。在前面所講的循環途徑裏，只有微血管的管壁很薄，血液流行的速度很慢，血液可以在這裏與血管外面的細胞發生關係（第124圖）。

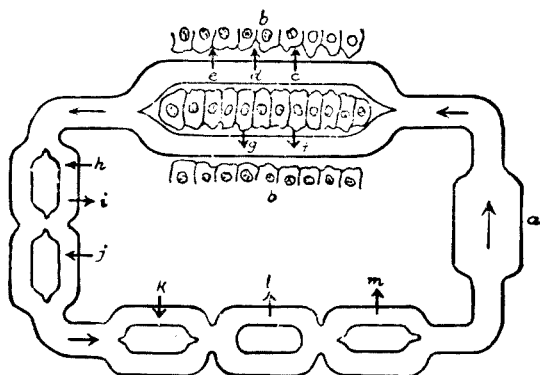


第一百二十四圖 — 微血管，淋巴管與管外細胞的關係。a，微血管；b，淋巴管；c，管外細胞；d，淋巴液；e，動脈；f，靜脈。（由 Woodruff 仿 Peabody and Hunt）

身體各部都有微血管。從第122圖裏，我們可以看出身體裏幾種主要器官的微血管。血液在肺、鰓的微血管裏，可以吸進養氣，排出二氧化碳，在腸壁的微血管裏，可以吸收營養料；在肝的微血管裏，可以把碳水化合物送到肝細胞裏，使變成肝澱粉（Glycogen）儲藏起來；在

頭、尾與身體各部的微血管裏，可以送出帶來的營養料，裝載各處產生的廢物；在腎臟的微血管裏，可以把帶來的廢物送進腎臟，排出身體。照這樣看起來，微血管就像是血液循環的停車站，上貨，下貨，都在這些地方（第125圖）。

淋巴液的循環 在微血管裏的血液，不但可以與管外的細胞交換物質，並且可以流出血管外，直接靠近各細胞。流出血管的液體，叫作淋巴液 (Lymph)。淋巴液



第一百二十五圖 —— 表示血液循環怎樣維持身體各部細胞的適宜環境。a, 心臟(心)維持血液的流動; b, 交易地點, 身體細胞與血液交換物體; c, 養氣; d, 食物; e, 激素; f, 過剩的熱; g, 廢物; h, 裝進養氣的地點(肺); i, 卸去二氧化碳的地點(肺); j, 裝進激素的地點(無管腺); k, 裝進食物的地點(消化道 卸去廢物的地點 腎); l, 卸去過剩熱的地點(皮膚)。(由 Woodruff)

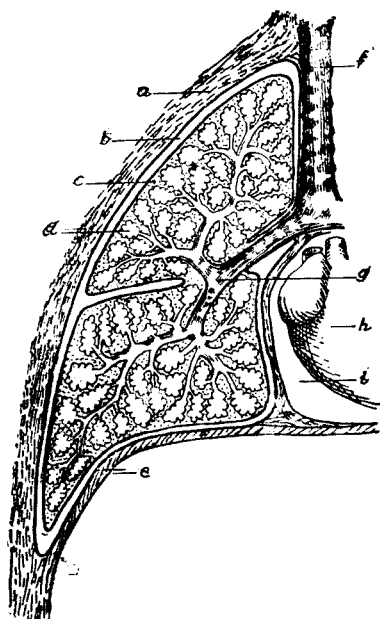
裏沒有紅血球，只有白血球和血漿。淋巴液流出血管以後就在各細胞間的空間裏流動，把帶來的食物與養氣送給各細胞。後來一部分的淋巴液滿載着各種廢物流回附近的微血管，加入血管內的循環；另一部分的淋巴液收集在許多淋巴管（Lymph vessels）裏，由淋巴管送進體靜脈回到心臟，重新加入管內血液的循環。

脾臟 在消化管的外面有一個器官，叫作脾臟（Spleen）。脾臟的地位很像是一種消化腺，但是他沒有分泌液送進消化管裏。現在生理學家查出脾臟實在是與消化系統無關的，他的機能與循環系統有些關係。脾臟裏能儲藏血球，在需要的時候放出來送到血液裏。脾臟能破壞舊血球，又能產生新血球。

第五節 呼吸器官與排洩器官

呼吸器官 在蛙和人的身體裏有一種呼吸器官，叫作肺。肺是一個囊狀的物體（第126圖）。在肺的一端有一個氣管（Trachea）。這個氣管通進肺的內部，分成許多粗細不等的支氣管（Bronchus, Bronchiole）。在細支氣管的末端有肺泡（Alveoli），肺泡的周圍分佈着很多的微血管。

肺的機能是幫助血液與新鮮空氣交換養氣與二氧化碳，肺能擴大和收縮。在擴張的時候，外面的新鮮空氣就由氣管、支氣管，吸進了肺的內部。後來肺收縮的時候，內部的不新鮮空氣就排擠出來。肺裏有很多的微血管，又有很大的與空氣接觸的面積。有人估計人肺裏的面積，結果是大約等於人體外面皮膚面積的一百倍。微血管與空氣接近的面積既然有這樣大，血液裏的二



第一百二十六圖——人的右肺。a, 胸部的體壁；b, 胸腔；c, 肺裏的結締體素與血管；d, 肺泡；e, 橫隔膜；f, 氣管；g, 右支氣管；h, 心；i, 圍心腔。(仿 Hough and Sedgwick)

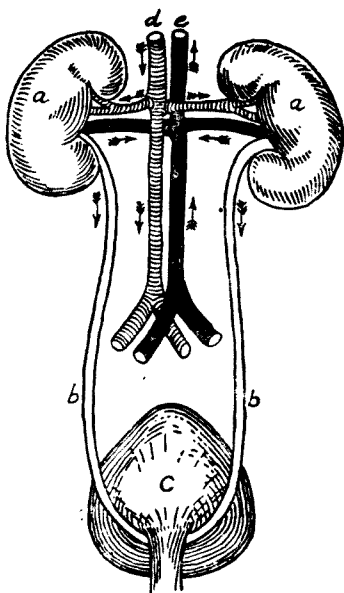
氧化碳，自然容易擴散到空氣裏，空氣裏的養氣也容易擴散到血液裏，隨着血液循環送到身體各部。

排洩器官 身體各

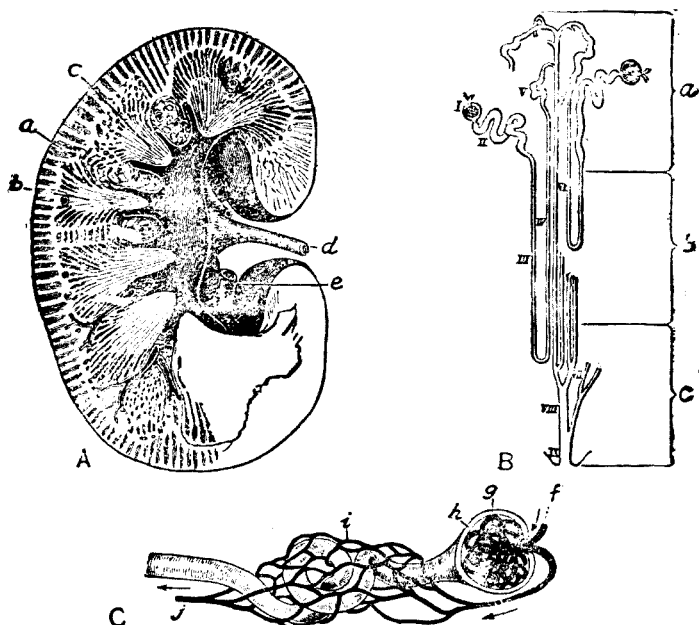
部細胞裏產生的廢物,除去二氧化碳以外,還有別種不能由肺裏排出的廢物,例如尿素。這些廢物,都由血液運到排洩器官,以後由排洩器官送出體外。脊椎動物的主要排洩器官是腎 (Kidney), 輸尿管 (Ureter) 和膀胱 (Urinary bladder) (第127, 128圖)。

腎是一對黃豆形狀的器官,內中有許多微血管,又有許多細長彎曲的管子,

叫作泌尿管 (Urinerous tubule)。微血管與泌尿管的管壁,都是很薄的,又是互相靠近的,所以血液裏的廢物,能由微血管穿過管壁,進到泌尿管裏。許多泌尿管收集的廢物,都由輸尿管運進膀胱,暫時貯藏起來,後來在充滿的時候作一次送出體外。



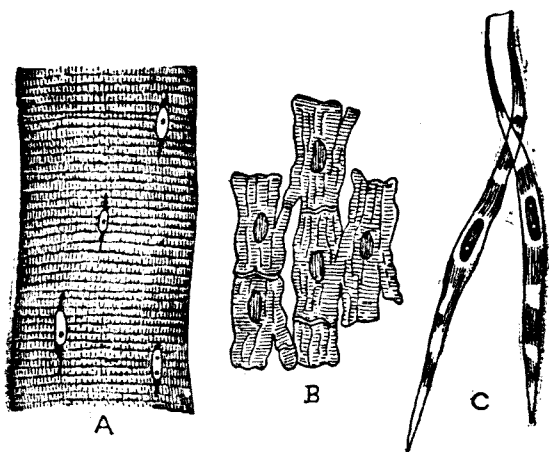
第一百二十七圖——人的排洩器官。a, 腎; b, 輸尿管; c, 膀胱; d, 動脈; e, 靜脈。箭頭表示液體流行的方向。(由 Woodruff 仿 Peabody and Hunt)



第一百二十八圖 — A, 人腎的縱切面; B, 泌尿管; C, 微血管與泌尿管的關係。a, 皮部, 腎裏最重要的泌尿管在這處與微血管接近; b, 髓部, 泌尿管由這處通塔狀體; c, 髓部的塔狀體, 泌尿管由頂端小孔通腎內的空間; d, 輸尿管; e, 腎動脈; f, 腎動脈裏的血液由這處引進微血管球 (g, glomerulus); h, 包圍微血管球的馬爾辟基囊 (Malpighian capsule); i, 靠近泌尿管彎曲部分的微血管; j, 血管由這處引進腎靜脈。I—IX 泌尿管的各部由馬爾辟基囊起到塔狀體的頂端。排洩物都在皮部裏由微血管送進泌尿管的彎曲部分以後由泌尿管流進腎裏的空間, 再後來由輸尿管從腎裏引進膀胱。(由 Woodruff 仿 Huxley, Conn and Budington)

第六節 肌肉與運動

動物的主要運動方法就是肌肉收縮。肌肉有三種:



第一百二十九圖——三種肌肉纖維。A, 橫紋肌; B, 心臟肌; C, 平滑肌。
(A, 由 Zoethout 修改; B, C, 仿 Zoethout)

一種叫作橫紋肌 (Striated muscle), 一種叫作平滑肌 (Smooth muscle), 一種叫作心臟肌 (Cardiac muscle) (第 129 圖)。

橫紋肌是三種之中最發達的一種。這種肌肉公佈在身體各部的骨骼外面, 在人體裏佔全身重量的百分之四十到五十。在顯微鏡裏看起來, 這種肌肉是很多細長的, 有橫紋的肌肉纖維 (Muscle fiber) 外加微血管, 神經和結締體素構造而成的。每個肌肉纖維內中, 有幾個細胞核, 一團細胞質; 細胞質裏包含着許多能收縮的纖

維絲 (Fibrils)。橫紋肌可以隨意收縮。這種肌肉受了神經傳來的刺激的時候，就由長縮短；在不收縮的時候，又能放鬆伸長下來。動物身體四肢的各種運動，都是由於這種收縮的能力發生的。

平滑肌分佈在胃，腸，氣管，血管，排洩管這一類器官裏面。這類肌肉是許多紡錘形的細胞造成的，每個細胞裏有一個細胞核。平滑肌的收縮是不隨意的，所以我們不能任意命令或者阻止胃，腸這類器官的運動。

心臟肌是造成心臟壁的主要體素。這類肌肉是許多短形細胞連接而成的，每個細胞內中，有一個細胞核和一團細胞質；細胞質上有橫紋。這類肌肉能連續不斷的收縮與放鬆，是心臟發生跳動的原因。這類肌肉的收縮也是不隨意的，所以我們不能隨意節制我們的心跳。

第七節 無管腺與激素

動物身體裏有些體素或者器官，能分泌特別的物質，但是沒有管子把分泌的物質引送到消化管裏，或者身體外面。這類體素或者器官都叫作無管腺 (Ductless gland)。無管腺裏有很多血管。腺裏分泌的物質，擴散進了血管以後隨着血液的循環，流到別處，在別處發生這

種分泌物的作用。無管腺分泌的物質，叫作內分泌 (Internal secretion)，又叫作激素 (Hormone)，因為這類物體能激動別種器官或者體素。

腎臟的附近，有一對無管腺，叫作腎上腺 (Adrenal gland) (第115, 142圖)。腎上腺裏產生一種激素叫作腎上腺素 (Adrenaline)。在感情興奮的時候，腎上腺裏放出腎上腺素到血液裏，隨着血液循環送到身體各部，引起身體裏許多變化。內部器官的血管收縮，血液流到皮膚外面的分量增加，於是發生面紅耳熱的現象，血壓增高，心跳加速，肝中儲藏的肝澱粉化爲單糖，送到身體各部的肌肉，供給猛力動作時候需要的能力。

氣管的旁邊有一對無管腺，叫作甲狀腺 (Thyroid gland) (第117圖)。甲狀腺產生一種含有碘素的激素，叫作甲狀腺素 (Thyroxin)。甲狀腺素隨着血液流到身體各部，能增加代謝作用的速度。如若甲狀腺退化分泌的甲狀腺素太少，身體的代謝作用就緩慢下來，於是生理、心理、行爲、容貌都現出遲鈍、愚笨的模樣。如若甲狀腺素分泌過多，身體裏的代謝作用速度就變成太快，於是心跳加速，眼珠突出，神經過敏。

以上所講的是無管腺和激素的兩個例樣,除此以外,動物身體裏還有許多別種無管腺,產生別種激素。

第八節 神經系統和他的機能

聯絡身體各部的兩種方法 動物身體裏的各器官,必須聯絡起來纔能互相調和,可以維持全體生活,發生一致行動,聯絡身體各部的的方法有兩種:一種是用激素和血液循環的方法,這種方法,像郵政局用書信傳遞消息,另外一種是用神經系統的方法,可以比作用電線傳遞消息。

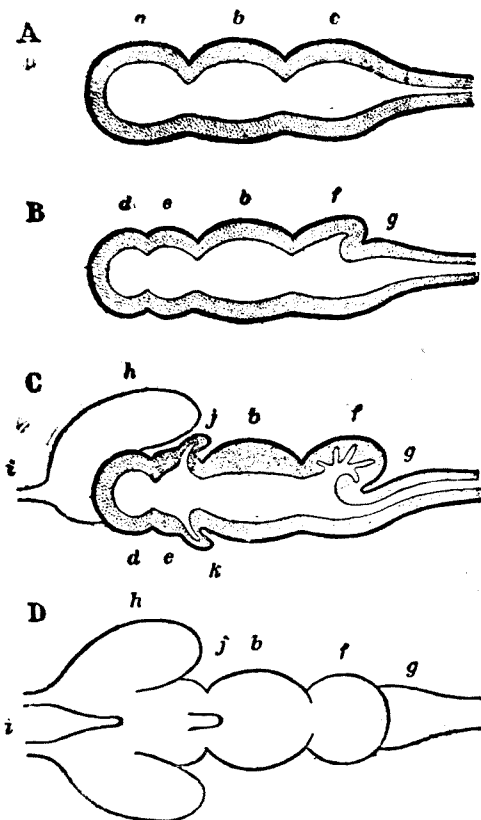
神經系統 脊椎動物的神經系統可以分爲三部:

(1) 中央神經系統 (Central nervous system), (2) 外圍神經系統 (Peripheral nervous system), (3) 自治神經系統 (Autonomous system)。

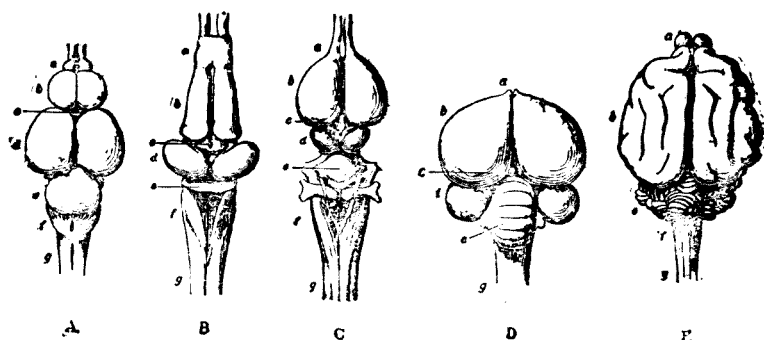
中央神經系統的前端是腦 (Brain), 可以分爲大腦 (Cerebrum), 間腦 (Diencephalon), 中腦 (Midbrain), 小腦 (Cerebellum), 延髓 (Medulla) 五部 (第130圖)。延髓後面是一條很長的脊髓 (Spinal cord)。從第131圖裏我們可以看出魚類,兩棲類,爬蟲類的大腦不很發達;鳥類和哺乳類的大腦是很發達的。

外圍神經系統是許多對從中央神經系統起源的神經(Nerve)組成的。蛙腦有十對神經,人腦有十二對神經。蛙與人的脊髓,各有許多對神經通到身體各部。

自治神經系統,是許多分散在身體各部的神經結組成的。這些神經結都有神經連接中央神經系統。在脊梁兩邊的



第一百三十一圖——胚胎期中,由神經管演變成腦的變化。A,神經管的前端(縱切面)分成前腦(a, fore-brain),中腦(b, mid-brain),後腦(c, hind-brain)三部。B,前腦分成頂腦(d, telencephalon)與間腦(e);後腦分成小腦(f),與延髓(g)。C,頂腦長出兩個大腦半球(h),大腦半球長出嗅葉(i, olfactory lobe),間腦上面生出松果體(j, pineal body),下面生出漏斗(k, infundibulum)。D,腦部演發到C圖時期的背面觀。(仿 Woodruff)



第一百三十一圖——脊椎動物腦部的背面觀，A，硬骨魚（*Perca*）；B，兩棲動物（蛙）；C，爬蟲（鱷）；D，鳥（鴿）；E，哺乳動物（貓），a，嗅葉；b，大腦半球；c，松果體；d，視葉（由中腦背面生出）；e，小腦；f，延髓；g，脊髓。（仿 Woodruff）

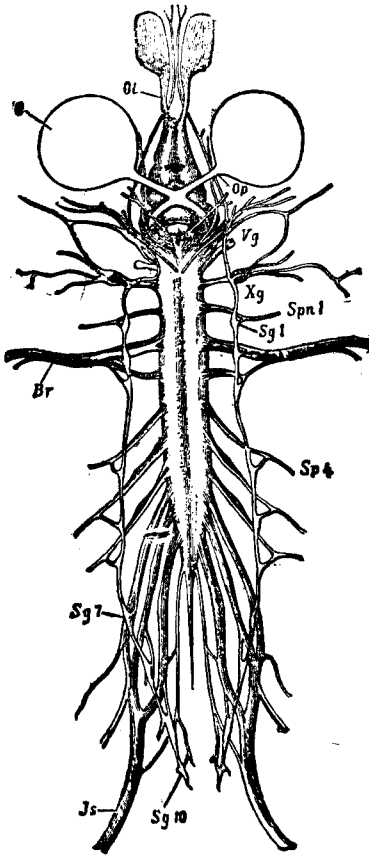
一部分自治神經系統叫作交感神經系統（Sympathetic system）（第132圖）。

神經原 組成神經系統的主要物體是神經細胞，又叫作神經原（Neurone）（第133圖）。神經原的本身叫作本體，從本體的周圍，生出來的許多細長分支，叫作突起。本體裏有細胞核和細胞質；突起內中，有一種叫作軸狀突（Axone），又有一種叫作樹狀突（Dendrite），這些突起伸得很長就成了神經纖維。在解剖動物時候，我們看見的神經，是許多神經纖維連結在一處組成的，神經

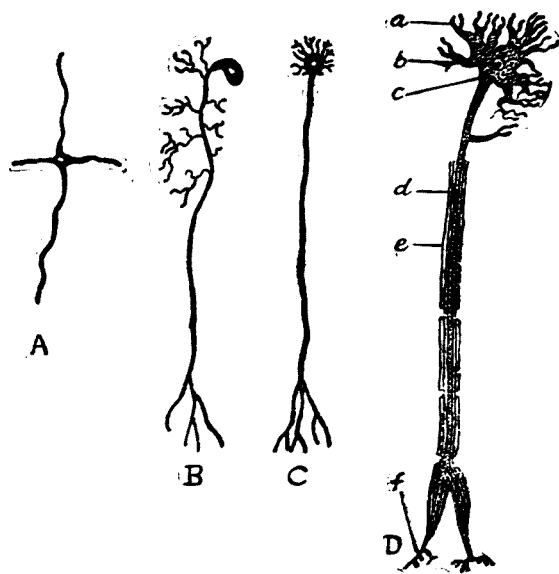
結是許多神經細胞的本體集合在一處組成的,腦與脊髓是無量數的神經原互相連接起來組成的。

反射

弧 第一
百三十四
圖是脊髓
的橫斷面
和脊髓神
經 (Spinal
nerve)。每
條脊髓神
經,有兩個
根連在脊
髓上:一個
根連在脊
髓的背面,
叫作背根
(Dorsal
root),一個



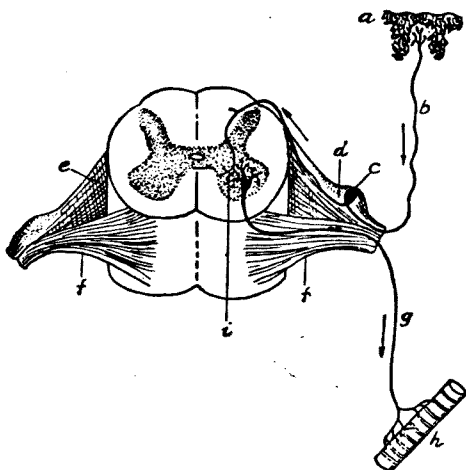
第一百三十二
圖——蛙的神經系
統腹面觀,表示腦,
腦神經 (Cranial
nerve), 脊髓,脊
髓神經 (Spinal
nerve) 與自治神
經系統。ol, 嗅神
經; O, 眼; op, 視
神經; vg, 三叉神
經結; xg, 第十腦
神經 (迷走神經)
的神經結。Sgn1,
第一脊髓神經 Br,
第二, 第三脊髓神
經; Sp 4, 第四脊
髓神經; Js, 坐骨
神經。Sg 1, Sg 7,
Sg 10. 自治神經
系統的神經結。
(由 Woodruff 仿
Ecker)



第一百三十三圖——神經原。A, 腔腸動物神經網裏的原始神經原; B, 蚯蚓的發動神經原; C, D, 脊椎動物的發動神經原。a, 樹狀突; b, 細胞核; c, 細胞體; d, 軸狀突; e, 軸鞘; f, 分枝的末梢。(仿 Woodruff)

根連在脊髓的腹面,叫作腹根 (Ventral root)。背根上有一個神經結,叫作背根結 (Dorsal root ganglion)。背根結裏有一個神經細胞,叫作感覺神經細胞。這個細胞伸出兩條神經纖維,一條向體外伸出,連接體外感受刺激的器官;一條向脊髓伸出,連接着脊椎的內部。向外伸出的

纖維是這個神經原的樹狀突，向內伸出的纖維是軸狀突。在脊椎內裏又有一個神經細胞，叫作發動神經細胞。這個細胞的樹狀突，與感覺神經細胞的軸狀突互相接觸，但是並不連



第一百三十四圖——脊髓的橫切面，表示反射弧。
a, 皮膚；b, 向心神經纖維；c, 神經細胞；d, 背根結；e, 背根；f, 腹根；g, 離心神經纖維；h, 肌肉；i, 反射中樞。(由 Zoethout 仿 Morat)

貫。發動細胞的軸狀突伸出脊髓之外，連接在肌肉上。

像前面所講的兩個神經原互相連接起來，就成了一個反射弧。反射弧的一端連在感覺器官上，另一端連接在發生反應的器官上。每個反射弧都有以下三部：(1) 傳刺激進中央神經系統的向心神經纖維，(2) 傳刺激出中央神經系統的離心神經纖維，(3) 向心神經纖維和離心神經纖維在中央神經系統裏互相連接的地方

叫作反射中樞(Reflex center)。

外界的刺激經過簡單反射弧引起的動作,叫作反射動作。反射動作是機器式的,例如人體被蚊蟲刺激的時候,不須猶豫考慮,就立刻用手去驅除蚊蟲,醒時睡時都是如此。

兩個細胞造成一個反射弧是神經原的最簡單連接法,中央神經系統裏神經原的互相連接,是非常複雜的,所以脊椎動物受了刺激以後,能發生很複雜不能預先推測出來的反應。

脊髓 脊髓的內裏有一種灰色的物質叫作灰質(Gray matter),外面有一種白色的物質叫作白質(White matter)。灰質裏有很多神經原的本體,又有神經纖維。白質裏沒有神經原的本體,只有神經纖維。

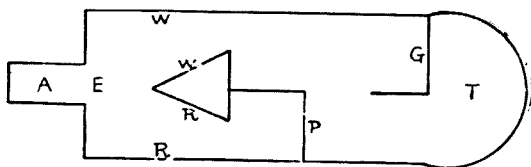
脊椎的機能有兩種:第一種機能是發生反射動作。脊髓裏有很多的反射中樞,如若把一個蛙的腦部完全割去,後來再用化學品刺激他的皮膚,這時候他仍然能發生反射動作,除去皮膚上的刺激品。第二種機能是傳導(Conduction);把刺激脊髓傳到腦,從腦傳到脊髓,或者從脊髓的一部,傳到脊髓的另一部。

延髓,中腦與間腦 延髓,中腦與間腦的機能都與脊髓有些相似:有反射中樞,又有傳導刺激的纖維。延髓裏的反射中樞,管理許多種維持生活上很重要的反射動作,例如肺的張縮,心的跳動。如若把蛙腦在延髓之前的部分全都損壞了,這個蛙仍然能維持他的生活,不至於死;如若把延髓損壞,他的呼吸和心跳立刻停止,就不能繼續生活了。

小腦 小腦的結構是白質在裏面,灰質在外面;他的機能是調和身體各部的肌肉動作。如若把高等動物的小腦割去,這個動物身體各部的肌肉動作,就失去了正常自然的聯絡,於是在行動的時候,就現出像醉酒的模樣。

蛙的大腦 蛙類大腦的結構和機能都是很不發達的。生理學家細心把蛙的大腦割去,查出這個無大腦的蛙,仍然能感受刺激,發生反動,能跳躍游泳,能捕食蟲蠅,能生活很長久的時期,表面上與正常有大腦的蛙完全一樣,所不同的,惟有關於記憶和學習的能力。

照第 135 圖造成一個盒子叫作迷宮 (Labyrinth)。把蛙從 A 處放進這個迷宮,他就在裏面向各方面亂爬

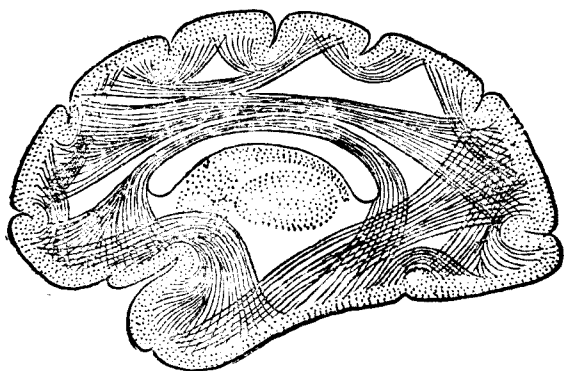


第一百三十五圖——研究蛙用的迷宮。A, E, 蛙入迷宮的門徑；G, 玻璃板；P, 隔間；R, 紅壁面；W, 白壁面；T, 水池。

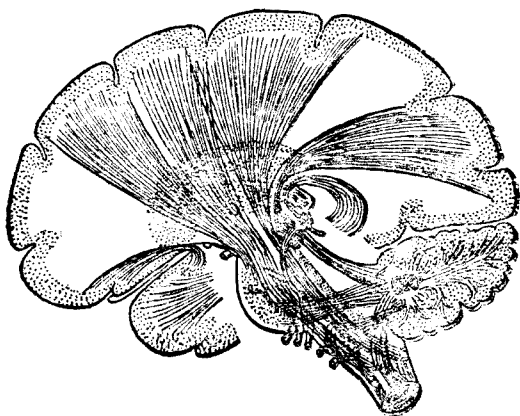
(由 Holmes 仿 Yerkes)

亂跳如若跳到紅色的 R 這邊,遇到 P 的隔間,就不能前進。白色的 W 這邊是一條生路,如若爬到這邊,就可以再向前爬去,直到遇見 G 的障礙,纔不能前進。倘若偶然轉過這個障礙到了 T 處,就可以遇見水和食物,都是蛙喜愛的。在第一次把蛙放進迷宮的時候,他必須要經過長時間的亂碰亂撞,纔能達到 T 處,經過五十到一百次的練習以後,他就能記得這條簡單的途徑,以後從 A 處直接到 T 處,不再亂走錯路了。這種學習新知識的方法叫作“嘗試成功”。如若把蛙的大腦割去,他就不再有記憶,不能再用“嘗試成功”的方法學習新知識了。

人的大腦 人的大腦是人類神經系統的最發達部分,又是人類與別種動物最不同的地方。人類的大腦,

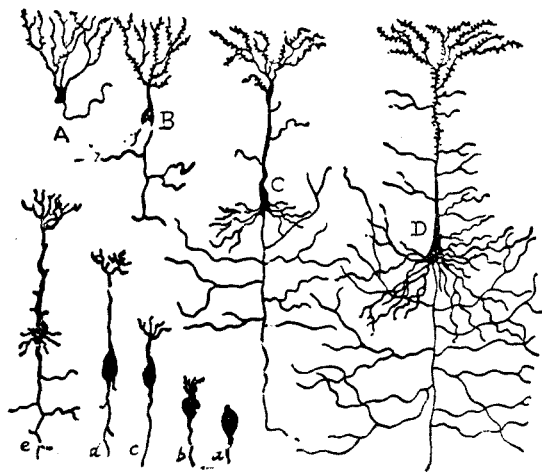


第一百三十六圖——大腦半球的切面，表示從皮層的一部連接其他一部的各種神經纖維。(仿 Starr)



第一百三十七圖——大腦與小腦的切面，表示從大腦裏伸長出來連接小腦，延髓，脊髓各部分的神經纖維。(仿 Starr)

可以分爲左右兩個大腦半球 (Cerebral hemisphere), 這兩個半球是互相連接的, 半球的表面現出許多深溝, 把球面摺成凹凸不平的皺紋。半球的外面有皮層 (Cortex), 是很多神經原本體集合而成的灰質組成的。半球的內部是許多神經纖維造成的白質。有些纖維從皮層的一部連接其他一部, 有些從一個半球連接其他一個半球,

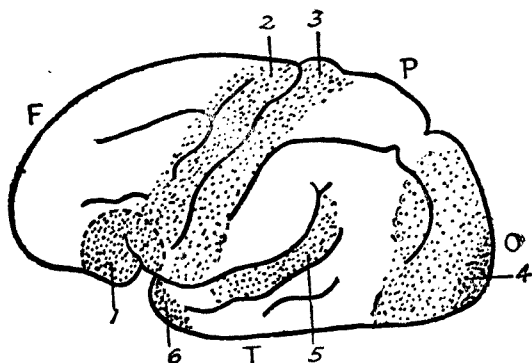


第一百三十八圖——幾種動物的大腦皮層裏的神經原，表示低等脊椎動物的神經原和胚胎初期的神經原都比較小些，又簡單些；高等脊椎動物的神經原與胚胎晚期的神經原都比較大些，又複雜些。A, 蛙的神經原；B, 蜥蜴的神經原；C, 大鼠的神經原；D, 人的神經原；a, b, c, d, e, 由胚胎初期到胚胎晚期的神經原。

(仿 Ramon y Cajal)

又有些從大腦裏伸長出來連接小腦,延髓,脊髓各部分(第136,137,138圖)。

人類大腦的機能是異常重要的。生理學家不能用人腦作試驗,只能根據大腦受了意外損傷,或者大腦生瘤以後發生的反常行爲,推測大腦各部的機能。用猿猴作試驗,也得了不少的知識,可以幫助我們解決人類大腦的生理問題。這些研究的結果,證明大腦各部的機能是不同的。按照機能的^{不同},大腦半球可以分爲三區:一是發動區 (Motor area), 一是感覺區 (Sensory area), 一



第一百三十九圖 一表示大腦皮層的分區。F, 頭前葉; P, 顱頂葉; O, 頭後葉; T, 顱顳葉。1, 言語中樞; 2, 發動區; 3, 觸覺與肌覺; 4, 視覺中區; 5, 聽覺中區; 6, 嗅覺與味覺。空白無點之處代表聯絡區。(由 Zoethout 仿 Halliburton)

是聯絡區(Association area)(第139圖)。

發動區是身體各部隨意動作的中樞；如若發動區的一部分受傷，身體上就有一部分不能隨意動作。感覺區是身體上的各種感覺的中樞；如若一部分受傷，就失去與這部分有關係的感覺。聯絡區的職務是用神經原和纖維聯絡大腦半球的各部。例如小孩學說話，必須把所見的物體，所聞的聲音，與說話時口部肌肉的動作聯絡起來。這種聯絡的中樞就在聯絡區裏。聯絡區的神經原是很豐富的，纖維的聯絡是異常複雜的。我們有學習新知識的能力，是因為我們聯絡區裏的神經纖維能把大腦半球不相關的各部互相聯絡起來。我們有記憶，是因為這些纖維能長期聯絡不斷。

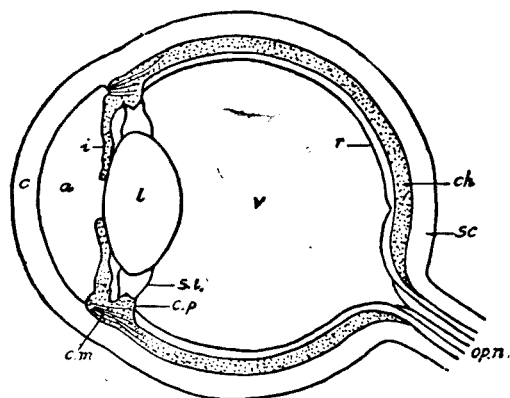
自治神經系統 動物身體裏有很多自動的工作，例如胃腸的運動，許多種腺的分泌，心的跳躍，血管的收縮。這類動作是機器式的，雖然也受着中央神經系統的監督，但是不必要腦與脊髓來直接管理。直接管理這類動物的機關是自治神經系統。

第九節 感受器

脊椎動物身體外面和內部有許多種專門感受刺

激的器官；每種器官，只能感受一種刺激。這些器官的總名稱是感受器 (Receptor)，又叫作感覺器官 (Senseorgan)。有些感受器的結構是很簡單的，例如肌肉收縮的壓力感受器，不過是神經末梢的分支連接在肌肉上。有些感受器是構造很複雜的，例如眼與耳。在頭部的感受器有眼，耳，嗅器和味器；在皮膚外面的有壓力感受器，感冷器，感熱器；在身體內部的有內部壓力感受器；在身體各部的有痛覺器。感受器裏都有外圍神經的末梢，所以感受的刺激能由神經纖維傳到中央神經系統。

感受器的種類很多，不能個個細講，現在只講一種感光的器官（第140圖）。人類的眼球內裏是一個空間，外面有三層膜。裏面的一層膜叫作網膜 (Retina)，是許多神經原組成的。中間的一層叫作脈絡膜 (Choroid)，內中有供給營養料的血管。外面的一層膜叫作鞏膜 (Sclera)，是白色的，他的機能是保護眼球的內部。在眼球前面的一部分鞏膜變成透明的角膜 (Cornea)。角膜後面，有一個透明的水晶體 (Crystalline lens)。水晶體的周圍有懸韌帶 (Suspensory ligament)，與毛狀突 (Ciliary process)，把他懸掛在脈絡膜上。水晶體的前面有一層有色素的



第一百四十圖——眼球的切面。a, 水狀液; c, 角膜; ch, 脈絡膜; e. m, 毛狀肌; cp, 毛狀突; i, 虹彩; l, 水晶體; op. n., 視神經; r, 網膜; sc, 鞏膜; s. l., 懸韌帶; v, 玻璃膠。(仿 Zoethout)

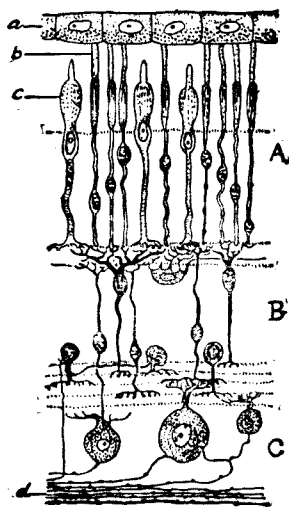
薄膜,叫作虹彩 (Iris)。虹彩內中有一個可以擴大和縮小的孔,叫作瞳孔 (Pupil),水晶體與角膜之間裝着一種透明的液體,叫作水狀液 (Aqueous humor);水晶體與網膜之間有一種透明的膠狀物,叫作玻璃膠 (Vitreous humor)。

照前面所講的看起來,眼球的結構很像照相機。外面的光線穿過角膜瞳孔,水晶體射到裏面網膜上就成了一個倒影。水晶體是有彈性的;毛狀突底下有毛狀肌 (Ciliary muscle);毛狀肌的收縮和放鬆能更改水晶體

的凸度。凸度增高的時候，可以把近處物體的倒影落在網膜上，減低的時候，可以把遠處物體的倒影落在網膜上。因為水晶體的凸度能更改，所以眼球既適於看近處的物體，又適於看遠處的物體。

但是水晶體凸度的更改是有限制的。有的時候眼球，或者水晶體，變成反常的形狀，成了近視眼，凸度已經減低以後，仍然不能把遠處物體的倒影落在網膜上。像這樣情形，就要用凹形的眼鏡來幫助水晶體，把倒影移上網膜。遠視眼的水晶體在增加凸度以後，仍然不能把近處物體的倒影落在網膜上，所以必須要用凸形的眼鏡來幫助他。

網膜是能感受光線刺激的地方。網膜裏有三



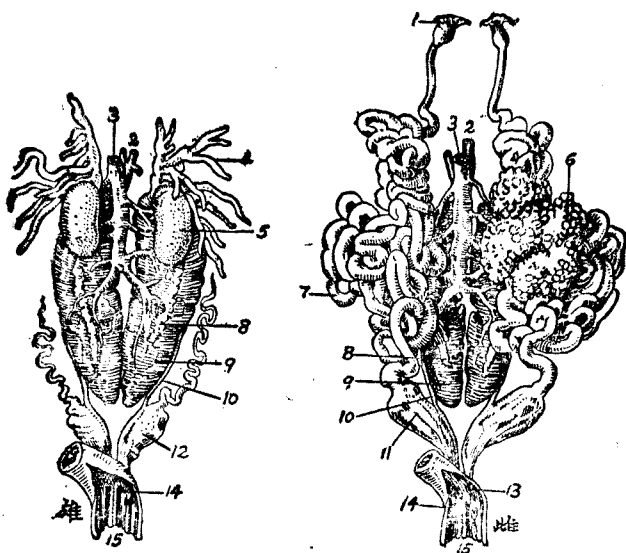
第一百四十一圖——網膜的直切面。A, B, C, 三層三經原。a, 網膜最外面靠近脈絡膜為一層色素表皮；b, 棒；c, 錐；d, 連接視神經的纖維。(仿 Woodruff)

層神經原（第141圖）。最靠近脈胎膜的神經原有兩種特別形狀的物體，叫作棒（Rods）與錐（Cone），都是樹狀突改變而成的。生理學家已經查出證據，證明棒與錐能感受光的刺激。後來這個刺激經過網膜裏三層神經原，由視覺神經傳到腦裏，就發生視覺。

第十節 生殖器官

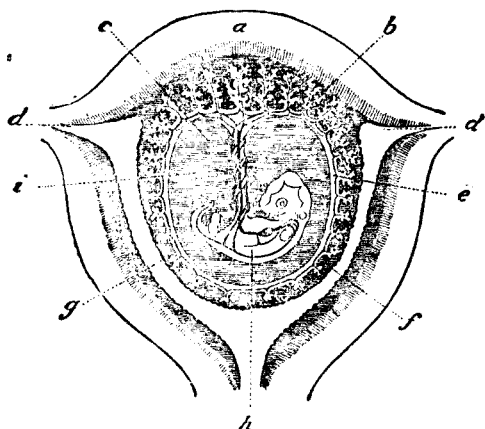
除去很少數的幾種以外，脊椎動物都是雌雄異體的。主要的雄性生殖器官是精巢。精巢裏有很多的細胞變成精子。有些脊椎動物的精子，從精巢出來，先由許多小管子送進腎臟，以後由腎臟經過排洩生殖管和肛腔出身體。有些脊椎動物的精子不經過腎臟，由精巢進輸精管，直接經過排洩生殖管出身體（第142圖）。

主要的雌性生殖器官是卵巢，卵巢裏有些細胞長成卵。成熟以後，卵就離開卵巢到體腔裏，後來由輸卵管的漏斗口進輸卵管。有些脊椎動物的輸卵管，在靠近出口的地方擴大成暫時貯藏卵的囊，叫作子宮（Uterus）。成熟的卵先貯藏在子宮裏，後來出身體與精子在體外合併，演變成胚胎。哺乳動物的胚胎能藏在子宮壁裏，由臍帶（Umbilical cord）與胎盤（Placenta）從母體的血液



第一百四十二圖——蛙的排洩生殖器官。1, 輸卵管通體腔的孔；2, 背大動脈；3, 後大靜脈；4, 脂肪體；5, 精巢；6, 卵巢；7, 輸卵管；8, 腎上腺；9, 腎；10, 輸尿管；11, 輸卵管的擴大部分；12, 雄蛙身體裏輸卵管退化以後殘餘的部分；13, 由輸卵管通肛腔的孔；14, 由輸尿管通肛腔的孔；15, 肛腔。(由 Woodruff)

裏吸收他需要的營養料，等到體積已經長得很大以後，纔脫離子宮壁，從母體產生出來（第143圖）。



第一百四十三圖——人的子宮與胚胎。a，背面的子宮壁；b，胎盤；c，羊膜裏滿裝液體的空間；d，通輸卵管的孔；e，胚胎膜；f，子宮體素；g，子宮腔；h，胚胎；i，臍帶。胚胎(h)包圍在一個滿裝液體的空間(e)裏；這個空間的外面有胚胎膜(e)和子宮體素(f)。胚胎的血液由臍帶(i)裏的血管通到胎盤(b)裏的許多微血管；在這裏胚胎的血液與母體裏的血液最接近，所以能從母親的血液裏吸收食料，又能向母親的血液裏排出廢物。(由 Woodruff)

第 六 篇

個體的起源演發與衰老

第一章 無生源論與生源論

地面上的生物到每年天氣寒冷的時候，多半消滅不見了，第二年氣候溫暖的時候，重新繁盛起來。這一種現象引起了許多人相信無生物可以變化成生物。中國有『腐草化爲螢』的成語，外國也有這一類的傳聞。究竟無生物能不能變成生物？關於這個問題，生物學裏有兩派學說：一派是無生源論（Abiogenesis），意思是生物可以從無生物發生；一派是生源論（Biogenesis），意思是生物都是從前代生物產生的，不能由無生物或者死物變化出來。

芮迪的研究 最早用科學方法研究生物起源問題的人，是十七世紀裏的芮迪（Redi）。和他同時的人都以為腐爛魚肉裏的蛆是腐爛魚肉變成的。芮迪曾經

作過一個很簡單的試驗。他把肉裝在幾個廣口瓶裏，有的瓶上不加蓋子，有的上面用紙封蓋，有的上面用網蓋了。後來不封蓋的瓶裏生了蛆；用網蓋的瓶裏沒有生蛆，網上生了蛆；用紙封蓋的瓶裏外都沒有生蛆。從這個試驗的結果看起來，腐爛的魚肉不能變化成蛆，蛆是蒼蠅在瓶裏或者網蓋上產生的卵變成的。

施巴蘭讓尼的研究 芮迪的試驗，雖然證明了腐爛的肉不能變成蛆，但是還不能完全解決生物起源的問題，因為自從顯微鏡應用到生物學裏以後，我們知道腐爛的肉裏除了蛆以外，還有很多的微生物。我們雖然知道沒有蒼蠅的卵不能有蛆，但是還不知道微生物的發生是不是必定要先有微生物到肉裏傳種。要想解決這個問題，必須先把一瓶肉封蓋完密，使外界的微生物不能進瓶，又把瓶裏所有的微生物經過數小時以上長時間的燒煮，完全殺滅了，然後看瓶裏能不能生出微生物。施巴蘭讓尼（Spallanzani）照上面所述的方法作過試驗。他的結果同芮迪的一樣，是微生物不能自然發生。

但是施巴蘭讓尼的試驗，仍然不能把生物起源的問題完全解決了，因為微生物的生活必須在有養氣的

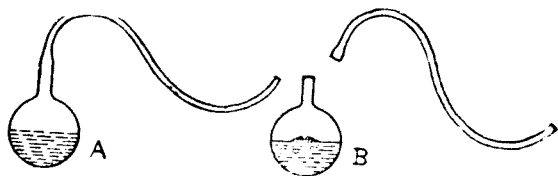
地方,外界的微生物雖然不能進施巴蘭讓尼的瓶子,外界的空氣也不能進去,瓶裏不能發生微生物,或者是因為沒有外界的空氣,要想最後的解決這個問題,必定要設法使外界的空氣可以進瓶,而外界的微生物孢子不能進瓶,我們知道空中有很多微生物孢子,要想尋些不含微生物孢子的空氣是很難的。

巴斯德的研究 因為有上面所講的困難,生物起

源的問題到十九世紀中間還不能解決,這時候有些生物學家信無生源論,又有些信生源論,兩派的爭論是很熱烈的。主張生源論的人有巴斯德(P. Pasteur, 第145圖)。巴斯德用第145圖表示的玻璃瓶作試驗瓶,含有容易發生微生物的肉汁或者別種液體,上面有彎曲的玻璃管。巴斯德用火燒煮這個



第一五四四圖——巴斯德
(Louis Pasteur, 1822-1895)。法國生物學家,細菌學的開山祖師,證明無生物不能生成生物。



第一百四十五圖 巴斯德證明無生說不能生成生物的試驗。A 瓶上的管子折斷以前，瓶裏的肉汁不生微生物；B，瓶上的管子折斷以後，肉汁裏生出微生物。（仿 Singer）

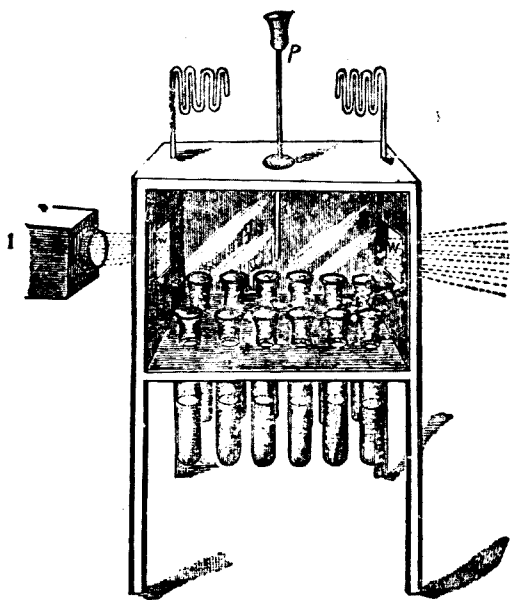
玻璃瓶經過長時間的燒煮以後，瓶裏和上面玻璃管裏的微生物和孢子都燒死了。這時候瓶裏和外界的空氣，仍然可以由彎曲的玻璃管裏相通，但是外界的微生物孢子，如若進了玻璃管，都落在向下彎曲的地方，不能進到瓶裏。因為微生物孢子不能進瓶，所以瓶裏的肉汁，可以經過幾個月或者幾年不發生微生物。如若把瓶上的玻璃管折斷，讓空氣裏的孢子可以從上面落進肉汁，數小時以後，肉汁裏就現出很多的微生物了。

聽德爾的研究 物理學家聽德爾（Tyndall）也作過試驗，得到幫助生原論的結果。他用了作試驗的器具是一個玻璃櫥（第146圖）。櫥的兩頭各有一個小玻璃窗，櫥底有許多小孔，每個孔裏裝置一個玻璃試管，試管的下段伸出櫥外。櫥頂的中央有一個孔，孔裏有橡皮

膜,又有一個漏斗管插在橡皮膜的中央。櫃頂的兩頭各有一個小孔,內中插着一個彎曲許多次的玻璃管。櫃裏的空氣,可以由這個曲折的玻璃管與外界的空氣相通。櫃的裏面塗了一層甘油。

如若從櫃

的右邊玻璃窗射進強光,經過左邊的玻璃窗到櫃外,櫃裏空氣中的灰塵必定把光反射出來,使人可以從正面的玻璃門看見光。如若玻璃櫃放在不動的地方,經過長久時間,櫃裏空氣中的灰塵都已經落在櫃底上,或者被甘油粘在櫃壁上,這時候空氣中沒有反光的物體由右



第一百四十六圖——聽德爾(Tyndall)研究生命起源的玻璃櫃。l. 櫃；p, 漏斗；w, 玻璃窗。(由 McFarland 仿 Tyndall)

窗射進，左窗射出的光就不能從正面看見了。在櫥裏的灰塵都已經被甘油粘在櫥底或者壁上以後，聽德爾把容易發生微生物的液體，由漏斗管送進櫥裏的各試管，又把伸在櫥外的試管下段燒熱了，消滅管內的微生物和孢子。試驗的結果是試管裏容易腐化的液體，雖然與新鮮空氣接近，但是不能腐化發生微生物。

自從巴斯德與聽德爾的研究發表以後，無生源論與生源論的爭論就平靜下來了；勝利屬於生源論。生源論的成立，不但在純粹學術上是很重要的，在應用方面也有很大的價值。因為生物不能從死物變化出來，我們纔能製造罐頭，保存食物，纔能預防和控制農藝植物和家畜的病害，纔能用隔離的方法停止傳染病的廣播，纔能實行近代的外科手術。

生物既然都是從前代生物產生的，地面上最初的生物怎樣起源？這個問題現在還不能解決。有人以為最初的生物是從別的行星上來的。有人以為在很古的時候，地面上的狀況和現在不同；在那時候無生物可以變成簡單的生物以後演化成現在的種類。這些意見不過是把一個目前的問題推開到很遠很古不能着手研

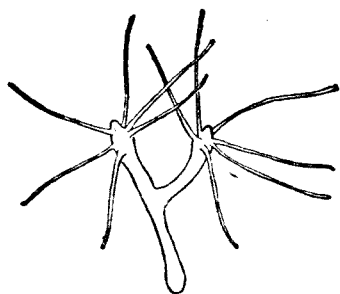
究的地方，實在不能算是對於解決這個問題有什麼幫助。近來又有人以爲地面上最初的生物是從無生物變化出來的，現在地面上仍然可以從無生物產生最簡單的生物。這些生物比細菌更小更簡單，所以產生以後都被別種生物把他消滅了，不能繼續生存。這種意見在理論上並沒有什麼可以反對的地方，但是在事實上現在還沒有幫助他的科學證據。

第二章 生殖與性

前章裏已經講過了幾個試驗證明地面上的生物，都是從前代的生物產生的。現在要講的是前代生物怎樣產生後代生物。前代產生後代的普通方法，可以分爲五類：(1) 分體生殖 (Binary division)。 (2) 出芽生殖 (Budding)。 (3) 孢子生殖 (Spore-formation)。以上三類方法都可以叫作無性生殖 (Asexual reproduction)。 (4) 配子生殖 (Gametic reproduction)，又叫作有性生殖 (Sexual reproduction)。 (5) 單雌生殖 (Parthenogenesis)。

分體生殖 最簡單的生殖方法是分體生殖——把前代的一個身體平均分裂成後代的兩個身體。用這種方法生殖不能有前後兩代的個體同時生存，所以不

發生普通的親子關係。前幾篇裏已經講過了許多種生物能用分體生殖法產生後代，例如細菌，複球藻，變形蟲，草履蟲，水螅和扁蟲也能用這種方法生殖(第147, 148圖)。



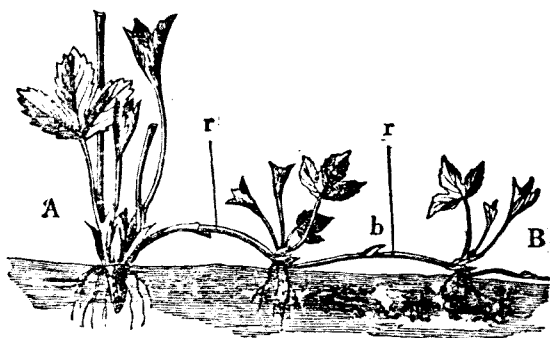
第一百四十七圖 水螅的分體生殖。
(Woodruff 仿 Koelitz)

出芽生殖 出芽生

殖法是把前代身體的一部分變成一個芽體，後來芽體漸漸長大成第二代生物。有的時候後代的身體可以離開前代獨立生活；有的時候後代不與前代分離，結果是芽體的上面又生芽體，許多個體連成一個羣體的生物。用這種方法生殖，前後代的個體可以同時生存，所以能發生親子的關係。酵母菌，水螅，許多種類的高等植物例如草莓，少數種類的高等動物例如海鞘，都能用出芽方法產生後代(第149,



第一百四十八圖 扁蟲的分體生殖。(仿 Child)

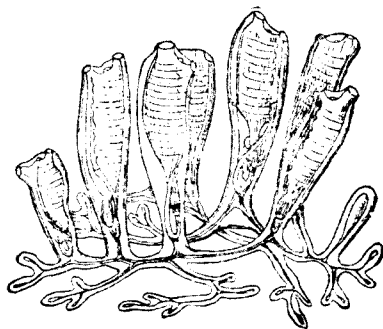


第一百四十九圖——草莓用匍匐枝生殖。A, 親體; B, 幼體; b, 變形葉; r, 匍匐枝。(由 Bergen and Caldwell)

150 圖)。

孢子生殖 分體生殖和出芽生殖都用前代的一

半,或者一小部分身體變成後代的身體,所以每次生殖,往往只增加一個個體在多細胞生物,一半或者一小部分身體是很多的細胞組成的。孢子生殖與以上二種不同的地方,是前



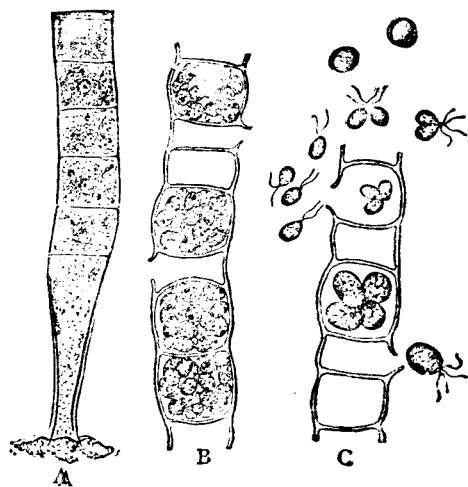
第一百五十圖 海蛸(*Clavellina*) 的出芽生殖。(由 Abbott 仿 Herdman)

代生物能在一次產生很多的生殖細胞，叫作孢子，後來每個生殖細胞長成一個生物。大多數種類的植物和少數種類的低等動物，例如瘧蟲，都能用孢子產生後代。

清水池塘裏的磚石上面，有的時候生着一種毛狀的低等植物，叫作波髮藻（*Ulothrix*）。波髮藻的身體是

許多細胞排列成的一條細線，大約有半寸長（第151圖）。在生殖時期裏，有些細胞內部的原生質分裂成許多有鞭毛的孢子。這些孢子可以分爲兩類。

一類孢子的體積大些，有四個鞭毛；一類小些，有兩個鞭毛。這



第一百五十一圖——波髮藻。這種植物是細長如線的，一端游離在水裏，一端附著在水裏的固體物上。A，附著固體物的部分。B，細胞裏生成孢子，三個細胞裏的孢子已經散出到水裏。C，圖中有幾個大孢子，幾個小孢子，或者配子，又有兩對正在連合時候的配子。（由 Coulter）

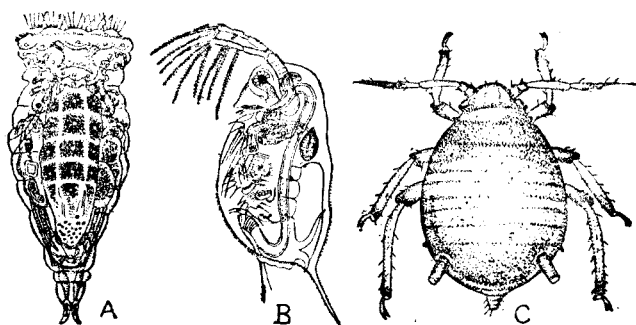
兩類孢子都能在水中游泳，後來各自長成一個波髮藻。

配子生殖 波髮藻的小孢子，有一種普通孢子都。沒有的行爲，如若兩個小孢子在水裏游泳到互相靠近的地方，這兩個孢子能連合起來併成一個細胞；後來這個合併成的細胞，分裂成許多孢子，在水裏分散到各處長成許多波髮藻。普通孢子是不能互相合併的生殖細胞，配子是能合併的生殖細胞，波髮藻的孢子既可以不合併，又能合併，所以既是孢子，又是配子。用孢子產生後代是無性生殖；用配子產生後代是有性生殖。波髮藻的小孢子的特別行爲顯明孢子可以變成配子，有性生殖是從無性生殖發生的。

配子生殖是生物界裏一種很普通的生殖方法。各種生物的配子生殖，根本上都是相同的；——兩個配子合併成一個合子，後來合子演發成後代生物；但是在詳細地方，配子生殖法的變異很多。例如波髮藻的配子（小孢子）形狀體積都是相同的，普通動植物，的卵與精子有很大的差別；草履蟲的受精，是小細胞核的交換與合併細胞質並不合併，普通動植物的受精多半是兩個整個細胞合併成一個細胞。

單雌生殖 蜜蜂是雌雄異體的生物。同普通動物一樣，雌蜂產卵，雄蜂產精子，卵與精子合併成受精卵。但是蜜蜂的卵有一種特別的地方：這就是卵可以不經過受精直接演發成雄蜂，如若受精，就演發成雌蜂。受精或者不受精，與演發成雌雄的關係，留到後來在第七篇裏再講，現在我們要注意的是蜜蜂的卵既可以受精，又可以不受精演發成後代生物。

蜜蜂的卵是可以受精，或者不受精的。有些動物，例如輪蟲，水蚤，蚜蟲，能產生不能受精的卵（第152圖）。這些卵的內部結構，證明他們不是孢子，實在是配子，但是這種配子不必經過受精就能演發。有的時候輪蟲，蚜蟲，



第一百五十二圖——A，輪蟲(Hydatina)；B，水蚤(Daphnia)；C，蚜蟲(Aphis)。(A, B, 由 Parker and Haswell; C, 由 Inms)

水蚤這一類的生物，同時有雌雄兩種，有的時候只有雌的，沒有雄的，繼續許多代用不須受精的卵產生後代。這樣的生殖方法，叫作單雌生殖。

人工單雌生殖 照天然方法，兩性生殖的卵，必須經過受精，纔能演發成胚胎。羅卜 (Loeb) 發明幾種方法，可以不用受精，引起海膽(Sea-urchin)卵的演發(第153圖)。用人工方法引起不受精卵的演發，叫作人工單雌生殖(Artificial parthenogenesis)。

經過羅卜與許多別人的研究以後，我們已經知道除海膽以外，還有很多種類的棘皮動物，環節動物，軟體動物等，都可以用人工引起單雌生殖。引起單雌生殖的方法很多，內中有化學方法，搖動，提高溫度，降低溫度等。對於海膽卵的方法是用兩種溶液：
(1) 海水裏加入很少的



第一百五十三圖 — 羅卜 (Jacques Loeb, 1859-1924)。生長德國，後來移居美國，最早用人工方法引起單雌生殖。

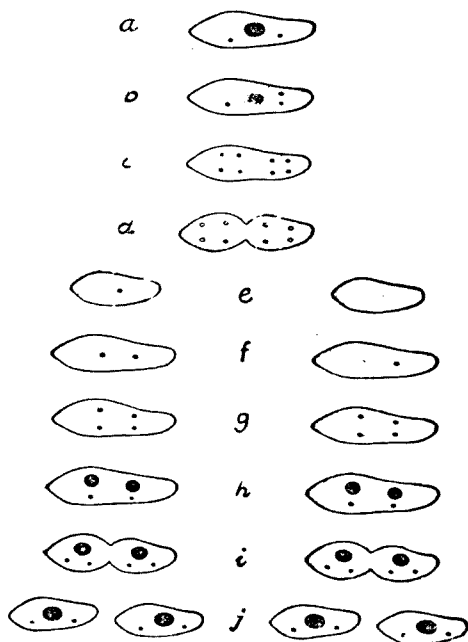
酪酸 Butyric acid), (2) 海水裏加入食鹽 (NaCl)。如若把海膽的不受精卵先放在第一種溶液裏, 後來移到第二種溶液裏, 再後來移到普通海水裏, 這些卵就像是已經受精一樣發生變化, 長成幼蟲, 卵可以用針尖刺激一下, 引起單雌生殖。

性的功用 在高等動植物, 性與生殖像是有很密切的關係, 所以性的功用就像是輔助生殖。但是實際上並不是這樣。前面已經講過許多種的無性生殖法; 從蕃殖種族着想, 這些方法都是很好的, 沒有把性添在生殖上的必要。不但沒有必要, 添上性以後, 反要減少蕃殖的機會, 因為用孢子生殖, 每個細胞可以長成一個生物, 用配子生殖, 必須要有兩個細胞, 纔能生成一個身體。有人以為卵是主要的生殖細胞, 精子有刺激這個生殖細胞的能力, 卵受了精子的刺激就演發, 不受這個刺激就不能演發。但是前面已經講過了許多種動物的單雌生殖和人工單雌生殖, 可見得精子的刺激也不是必需的。

雌雄兩性的分別既然不能幫助生殖, 生物界裏何以發生兩性? 性是生物界裏的一個很普遍的現象; 既然這樣普遍, 必定有些功用; 功用是什麼?

在第三篇裏曾經講過草履蟲的通常生殖法是橫

分裂,分裂許多次以後,必須要有一次接合。毛勃氏 (Maupas) 作過一個很有趣的試驗。他把草履蟲這一類的動物 (Stylo-nychia, Oxytricha 等), 養活在互相隔離的地方,不讓他們接合。結果是經過許多次的橫分裂以後,這類動物的體積就漸漸的減小了,行動變慢了,現出老弱的狀態,後來都老死了。如若在老死之前讓他們接合,產生的後代能恢復原先的活潑狀



第一百五十四圖——草履蟲 (*Paramecium aurelia*) 細胞核的改組 a, 改組以前的狀態; b, 大細胞核消滅, 小細胞核初次分裂; c, 小細胞核二次分裂; d, 八個小細胞核中消滅了六個只剩兩個; e, 一個細胞分裂成兩個細胞; f, 細胞分裂以後的小細胞核初次分裂; g, 小細胞核二次分裂; h, 兩個小細胞核改變成兩個大細胞核; i, 小細胞核再分裂一次, 細胞又要分裂; j, 小細胞分裂以後, 恢復改組以前的常態。(仿 Woodruff)

態,用橫分裂方法繼續蕃殖,長久生存。照這樣看起來,接合似乎可以把衰老的原生動物改變成少壯的,好像是有轉老返幼的功用。這個理論雖然是根據試驗的證據成立的,但是不能得到生物學家的公認,因為伍拙夫 (Woodruff) 用草履蟲 (*Paramecium aurelia*) 作試驗發現了不同的結果。伍拙夫 查出這種草履蟲經過許多次分裂生殖以後,也現出衰老狀態。在衰老時期裏,如若不讓他接合,他的細胞內部發生變化:大細胞核消滅了,小細胞核分裂幾次,重新生出大細胞核 (第154圖)。自從細胞核改組以後,這種草履蟲,不用接合,就恢復少壯的狀態,繼續用分裂方法蕃殖。還有一層原因:細菌和藍綠藻 (*Cyanophyceae*) 都是沒有配子生殖的生物;這幾類生物能永遠不斷的用分裂方法蕃殖,並不發生像草履蟲的衰老現象。

魏斯曼 (Weismann) 和許多別的生物學家,都以為性的功用是增加生物的變異 (Variation)。用無性方法生殖,前後代的遺傳性是完全相同的,所以後代的生物變異很少。用有性方法生殖,後代遺傳性是從前代兩個來源混合而成的,所以後代的生物變異很多。增加變異,

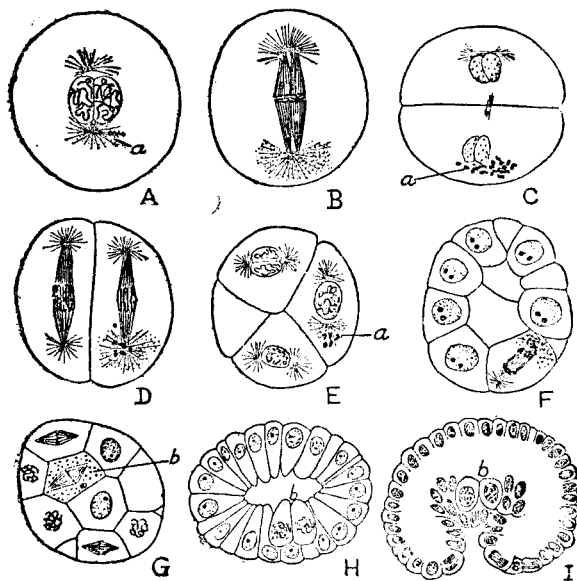
就是增加種族適合新環境的機會，所以在種族生存上是很有益的(參看第七篇第三章和第八篇第四章)。

第三章 生殖細胞的輪轉

生殖細胞 (Germ cell) 是前後代之間裝載遺傳性的渡船，又是生物身體的起點，所以要想了解遺傳演發各種生物現象，必須先把生殖細胞細心研究一下。

從受精卵到原始生殖細胞 生物身體裏的各種器官，體素，細胞都是從最初的一個受精卵分裂特化出來的；所以講生殖細胞，可以從受精卵講起。受精卵是卵與精子合併而成的一個細胞，內中有一個細胞核和一團細胞質。這個細胞由一分為二，二分為四，像這樣繼續下去，就成了一個許多細胞集合而成的胚胎。胚胎裏最初的幾個生殖細胞，叫作原始生殖細胞 (Primordial germ cell)。

從受精卵到原始生殖細胞的歷史，是很不容易查考出來的。有些生物的生殖細胞裏，有一類特別的物體，叫作生殖細胞指定體 (Germ cell determinant)。這類物體，可以幫助我們查考受精卵到原始生殖細胞的一段歷史。獨眼水蚤 (Cyclops. 一種甲殼類的動物) 的生殖



第一百五十五圖——獨眼水蚤的胚胎初期，表示生殖細胞指定體。a，生殖細胞指定體；b，原始生殖細胞。A, B, C, D, 初次與二次細胞分裂；E, 十二細胞時期；F, 十五細胞時期；G, 普通細胞在第六次分裂期中，生殖細胞在第五次分裂期中，這時候生殖細胞指定體已經分裂開來；H, I, 初期與晚期的原腸胚。(由 Wilson 仿 Amma)

細胞指定體，是細胞質裏的許多顆粒（第155圖）。在受精卵裏，這些顆粒聚集在細胞的一邊，所以受精卵分裂成兩個細胞以後，只有一個細胞裏有這些顆粒。後來第二、三、四次細胞分裂的時候，這些顆粒都聚集在一個中心體的附近，分裂以後，留在一個子細胞裏。到第四次分

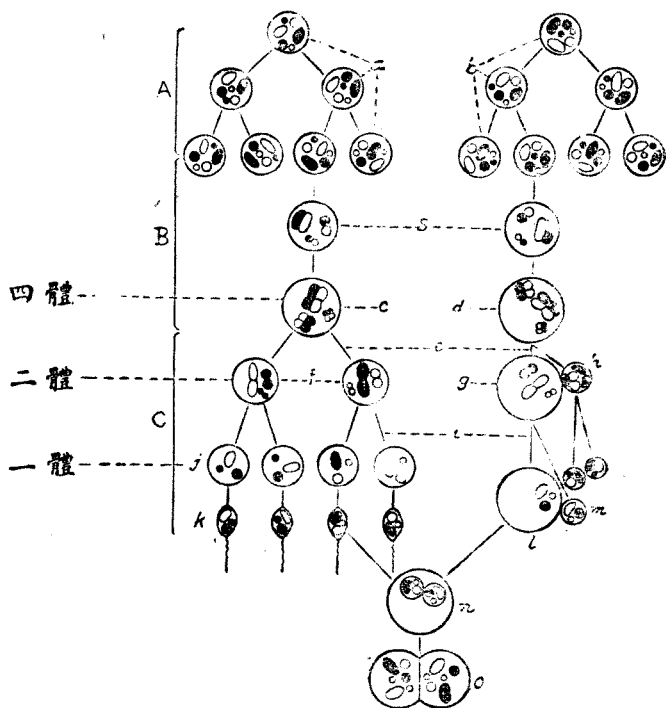
裂以後，胚胎裏已經有了十六個細胞，內中只有一個細胞有生殖細胞指定體。這時候這個細胞已經成了原始生殖細胞，因為到第五次分裂的時候，顆粒形的物體，就分散到細胞質的各部，以後隨着分配在子細胞裏，從此以後，分裂生成的後代細胞都是生殖細胞了。

受精卵是前代產生的生殖細胞。照前面所講的看起來，後代的原始生殖細胞，是從前代的生殖細胞直接分裂生成的，不是普通身體細胞變成的，因為從受精卵到原始生殖細胞的各代細胞裏，都有生殖細胞指定體，凡是沒有這類物體的普通細胞，都不能分裂生成生殖細胞。

繁殖時期 原始生殖細胞分裂生成的後代，都是生殖細胞。從原始生殖細胞起到變成精子和卵子的歷史，可以分為三個時期（第156圖）。最早的是繁殖時期（Multiplication period）。在這個時期裏，一個原始生殖細胞，經過很多次分裂，生成很多的細胞。如若將來變成精子，這些細胞就叫作精原細胞（Spermatogonia），如若將來變成卵，就叫作卵原細胞（Oogonia）。精原細胞和卵原細胞都是很小的；在這時候，他們的形狀和結構都沒

有什麼分別。

滋長時期 繁殖時期之後，是滋長時期 (Growth period)。在這個時期裏，精原細胞和卵原細胞都停止分



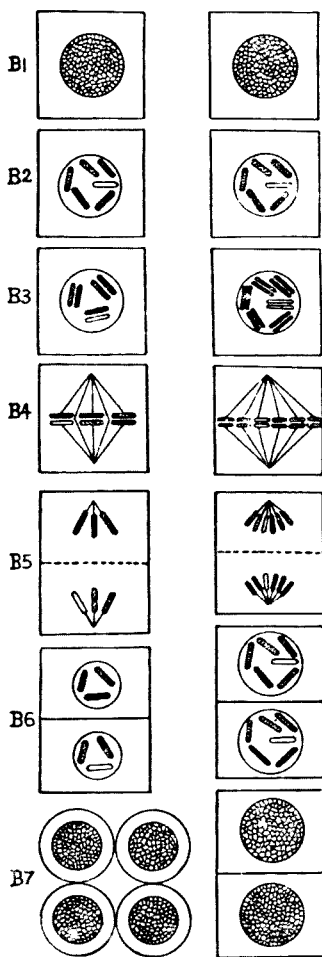
第一百五十六圖——動物精子發生與卵子發生圖解。A, 繁殖時期; B, 滋長時期; C, 成熟時期。a, 精原細胞; b, 卵原細胞; c, 初級精母細胞; d, 初級卵母細胞; e, 減數分裂; f, 次級精母細胞 (Secondary spermatocyte); g, 次級卵母細胞 (Secondary oocyte); h, 第一極體; i, 平均分裂 (Equation division); j, 精細胞 (Spermatid); k, 精子; l, 成熟的卵子; m, 第二極體; n, 受精卵; o, 初次胚胎分裂; s, 聯會。(仿 Shull 修改)

裂，漸漸的長大。精原細胞進了滋長時期，就叫作初級精母細胞(Primary spermatocyte)。卵原細胞進了這個時期，叫作初級卵母細胞(Primary oocyte)。長大以後的初級卵母細胞，比初級精母細胞格外大些，這是兩種細胞最早的分別。

在滋長時期內中，細胞裏的染色體發生一種相配成對的現象，叫作聯會(Synapsis)。第二篇第四章裏，曾經講過各種生物細胞裏的染色體，有一定的數目和一定的形狀。有些染色體是長形的；有些是短的，或者顆粒形的。按照形體和機能的不同，這些染色體可以分爲許多種。在普通細胞裏，每種染色體各有一對(除配子和決定雌雄的染色體)。細胞學家和遺傳學家已經查出證據，證明每對染色體內中，有一個是從前代精子裏由父體得來的，一個是從前代卵子裏由母體得來的。這兩個染色體平常是互相分離的，惟有在滋長時期的生殖細胞裏纔互相靠近聯合在一處。如若原始生殖細胞裏的染色體數目是六個，在聯合時候就配成三對。後來每個染色體分裂成兩個，每對染色體變成四個，染色體集合在一處的團體，叫作四體(Tetrad)。

成熟時期 滋長時期之後是成熟時期 (Maturation period).

成熟時期裏的變化很多。第一步是兩次細胞分裂。繁殖時期裏的細胞分裂和普通有線分裂一樣，是不減少染色體數目的——母細胞裏有六個，子細胞裏仍然是六個。成



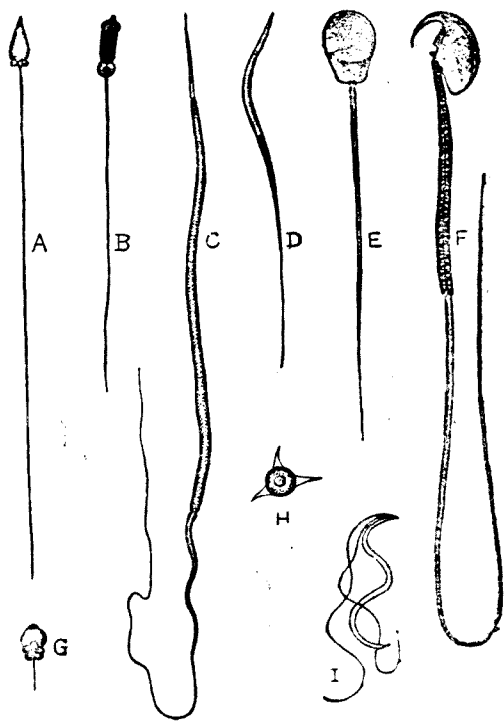
第一百五十七圖——

有線分裂(A1-A7)與減數分裂(B1-B7)的比較。在
 A1 有線分裂的前期(A3),每個染色體分裂成兩個,到了後期(A5),這兩個染色體分配到兩個子細胞裏;每個子細胞(A6)裏的染色體數目與分裂以前的數目相等。在減數分裂的前期(B3),同類的染色體互相配合成對,後來相配成對的染色體互相分離(B5)到兩個子細胞裏,所以每個子細胞裏(B6)的染色體數目減少一半。減數分裂以後,再照普通有線分裂方法分裂一次,就成了四個配子(B7)。(由 Sinnott & Dunn 仿 Sharp)

熱時期裏的分裂很特別,因為分裂以後,染色體的數目就減去一半——原來是六個,後來只剩三個。這種特別細胞分裂方法,叫作減數分裂 (Meiosis, Reduction division)(第157圖)。

經過減數分裂之後,每個初級精母細胞或者卵母細胞分成四個細胞,每個四體分成四個染色體。

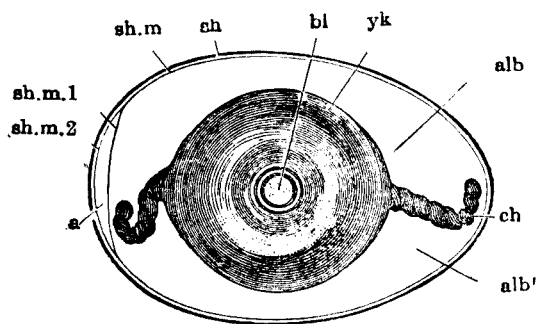
初級精母細胞分成的四個細胞是同樣大的,後來這四個細胞的形狀結構發生很大的變化,細胞核變成精子的頭



第一百五十八圖——各種生物的精子。A, 海膽; B, 鱒魚; C, 蛙; D, 雞; E, 鹿; F, 鼠; G, 蚯蚓; H, 蟹; I, 蕈。(由 Wilson)

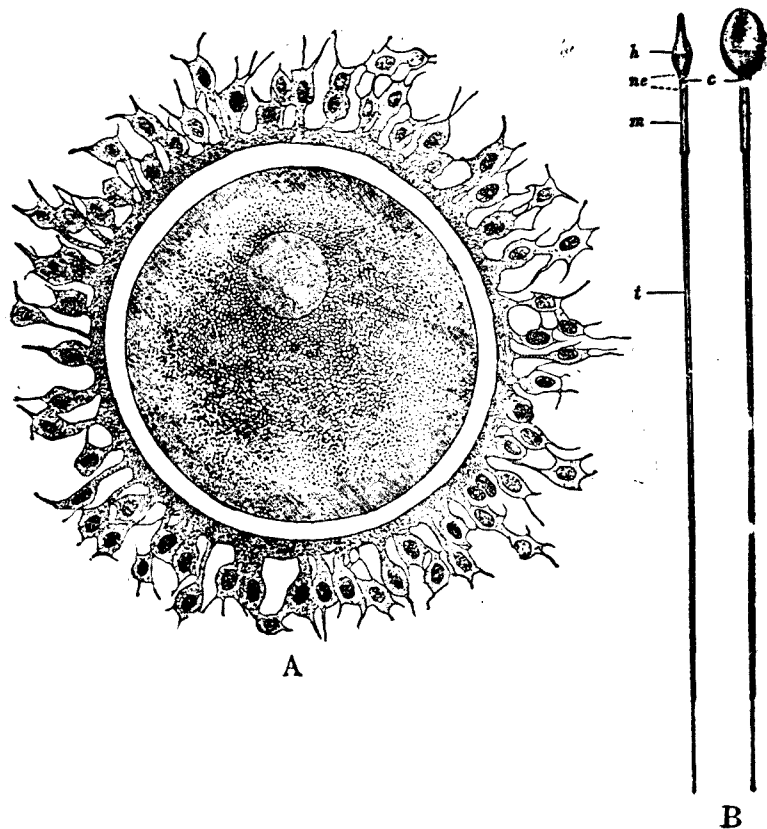
部,細胞質變成精子的尾部,每個細胞變成一個精子 (Sperm)。初級卵母細胞分裂生成的四個細胞是一個很大的和三個很小的;大細胞叫作卵,或者卵子 (Ovum, egg);小細胞叫作極體 (Polar body);極體是無用的細胞,不久就消滅了。

精子與卵子 精子的結構可以分爲頭部,中段,尾毛三部,有些像一個有鞭毛能游泳的微生物(第158, 160圖)。卵子的普通形式是圓的,內中有細胞核,細胞質和儲藏的营养料,叫作卵黃 (Yolk) 精子的體積都是很小的。卵裏有很多的卵黃,所以體積比精子大。有些生物的



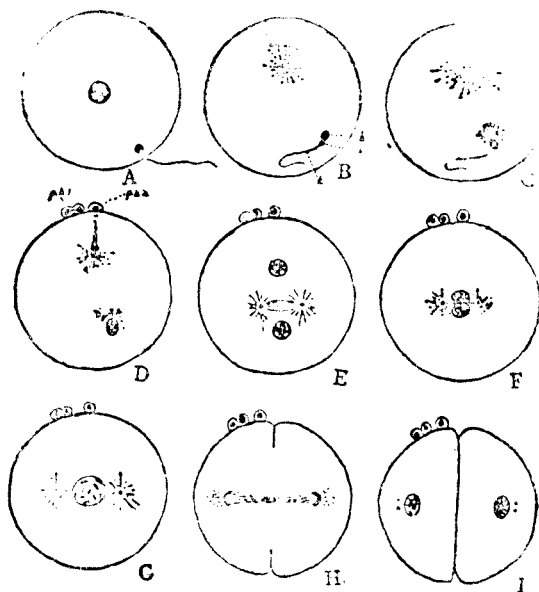
第一百五十九圖——未孵化的雞卵。a, 兩層殼膜之間包含空氣的空處; alb, 濃蛋白質; alb' 稀蛋白質(蛋白); bl, 細胞質集中點, 胚胎由此生成; ch, 繫帶; sh, 蛋殼; sh.m, 殼膜; yk, 卵黃。(由 Woodruff 仿 Marshall)

卵必須在顯微鏡裏纔能看見,有些卵是很大的,可以大到對徑一寸以上(第159;160圖)雞蛋的蛋黃是一個卵



第一百六十圖——人的卵子與精子。A, 卵子; 中央有一個大細胞核, 核的周圍有細胞質與卵黃, 外面有一層膜, 膜外有許多包卵細胞 (由 Conklin 仿 Waldeyer)。B, 精子的側面觀與正面觀; c, 中心體; h, 頭部; m, ne, 中段; t, 尾部。(由 Conklin 仿 Retzius)

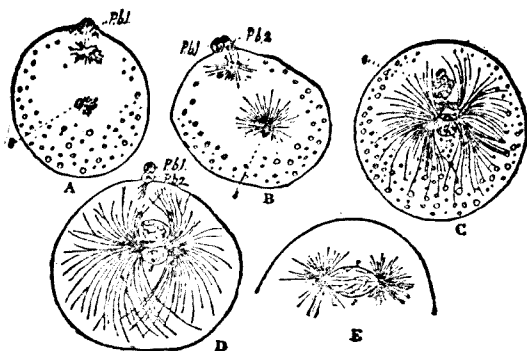
細胞,外面有一層細胞膜,內裏大部分是卵黃,很小的一部分是細胞核和細胞質。精子的結構體積適宜於游泳



第一百六十一圖——受精圖解。A, 精子進初級卵母細胞。B, 卵細胞核移近一邊, 在初次成熟分裂的中期。C, 卵細胞核在初次成熟分裂的末期; 精子的尾巴已經斷去, 將要消滅, 精子的頭部輪轉方向, 使由中段生成的兩個中心體移在靠近卵細胞核的方面, 這個頭部與中心體漸漸的移向卵細胞核。D, 卵細胞核在二次成熟分裂的末期, 第一極體正在分裂的時候。E, 卵細胞核與精子細胞核的移近。F, 兩個大小相等的細胞核已經接觸, 並且進了分裂的前期。G, 兩個配子細胞核合併成一個合子細胞核。H, 合子細胞核在第一次分裂的末期。I, 二細胞時代。h, 精子的頭部; m, 中段; p. b1, 第一極體; p. b2, 第二極體; t, 精子的尾部。(仿 Agur)

到卵的附近與卵合併。卵的體積很大，不能行動，適於儲藏營養料，供給胚胎初期的需要。

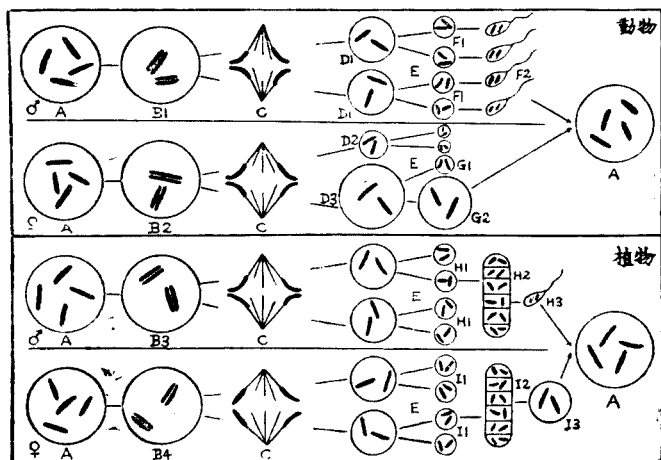
受精 精子與卵的合併叫作受精 (Fertilization)，又叫作合配 (Syngamy) (第161, 162圖)。受精的最初是精子進到卵裏有的時候尾毛不進卵，普通是全體都進去。進卵以後，精子的尾毛就消滅了，頭部變成細胞核，中段變成中心體與星絲。後來精子頭部變成的細胞核與卵裏的細胞核合併，中心體與星絲分成兩個移到細胞



第一百六十二圖 — *Chaetopterus pergamentaceus* (一種環節動物) 的受精。A, 精子已進卵，卵細胞核在初次成熟分裂的後期，精子中心體發生星絲。B, 卵細胞核在二次成熟分裂的後期。C, D, 卵細胞核與精子細胞核漸漸靠近。E, 配子細胞核合併成合子細胞核；P.b.1, 第一極體；P.b.2, 第二極體。(由 Agar 仿 Mead)

核的兩極。這時候精子的細胞核，細胞質，與卵的細胞核，細胞質，都已經合併起來，受精的變化就完畢了，接下去是有線分裂，分成兩個細胞，進了演發的初期。

染色體數目的輪轉 關於生殖細胞的輪轉(Germ cell cycle)，從受精卵講起，經過原始生殖細胞繁增時期，滋長時期，成熟時期，精子與卵又到了受精卵。在這個輪



第一百六十三圖 染色體數目的輪轉。A，身體細胞與減數分裂前的生殖細胞；B1，初級精母細胞；B2，初級卵母細胞；B3，小孢母細胞(Microsporocyte)；B4，大孢母細胞(Macrosporocyte)；C，減數分裂；D1，次級精母細胞；D2，第一極體；D3，次級卵母細胞；E，平均分裂；F1，精細胞；F2，精子；G1，第二極體；G2，卵子；H1，小孢子；H2，雄配子體；H3，精子；I1，大孢子；I2，雌配子體；I3，卵子。(仿 Sharp)

轉的歷程裏，最重要的變化是染色體數目的改變（第163圖）。前面曾經講過，普通身體細胞與原始生殖細胞裏的染色體數目，是每種兩個經過減數分裂以後，配子裏的染色體數目，改爲每種一個。後來精子與卵子合併成受精卵，受精卵演發成身體與原始生殖細胞，染色體的數目，又改爲每種兩個。植物界的染色體數目改變根本上與動物界是一樣的，所不同的是植物界有世代交迭，配子體的染色體數目是每種一個。

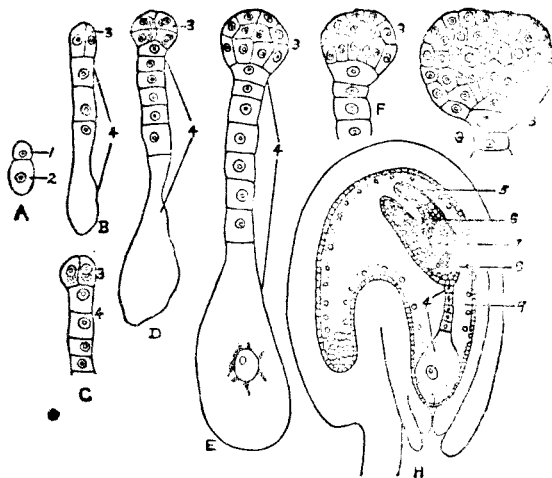
第四章 個體的演發

多細胞生物的身體，普通都是由一個細胞經過分裂特化滋長而成的。從一個簡單細胞形成一個複雜身體的變化，叫作個體演發（Ontogeny）。個體演發的過程，可以分爲兩個時期：（1）胚胎時期（Embryonic period），從初次細胞分裂到各器管已經齊備；（2）胚後時期（Postembryonic period），從各器管已經齊備到身體長大成熟。

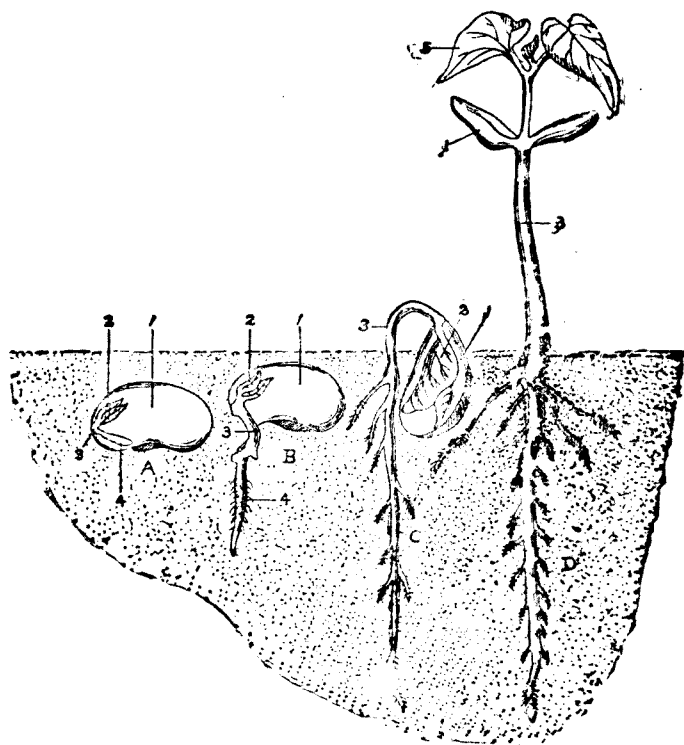
植物的演發 植物的種類很多；構造既然不同，形成各種構造的方法，自然也不能一律。高等植物的演發，可以根據薺菜（Capsel，與，菜豆（Phaseolus vulgaris）

兩種講解如下(第164, 165圖):

第四篇第四章裏曾經講過雌配子體裏有一個卵細胞,受精之後,這個卵細胞就經過幾次橫分裂,分成許多細胞,連接成一個線形的物體,叫作前胚(Proembryo)。前胚頂端的一個細胞,將來演發成胚胎,其餘的細胞,仍然排列成線形,成了支持胚胎的物體,叫作胚胎(Suspensor)。從前胚的頂端細胞演發成胚胎的經過是先分



第一百六十四圖——種子的演發。A—H, 演發的順序。1, 演發成胚胎的細胞; 2, 演發成胚柄的細胞; 3, 胚胎; 4, 胚柄; 5, 子葉; 6, 胚芽; 7, 胚莖; 8, 胚根; 9, 胚乳。(由 Holman and Robbins)

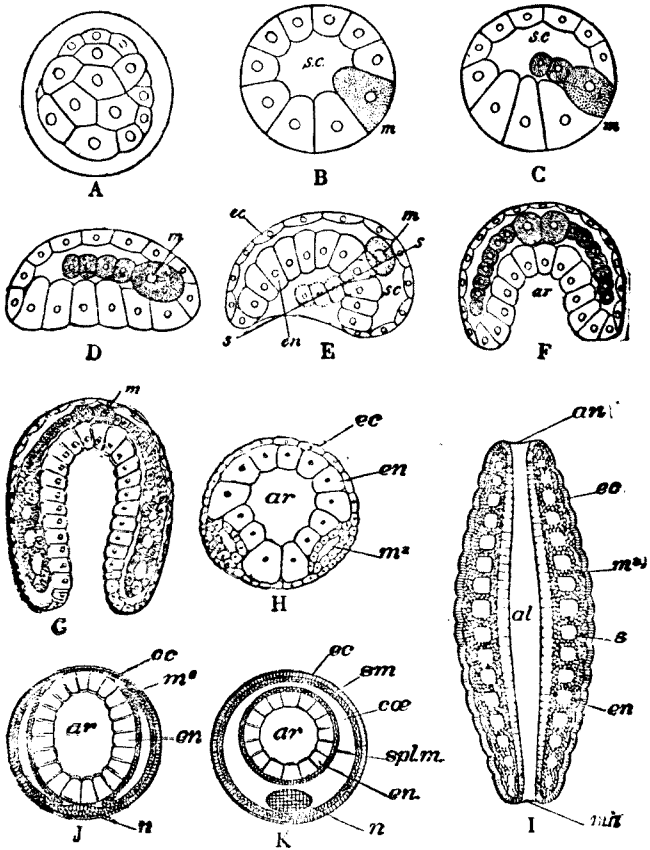


第一百六十五圖——菜豆的萌發。A—D，萌發的順序。A, B, C 的子葉少畫一個，表示夾在子葉之間的胚芽。1, 子葉；2, 胚芽；3, 胚莖；4, 胚根；5, 綠葉。(由 Holman and Robbins 改畫)

裂三次，成八個細胞。這八個細胞集成一團分為上下二部，各有四個細胞；上部靠近頂端，下部靠近胚柄。後來上部的四個細胞經過許多次分裂，演發成胚胎的兩個

子葉與夾在子葉之間的一個胚芽，下部的四個細胞演發成胚莖與胚根。胚胎演發到了一定的時期，就變成休眠的狀態，暫時停止演發。這時候，胚胎被胚乳和種子衣包圍着成了種子（第74圖）。

在休眠狀態期中，種子的代謝作用極慢，慢到差不多像是沒有生命的物體。後來種子遇着適宜的環境，有水和養氣，又有適宜的溫度，就從休眠的狀態蘇醒過來，恢復原來的演發能力和代謝作用的速度，不斷的滋長與特化，直到長成成熟的植物。從休眠狀態恢復演發能力的變化，叫作萌發（Germination）。萌發的第一步，是種子吸收很多的水，於是體積漲大，把種子衣漲破。後來胚莖長出種子衣，胚根上生出根毛向土壤之下伸長。再後來胚莖向上彎曲，在彎曲部分伸直的時候，把子葉與胚芽抽出種子衣，從土壤裏舉到空中。子葉到了空中就伸張開來，胚芽到了空中就經過很快的滋長與特化，演發成幼稚植物的莖與葉。在萌發時期中，滋長演發需要的有機食物，都是從子葉裏得來的。後來子葉裏貯藏的食物漸漸的用完，子葉漸漸的萎縮枯落，胚芽生成的莖與葉產生葉綠素，於是這棵植物，就到了能製造食物獨立



第一百六十六圖 蚯蚓的胚胎演發 A, 囊胚(外面有一層膜包圍); B, 囊胚的切面, 表示分裂腔與原始中胚層細胞; C, 囊胚的晚期; D, 原腸期的開始; E, 原腸胚的切面, 表示外層向內凹入, 中胚層細胞分在原腸的兩邊; F, 原腸胚由 E 圖所切成的切面, 表示中胚層細胞與原腸; G, 原腸胚的晚期, 中胚層裏現出體腔; H, 原腸胚的橫切面; I, 幼蟲的縱切面, 有口與肛門; J, 前圖的橫切面; K, 神經索包圍體腔之後的橫切面。al, 消化道; an, 肛門; ar, 原腸; coe, 體腔; ec, 外胚層; en, 內胚層; m, 原始中胚層細胞; m², 中胚層; mh, 口; n, 神經索; s, 環節體腔; sc, 分裂腔; sm, 中胚層連接體壁的部分; Spl.m, 中胚層連接消化道的部分; (由 Sedgwick and Wilson)

生活的時期了。

動物演發的胚胎時期 各種動物的身體結構，既然不同，卵細胞裏包含的卵黃又是或多或少，相差很大，所以動物的胚胎演發，也有種種不同的式樣。我們沒有時間細講各種式樣的胚胎演發，只能根據蚯蚓，把動物界裏模式的胚胎演發說明一下（第166, 167圖）：



第一百六十七圖——馮巴爾
(Karl Ernst von Baer, 1792-1876)。德國生物學家，後來移居俄國，發表胚層學說，發現哺乳動物的卵子。

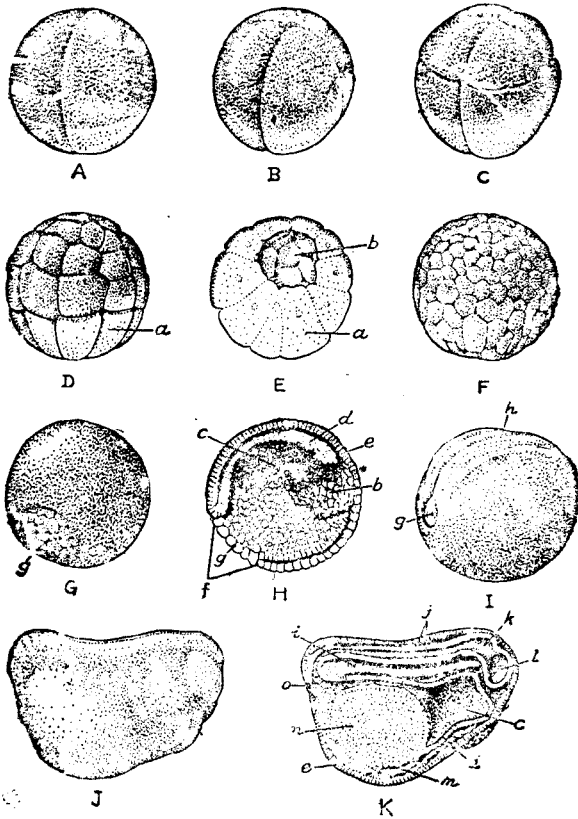
蚯蚓的卵在受精以前，本是停息不變的；自從與精子合併以後就立刻活動起來，進了胚胎演發的時期。這時候，第一步的變化是細胞分裂，先分裂一次成兩個細胞，再分裂一次成四個細胞，繼續分裂許多次，就成了許多細胞集合而成的一個團體。這個細胞團體本是實心的；後來內部分裂開來成一個空洞，就變成了一個皮球式樣的胚胎，內裏是一個空

叫作分裂腔 (Segmentation cavity), 外面是一層細胞。這樣的胚胎, 叫作囊胚 (Blastula)。

在囊胚時期後, 胚胎的一邊, 漸漸的向內裏凹進去, 形成一個有兩層細胞和兩個空間的胚胎。外面的一層細胞叫作外胚層 (Ectoderm), 內裏的一層細胞叫作內胚層 (Endoderm)。外胚層與內胚層之間的空間, 是分裂腔。內胚層裏新生成的一個空間, 叫作原腸 (Archenteron), 因為將來的胃腸, 是從這個空間改變出來的。原腸與外界相通的一個孔, 將來改變成蚯蚓的口, 所以現在就叫作原口 (Blastopore)。像這樣一個有原腸的胚胎, 叫作原腸胚 (Gastrula)。

囊胚的許多細胞之中, 有兩個特別細胞, 叫作原始中胚層細胞 (Primary mesoderm cell)。在囊胚改變成原腸胚的時期裏, 原始中胚層細胞繼續分裂許多次, 先變成兩條細胞, 後來變成一層細胞, 藏在內外兩胚層之間。這層細胞叫作中胚層 (Mesoderm)。中胚層發達的時候, 分裂腔就漸漸的縮小了。後來分裂腔完全消滅, 中胚層內部分裂開來, 形成許多新的空間, 叫作體腔 (Coelom)。

在中胚層裏現出體腔的時候, 蚯蚓的胚胎漸漸的



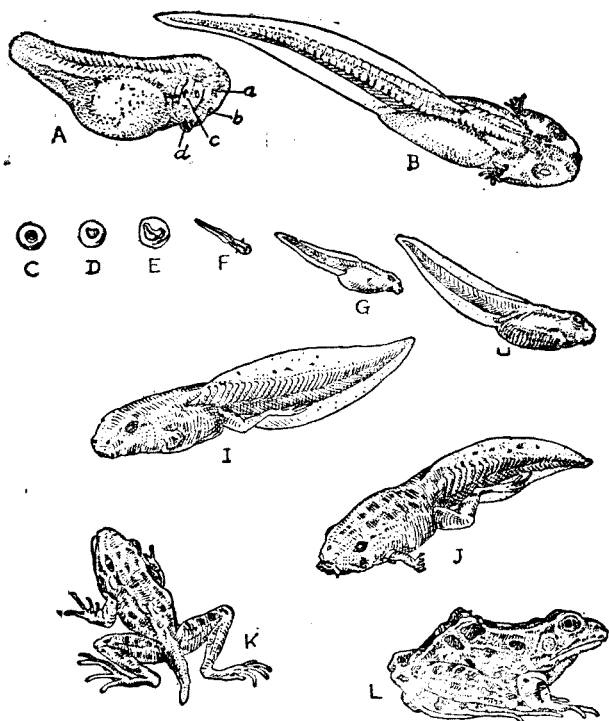
第一百六十八圖 — 蛙的初期演發。A, 二細胞時期; B, 四細胞時期; C, 八細胞時期; D, 囊胚的初期; E, D 圖的切面; F, 囊胚的晚期; G, 原腸胚的初期; H, G 圖的切面表示胚層; I, 原腸胚的晚期, 表示內胚層向裏翻進成神經溝, 將來演發成神經系統; J, 晚期的胚胎; K, J 圖的切面。a, 卵黃細胞; b, 分裂腔; c, 原腸; d, 內胚層; e, 外胚層; f, 原口; g, 卵黃栓; h, 神經溝 (Neural groove); i, 原索; j, 脊髓; k, 中腦; l, 前腦; m, 中胚層; n, 卵黃; o, 肛門, 接看第一百六十七圖。(仿 Woodruff)

伸長了，胚胎的外層上，現出一條長神經索 (Nerve cord)。神經索本是外胚層的細胞組成的，後來這些細胞離開外胚層包圍，進中胚層的體腔裏這時候，原口成了蚯蚓的口，原口相反的方面新開一個孔，成了蚯蚓的肛門。

除去幾門低等動物以外，普通動物在胚胎時期裏都是先形成囊胚，後變成原腸胚。原腸胚都有內中外三胚層和原腸體腔兩個空間。後來內胚層都演發成消化系統和呼吸系統裏面的表皮；外胚層都演發成皮膚外面的表皮和神經系統；中胚層都是最發達的部分，將來演發成骨骼系統，肌肉系統，循環系統，排洩系統，生殖系統，原腸變成將來的消化道；體腔變成消化管壁與體壁之間的各種空間(第168, 169圖)。

動物演發的胚後時期 身體各器官已經形成以後，最明顯的變化是滋長。滋長的快慢，往往受着食物的影響。如若食物的質量適宜，幼稚生物的滋長是很快的。但是這個很快的速度，不能長久繼續下去，所以後來就漸漸的減低下來。普通生物身體的滋長，都有一定的限制，到了最高限度以後，就不能再長了。

除去滋長以外，在胚後時期裏，又有許多形體上的



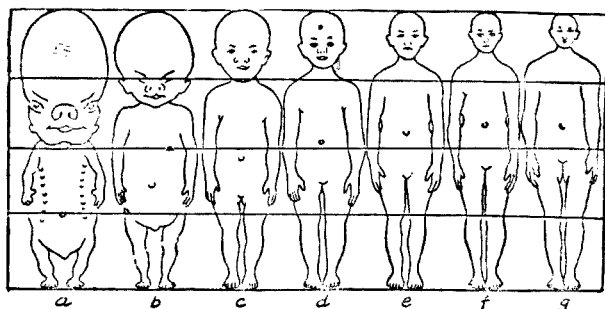
第一百六十九圖——蛙的後期演發與變態。A, B, 接第一百六十六圖 K 以後的兩個時期；C—L, 從卵經過蝌蚪變成蛙。a, 眼的起點；b, 嗅坑；c, 鰓裂；b, 口吸盤(Oral sucker)。(仿 Woodruff)

小改變。例如人體各部在胚胎時期裏，是頭長腿短，後來腿部的滋長速率超過頭部的，身體各部就漸漸的改變成成人的形狀(第170, 171圖)。

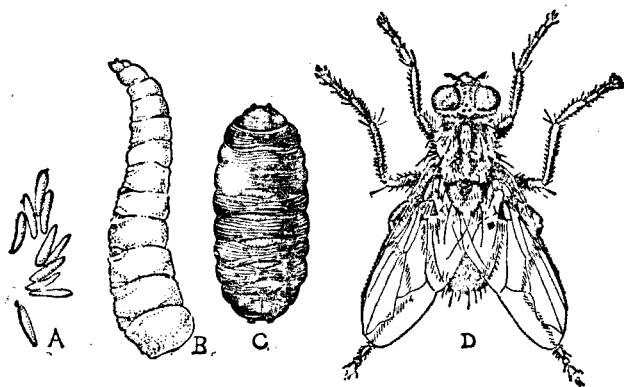
胚後時期的形體改變,在普通生物,除滋長以外,都是很小的。但是有些生物在這個時期裏,有一種很大的形體上的改變,叫作變態 (Metamorphosis)。昆蟲的變態是很普通的,例如蒼蠅的卵,經過胚胎時期,先變成蛆,以



第一百七十圖——人類的胚胎。a, 二十五天; b, 三十二天; c, 三十五天; d, 四十天; e, 四十三天; f, 六十天; g, 三個月; h, 四個月。(由 Arey)

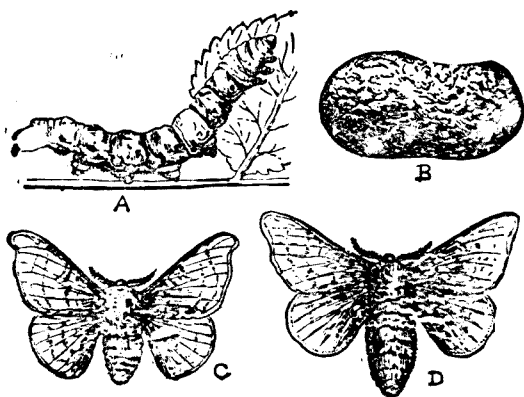


第一百七十一圖——胚胎時期與胚後時期人體各部比例的改變。a, 兩個月；b, 五個月；c, 新生；d, 兩歲；e, 六歲；f, 十二歲；g, 二十五歲。(由 Arey)



第一百七十二圖——蠅(*Musca domestica*)的生活史。A, 卵；B, 幼蟲；C, 蛹；D, 成蟲。(由 Woodruff)

後改變成蒼蠅, 蠅的卵經過胚胎時期, 先變成蠅, 以後改變成蠅 (第172, 173圖)。這類動物在胚後時期裏有



第一百七十三圖——蠶(*Bombyx mori*)。A, 幼蟲; B, 繭; C, 雄蛾; D, 雌蛾。(由 Shipley and Mac. Bride)

三種形態：(1) 幼蟲 (Larva)，(2) 蛹 (Pupa)，(3) 成蟲 (Adult)，蛆與蠶都是幼蟲在幼蟲時代，這些動物的惟一工作是吃食物，所以能滋長得很快。後來幼蟲停止吃食物和身體外部的動作，變成蛹。這時候身體的內部，發生很大的變化，大部分的身體結構，都變成濃體的滋養料，小部分的細胞，利用這些營養料，像胚胎時期一樣，經過分裂特化，滋長很多複雜的變化，重新造成一個新的身體。重新造成的身體叫作成蟲，例如蒼蠅與蠶蛾。

蛙也是有變態時期的動物（第169圖），初孵化出來的蛙叫作蝌蚪。蝌蚪很像魚類，能用鰓在水裏呼吸，用

尾部在水裏游泳。後來身體兩邊漸漸的生出前後肢，尾部漸漸的縮短，白血球把尾部的有機物運到身體別處，作改造身體的材料，呼吸器官由鰓變成肺，於是蝌蚪就經過變態，改變成蛙了。

先成論與後生論 以前所講的是一個細胞怎樣變成胚胎，胚胎怎樣長成身體。一個簡單的細胞，何以能演發成很複雜的身體？關於這個問題，生物學裏有兩派舊理論，叫作先成論(Preformation)與後生論(Epigenesis)。信先成論的人，以為受精卵裏本來有一個極小而完備的身體藏在裏面，演發就是把這極小的身體漲大起來，成一個大的身體，在漲大的時候，並不新生出什麼結構。信後生論的人，以為受精卵是單純毫無結構的一團原生質，演發是從這個無結構的物體新生出各種結構，形成一個複雜的身體。這兩派理論在過去一百幾十年裏，互相爭辯，不能解決，直到近幾十年來顯微鏡研究方法有了進步以後，經過許多人細心考察，纔知道他們都是不對的。

我們現在知道受精卵裏並沒有一個極小的生物，但是受精卵又不是單純毫無結構的，因為裏面有許多

種染色體，又有粒線體，高爾基體，和別種包含在細胞質裏的物體。我們現在知道，演發是染色體和細胞裏別種物體互相激動，互相感應的結果，既不是微小身體的漲大，又不是單純物體裏新生出複雜的結構。

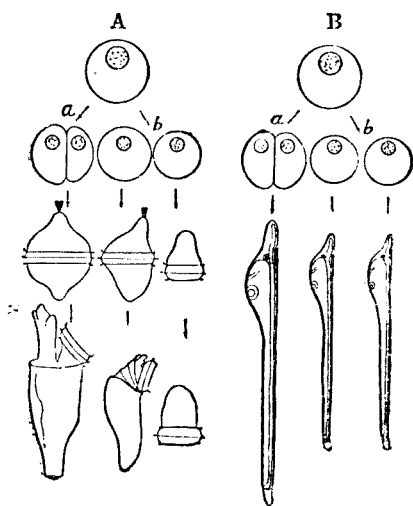
幾個簡單的染色體和一團細胞質，何以能演發成一個生物？這個問題，不是單研究胚胎學就能解決的。胚胎學只能查出從一個細胞變成一個複雜身體一步一步的經過，不能解釋發生這種變化的原因。生物學家想用試驗的方法，解決這個問題，所以就用許多種動物的胚胎，和許多新奇的方法，作了很多的試驗。這類研究的結果，成了一門新的學問，叫作試驗胚胎學。試驗胚胎學裏已經得到的新知識，雖然還不能夠解決演發的根本問題，然而也有些重要的發現是值得我們注意的：

分離細胞的研究 受精卵分裂成兩個，四個，到幾十個細胞的時候，可以用人工方法把這些細胞分離開來，以後看每個細胞發生什麼變化。用這種方法作試驗，得了兩種不同的結果。角貝（*Dentalium*）和許多別種動物的受精卵在初次分裂以後，如若把兩個細胞分離開來，每個細胞能演發成一個不完整的幼蟲（第174圖）。

這兩個幼蟲的形狀結構是不同的，顯明在初次分裂的時候，分配在兩個細胞裏的原生質，已經是不同了。這兩個幼蟲都是不完備的，顯明在初次分裂以後每個細胞裏已經沒有全副的原生質，不能演變成整個的身體。

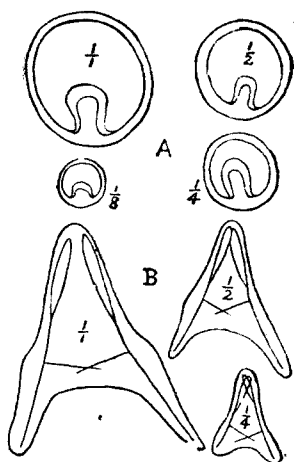
海膽，蛞蝓魚 (Amphioxus)，和許多別種動物的試驗結果，與上面所講的不同 (第 174, 175 圖)。這些動物的受

精卵，如若在初次分裂以後分離開來，每個細胞能演變成一個結構完備，體積較小的幼蟲。海膽的卵分裂到三十二個細胞時期以後，分離開來，仍然可以由一個細胞，演變成一個整個的原腸胚。這些試驗的結果，顯明受精



第一百七十四圖——分離細胞的試驗。
A, 角貝 (Dentalium) 胚胎的兩個細胞如若不互相分離, (a) 就演變成一個正常的幼蟲, 如若互相分離, (b) 就演變成一個反常的幼蟲; B, 蛞蝓魚 (Amphioxus) 胚胎的兩個細胞如若不互相分離, (a) 就演變成一個正常的幼蟲, 如若互相分離, (b) 就演變成兩個正常的小幼蟲。(由 Woodruff 仿 Wilson)

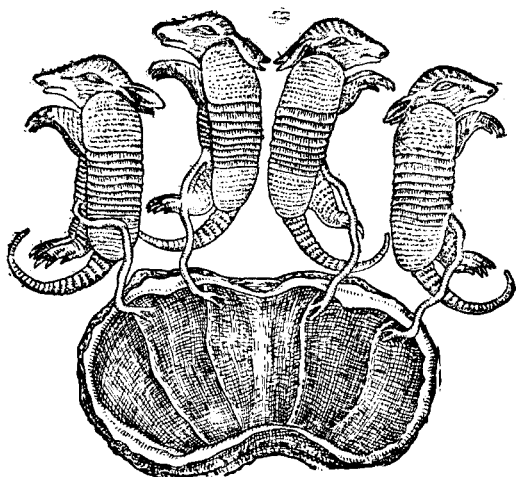
卵最初幾次分裂生成的細胞，內裏有全副的原生質。如若這些細胞不互相分離，每個細胞因為受了與其他細胞連接的影響，只能演發成幼蟲的半邊，或者很小的一部分；如若分離開來，不受其他細胞的影響，就能演發成一個整個的胚胎，或者幼蟲。海膽的卵演發到六十四個細胞時期以後分離開來，就不能由一個細胞變成一個整個的原腸胚，顯明到這時候，各個細胞裏，已經沒有發生整個身體的全副原生質了。



第一百七十五圖——海膽的原腸胚(A)與幼蟲(B)。 $\frac{1}{1}$ ，正常的胚胎與幼蟲； $\frac{1}{2}$ ， $\frac{1}{4}$ ， $\frac{1}{8}$ ，在二細胞時期，四細胞時期，八細胞時期，如若各細胞互相分離開來，每個細胞可以演發成一個完整的而比較小些的原腸胚和幼蟲。(仿Driesch)

由一個受精卵分裂，生成幾個身體，在海膽和蝸蠃魚是用人工造成的，但是在九絆犰狳 (Armadillo, 美洲的一種哺乳動物) 是一種天然的生殖方法。這種動物的每個受精卵，都在演發的初期分裂成四個胚胎，後來長成四個形狀性別完全相同的個體(第176圖)。

人類的雙生有兩種：一種是兩個受精卵同時留在子宮裏生成的。這類雙生可以是同性的，也可以是異性的，容貌性情的相似，與普通兄弟姐妹一樣。另一類雙生

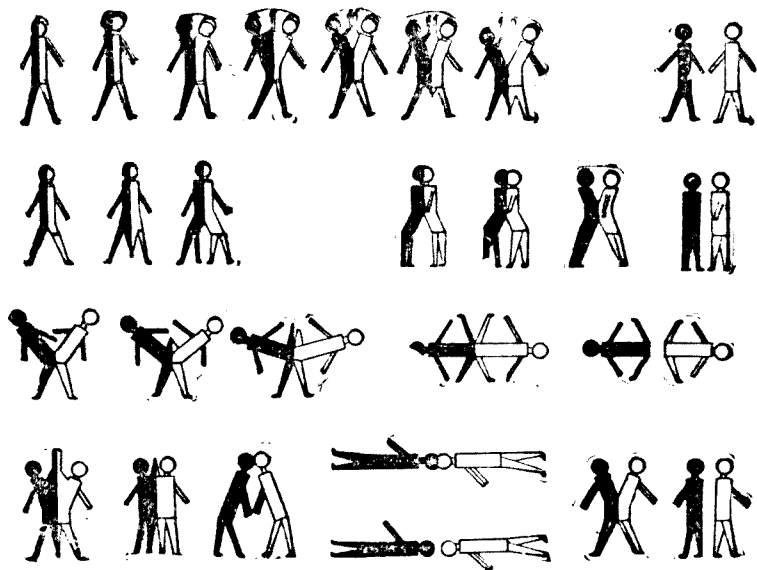


第一百七十六圖 —— 九針犛徐的四個胚胎由臍帶連在一個胚胎膜裏，表示這四個胚胎是從一個受精卵演發出來的。（仿 Newman）

叫作相同雙生 (Identical twins)，是從一個受精卵分裂生成的。這一個受精卵在演發成兩個細胞或者許多細胞的時候，因為受了意外原因的影響，分裂成互相分離的兩個細胞，或者兩個胚胎，後來每個演發成一個身體。因為這類雙生的兩個身體是從一個身體分裂出來的，所以他們的性別，容貌，性情完全相同，有的時候，連他們的父母，都不能把他們辨別出來。如若這類雙生在胚胎的初期不會完全分離，後來就演發成一頭二身，或者二

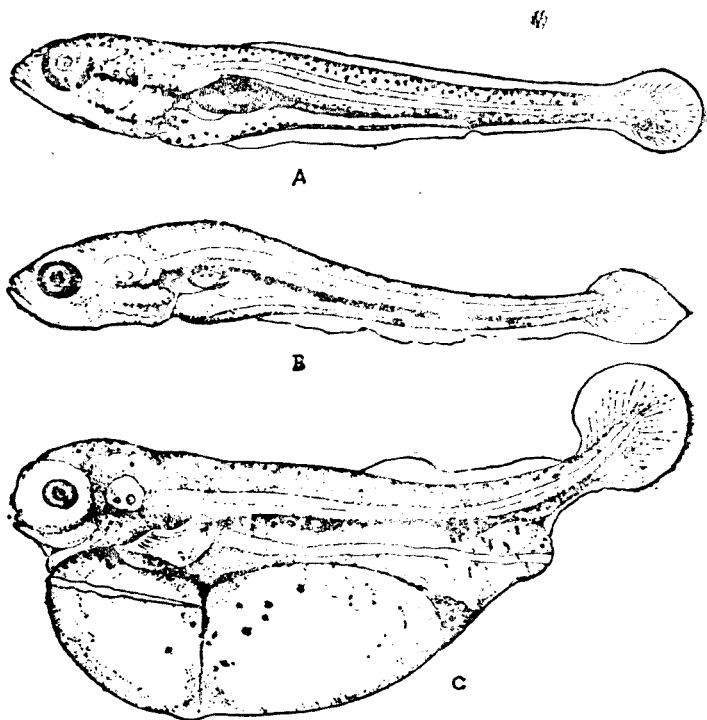
頭一身的各種怪胎(第177圖)。

更改環境的研究 胚胎的演發,往往受環境的影響,變成種種特殊的形狀,例如金魚的受精卵在普通淡水裏,都演發成正常形狀的小魚;如若把金魚的受精卵放在一半普通淡水,一半蒸餾水混合而成的水裏,演發



第一百七十七圖 表示各種雙人怪胎,每個怪胎都是從一個卵或者胚胎分裂而成的,如若完全分離,就成了正常的相同雙生(由 Conklin 仿 Wilder)

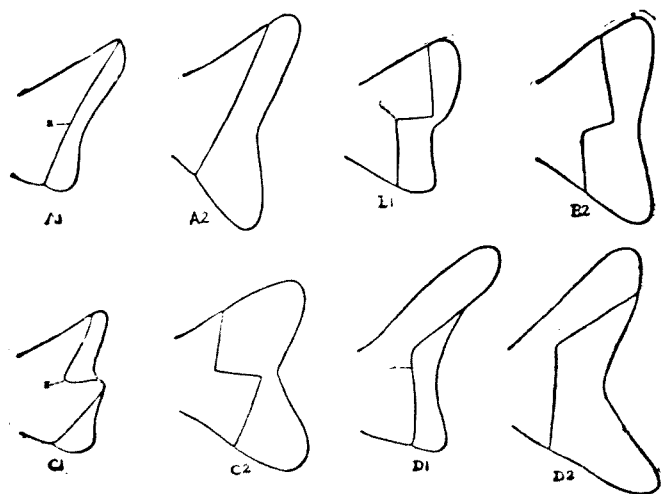
出來的小金魚,就和在普通淡水裏演發出來的有許多不同的地方在半蒸餾水裏演發出來的小金魚,形狀是



第一百七十八圖——金鯽魚的胚胎受了更改環境的影響而變成反常的形狀。A, 正常的小魚; B, 在一半普通淡水一半蒸餾水混合而成的水裏演發出來的小魚; C, 在含有酒精 0.65% 的淡水裏演發出來的小魚。

(陳植)

彎曲的,色素細胞很少,眼球比較普通小魚要小些(第178圖)。如若把金魚的受精眼放在含有酒精百分之0.55的淡水裏演發出來的小金魚,就更外不同了。這類小魚的眼球很小,體腔漲大成氣泡形,像這樣反常形狀的小魚,自然不能長久生活。



第一百七十九圖——金魚的尾鰭由×所指的直線或者曲線切去一塊,可以再發成原來的形狀。A1, B1, C1, D1, 再發的初期; A2, B2, C2, D2, 再發完成以後。(仿 Morgan,

形體的維持 個體演發到了長大成熟以後，形體上就沒有大變化了。這時候如若遇着意外的損傷，失去一部分身體，餘下的身體往往能重新生出失去的部分，恢復原來的形狀。遺失部分的重新生出，叫作再發。低等動物有很大的再發能力；前面已經講過了水螅和蚯蚓，能從身體的一段長成整個的身體。植物也有很大的再發能力，例如柳樹的一個樹枝折斷以後，插在土裏，能生出樹根，長成一棵柳樹。脊椎動物也能再發，金魚的尾鰭如若切去一小塊，或者一大塊，無論直切，或斜者切，都可以重新生出失去的部分，長成原來的式樣（第179圖）。我們的皮膚受傷以後，能重新長成新皮膚，也是因為有再發能力。

生物身體的一部分，雖然有長成整個身體的能力，但是這種能力，一定要到切去一部分身體以後纔顯現出來，在身體完整的時候，並不隨意亂長。照這樣看起來，生物身體裏似乎有一種能維持身體形狀的勢力，各部分的細胞受着這個勢力的束縛，不能自由滋長，妨害全體的生計。有的時候，很少數的幾個細胞，突然脫離這個勢力的束縛，不顧全體的利害，盡量吸收營養料，自由滋

長起來。像這樣長成的一團細胞叫作瘤。生瘤的地點是不一定的。如若生在不重要的地方，身體上所受的影響很小；如若生長在重要的器官裏面，整個身體的生活，就要被少數幾個細胞的自由行動完全破壞了。維持形體的現象，是不是可以用物理化學解釋出來，怎樣解釋，生瘤的原因是什麼，都是現在生物學裏還不能完全解決的問題。

第五章 衰老死亡與壽命

生物身體經過胚胎演發到長大成熟時期以後，就慢慢的進了衰老時期，有死亡的結局。生物界裏何以有衰老與死亡，壽命何以有長短的分別？子路問死，孔子回答說：『未知生，焉知死。』現在生物學家對於生的研究，已經有了不少的進步，對於死亡的現象，也連帶着得了許多新知識。

細胞的長生不死 單細胞生物在身體長大成熟以後就分裂成兩個幼稚的身體。有的時候分裂的速度，漸漸的緩慢下來，現出像是衰老的狀態，但是經過接合，或者細胞核的改變以後，就恢復原來的少壯生活，又可以繼續不斷的分裂生殖。像這樣繼續下去，如若環境是

永遠適宜的,這些生物可以永遠生存不死。

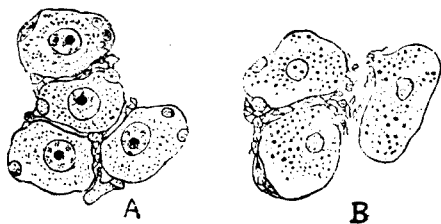
多細胞生物的身體裏有兩類細胞:一類是生殖細胞,一類是身體細胞。生殖細胞從前代傳到後代,以後又傳到第三代,如果環境不妨害種族的生存,可以生生不絕,永無死亡。

多細胞的身體有衰老和死亡,身體細胞似乎是不能永生的。但是近來生物學家根據體素培養(Tissue culture)的研究,查出身體細胞也有永生的可能性。體素培養是用新鮮的血清,把一塊很小的生活肌肉,神經,或者別種體素養活在顯微鏡之下。像這樣培養着的體素,不但可以生活,並且可以滋長。如若繼續不斷的細心培養,並且在這塊體素長大的時候,把他切成小塊,讓血清裏的營養料,容易傳達到各個細胞,這塊體素裏的各細胞,就可以永遠生存不死。^①

多細胞身體的衰老 照前面所講的看起來,死不是與生俱來的。單細胞生物生殖細胞,身體細胞脫離身體以後,在培養液裏,都可以永生不死。所以衰老和自然的死亡,只限於多細胞生物的整個身體。這類生物的身

①參看第二篇第三章。

體到了長大成熟以後，就漸漸的進了衰老時期。在這個時期裏，身體裏的水分漸漸減少；礦物質漸漸的增加；細胞質比細胞核格外發達（第180圖）；各器官裏的



第一百八十圖 表示細胞與年齡的關係。
A, 人類新生兒的脊髓神經結細胞；B, 九十二歲老人的脊髓神經結細胞。老人細胞裏的細胞核很小，細胞質裏有色素。（由 Peari 仿 Hodge）

主要有用細胞漸漸的減少；無用的結締體素愈過愈多；血管、骨骼與各種器官，都有硬化、脆化、和退化的趨勢。因為有以上的變化，各部器官的工作能力，都漸漸的降低了。後來身體各部的普遍退化，引起全身現出衰老的狀態。到了最後，因為一種，或者幾種器官的偶然損傷，影響到身體各部發生不能復原的重大變化，於是就有死亡的結局。

衰老的原因 多細胞的整個身體，因為什麼會發生衰老的現象？關於這個問題，現在生物學家還沒有共同的意見。有一類的理論，是根據衰老時期裏形體變化的研究創造出來的。有人研究血管的變化，以為血管

退化是發生衰老的原因；有人研究無管腺，或者生殖器官，又以爲腺的退化，或者生殖器官的退化，是衰老的原因。

另一類的理論，是根據生理的研究創造出來的。有人以爲身體裏代謝作用，時常產生有毒的廢物，藏在身體各部，不能排洩出去。後來因爲長期受着這類毒質的影響，身體上就發生衰老的現象。邁起尼可夫 (Metchnikoff) 以爲動物大腸裏的細菌，時常產生毒質。這類毒質被大腸壁吸收進身體，隨着血液循環，送到身體各部。身體各部的有用細胞，受了這類毒質的影響，就漸漸的衰弱下來。衰弱以後，這些細胞就容易被白血球吞食消滅。身體裏無用的結締體素，有很強的抵抗力，不但不被白血球消滅，反可以滋長增多。後來身體各部的有用細胞愈過愈少，無用的細胞愈過愈多，於是就演出衰老的狀態。

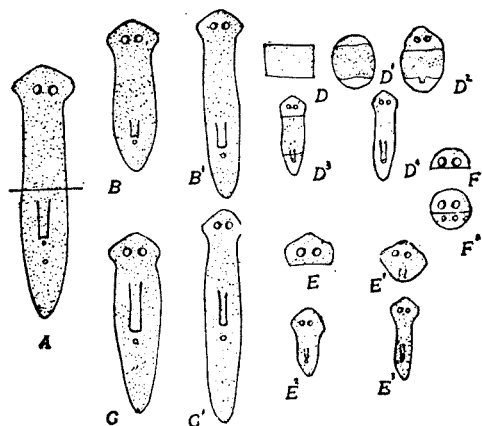
又有一類理論，以爲發生衰老的原因是細胞的特化。簡單的受精卵經過分裂滋長和特化，形成很多種類形體機能不同的細胞。這許多種類的細胞集合在一處組織起來，就成了一個有分工合作的複雜團體。這樣組

織的結果，可以發生簡單身體裏不能發生的能力，對於全體的生長發達，自然是很有利益的。但是這樣的組織，又能發生有害的結果。細胞特化以後，就失去了獨立生活的能力，只能擔任一種專門工作，依賴團體，維持生活。要想團體的生活能長久維持，必須要各種細胞都能盡職，都能充分合作。但是有的時候，團體裏一種細胞，受了意外損傷，不能盡職，有的時候，無用的細胞，吸收很多的營養料，滋長得很快，有的時候，能吞滅有用細胞的白血球，和不顧公共利益的癌細胞在團體裏活動起來。這許多原因，都能傷害團體裏的各種有用細胞。有用細胞的損失愈過愈大，重要器官的傷痕愈過愈多，團體的衰老和死亡就成了不能避免的結果。

轉老返幼 多細胞身體進了衰老時期以後，是不是可以轉回幼年的狀態？許多種多細胞植物和低等動物，能用無性生殖，把一個衰老的身體，分裂成兩個幼稚的身體，所以這類生物是能轉老返幼的。因為能轉老返幼，這類生物的多細胞身體，都有永生不死的可能性。如果我們把一個衰老的扁蟲，或者別種有很大的再發能力的動植物，切成兩段，後來每段變成一個幼稚的個

體，能重新長大成熟。在他長大之後，如果我們又把他切斷，他又可以變成兩個幼稚的個體。像這樣繼續下去，我們可以用人工把這些生物的身體由老轉少，永遠免除死亡（第181圖）。

美國生物



第一百八十一圖——扁蟲的再發。A, 正常的扁蟲，在橫線處切斷。B, B', 與 C, C', A 圖的前後兩部各自再發成完全的扁蟲。D, 從扁蟲身體切下的一段；D', D'', D''', D'', 由 D 再發的順序。E, 由扁蟲切下的一個頭部；E', E'', E''', 由 E 再發成整個的扁蟲。F, 切下的頭部；F', F 的後面又生一頭。(由 Hegner 仿 Morgan)

學家蔡爾德 (Child) 發現斷絕食物，可以把衰老的扁蟲變成幼稚的。在扁蟲已經進了衰老時期以後，如果斷絕他的食物，他能用他自己身體各部的原生質作營養料，維持他的生活。像這樣長久下去，他的身體就漸漸的縮小下來，內部複雜的結構漸漸減少了，結果是變成一個體積很小，結構簡單的扁蟲。這樣似小了的扁蟲，在生理

上,行動上,都現出幼稚的狀態;如果給他食物,他能特化滋長,再長成一個老大的扁蟲。在老大以後,如若再斷絕食物,他又可以縮小成幼稚的扁蟲。照這樣輪流餵食與斷食,可以把一個扁蟲輪流由幼變老,由老返幼,結果是長生不死。

人類和別種高等動物的身體,結構是很複雜而且固定不能改組的。所以除去在最早的胚胎時期以外,我們的身體既不能分成兩部,以後每部改組成一個幼小的身體,又不能用絕食方法餓回到幼稚狀態。將來也許成功,在現在生物學裏,還沒有方法可以把最高等動物從老年回轉到少年。

壽命的長短 同是有衰老和死亡的,但是有些人的壽命很短,死亡很早,有些人的壽命很長,死亡很遲。壽命短的人活了不到一天,壽命長的可以活到百年以上。何以壽命的長短有很大的差別? 決定壽命長短的原因是什麼? 這些問題,不是單研究人類壽命的長短就能解決的,因為我們不能用人類作試驗的材料。近十年來,有些生物學家用果蠅,水蚤,輪蟲(第152, 194圖)作試驗,查出決定壽命長短的原因,可以分為兩類;一類是遺

傳，一類是環境。在自然界裏，各個生物的壽命長短，是這兩類原因聯合起來決定的。如果我們設法把許多動物養活在一個同樣的環境裏，我們就可以看出遺傳是一個決定壽命長短的原因。在同樣的環境中，如若前代的果蠅是短壽的，後代也都是短壽的；如若前代是長壽的，後代的壽命平均起來也比較長些。^①我們又可以把遺傳性相同的生物養活在許多不同的環境裏。這樣試驗的結果，一定可以證明環境也是決定壽命長短的重要原因。在環境中，溫度高低，對於低等動物壽命的影響最大。生活在攝氏二十八度環境裏的水蚤，平均起來，只能活二十五天；如若把同樣水蚤養活在攝氏八度的環境裏，平均的壽命，可以延長到一百零八天。鳥類和哺乳動物身體裏有不變的溫度，所以這兩類動物的壽命，受溫度的影響很小。

把水蚤環境裏的溫度，從攝氏八度改到二十八度，就可以把他的平均壽命，從二十五天加到一百零八天。這個試驗的結果，顯明溫度對於壽命能發生極大的影響。何以能有這樣大的影響？有些生物學家以為，這是

①參看第七篇第六章。

因為在低溫度裏生活動作的速度很慢，所以生活的時間可以延長，在高溫度裏生活動作的速度很快，所以生活的時間很短；無論壽命很長，或者很短，生活動作的總量都是不變的。水蚤的生活動作速度和生活動作總量，可以由許多種生理現象表示出來，例如心跳，心跳的速度在低溫度裏是很慢的，在高溫度裏很快；在低溫度裏活一百零八天，平均起來，一生心跳的總次數大約是一千五百萬；在高溫度裏活二十五天，平均起來，一生心跳的總次數，也是一千五百萬。

據統計學家調查，人類壽命的結果，平均起來，女子的壽命比男子長些。近來動物學家查出許多種動物的壽命，也是雌的比雄的長。何以雌的壽命比雄的長？有些生物學家以為，這是因為雌的生活動作速度比較慢些，所以生活的時間比較長些；雄的生活速度快些，所以生活的時間短些。

第七篇

遺傳

第一章 前後代生物相似的原因

前後代生物的相似 前篇裏已經講過了前代怎樣產生後代，後代怎樣從一個細胞演變成複雜的身體。後代身體的結構生理都像前代的身體。前代是瓜，後代仍然是瓜；前代是豆，後代仍然是豆。前後代之間的相似，是生物界裏的一個最普遍的現象。

環境與前後代的相似 有的時候，前後代相似的原因是環境 (Environment)。長在肥田裏的小麥，前後代都是茂盛的，長在瘦田裏的小麥，前後代都是瘦弱的。如果前代長在肥田裏，後代長在瘦田裏，前後代的形狀和種子生產量就不同了。

環境雖然可以影響前後代的相似，但是這種影響的效力很小。小麥的種子，無論種在什麼土壤裏，發芽長

大以後，必定仍然是小麥，不能因為環境的不同，改變成別種形體。反過來說：許多種植物的種子，落在同樣的土壤裏發芽長大以後，必定仍然是許多種植物，不能因為環境的相同，改變成一種形體。

遺傳與前後代的相似

照前面所講的看起來，環境不是前後代生物相似的主要原因；主要原因像是前代能把他的形體上生理上各種性質傳遞到後代生物，造成一個或者許多個與前代相似的身體。怎樣從前代傳遞到後代？在人類，前代與後代的關係是很親密的，胎兒與母體的關係格外密切，所以前代的肺癆和別種傳染病，可以由病菌傳遞到後代；語言，習慣，可以由教育傳遞到後代。這類性質的傳遞，不經過生殖細胞，所以傳授人與收受人不一定要有血統的關係。

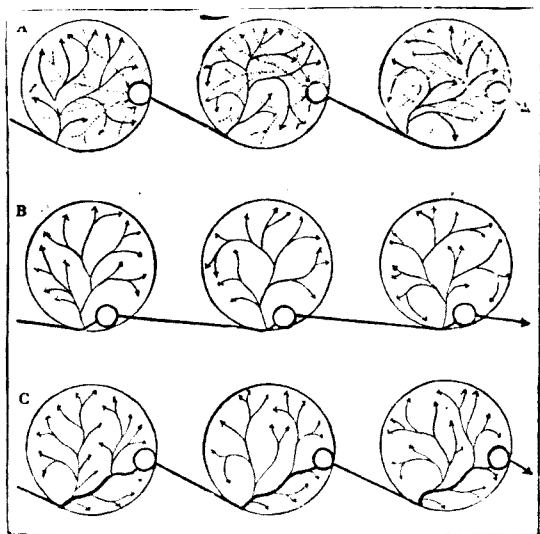
但是生物形體上生理上各種性質都不像傳染病，語言習慣那樣傳遞。除去生殖細胞外，許多種類動植物的前後代，可以說是完全沒有關係。這些生物的後代，從前代直接得到的，只有一個孢子，或者合子；然而從這一個細胞裏，後代就可以得着前代傳來的各種性質，演發成一個與前代相似的生物。在前後代有密切關係的生

物，例如人類，後代的各種重要性質，也都是從前代產生的生殖細胞裏得來的；除去生殖細胞以外，別種關係無論怎樣密切，都不是發生前後代相似的主要原因。

由前代生物的生殖細胞流傳各種性質到後代，叫作遺傳（Heredity）。由生殖細胞遺傳的性質，叫作遺傳性。生物身體上的各種重要性質，都是遺傳性。所以遺傳是前後代生物相似的主要原因。

第二章 徧生論與種質論

徧生論 前代生物怎樣把各種性質由生殖細胞遺傳到後代？關於這個問題，達爾文（Darwin）發表過一種意見，叫作徧生論（Theory of pangenesis）。達爾文的意思，是前代身體裏每種細胞產生一種極小的物體，叫作微芽（Gemmules）。身體裏細胞的種類很多，微芽的種類也很多。這些微芽都能隨着血液循環聚集在生殖細胞裏，所以生殖細胞裏有各種微芽組成的一個全副。後來生殖細胞脫離前代身體，這全副的微芽，就由前代傳到後代。在生殖細胞演發成後代身體的時候，各種微芽都分散出來，每種微芽造成一種與前代相似的細胞，全副微芽就造成一個與前代相似的身體（第182圖）。

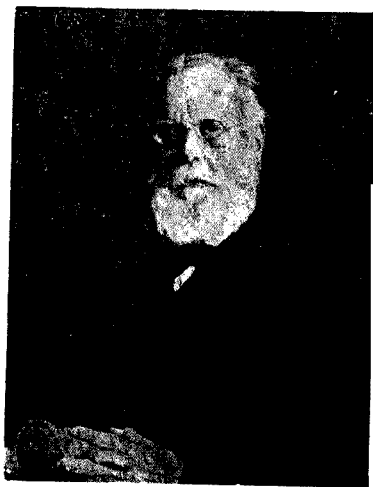


第一百八十二圖——衍生論與種質論圖解。大圓圈代表前後代的生物；小圓圈代表他們的生殖細胞。因為雙親遺傳太複雜，所以這兩派學說都是用單親遺傳表示的。A，達爾文（Darwin）的衍生論。圖中分枝的實線和箭頭表示生殖細胞裏的微芽分散出來成身體各部；虛線表示身體各部的微芽集合在生殖細胞裏傳到後代。B，C，魏斯曼（Weismann）的種質論。圖中沒有A圖的虛線，表示身體細胞不影響生殖細胞，生殖細胞是從前代生殖細胞直接分裂而成的。B，生殖細胞與身體細胞的分隔在演發的最初；C，生殖細胞與身體細胞的分隔在演發的晚期。（仿 Sharp）

達爾文的意見，在理論上雖然是很圓滿的，但是在事實上，却是毫無根據。顯微鏡的研究，既然不能在細胞裏尋着微芽，試驗的研究，又不能證明微芽在血液裏因

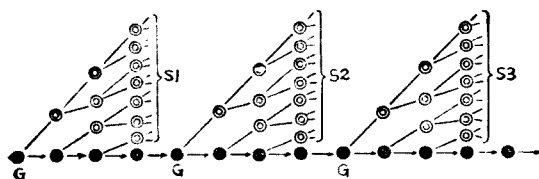
爲這個緣故，達爾文的偏生論，始終沒有在生物學裏成爲一種重要的學說。

種質論、偏生論的不能成立，引起德國生物學家魏斯曼 (Weismann) 創造了一個新的遺傳學說，叫作種質論 (Germplasm theory)。魏斯曼 (第183圖) 以爲生物身體裏的原生質，可以分爲兩種：一種是造成身體的物質，叫作身體質 (Somato-



第一百八十三圖——魏斯曼
(August Weismann, 1834-1914)。
德國生物學家，發表種質論。

plasm)，一種是維持前後代相似的物質，叫作種質 (Germplasm)。種質是綿延不絕的，從最古的前代，傳到最遠的後代，像是一條有分支的長流，在這長流的中途，永遠沒有斷絕的時期。身體質是從種質起源的，在每代裏由種質演發成身體上的各種性質。照這樣看起來，前代身體與後代身體沒有直接的關係；前後代的相似，並不是因爲前代身體裏有微芽一類的物體傳遞到後代，實在是



第一百八十四圖 魏斯曼 (Weismann) 的種質圖解。G, 生殖細胞; S₁, S₂, S₃, 第一, 二, 三代的身體。第一代的生殖細胞分裂成第二代的生殖細胞與身體細胞。第二代的生殖細胞, 不受身體細胞的影響, 獨自分裂成第三代的生殖細胞與身體細胞。(仿 Wilson)

因為前後代的身體, 都是從同樣的種質演發出來的(第 184 圖)。

種質論與徧生論的不同, 可以從第 182 圖看出來。徧生論以為前後代的身體質與種質都是隔斷的; 種質能產生和影響身體質, 身體質也能產生和影響種質。種質論以為前後代的身體質是隔斷的, 但是種質永遠連接不斷。種質能產生和影響身體質, 但是身體質不能產生和影響種質。照前面所講的看起來, 種質論的特點是: (1) 種質的連接不斷與 (2) 身體質不能產生和影響種質。這兩個特點分開討論在下面:

種質的連續 在魏斯曼發表他的學說的時候, 他並沒有證據證明種質是什麼? 更沒有證據證明種質的

連接不斷。但是他的學說引起了許多人來研究這個問題。經過多年的研究以後，漸漸的證實了種質(又叫作遺傳的物質基本)是生殖細胞裏的染色質;前後代的種質，果真是連接不斷的。關於染色質是種質的證據，留在本篇的第四章裏詳細討論。第六篇第三章裏，曾經講過獨眼水蚤的生殖細胞指定體，顯明後代生殖細胞是從前代的生殖細胞直接生成的這個事實，可以算是種質連接不斷的一個證據(第155圖)。

獲得性不能遺傳 在魏斯曼發表他的學說的時候，最引起人注意和爭論的，是身體質能不能影響種質的問題。前面曾經講過，生物身體上的重要性質，都是遺傳性。除去遺傳性以外，身體上又有一類受了環境的影響以後，生成的性質，叫作獲得性(Acquired character)意外損傷造成的盲目，跛足，日光刺激引起的皮膚變黑，教育風俗養成的語言，習慣，都是獲得性。如果身體質能影響種質，獲得性應該可以遺傳到後代;如果不能影響種質，就不能遺傳到後代。所以身體質不能影響種質的問題，實際上就是獲得性能不能遺傳的問題。

獲得性遺傳問題的怎樣解決，不但在生物學裏是

很重要的，對於人生問題，也有很大的影響，因為獲得性如果是能遺傳的，我們用教育造成的好性質，就可以遺留到後代，漸漸的把人類的遺傳性也改良了，如果獲得性不能遺傳，教育的效果，就只限於一代，後代子孫不能得着前代教育的利益。

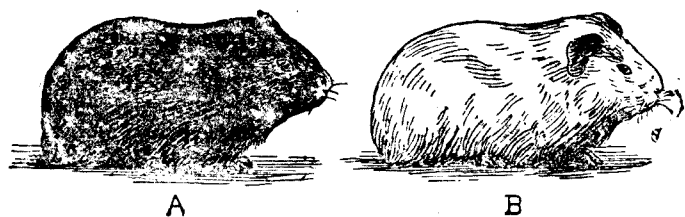
在種質論發表以前，生物學家和普通人，都以為獲得性是可以遺傳的。魏斯曼的意見，是身體質不能影響種質，獲得性不能遺傳，所以他的學說發表以後，就立刻引起了許多人的反對。反對魏斯曼的人，曾經提出很多的理由和證據，來擁護獲得性遺傳論，但是這些理由，都不充足，證據都不完備，所以經過魏斯曼的批駁以後，就都不能成立了。

魏斯曼又舉出許多事實來幫助他的獲得性不遺傳論。他用老鼠作過一個試驗，看前代尾子的斬斷，是不是可以在後代發生影響。結果是後代的尾子長得與前代原來的尾子一樣長，證明斷尾的獲得性不能遺傳下來。不但是一代的獲得性，不能遺傳，經過十九代斷尾以後產生的老鼠，仍然長出與第一代斷尾以前一樣長的尾子。其實這種試驗早已在人類歷史裏作過了。西洋婦

人的束腰和中國女子的纏足,都不能更改後代的遺傳性。語言,文字的教育,也不能造成生來會談話讀書的嬰孩。

因為獲得性遺傳論沒有確實無疑的證據,獲得性不遺傳論有這些證據,所以經過幾年的辯論以後,魏斯曼的意見,就漸漸的得到很多生物學家的擁護,到現在已經成了生物學裏的一個很重要的學說。

身體質不能影響種質 獲得性的不能遺傳,顯明身體質不能影響種質。但是生物身體裏各部分的關係是很密切的。動物身體裏有血液循環,激素,和神經,一部分的變化很容易引起其他部分或者全體各部發生反應。既然這樣,種質藏在身體質中間,經過長久的時期,似乎不能不受身體質的影響。因為這個緣故,雖然不能舉出確實證據,現在還有人以為身體質可以影響種質。關於這個問題,美國生物學家開什爾 (Castle) 和飛立浦氏 (Phillips) 曾經用豚鼠 (Guinea-pig) 做過一個試驗(第185圖)。白毛豚鼠同種交配產生的後代,平常都是白毛的。開什爾和飛立浦氏把一個白毛豚鼠的卵巢從身體裏取出來,換一個黑毛豚鼠的卵巢進去。後來黑毛豚鼠



第一百八十五圖 — A, 黑豚鼠; B, 白豚鼠。(仿 Castle)

的卵巢長在白毛豚鼠身體裏，經過很長久的時間。如果身體質能影響種質，黑毛豚鼠的卵巢，應該受了白毛豚鼠身體的影響，把種質改變了。但是這個豚鼠與白毛雄性豚鼠交配以後產生的後代，都是黑毛的。顯明種質並沒有更改。照這個試驗結果看起來，種質果真是很穩固的，果真不受身體質的影響。

第三章 孟德爾定律

從大體上看起來，前後代生物身體上的各種性質是很相似的；但是細心研究一下，就可以看出並不完全相似。前代是高的，後代可以生出矮的；前代是黃的，後代可以生出綠的。這一類前後代不相似的現象，像是很不規則的，所以引起從前研究遺傳的人，感覺很大的困難。雖然很困難，經過奧國僧人孟德爾 (Mendel) 的八年研究，不規則的現象，已經變成有規的定律了 (第186圖)。

一對因子的遺傳

孟德爾用了作研究的材料是豌豆。豌豆有許多種。有一種高到六七尺，又有一種是矮的，大約只有一尺高。純種高豌豆產生的後代都是高的，矮豌豆產生的後代都是矮的。孟德爾把純種高豌豆的花粉，移到矮豌豆大蕊的柱頭上，又用矮豌豆的花粉移到純種高豌豆大蕊的柱

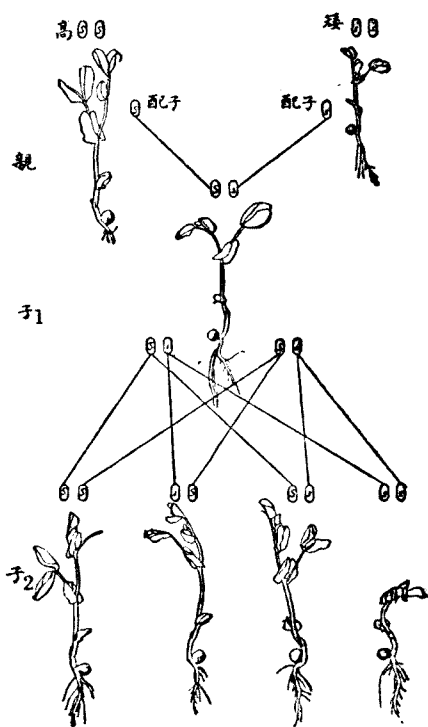


第一百八十六圖 — 孟德爾 (Gregor Johann Mendel, 1822-1884)。奧國僧人，發現孟德爾定律。

頭上。像這樣交配產生的子₁豌豆都是高的。子₁高豌豆在表面上看起來，與純種高豌豆是沒有分別的，但是他們的遺傳性有明顯的分別，因為純種高豌豆產生的後代都是高的，子₁高豌豆互相交配產生的子₂代有高的，又有矮的高和矮的數目成三與一的比例(第187圖)。

①在遺傳學裏最初交配的一代叫作親代(Parental generation)，以後產生的各代都叫子代(Filial generation) 親代可以用親字或 P 代表，親代產生的第一子代可以用子₁或者 F₁ 代表，第二子代可以用子₂或者 F₂ 代表，以後都照這樣推下去。

以上是孟德爾試驗的結果,現在講到他的解說他以為豌豆細胞裏有一種影響身體高矮的原因,叫作因子(Factor)。高豌豆的因子,可以用 S 代表,矮豌豆的因子,可以用 s 代表。在普通細胞裏,每種因子有兩個,精子和卵子裏,每種只有一個高豌豆與矮豌豆交配的時候,高豌豆產生的配子裏有一個 S,矮豌豆產生的

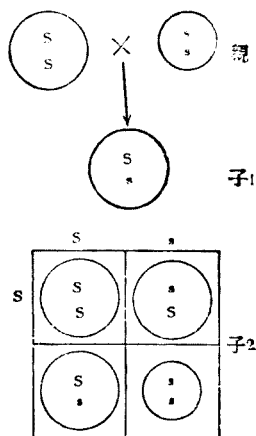


第一百八十七圖——高豌豆與矮豌豆交配的結果。(仿 Morgan)

配子裏有一個 s 受精以後,子豌豆細胞裏的因子是 Ss。因子的勢力有強有弱, S 的勢力比 s 強,所以 S 的影響可以在子豌豆的身體上現出來, s 的影響不能現出。孟

德爾把能在子₁身體上現出來的性質,叫作顯性 (Dominant character),不能在子₁身體上現出來的性質,叫作隱性 (Recessive character)。高是顯性,矮是隱性。

在子₁高豌豆產生配子的時候, Ss 分離到兩個配子裏,每個配子裏只有一個 S 或者 s,有 S 的配子與有 s 的配子數目相等。雄性產生的兩種配子與雌性產生的兩種配子,共計有四種配合的方法:有 S 的精子與有 S 的卵子合併成有 SS 的合子,將來演發生純種高豌豆;有 S 的精子與有 s 的卵子合併成有 Ss 的合子,將來演發成雜種高豌豆;有 s 的精子與有 S 的卵子合併成有 sS 的合子,將來也演發成雜種高豌豆;有 s 的精子與有 s 的卵子合併成有 ss 的合子,將來演發成矮豌豆 (第 188 圖)。以上四種配合的結果,

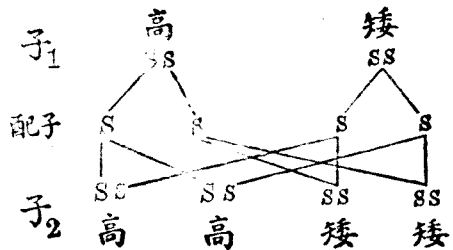


第一百八十八圖 一對圓子的遺傳。高豌豆 (S) 與矮豌豆 (s) 交配的結果。圖中圓圈代表合子與外表式, 圈內字母代表遺傳性。方格外的字母代表配子。子₁代生出兩種配子, 共有四種可能的配合, 合成外表式不同的子₂兩種, 他們的比例是 3:1。(由 Woodruff)

是SS, Ss, ss 三種因子不同的式樣,在現代遺傳學裏叫作因子式 (Genotype)。這三種因子式演發出來的,是高與矮兩種性質不同的式樣,在遺傳學裏叫作外表式 (Phenotype),這兩種外表式數目的比例是三高一矮。

孟德爾又作過一種叫作反交 (Backcross) 的試驗,看他的假設是不是可以用預先推測交配的結果。他用子高豌豆與矮豌豆交配。照理論上講起來,子高豌豆產生 S 與 s 兩種配子,矮豌豆產生 s 一種配子配合的結果,應該是 Ss 與 ss 兩種合子,演發成高矮兩種豌豆,這兩種豌豆數目應該是相等的。孟德爾實際上得到的結果,與照他的理論推測出來的結果完全相合(第189圖)。

二對因子的遺傳 豌豆的高與矮兩種性質是相對的,所以叫作相對性 (Allelomorph)。除去高與矮以外,豌豆還有許多別種相對性。

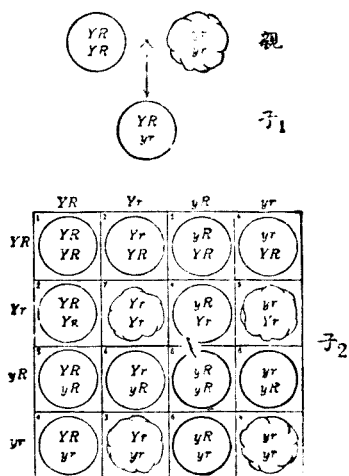


第一百八十九圖——反交試驗。子₁高豌豆產生 S 與 s 兩種配子,矮豌豆產生 s 一種配子。交配的結果是高矮兩種豌豆,兩種的數目相等。(陳植)

例如種子的顏色有黃與綠,種子的形狀有圓與皺用這些相對性作交配試驗的結果,都與高矮的遺傳一樣,在子代裏顯明黃與圓是顯性,綠與皺是隱性,在子代裏生出三黃一綠與三圓一皺的比例。

孟德爾把兩對相對性連在一起作過一個試驗他用了作試驗的材料,是能結黃圓種子的豌豆與能結綠皺種子的豌豆這兩種豌豆互相交配產生的種子是黃色圓形的這種黃圓種子長成子₁以後,互相交配產生的種子可以分爲四種這四種種子和數目的比例是九黃圓,三黃皺,三綠圓,一綠皺(第190圖)。

以上所講過的比



第一百九十圖 一二對因子的遺傳。
黃圓豌豆與綠皺豌豆交配的結果,圖中圓圈代表合子及外表式,圈內字母代表因子式。方格外的字母代表配子。交配所生的子₁都是黃圓,因為黃與圓是兩種顯性。子₁產生四種配子。這些配子共有可能的配合十六種,生出外表式不同的子₂四種,他們的比例是9:3:3:1。(由 Woodruff)

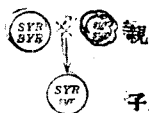
例 9:3:3:1, 可以用兩對因子解釋出來。這兩對因子是 Yy 與 Rr 。Y 代表發生黃色的因子; y 代表發生綠色的因子; R 代表發生圓形的因子, r 代表發生皺形的因子。在親代, 能結黃圓種子的豌豆, 有 $YYRR$, 後來產生一種有 YR 的配子; 能結綠皺種子的豌豆有 $yyrr$, 後來產生一種有 yr 的配子。這兩種配子合併以後, 長成有 $YyRr$ 的子₁; Y 與 R 是顯性的, 所以種子都是黃色圓形。在子₁ 豌豆產生配子的時候, Y 與 y 分離, R 與 r 分離, 後來生成的每個配子裏面, 只有兩個因子: 一個是 Y 或者 y , 一個是 R 或者 r 。因為 Y 或者 y , 與 R 或者 r 是可以自由聯合的, 所以子₁ 豌豆產生的配子, 有數目相等的四種: YR , Yr , yR , yr 。雄性產生的四種配子, 與雌性產生的四種配子, 照第 190 圖有十六種配合的方法; 配合的結果, 是生出九種子₂ 因子式: $YYRR$, $YYRr$, $YyRR$, $YyRr$, $YYrr$, $Yyrr$, $yyRR$, $yyRr$, $yyrr$ 。這九種因子式演發出來的四種子₂ 外表式和比例數, 是九黃圓, 三黃皺, 三綠圓, 一綠皺。

兩對因子的交配試驗, 可以在子₂ 代裏生出四種外表式, 三對因子的交配試驗, 可以在子₂ 代裏生出八種外表式, 六對因子的交配試驗, 可以在子₂ 代裏生出六十四

種外表式生物身體裏的相對因子,可以多到幾百對以上,所以身體的形態,也可以千變萬化,成無限種的外表式(第191圖)。

孟德爾定律 除去上面講過的幾個試驗以外,孟

德爾又用豌豆的七對相對性,作過許多很複雜的交配試驗。這些試驗都是在奧國的一個僧院裏作的,經過八年的研究以後,他把他的試驗結果和解說作成一篇論文,在1866年發表。那時候的生物學家都忙着研究演化問題,



	SYR	sYR	SyR	svR	SYr	sYr	Syr	svr
SYR	SYR SYR	sYR SYR	SyR SYR	svR svR	SYr SYR	sYr sYR	Syr SYR	svr svr
sYR	sYR sYR	sYR sYR	SyR sYR	svR svR	SYr sYR	sYr sYR	Syr sYR	svr svr
SyR	SyR SYR	sYR SYR	SyR SYR	svR svR	SYr SYR	sYr SYR	Syr SYR	svr svr
svR	svR svR	sYR svR	SyR svR	svR svR	SYr svR	sYr svR	Syr svR	svr svR
SYr	SYr SYR	sYr SYR	Syr SYR	svr svr	SYr SYR	sYr SYR	Syr SYR	svr svr
sYr	sYr sYR	sYr sYR	Syr sYR	svr svr	SYr sYR	sYr sYR	Syr sYR	svr svr
Syr	Syr SYR	sYr SYR	Syr SYR	svr svr	SYr SYR	sYr SYR	Syr SYR	svr svr
svr	svr svr	sYr svr	Syr svr	svr svr	SYr svr	sYr svr	Syr svr	svr svr

第一百九十一圖 三對因子的遺傳。產生黃圓種子的高豌豆(SYR)與產生綠皺種子的矮豌豆(svr)交配的結果。圖中圓圈代表合子與外表式,圈內字母代表因子式。方格外的字母代表配子。子₁產生八種配子,共有六十四種可能的配合,生成外表式不同的子₂八種,他們的比例是27:9:9:9:3:3:3:1。(由Woodruff)

沒有注意孟德爾的論文,直到1900年,纔有人看出這篇論文的重要。從此以後,孟德爾的發現,就成了生物學裏的一個很重要的定律,叫作孟德爾定律。

孟德爾定律可以分爲以下四條原理:(1)遺傳性可以分析成單位,例如豌豆的遺傳性質可以分成高矮,黃,綠,圓,皺許多單位。這些單位能自由配合,組成整個的遺傳性。(2)相對性有顯隱的分別,例如豌豆的高與矮,黃與綠,圓與皺,都是一顯一隱。(3)相對因子能保存純潔與互相分離;例如高矮交配產生的子₁豌豆身體裏,高與矮的因子同在一處經過長久的時期,可以不相沾染,保存原來的個性,後來能互相分離,各進一個配子。(4)不相對因子可以自由分配;例如黃圓與綠皺交配產生的子₁豌豆,在生成配子的時候,細胞裏的Y,或者y,與R,或者r,可以自由分離,配合成YR, Yr, yR, yr四種數目相等的配子。

孟德爾定律的修改 自從1900年生物學界裏知道孟德爾定律以後,就有許多人用很多種類的動植物照孟德爾的方法來研究各種性質的遺傳。從這些研究得到的新知識很多,內中有完全遵從孟德爾定律的遺

傳事實，又有表面上與這個定律不同的現象。這些表面上與孟德爾定律不同的現象，並不是完全不遵從這個定律，只要把這個定律的一兩條定理修改一下，就可以用他解釋這些現象了。

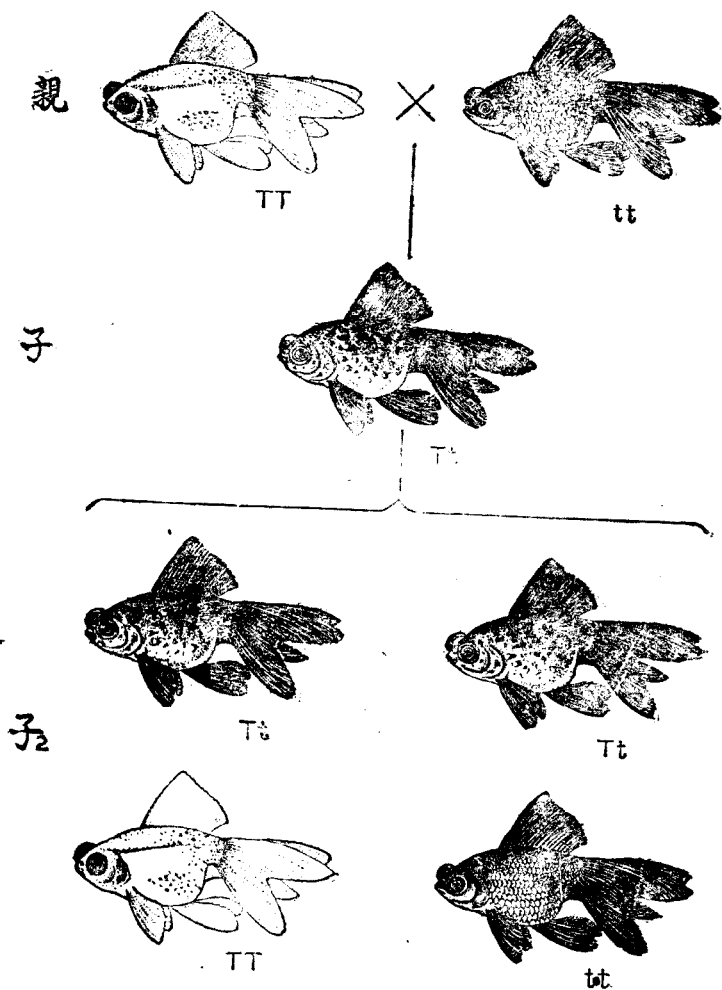
經過許多人的研究以後，孟德爾定律的四條原理，已經有了不少的修改。(1)照前面所講的豌豆遺傳看起來，一種因子在身體上只能發生一種影響；S的影響是高，Y的影響是黃，R的影響是圓。但是現在已經發現的事實，顯明有的時候，一種因子能在身體上發生許多種影響，有的時候，許多種因子只能在身體上發生一種影響。(2)照豌豆的遺傳看起來，相對因子都是有顯隱分別的。但是近三十幾年來，已經發現了許多沒有顯隱分別的相對因子。(3)現在已經發現的事實，顯明相對因子的保存純潔與互相分離，是一條極普遍的原理(4)不相對因子的自由分配，也是一條很普遍的原理，但是這些因子，如若有關連的關係（看第四章），這條原理就不適用了。

金魚類中，有一種叫作透明魚。這種金魚的全身是很透明的；鮮紅的鰓，黃色的卵，黑色的腸，都可以不用解

剖，從身體外面看得清楚。因為鱗片都像玻璃一樣透明，皮膚裏色素很少，所以這種金魚的身體外面，像是沒有鱗片，又不現出各種顏色。透明金魚與普通不透明金魚交配產生的子，既不像透明魚，又不像不透明魚。子₁的身體是一部分透明，一部分半透明，一部分不透明的。牠的顏色很特別，有紅，黃，藍，白，黑，許多種斑點分佈在身體各處；所以有些地方玩養金魚的人，把這種魚叫作五花魚。五花魚並不是一個純種。五花魚與五花魚交配產生出三種子₂。外表式。這三種外表式和比例數是一透明，二五花，一不明透。

上面所講的試驗結果與豌豆的子₂比例不同。但是這種遺傳，實際上是遵從孟德爾定律的。從第 192 圖裏，我們可以看出這是一對因子的遺傳。這種遺傳所以表面上與孟德爾定律不同的緣故，是相對因子沒有顯隱的分別。細胞裏有 TT，身體上就現出透明性質，有 tt，就現出不透明性質。T 與 t 同在一個細胞裏現出的，既不是透明，又不是不透明，乃是一種新性質，叫作五花。

上面所講的試驗結果又顯明一種因子，可以在身體上發生許多種影響。T 是一種因子這種因子在身體

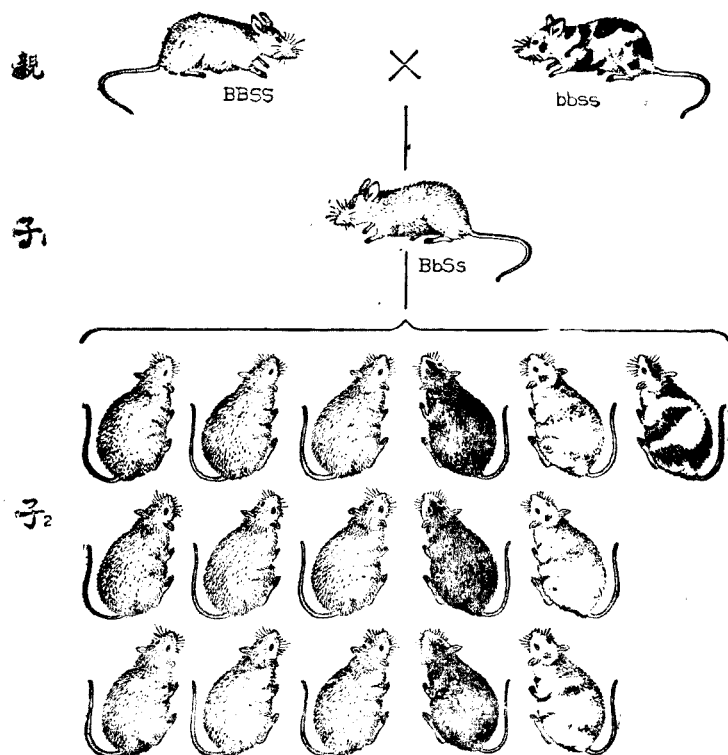


第一百九十二圖——透明金魚(TT)與不透明金魚(tt)交配產生的後代,都是五花金魚(Tt);五花金魚與五花金魚交配產生的後代之中有四分之一是透明金魚,四分之二是五花金魚,四分之一是不透明金魚。T代表透明因子,t代表不透明因子。(陳植)

上發生的影響，不像豌豆的高，黃，圓那樣的簡單；他的影響至少有兩種：(1) 身體變成透明或者半透明，(2) 顏色的遺失，減少，或者改變成五色花斑。

孟德爾定律的普遍 近三十幾年來發現的新知識，一方面顯明孟德爾定律要修改一下，修改以後就可以用這個定律解釋許多表面上不遵從孟德爾定律的遺傳現象，一方面又顯明孟德爾定律是極普遍的，我們用不着細講各種生物的遺傳，但是又不能不在動物的遺傳裏舉出一個完全遵從孟德爾定律的實例。

野鼠的毛是灰色的。玩養的老鼠有許多種顏色，內中有一種是黑白花斑的。灰色老鼠與黑白花斑老鼠交配產生的後代，顯明細胞裏有兩對相對因子。灰色老鼠細胞裏有 BBSS。BB 在身體上發生的影響是灰色，S 的影響是遍身有色，沒有白斑；黑白花斑老鼠細胞裏有 bb ss。bb 在身體上發生的影響是黑色，ss 的影響是許多白斑。灰色老鼠與黑白花斑老鼠交配產生的子₁老鼠細胞裏都有 Bb Ss 二對因子，身體上都是遍身灰色，顯明 B 與 S 是顯性的。子₁老鼠互相交配產生的子₂代裏有四種外表式。這四種外表式和比例數是 9 遍身灰色，3



第一百九十三圖 — 灰色無斑的老鼠與黑色白斑的老鼠交配產生灰色無斑的子₁。子₁與子₁交配產生的子₂之中，有十六分之九是灰色無斑的，十六分之三是黑色無斑的，十六分之三是灰色白斑的，十六分之一是黑色白斑的。B，灰色因子；b，黑色因子；S，無斑因子；s，白斑因子。（譯慎）

遍身黑色,3 灰色白斑,1 黑色白斑(第193圖)。

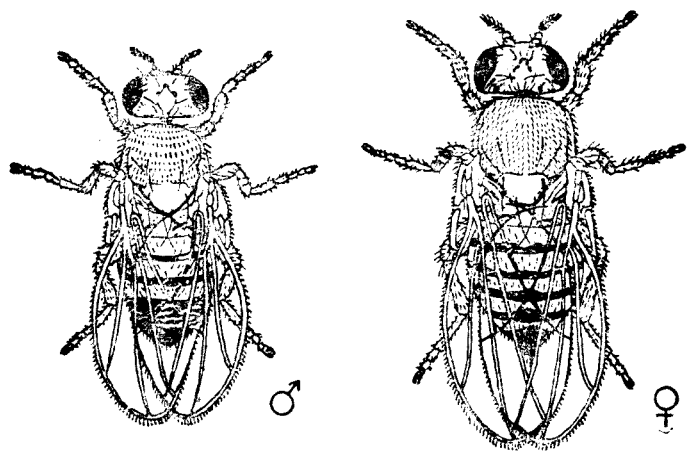
第四章 遺傳的物質基本

前面曾經講過,遺傳性都由生殖細胞裏從前代遺傳到後代。照這樣看起來,生殖細胞裏一定有一種或者幾種具體的物質,是遺傳的物質基本(Physical basis of heredity)。生殖細胞同普通細胞一樣是細胞質,細胞質裏包含的物體,是細胞核組成的;細胞核又是許多染色體組成的。細胞質與細胞質裏包含的物體,是不是遺傳的物質基本,現在還不能確實斷定,至於染色體是遺傳的物質基本,現在已經完全證實了。

染色體與因子的關係 有很多事實可以證明染色體是遺傳的物質基本。在這些證據中,有一個是染色體數目改變與因子數目改變的相似。第六篇裏曾經講過,在身體細胞和減數分裂以前的生殖細胞裏,每種染色體的數目是兩個,在成熟的配子裏,每種染色體只有一個。後來精子與卵子合併成合子,精子帶來的一個染色體與卵裏原有的一個染色體,又配成每種兩個。因子的數目改變與染色體的數目改變是同樣的,在普通細胞裏,每種因子有兩個配子裏每種因子只有一個,配子

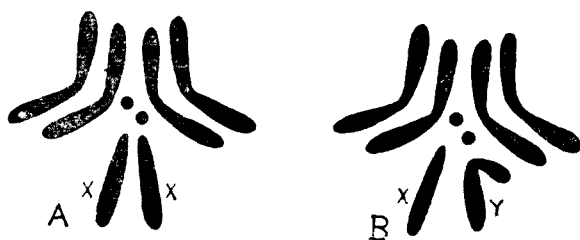
合併成合子以後,每種因子的數目,又改成兩個染色體數目改變與因子數目改變的相似,顯明染色體與因子是有連帶關係的。

我們已經知道染色體與因子有連帶關係以後,第二步就要想知道每個染色體是一個還是許多個因子,的物質基本如若每個染色體是一個具體的因子,各種生物細胞裏的染色體總數目,就應該與他的因子總數目相等;如若每個染色體是許多個因子組成的,因子的總數目,就可以超過染色體的總數目。染色體的數目是



第一百九十四圖——果蠅(*Drosophila melanogaster*)。♂,雄; ♀,雌。

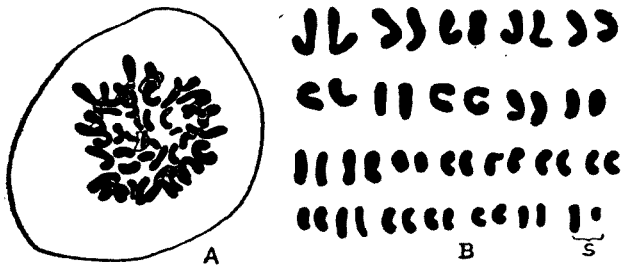
(仿 Morgan)



第一百九十五圖 — A, 雌果蠅的染色體; B, 雄果蠅的染色體。X, Y, 性染色體。(由 Morgan)

很有限的。有些生物的染色體數目，少到一二對，或者多到一百對；大多數種類的生物，只有四五對到二三十對染色體。但是因子的數目，無論如何不能這樣少。果蠅只有四對染色體（第194, 195圖），他的因子數目在幾百對以上。人類的染色體數目是二十四對（第196圖），人類的因子數目，似乎不能比果蠅的更少。照上面所講的事實看起來，每個染色體，一定不是一個，必定是許多個因子的物質基本連合起來組成的。因子的物質基本可以簡稱為因基(Gene)。

因基的定位 在1910到1915幾年裏，遺傳學有了一個很大的進步。造成這個進步的人，是美國生物學家毛爾庚 (Morgan) 和他的幾個學生。他們用了作研究的材料，是醋坊裏和水果舖裏可以尋着的果蠅 (Droso-



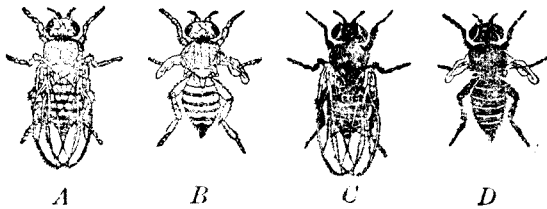
第一百九十六圖——人的染色體。A, 精原細胞, 內中有四十八個染色體。B, 四十八個染色體分開成二十四對, 內中不相等的一對(s)是性染色體。(由 Woodruff 仿 Painter)

phila melanogaster)。他們發現果蠅有四對長短不同的染色體, 有幾百對以上的因基。他們確實證明這幾百對因基都連在四對染色體上, 長染色體上的因基很多, 短染色體上的因基少些, 圓粒形染色體上, 只有很少數的幾個因基。他們尋着很多的試驗證據, 不但能證明某種因基在某種染色體上, 並且能證明某個因基在某個染色體上的一定的位置, 這個一定的位置, 是在染色體的一端, 或者中段, 或者其他部分。

環連與互換 第 195 圖和第 201 圖, 表示果蠅有四種染色體, 每種染色體上有許多因基。第一染色體上的因基, 與雌雄性有關係, 留到第五章裏再講。如若我們隨意選一對連在第二, 三, 四染色體上的因基, 作交配試

驗,我們所得的結果,都與孟德爾定律的一對因子遺傳相合,沒有什麼新奇的現象。如若我們隨意選兩對連在不同染色體上的因基,例如一對連在第二染色體上,一對連在第三染色體上,作交配試驗,我們所得的結果,都與孟德爾定律的兩對因子遺傳相合,也沒有什麼新奇的現象。如若我們在同一種染色體上選兩對因基,作交配試驗,我們得到的結果,就與根據孟德爾定律推測出來的不同了。

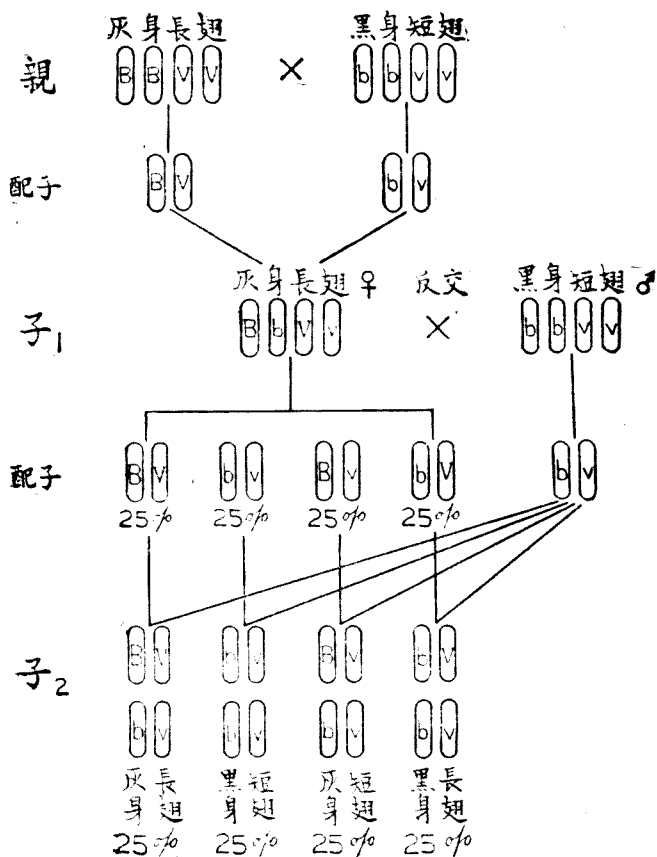
在第二染色體上,有一個因基,叫作黑身 (Black),代表這個因基的記號是 b 。黑身是隱性的與黑身相對的顯性因基是灰身,記號是 B 。在第二染色體上,又有一個因基,叫作短翅 (Vestigial),代表他的記號是 v 。短翅也是隱性的與短翅相對的顯性因基叫作長翅,記號是



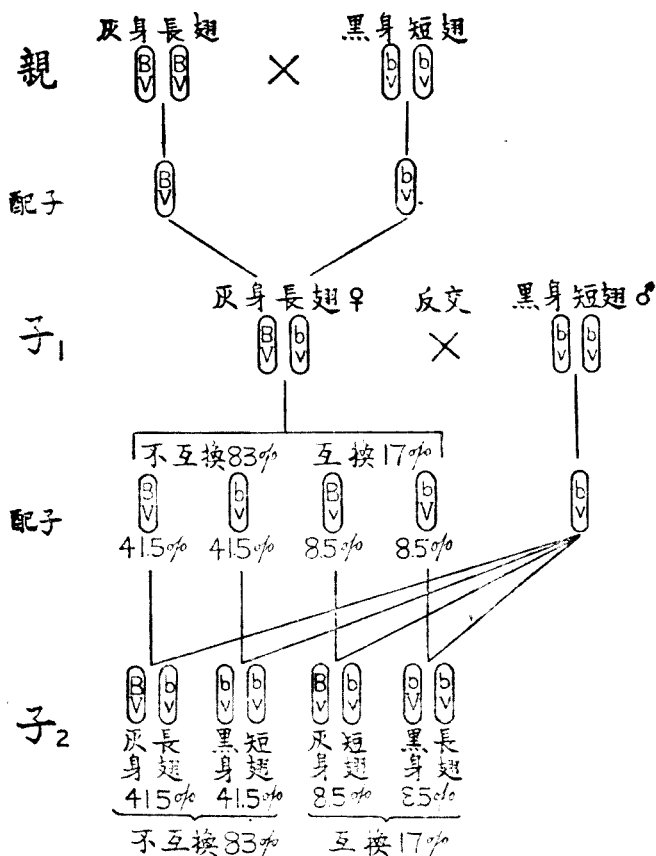
第一百九十七圖 四種果蠅。A, 灰身長翅, B, 灰身短翅; C, 黑身長翅; D, 黑身短翅。(由 Morgan)

V (第197圖)。如若我們用一個灰身長翅的果蠅 ($BBVV$), 與一個黑身短翅的果蠅 ($bbvv$) 交配, 產生的子₁ ($BbVv$) 都是灰身長翅的, 顯明灰身與長翅是顯性。照孟德爾定律的第四條原理看起來, 子₁產生的配子, 應該是 BV, Bv, bV, bv 數目相等的四種, 子₁與黑身短翅 ($bbvv$) 的果蠅交配, 應該在子₂代裏生出灰身長翅, 黑身短翅, 灰身短翅, 黑身長翅四種, 這四種的數目, 應該是相等的, 每種佔總數的百分之二十五 (第198圖)。但是實際上得到的結果與上面推測出來的不同。實際上得到的灰身長翅與黑身短翅兩種數目很多, 每種佔子₂總數百分之41.5, 灰身短翅與黑身長翅兩種數目很少, 每種佔子₂總數百分之8.5。

灰身長翅與黑身短翅, 都與親代原來的兩種相同。灰身短翅與黑身長翅是交換性質新生出來的。何以與親代相同的兩種很多, 新生出來的兩種很少? 毛爾庚的解說是這樣 (第199, 200圖): 在親代, 灰身長翅的果蠅的兩個第二染色體上, 各有一個 B 和一個 V , 黑身短翅果蠅的兩個第二染色體上, 各有一個 b 和一個 v 。子₁的兩個第二染色體, 是從兩個來源得來的。從前代灰身長



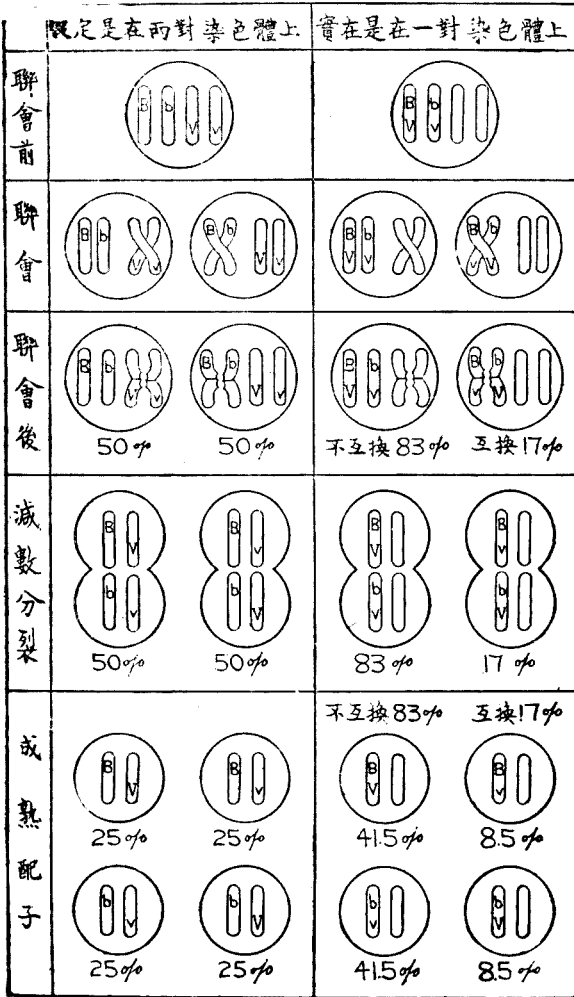
第一百九十八圖——假設 $BbVv$ 兩對因子分配在兩對染色體上，照孟德爾定律二對因子的遺傳，反交所生的子₂應該有四種，每種各佔子₂總數四分之一。 B ，灰身因子； b ，黑身因子； V ，長翅因子； v ，短翅因子。（陳植）



第一百九十九圖 —— $BbVv$ 兩對因子實在是環連在一對染色體上。在子₁身體裏， BV 與 bv 之間有百分之十七次的互換，所以子₁產生的配子有數目不相等的四種，子₁反交所生的子₂也是數目不相等的四種，內中不互換的兩種很多，互換的兩種很少。 B ，灰身因子； b ，黑身因子； V ，長翅因子； v ，短翅因子。（陳植）

翅果蠅得來的第二染色體上面有 BV, 從前代身短黑翅果蠅得來的第二染色體上面有 bv。在第六篇第三章裏曾經講過, 滋長時期的生殖細胞裏有染色體相配成對的現象, 叫作聯會。子, 雌果蠅的兩個第二染色體到聯會時候, 就互相靠近配成一對。^{*}這時候成對的兩個染色體之間, 發生一種互相交換一部分染色質的變化。這個染色體的一頭, 可以換到那個染色體上, 那個染色體的中段, 可以換進這個染色體。交換的地點是不一定的。有的時候, 交換的地點在 B 與 V 之間, 結果就把原來的兩個染色體變成一個有 Bv, 一個有 bV 的染色體。有的時候, 交換的地點不在 B 與 V 之間, 結果是 B 與 V 仍然連一個染色體上, b 與 v 仍在連在另一個染色體上。B 與 V 在染色體上的距離很近, 交換的機會很少, 大約每一百對聯會的第二染色體之中只有十七對在 B 與 V 之間有了交換, 其餘八十三對的交換地點不在 B 與 V 之間, 所以等於沒有交換。因為沒有交換的染色體很多, 交換過的染色體很少, 所以後來生成的四種配子, 也是

* 雌果蠅的染色體有互換, 雄果蠅沒有互換。除少數變種生物以外, 雌雄身體裏的染色體都有互換。遺傳學用 ♀ 表雌性, ♂ 代表雄性。



第二百圖 — 表示互換與聯會的關係。(陳景)

多少不相等的。染色體上有 BV 或者 bv 的配子，每種佔總數百分之 41.5，染色體上有 Bv 或者 bV 的配子，每種只有總數百分之 8.5。與子₁交配的雄果蠅產生一種有 bv 的配子。這種配子與子₁產生的四種配子合併，就生成灰身長翅，黑身短翅，灰身短翅，黑身長翅四種果蠅。前兩種與親代的兩種果蠅相同。共計佔子₂總數百分之八十三，後兩種是新生出的，共計佔子₂總數百分之十七。

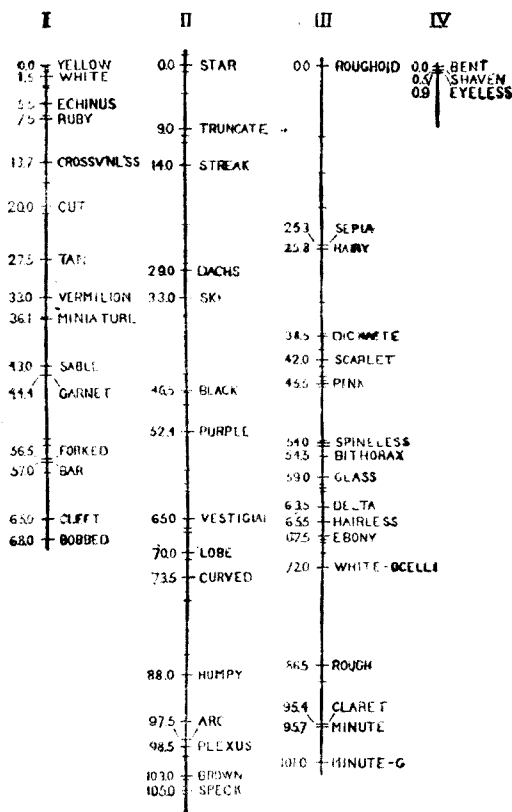
毛爾庚的解說，可以重新說明一下：若兩個因基連在一個染色體上，在遺傳的時候這兩個因基不遵從孟德爾自由分配的原理，往往連帶着一同傳到後代。這樣連帶着一同傳到後代的現象，叫作環連（Linkage）。在聯會時候，相配成對的染色體，可以交換一部分染色質。隨着交換染色質發生的因基的交換，叫作互換（Crossing over）。前面曾經講過，果蠅有四種染色體和幾百種已經發現的因基毛爾庚和他的學生查出，凡是在同種染色體上的兩種因基，都互相有環連和互換的關係，凡是不在同種染色體上的兩種因基，都沒有這種關係。

直線排列 前面曾經講過，黑身短翅與灰身長翅之間，可以有百分之十七次的互換。在這兩對因基，互換

百分數是沒有大改變的；但是換兩對別種因基作交配試驗，在子代裏就現出不同的百分數了。第二染色體上靠近黑身長翅的地方，有一種因基，叫作紫眼 (Purple)，紫眼是隱性的與紫眼相對的顯性因基，是紅眼。如若用黑身紫眼的果蠅與灰身紅眼的果蠅作交配試驗，所得的結果，可以顯明黑身紫眼與灰身紅眼之間的互換百分數是六。照同樣方法可以查出紫眼短翅與紅眼長翅之間有百分之十二次的互換。

何以互換百分數不是一律的？關於這個問題的解釋，是因基在染色體上有遠近不同的距離。如若兩對因基在染色體上的距離是很近的，在這兩對因基之間，交換染色質的機會，自然很少，所以互換百分數也就很小。如若兩對因基距離是很遠的，在這兩對因基之間，交換染色質的機會很多，所以互換百分數，就變成很大了。照這樣看起來，我們可以根據兩對因基的互換百分數，推測他們在染色體上距離的遠近；互換百分數愈小，距離就愈近，愈大，距離就愈遠。再進一步，我們可以把互換

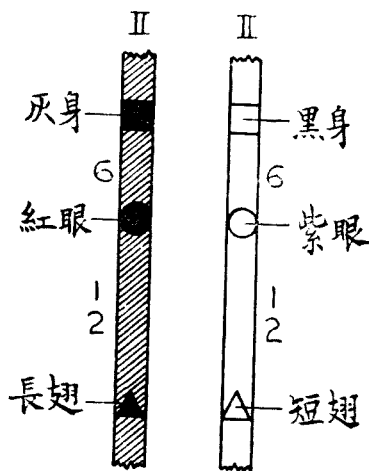
* 根據 Bridges and Morgan, 1919, Carnegie Inst. Wash. Pub. No. 278, 黑身紫眼之間的互換百分數是 6.2, 紫眼短翅之間是 11.8, 黑身短翅之間是 17.8



第二百零一圖 果蠅的四個染色體，表示因基的位置。I，第一染色體又叫作 X 染色體；II, III, IV, 第二, 第三, 第四染色體。染色體旁邊的英文字，是各種因基的名稱，例如第一染色體上有 Yellow (黃身因基)，White (白眼因基)；第二染色體上有 Black (黃身因基)，Purple (紫眼因基)，Vestigial (短翅因基)；第三染色體上有 Bithorax (雙胸因基)，Hairless (無毛因基)；第四染色體上有 Eyeless (無眼因基) 每種因基旁邊的數目字，表示因基位置離染色體一端的遠近。果蠅的因基數目很多，圖中表示的不過是其中的一部分。(仿 Morgan, Sturtevant, Muller, and Bridges)

百分數直接當作染色體上距離的單位；互換百分數是一，距離也是一，百分數是十，距離也是十。既然是這樣，我們就可以說黑身(或者灰身)紫眼(或者紅眼)之間的距離是六，紫眼(或者紅眼)短翅(或者長翅)之間的距離是十二。這個距離，自然不是可以用尺量的，不過是一種假設的比較遠近的單位。

互換百分數，不但可以指示因基之間的距離，並且可以顯明因基在染色體上是怎樣排列的（第 202 圖）。前面已經講過，黑身紫眼之間的距離是六，紫眼短翅之間的距離是十二。如若這三種因基在染色體上是排列成直線的，如若排列的次序是黑身——紫眼——短翅，根據已知的六與十二兩個距離，我們可以推測黑身短翅之間的距離是十八。如若這三種因基是排列成直線

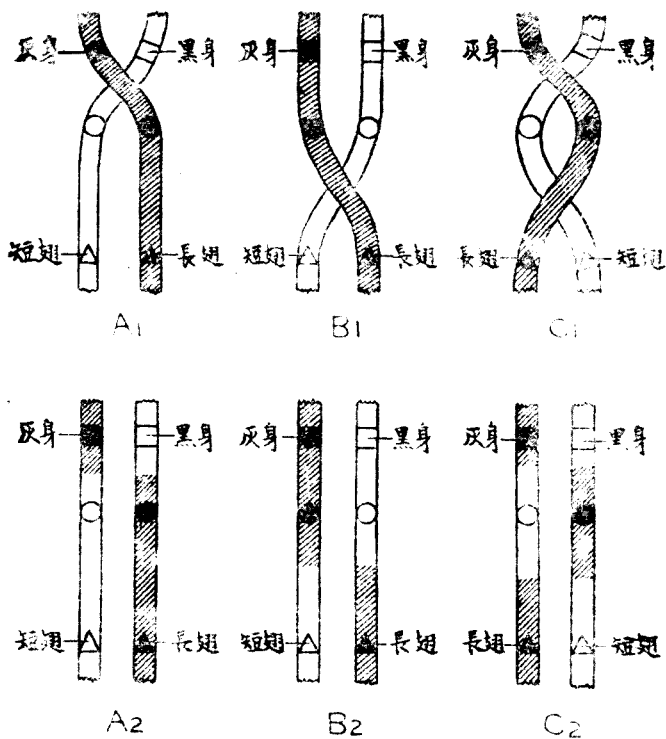


第二百零二圖——第二染色體的一段表示因基的直線排列。（陳植）

的,但是排列的次序是短翅——黑身——紫眼,根據已知的六與十二兩個距離,我們可以推測黑身短翅之間的距離是六。實際上試驗得到的互換百分數是十七,與十八相差不多,顯明這三種因基果真是在染色體上排列成直線的,排列的次序是黑身——紫眼——短翅。

何以黑身短翅之間的互換百分數不是十八,是十七?關於這個問題的回答,是黑身短翅之間的距離,比較起來已經很長;在這兩種因基之間,有的時候能同時發生兩次互換,叫作雙互換(Double crossing over)。一次互換的效果,是可以在子₂代裏看出來的,例如黑身短翅和灰身長翅換成黑身長翅和灰身短翅。雙互換在子代裏不顯出互換的效果,例如黑身短翅與灰身長翅經過雙互換以後,仍然是黑身短翅與灰身長翅兩種,在表面上像是沒有互換一樣(第203圖)。因為長距離有雙互換,雙互換的結果,是減少子代裏看得出的互換百分數,所以用兩種距離很遠的因基作試驗,子代裏看出的互換百分數,都比實在的互換百分數小些。黑身短翅之間看得出的互換百分數,雖然是十七,實際上的百分數,一定比十七大。

毛爾庚和他的學生根據無限的試驗記錄，把果蠅幾百種因基互相的關係，用一個圖表示出來，第 201 圖



第二百零三圖 A₁，單互換的地點在灰身紫眼(O)之間，A₂，單互換的結果，B₁，單互換的地點在紫眼短翅之間，B₂，單互換的結果 C₁，雙互換；C₂，雙互換的結果。單互換之後，黑身與短翅分離到兩對染色體上；雙互換之後，黑身與短翅仍然連在一個染色體上，像是沒有互換。(陳植)

裏記載的，不過是幾百個之中的幾十個因基。在這圖裏的因基，都有一定的位置，叫作位點（Locus）。有些因基的位點是零，其餘的因基，旁邊都有數目字表示位點離零點的遠近。很短的距離，例如一，或者二可以代表互換百分數。很長的距離，因為有雙互換，不能從兩頭因基的互換百分數直接求出來，都是從許多短距離的相加計算出來的。毛爾庚和他的學生收集的試驗記錄，是年年增加的，所以他們製的圖也時常修改。照最近發表的因基位置圖（第201圖）看起來，黑身（Black）的位點是46.5，紫眼（Purple）的位點是52.4，短翅（Vestigial）的位點是65.0。根據這三個位點算出來的黑身與紫眼的距離是5.9，紫眼與短翅的距離是12.6，黑身與短翅的距離是18.5。

近二十年來，有許多人用研究果蠅的方法來研究別種生物。這些研究的結果，證明毛爾庚和他的學生的發現是很普遍的，各種生物的因基，都有與果蠅因基同樣的關係。

第五章 雌雄性的決定

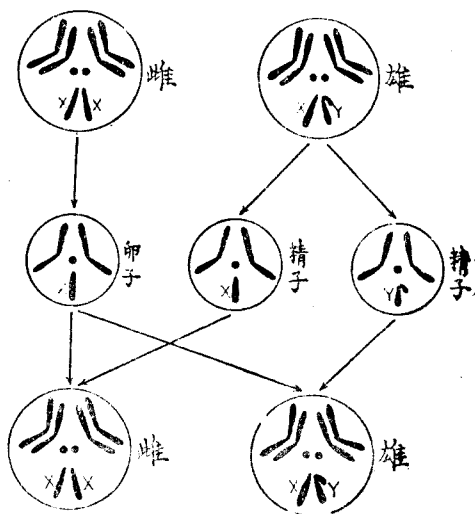
大多數種類的生物，都有雌雄兩性的分別。有些是

雌雄同體的，有些是雌雄異體的。在雌雄異體的生物，雌性身體和雄性身體有很多不同的地方。除去生殖器官的不同以外，這些生物身體上，又有許多別種分別雌雄的性質，叫作次級性徵 (Secondary sexual character)，例如雄雞的雞冠肉垂和特別發達的羽毛，男子的鬍鬚與聲音。

同是一個受精卵，何以有些演發成雌性生物，有些演發成雄的？關於這個問題，已經有很多生物學家，用許多種方法，作過多年的研究。有一類研究，是用顯微鏡方法作的。這類研究的結果，查出細胞裏有一種特別染色體，叫作性染色體 (Sex chromosome)。

性染色體 我們現在根據果蠅來解說染色體與雌雄性決定的關係。果蠅的第一對染色體是性染色體，餘下的三對，都是普通染色體 (Autosome)。雄果蠅的普通染色體與雌果蠅的沒有什麼分別，但是雄果蠅的性染色體與雌果蠅的不同。在雄果蠅細胞裏，有兩個形狀不同的性染色體：一個是棒形的，叫作 X 染色體；一個是鉤形的，叫作 Y 染色體。雌果蠅的兩個染色體，都是棒形的，所以都是 X 染色體 (第 204 圖)。

雌果蠅的普通細胞裏都有六個普通染色體和兩個X，配子裏都有三個普通染色體和一個X。雄果蠅的普通細胞裏都有六個普通染色體，一個X，和一個Y。在減數分裂的時候，X和Y互相分離到兩個配子裏，所以雄果蠅產生的配子，有數目相等的兩種：



第二百零四圖 果蠅的受精卵裏如若有一個X染色體，就演發成雌性的，有一個X和一個Y，就演發成雄性的。雌果蠅產生一種卵子；雄果蠅產生數目相等的兩種精子，所以受精以後，就成了數目相等的兩種合子，後來演發成雌雄兩種果蠅（陳植）

一種配子裏有三個普通染色體和一個X，一種配子裏有三個普通染色體和一個Y。

一種卵子和兩種精子的配合方法，可以從第204圖裏看出來配合的結果，是兩種數目相等的合子；一種合子裏有六個普通染色體和兩個X，將來演發成雌果蠅；一種合子裏有六個普通染色體，一個X，和一個Y，將

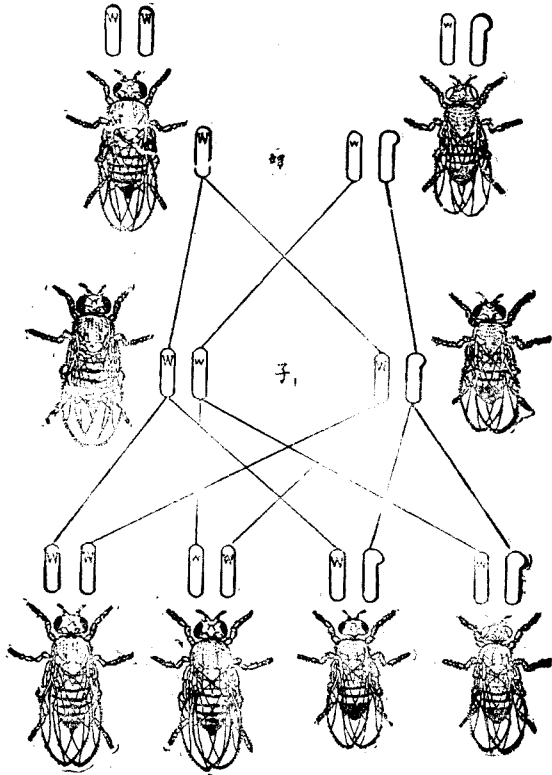
來演變成雄果蠅。照這樣看起來，果蠅的雌雄性，像是由性染色體決定的；有兩個 X，就成雌性，有一個 X 和一個 Y，就成雄性。在每代裏產生的兩種配子，兩種合子，都是數目相等的，所以演發出來的雌雄兩種果蠅，也是數目相等。

細胞學家查出很多種類的生物，都像果蠅一樣的有 X 和 Y 兩種性染色體，雌性細胞裏都有 XX，雄性細胞裏都有 XY。據平特（Painter）的研究，女子細胞裏有四十六個普通染色體，和兩個 X，男子細胞裏有四十六個普通染色體一個 X，和一個 Y（第 196 圖）。

有些生物有 X 染色體，但是沒有 Y 染色體，所以雄性的染色體數目，比雌性的少一個。在這些生物，X 染色體數目的多少，像是決定雌雄性的原因，雌蟋蟀有二十二個染色體，雄蟋蟀只有二十一個，雌馬有三十八個染色體，雄馬只有三十七個。據維尼瓦特（Winiwarter）的研究，女子和男子，都有四十六個普通染色體，但是女子有兩個 X，男子只有一個 X，沒有 Y。

雌蜜蜂細胞裏有三十二個染色體，雄蜜蜂細胞裏只有十六個染色體，卵與精子裏，都有十六個染色體。如

若卵與精子合併,合子裏有三十二個染色體,就演發成雌蜜蜂,如若照單雌生殖不與精子合併,卵裏只有十六個染色體,就演發成雄蜜蜂,在這類動物,染色體總數目對細胞質容量的比例,像是決定雌雄性的原因。

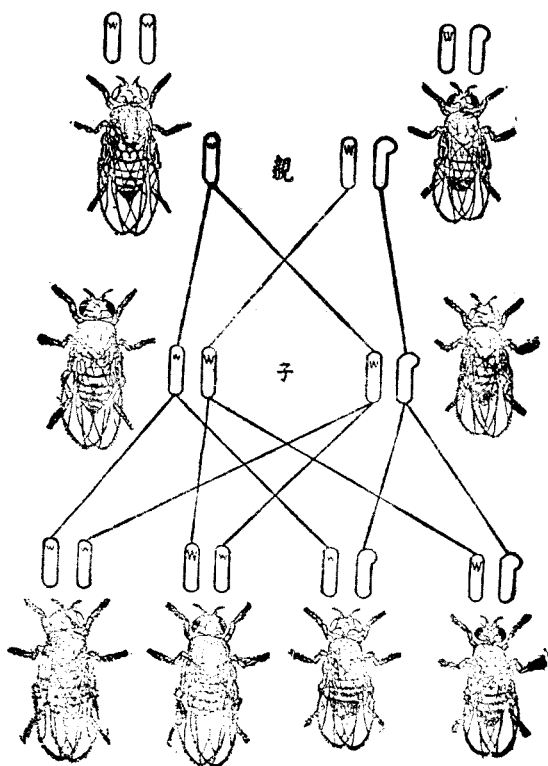


性連遺傳 普通野果蠅都是紅眼的。毛爾庚發現一種白

第二百零五圖——果蠅的性連遺傳。親代是白眼雄的與紅眼雌的。子₁代都是紅眼的。子₂代是紅眼雌的與紅白眼兩種雄的。這兩種的數目相等。果蠅上面和旁邊的小圖代表性染色體, X 染色體裏有 W 或者 w, X 染色體裏沒有圖基。(仿Morgan)

眼的果蠅。如若用紅眼的雌果蠅與白眼的雄果蠅交配，

子₁都是紅眼的，在子₂代裏，大約有四分之二的紅眼雌果蠅，四分之一是紅眼雄果蠅，四分之一是白眼雄果蠅。如若用白眼雄果蠅與紅眼雌果蠅交配，所生的子₁，子₂，都與上面講過的不同。在子₁代裏，凡是雌果蠅，都是



第二百零六圖——與第二百零五圖相反的交配。親代是白眼雌的與紅眼雄的。子₁代是紅眼雌的與白眼雄的。子₂代是紅♀，白♀，紅♂，白♂，四種，每種佔總數四分之一。果蠅上面和旁邊的小圖代表性染色體。(仿 Morgan)

紅眼的，雄果蠅都是白眼的。子₂代裏的果蠅，可以分爲數

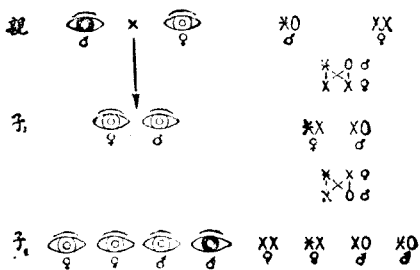
目相等的四種：紅眼雌，白眼雌，紅眼雄，白眼雄（第 205 206 圖）。

上面所講的試驗結果，與遵從孟德爾定律遺傳的很不同。毛爾庚的解說是這樣果蠅細胞裏有一種隱性的因基，叫作白眼 (White) 記號是 w 。與白眼相對的顯性因基是紅眼，記號是 W 。白眼與紅眼因基的本身，與別種遵照孟德爾定律遺傳的因基比較起來，並沒有什麼新奇的地方。他們所以發生新奇遺傳現象的原因，是他們的位置引起的。這種因基的位置是在 X 染色體上，在遺傳的時候，都隨着 X 染色體遺傳到後代。Y 染色體雖然也是染色質組成的，但是這個染色體很奇怪，上面像是沒有因基。照這樣看起來雌果蠅有兩個 X 染色體，所以必須有兩個 w ，纔能現出白眼，如果有一個 w 和一個 W ，或者兩個 W ，就現出紅眼；雄果蠅細胞裏只有一個 X 染色體，Y 上而沒有因基，所以只要有一個 w ，就可以現出白眼，一個 W ，就現出紅眼。如若我們承認以上幾個假

* 前面講過的紫眼記號是 p ，與紫眼相對的紅眼記號是 P 。 p 與 P 的位點都是第二染色體上的 52.4。現在所講的紅眼記號是 W 。 W 與 w 的位點都是第一染色體上的 1.5。所以 P 與 W 在身體上現出的影響雖然都是紅眼，但是在染色體上的位點完全不同，實在是兩種不同的因基。

設都是對的,紅眼與白眼交配試驗的結果,就可以照第 205 圖和第 206 圖解釋出來了。

因為因基位置在性染色體上發生的特殊遺傳現象,叫作性連遺傳 (Sex-linked inheritance)。性連遺傳,有兩種普通式樣。像果蠅的白眼那樣遺傳的式樣,叫作 XX-XY 式又叫作 XY 式。果蠅第一染色體上的各種因基,都照 XY 式遺傳。除去果蠅以外,許多別種生物,也有照 XY 式遺傳的性質。人類有一種生理上的缺點,叫作色盲 (Color blindness)。有色盲性質的人,把紅色當作灰綠色,不能辨別出來。色盲的男子,比色盲的女子多些。這種性質的遺傳,是 XY 式的,有色盲是隱性,無色盲是顯性,與果蠅的白眼遺傳,完全一樣 (第 207, 208 圖)。



第二百零七圖——色盲的遺傳。親代男子有色盲性,女子無色盲性。子₁男女都不現出色盲性。子₁女子與無色盲性的男子結婚後產生的子₂男子(外孫男)一半有色盲性,一半無色盲性。黑眼珠表示色盲性;*表示性染色體上面帶着色盲因基。(仿 Morgan)

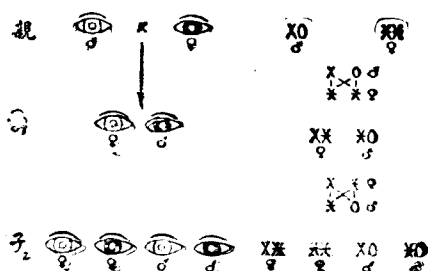
魚類也有照 XY 式遺傳的性質,但是這類動物的性

連遺傳,有一層特別的地方:這就是X染色體和Y染色體上都可以有顯性的因基。

蝴蝶,蛾,鳥類另有一種式樣的性連遺傳,叫作WZ-ZZ式,又叫作WZ式這種式樣的性連遺傳,與

XY式是相反的:雌性的細胞裏有兩個同樣的染色體,叫作Z染色體,這兩個染色體上,都有因基。雌性的細胞裏,有兩個不同樣的染色體,一個是Z染色體,上面有因基,一個叫作W染色體,上面沒有因基。

中間性 雌雄異體的生物,有的時候,生出一種半雌半雄的反常狀態,叫作中間性(Intersex)。中間性生物的生殖器官和次級性徵,都有幾分像雌的,又有幾分像雄的,何以生出中間性?現在生物學裏的解釋是這樣:每個生物身體裏都有兩種趨勢,一種趨勢是向着雌性



第二百零八圖 一色盲的遺傳 親代女子有色盲性,男子無色盲性。子₁男子有色盲性,女子不現出色盲性。如若子₁色盲男子與一個隱藏色盲性的女子結婚,子₂代裏就有一半男子(孫男)和一半女子(孫女)是有色盲性的,其他一半沒有色盲性。黑眼珠表示色盲性;*表示性染色體上面帶着色盲因基。(仿 Morgan)

演發的，一種是向着雄性演發的，有的時候向雌性演發的勢力強些，這個生物就長成雌性的，有的時候向雄性的勢力強些，這個生物都演發成雄性的。如若向雌性演發和向雄性演發的勢力相等，這個生物就現出中間性。

照染色體和性連遺傳的研究結果看起來，性染色體像是決定雌雄的惟一原因，普通染色體像是與雌雄決定沒有關係的。近來有人發現證據，顯明除去性染色體以外，普通染色體，或者連細胞質也是決定雌雄的重要原因。在果蠅身體裏，X染色體發生向着雌性演發的趨勢，普通染色體發生向着雄性演發的趨勢。如若一個受精卵裏X染色體的數目與每種普通染色體的數目成一與一的比例，或是三與二的比例，這個受精卵裏向雌性演發的勢力比向雄性演發的勢力強些，所以將來就演發成雌果蠅。如若一個受精卵裏X染色體數目與每種普通染色體數目的比例是一比二，或者一比三，這個受精卵裏向着雄性演發的勢力比向雌性演發的勢力大些，所以將來就演發成雄果蠅。如若一個受精卵裏X染色體數目與每種普通染色體數目成二與三的比例，這個卵裏向雌性演發和向雄性演發的勢力相等，將



第二百零九圖——果蠅的染色體與雌雄及中間性的關係。全黑的是X染色體，空心的是普通染色體，虛線的是Y染色體。(仿 Stamer and Dunn)

來就演發成一個中間性的果蠅（第209圖）。在反常果蠅細胞裏，每種染色體的數目，可以由兩個增加到三個，或者四個。但是在正常果蠅細胞裏，普通染色體的數目，永遠是每種兩個，惟有X染色體，有的時候是兩個，有的時候是一個，所以X染色體數目的改變，就成了細胞裏決定雌雄的直接原因。

性反轉 每個雌性或者雄性生物身體裏，既然都有向雌和向雄兩種勢力，雌雄決定，既然是這兩種勢力

強弱不同的結果，在一個生物已經演發成雌性或者雄性以後，如若身體裏這兩種勢力的強弱發生變化，原來比較強的勢力，改變成比較弱的，這個生物的雌雄性，似乎可以反轉過來。近來已經有人發現許多種動物果真可以由雌性變成雄性的，或者由雄性變成雌性的。這類返轉雌雄性的現象，叫作性反轉(Sex-reversal)。

雄雞的精巢割去以後，雄性式樣的雞冠，肉垂和羽毛就不能充分發達出來；雌雞的卵巢割去以後，反能現出雄雞的性質。牝雞司晨，是一件反常的事，又是容易遇見的。有人細心考察這種現象，查出一個雄雞在已經產卵和孵卵成小雞以後，他的卵巢，因為瘤病消滅了，後來漸漸的生出精巢，發出雄雞式的啼聲，現出雌雞式的雞冠與肉垂，換成雄雞式的羽毛，再後來能與其他雄雞爭鬪與雌雞交配，並且由這種交配產生小雞。這類性反轉的解釋，是雌雞身體裏本有演發成雄雞的趨勢，因為向雌性演發的勢力大些，所以纔演發成雌雞。等到卵巢消滅以後，雌性的勢力變小了，於是雄性就顯現出來。

第六章 個性的決定與改良

個性的決定 同種生物之間，除去雌雄性的分別

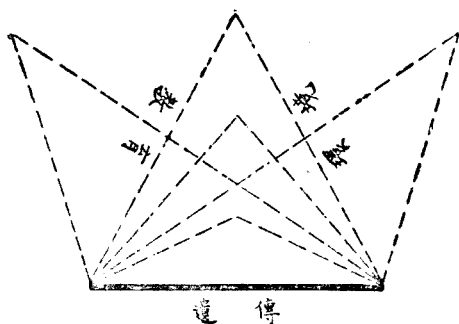
以外，又有強弱，美醜，智愚，善惡種種不同的個性。同是一種生物，何以生出許多不同的個性？從一方面看起來，遺傳是分別個性的原因，不但生物的顏色，高矮，形狀可以由前代遺傳到後代，雌雄性的分別，生理上有沒有缺點，壽命的長短，^{*}才能的高低，性情的善惡，都已經證實了是受遺傳影響的。

但是從另一方面看起來，環境也是分別個性的重要原因。金魚的卵受了環境裏改變化學成分的影響，可以演變成許多奇怪反常的形狀。卵巢的遺失，可以引起雌性改變成雄性。溫度的降低，可以延長壽命許多倍。食物的成分，可以影響人體的演發與滋長。體育教育可以改進身體與心理。經濟狀況與氣候，可以影響思想與行為。

有些人只知道有遺傳，不知道有環境，以為個性的優劣，完全是遺傳造成的。有些人只知道有環境，不知道有遺傳，以為『性猶湍水也，決諸東方，則東流，決諸西方，

* 遺傳學家已經查出植物，動物和人類都有許多種致死因子 (Lethal factor)。這種因子的遺傳是與隱性的普通因子一樣的。但是一個生物的細胞裏如果有兩個這種因子，他決不能生活到中年以後，多半是在胚胎或者幼穉時期裏，就因為生理上發生重要缺點不能繼續生存了。

則西流，個性的優劣，完全是環境造成的，其實遺傳與環境，都是決定個性的主要原因。個性是兩種勢力共同造成的結果。遺傳有優劣的分別，環境也有優劣的分別，這兩種勢力連合起來就造成了各種優劣不等的個性(第210圖)。

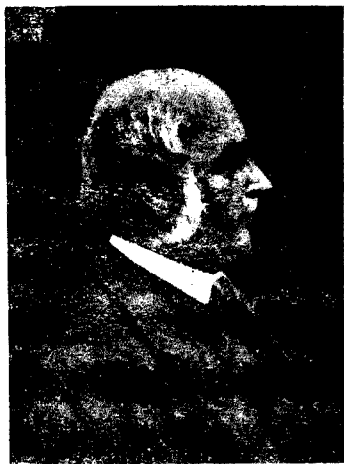


第二百一十圖——人類的個性像是一個三角形。這個三角形與一邊是遺傳，一邊是教育，一邊是環境。遺傳是從受精的時候起就不變的。教育和環境可以改變三角形的形狀，但是這種改變決不能超過遺傳基礎的限制。(仿 Conklin)

但是一個生物的遺傳，在卵與精子合併的時候，就已經固定了，以後不能改變。環境是可以在演發時期的中和演發完成以後改變的。所以實際上，遺傳是決定個性的一個限制，環境是形成個性的直接原因。在遺傳限制以內，環境可以更改個性優劣的程度發生很大的影響；但是無論如何，不能把個性提高到遺傳限制以外。

個性的改良 個性的優劣，既是遺傳和環境兩方面的原因造成的，要想改良個性，自然要從改良兩方面

着手。對於栽培的植物和畜養的動物，業農的人，早已實行了改良遺傳和改良環境的工作，並且從這兩方面的工作，都已經得着很好的效果。但是對於人類的個性，現在還只用了改良環境一種方法。其實人類的遺傳性，至少也應該像瓜，豆，稻，麥，蔬，果，雞，鴨一樣有漸漸改良的機會，不應該任其自然，讓醜陋惡劣與優美高尚的性質同樣的可以蕃殖與傳播。



幾十年前，英國人高爾吞 (Galton, 第211圖) 創立了一門研究改良人類

遺傳的學問，叫作優生學 (Eugenics)。在理論上，優生學是很完備的；在實行上，却有很多的困難。第一層困難，是性質有顯隱的分別；我們不能從外表的優劣，知道遺傳的優劣；又不能用研究別種生物的方法，來研究人類的遺傳。所以某人的遺傳性，究竟是不是很好的，或者很壞

第一百十一圖——高爾吞 (Francis Galton, 1822-1911)。英國人，人類遺傳學與優生學的開山祖師。

的,除非細心研究他的家族歷史,是不能確實知道的,第二層困難是我們不能用改良別種生物的方法,來改良人類的遺傳性對於瓜,果,雞,犬,我們可以隨意選擇優良的性質,讓他遺傳到後代,可以隨意淘汰惡劣的性質,不讓他有傳播的機會。但是在人類,誰能照改良瓜,果,雞,犬的方法執行選優除劣的工作? 雖然有許多困難,生物學家都相信,如若人類要想將來有永久的,比現在更大的進步,改良人類遺傳性的工作,早遲總是要積極的實行起來的。

第八篇

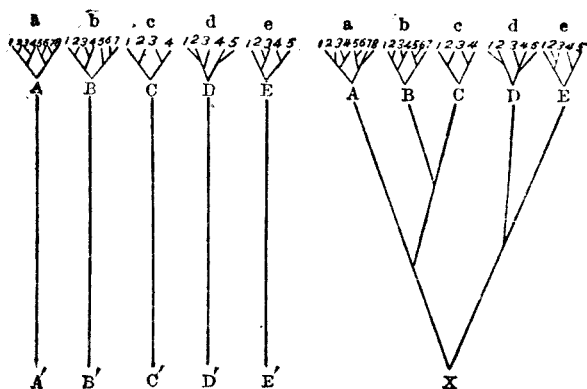
演 化

第一章 演化的證據

照前幾章裏講過的生殖和遺傳的原理看起來，生物的種類，像是固定不變的；前代是黃瓜，後代仍然是黃瓜；前代是豌豆，後代仍然是豌豆，不能生出新種。如果後代生物，都是從前代的同種生物產生出來的，地面上最初一代的黃瓜和豌豆是怎樣生成的？地面上各種動植物與人類是怎樣起源的？

特創論與演化論 關於上面的問題，有兩派學說。

一派叫作特創論 (Special creation theory)。特創論以為生物的種類是永遠不變的；現在地面上有什麼種類，古代也有這些種類。這些種類的最初一代，都是上帝特別創造出來的。因為這個緣故，凡是不同種的生物，都互相沒有血統的關係。



特 創 論

演 化 論

第二百十二圖——圖中 A, B, C, D 等代表現代生存的生物種類；1, 2, 3, 4, 等代表各種生物的個體。特創論和演化論的不同點，是特創論以為現代的 A 種由古代的 A' 種生來的，B, C, D, E, 各自從古代的 B', C', D', E' 生來的；演化論以為現代的 A, B, C 等是由古代不同種的生物變成的，古代的生物種類又都是在最初從一個公共的始祖 X 變成的。（仿 Dendy）

另一派學說，叫作演化論（Theory of evolution）。演化論和特創論不同的地方，可以用第 212 圖表示出來。照演化論講起來，生物的種類，不是永遠不變的；現在地面上生存的種類，都是從古代不同的種類產生出來的。在最初有生物的時候，地面上只有一種極簡單的生物。後來這一種最簡單的生物，漸漸的分成很多種類，生出複雜的結構，經過長時期的變化以後，就成了現在地面

上生存的各種簡單的和複雜的生物。照這樣看起來，現在生存的各種生物，都是在很古時候互相有血統關係的。

在西洋學術史裏，特創論與演化論都是起源很早的。這兩派學說，互相爭鬭了一千幾百年，到1859年英國生物學家達爾文 (Darwin) 的『物種來源』 (Origin of Species) 這本書出版以後，纔分出最後的勝負。達爾文舉出很多的事實，來證明演化 (Evolution) 是真確的。但是關於人類起源問題，演化論與西洋人的宗教信仰衝突，所以很多人就因為這一點來盡力反對達爾文的學說。這時候，幸而有能文善辯的生物學家赫胥黎 (Huxley) 出來替達爾文作辯護人。經過幾年的論戰以後，學術界裏漸漸的知道了達爾文舉出的證據，演化論纔得着最



第二百三十一圖 —— 達爾文 (Charles Darwin, 1809-1882)。英國生物學家，證明演化是事實，發表天擇論說明演化的方法。

後的勝利(第213, 214圖)。

在現在生物學裏,可以作演化論證據的事實很多。形體學,胚胎學,生理學,古生物學,生物地理學,分類學,遺傳學各方面,都有這類證據。下面是由很多的證據中選出來的幾個代表:

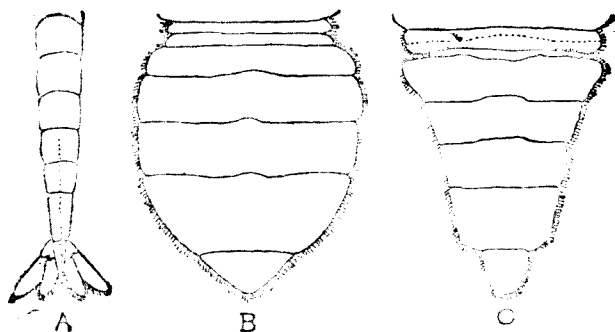
形體學裏的證據

蝦與螃蟹的身體,都可以分爲兩部:前面是頭胸部(Cephalothorax),後面是腹部(Abdomen)。蝦與螃蟹的頭胸部都很發達,又都有五對螯與足。但是蝦的腹部伸直在頭胸部後面,是很長的;螃蟹的腹部彎曲在頭胸部底下,縮小成很扁的形狀。粗看起來,



第二百十四圖——赫胥黎(Thomas Henry Huxley, 1825-1895)。英國生物學家,幫助達爾文成立演化論。

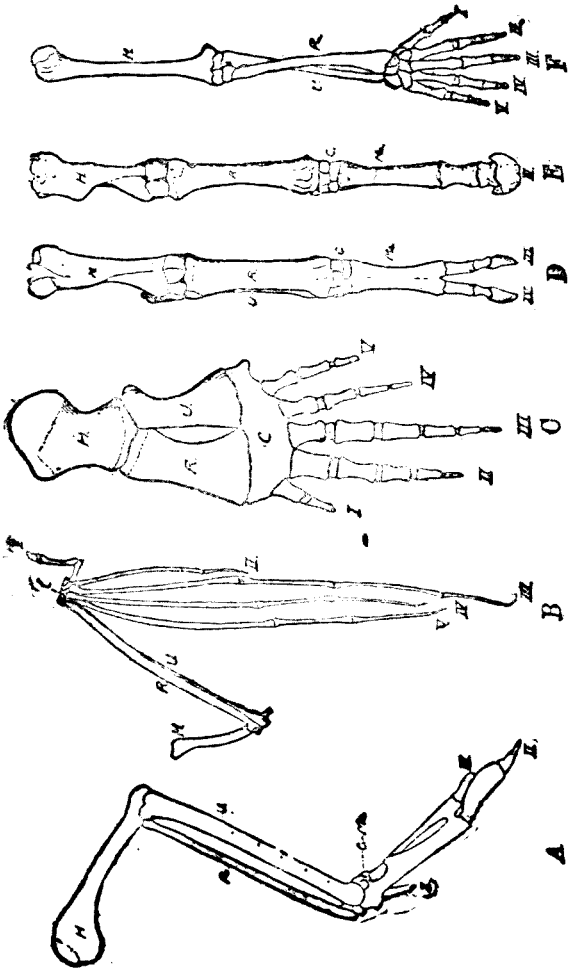
蝦與螃蟹的腹部,沒有相同的地方,細看一下,就可以看出他們的結構,是根本上相同的;他們都可以分成六節,外加上末尾的一個尾節共計都有七節(第215圖)。何



第二百十五圖——蝦(*Penaeus*)與蟹(*Eriocheir sinensis*)的腹部背面。A, 蝦; B, 雌蟹; C, 雄蟹。(陸植)

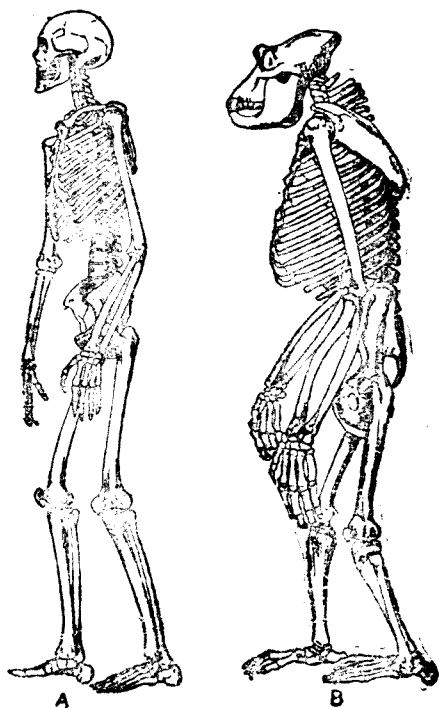
以蝦與螃蟹的腹部有表面上不同而根本上相同的結構？如若我們信特創論，這類現象，是很難解說的；如若信演化論，就很容易解釋出來：螃蟹是由蝦類動物演化出來的，所以螃蟹的腹部雖然已經變成很不發達的部分，但是原來像蝦類腹部的結構仍然保存着，沒有失去。

人的前肢，適於作工；馬的前肢，適於跑路；鯨的前肢，適於游泳；鴿的前肢，適於高飛。這些生物的前肢，在，外形上和機能上，都是不同的，但是考察一下內部的骨骼，就可以看出有根本上相同的地方。前面曾經講過，蛙與人的前肢裏，有一根上膊骨，一根尺骨，一根橈骨，許多腕骨，



第二百十六圖 幾種脊椎動物的前肢骨，表示構造上的相似 A, 鳥的左翅；B, 蝙蝠的右翅；C, 人的左腕
 骨；D, 牛的右前肢；E, 魚的右前肢；F, 人的右前肢；C, 腕骨；H, 上膊骨；M, 掌骨；R, 桡骨；U, 尺骨；
 A-V, 骨節。(圖 Scott)

五根掌骨,五排指骨。從第 216 圖裏,我們可以看出馬,鯨,鴿的前肢骨也是這幾種骨頭組成的,不過是骨頭的形狀和數目有了不少的改變。改變最大的是馬與鴿。馬的橈骨,縮得很小,掌骨只剩了中間一根很發達的和兩旁兩根縮得很小的,指骨只剩了中間一排。鴿的掌骨縮成一小塊,指骨只剩了三排。何以這四種生物的前肢骨有根本上相同的地方?如若信特創論,何以特造成機能不同的前肢,又在這幾種前肢裏特造成結構相同的前肢骨?特創論不能回答這些問題。照演化



第二百十七圖 一 人與大猩猩的骨骼。(由 Lull)

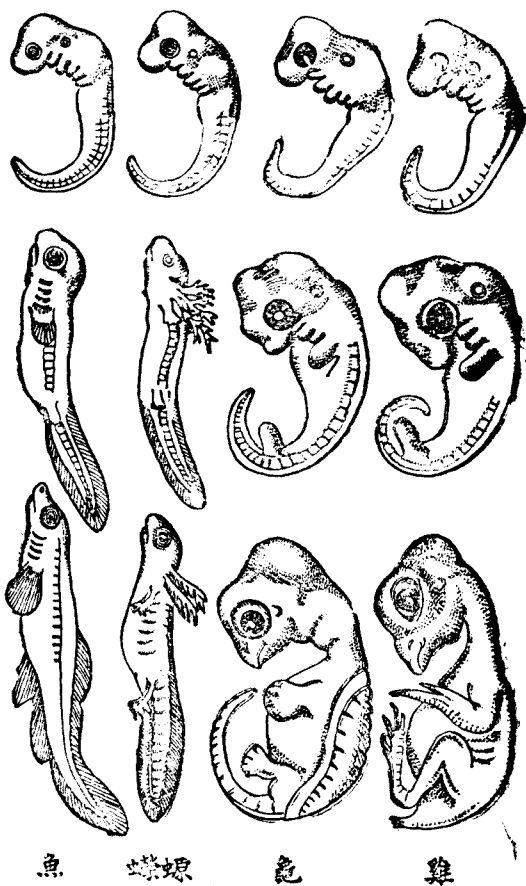
論講起來，這四種生物，都是在很古的時候有血統關係的，他們的前肢，都是從古代的一種式樣改變出來的，所以內部骨骼，雖然也有了改變，但是原始的模樣還沒有完全失去。

鳥翅與昆蟲翅的機能是相同的，但是構造不同。鳥翅與馬腿，蝦的腹部與螃蟹的腹部，是構造上相同，而機能上不同的。機能上的相同，叫作同功 (Analogy)，構造上的相同，叫作同原 (Homology)。動植物身體裏，同原的器官很多，這些同原的器官，都是演化論的證據 (第 217 圖)。

胚胎學裏的證據 第 218 圖甲、乙裏有八種動物的胚胎。這些胚胎，在第一排表示的時期裏，是很相似的，後來漸漸的變成不同的形狀，到最後，纔現出各種動物的特殊形體。在胚胎的初期裏，人與別種動物，都是一樣的有鰓裂與尾部。後來除去魚以外，別種動物的鰓裂都消滅了，人的尾部也消滅了。鰓是適於水中呼吸的器官。何以許多陸地上生活的動物在胚胎時期也有鰓裂？人是無尾的動物，何以在胚胎時期也有尾部？這些動物的形體，是很不同的，何以有胚胎初期的相似？這幾

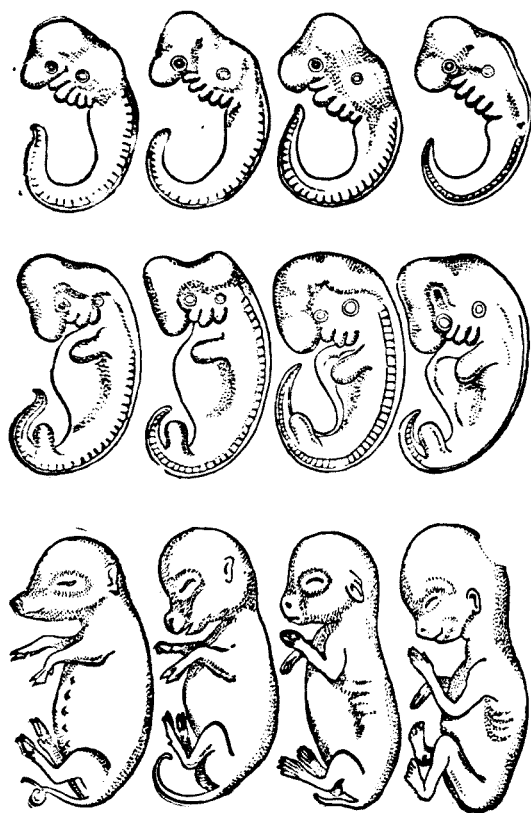
個問題,都是特創論不能回答的。如若我們信演化論,我們就可以這樣解說:

遺傳是生物演化史裏的一個保守的趨勢。這個保守的勢力,能把從前演化歷史的痕跡保存在胚胎時期裏。多細胞生物,都是從單細胞生物演化出來的,所以多細胞生物的胚胎,最初時期,普



第二百十八圖(甲)——脊椎動物胚胎的早期相似與後來的特化 (由 Romanes 仿 Haeckel)

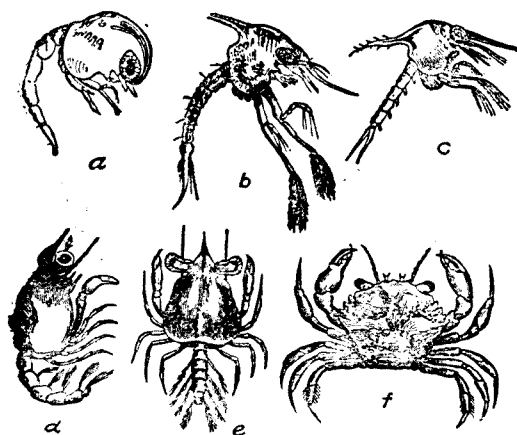
通都是一個細胞。螃蟹是從蝦類演化出來的,所以螃蟹



牛 兔
 第二百十八圖(乙)——接第二百十八圖(甲)

的演發時期裏，
 有一個腹部伸
 直，像蝦一樣的
 時代(第219圖)。
 人與第218圖
 (甲)，(乙)裏的各
 種動物，都是在
 很古時候從公
 共的始祖演化
 出來的，所以他
 們有胚胎初期
 的相似。人與別
 種動物，都是從
 水中生活的始
 祖演化出來的，
 所以在胚胎時
 期裏，都有鰓裂

人是從有尾的動物演化出來的，所以在胚胎時期裏還
 現出很明顯的尾部。



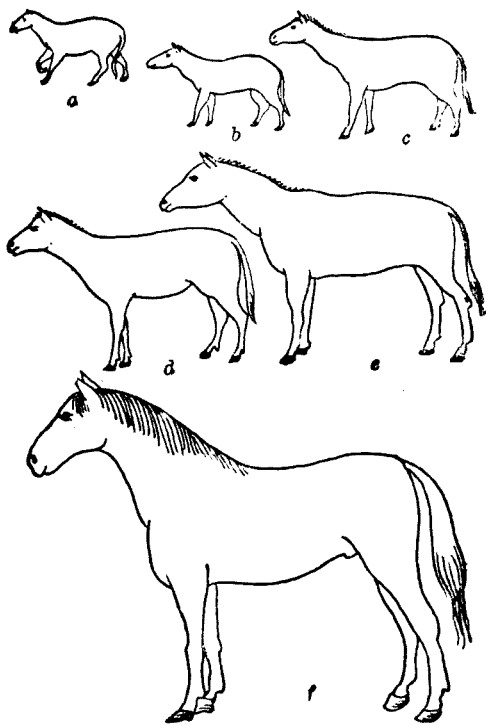
第二百十九圖——螃蟹的演發圖。a-e, 幼蟲時期的螃蟹, 表示伸長在後面的腹部; f, 成長的螃蟹 (由 Coleman)

照着種族演化 (Phylogeny) 縮短的, 我們可以根據一種生物的胚胎演發, 推測這種生物過去的演化歷史在胚胎學裏, 與重演論衝突的事實很少, 符合的事實很多, 這些幫助重演論的事實, 都是演化論的證據。

古生物學裏的證據 古代生物的骨骼, 或者別種堅硬的部分, 往往能變成化石 (Fossil), 保存在地層裏。從掘出的化石, 我們可以得着關於古代生物的知識。現代馬是很高大的, 前肢骨是很特別的古生物學家發現了很多種類的化石馬, 這些馬的體積和結構, 都與現代

上面所講的學說, 叫作重演論 (Theory of recapitulation), 又叫作生物發生律 (Biogenetic law)。照重演論看起來, 個體演發 (Ontogeny) 是

馬不同（第220，221，225圖）。根據埋藏化石馬的地層，他們生活的時代，可以查考出來。已經發現的一種最古化石馬，只有一尺高，前肢骨很像普通的式樣，惟有掌骨與指骨，失去了一排，後來生活的化石馬，比較大些，有三排掌骨與指骨。再後來生活的化石馬，有比較更大的體積，只有中間一排掌骨與指骨兩旁的已經退化成了兩根很小的骨頭。何以古代馬與現代馬

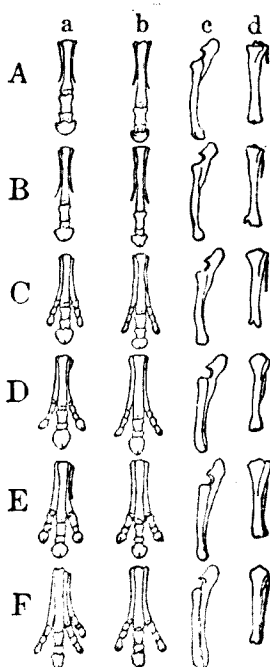


第二百二十圖——表示古代馬與現代馬的比較體積，a，始新世的化石馬，Protorohippus；b，始新世的化石馬，Orohippus；c，漸新世的化石馬，Mesohippus；d，中新世的化石馬，Merychippus；e，次新世的化石馬，Pliohippus；f，現代馬，Equus。（由 Dendy 仿 Lull）

有比較更大的體積，只有中間一排掌骨與指骨兩旁的已經退化成了兩根很小的骨頭。何以古代馬與現代馬

有很多不同的地方？何以馬的生活時代愈古，他的體積愈小，前肢骨愈像普通有五排指骨的式樣？何以後來生活的種類有漸漸加大的體積，他們的前肢骨漸漸的變成像現代馬的式樣？以上幾個問題，都是特創論不能回答的。照演化論看起來，上面的事實，都是很好的證據，可以證明現代的馬是從古代很小的原始馬演化出來的。

古生物學家發現了很多可以作演化論證據的事實（第230圖）。不但是許多種動植物，人類也有這種證據，有些人誤解了演化論的意思，以為人類是從現代的



第二百二十一圖——馬類前肢骨與後肢骨的演化。a, 前足骨；b, 後足骨；c, 橈骨與尺骨；d, 腓骨與脛骨。A, 現代馬, *Equus*; B, 次新世的化石馬, *Pliohippus*; C, 下次新世的化石馬, *Protohippus*; D, 中新世的化石馬, *Miohippus*; E, 漸新世的化石馬, *Mesohippus*; F, 始新世的化石馬, *Orohippus*。(由 Newman 仿 Marsh)

猿猴變成的。其實演化論裏並沒有這個意思，照演化論講起來，現代人類與現代猿猴，是在很古時候從公共的始祖演化出來的（第237圖）。如若演化論是對的，我們應該可以掘出古代人類始祖的化石，這些化石應該有人類與猿類之間的結構。在近幾十年裏古生物學家果真發現了許多種人類之間的化石，內中有一種最古的，是在爪哇發現的，叫作『爪哇猿人』（第238圖）。又有一種很古的猿人化石，是在北平西南一個叫作周口店的地方發現的，這種人猿之間的原始人類，叫作『中國猿人』，又叫作『北平人』。

分類學裏的證據 地面上的生物種類很多。我們對於這些種類，應該有一個一定的分類系統和定名方法。在現代生物學裏，分類系統的第一級是界(Kingdom)，以下有門(Phylum)，綱(Class)，目(Order)，科(Family)，屬(Genus)，種(Species)。界的數目



第二百二十二圖 林蘆
(Carl von Linné, 1707-1778)
瑞典博物學家，與瑞士人鮑恆
(Bauhin) 英國人芮艾 (Ray)
同是分類學的開山祖師。

最少,只有植物界和動物界兩個植物界裏有四門,動物界裏有十門。綱與目的數目多些;科與屬的數目更多;種的數目,至少有一百幾十萬,也許多到二三百萬。照現代的分類系統,地面上無論什麼生物,都有一個適當的地位,可以從界,門,綱,目像下面鯽魚的樣子分到科屬種:

動物界 (Kingdom: Animal)

脊索動物門 (Phylum: Chordata)

脊椎動物亞門 (Subphylum: Vertebrata)

魚綱 (Class: Pisces)

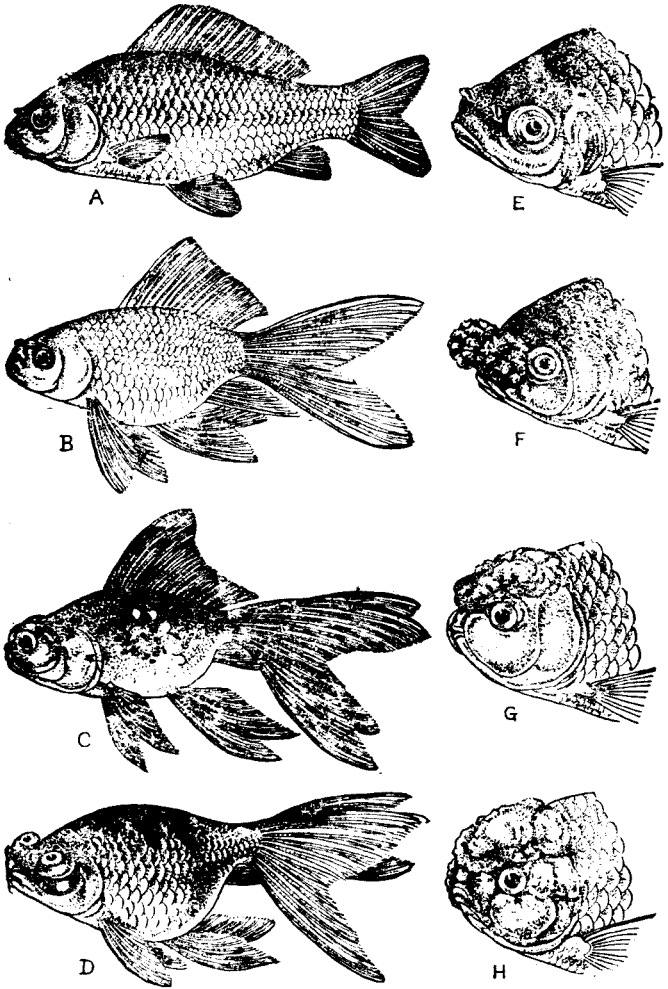
硬骨魚目 (Order: Teleostei)

鯉科 (Family: Cyprinidae)

鯽屬 (Genus: Carassius)

鯽種 (Species: auratus)

凡是同種的生物,都有一個公共的名稱,叫作學名 (Scientific name)。定學名的方法,叫作雙名制 (Binomial nomenclature)。照這種方法,每個學名,是兩個拉丁字,第一個字是屬名,第二個字是種名。屬名是名詞,第一字母用大體;種名是形容詞,第一字母用小體。例如鯽魚的屬名是 Carassius, 種名是 auratus, 所以他的學名,就是



第二百二十三圖——金鯽魚(*Carassius auratus*)的變異。A, 鯽魚; E-H, 由鯽魚變成的各種金魚; B, 草金魚; C, 五花龍眼; D, 朝天眼; E, 翻鰓; F, 絨球; G, 鷄頭; H, 獅頭。(陳植)

Carassius auratus。照同樣的方法，豌豆的學名，定爲 *Pisum sativum*，人類的學名，定爲 *Homo sapiens*。

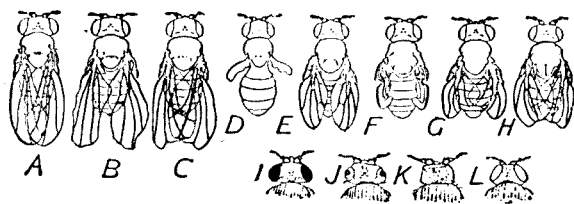
金魚有紅，黃，藍，白，黑，灰，紫，五花各種顏色；有單尾，雙尾，龍背各種魚鰭的變異；又有龍眼，朝天眼，水泡眼，獅頭，鵝頭，絨球，翻鰓，透明，珠鱗，各種新奇的形狀（第 223 圖）。這些種類都是在中國從鯽魚變化出來的。最早有金魚的時候，是唐朝那時候的金魚不過是些金紅色的鯽魚，所以又叫作金鯽。經過多年的蓄養以後，金魚的顏色，形狀，漸漸的生出很多很大的變化，到了現在，已經變成了許多像是與鯽魚完全不同的種類。

因爲我們知道金魚是從鯽魚變成的，因爲金魚可以與鯽魚交配，產生能繼續生殖的後代，因爲有些單尾，長身，小眼的金魚很像鯽魚，所以分類學家把金魚與鯽魚歸併在一種裏，把他們的學名都定爲 *Carassius auratus*，在種的階級以下，又添上了一個階級，叫作變種 (Variety)，各類金魚，都是 *Carassius auratus* 的變種。

從最早有金魚的時候起到現在，不過大約是一千二百年。在這個比較很短的時期裏，簡單的金鯽魚已經變成了很多新奇的形狀，生出很多新奇的變種。如若經

過的時間長到萬年或者十萬年以上,當然可以發生更多更大的變異,不但可以生成新種,並且可以生成新屬,新科。照這樣看起來,從生物起源到現在已經經過了幾萬萬年以上的時間,在這個很長的時間裏,新目,新綱,新門,都可以從一種極簡單的生物演化出來。

遺傳學裏的證據 前面曾經講過遺傳的物質基本是很多因基。因基是穩固不變的物體,可以由前代傳到後代,維持前後代的相似,發生遺傳現象,顯明物種的不變。近三十年來,許多生物學家細心研究各種生物的遺傳,發現了因基有一種突然的變化,叫作突變 (Mutation)。突變的結果,是生出一種新的因基,能在身體上發生新的影響,現出新的性質,突變是偶然的,希少的,所以我們不能時常看見這種變化;但是如果細心耐煩考察遺傳現象,有的時候也不難遇着突變果蠅的突變



第二百二十四圖——果蠅的突變。A-H, 翅的突變; I-L, 眼的突變。(由 Shuū)

很多；前面講過的黑身，短翅，紫眼，白眼各種因基，都是從突變生成的（第224圖）。

因基的突變，顯明遺傳性是可以改變的，如若這種改變很少很小，就可以生出新的變種；很多很大，就可以生出新種。照這樣看起來，因基的突變，是生物種類改變的起點；在短時期裏，我們只看見因基的不變，所以只知道有遺傳；在很長久的時期裏，因基有了很多很大的改變，就可以生出新種，現出演化現象了。

第二章 演化的成績：植物，動物與人類

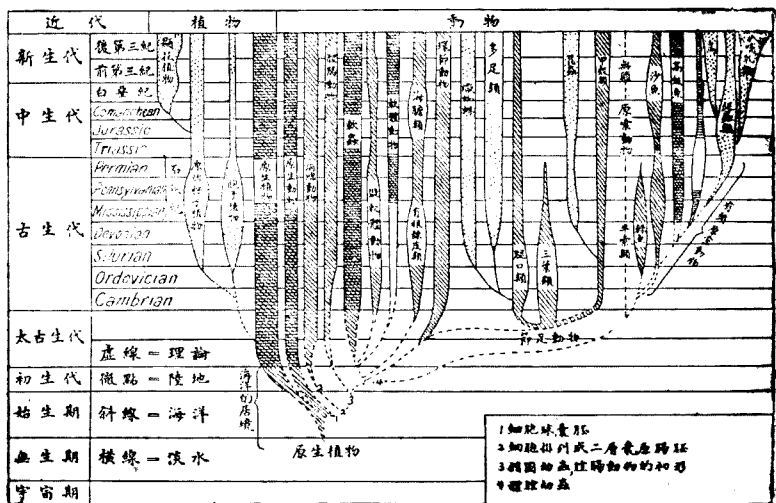
地面上的生物已經有了一個很長久的演化史。地質學家與古生物學家把這個很長久的演化史分爲許多代（Era），又把代分爲許多紀（Periods），把紀分爲許多世（Epochs）。代，紀，世的名稱與次序可以從第225圖裏看出來。從這個圖裏，又可以看出太古代（Archaeozoic Era），原古代（Proterozoic Era），與古生代（Palaeozoic Era），經過的時期最長；中生代（Mesozoic Era）經過的時期短些；新生代（Cenozoic Era）和近生代（Psychozoic Era）經過的時期最短。

在這個很長久的歷史裏，演化的途徑，可以比作一

近 生 代 Psychozoic Era	近 代		世界文化的興起	人類時代	大 約 二 千 萬 年
新 生 代 Cenozoic Era	第 四 紀 Quaternary	上 新 世 Pleistocene	人類的興起	哺 乳 動 物 與 種 子 植 物 時 代	
		次 新 世 Pliocene	猿人的興起		
	第 三 紀 Tertiary	中 新 世 Miocene	哺乳動物的繁盛		
		漸 新 世 Oligocene	猿類的興起		
		始 新 世 Eocene	高等哺乳動物的興起		
中 生 代 Mesozoic Era	上白堊紀 Upper Cretaceous	原始哺乳動物的興起 大肥蟲的滅亡	爬 蟲 時 代	大 約 六 千 萬 年	
	下白堊紀 Lower Cretaceous	顯花植物的興起			
	侏 羅 紀 Jurassic	鳥類與有翅爬蟲的興起			
	三 疊 紀 Triassic	哺乳動物的起源 恐龍的興起			
古 生 代 Palaeozoic Era	二 疊 紀 Permian	爬蟲的興起	兩 棲 類 時 代	大 約 一 萬 五 千 萬 年	
	上石炭紀 Upper Carboniferous	兩棲類的繁盛			
	下石炭紀 Lower Carboniferous	昆蟲的興起	魚 類 時 代		
	泥 盆 紀 Devonian	兩棲類的興起 魚類的繁盛			
	志 留 紀 Silurian	陸地植物的興起			
	奧 陶 紀 Ordovician	淡水魚類的興起	高 等 無 脊 椎 動 物 時 代		
	寒 武 紀 Cambrian	三葉蟲的繁盛			
原 古 代 Proterozoic Era		無脊椎動物的演化	低等無脊 椎動物 時代	大 約 二 萬 年	
太 古 代 Archaozoic Era		單細胞生物的演化	單細胞生 物時代		

第二百二十五圖——地質時代表(根據 Lull, Osborn, Schuchert)

棵樹,最古的生物,像是樹莖,後來生成的種類,像是樹枝,現代的各種生物,像是樹枝的頂端,這棵樹上有兩個大樹枝,一個大樹枝是植物界(Plant kingdom),一個大樹枝是動物界(Animal kingdom)。我們沒有時間詳細研究這兩個大樹枝上的各個分枝,所以這本書裏只能先把植物界和動物界的大概情形講解一下,以後就偏循着向人類演化的途徑上,講到脊椎動物亞門,哺乳動物綱,靈長目,直到現代的人類(第226圖)。



第二百二十六圖——動植物演化史圖解。(仿 Schuchert)

植物界 植物界裏有四門：(1) 菌藻植物門 (Thallophyta)。這門植物，多半是形體微小，結構簡單的。他們沒有根，莖，葉三部的區別，又沒有世代交迭。前面講過的複球藻，鼓藻，矽藻，水綿，細菌，酵母菌，麵包黴，都是菌藻植物。平常作食物用的蘑菇，木耳，也屬於這一門。這門植物的起源極早，現在生存的種類很多，大約有十二萬種。

(2) 苔蘚植物門 (Bryophyta)。這門植物有世代交迭，配子體發達，孢子體不發達。前面講過的蘚，是這門植物的代表。現在生存的苔蘚植物，大約有二萬種。

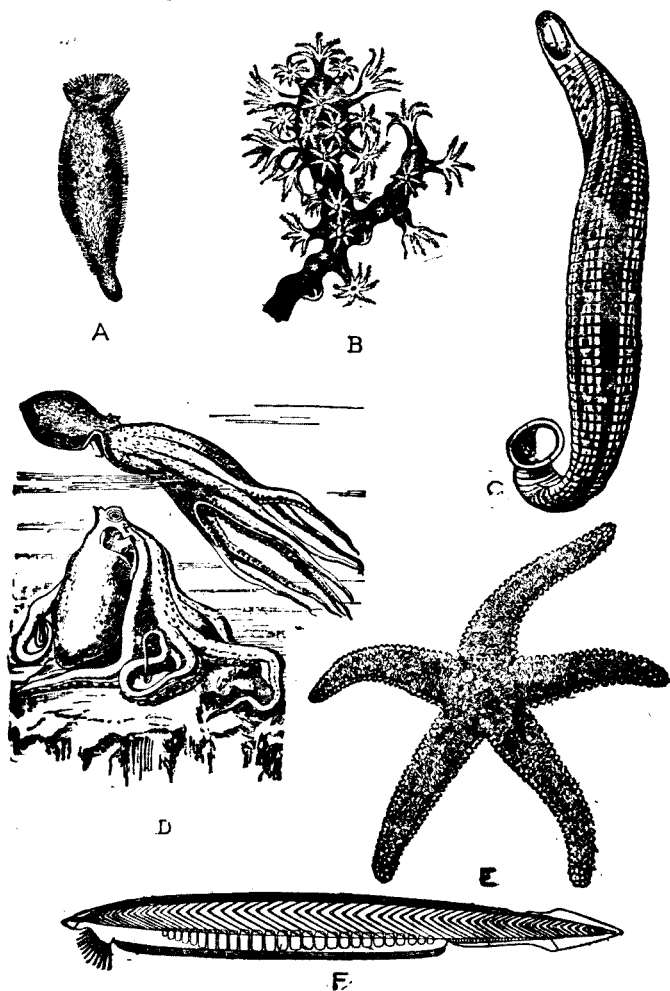
(3) 羊齒植物門 (Pteridophyta)。這門植物有世代交迭，配子體與孢子體都能獨立生活。前面講過的羊齒，是這門植物的代表。現在生存的羊齒植物，種類很少，大約只有五千種。

(4) 種子植物門 (Spermatophyta)。這門植物都能結種子，都有世代交迭，他們的孢子體很發達，配子體不發達。我們平常容易看見的植物，差不多都是種子植物。這門植物，可以分爲兩個亞門：(甲) 裸子植物亞門 (Gymnospermae)，內中有松，柏，銀杏等，大約六百種。這類植物的胚珠，不包圍在子房裏。(乙) 被子植物亞門 (Angi-

ospermae)。這類植物的胚珠，包圍在子房裏。種子裏的子葉，有單雙的分別，所以又可以分爲以下兩綱：(一)雙子葉綱 (Dicotyledoneae)。屬於這綱的植物都有兩個子葉，又有網狀的葉脈。這綱植物的種類最多，現在生存的，大約有十二萬種。楊梅，胡桃，楊柳，桑，仙人掌，馬齒莧，鳳仙花，夾竹桃，菊等都是雙子葉植物。(二)單子葉綱 (Monocotyledoneae)，這綱植物的種子裏，只有一個子葉，葉脈都是平行的。屬於這綱的植物，有稻，小麥，玉蜀黍，高粱，葱，百合，水仙，蘭，浮萍，芭蕉等，大約三萬種。

動物界 除去很少數的種類(例如輪蟲，苔蘚蟲等)以外，地面上的動物，都可以歸併在以下十門裏：(1)原生動物門 (Protozoa)。這門動物的形體很小，多半生活在水裏。有些種類，例如瘧蟲，是寄生物。在前面講過的變形蟲，草履蟲等，都是原生動物。本門特點：全身是一個單細胞，或者是單細胞的集合羣。種數約有一萬五千。

(2)海綿動物門 (Porifera)。這門動物都在水中生活，海水中的種類最多，淡水中的種類很少。平常作文具用的海綿是這類動物的骨骼。本門特點：身體如瓶，輻射相稱，二胚層，體壁有許多小孔，壁內有針骨，或海綿質。



第二百二十七圖——無脊椎動物六種。A, 海綿(*Grantia*); B, 珊瑚(*Coralium*); C, 蚯蟻(*Hirudo*); D, 章魚(*Octopus*); E, 海星(*Asterias*); F, 蛭輪魚(*Amphioxus*)。(由 Coleman, Hegner, and Weyssse)

種數在二千五百以上(第227圖, A)。

(3) 腔腸動物門(Coelenterata)。這門動物,都是在水中生活的,大多數的種類在海水裏,淡水裏的種類很少。前面講過的水螅,作食物用的海蜇,玩賞用的珊瑚,都是這門裏常見的種類。本門特點:二胚層,輻射相稱,無體腔,無肛門,有刺細胞。種數約有四千五百。(第227圖, B)。

(4) 扁蟲門(Platyhelminthes)。這門動物,有在水中生活的,有在陸地上生活的,又有許多種類是寄生的。扁蟲和條蟲(第228圖),都可以作這門動物的代表。本門特點:三胚層,兩邊相稱,無肛門,種數約有五千。

(5) 圓蟲門(Nemathelminthes)。這門動物,或者在水中生活,或者寄生在別種動物身體裏,例如寄生在人腸裏的蛔蟲。本門特點:三胚層,兩邊相稱,有體腔,有肛門。種數約有一千五百。

(6) 環節動物門(Annelida)。例如蚯蚓,螞蟻。本門特點:三胚層,兩邊相稱,有體腔,有肛門,有環節。大約有四千種(第227圖, C)。

(7) 節肢動物門(Arthropoda)。這門動物的種類最多。蝦,蟹,蜈蚣,昆蟲,蜘蛛,都是節肢動物。本門特點:三胚

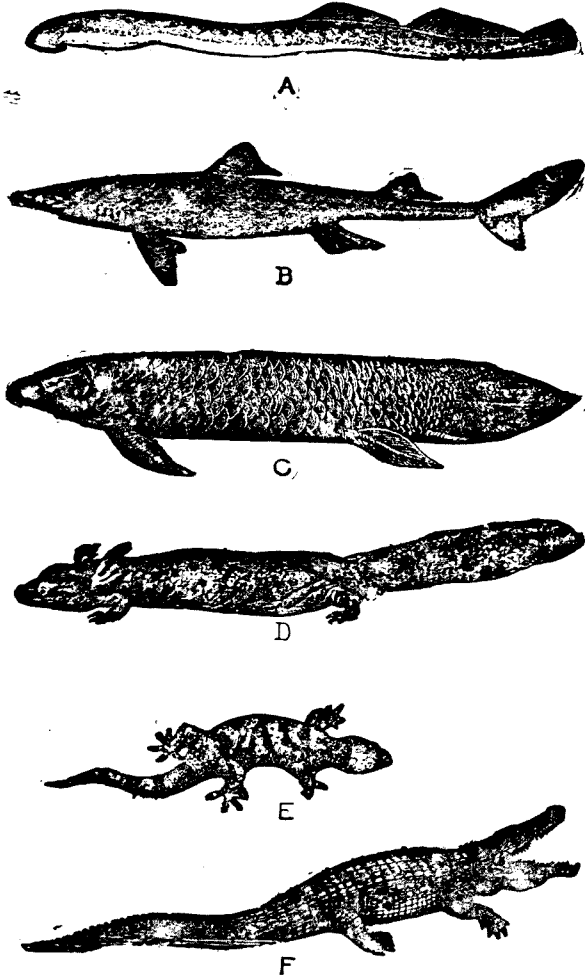
層,兩邊相稱,有體腔,有肛門,有環節,有成對分節的附屬體,有幾丁質的外骨骼。種數在數十萬或者百萬以上。

(8) 軟體動物門(Mollusca)。例如蚌,螺,章魚。本門特點:三胚層,兩邊相稱,有體腔與肛門,無環節,腹部有肌肉足,多數有殼大約有六萬種(第277圖, D)。

(9) 棘皮動物門(Echinodermata)。這門動物,都在海水中生活,例如海星,海膽,海參。本門特點:三胚層,輻射相稱,有體腔與肛門,行動器是管足,外部往往有石灰質的棘與骨板。大約有四千種(第227圖, E)。

(10) 脊索動物門(Chordata)。本門特點:三胚層,兩邊相稱,有體腔與肛門,有環節,胚胎時期中,都有鰓裂與原索,神經系統在消化道的背部。這門動物,大約有四萬種,分爲四個亞門:(一)半索動物亞門(Hemichorda), (二)尾索動物亞門(Urochorda), (三)頭索動物亞門(Cephalochord), (四)脊椎動物亞門(Vertebrata)。這四個亞門之中的前三個,是很不發達的,只包含很少數的幾種海水動物,例如海鞘,蛤鱗魚(第227圖, F)。脊椎動物亞門裏的種數最多,是最發達的原索動物。

脊椎動物亞門 脊椎動物,可以分爲六綱:(1)圓



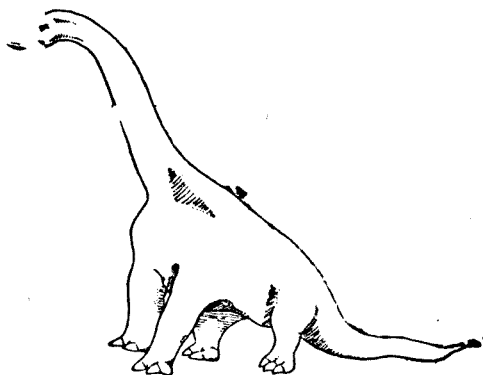
第二百二十八圖 — 脊椎動物六種。A, 八目鰩 (Petromyzon); B, 鯊魚 (Squalus); C, 肺魚 (Neoceratodus); D, 蜥蜴 (Necturus); E, 守宮 (Hemidactylus); F, 鱷 (Crocodilus)。 (由 Hegner)

口綱 (Cyclostomata)。涼血動物。形狀如魚，無顎，無側鰭，無鱗，例如八目鰻(第 228 圖，A)。

(2) 魚綱 (Pisces)。涼血動物。有顎，有側鰭，有鱗。主要的呼吸器官是鰓，例如鯊魚，鯉魚，鮑魚，肺魚 (第 228 圖，B, C)。

(3) 兩棲綱 (Amphibia)。涼血動物。幼稚時期的呼吸器官是鰓，長大以後，用肺呼吸。皮膚外面，平滑無鱗，例如蛙與蝶蟬(第 228 圖，D)。

(4) 爬蟲綱 (Reptilia)。涼血動物。用肺呼吸。皮膚外面有鱗片。中生代的爬蟲種類很多，體積很大，是地面上最有勢力的動物。這時候的恐龍 (Dinosaur)，有長到八丈以上的 (第 229 圖)。



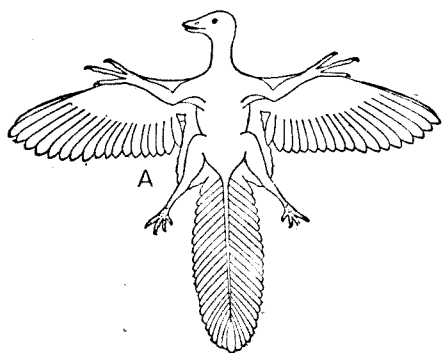
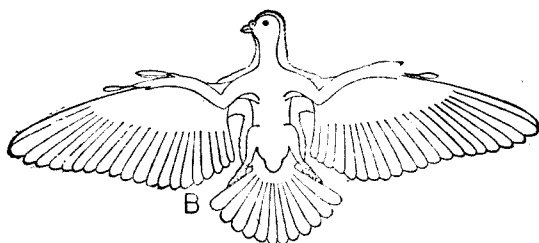
第二百二十九圖——一種恐龍，Brachiosaurus，長約八丈，生活在中生代的白堊紀。(由 Lull)

大多數的種類，早已滅亡了。現在地面生存的爬蟲，多半

是比較很小的，例如龜，蛇，守宮，鱷（第228圖，E，F）。

（5）鳥

綱(Aves)。熱血動物。前肢改變成翅。皮膚外面有羽毛。這類動物是從中生代的爬蟲變成的(第230圖)。



第二百三十圖——爬蟲鳥(A)與現代鳥(B)的比較。A，始祖鳥 (Archaeopteryx)，口內有齒，前肢有指爪，尾有許多脊椎，是爬蟲演化成鳥的中間動物，生活在中生代的侏羅紀。B，鴿(Columba livia)。(由 Woodruff 仿 Lull)

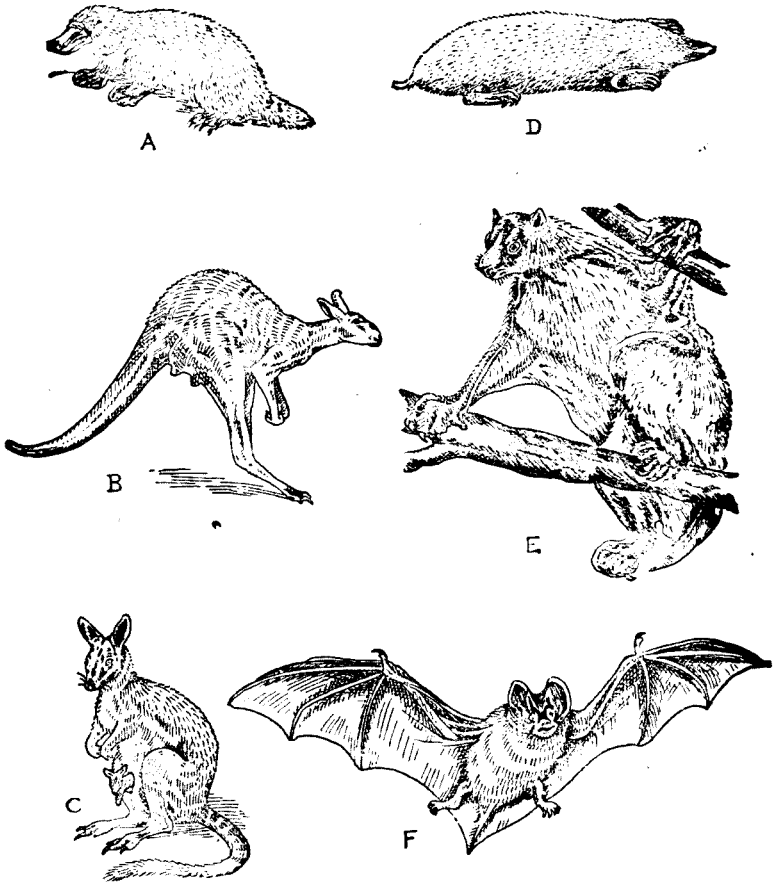
（6）哺

乳動物綱 (Mammalia)。熱血動物。皮膚外面有毛髮。幼稚時期，從母體的乳腺得營養料。例如各種走獸，鯨，蝙蝠，猿猴，人類。

哺乳動物綱

哺乳動物，可以分為十八目。以下兩

目，是原始的哺乳動物：（1）單孔目 (Monotremata)。卵生

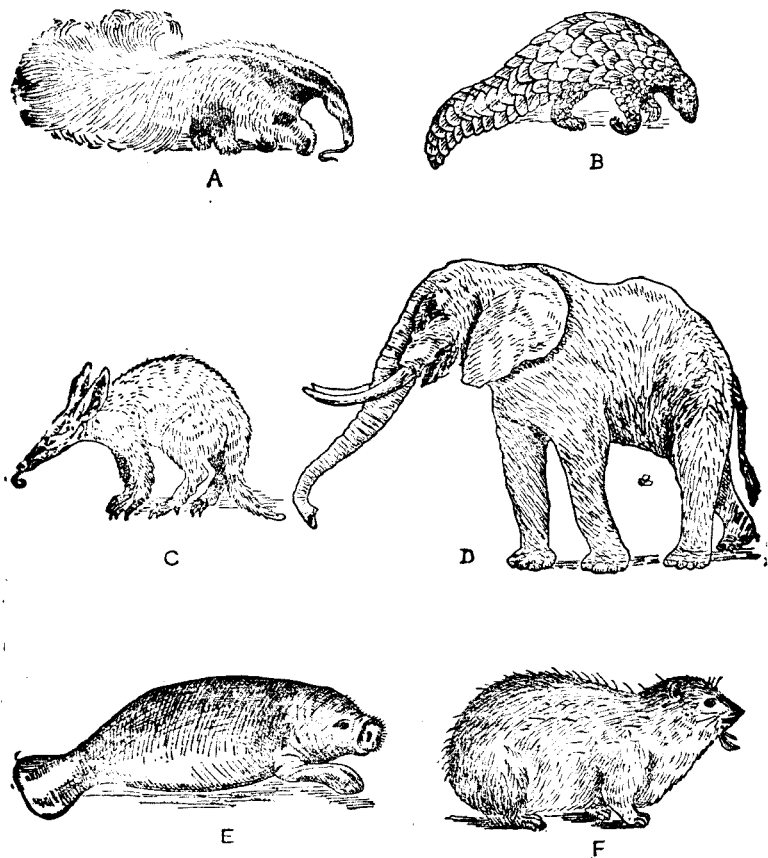


第二百三十一圖——哺乳動物六種。A, 鴨獺(Ornithorynchus); B, 袋鼠(Macropus); C, 兔(Petrogale); D, 犛鼠(Scalops); E, 飛猴(Galeopithecus); F, 蝙蝠(Synotus)。(由 Coleman, Newman 改畫)

動物,例如澳洲的鴨獺(第231圖, A)。除單孔目以外,餘下的十七目哺乳動物,都是胎生的。(2)有袋目(Marsupialia)。這類動物,雖然是胎生的,但是胎兒在未成熟的時候,就脫離子宮,進了母體腹部皮膚摺成的一個育兒囊裏,以後由囊裏的乳腺得滋養料,繼續演發長大,例如澳洲的袋鼠(第231圖, B, C)。這類動物,沒有胎盤。除單孔目與有袋目以外,餘下的十六目哺乳動物,都有胎盤。

以下八目哺乳動物,都有鈎爪,所以都屬於有爪類(Unguiculata):(3)食蟲目(Insectivora),例如鼯鼠(第231圖, D),刺猬。(4)皮翼目(Dermoptera),這類動物的身體兩邊有可以張開來抵抗空氣的皮膜,幫助他在樹枝之間,跳過很遠的距離,例如馬來,菲律賓等處森林裏的飛猴(第231圖, E)。(5)翼手目(Chiroptera),前肢改變成飛行的器具,例如蝙蝠(第231圖, F)。(6)食肉目(Carnivora),例如犬,狐,貓,獅。(7)齧齒目(Rodentia),例如鼠,兔。(8)貧齒目(Edentata),例如美洲的食蟻獸,樹獾,與犛狓(第232圖, A; 第174, 239圖)。(9)有鱗目(Pholidota),例如穿山甲(第232圖, B)。(10)管齒目(Tubulidentata),例如非洲的土豚(第232圖, C)。

(11)靈長目 (Primates), 例如 狐猴, 獼猴, 人類 這類



第二百三十二圖——哺乳動物六種。A, 食蟻獸(Myrmecophaga); B, 穿山甲(Manis); C, 土豚(Orycteropus); D, 象(Elephant); E, 海牛(Trichechus); F, 蹄兔(Hyrax)。(由 Coleman, Newman, Weyssse 改畫)

動物，有扁爪（指甲），腦部特別發達。多數種類的拇指與其他手指相對，拇趾與其他足趾相對，能緊握樹枝，適於樹上生活。

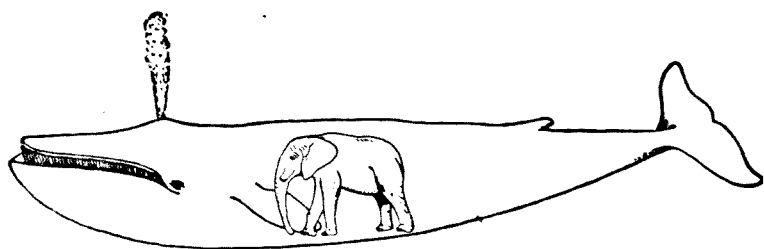
以下各目的足趾有蹄，所以屬於有蹄類(Ungulata)：
(12) 偶蹄目 (Artiodactyla)，有雙數的趾與蹄，例如豬，牛，駱駝。(13) 奇蹄目 (Perissodactyla)，有單數的趾與蹄，例如馬。(14) 長鼻目 (Proboscidea)，例如象（第232圖，D）。(15) 海牛目 (Sirenia)，例如海牛（第232圖，E）。這類動物的內部結構，顯明他屬於有蹄類，但是外面形狀，已經有了很大的改變，前肢與尾，變成鰭形，無後肢，適於水中生活。(16) 蹄兔目 (Hyracoidea)，狀如齧齒動物，例如非洲的蹄兔（第232圖，F）。

以下兩目，都是在水中生活的動物，他們的體積極大，外表已經變成魚形，但是結構上仍然顯明是哺乳動物：(17) 齒鯨目 (Odontoceti)，內中有許多種齒鯨與海豚。(18) 鬚鯨目 (Mystacoceti)，內中是幾種有鬚鯨，成熟以後無齒的鯨類（第233圖）。

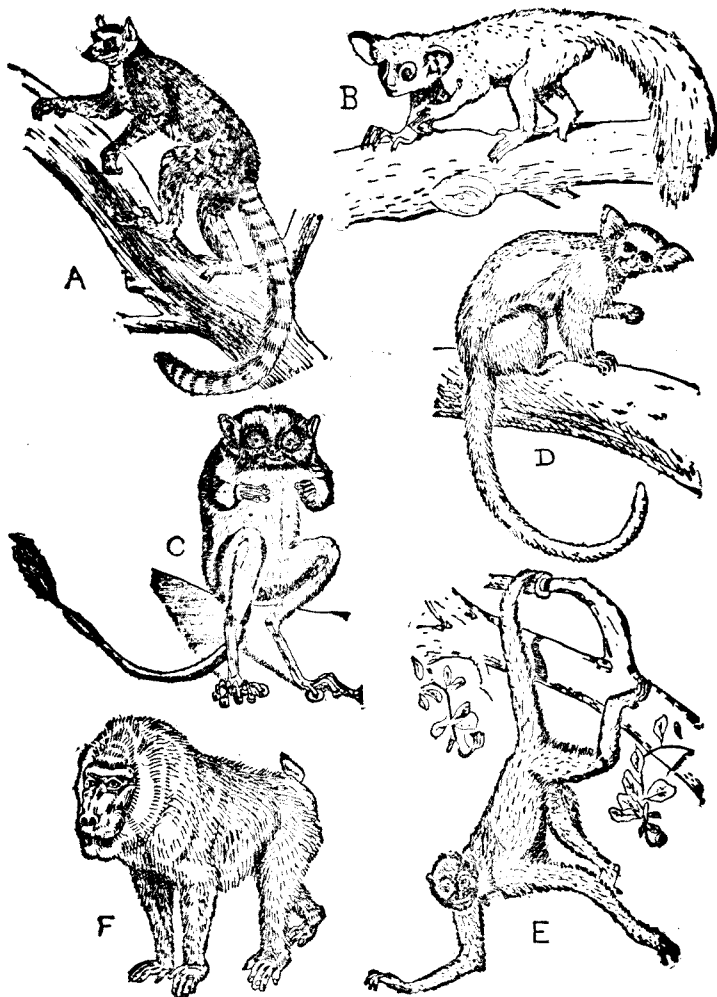
靈長目 這類動物分爲八科：(1) 狐猴科 (Lemuridae)，例如狐猴 (Lemur)（第234圖，A）。狐猴的形狀

如狐，後肢比前肢長，生活在非洲馬達加斯島的森林裏。
 (2) 指猴科 (Chiromyidae)，例如馬達加斯加島的指猴 (Aye-aye) (第234圖, B)。這類動物的手指細長，中指更長，尾毛蓬鬆，形似松鼠。(3) 跗猴科 (Tarsiidae)，例如眼鏡猴 (第234圖, C)。這類動物，生活在馬來，菲律賓等處的樹林裏，形體很小，後肢的跗骨很長，眼睛圓大，遠望像帶着眼鏡。

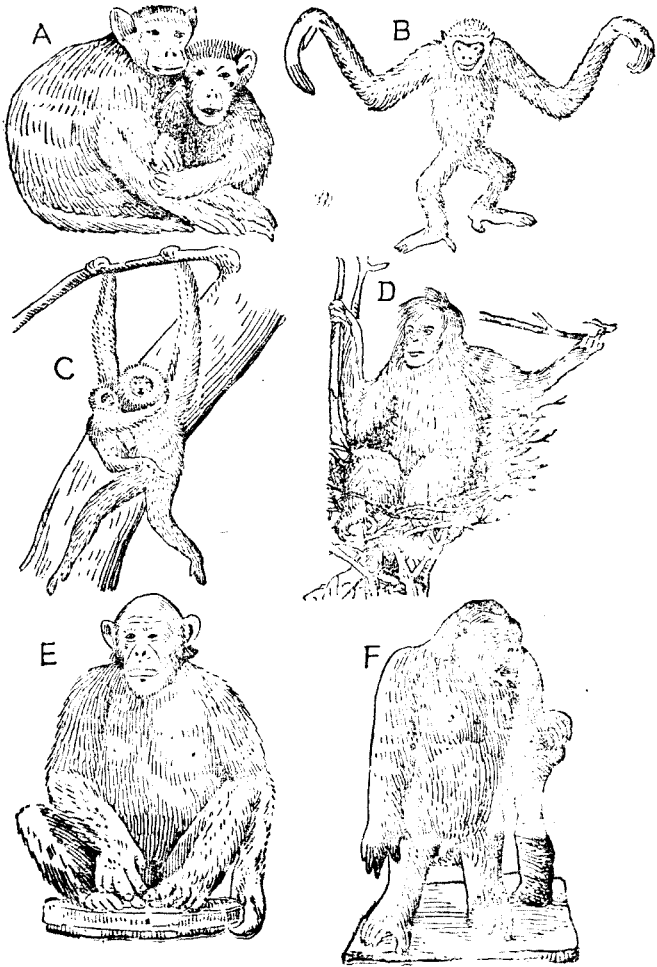
以下兩科動物的兩個鼻孔距離很遠，都產生在美洲：(4) 狨科 (Hapalidae)，例如狨 (Marmoset) (第234圖, D)。(5) 卷尾猴科 (Cebidae)，例如蜘蛛猴 (第232圖, E)，這類動物的長尾能纏繞在樹枝上，口內沒有頰嚙，臀部沒有臀疣。



第二百三十三圖 照同樣比例尺畫成的長鯨 (Sibbaldus sulfureus) 與非洲大象，表示他們的比較體積。(由 Lull)



第二百三十四圖——靈長目動物六種。A, 狐猴 (Lemur); B, 指猴 (Chyro-mys); C, 眼鏡猴 (Tarsius, 又名跗猴); D, 狨 (Midas); E, 蜘蛛猴 (Ateles); F, 狒狒 (Papio)。(由 Hegner, Lull, Newman 改畫)



第二百三十五圖——獼猴與猩猩 A, 獼猴 (Macacus); B, 長臂猿 (Hylobates) 在地上行走時的不自然狀態; C, 長臂猿掛在樹枝上的自然狀態; D, 猩猩 (Simia); E, 黑猩猩 (Pan); F, 大猩猩 (Gorilla) (由 Hegner, Lull, Newman, Wilder 改畫)

以下三科動物的兩個鼻孔，距離很近，原產地是舊大陸：(6) 獼猴科(Cercopithecidae) 這類動物的尾不卷曲，有頰嚙，有臀疣，例如狒狒(Baboon) 與獼猴(Macacus)。狒狒(第234圖，F) 產生在非洲，離開樹枝生活，居住在山石上面。頭似犬，四足行走。面部與臀部有紅藍各種鮮明的顏色，狀極兇猛。獼猴(第235圖，A) 能攀登樹枝，又能用四足行走。

(7) 猩猩科(Simiidae)。前肢很長，無尾無頰嚙，除長臂猿以外無臀疣。這類動物有以下四屬：(一) 長臂猿(Hylobates, gibbon)^①(第235圖，B, C) 生活在亞洲東部各地的森林裏，身體直立，高約三尺，有臀疣，前肢極長，能用兩手懸掛身體在樹枝上，又能像戲鞦韆的樣子，搖擺身體，跳過三四丈遠的空中。^②(二) 猩猩(Simia, Orang)^①(第235圖，D)。這是人類以外智慧程度最高的動物，生活在蘇門答臘等處的樹林裏，高約四尺，有赤褐色的毛髮。^②(三) 黑猩猩(Pan, Chimpanzee)^①(第235圖，E)。生活在非洲樹林裏，高約五尺，有黑色的毛髮，眉骨很高。(四) 大猩猩(Gorilla)^③(第235圖，F)。生活在非洲的樹林裏，身

①屬名； ②俗名； ③屬名，又是俗名。

體高度在五尺以上，有高眉骨和粗黑的毛髮。性極兇猛，不能馴養。

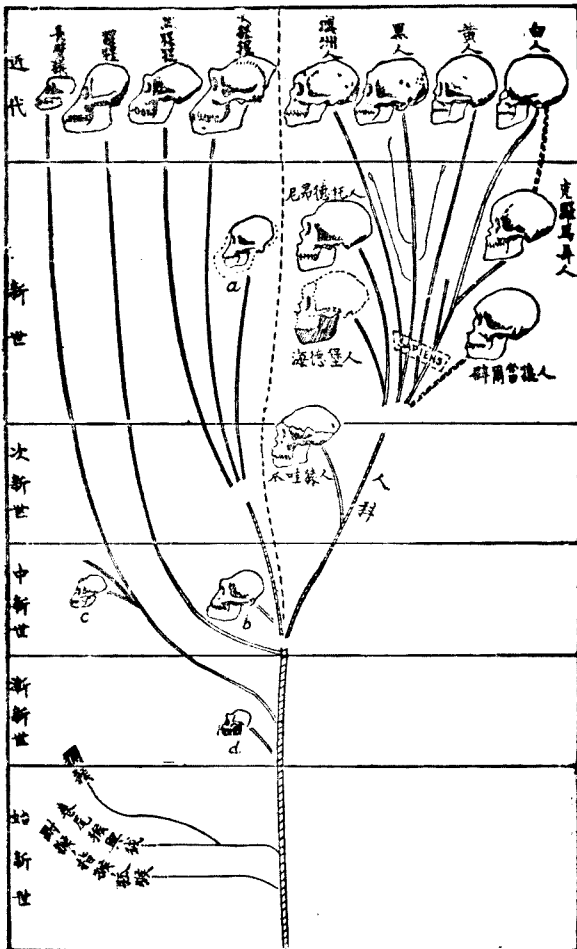


第二百三十六圖——產生後三星期的嬰孩能用手把身體懸在樹枝上經過兩分鐘以上的時間，表示人類的祖先是在樹枝上生活的。懸出時的腿足姿勢也像猿猴。(由 Romanes)

(8) 人科 (Hominae)，內中有古代的猿人和現代的人類。這類動物，由樹枝生活，改為地上生活。身體直立兩足行走。拇趾不與其他足趾相對。手能握物與使

用器具。大腦特別發達所以智慧程度極高。毛髮減少(第236圖)。

人類 以下是幾種古代的猿人和原始人類(第237, 238圖): (1) 爪哇猿人 (Java man), 學名是 *Pithecanthropus erectus*, 骨骼是在爪哇發現的, 生活時代, 大約是次新世的末尾或者上新世的最初, 離現在大約有五十萬年。(2) 北京猿人, 或者中國猿人, 學名是 *Sinanthropus*



第二百三十七圖——猿猴與人類的演化。a, b, c, d, 古代的猿猴: a, *Australopithecus*; b, *Dryopithecus*, c, *Pliopithecus*; d, *Propliopithecus*. (由 Johnson 仿 McGregor 修改)



A



B



C



D

第三百三十八圖 根據化石骨骼造成的古代人類模型。A, 爪哇猿人。B, 辟爾當猿人。C, 尼昂德托人。D, 克羅馬弄人 (由 Lull 仿 McGregor)

pekinensis, 骨骼發現的地點, 是北平西南的周口店, 生活時代, 是上新世的初期, 大約在四五十萬年以前。(3) 辟爾當猿人 (Pittdown man), 學名是 *Eoanthropus dawson*

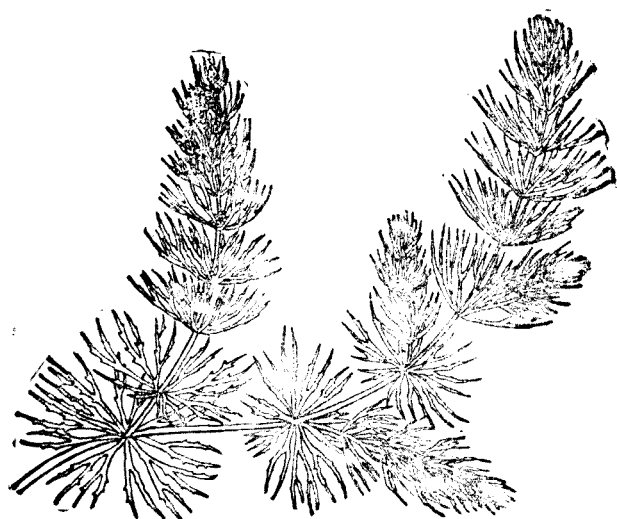
骨骼是在英國發現的,生活在上新世裏,大約三十萬年以前。(4)海德堡人 (Heidelberg man), 學名是 *Homo heidelbergensis*, 是在德國發現的,生活時代,大約是三四十萬年以前。(5)尼昂德托人 (Neanderthal man), 學名是 *Homo neanderthalensis*, 骨骼分佈在歐洲許多地方,生活時期,大約在三萬年以前。(6)克羅馬弄人 (Crô-Magnon man), 學名與現代人類的相同,骨骼分佈在歐洲許多地方,繁盛的時期,大約是二萬五千年以前,現在還不會完全滅亡。

現代生存的人類雖然有黃人,白人,黑人,澳洲人許多族,但是都屬於一種,所以學名都是 *Homo sapiens*。

第三章 演化的成績:適應

演化生成的各種生物,有在水裏生活的,有在地面上生活的,有在空中飛行的無論在什麼環境裏生活,這些生物,都能適合他所在的環境。生物對於環境的適合,叫作適應 (Adaptation)。適應是生物界裏的一個極普遍的現象。生物的種類極多,環境的變化無窮,我們不能細講各種生物怎樣適合各種環境,只能選幾種適應的例樣講解在下面:

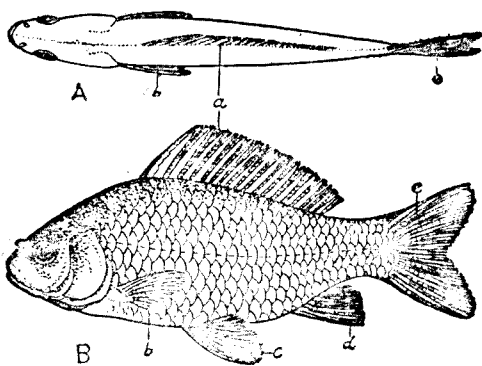
水中生活的適應 完全淹在水中生活的植物,多半是藻類,但是也有種子植物,例如金魚藻 (Ceratophyllum) (第239圖)。普通種子植物,都有根,莖,葉三部。金魚藻的環境與普通種子植物不同。因為這個緣故,他的形體,也變成特殊式樣,很像藻類植物,所以有金魚藻這個名稱。這類植物的全身,可以從四周的水裏吸收各種無機物,所以他們的根部,是可有可無的。這類植物的身體,被水的飄浮力支持着,不需堅硬的木質纖維,所以他



第二百三十九圖——金魚藻 (Ceratophyllum demersum)。(仿劉毅然)

們的莖部是很柔韌的。二氧化碳在水中擴散的速度，比在空氣裏慢些，如若完全淹在水中的植物，其粗莖，厚葉內部的細胞就不容易得着他們需要的氣體，因為這個緣故，這些植物的身體，都是細薄的，含葉綠素的細胞多半分佈在表面上，直接與四周的水接觸，容易吸收水中的二氧化碳。

魚類不能生存在空氣裏，但是他的形體生理，是很適於水中生活的。他的外形適於游泳：頭部的前端是尖的，適於在向前進行的時候減少水的抵抗力；身體是狹的，適於上下浮沈（第 240 圖）。他的背部有一個背鰭（Dorsal fin），肛門附近，有一個肛鰭（Anal fin）。在身體行動很快容易向左右歪斜的時候，背鰭和肛鰭，可以抵抗左右的水流，有維持身體



第二百四十圖——鯽魚 (*Carassius auratus*)。A, 背面觀；B, 側面觀。a, 背鰭；b, 胸鰭；c, 腹鰭；d, 肛鰭；e, 尾鰭。(陳植)

正直不偏的機能，他的腹面，有一對胸鰭 (Pectoral fin) 和一對腰鰭 (Pelvic fin) 這兩對魚鰭的擺動可以維持身體前後的平衡，又可以改變游泳的方向。尾部有一個尾鰭 (Caudal fin) 尾鰭的擺動，可以使身體向前進行和更改進行的方向。除去以上所講的以外，身體內裏也有一個幫助游泳的器官，叫作鰾 (Air-bladder)。鰾的漲縮，可以更改身體的比重，使身體可以上浮，或者下沉。

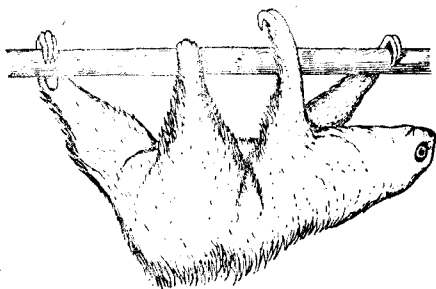
哺乳動物本是在陸地上生活的，呼吸器官是肺有些哺乳動物，例如鯨與海牛，由陸地生活改變成水中生活這類動物，仍然保留着肺作呼吸器官。骨骼和別種內部結構，也像哺乳動物，但是因為適於水中的生活，身體的外形與四肢，都改變成魚類的式樣。

陸地生活的適應 陸地上的水和無機鹽藏在土壤裏，二氧化碳在空氣裏，所以陸地植物有根，適於從土壤裏，吸收水與無機鹽；有葉，適於伸張在空中吸收二氧化碳和日光；有莖，適於支持身體，連接根，葉兩部。

有些動物適於土中生活，例如鼯鼠 (第231圖，D) 有適於掘土的前肢；有些適於在地面上爬行，例如蠨螋與守宮 (第228圖，E, D)；又有些適於四肢撐着身體在地

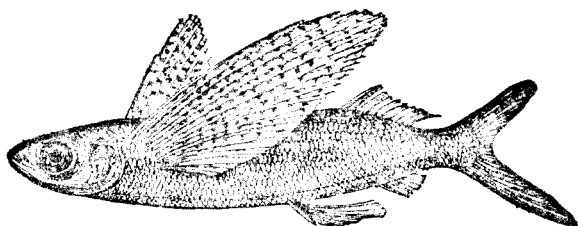
面上行走，例如犬與馬。蚱蜢與袋鼠（第231圖，B）的後腿，特別發達，適於在地面上跳躍人的脚底，有很厚的皮膚，拇趾不與其他足趾相對，適於兩足步行。

樹枝生活與空中生活的適應 生物的過度蕃殖，逼着他向各方向擴展。水與陸地，固然適於生活，樹枝之上，空氣之中，也是很好的殖民地。前面曾經講過靈長目是適於樹枝生活的動物。除此以外，貧齒目裏的樹獼，也適於樹枝生活（第241圖）。這類動物能用四足把身體倒掛在樹枝上，背部向下，腹部向上。在別種動物，倒掛的姿勢，是反常的，在這種動物，是正常的狀態，行走休息的時候，都是這樣。



第二百四十一圖——樹獼 (Choloepus)，倒掛在樹枝上行走。(由 Woodruff 仿 Allen)

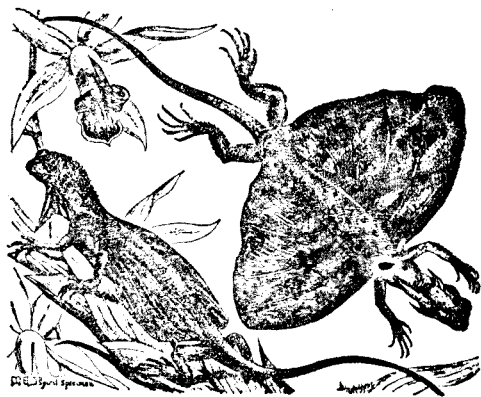
能在空中飛行的動物，種類很多有些動物，只能飛行很短的時間，例如飛魚，飛龍，飛猴（第231，242，243圖）飛魚有特別發達的魚鰭，飛龍，飛猴有長在身體兩邊的皮膜。這種魚鰭和皮膜，伸張開來能抵抗空氣，所以飛魚，飛



第二百四十二圖 飛魚 (*Exocoetus callopterus*)。

(由 Hegner 仿 Günther)

龍,飛猴可以倚賴抵抗空氣的力量跳過很遠的空中,像飛行一樣。昆蟲,鳥類和蝙蝠都有很輕但是很堅強有力的翅膀,適於在空氣裏,作長時間的飛行。



第二百四十三圖——飛龍 (*Dracovclans*)。

(由 Hegner)

冬眠與夏

伏 冬眠 (*Hibernation*)

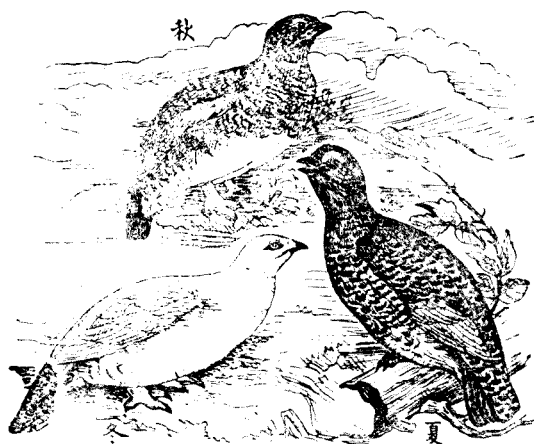
是適應嚴寒時期的一種方法。這時候的溫度極低,食物稀少,許多種動物,例如魚與蛙,都隱藏起來,變成一種半生不死的睡眠狀態。在這種狀態期中,心的跳躍,

血的循環，空氣的呼吸，都慢到最低限度，只用身體裏儲藏的營養料，就可以維持生活，免去了尋找食物的困難。如若溫度極低，有些動物的身體，可以凝結成一個冰塊，但是仍然不死。等到冬盡春回的時候，冰塊融解，這些動物，又恢復了原狀，重新活潑起來。

夏伏 (Aestivation) 是適應亢旱時期的一種方法。在夏季生物繁盛的時候，如若久旱不雨，池水乾涸，有些動物，能變成一種與冬眠相似的半生不死狀態。這時候的蛇隱藏在土壤裏，蝸牛分泌出一層粘液包圍着他的身體，輪蟲的全身乾縮成一團，像灰塵一樣，可以隨風飄到各處。他們的代謝作用，都慢到最低限度，差不多像已死的物體。但是他們並沒有死，到了環境裏有水以後，就漸漸的蘇醒過來，恢復原先的活潑生活。

隱身色，警戒色，與擬態 很多動物有隱身色，他們的顏色，很像周圍的環境，所以別種動物不容易看見他們。這種適應可以使他們容易捉着別種動物作食物，又可以使他們的仇敵不容易看見攻擊的目標。鳥與魚的背面多半是灰黑色，腹面多半是白色，從上面看下來，他們的顏色很像地面或者水底，從下面看上去，他們的顏

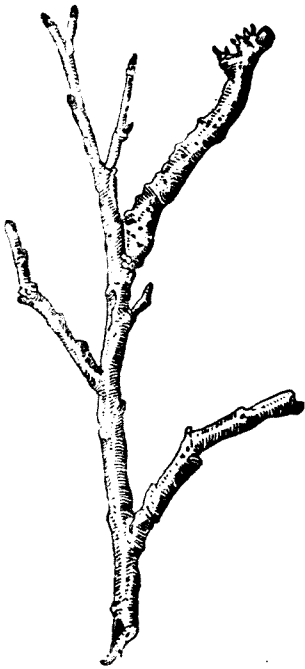
色,很像白色的天空。生活在青草裏的蚱蜢,多半是綠色的,枯草裏的多半是褐色的。夏季的雷鳥,有黑色花斑的羽毛,很像周圍的環境;到冬季,雷鳥的羽毛,都換成白色的,適合四周的雪景(第244圖)。



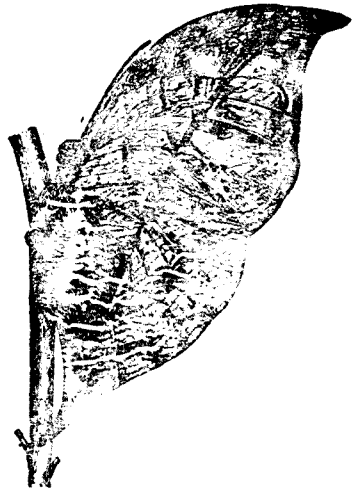
第二百四十四圖——雷鳥(*Lagopus mutus*)。(仿 Romanes)

不但顏色像環境,有的時候,形態也與環境相似尺蠖像植物的短枝(第245圖)。木葉蝶(*Kallima*)的翅上,有鮮明的顏色,但是在停息的時候,兩翅合攏起來翅底向外,現出一個枯葉的模樣,上面有葉脈形的條紋,又有病菌形的斑點(第246圖)。

有些動物的顏色,不是隱身的,是顯身的,例如毒蛇。



第二百四十五圖——尺蠖（尺蠖蛾的幼蟲）伸在樹枝上（由 Woodruff 仿 Jordan & Kellogg）



第二百四十六圖 木蠹蛾（*Kallima paralecta*）（由 Woodruff 仿 Weismann）

這些動物，往往有毒液，臭氣，毒刺，利齒，或者別種武器保護身體，不但用不着隱身色，反有很鮮明的顏色，使他的仇敵一見就知道他是不可侵犯的，不如離他遠些。這類鮮明警戒顏色，叫作警戒色（Warning color）。

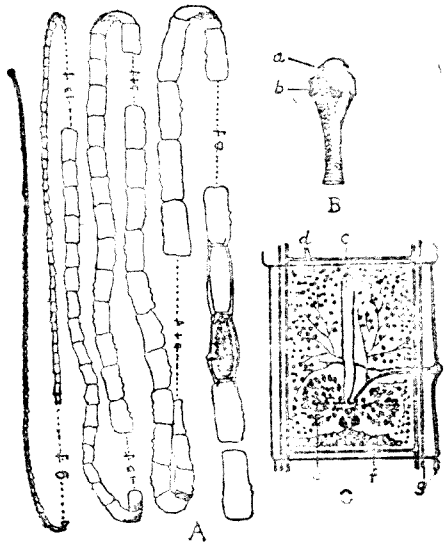


第二百四十七圖——A, 蜜蜂(工蜂); B, 蜂蠅(*Eristali tenax*)。
(由 Woodruff)

蜂是有刺的動物,蠅是無刺的。有一種昆蟲的形狀顏色,很像蜜蜂,別種動物,往往把他當作是有刺的,不來侵犯他,於是他就免去了很多的危險(第247圖)。但是實際上,他並不是蜜蜂,乃是無刺的蠅類。像這樣模仿別種動物的適應,叫作擬態(Mimicry)。

寄生與免疫 有些生物,寄生在別種生物身體裏,依賴別種生物維持他們的生活。這類生物,都叫作寄生生物(Parasites),被寄生物侵害的生物,叫作宿主(Host)。寄生物的形體,往往是很特別的,對於寄生生活很適宜,但是不能獨立生活,例如寄生在人腸裏的條蟲(Tape-worm)。條蟲的身體很長,有的時候,可以長到十尺(第248圖)。這個長身體的前端,是頭節(Scolex),上面有鈎與吸器,適於鑽進腸壁,把身體扣留在人腸裏。頭節之後

連接着幾百個同樣的節片(Proglottid)。寄生生活,往往有傳播種族的困難,不容易由一個宿主傳進第二個宿主。解決這種困難的方法,往往是產生很多的卵,僥倖有幾個卵遇着進第二宿主的機會,種族生命就可以繼續不斷。條蟲的幾百個節片裏都充滿了生



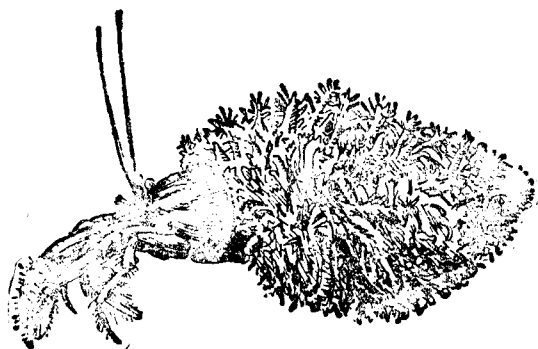
第二百四十八圖——條蟲。A, 全體; B, 頭節; C, 節片; a, 鈎; b, 吸盤; c, 子宮; d, 精巢; e, 卵巢; f, 卵黃腺; g, 神經索。

(由 Hegner)

殖器官,成熟的節片裏滿裝着受精卵,差不多變成了卵囊,所以是很適於傳播種族的。條蟲沒有尋找食物的困難,因為他的周圍環境裏盡是食物。他可以由皮膚吸收已經消化的營養料,用不着自己消化食物,所以他沒有消化器官。像這樣一個生物,對於寄生生活是適宜的,但是不能獨立生活。

上面所講的,是寄生物怎樣適應他的寄生生活。現在要講到宿主方面抵抗寄生物的適應。前面曾經講過,動物的血液裏,有一種白血球,能吞滅外來的物體。這種白血球,像變形蟲的模樣,能伸出偽足,包圍寄生物,把寄生物當作食物,在細胞裏消滅了。除去白血球以外,動物身體裏,又有一種抵抗寄生物的方法,叫作免疫 (Immunity), 例如種牛痘免除天花。天花是一種很危險的傳染病。發生天花的微生物,可以寄生在人體裏,也可以寄生在牛體裏。寄生在人體裏的,這種微生物是很猛烈的,傳進第二個人體以後,就發生危險的天花。寄生在牛體裏的,這種微生物是很溫和的。種牛痘,就是把牛體裏的這種微生物傳到人體裏,進了人體以後,這種微生物發生的影響,是和平的牛痘。除此以外,這種微生物,又引起人體裏產生一類物質,叫作反抗體 (Antibody)。這類反抗體,可以抗抵天花,寄生物不許他在身體裏蕃殖,所以身體裏產生了這類反抗體以後,再遇着猛烈的天花,就可以不傳染上身了。

共棲與共生 兩種生物連在一處生活,不一定是互相對敵的,有的時候,雙方都有利益。海邊有一類螃蟹,



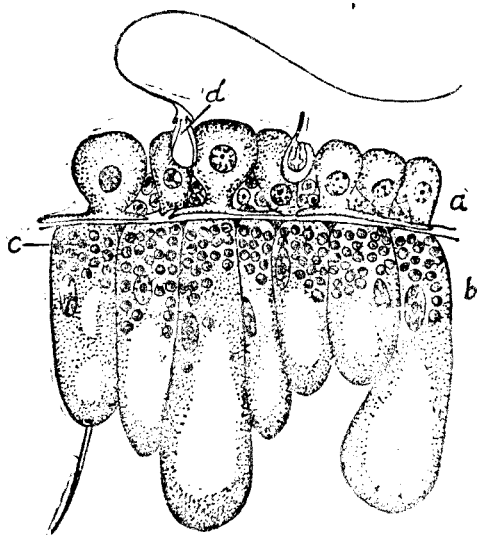
第二百四十九圖——寄居蟹(*Eupagurus constans*)與一種共棲的腔腸動物(*Hydractinia sodalis*)。(由 Lull 仿 Doflein)

叫作寄居蟹 (Hermit crab) 這類螃蟹時常寄居在海螺的空殼裏,他的形體,很適於他的住宅。在他行動的時候,他拖着他的螺殼一同前進;在他的身體長得太大的時候,他就另換一個大些的螺殼。有的時候,寄居蟹的螺殼上長着一種水螅形的腔腸動物 (第249圖)。這種水螅形的動物,可以不用自己費力,寄託在寄居蟹上面,遷移到各地方尋找食物,又可以利用寄居蟹吃不完的廢物,作他們的食料。像這樣生活在寄居蟹上,自然是很有利的。但是他們並不損傷寄居蟹,不但無害,並且有益,因為他們遮蓋着螺殼,可以把寄居蟹隱藏起來。他們有刺絲

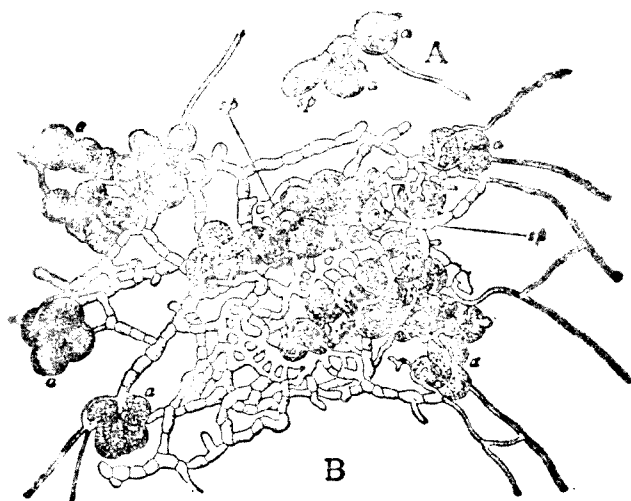
蟲,又可以幫助寄居蟹保護身體。這樣雙方有利的生活叫作共棲 (Commensalism)。

有的時候,兩種生物的互助關係,比共棲更進一步他們的身體,互相連結起來,不能分離。水螅類中有一種是綠色的,所以發生綠色的原因,是體壁裏有許多單細胞的藻類植物 (第250圖)。水螅可以從藻類植物得着很多的養氣,藻類可以從水螅得着二氧化碳,所以這兩

種生物的連合生活,是雙方有利的。菌類也能與藻類連合在一處生活,例如地衣 (Lichens)。地衣不是一種植物,是一種菌類與一種藻類植物連合組成的 (第251圖)。這類連合體裏



第二百五十圖——綠水螅 (*Hydra viridis*) 的一部分體壁。a, 外胚層; b, 內胚層; c, 藻類細胞; d, 刺絲囊。(由 Calkins)

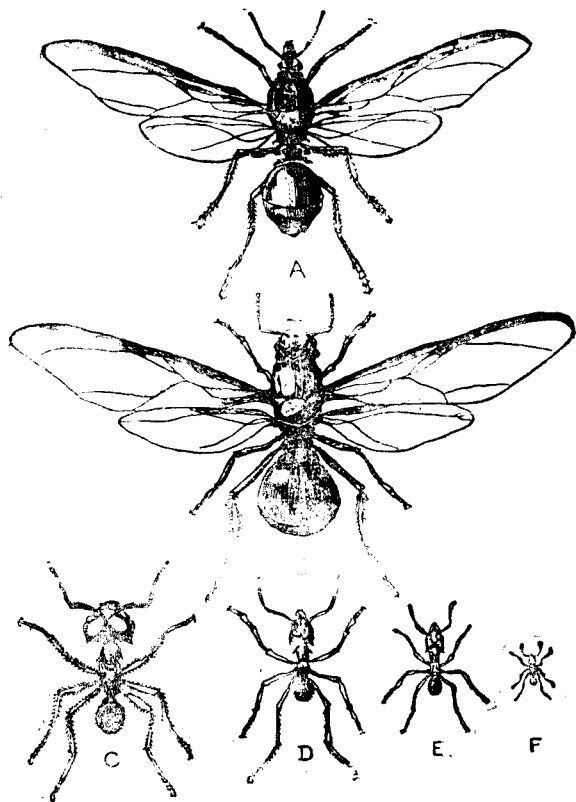


第二百五十一圖 ——一種地衣 (*Physcia paratina*) 的形成。a, 藻類細胞; sp, 菌類孢子。A, 菌類孢子萌發成菌絲圍繞藻類細胞; B, 許多孢子的菌絲連合成菌絲體圍繞許多藻類細胞。(由 Abbott 仿 Bonnier)

的菌類,可以從藻類得着光合作用製成的食料,藻類可以從菌類得着吸收的雨水和無機鹽。所以這種共同的生活,也是兩方面都有利益的。這樣雙方有益的連合生活叫作共生 (Symbiosis)。

團體生活 有些動物能集合許多個體在一處,造成一個團體,團體之中的各個分子,不能離羣獨生,只能擔任一種工作,互相分工,互相適應,共同維持全體的生

活。蜜蜂與人類都是適於團體生活的動物，螞蟻的這種適應，格外完備。各種螞蟻的團體裏，都有以下三種分子：



第二百五十二圖 樁蟻 (*Atta cephalotes*)，能採取葉片培養菌類食物。
A, 雄蟻; B, 雌蟻; C, 兵蟻; D, 大工蟻; E, 小工蟻; F, 最小的看護工蟻。
(由 Cambridge Natural History)

雌蟻,雄蟻,工蟻(第252圖)。雌蟻與雄蟻的數目很少,他們的惟一工作,是交配與產卵,不管採集食物和別種工作。工蟻是雌蟻在演發時期裏變成的,數目很多,除去生殖以外,團體裏的各種工作,都由他們擔任。有些工蟻的工作,是到各地方尋找食物,搬運食物到巢裏,喂養幼蟻,造巢,修路。有些工蟻,不作這類雜事,專管保衛團體與其他團體戰爭,或者搶劫其他團體的食物。這類工蟻又叫作兵蟻。雌蟻,雄蟻,工蟻,兵蟻各有特殊的形狀與結構;各有專門技能與工作;不需教育,不需賞罰,都能各盡所長,忠誠服務,他們不顧個體的利害,沒有階級鬭爭,各個分子的公共目標,是團體的生存與繁盛。

有一類螞蟻(第252圖)像農夫,這些螞蟻能採集植物的葉片,運到巢裏,培養一種菌類植物,作團體的食料。有一類螞蟻像牧人,這些螞蟻能牧養蚜蟲。到冬天,把蚜蟲的卵運到巢裏,到春天,把蚜蟲運到適宜植物上,並且時常看守着,不讓蚜蟲的仇敵來損害他們。蚜蟲有管狀的口器,能從植物裏吸收很多的液體食物,並且把用不完的食物,變成蜜液,由身體後面的兩個蜜管分泌出來。這種分泌的蜜液,是螞蟻保護蚜蟲所得的報酬。有一

類螞蟻，是善戰的；這類螞蟻，自己不作工，專門到別種螞蟻的巢裏搶劫食物，並且把別種螞蟻的幼蟻，運到自己巢裏長成工蟻，替他們作各種



第二百五十三圖——蜜壺蟻(Honey-pot ant, *Myrmecocystus*)。(仿 Lydekker 修改)

雜事，像奴隸一樣。最奇的是一類螞蟻，叫作蜜壺蟻（第253圖）；這類螞蟻的身體，變成了儲藏團體食料的器具。在容易採集食物的時候，這類螞蟻藏在巢裏，專門把別種工蟻採集來的蜜液，吸進身體，收藏在裏面。他們能收藏很多的蜜液，直到身體漲得像一個小葡萄。等到外面食物稀少不能採集的時候，他們身體裏儲藏的蜜液，就慢慢的吐出來，供給團體的需要。

第四章 演化的原因與方法

前面講過了古代少數種類，可以演化成現代很多的種類，古代簡單的生物，可以演化成現代複雜的生物，演化出來的生物，都是適應環境的。種類改變的原因是什麼？怎樣改變？改變成的新種，何以能適合環境？

簡單生物，何以能演化成複雜生物？現在生物學裏還不能把這幾個問題完全解決，但是關於這些問題已經有了幾派重要的學說，這些學說，都是我們應該知道的。

用進廢退論 關於上面所講的問題，法國生物學

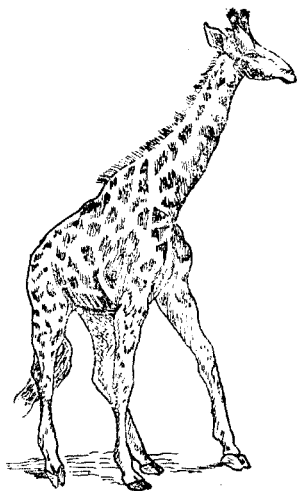
家拉馬克(Lamarck, 第254圖)發表過一個學說，叫作用進廢退論(Theory of use and disuse)。拉馬克以爲環境的改變，是種類改變的原因。環境改變以後，生物身體裏就發生機能上的新需要，引起一部分身體的常用，或者不用。常用的結果，是這部分身體格外發達，不用的結果，是退化下來。拉馬克以爲這樣生成的形體改變是可以遺傳的；如若一種生物生活在新環境裏，經過許多代，這類形體的改變，就成了遺傳性，於是這種生物也就變成了一個新種。形體的改變，都



第二百五十四圖——拉馬克(Jean-Baptiste Lamarck, 1744-1829)。法國生物學家，在達爾文(Darwin)以前發表演化論，又發表用進廢退論說明演化的方法。

是適應新環境裏的需要生出來的，所以新種都能適應新環境。

非洲有一種動物，叫作長頸鹿 (Giraffe) (第255圖) 長頸鹿有很長的頸項，他的四肢，也是很長的，前肢比後肢更長。他的身體，適於到樹枝上去尋找嫩葉作食物，因為在他抬頭的時候，從足趾到頭頂，可以高到一丈九尺。何以生出這樣長的頸項？拉馬克的解說，是這樣：長頸鹿的始祖，本是短頸的，他生活在氣候乾燥的地方，地面上的矮草很少，不得不抬頭到樹枝上尋找食物。他時常



第二百五十五圖——長頸鹿。

(由 Newman)

伸長頸項，於是他的頸項，就變得比較長些。拉馬克以為這樣生成的形體改變，可以遺傳到後代，所以後代的頸項生來就比前代長。後來後代又像前代的樣子，努力向樹枝上找食物，生出更長的頸項，這個更長的性質又遺

傳下去。照這樣經過長久的時期，很多代的繼續努力，努力生成的形體改變都遺傳下來，於是就變成現代的長頸鹿了。

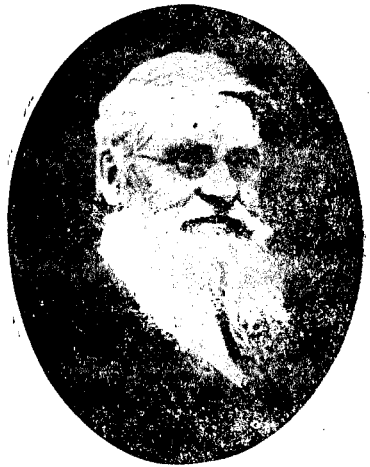
雞與鴨的野祖，本是能高飛的，但是現代的家雞，家鴨都不能飛。何以變成不能飛？照拉馬克的學說，可以這樣回答：雞與鴨的始祖，被人類收為家畜，不許他們高飛。因為他們不能高飛，而且受了人類的保護與喂養以後，也用不着高飛，所以他們的翅膀，就退化下來。退化的變化，可以遺傳到後代，經過很多代以後，雞與鴨的翅膀就變成弱小，沒有高飛的能力了。

拉馬克的學說，像是很圓滿的，但是有一個重要的缺點。這個缺點，是拉馬克假定獲得性可以遺傳到後代。如若獲得性不能遺傳，他的學說，就完全不能成立。前面曾經講過，自從魏斯曼（Weismann）的種質論發表以後，大多數的生物學家都不信獲得性是可以遺傳的。既然不信獲得性的遺傳，自然也就不信拉馬克的用進廢退論了。

天擇論 在拉馬克以後，達爾文（Darwin）發表過一個關於演化問題的學說，叫作天擇論（Theory of na-

tural selection)。天擇論的要義，可以分爲以下幾條：(1) 過度的蕃殖 (Overproduction)，(2) 生存競爭 (Struggle for existence)，(3) 變異 (Variation)，(4) 最適者的存留 (Survival of fittest) (第 213, 256 圖)。

無論什麼生物，如若沒有食料，空間和別種維持生活品的限制，都可以在比較很短的時間裏產生無量數的後代，充滿了全世界。鯽魚的蕃殖，並不是最快的，每對鯽魚，每年大約可以產生三千個小魚，新生的小魚，必須經過一年，纔能長大成熟，產生後代。但是照這個數目計算起來，一對鯽魚，經過三年，到子₃代裏，就可以生出鯽魚 6,750,000,000 個，比全中國的人口，要大十幾倍。草履蟲是很小的生物，這個生物用分裂方法生殖，五年內，就可以產生三千代。倘若一個草履蟲在三千代裏產生的後代



第二百五十六圖——瓦來斯 (Alfred Russel Wallace, 1822-1913)。英國生物學家，與達爾文 (Darwin) 共同發表天擇論。

都能生存，五年以內，就可以生出 2^{3000} 個草履蟲。倘若這許多草履蟲集合成一團，這團原生質的體質，要比地球的體積大 10^{1000} 倍！

各種生物產生的後代，雖然很多，但是能生存的，却是很少。這是因為食料、空間，和別種生存的條件都是有限的；後代的數目過多，就必定要發生競爭，競爭的結果是少數得着生存的機會，能繼續生活，多數不能得着這種機會，就死亡消滅了。

生存競爭，不一定是互相殘殺的戰鬥。太多的種子，落在一塊過小的土壤裏，在萌發以後，也要發生生存競爭。這種競爭的目的，是得着空間、水、無機鹽、日光，和各種維持生活的條件；競爭的方法，是延長深根，佔據適宜的土壤，廣伸枝葉，佔據有日光的空間。如若能佔據維持生活的環境，就可以繼續生存，不能爭着適宜的地點，就要死亡消滅。這種競爭的猛烈，與互相殘殺戰鬥相等，但是在表面上看起來，卻沒有戰鬥的形式。

變異是生物界裏的一個普遍現象，無論什麼兩個生物，都不是完全相同的。同是一棵植物，產生的後代，有些長得很快，有些長得很慢。同是一對動物，產生的後代，

有些跑得很快，有些跑得很慢。在種子太多，土壤過小的環境裏，長得很快的，容易佔據地盤，長得慢的，沒有生根的地點，在這種環境裏，最適宜的，自然是長得最快的。在食物稀少，仇敵衆多的環境裏，跑得快的，容易搶着食物，又容易逃避仇敵，跑得慢的，免不了滅亡；在這種環境裏，最適宜的，自然是跑得最快的。

生存競爭的勝與敗，不是偶然的。勝必定有所以勝的原因；敗必定有所以敗的理由。照上面所講的看起來，勝敗的原因，是適合環境的程度；最適合環境就生存，不適合環境就滅亡。照這樣看起來，天然像是在那裏選擇最適應環境的種類，所以達爾文把他的學說叫作天擇。

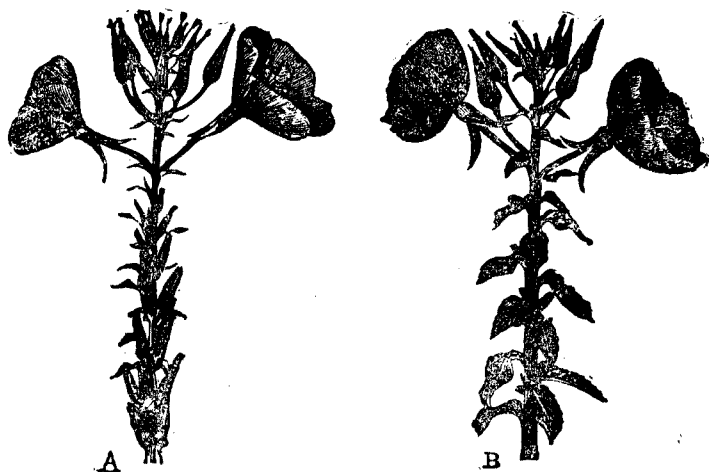
照天擇論講起來，長頸鹿的長頸，是這樣生成的：地面上矮草的缺乏，逼着長頸鹿的始祖抬頭到樹枝上尋找食物。長頸鹿的始祖本是短頸的，但是短的程度有變異。假定有些短到二尺，有些短到二尺一寸，又有些短到二尺二寸。在競爭食物的時候，自然是比較長些的得着勝利，所以二尺，二尺一寸長的，都滅亡了，只有二尺二寸長的始祖，能繼續生存，產生後代。產生的後代，也有頸項長短的變異，有些後代的頸時候前代的相同，都是二尺

二寸長，有些比前代的短，只有二尺一寸長，又有些比前代長，假定可以長到二尺三寸。第二代也有生存競爭，競爭的結果，是二尺一寸和二尺二寸長的滅亡，二尺三寸長的能繼續生活和蕃殖。第二代產生的後代，有二尺三寸長的，有二尺二寸長的，又有二尺四寸長的；生存競爭的結果，是二尺四寸長的得勝。像這樣繼續下去，經過很長期的天擇，這類動物的頸項，就漸漸變長，直到變成現代的長頸鹿。

自從達爾文的學說在1859年發表以後已經有了七十幾年在這七十幾年裏，很多生物學家用各種方法繼續研究演化問題，創造了許多派別的新學說。這些學說或者是修改天擇論的一部分，或者是補充他的缺點，有些是根據事實的，有些是憑藉理論的；但是還沒有一個學說像達爾文的那樣廣博，能顧到各方面的演化問題，又能與很多的事實相合，所以現在大多數生物學家，仍然以為天擇論是比較最圓滿的學說。我們沒有時間細講近幾十年裏發表的各種新學說，但是關於幾個比較重要些的，也不能不討論一下：

突變論 達爾文的學說，偏重在解釋適應現象，他

對於變異起源的原因和方法，並沒有作詳細的分析和解說。因為這個緣故，在達爾文以後解決變異起源問題就成了許多生物學家的研究目標。研究的結果，查出有一類變異，是因為環境的不同引起的，這類變異，叫作獲得性，都不能遺傳到後代。既然不能遺傳，自然不能從這種變異形成新種，因為凡是新種，必須有能遺傳的新特性。有一類的變異，是因子的重行組合生成的，例如黃圓豌豆與綠皺豌豆交配，可以生出黃皺與綠圓兩類豌豆。這類變異，不過是舊性質的重行配合，不是生出新性質，所以從這類變異也不能形成新種發生變化，因為演化是生出新性質的現象。又有一類變異是從遺傳性本身的改變發生的。前面曾經講過因基是穩固不改變的物體，但是有的時候，能突然一步變成一個新的因基。這類改變叫作突變（第224圖）。染色體的數目，平常是不變的，但是有的時候，也能突然發生改變，這類改變，也叫作突變（第257圖）。由突變生成的變異，可以遺傳到後代，突變能生出新性質，所以現在有一派學說，叫作突變論（Mutation theory），以為形成新種，發生演化現象的方法，是突變。突變論本是荷蘭生物學家竇佛芮氏（de Vries）



第二百五十七圖——A, 夜來香(*Oenothera lamarckiana*), 細胞裏有十四個染色體。B, 由A生成一個突變種(*Oenothera gigas*), 細胞裏有二十八個染色體, 比A增加一倍。(仿 de Vries)

根據他研究夜來香(*Oenothera*)的結果發表的,但是這個學說,已經經過了很多的修改,所以現代的突變論,已經不是寶佛芮氏發表的突變論了。

因子和染色體的突變,像是細胞內部的一種偶然的軌外變化。這種變化,像是不能用人工控制的;天然選擇,或者人工選擇,必須在突變已經發生以後,纔能留下適合的,汰去不適合的,不能於突變發生之先,造成一個適

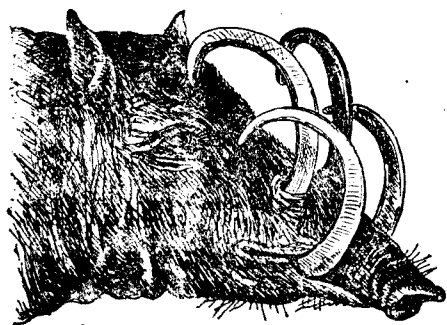
合的突變。近三十年來，有許多生物學家想用化學的，物理的，或者別種方法，造成人工的突變。作這類研究，失敗的人很多，惟有美國生物學家穆勒 (Muller)，在近幾年裏纔得着希望的結果。穆勒用 X 光線射進果蠅的身體，結果是生殖細胞裏的因基受了影響，發生很多的突變，這些突變，都可以從交配試驗產生的後代察看出來。

突變生成的新性質，多半是隱性的，不適於在自然界裏競爭的，例如果蠅的短翅。有些生物學家，就因為這一點，對於突變論，還存着懷疑的態度。如果將來我們能用 X 光線或者別種方法造成很多的顯性因基，生出許多比舊性質格外適於在自然界裏競爭的性質，種類起源的問題，就可以到快要完全解決的時期了。

直生論 達爾文的學說，以為新種的特性，是從很多的微細變異隨着適應環境的方向漸漸的堆積而成的；從簡單生物演化成複雜生物，是因為偶然生成的複雜性質，適於生存競爭，所以纔漸漸的堆積起來，並不是因為簡單生物有向着複雜生物演化的一定方向。用這個學說，可以解釋很多的現象，然而也有些不能解釋的事實。鳥類的羽毛，在發達完 時候，是極有用的，但是

在演化完成以前，一兩根羽毛，或者極小的羽毛，對於生存競爭，並沒有幫助，如若我們以為沒有羽毛的動物可以偶然的一步生出全身羽毛，這個變異的程度太大，似乎是不可能的；如若我們以為微細的變異漸漸的堆積成全身羽毛，又不能解釋在羽毛起源的時候，一兩根極小的羽毛，怎樣可以適應環境，被天然選擇了留傳下來。野豬的利齒在生存競爭上是很有用的。但是馬來羣島

有一類野豬，叫作鹿豬（*Babirusa alfurus*），這類野豬的牙齒極大，大到超過生存競爭上需要的程度，變成無用的物體，尖端向上向後彎曲，直到離面部不遠（第258圖）。照達爾文的學說來講，野豬



第二百五十八圖——鹿豬的頭部。（由 Dendy）

的牙齒應該長到適於生存競爭的程度，就停止了天擇，不讓他變成太大，所以這類過度的發達，有害無利的演化，也不是天擇論所能解說的。

因為有許多事實，面所講的樣子，不能用天擇

論解釋出來，所以有些生物學家，相信一派學說，叫作直生論 (Orthogenesis)。這派學說的意思，是種類的起源，不是偶然的，是循着一個一定的方向改變的。因為簡單的生物，直向着複雜生物演化，所以纔生出許多種類的複雜生物。因為古代的一類爬蟲，直向着生出全身羽毛的方向改變，所以纔不顧羽毛起源的時候，有沒有利益，漸漸的生出羽毛，變成鳥類。因為鹿豬的牙齒，直向着過度發達的方向演化，所以纔不顧利害，從有用的改變成無用的形狀。

有些事實，是幫助直生論的，但是又有些事實，反對這個學說。遺傳學家所看見的突變，是或者向長，或者向短，或者向紅，或者向白，完全沒有一定的方向。假如直生論有了充分的確實證據，能完全成立了，演化的根本問題，仍然沒有解決，因為直生論只說演化是直生的，沒有說出演化所以是直生的原因。

附 錄 一

生物學發達史一覽表

古代生物學的興起：西曆紀元前希臘時代

阿里士多德 (Aristotle, 紀元前 384-322): 希臘人, 最早有探討宇宙真理的興趣。阿里士多德 最早用科學方法研究生命現象是動物學與生物學的開山祖師。

西臥佛雷司特氏 (Theophrastus, 紀元前 380-287): 最早用科學方法研究植物的生命現象, 是植物學的開山祖師。

古代生物學的衰落：羅馬時代與中古黑暗時代

羅馬時代: 羅馬人 重實用輕學理, 所以純正生物學, 在羅馬時代 不能發達。這時候有關實用的生物學, 還有人研究。戴司考芮地氏 (Dioscorides, 紀元後 40-90), 在醫用植物學上有些貢獻。蓋蘭 (Galen, 紀元後 130-200) 在解剖學和生理

學上有些貢獻，是中古時代最著名的醫學家。
 黑暗時代：蓋蘭死後的一千年裏（200-1200），純正
 生物學與應用生物學，都沒有進步，不但沒有
 進步，連古代阿里士多德與西歐佛雷司特氏
 已經發現的生物學知識都遺失了。

近代生物學的復興：十三世紀到十六世紀

復古時代：十三世紀以後，十五世紀以前，漸漸有人
 知道古代希臘學術的高深，漸漸知道讀阿里
 士多德的著作，但是只知崇拜古人，不知照古
 人的方法，直接到自然界尋求真理。

飛薩力歐氏（Andreas Vesalius, 1514-1564）：比利時
 人，後來移居意大利，最早推翻對蓋蘭學說的
 迷信，直接解剖人體，尋求知識，是近代解剖學
 的開山祖師（第112圖）。

哈爾飛（William Harvey, 1578-1657）：英國人，用試
 驗方法，發現血液循環，是生理學的開山祖師
 （第123圖）。

顯微鏡研究的興起：十七世紀

勒文荷克（Antony van Leeuwenhoek, 1632-1723），馬

爾辟基 (Marcello Malpighi, 1628-1694), 葛魯 (Nehemiah Grew, 1641-1712), 施望沒登 (Jan Swammerdam, 1637-1680), 何克 (Robert Hooke, 1635-1703), 都是最早用微顯鏡研究生物的生物學家(第26圖)。

分類學的興起:十七與十八世紀

鮑恆 (Kaspar Bauhin, 1560-1624), 芮艾 (John Ray, 1627-1705), 林館 (Carl von Linné, 1707-1778): 創造分類系統與雙名制,是分類學的開山祖師(第222圖)。

動物比較解剖學的興起:十八與十九世紀

瞿惠業 (Georges Cuvier, 1769-1832): 法國人,用比較方法研究動物的結構,是比較解剖學的開山祖師(第106圖)。

動物胚胎學的興起:十八與十九世紀

馮巴爾 (Karl Ernst von Baer, 1792-1876): 德國人,後來移居俄國,發現胚層學說,是近代胚胎學的開山祖師(第147圖)。

動物生理學的興起 與十九世紀

繆勒 (Johannes Müller, 1801-1858): 德國人, 是近代動物生理學的開山祖師。

貝乃德 (Claude Bernard, 1813-1878): 法國人, 是近代普通生理學的開山祖師。

植物形體學與植物生理學的興起: 十九世紀

何夫馬司特 (Wilhelm Hofmeister, 1824-1877): 德國人, 發現植物界的世代交迭(第53圖)。

薩克氏 (Julius von Sachs, 1832-1897): 德國人, 近代植物生理學的開山祖師(第67圖)。

細菌學的興起與生源論的成立: 十九世紀

巴斯德 (Louis Pasteur, 1822-1895): 法國人, 是細菌學的開山祖師, 證明無生物不能生成生物(第144圖)。

細胞學的興起: 十九世紀

許賴登 (Matthias Jacob Schleiden, 1804-1881): 奧許往 (Theodor Schwann, 1810-1882): 德國人, 發現細胞是各種生物身體結構的單位(第7, 8圖)。

蘇爾才 (Max Schultze, 1825-1874): 德國人, 發現原生質是生命的基本(第9圖)。

演化論的成立:十九世紀

拉馬克 (Jean-Baptiste Lamarck, 1744-1829): 法國人, 發表演化論,又發表用進廢退論,說明演化的原因與方法(第254圖)。

達爾文 (Charles Darwin, 1809-1882): 英國人,證明演化是事實,發表天擇論,說明演化的方法(第213圖)。

遺傳學的興起:十九與二十世紀

魏斯曼 (August Weismann, 1834-1914): 德國人,發表種質論(第183圖)。

高爾吞 (Francis Galton, 1822-1911): 英國人,人類遺傳學與優生學的開山祖師(第211圖)。

孟德爾 (Gregor Johann Mendel, 1822-1884): 奧國人,發現孟德爾定律,是遺傳學的開山祖師(第186圖)。

試驗生物學的發達:二十世紀

羅卜 (Jacques Loeb): 德國人,後來移居美國,用人工方法,引起單性生殖(第153圖)。

哈銳生 (Ross Harry) 瓦爾芮爾 (Alexis Carrel)

等：美國人，發現培養細胞的方法。

毛爾庚 (T. H. Morgan) 等：美國人，發現環連，互換，與
因基的直線排列。

穆勒 (H. J. Muller)：美國人，用 X 光線引起突變。

附錄二

英漢名詞對照表^①

A

- Abdomen 腹部, 343
Abdominal cavity 腹腔, 173
Abiogenesis 無生源論, 227
Absorption 吸收, 39
Acquired character 獲得性, 292
Adaptation 適應, 56, 381
Adrenaline 腎上腺素, 207
Adrenal gland 腎上腺, 207
Adult 成蟲, 267
Aerobes 需氣菌, 74
Aestivation 夏伏, 387
Afferent nerve fiber 向心神經纖維, 165
Aggregation 集合, 95
Air-bladder 鰾, 384
Algae 藻類植物, 99
Allelomorph 相對性, 299
Alternation of generation 世代交迭, 98
Alveolar theory 泡沫論, 17
Alveoli 肺泡, 201
Amino acid 氨基酸, 23
Amitosis 無線分裂, 55
Amoeba 變形蟲, 29
Amoeboid movement 變形運動, 45
Amphibia 兩棲綱, 368
Amphioxus 蛞蝓魚, 270
Anabolism 組成作用, 41
Anaerobes 離氣菌, 74
Anal fin 肛鰭, 383
Analogy 同功, 348
Anaphase 後期, 50
Anatomy 解剖學, 2
Angiospermæ 被子植物亞門, 362, 363
Animal kingdom 動物界, 361
Annelida 環節動物門, 145, 365
Annular tube 環紋導管, 111
Annular ring 年環, 113
Anopheles 斑翅蚊, 88
Anterior 前, 156
Anther 花藥, 119
Antheridium 精器, 105
Antibody 反抗體, 392
Anus 肛門, 158
Aortic arch 動脈弓, 161
Appendages 附體, 171
Appendicular skeleton 附體骨骼, 176
Aqueous humor 水狀液, 222
Archægonium 卵器, 105
Archæozoic era 太古代, 359
Archenteron 原腸, 261
Aristotle 阿里士多德, 411
Armadillo 犛犛, 271

Artery 動脈, 195
Arthropoda 節肢動物門, 145, 365
Artificial parthenogenesis 人工單雌
 生殖, 239
Artiodactyla 偶蹄目, 373
Asexual generation 無性世代, 97, 98
Asexual reproduction 無性生殖, 233
Assimilation 同化作用, 41
Association area 聯絡區, 220
Astral ray 星絲, 50
Auratus 鱒種, 355, 357
Auricle 心耳, 193
Autonomous system 自治神經系統,
 208
Autosome 普通染色體, 326
Auxospore 滋長孢子, 65
Aves 鳥綱, 369
Axial skeleton 中軸骨骼, 176
Axone 軸狀突, 210
Aye-aye 指猴, 374

B

Babirusa alfurus 鹿豬, 409
Baboon 狒狒, 377
Bacillus 棒形細菌, 69
Backcross 反交, 299
Bacteria 細菌, 69
Bauhin, Kaspar 鮑恆, 413
Bernard, Claude 貝乃德, 414
Bilateral symmetry 兩邊相稱, 156
Bile 膽液, 187
Binary division 分體生殖, 233
Binomial nomenclature 雙名制, 355
Biogenesis 生源論, 227
Biogenetic law 生物發生律, 351
Biology 生物學, 2

Blastopore 原口, 261
Blastula 囊胚, 261
Blood 血液, 160
Blood corpuscle 血球, 189
Blood plasma 血漿, 31, 189
Blood pressure 血壓, 198
Body wall 體壁, 146
Bone 硬骨, 174
Botany 植物學, 2
Brain 腦, 208
Bread mold 麵包黴, 102
Bronchiole 細支氣管, 201
Bronchus 支氣管, 201
Brown, Robert 卜耶, 26
Brownian movement 卜耶運動, 27
Bryophyta 苔蘚植物門, 97, 362
Buccal cavity 口腔, 158
Bud 芽體, 68
Budding 出芽生殖, 233
Butyric acid 酪酸, 240

C

Calorie 單熱量, 33
Calorimeter 熱量計, 33
Calyptra 蠶帽, 106
Calyx 花萼, 119
Cambium 形成層, 112
Cambrian 寒武紀, 360
Capillary 微血管, 161, 162
Carassius 鯽屬, 355
Carbohydrate 醣(碳水化合物), 20
Cardiac muscle 心臟肌, 205
Carnivora 食肉目, 371
Carpals 腕骨, 179
ve¹ Alexis 克爾芮爾, 415
 腕骨, 174

- Castle, W. E. 開什爾, 294
 Catalyst 觸媒, 24
 Caudal fin 尾鰭, 384
 Cebidae 卷尾猴科, 374
 Cell 細胞, 7
 Cellulose 纖維質, 62
 Cell wall 細胞壁, 12
 Cenozoic era 近生代, 359
 Central nervous system 中央神經系統, 208
 Centrosome 中心體, 12
 Centrosphere 中心球, 50
 Centrum 椎體, 176
 Cephalochorda 頭索動物亞門, 366
 Cephalothorax 頭胸部, 344
 Ceratophyllum 金魚藻, 382
 Cercopithecidae 猴科, 377
 Cerebellum 小腦, 208
 Cerebral hemisphere 大腦半球, 218
 Cerebrum 大腦, 208
 Chemosynthesis 化合作用, 72
 Child, C. M. 蔡爾德, 282
 Chimpanzee 黑猩猩, 377
 Chiroonyidae 指猴科, 374
 Chiroptera 翼手目, 371
 Chlamydomonas 單胞藻, 93
 Chlorophyll 葉綠素, 36
 Chloroplast 綠質體, 28
 Cholesterol 膽汁精, 22
 Chondriosome 粒線體, 12
 Chordata 脊索動物門, 145, 366
 Choroid 脈絡膜, 221
 Chromatin 染色質, 10
 Chromatin network 染色網, 10
 Chromosome 染色體, 51
 Cilia 纖毛, 81
 Ciliary movement 纖毛運動, 45
 Ciliary muscle 毛狀肌, 222
 Ciliary process 毛狀突, 221
 Circular muscle layer 環肌肉層, 163
 Circulatory system 循環系統, 173
 Class 綱, 354
 Clitellum 環帶, 156
 Cloaca 肛腔, 181
 Closterium 新月藻, 61
 Cocoon 卵袋, 169
 Coccus 球形細菌, 69
 Coelenterata 腔腸動物門, 365
 Coelom 體腔, 158, 261
 Coelomic fluid 體腔液, 160
 Collenchyma 厚角體素, 110
 Colloid 膠體物, 26
 Color blindness 色盲, 332
 Commensalism 共棲, 394
 Conducting tissue 引導體素, 108
 Conduction 傳導, 214
 Cone 錐, 224
 Conjugation 接合, 63
 Conjugation tube 接合管, 101
 Connective tissue 結締組織, 474
 Contracting movement 收縮運動, 45
 Contracting vacuole 伸縮泡, 29
 Cork 木栓組織, 108
 Cornea 角膜, 221
 Corolla 花冠, 119
 Cortex 皮層, 111, 218
 Cotyledon 子葉, 124
 Cranial nerve 腦神經, 211
 Crô-Magnon man 克羅馬弄人, 381
 Crop 嗉囊, 158
 Crossing over 互換, 219
 Crystalline lens 水晶體, 221

Cuticle 蠟質膜, 10
 Cuvier, Georges 居維葉, 171, 413
 Cyanophyceae 藍綠藻, 242
 Cyclops 獨眼水蚤, 243
 Cyclostomata 圓口綱, 366, 368
 Cyprinidae 鯉科, 355
 Cyst 胞殼, 50
 Cytology 細胞學, 3
 Cytoplasm 細胞質, 11

D

Darwin, Charles 達爾文, 288, 343, 401, 415
 Dendrite 樹狀突, 210
 Denitrifying bacteria 分解氮素細菌, 76
 Dentalium 角貝, 269
 Dermoptera 皮翼目, 371
 Desmids 鼓藻, 61
 Development 演發, 4
 Devonian 泥盆紀, 360
 De Vries, Hugo 寶佛荷氏, 406
 Diatoms 矽藻, 61
 Dicotyledonae 雙子葉綱, 363
 Diencephalon 間腦, 203
 Differentiation 特化, 95
 Digestion 消化作用, 39
 Digestive gland 消化腺, 181
 Digestive system 消化系統, 173
 Digestive tract 消化道, 158
 Dinosaur 恐龍, 368
 Dionaea 捕蠅草, 143
 Dioscorides 戴司考茵地氏, 411
 Direct division 直接分裂, 55
 Disaccharide 雙糖, 21
 Dissimilation 異化作用, 41

Dominant character 顯性, 298
 Dorsal 背, 156
 Dorsal blood vessel 背血管, 161
 Dorsal fin 背鰭, 383
 Dorsal root 背根, 211
 Dorsal root ganglion 背根結, 212
 Double crossing over 雙互換, 323
 Drosophila melanogaster 果蠅, 312
 Ductless gland 無管腺, 206

E

Echinodermata 棘皮動物門, 145, 366
 Ecology 生態學, 3
 Ectoderm 外胚層, 147, 261
 Ectoplasm 外質, 29
 Edentata 貧齒目, 371
 Efferent nerve fiber 離心神經纖維, 166
 Egestion 排遺, 44
 Egg 卵, 卵子, 250
 Embryo 胚胎, 124
 Embryology 胚胎學, 3
 Embryonic period 胚胎時期, 255
 Embryo sac 胚囊, 121
 Endoderm 內胚層, 147, 261
 Endodermis 內皮, 112
 Endoplasm 內質, 29
 Endosperm 胚乳, 123
 Endoskeleton 內骨骼, 178
 Entelechy 隱得來希, 58
 Environment 環境, 286
 Enzyme 酵素, 20
 Eocene 始新世, 360
 epidermis 表皮, 111
 epigenesis 後生論, 268

Epithelial tissue 表皮體素, 175
 Epochs 世, 359
 Equation division 平均分裂, 246
 Era 代, 359
 Erythrocyte 紅血球, 189
 Eudorina 空球藻, 95
 Eugenics 優生學, 339
 Euglena 眼蟲, 78
 Evolution 演化, 343
 Excretion 排洩作用, 42, 43
 Excretory system 排洩系統, 173
 Exoskeleton 外骨骼, 176
 Experimental method 試驗方法, 6

F

Factor 因子, 297
 Family 科, 354
 Fat 脂肪, 20
 Fatty acid 脂肪酸, 22
 Female pore 雌孔, 168
 Fermentation 發酵, 65
 Fertilization 受精, 85, 253
 Fibrillar theory 線形論, 17
 Fibrils 纖維絲, 205, 206
 Fibrin 纖維精, 191
 Fibrinogen 原纖維精, 189
 Filament 花絲, 119
 Filial generation 子代, 296
 Fins 魚鱗, 171
 Flagellata 鞭毛藻, 90
 Flagellum 鞭毛, 79
 Fluid tissue 液體體素, 175
 Food vacuole 食物胞, 29
 Fore brain 前腦, 209
 Fore limb 前肢, 171
 Fossil 化石, 351

Fruit 果實, 123
 Fungi 菌類植物, 99

G

Galen 蓋蘭, 411
 Gall bladder 膽囊, 184
 Galton, Francis 高爾登, 339, 415
 Gamete 配子, 98
 Gametic reproduction 配子生殖, 239
 Gametophyte 配子體, 98
 Ganglion 神經結, 164
 Gastric gland 胃液腺, 184
 Gastric juice 胃液, 185
 Gastrovascular cavity 消化腔, 147
 Gastrula 原腸胚, 261
 Gemmule 微芽, 288
 Gene 因基, 311
 Genetics 遺傳學, 3
 Genotype 因子式, 299
 Genus 屬, 354
 Geographical biology 地理生物學, 8
 Germ cell 生殖細胞, 243
 Germ cell cycle 生殖細胞的輪轉, 254
 Germ cell determinant 生殖細胞指定體, 243
 Germination 萌發, 256
 Germplasm 種質, 290
 Germplasm theory 種質論, 290
 Gibbon 長臂猿, 377
 Gill slit 鰓裂, 173
 Giraffe 長頸鹿, 400
 Gizzard 砂囊, 158
 Gland 腺, 183
 Glomerulus 微血管球, 204
 Glucose 葡萄糖, 21
 Glycerol 甘油, 22

Glycogen 肝澱粉, 199
 Golgi bodies 高爾基體, 12
 Gonium 盤藻, 94
 Gonotheca 生殖套, 154
 Gorilla 大猩猩, 377
 Grafting 接體, 170
 Granular theory 粒形論, 17
 Gray matter 灰質, 214
 Grew, Nehemiah 葛魯, 413
 Growing point 滋長點, 115
 Growth 滋長, 57
 Growth period 滋長時期, 246
 Guard cell 守衛細胞, 117
 Guinea-pig 豚鼠, 294
 Gymnospermae 裸子植物亞門, 362

H

Hæmoglobin 血紅素, 20
 Hapalidæ 狨科, 374
 Harrison, Ross 哈銳生, 415
 Harvey, William 哈爾飛, 195, 412
 Head 頭部, 171
 Heidelberg man 海德堡人, 381
 Hemichorda 半索動物亞門, 366
 Heredity 遺傳, 288
 Hermaphroditic 雌雄同體的, 161
 Hermit crab 寄居蟹, 393
 Hibernation 冬眠, 386
 Hind brain 後腦, 209
 Hind limb 後肢, 171
 Histology 體素學, 2, 3
 Hofmeister, Wilhelm 何夫馬司特, 98, 414
 Hominidæ 人科, 378
 Homology 同原, 348

Hooke, Robert 何克, 413
 Hormone 激素, 207
 Host 宿主, 390
 Humerus 上膊骨, 179
 Huxley, T. H. 赫胥黎, 343, 344
 Hydra 水螅, 146
 Hydrotheca 水螅套, 153
 Hylobates 長臂猿, 377
 Hypha 菌絲, 103
 Hypocotyl 胚莖, 124
 Hyracoidea 蹄兔目, 373

I

Identical twins 相同雙生, 272
 Immunity 免疫, 392
 Indirect division 間接分裂, 50
 Indusium 囊羣被, 106
 Infund; bulum 漏斗, 209
 Inorganic salt 無機鹽, 90
 Insectivora 食蟲目, 371
 Insectivorus plant 食蟲植物, 142, 143
 Intercellular substance 細胞間質, 12
 Internal secretion 內分泌, 207
 Intersex 中間性, 333
 Intestinal gland 腸液腺, 184
 Intestinal juice 腸液, 186
 Iris 虹彩, 222
 Iron bacteria 鐵細菌, 72
 Irritability 激感, 47

J

Java man 爪哇猿人, 378
 Jurassic 侏羅紀, 360

K

- Kallima 木葉蝶, 388
 Katabolism 分解作用, 41
 Kidney 腎, 203
 Kinetic energy 動能, 31
 Kingdom 界, 354

L

- Labyrinth 迷宮, 215
 Lamarck, Jean-Baptiste 拉馬克, 399, 415
 Large intestine 大腸, 181
 Larva 幼蟲, 267
 Leaf blade 葉片, 117
 Lecithin 卵黃精, 22
 Leeuwenhoek, Arbonyvan 勒文荷克, 61, 69, 412
 Lemur 狐猴, 373
 Lemuridae 狐猴科, 373
 Lethal factor 致死因子, 337
 Leucocyte 白血球, 189
 Lichens 地衣, 394
 Linkage 環連, 319
 Linne, Carl von 林奈, 354, 413
 Lipoid 擬脂, 20
 Liver 肝, 184
 Locke 洛克, 30
 Locke's solution 洛克溶液, 30
 Locus 位點, 325
 Loeb, Jacques 羅卜, 239, 415
 Longitudinal muscle layer 縱肌肉層, 163
 Lower carboniferous 下石炭紀, 360
 Lower cretaceous 下白堊紀, 360

- Lymph 淋巴液, 189
 Lymphocyte 淋巴球, 190
 Lymph vessel 淋巴管, 201

M

- Macacus 獼猴, 377
 Macronucleus 大細胞核, 80
 Macrosporangium 大孢子囊, 120
 Macrospore 大孢子, 120
 Macrosporocyte 大孢母細胞, 254
 Male pore 雄孔, 167
 Malpighi, Marcello 馬爾辟基, 413
 Malpighian capsule 馬爾辟基囊, 204
 Maltose 麥芽糖, 185
 Mammalia 哺乳動物綱, 369
 Marmoset 狨, 374
 Marsupialia 有袋目, 371
 Mastigophora 鞭毛蟲, 90
 Maturation period 成熟時期, 248
 Mature region 成熟區, 116
 Maupas 毛勃氏, 241
 Mechanical tissue 支持體素, 108
 Mechanism 機械論, 57
 Medulla 延髓, 208
 Medullary ray 射髓, 112
 Medusa 水母體, 152
 Medusa bud 水母芽, 154
 Meiosis 減數分裂, 249
 Mendel, Gregor Johann 孟德爾, 295, 296, 415
 Meristematic tissue 分裂體素, 108
 Mesoderm 中胚層, 261
 Mesophyll 中葉, 118
 Mesozoic era 中生代, 359
 Metabolism 代謝作用, 33
 Metacarpals 掌骨, 179

Metamorphosis 變態, 265
 Metaphase 中期, 50
 Metaplasmic bodies 後含體, 12
 Metchnikoff 邁起尼可夫, 280
 Micronucleus 小細胞核, 80
 Microsporangium 小孢子囊, 120
 Microspore 小孢子, 120
 Microsporocyte 小孢母細胞, 254
 Midbrain 中腦, 208, 209
 Mimicry 擬態, 390
 Mimosa 含羞草, 140
 Miocene 中新世, 360
 Mitosis 有線分裂, 50
 Mollusca 軟體動物門, 145, 366
 Monocotyledoneae 單子葉綱, 363
 Monosaccharide 單糖, 21
 Monotremata 單孔目, 369
 Morgan, T. H. 毛爾康, 311, 416
 Morphology 形態學, 2
 Moss 蘚, 104
 Motor area 發動區, 219
 Motor nerve cell 發動神經細胞, 166
 Mucosa 粘膜, 182
 Mucus 粘液, 183
 Muller, H. J. 穆勒, 408, 416
 Müller, Johannes 穆勒, 414
 Multicellular gland 多細胞腺, 183
 Multicellular organism 多細胞生物, 93
 Multiplication period 繁殖時期, 245
 Muscle fiber 肌肉纖維, 205
 Muscular layer 肌肉層, 182
 Muscular system 肌肉系統, 173
 Muscular tissue 肌肉體素, 175
 Mutation 突變, 358
 Mutation theory 突變論, 406

Mycelium 菌絲體, 103
 Mycetozoa 菌蟲, 91
 Mystacoceti 鬚鯨目, 373
 Myxomycete 黏菌, 91

 N
 Neanderthal man 尼昂德托人, 381
 Neck 頸部, 171
 Nemathelminthes 圓蟲門, 145, 365
 Nematocyst 刺絲囊, 147
 Nephridia 腎管, 162
 Nerve 神經, 209
 Nerve cell 神經細胞, 149
 Nerve cord 神經索, 263
 Nerve fiber 神經纖維, 165
 Nerve network 神經網, 159
 Nervous system 神經系統, 173
 Nervous tissue 神經體素, 175
 Neural arch 神經弧, 176
 Neural canal 神經管, 176
 Neural groove 神經溝, 262
 Neural spine 神經棘, 176
 Neurone 神經原, 210
 Neutral red 中性紅, 39
 N-fixing bacteria 固定氮素細菌, 76
 Nitrate bacteria 硝酸鹽細菌, 76
 Nitrifying bacteria 氧化細菌, 73
 Nitrite bacteria 亞硝酸鹽細菌, 76
 Nuclear membrane 核膜, 10
 Nucleolus 核仁, 10
 Nucleus 細胞核, 9

O

Oligochaeta 枝形蟲, 152
 Observation 觀察, 6

Odontoceti 齒鯨目, 373
 Oesophagus 食道, 158
 Olfactory lobe 嗅葉, 209
 Oligocene 漸新世, 360
 Ontogeny 個體演發, 255, 351
 Oogonia 卵原細胞, 245
 Oral groove 口凹, 80
 Oral sucker 口吸盤, 264
 Orang 猩猩, 377
 Order 目, 354
 Ordovician 奧陶紀, 360
 Organ 器官, 108
 Organicism 機體論, 59
 Orthogenesis 直生論, 410
 Ovary 子房, 119; 卵巢, 161
 Overproduction 過度的繁殖, 402
 Oviduct 輸卵管, 168
 Ovule 胚珠, 119
 Ovum 卵, 卵子, 250
 Oxalic acid 草酸, 138

P

Painter 平特, 328
 Palaeontology 古生物學, 3
 Palaeozoic era 古生代, 359
 Palisade tissue 柵狀體素, 118
 Pan 黑猩猩, 377
 Pancreas 胰臟, 184
 Pancreatic juice 胰液, 186
 Pandorina 寶球藻, 94
 Paramecium 草履蟲, 80, 241, 242
 Parasite 寄生物, 72, 390
 Parenchyma 薄膜體素, 108
 Parental generation 親代, 296
 Parietal vessel 壁血管, 161

Parthenogenesis 單雌生殖, 233
 Pasteur, Louis 巴斯德, 229, 414
 Pasteur solution 巴斯德溶液, 66
 Pectoral fin 胸鰭, 384
 Pectoral girdle 肩帶, 178, 179
 Pellicle 外膜, 81
 Pelvic fin 腹鰭, 384
 Pepsin 胃液精, 186
 Pericardial cavity 圍心腔, 173
 Pericycle 柱鞘, 112
 Periods 紀, 359
 Peripheral nervous system 外圍神經系統, 208
 Perissodactyla 奇蹄目, 373
 Peritoneum 圍腔膜, 182
 Permian 二疊紀, 360
 Petal 花瓣, 119
 Petiole 葉柄, 117
 Phalanges 指骨, 179
 Pharynx 咽喉, 158
 Phenotype 外表式, 299
 Phillips 飛立浦氏, 294
 Phloem 韌皮部, 112
 Pholidota 有鱗目, 371
 Photosynthesis 光合作用, 132
 Phylogeny 種族演化, 351
 Phylum 門, 354
 Physical basis of heredity 遺傳的物質基本, 309
 Physical basis of life 生命的物質基本, 14
 Physiology 生理學, 3
 Pit-down man 賈爾當猿人, 380
 Pineal body 松果體, 209
 Pisces 魚類, 368
 Pistil 大蕊, 雌蕊, 119

Pith 中髓, 112
 Pitted tube 坑紋導管, 111
 Placenta 胎盤, 226
 Plant kingdom 植物界, 361
 Plasma membrane 質膜, 12
 Plasmodium 瘧蟲, 86; 原形體, 92
 Plastid 質體, 12
 Platyhelminthes 扁蟲門, 145, 365
 Pleistocene 上新世, 360
 Pleodoma 雜球藻, 95
 Pleurococcus 稜球藻, 27
 Pliocene 次新世, 360
 Plumule 胚芽, 124
 Polar body 極體, 250
 Pollen cell 花粉細胞, 121
 Pollen grain 花粉粒, 121
 Pollen tube 花粉管, 121
 Polymorphs 多形球, 190
 Polyp 水螅體, 152
 Polysaccharide 多糖, 21
 Porifera 海綿動物門, 145, 363
 Postembryonic period 胚後時期, 255
 Posterior 後, 156
 Potential energy 位能, 31
 Preformation 先成論, 268
 Primary leaflet 初級小葉, 140
 Primary mesoderm cell 原始中胚層細胞, 261
 Primary oocyte 初級卵母細胞, 246, 247
 Primary spermatocyte 初級精母細胞, 246, 247
 Primates 靈長目, 372
 Primordial germ cell 原始生殖細胞, 243
 Proboscidea 長鼻目, 273
 Proembryo 前胚, 256

Proglottid 節片, 391
 Prophase 前期, 50
 Protein 生質精, 20, 24
 Proterozoic era 原古代, 359
 Prothallus 原葉體, 107
 Protonema 原生線, 104
 Protoplasm 原生質, 13
 Protozoa 原生動物門, 145, 363
 Pseudopodia 偽足, 38
 Psychozoic era 近生代, 359
 Pteridophyta 羊齒植物門, 97, 362
 Ptyalin 唾液精, 24, 185
 Pulmonary artery 肺動脈, 196
 Pulmonary vein 肺靜脈, 196
 Pulse 脈搏, 198
 Pulvinus 座褥, 142
 Pupa 蛹, 267
 Pupil 瞳孔, 222
 Pyrenoid 澱粉核, 63

Q

Quaternary 第四紀, 360

R

Radial symmetry 輻射相稱, 146
 Radicle 胚根, 124
 Radius 橈骨, 179
 Ray, John 芮艾, 413
 Receptacle 花托, 123
 Receptor 感受器, 221
 Recessive character 隱性, 298
 Red corpuscle 紅血球, 189
 Redi 芮迪, 227
 Reduction division 減數分裂, 249
 Reflex 反射動作, 166

Reflex arc 反射弧, 166
 Reflex center 反射中樞, 214
 Regeneration 再發, 152
 Region of elongation 伸長區, 115
 Reproductive system 生殖系統, 173
 Reptilia 爬蟲綱, 368
 Reservoir 貯蓄胞, 78
 Respiration 呼吸作用, 42
 Respiratory system 呼吸系統, 173
 Response 反應, 47
 Reticular theory 網形論, 16
 Retina 網膜, 221
 Rhizoid 假根, 103
 Rhizopus 麴包黴, 102
 Rib 肋骨, 178
 Ringer 芮應格, 192
 Ringer's solution 芮應格溶液, 192
 Rodentia 齧齒目, 371
 Rods 棒, 224
 Root-cap 根帽, 115
 Root-hair 根毛, 116

S

Sachs, Julius von 薩克氏, 127, 414
 Saliva 唾液, 185
 Salivary gland 唾液腺, 88, 184
 Saprophyte 腐生物, 72
 Schleiden, M. J. 許賴登, 13, 414
 Schlera 鞏膜, 221
 Schultze, Max 蘇爾才, 13, 414
 Schwann, Theodor 許往, 13, 414
 Scientific name 學名, 355
 Sclerenchyma 厚壁體素, 110
 Scolex 頭節, 390
 Sea-urchin 海膽, 239
 Secondary leaflet 次級小葉,

Secondary oocyte 次級卵母細胞, 246
 Secondary sexual character 次級性徵, 326
 Secondary spermatocyte 次級精母細胞, 246
 Secretion 分泌, 39
 Seed 種子, 124
 Seed coat 種子衣, 124
 Segmentation cavity 分裂腔, 261
 Segments 環節, 156
 Seminal receptacle 納精囊, 168
 Seminal vesicle 貯精囊, 167
 Sense-organ 感覺器官, 221
 Sensory area 感覺區, 219
 Sensory cell 感覺細胞, 149
 Sepal 萼片, 119
 Septum 隔膜, 158
 Serum 血清, 189
 Setae 剛毛, 157
 Sex chromosome 性染色體, 326
 Sex-linked inheritance 性連遺傳, 332
 Sexual generation 有性世代, 98
 Sexual reproduction 有性生殖, 233
 Sex-reversal 性反轉, 336
 Sieve plate 篩板, 111
 Sieve tube 篩管, 111
 Silurian 志留紀, 360
 Simia 猩猩, 377
 Simiidae 猩猩科, 377
 Sirenia 海牛目, 373
 Skeletal system 骨骼系統, 173
 Skin 皮膚, 171
 Skull 頭骨, 176
 Slime mold 黏菌, 91
 Slime tube 黏液管, 168
 Small intestine 小腸, 181

Smooth muscle 平滑肌, 205
 Somatoplasm 身體質, 290
 Sorus 囊羣, 106
 Spallanzani 施巴蘭譚尼, 228
 Special creation theory 特創論, 341
 Species 種, 354
 Sperm 精子, 250
 Spermatid 精細胞, 246
 Spermatogonia 精原細胞, 245
 Spermatophyta 種子植物門, 97, 362
 Spinal cord 脊髓, 208
 Spinal nerve 脊髓神經, 211
 Spindle fiber 紡錘絲, 50
 Spiral tube 螺旋導管, 111
 Spirillum 螺旋形細菌, 69
 Spirogyra 水綿, 99
 Spleen 脾臟, 201
 Spongy tissue 海綿體素, 119
 Sporangiphore 囊柄, 103
 Sporangium 孢子囊, 92
 Spore 孢子, 68
 Spore formation 孢子生殖, 68, 233
 Sporophyte 孢子體, 98
 Stamens 小蕊, 雄蕊, 119
 Stele 中柱, 111
 Sternum 胸骨, 178
 Stigma 眼點, 79; 柱頭, 119
 Stinging cell 刺細胞, 147
 Stolon 葡萄枝, 103
 Stomach-intestine 胃腸, 158
 Stomata 氣孔, 117
 Streaming movement 川流運動, 45
 Striated muscle 橫紋肌, 205
 Struggle for existence 生存競爭, 402
 Style 花柱, 119
 Submucosa 粘膜下層, 182

Subneural blood vessel 神經下血管, 161
 Subpharyngeal ganglia 咽頭下神經結, 164
 Sulphur bacteria 硫細菌, 73
 Supporting and connective tissue 支持體素, 75
 Suprapharyngeal ganglia 咽頭上神經結, 164
 Survival of fittest 最適者的存留, 402
 Suspensor 胚柄, 256
 Suspensory ligament 懸韌帶, 221
 Swammerdam, Jan 施望沒登, 413
 Symbiosis 共生, 395
 Sympathetic system 交感神經系統, 210
 Synapsis 聯會, 247
 Syngamy 合配, 253
 Systemic artery 體動脈, 196
 Systemic vein 體靜脈, 196

T

Tail 尾部, 171
 Tapeworm 條蟲, 390
 Tarsiidae 跗猴科, 374
 Taxonomy 分類學, 3
 Telencephalon 頂腦, 209
 Teleostei 硬魚目, 355
 Telophase 末期, 50
 Tentacle 觸指, 146
 Tertiary 第三紀, 360
 Testis 精巢, 151
 Tetrad 四體, 247
 Thallophyta 菌藻植物門, 97, 362
 Thrasastus 西臥佛雷司特氏, 411
 Evolution 演化論, 340

Theory of natural selection 天擇論, 401, 402
 Theory of pangensis 偏生論, 288
 Theory of recapitulation 重演論, 351
 Theory of use and disuse 用進廢退論, 399
 Thoracic cavity 胸腔, 173
 Thrombocyte 凝血球, 189
 Thymus gland 胸腺, 183
 Thyroid gland 甲狀腺, 207
 Thyroxin 甲狀腺素, 207
 Tissue 體素, 108
 Tissue culture 體素培養, 278
 Toxin 毒質, 74
 Trachea 氣管, 201
 Tracheal tube 導水管, 110
 Transpiration 蒸散作用, 130
 Transverse process 橫突起, 176
 Trial and error 嘗試成功, 83
 Triassic 三疊紀, 360
 Trichocyst 絲胞, 81
 Tropism 向性, 48
 Trunk 身部, 171
 Trypsin 胰液精, 187
 Tubulidentata 管齒目, 371
 Tyndall 聽德爾, 230
 Typhlosole 盲道, 159

U

Ulna 尺骨, 170
 Ulothrix 波髮藻, 236
 Umbilical cord 臍帶, 226
 Unguiculata 有爪類, 371
 Ungulata 有蹄類, 373
 Unicellular gland 單細胞腺, 183

Unicellular organism 單細胞生物, 93
 Upper carboniferous 上石炭紀, 360
 Upper cretaceous 上白堊紀, 360
 Urea 尿素, 24
 Ureter 輸尿管, 203
 Uric acid 尿酸, 42
 Urinary bladder 膀胱, 203
 Uriniferous tubule 泌尿管, 203
 Urinogenital opening 排泄生殖孔, 171
 Urochorda 尾索動物亞門, 366
 Uterus 子宮, 226

V

Vacuole 空胞, 12
 Valves 活門, 194
 Variation 變異, 242, 402
 Variety 變種, 357
 Vascular bundle 維管束, 112
 Vas deferens 輸精管, 167
 Vein 葉脈, 119; 靜脈, 195
 Ventral 腹, 156
 Ventral blood vessel 腹血管, 161
 Ventral nerve cord 腹神經索, 164
 Ventral root 腹根, 212
 Ventricle 心室, 194
 Vertebrata 脊椎動物亞門, 145, 366
 Vertebrae 脊椎, 176
 Vertebral column 脊梁, 176
 Vesalius, Andreas 飛薩力歐氏, 179, 412
 Vital impulse 生命的奮進, 58
 Vitalism 生機論, 58
 Vitamin 維他命, 35
 Vitreous humor 玻璃膠, 222

Volvox 團藻, 96

Von Baer, Karl Ernst 馮巴爾, 260,
413

W

Wallace, Alfred Russel 瓦來斯, 402

Warning color 警戒色, 389

Weismann, August 魏斯曼, 289, 290,
401, 415

White corpuscle 白血球, 189

White matter 白質, 214

Winiwarter 維尼瓦特, 328

Woodruff, L. L. 伍拙夫, 242

X

Xylem 木質部, 112

Y

Yeast 酵母, 65

Yolk 卵黃, 250

Z

Zone of root hair 根毛區, 116

Zoölogy 動物學, 2

Zygosporc 合孢子, 63

Zygote 合子, 88

附 錄 三

漢 英 名 詞 對 照 表 說 明

- (1) 本單名表名本注四靈
 (2) 索字詞外詞索各角五
 (3) 引注除第二三每係碼辭
 (4) 按四第一字字面本檢典
 (5) 王角一第字字面本檢典
 (6) 靈號字取仍上面字
 五碼四上依端單字
 氏及角二號首字見
 之附號角碼尾
 四角碼之順所
 角之已號序注
 號號見碼排號
 碼碼該於名列碼
 檢於名本不係
 字本詞條注本
 法字上之號面
 排上單字用~記號代
 列上單字用~記號代
 碼碼之起訖中間所
 王靈五大辭典或王

第二次改訂四角號碼檢字法

王雲五發明

第一條 筆畫分為十種，各以號碼代表之如下：

號碼	筆名	筆形	舉例	說 明	注 意
0	頭	一	宮主产产	前五大點得頭止之 個個結合	04567890
1	橫	一 一 一 一	天土地江元風	包括橫刁與右的	橫均由數字合為一
2	垂	丨 丨 丨 丨	山月干則	包括直撇與左的	橫筆、檢查時忌筆
3	點	、 丶	六禾一么之衣	包括點撇捺	筆與橫筆並列、應
4	叉	十 义	草杏皮刺大持	兩筆相交	儘量取橫筆，如十
5	插	扌	手戈申吏	一筆通過兩筆、止	作0不作3，作作
6	方	口	國鳴圓四甲由	四邊齊整之形	4不作2，厂作7
7	角	ㄟ ㄥ ㄨ ㄩ	初門取陰書夜學字	橫與垂相接之處	不作2，作作87
8	八	八 ㄨ 人 ㄥ	分頁羊余笑余延午	八字形與其變形	作32，小作9不
9	小	小 小 小 小 小	尖糸鼻果性	小字形與其變形	作33

第二條 每字無取四角之筆，其順序：

(一)左上角 (二)右上角 (三)左下角 (四)右下角

(例) (一)左上角... (二)右上角
 (三)左下角... (四)右下角

檢查時按四角之筆形及順序，每字得四碼：

(例) 頭 = 0128 截 = 4325 際 = 76789

第三條 字之上部或下部，祇有一筆或一種筆時，無論在何地位，均作左角，其右角作0。

(例) 宣 直 首 冬 軍 宗 母

每筆用過後，如再充他角，亦作0。

(例) 干 之 持 掛 大 十 車 時

第四條 由整個口門門所成之字，其下角取內部之筆，但上下左右有他筆時，不在此例。

(例) 國 = 6043 開 =

7712

箇 = 4460

0011 ₄ 瘡	0691 ₀ 親
50 ~ 蟲 Plasmodium.. .. 86	23 ~ 代 Parental generation .. 296
0021 ₁ 鹿	0821 ₂ 施
44 ~ 豬 Babirusa alfarus.. .. 409	07 ~ 望沒登 Swammerdam, Jan 413
0021 ₄ 座	77 ~ 巴蘭讓尼 Spallanzani .. 228
31 ~ 禱 Pulvinus 142	0864 ₀ 許
0022 ₇ 腐	20 ~ 往 Schwann, Theodor 13, 414
25 ~ 生物 Saprophyte 72	57 ~ 賴登 Schleiden, M. J. 13, 414
高	1010 ₀ 二
10 ~ 爾登 Galton, Francis 339, 415	77 ~ 疊紀 Permian 360
~ 爾基體 Golgi bodies.. .. 12	三
0040 ₈ 交	77 ~ 疊紀 Triassic 360
53 ~ 感神經系統 Sympathetic system 210	1010 ₇ 互
0041 ₄ 離	57 ~ 換 Crossing over 319
33 ~ 心神經纖維 Efferent nerve fiber 166	亞
80 ~ 氣菌 Anaerobes 74	19 ~ 硝酸鹽細菌 Nitrite bacteria 76
0060 ₁ 盲	1010 ₈ 靈
38 ~ 道 Typhlosole 159	71 ~ 長目 Primates 372
0091 ₄ 雜	1022 ₇ 兩
13 ~ 球藻 Pleodorina 95	36 ~ 邊相稱 Bilateral symmetry 156
0292 ₁ 新	45 ~ 棲綱 Amphibia.. .. 368
77 ~ 月藻 Clesterium 61	需
0364 ₀ 試	80 ~ 氣菌 Aerobes 74
78 ~ 驗方法 Experimental method 6	1023 ₀ 下
	10 ~ 石炭紀 Lower carboniferous 360
	26 ~ 白堊紀 Lower cretaceous 360

1024₇ 夏

23~伏 Estivation 387

1040₀ 平

24~特 Painter.. .. 328

37~滑肌 Smooth muscle .. 205

47~均分裂 Equation division 246

1043₀ 天

56~擇論 Theory of natural selection 401

1044₇ 再

12~發 Regeneration 152

1060₀ 西73~臥佛雷司特氏 Theophrastus 4111061₃ 硫

26~細菌 Sulphur bacteria .. 73

1066₇ 糖

~(碳水化合物) Carbohydrate 20

1071₇ 瓦40~來斯 Wallace, Alfred Russel 4021111₄ 班

47~翅蚊 Anopheles 88

1118₀ 頸

07~部 Neck 171

頭

07~部 Head 171

40~索動物亞門 Cephalochorda 366

77~骨 Skull 176

~胸部 Cephalothorax .. 344

88~節 Scolex 39

1122₇ 脊

33~梁 Vertebral column .. 176

40~索動物門 Chordata .. 145, 366

~椎 Vertebrae 176

~椎動物亞門 Vertebrata ..

.. .. 145, 366

74~髓 Spinal cord 208

~髓神經 Spinal nerve .. 211

背

~Dorsal 156

24~背 Dorsal fin 383

27~血管 Dorsal blood vessel 161

47~根 Dorsal root 211~根結 Dorsal root ganglion 2121128₀ 頂72~腦 Telencephalon 2091164₀ 硬

77~骨 Bone 174

~骨魚目 Teleostei 355

1217₂ 聯27~絡區 Association area .. 22080~會 Synapsis 241220₀ 引38~導體素 Conducting tissue 1081223₀ 水23~狀液 Aqueous humor .. 223

26~綿 Spirogyra	99
56~蟄 Hydra	146
~蟄袋 Hydrotheca	153
~蟄體 Polyp	152
60~晶體 Crystalline lens	221
77~母芽 Medusa bud	154
~母體 Medusa	152

1224₇ 發

14~酵 Fermentation	65
24~動神經細胞 Motor nerve cell	166
~動區 Motor area	219

1241₃ 飛

22~利浦氏 Phillips.. .. .	294
44~薩力歐氏 Vesalius, Andreas	179, 412

1242₂ 形

53~成層 Cambium.. .. .	112
75~體學 Morphology	2

1313₂ 球

12~形細菌 Coccus	69
-----------------------	----

1413₁ 聽

24~德爾 Tyndall	230
-----------------------	-----

1414₇ 玻

10~璃膠 Vitreous humor	222
------------------------------	-----

1461₄ 硅

44~藻 Diatoms	61
----------------------	----

1464₇ 醇

44~菌 Yeast	65
95~精 Enzyme	20

161₂ 環

20~紋導管 Annular tube	111
35~連 Linkage	319
40~境 Environment	286
44~帶 Clitellum	156
77~肌肉層 Circular muscle layer	163
88~節 Segments	156
~節動物門 Annelida	145, 365

1710₇ 孟

24~德爾 Mendel, Gregor Johann	295, 296, 415
-------------------------------------	---------------

1733₁ 恐

91~龍 Dinosaur	368
-----------------------	-----

1740₇ 子

23~代 Filial generation	296
30~房 Ovary	119
~宮 Uterus	226
44~葉 Cotyledon	124

1741₂ 孢

17~子 Spore	68
~子生殖 Spore formation	68, 233
~子囊 Sporangium	92
~子體 Sporophyte	98

1750₆ 鞏

74~膜 Schlera.. .. .	221
---------------------	-----

1761₇ 配

17~子 Gamete	96
~子生殖 Gametic reproduction	233
~子體 Gametophyte	98

1766₄ 酪

13~酸 Butyric acid 240

1780₁ 翼

20~手目 Chiroptera 371

1814₀ 致

10~死因子 Lethal factor .. 337

1962₀ 砂

50~囊 Gizzard.. .. 158

1962₇ 硝

13~酸鹽細菌 Nitrate bacteria 76

2010₄ 重

33~演論 Theory of recapitulation 351

2011₄ 雌

12~孔 Female pore.. .. 168

40~雌同體的 Hermaphroditic 167

44~蕊 Pistil 119

2021₈ 位

21~能 Potential energy .. 31

61~點 Locus 325

2040₇ 受

95~精 Fertilization .. 85, 253

2040₇ 雙

10~互換 Double crossing over 323

17~子葉綱 Dicotyledoneæ .. 363

27~名制 Binomial nomenclature 355

90~糖 Disaccharide 21

2071₄ 毛

10~爾康 Morgan, T. H. 311, 416

23~狀突 Ciliary process.. .. 221

~狀肌 Ciliary muscle .. 222

44~勃氏 Maupas 241

2090₄ 集

80~合 Aggregation 95

2091₄ 維

24~他命 Vitamin 35

77~尼瓦特 Winiwarter 328

88~管束 Vascular bundle .. 112

2092₇ 紡

82~錘絲 Spindle fiber 50

2110₀ 上

02~新世 Pleistocene 360

10~石炭紀 Upper carboniferous 360

26~白堊紀 Upper cretaceous 360

73~膊骨 Humerus 179

2121₇ 伍

52~拙夫 Woodruff, L. L. .. 242

2122₀ 何

40~克 Hooke, Robert 413

50~夫馬司特 Hofmeister, Wilhelm 98, 414

2124₇ 優

25~生學 Eugenics 339

2139₁ 鰾

~Air-bladder 354

2177₂ 齒	08~族演化 Phylogeny 351
20~鯨目 Odontoceti 373	17~子 Seed 124
2191₀ 紅	~子衣 Seed coat.. .. 124
27~血球 Erythrocyte 189	~子植物門 Spermatophyta 97, 362
~血球 Red corpuscle.. .. 189	72~質 Germplasm 290
2200₀ 川	~質論 Germplasm theory.. 290
30~流運動 Streaming movement 45	2299₃ 絲
2222₇ 偽	77~胞 Trichocyst 81
60~足 Pseudopodia 38	2300₀ 卜
2224₇ 後	37~郎 Brown, Robert 26
~Posterior 156	~郎運動 Brownian movement 27
25~生論 Epigenesis 268	2320₀ 外
47~期 Anaphase 50	50~表式 Phenotype 299
72~腦 Hind brain 209	60~圍神經系統 Peripheral nervous system 208
74~肢 Hind limb 171	71~胚層 Ectoderm.. .. 147, 261
80~含體 Metaplasmic bodies 12	72~質 Ectoplasm 29
變	74~膜 Pellicle 81
12~形蟲 Amœba 29	77~骨骼 Exoskeleton 176
~形運動 Amœboid movement 45	2322₇ 徧
21~態 Metamorphosis 265	25~生論 Theory of pangene-sis 288
22~種 Variety 357	2324₀ 代
60~異 Variation 242, 402	~Era 359
2226₄ 循	04~謝作用 Metabolism 33
16~環系統 Circulatory system 173	2395₀ 織
2277₂ 出	20~毛 Cilia 81
44~芽生殖 Budding 233	~毛運動 Ciliary movement 45
2291₄ 種	~維絲 Fibrils 205, 206
~Species 354	~維質 Cellulose 62
	~維精 Fibrin 191

2412₇ 動	
21~能 Kinetic energy	31
27~物界 Animal kingdom	361
~物學 Zoölogy	2
72~脈 Artery	195
~脈弓 Aortic arch	161
2420₀ 射	
74~髓 Medullary ray	112
2421₀ 化	
10~石 Fossil	351
80~合作用 Chemosynthesis	72
2421₁ 先	
53~成論 Preformation	268
2454₁ 特	
24~化 Differentiation	95
82~創論 Special creation theory	341
2472₇ 幼	
50~蟲 Larva	267
2490₀ 科	
~Family	354
2492₇ 納	
95~精囊 Seminal receptacle	168
2496₁ 結	
20~締體素 Connective tissue	174
2510₀ 生	
14~殖套 Gonotheca	154
~殖系統 Reproductive system	

~殖細胞 Germ cell	243
~殖細胞的輪轉 Germ cell cycle	251
~殖細胞指定體 Germ cell determinant	243
16~理學 Physiology	3
21~應學 Ecology	3
27~物學 Biology	2
~物發生律 Biogenetic law	351
31~源論 Biogenesis	227
40~存競爭 Struggle for existence	402
42~機論 Vitalism	58
72~質精 Protein	20, 24
80~命的奮進 Vital impulse	58
~命的物質基本 Physical basis of life	14

2520₀ 伸

23~縮胞 Contracting vacuole	29
71~長區 Region of elongation	115

2524₀ 傳

38~導 Conduction	214
-----------------------	-----

2529₀ 侏

60~羅紀 Jurassic	360
----------------------	-----

2600₀ 白

27~血球 Leucocyte	189
~血球 White corpuscle	189
72~質 White matter	214

白

33~治神經系統 Autonomous system	208
----------------------------------	-----

2620 ₀ 個	
75~體演發 Ontogeny .. 255, 351	
2622 ₇ 偶	
60~齒目 Artiodactyla 373	
觸	
44~媒 Catalyst 24	
51~指 Tentacle 146	
2631 ₁ 鯉	
24~科 Cyprinidae 355	
2633 ₀ 鰓	
12~裂 Gill slit 173	
2641 ₃ 魏	
42~ <u>斯曼</u> Weismann, August 289, 290, 401, 415	
2690 ₀ 細	
40~支氣管 Bronchiolo 201	
44~菌 Bacteria 69	
77~胞 Cell 7	
~胞核 Nucleus 9	
~胞壁 Cell wall 12	
~胞質 Cytoplasm 11	
~胞學 Cytology 3	
~胞間質 Intercellular substance 12	
2692 ₂ 穆	
44~ <u>勒</u> Muller, H. J. .. 408, 416	
2693 ₂ 線	
12~形論 Fibrillar theory .. 17	

2710₀ 血

13~球 Blood corpuscle 189
21~紅素 Hæmoglobin 20
22~漿 Blood plasma .. 31, 189
30~液 Blood 160
35~清 Serum 189
71~壓 Blood pressure 198

2710₇ 盤

44~藻 Goniam 94

2720₇ 多

12~形球 Polymorphs 190
26~細胞腺 Multicellular gland 183
~細胞生物 Multicellular organism 93
90~糖 Polysaccharide 21

2722₀ 向

33~心神經纖維 Afferent nerve fiber 165
95~性 Tropism 48

2722₇ 角

60~貝 Dentalium 269
74~膜 Cornea 221

2724₇ 假

47~根 Rhizoid 103

2725₂ 解

02~剖學 Anatomy 2

2730₃ 冬

67~眠 Hibernation 386

2731₂ 鮑

91~ <u>恆</u> Bauhin, Kaspar 413

2732₀ 鯽	75~體物 Colloid 26
22~種 <i>Auratus</i> 355, 357	2793₂ 綠
77~屬 <i>Carassius</i> 355	72~質體 Chloroplast 23
2732₇ 鳥	2824₀ 微
27~綱 <i>Aves</i> 369	27~血管 Capillary 161
2733₆ 魚	~血管球 Glomerulus 204
24~鰭 Fins 171	44~芽 Gemmule 288
27~綱 <i>Pisces</i> 368	2829₃ 條
2740₀ 身	50~蟲 Tapeworm 390
07~部 Trunk 171	2874₀ 收
75~體質 <i>Somatoplasm</i> 290	23~縮運動 Contracting movement 45
2741₆ 免	2898₁ 縱
00~疫 Immunity 392	77~肌肉層 Longitudinal muscle layer 163
2743₀ 奧	3010₁ 空
77~陶紀 Ordovician 360	13~球藻 <i>Eudorina</i> 95
2771₇ 色	77~胞 Vacuole 12
00~盲 Color blindness 332	3014₇ 液
2791₀ 組	75~體體素 Fluid tissue 175
53~成作用 Anabolism 41	3022₇ 扁
2791₇ 紀	50~蟲門 <i>Platyhelminthes</i> 145, 365
~ Periods 359	肩
2792₀ 網	44~帶 Pectoral girdle 173
~ Class 354	3026₁ 宿
網	00~主 Host 390
12~形論 Reticular theory .. 16	3030₂ 適
74~膜 Retina 221	00~應 Adaptation 56, 381
2792₂ 繆	
44~勒 Muller, Johannes .. 414	

- 3030₃ 寒**
13~武紀 Cambrian.. .. 360
- 3040₂ 守**
21~衛細胞 Guard cell 117
- 3043₀ 突**
22~變 Mutation 358
~變論 Mutation theory .. 406
- 3062₁ 寄**
25~生物 Parasite 72, 390
77~居蟹 Hermit crab 393
- 3080₆ 實**
13~球藻 Pandorina 94
- 寶**
25~佛芮氏 De Vries, Hugo .. 406
- 3112₇ 馮**
77~巴爾 Von Baer, Karl
Ernst260, 413
- 3212₁ 漸**
02~新世 Oligocene.. .. 360
- 3216₄ 活**
77~門 Valves 194
- 3230₂ 近**
25~生代 Psychozoic era .. 359
~生代 Cenozoic era 359
- 3300₀ 心**
10~耳 Auricle.. .. . 193
30~室 Ventricle 194
- 74~臟肌 Cardiac muscle .. 205
- 3310₀ 泌**
77~尿管 Uriniferous tubule 203
- 3315₀ 減**
58~數分裂 Meiosis.. .. . 249
~數分裂 Reduction division 249
- 3318₀ 演**
12~發 Development 4
24~化 Evolution 343
~化論 Theory of Evolution 340
- 3414₇ 波**
72~髮藻 Ulothrix 236
- 3419₀ 淋**
77~巴球 Lymphocyte 196
~巴液 Lymph 189
~巴管 Lymph vessel .. 201
- 3424₇ 被**
17~子植物亞門 Angiospermæ 362
- 3430₅ 達**
10~爾文 Darwin, Charles ..
.. .. .288, 343, 401, 415
- 3490₄ 染**
27~色網 Chromatin network.. 10
~色質 Chromatin 10
~色體 Chromosome 51
- 3520₈ 神**
21~經 Nerve 209
~經弧 Neural arch 176
~經結 Ganglion.. .. . 164

~經網 Nerve network .. 150
 ~經溝 Neural groove.. .. 262
 ~經索 Nerve cord 263
 ~經棘 Neural spine 176
 ~經原 Neurone 210
 ~經管 Neural canal 176
 ~經系統 Nervous system .. 173
 ~經纖維 Nerve fiber 157
 ~經細胞 Nerve cell 149
 ~經體素 Nervous tissue .. 175
 ~經下血管 Subneural blood vessel 161

3530₈ 遺

25~傳 Heredity 288
 ~傳學 Genetics 3
 ~傳的物質基本 Physical basis of heredity 309

3629₄ 裸

17~子植物亞門 Gymnospermæ 362

3711₁ 泥

80~盆紀 Devonian.. .. 360

3711₂ 泡

85~沫論 Alveolar theory .. 17

3712₇ 漏

84~斗 Infundibulum 209

3714₇ 澱

98~粉核 Pyrenoid 63

3716₄ 洛

40~克 Locke 30
 ~克溶液 Locke solution .. 30

3713₁ 凝

27~血球 Thrombocyte 189

3713₂ 次

02~新世 Pliocene 360
 27~級小葉 Secondary leaflet 140
 ~級性徵 Secondary sexual character 326
 ~級卵母細胞 Secondary oocyte 246
 ~級精母細胞 Secondary spermatocyte 246

3722₀ 初

27~級小葉 Primary leaflet .. 140
 ~級卵母細胞 Primary oocyte 246, 247
 ~級精母細胞 Primary spermatocyte 246, 247

3730₂ 過

00~度的蓄噴 Overproduction 402

3813₂ 滋

71~長 Growth 57
 ~長點 Growing point .. 115
 ~長孢子 Auxospore 65
 ~長時期 Growth period .. 246

3814₀ 激

50~素 Hormone 207
 53~感 Irritability 47

3815₇ 海

24~德堡人 Heidelberg man . 381
 25~牛目 Sirenia 373
 26~綿體素 Spongy tissue .. 119

- ~綿動物門 Porifera .. 145, 363
 77~膽 Sea-urchin 239
- 3824₇ 複**
- 13~戎藻 Pleurococcus % .. 27
- 3834₃ 導**
- 12~水管 Tracheal tube.. .. 110
- 3912₇ 消**
- 24~化道 Digestive tract .. 158
 ~化腔 Gastrovascular cavity 147
 ~化腺 Digestive gland .. 181
 ~化系統 Digestive system 173
 ~化作用 Digestion 39
- 3930₉ 迷**
- 50~宮 Labyrinth 215
- 4001₁ 雄**
- 12~孔 Male pore 167
 44~蕊 Stamens 119
- 4003₀ 大**
- 17~孢子 Macrospore 120
 ~孢子囊 Macrosporangium 120
 ~孢母細胞 Macrosporocyte 254
 26~細胞核 Macronucleus .. 80
 44~蕊 Pistil 119
 46~猩猩 Gorilla 377
 72~腦 Cerebrum 208
 ~腦半球 Cerebral hemisphere 218
 76~腸 Large intestine 181
- 太**
- 40~古代 Archæozoic era .. 359

4010₇ 直

- 25~生論 Orthogenesis 410
 50~接分裂 Direct division .. 55

4011₇ 坑

- 20~紋導管 Pitted tube 111

4020₇ 麥

- 44~芽糖 Maltose 185

4021₆ 克

- 10~爾芮爾 Carrel, Alexis .. 415
 60~羅馬弄人 Cr6-Magnon man 381

4022₇ 內

- 40~皮 Endodermis.. .. 112
 71~胚層 Endoderm .. 147, 261
 72~質 Endoplasm 29
 77~骨骼 Endoskeleton 176
 80~分泌 Internal secretion .. 207

有

- 23~袋目 Marsupialia 371
 26~線分裂 Mitosis 50
 29~鱗目 Pholidota.. .. 371
 60~蹄類 Ungulata.. .. 373
 72~爪類 Unguiculata 371
 95~性生殖 Sexual reproduction 233
 95~性世代 Sexual generation 98

4024₇ 皮

- 17~翼目 Dermoptera 371
 21~膚 Skin 171
 77~層 Cortex 111, 218

4033₁ 志	44~菌 Myxomycetes 91
77~留紀 Silurian 360	~菌 Slime mold 91
4040₇ 支	麵
24~結體素 Supporting and connective tissue 75	27~包霉 Bread mold 102
54~持體素 Mechanical tissue 108	~包霉 Rhizopus 102
80~氣管 Bronchus 201	4154₆ 鞭
4060₀ 古	20~毛 Flagellum 79
25~生代 Palæozoic era 359	~毛藻 Flagellata 90
~生物學 Palæontology 3	~毛蟲 Mastigophora 90
4062₁ 奇	4191₄ 極
60~蹄目 Perissodactyla 373	75~體 Polar body 250
4090₀ 木	4223₀ 狐
44~葉蝶 Kallima 388	47~猴 Lemur 373
48~栓體素 Cork 108	~猴科 Lemuridæ 373
72~質部 Xylem 112	4295₃ 機
4091₁ 柱	43~械論 Mechanism 57
11~頭 Stigma 119	75~體論 Organicism 59
49~鞘 Pericycle 112	4325₀ 狨
椎	~ Marmoset 374
75~體 Centrum 176	24~科 Hapalidæ 374
4098₂ 核	4346₀ 始
21~仁 Nucleolus 10	02~新世 Eocene 360
74~膜 Nuclear membrane 10	4385₀ 戴
4122₇ 彌	17~司考茵地氏 Dioscorides .. 411
47~猴 Macacus 377	4410₇ 蓋
~猴科 Cercopithecidæ 377	44~蘭 Galen 411
4124₆ 麩	藍
30~液管 Slime tube 168	27~綠藻 Cyanophycæ 241

4411₂ 地	
60~衣 Lichens	394
16~理生物學 Geographical biology	3
4414₂ 薄	
74~膜體素 Parenchyma ..	108
4414₇ 鼓	
44~藻 Desmids	61
4419₄ 藻	
91~類植物 Algæ	99
4420₇ 萼	
22~片 Sepal	119
4421₄ 花	
00~瓣 Petal	119
22~絲 Filament	119
37~冠 Corolla	119
40~柱 Style	119
44~萼 Calyx	119
~葯 Anther	119
52~托 Receptacle	123
98~粉管 Pollen tube	121
~粉粒 Pollen grain	121
~粉細胞 Pollen cell	121
薩	
40~克氏 Sachs, Julius von	127, 414
4421₇ 狃	
48~獾 Armadillo	271
4422₇ 丙	
00~應格 Ringer	192

~應格溶液 Ringer's solution	192
35~迪 Redi	227
44~艾 Ray, John	413

葡

44~葡枝 Stolon	103
~葡萄糖 Glucose	21

4424₁ 芽

75~體 Bud	68
------------------	----

4424₇ 獲

26~得性 Acquired character	292
--------------------------	-----

4430₂ 邁

47~起尼可夫 Metchnikoff ..	280
------------------------	-----

4433₁ 赫

17~賀黎 Huxley, T. H... ..	343
--------------------------	-----

蒸

48~散作用 Transpiration ..	130
-------------------------	-----

熱

60~量計 Calorimeter	33
---------------------------	----

4435₁ 鮮

~ Moss	104
----------------	-----

46~帽 Calyptra	106
-----------------------	-----

4439₄ 蘇

10~爾才 Schultze, Max.. ..	13, 414
--------------------------	---------

4440₆ 草

13~酸 Oxalic acid	138
--------------------------	-----

77~履蟲 Paramæcium 80, 241, 242	
-------------------------------	--

4452₇ 勒

00~文荷克 Leeuwenhoek, Antony van 61, 69, 412

4460₀ 菌

22~絲 Hypha 103

~絲體 Mycelium 103

44~藻植物門 Thallophyta 97, 362

50~蟲 Mycetozoa 91

91~類植物 Funzi 99

4460₃ 苔

44~蘚植物門 Bryophyta 97, 362

4462₇ 萌

12~發 Germination 258

4471₇ 世

~Epochs 359

23~代交迭 Alternation of generations 98

4472₇ 葛

27~魯 Grew, Nehemiah .. 413

4477₀ 甘

35~油 Glycerol 22

4480₁ 共

25~生 Symbiosis 395

45~棲 Commensalism 394

4490₀ 樹

23~狀突 Dendrite 210

4490₁ 蔡

10~爾德 Child, C. M.

4490₁ 葉

22~片 Leaf blade 117

27~綠素 Chlorophyll 36

41~柄 Petiole 117

72~脈 Vein 119

4491₁ 橈

77~骨 Radius 179

4491₇ 植

27~物界 Plant kingdom .. 361

~物學 Botany 2

4494₇ 枝

12~形蟲 Obelia 152

4498₆ 橫

20~紋肌 Striated muscle .. 205

30~突起 Transverse process.. 176

4499₀ 林

17~麓 Linne, Carl von .. 354, 413

4522₇ 狒

45~狒 Baboon 377

4595₃ 棒

~Rods 224

12~形細菌 Bacillus 69

4621₀ 觀

30~察 Observation 6

4621₄ 猩

46~猩 Orang 377

~猩 Simia 377

~猩科 Simiidae 377

- 4622₇ 獨**
 67~眼水蚤 Cyclops 243
- 4690₀ 相**
 34~對性 Allelomorph 299
 77~同雙生 Identical twins .. 272
- 4752₀ 莖**
 40~皮部 Phloem 112
- 4793₂ 根**
 20~毛 Roothair 116
 ~毛區 Zone of roothair .. 116
 46~帽 Root-cap 115
- 4794₀ 柵**
 23~狀體素 Palisade tissue .. 118
- 4860₁ 警**
 53~戒色 Warning color.. .. 389
- 4893₀ 松**
 60~果體 Pineal body 209
- 5000₆ 中**
 02~新世 Miocene 360
 25~生代 Mesozoic era 359
 33~心球 Centrosphere 50
 ~心體 Centrosome 12
 40~柱 Stele 311
 44~葉 Mesophyll 118
 47~期 Metaphase 50
 50~央神經系統 Central nervous system 208
 55~軸骨骼 Axial skeleton .. 176
 71~胚層 Mesoderm 261
 72~腦 Midbrain 208, 209
 74~髓 Pith 112
- 77~間性 Interssex 333
 95~性紅 Neutral red 39
- 5001₈ 拉**
 71~馬克 Lamarek, Jean-Baptiste 399, 415
- 5004₄ 接**
 75~體 Grafting 170
 80~合 Conjugation.. .. 63
 ~合管 Conjugation tube .. 101
- 5050₅ 毒**
 72~質 Toxin 74
- 5073₂ 表**
 40~皮 Epidermis 111
 ~皮體素 Epithelial tissue .. 175
- 囊**
 17~羣 Sorus 106
 ~羣被 Indusium.. .. 106
 41~柄 Sporangioophore 103
 71~胚 Blastula 261
- 5090₀ 末**
 47~期 Telophase 50
- 5101₁ 排**
 35~遺 Egestion 44
 ~洩系統 Excretory system 173
 ~洩作用 Excretion 42
 ~洩生殖孔 rinogenital opening 171
- 5103₄ 輓**
 75~體動物門 Mollusca .. 145, 366
 77~骨 Cartilage 174

5106₁ 指

- 47~猴 Aye-aye 374
 ~猴科 Chiromyidae 374
 77~骨 Phalanges 179

5106₆ 輻

- 24~射相稱 Radial symmetry 146

5111₀ 虹

- 22~彩 Iris 222

5211₆ 蠟

- 72~質膜 Cuticle 109

5216₄ 蛞

- 58~蝮魚 Amphioxus 270

5225₇ 靜

- 73~脉 Vein 195

5290₀ 刺

- 22~絲囊 Nematocyst 147
 26~細胞 Stinging cell 147

5302₇ 捕

- 57~蠅草 Dionæa 143

5320₀ 成

- 07~熟區 Mature region.. .. . 116
 ~熟時期 Maturation period 248
 50~蟲 Adult 267

感

- 20~受器 Receptor 221
 77~覺區 Sensory area 219
 ~覺細胞 Sensory cell.. .. . 149
 ~覺器官 Sense-organ.. .. . 221

5506₀ 軸

- 23~狀突 Axone 216

5599₂ 棘

- 40~皮動物門 Echinodermata
 145, 366

5619₃ 螺

- 12~形細菌 Spirillum 69
 20~紋導管 Spiral tube 111

5708₁ 擬

- 71~態 Mimicry 390
 ~脂 Lipoid 20

5712₇ 蛹

- ~ Pupa.. .. . 267

5777₂ 齧

- 21~齒目 Rodentia 371

5802₁ 輸

- 77~尿管 Ureter 203
 ~卵管 Oviduct 168
 95~精管 Vas deferens 167

6000₀ 口

- 67~吸盤 Oral sucker 264
 73~腔 Buccal cavity 158
 77~凹 Oral groove 80

6001₄ 瞳

- 12~孔 Pupil 222

6010₁ 目

- ~ Order 354

6010₄ 星	6050₀ 甲
22~絲 Astral ray 50	23~狀素 Thyroxin 207
6012₇ 蹄	~狀腺 Thyroid gland.. .. . 207
17~兔目 Hyracoidea 373	
6014₇ 最	
30~適者的存留 Survival of fittest 402	
6021₀ 四	
75~體 Tetrad 247	
6022₇ 胃	
30~液 Gastric juice 185	
~液腺 Gastric gland 184	
~液精 Pepsin 186	
76~腸 Stomach-intestine 158	
6022₈ 界	
~ Kingdom 354	
6033₁ 黑	
46~猩猩 Chimpanzee 377	
~猩猩 Pan 377	
6034₃ 團	
44~藻 Volvox 96	
6043₀ 因	
17~子 Factor 297	
~子式 Genotype 299	
44~基 Gene 311	
6050₀ 甲	6050₆ 團
	33~心腔 Pericardial cavity .. 173
	73~腔膜 Peritoneum 182
	6060₄ 固
	30~定氮素細菌 N-fixing bac- teria 76
	6080₀ 貝
	17~乃德 Bernard, Claude .. 414
	6080₁ 異
	24~化作用 Dissimilation .. 41
	6080₆ 圓
	50~蟲門 Nemathelminthes 145, 365
	60~口綱 Cyclostomata .. 366, 368
	6090₄ 果
	30~實 Fruit 123
	57~蠅 Drosophila melano- gaster 312
	6091₄ 羅
	23~卜 Loeb, Jacques .. 239, 415
	6138₆ 顯
	95~性 Dominant character .. 298
	6201₄ 唾
	30~液 Saliva 185
	~液腺 Salivary gland.. 88, 184
	~液精 Ptyalin 24, 185
	6204₉ 呼
	67~吸系統 Respiratory system 173
	~吸作用 Respiration 42

- 6233, 懸
47~ 韌帶 Suspensory ligament 221
- 6302, 哺
22~ 乳動物綱 Mammalia .. 369
- 6382, 貯
44~ 蓄胞 Reservoir 78
45~ 精囊 Seminal vesicle .. 167
- 6410, 跗
47~ 猴科 Tarsiidae 371
- 6509, 嚥
50~ 囊 Crop 158
- 6600, 咽
11~ 頭 Pharynx 158
~ 頭下神經結 Subpharyngeal ganglia 164
~ 頭上神經結 Suprapharyngeal ganglia 164
- 6603, 嗅
44~ 葉 Olfactory lobe 209
- 6621, 器
50~ 蟲葉 Cuvier, Georges 171, 413
- 6650, 單
12~ 孔目 Monotremata 369
17~ 子葉綱 Monocotyledoneae 363
20~ 雌生殖 Parthenogenesis.. 233
26~ 細胞腺 Unicellular gland 183
~ 細胞生物 Unicellular organism 93
44~ 熱量 Calorie 33
- 77~ 胞藻 Chlamydomonas .. 93
90~ 糖 Monosaccharide 21
- 6666, 器
30~ 官 Organ 108
- 6703, 眼
50~ 蟲 Euglena 78
61~ 點 Stigma 79
- 6704, 吸
28~ 收 Absorption 39
- 6806, 哈
10~ 爾遜 Harvey, William 195, 412
88~ 致生 Harrison, Ross .. 415
- 7010, 壁
27~ 血管 Parietal vessel.. .. 161
- 7022, 臍
44~ 帶 Umbilical cord .. 226
- 7022, 肺
24~ 動脈 Pulmonary artery .. 196
52~ 靜脈 Pulmonary vein .. 196
77~ 胞 Alveoli 201
- 膀
79~ 膀 Urinary bladder.. .. 203
- 7064, 碎
10~ 爾當猿人 Pittdown man.. 380
- 7121, 肛
24~ 鱗 Anal fin 383
73~ 腔 Cloaca 181
77~ 門 Anus 158

7121₉ 胚

15~珠 Ovule	119
22~乳 Endosperm	123
~後時期 Postembryonic period	255
41~柄 Suspensor	256
44~莖 Hypocotyl	124
~芽 Plumule	124
47~根 Radicle	124
50~囊 Embryo sac	121
73~胎 Embryo	124
~胎學 Embryology	?
~胎時期 Embryonic period	255

7122₀ 阿

60~里士多德 Aristotle	411
---------------------------	-----

7122₇ 隔

74~膜 Septum	158
---------------------	-----

7123₂ 豚

77~鼠 Guinea-pig	294
-------------------------	-----

7124₀ 肝

~Liver	184
37~澱粉 Glycogen	199

7124₄ 腰

24~鰭 Pelvic fin	384
-------------------------	-----

7124₇ 反

00~應 Response	47
~交 Backcross	299
24~射弧 Reflex arc	166
~射動作 Reflex action	166
~射中樞 Reflex center	214
50~抗體 Antibody	392

厚

27~角體素 Collenchyma	110
----------------------------	-----

7126₁ 脂

70~肪 Fat	20
~肪酸 Fatty acid	22

7128₉ 灰

72~質 Gray matter	214
--------------------------	-----

7129₀ 原

12~形態 lasmodium	92
23~纖維精 Fibrinogen	189
25~生線 Protonema	194
~生質 Protoplasm	13
~生動物門 Protozoa	145, 363
40~古代 Proterozoic era	359
43~始生殖細胞 Primordial germ cell	243
~始中胚層細胞 Primary mesoderm cell	261
44~葉體 Prothallus	107
60~口 Blastopore	261
70~壁體素 Sclerenchyma	110
76~腸 Archenteron	261
~腸胚 Gastrula	261

7132₇ 馬

10~爾辟基 Malpighi, Marcello	413
~爾辟基囊 Malpighian cap- sule	204

7173₂ 長

11~頸鹿 Giraffe	400
26~鼻目 Proboscidea	273
70~臂猿 Gibbon	377
~臂猿 Hylobates	377

7220₀ 剛	7422₇ 肋
20~毛 Setae 157	77~骨 Rib 173
7223₀ 爪	7521₈ 體
64~哇使人 Java man 378	24~動脈 Systemic artery .. 196
7223₂ 脈	50~素 Tissue 108
27~絡膜 Choroid 221	~毒學 Histology 23
53~搏 Pulse 138	~毒培養 Tissue culture .. 278
7223₇ 隱	52~靜脈 Systemic vein 196
26~得來希 Entolechy 58	70~壁 Body wall 146
95~性 Recessive character .. 298	73~腔 Coelom 158, 261
7226₂ 腦	~腔液 Coelomic fluid 160
~Brain 208	7523₂ 胰
35~神經 Cranial nerve 211	30~液 Pancreatic juice 183
7228₆ 鬚	~液精 Trypsin 187
20~鯨目 Mystacoceti 573	74~臟 Pancreas 184
7280₀ 質	7622₇ 腸
74~膜 Plasma membrane 13	30~液 Intestinal juice 186
75~體 Plastid 12	~液腺 Intestinal gland 184
7321₁ 腔	7623₂ 腺
76~刺動物門 Coelenterata .. 365	~ Gland 183
7321₂ 腕	7624₀ 脾
77~骨 Carpals 179	74~臟 Spleen 201
7326₀ 胎	7721₀ 肌
27~盤 Placenta 226	40~肉層 Muscular layer .. 182
7420₀ 附	~肉系統 Muscular system. 173
75~體 Appendages 171	~肉纖維 Muscle fiber 205
~體骨骼 Appendicular	~肉體素 Muscular tissue .. 175
skeleton 176	7721₁ 尼
	60~昂德托人 Neanderthal man 381

7721₂ 胞

47~殼 Cyst 50

7721₄ 尾

07~部 Tail 171

24~鰭 Caudal fin 384

40~索動物亞門 Urochorda .. 366

7722₀ 用30~進廢退論 Theory of use
and disuse.. .. . 397

同

14~功 Analogy 348

24~化作用 Assimilation .. 41

71~原 Homology 348

胸

24~鰭 Pectoral fin 384

73~腔 Thoracic cavity 173

76~腺 Thymus gland 183

77~骨 Sternum 178

7722₇ 骨

77~骨系統 Skeletal system .. 173

腎

~ Kidney 203

21~上腺 Adrenal gland 207

~上腺素 Adrenaline 207

88~管 Nephridia 162

屬

~ Genus 354

7723₁ 爬

50~蟲綱 Reptilia 368

7723₂ 尿

13~酸 Uric acid 42

50~素 Urea 24

7726₁ 膽

30~液 Bile 187

34~汁精 Cholesterol 22

50~囊 Gall bladder 184

7740₇ 學

27~名 Scientific name 355

7744₁ 開

24~什爾 Castle, W. E. 294

7760₇ 間

50~接分裂 Indirect division.. 50

72~腦 Diencephalon 208

7771₇ 巴

42~斯德 Pasteur, Louis 229, 414

~斯德溶液 Pasteur solution 66

7772₀ 卵

17~子 Ovum 250

~子 Egg 250

22~巢 Ovary 151

23~袋 Cocoon 169

44~黃 Yolk 250

~黃精 Lecithin 22

66~器 Archegonium 105

71~原細胞 Oogonia 245

7777₇ 門

~ Phylum 354

7780₇ 尺

77~骨 Ulna 179

7824, 腹

- ~ Ventral 156
 07~部 Abdomen 343
 27~血管 Ventral blood vessel 161
 35~神經索 Ventral nerve cord 164
 47~根 Ventral root 212
 73~腔 Abdominal cavity .. 173

8000₀ 人

- 10~工單雌生殖 Artificial per-
 thenogenesis 239
 24~科 Hominida 378

8010₀ 金

- 27~魚藻 Ceratophyllum .. 382

8011₄ 錐

- ~ Cone 224

8022₁ 前

- ~ Anterior 156
 47~期 Prophase 50
 71~胚 Proembryo 256
 72~腦 Fore brain 249
 74~肢 Fore limb 171

8022₇ 分

- 00~離氮質細菌 Denitrifying
 bacteria 76
 12~裂腔 Segmentation cavity 261
 ~芽體素 Meristematic tissue 108
 27~解作用 Katabolism 41
 33~泌 Secretion 39
 75~體生殖 Binary division .. 233
 91~類學 Taxonomy 3

8033₁ 無

- 25~生源論 Abiogenesis 227

- 26~線分裂 Amitosis 55
 45~機鹽 Inorganic salt 20
 88~管腺 Ductless gland 206
 95~性生殖 Asexual reproduc-
 tion 233
 ~性世代 Asexual genera-
 tion 97, 98

8041₇ 氮

- 44~基酸 Amino acid 23

8050₀ 年

- 16~環 Annular ring 113

8050₁ 羊

- 21~菌植物門 Pteridophyta 97, 362

8060₁ 合

- 17~子 Zygote 88
 ~配 Syngamy 253
 ~孢子 Zygosporo 63

普

- 37~通染色體 Autosome 326

8060₇ 含

- 80~羞草 Mimosa 140

8073₂ 食

- 27~物胞 Food vacuole 29
 38~道 Oesophagus 158
 40~肉食 Carnivora 371
 50~蟲目 Insectivora 371
 ~蟲植物 Insectivorous plant
 142, 143

8080₀ 貧

- 21~齒目 Edentata 371

8091₇ 氣

- 12~孔 Stomata 117
88~管 Trachea 201

8315₀ 鐵

- 26~細菌 Iron bacteria 72

8822₇ 第

- 10~三紀 Tertiary 360
60~四紀 Quaternary 360

8872₇ 節

- 22~片 Proglottid 391
74~肢動物門 Arthropoda 145, 265

篩

- 41~板 Sieve plate 111
88~管 Sieve tube 111

8877₇ 管

- 21~齒目 Tubulidentata.. .. 371

8890₃ 繁

- 48~增時期 Multiplication
period.. .. 245

9000₀ 小

- 17~孢子 Microspore 120
~孢子囊 Microsporangium 120
~孢母細胞 Microsporocyte 254
26~細胞核 Micronucleus .. 80
44~蕊 Stamens 119
72~腦 Cerebellum 208
76~腸 Small intestine 181

9021₁ 光

- 80~合作用 Photosynthesis .. 132

9050₀ 半

- 40~索動物亞門 Hemichorda.. 366

9050₂ 掌

- 77~骨 Metacarpals.. .. 179

9060₁ 嘗

- 03~試成功 Trial and error .. 53

9071₂ 卷

- 77~尾猴科 Cebidae.. .. 374

9091₈ 粒

- 12~形論 Granular theory .. 17
26~線體 Chondriosome.. .. 12

9196₀ 粘

- 30~液 Mucus 183
74~膜 Mucosa.. .. 182
~膜下層 Submucosa 182

9501₄ 性

- 34~染色體 Sex chromosome.. 326
35~連遺傳 Sex-linked inherit-
ance 332
71~反轉 Sex-reversal 336

9592₇ 精

- 17~子 Sperm 250
22~巢 Testis 151
26~細胞 Spermatid 246
66~器 Antheridium 105
71~原細胞 Spermatogonia .. 245

