

高中教科書

生物學

上 冊

宏 懷 麟 編

1.91

中華印書局出版

MG
G634.91
27
:1

高中教科書

生物學

上 冊

宏懷麟編



中華印書局出版



3 1760 3264 1

上册目次

✓第一篇	導言.....	1—4
✓第二篇	細胞與原生質	
第一章	細胞與原生質的發見.....	5—6
第二章	細胞.....	6—10
第三章	原生質.....	10—15
第四章	細胞的生理.....	15—22
第五章	細胞分裂.....	22—25
第三篇	單細胞生物	
第一章	鼓藻與硅藻.....	26—29
第二章	酵母.....	29—32
第三章	細菌.....	32—37
第四章	眼蟲.....	38—40
第五章	草履蟲.....	40—45
第六章	瘧疾蟲.....	45—47

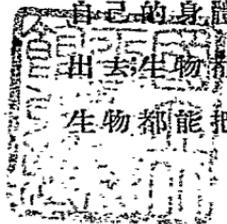
第七章	動植物之間的生物	47—50
第八章	單細胞與多細胞之間的生物	50—55
第四篇 多細胞植物		
第一章	菌藻植物	57—61
第二章	苔蘚植物	61—62
第三章	羊齒植物	62—64
第四章	種子植物	64—84
第五章	植物生理	84—99
第五篇 多細胞動物		
第一章	腔腸動物	101—109
第二章	環節動物	109—119
第三章	脊椎動物	119—193
第一節	通論	119—127
第二節	骨骼	127—130
第三節	消化器官,食物與消化	131—145
第四節	循環器官與血液循環	145—154
第五節	呼吸器官與氣體的交換	155—158
第六節	排洩器官和排洩	159—164
第七節	無管腺	164—170
第八節	神經系統	170—180
第九節	感覺器官	181—191
第十節	生殖器官	191—193

生 物 學

第 一 篇

導 言

生物及其特徵 自然界的東西不外兩大類：一類是無生命不能生活的如水，土，石，金，叫作無生物；一類是有生命能生活的像花，草，鳥，獸，叫作生物。生物的種類雖然很多，但是他們都有共同的特點，這些特點中最顯著的就是生物的身體都是由細胞組成的，有的全體祇是一個細胞，有的是許多細胞；生物都能生長，由小到大，由大到老；各種生物都有死亡，不管是長壽，或者短壽；生物都能生殖，產生與自己同樣的新個體；生物都有新陳代謝的變化，能把外來的物質變成自己的身體，又能把已成的身體漸漸變成廢物排洩出去；生物都能感受外界的刺激而且發生適宜的反應；生物都能把自己的性格遺傳給後代；生物都不斷演



化,並非永久不變。

生命及解釋生命的學說 生物是有生命的,但是生命究竟是什麼,直到今日尚無完善的答案。斯賓塞(Spencer)說生命是生物體內外互相調節的一種連續現象;佛望(Verworn)說生命好似蠟燭的火焰,不斷變化,但保有一定的外形。這些都是抽象的說法,不能給人以滿意的答覆。

關於解釋生命的學說可以分爲三派:一派叫作機械論(Mechanism),一派叫作生機論(Vitalism),另一派叫作機體論(Organism)。主張機械論的認爲生命現象完全可以用物理,化學的原理來解釋,現在生命沒得解釋明白,是因爲物理和化學尚未十分發達。相信生機論的主張生物體內具有一種特殊的能力叫作生命的衝動(Vital impulse),有了這種能力就會發生生命現象,這種能力是不能用物理或者化學的原理解釋明白的。機體論是近來的一派理論,相信機體論的認爲生物體雖然是由許多普通化學元素組成的,但是不能根據各元素的性格來推測整個的生命現象,因爲各元素在生物體內組合非常複雜,在這種

複雜的組合中，自然會發生奇妙的現象，不過現在生物學尚在幼稚時期，這種奇妙的生命現象究竟怎樣發生，須待將來生物學發達後才能解說明白。

生物學及其分科 生物學是研究生物的科學，英文叫作 Biology 是由 Bios (生命) 和 Logos (學問) 兩個希臘字合成，意即研究生命的學問，也就是研究生物的學問。德國的托利維納斯 (Treviranus) 在 1802 年首先應用，直到現在學者仍然採納未變。

生物學包括動物學 (Zoology) 和植物學 (Botany)。希臘的亞里士多德 (Aristotle) 是第一個作有系統研究生物學的人，後來經過無數生物學家的不斷努力，到現在，生物學已分化為許多專門的科學。其中有一門叫作形態學 (Morphology)，是專門研究動物或者植物的外形及內部構造的。形態學又可分為幾科：用刀剪把生物體解剖研究內部構造和器官的排列的叫作解剖學 (Anatomy)，用顯微鏡觀察各器官的微細結構的叫作體素學 (Histology)，專研究細胞的形態和構造的叫作細胞學 (Cytology)。生理學 (Physiology) 是專門研究生物體各器官的機能和彼

此相互合作，維持全體生活的科學生態學 (Ecology) 裏專研究動植物與環境的關係，胚胎學 (Embryology) 裏專研究胚胎的變化，分類學 (Taxonomy) 是依照自然的系統把動物或者植物分門別類的一種有系統的記載，遺傳學 (Genetics) 裏專研究生物的遺傳現象，進化論 (Evolution) 裏專研究生物的起源和演化。此外還有專門研究古代動植物化石的古生物學 (Palaeontology)，和研究生物分佈狀況及其原因的生物地理學 (Biogeography)。

把以上各分科中的重要材料，抽取出來，作成一種普通而有系統的科學，叫作普通生物學 (General Biology)，普通生物學是研究專門生物學的預備本，書就是一種普通生物學。

第二篇

細胞與原生質

第一章 細胞與原生質的發見

(一) 細胞的發見及命名

英人侯克 (Robert Hooke) 在 1665 年用自製的顯微鏡觀察軟木薄片，看見木片由許多蜂窩狀的小格合成，遂名這種小格爲細胞 (Cell)。後來意大利的馬爾皮基 (Malpighi) 及英國的古魯 (Grew) 都曾研究過細胞，但是沒有什麼特殊的供獻。1838—1839 年德國的動物學家施萬 (Schwann) 及植物學家施萊登 (Schleiden) 分別詳細研究動植物的細胞，後來發表細胞論 (Cell theory) 認爲一切生物都是由細胞組成的。

(二) 原生質的發見及命名

意大利人克爾蒂 (Corti) 在 1772 年觀察藻類

細胞,看見有流動的液體,但未注意.1835年段哲亭 (Dujardin) 在原生動物中發見有流動的液體稱之爲軟質 (Sarcode). 1840年普金基 (Purkinje) 在動物卵裏看見這種物質遂命名爲原生質 (Protoplasm) Protoplasm 由希臘字 Protos (原始) 及 Plasma (有形物質) 兩字合成,到現在仍然沿用. 1846年方莫 (Von Mohl) 在植物細胞中也曾發見原生質. 1861年邵滋 (Max Schulze) 發表論文,說動植物細胞都是由原生質組成的,原生質是細胞最主要的部分.

自從發見原生質後,細胞的意義和原來已經不同了,候克時代所認爲的細胞是細胞的輪廓,現在所認爲的細胞,主要的是他的內容物即原生質.

第二章 細胞

(一) 細胞的形狀及大小.

形狀 組成生物身體的細胞並不是完全一律的,他們的形狀有許多種,例如卵細胞呈球形,神經細胞爲星形,肝細胞爲多角形,紅血球扁圓如餅,白血球無定形,像變形虫,此外如大多數的精子像鱗蚪,有頭

有尾，運動自如，造成內臟的平滑肌細胞兩端尖細好似紡錘。

大小 細胞的形狀不同，體積大小相差也很大，最大的如駝鳥的卵細胞直徑在二寸以上，最小的像細菌必須在高倍顯鏡下才能看見。

(二) 細胞的構造 細胞雖然有形狀及大小的不同，但是主要構造大體一樣，現在把各種細胞的詳細構造，總括起來敘述在下面：

細胞壁 (Cell Wall) 細胞壁是細胞最外的一層，由纖維質組成，這細胞壁祇見於植物細胞，動物細胞沒有這一層。

質膜 (Plasma Membrane) 質膜由原生質造成，在植物細胞，位於細胞壁內方，在動物細胞就是最外的包膜，又可叫作細胞膜。

細胞核 (Nucleus) 細胞核普通是圓形，位於細胞的中央，但有的隨細胞的形狀而不同，每一細胞普通祇有一個核，但有的原生動物具有兩個或者許多核，人類和大多數哺乳動物的紅血球都沒有核，細胞核雖然很小，但是構造很複雜，每一個核都有一層核

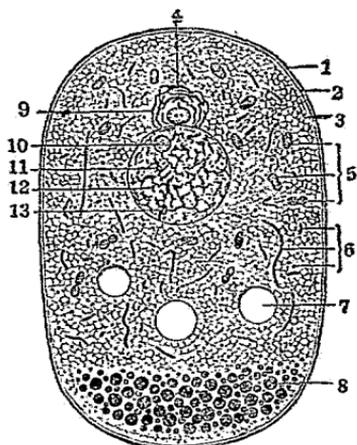
膜 (Nuclear Membrane), 在核膜的裏面有容易被鹽基性染料染成深色的染色質 (Chromatin), 染色質在核內有時分散成染色網 (Chromatin network), 有的凝集起來成一核仁 (Nucleolus), 此外還有不易着色的核絲 (Linin) 及核液 (Karyolymph)。

細胞質 (Cytoplasm) 細胞質是一種半透明的液體, 充滿在質膜和細胞核之間, 在細胞質裏有以下許多構造:

1. 中心體 (Centrosome) 動物及下等植物細胞都有一個或者兩個顆米粒狀體, 在細胞分裂時, 特別明顯, 叫做中心體。

2. 線粒體 (Chondriosome) 線粒體是散在細胞質中的線形及粒狀物

3. 質體 (Plastid) 質體成塊狀或粒狀, 多見於植物細胞中, 有特殊的生理作用, 例如綠色植物之綠



第一圖 模式細胞圖; 1. 細胞壁; 2. 質膜; 3. 細胞質; 4. 中心體; 5. 質體; 6. 線粒體; 7. 液胞; 8. 後含物; 9. 高爾基體; 10. 核仁; 11. 染色質; 12. 核液 13. 染色仁。

質體 (Chloroplast), 呈各種鮮麗顏色的色素體 (Chromoplast) 及不見日光的部分所含的白色體 (Leucoplast) 都是。

4. 高爾基體 (Golgi bodies) 高爾基體是細胞核附近的一種微細的網狀體, 爲意大利醫生高爾基氏所發見, 功用不明。

5. 液胞 (Vacuole) 液胞是含有稀薄細胞液 (Celi sap) 的一種泡, 漂浮在細胞質裏, 細胞液含有許多無機鹽及色質, 甜菜頭的紅紫色, 就是液胞裏面的色質, 液胞舊譯做空胞, 但實非中空, 所以譯爲液胞較爲妥當, 年老的植物細胞中液胞較爲明顯。

6. 後含物 (Metaplasmic bodies) 後含物是偶然或者暫時存於細胞中的物體, 多爲代謝作用的產品, 如脂肪, 澱粉及排洩物等。

(三) 細胞間質 (Intercellular substance) 細胞的構造已如前述, 但是有的, 細胞與細胞之間填充着另外一種東西即細胞間質, 細胞間質是細胞的分泌物, 例如脊椎動物的骨骼很堅硬, 這種堅硬不是由於造成骨骼的細胞, 而是由於細胞間的石灰質, 石灰質就

是骨細胞的細胞間質

第三章 原生質

1861年德國的動物學家邵滋發表論文說明一切細胞都由原生質組成，而且生命現象也都是發自原生質，從此以後生物學家都認識了原生質的重要，英國生物學家赫胥黎 (Huxley) 稱原生質是生命的物質基本，可算是最確切的定義。

(一) 原生質的化學成分。

化學元素 用化學的方法分析各種生物的原生質，差不多都含相同的化學元素，其中最重要的為氧 (Oxygen)，碳 (Carbon)，氫 (Hydrogen)，氮 (Nitrogen)，鈣 (Calcium)，磷 (Phosphorus)，鉀 (Potassium)，硫 (Sulphur)，鈉 (Sodium)，氯 (Chlorine)，鎂 (Magnesium) 十二種，除此之外有的動植物細胞中含有少量的碘 (Iodine)，氟 (Fluorine) 及矽 (Silicon)；有的下等動物細胞裏含有銅 (Copper)，錳 (Manganese)，鋅 (Zinc) 及溴 (Bromine) 現在把造成人體的各種元素的百分比寫在下面：

氧.....	65.00%	鉀.....	0.35%
碳.....	18.00%	硫.....	0.25%
氫.....	10.00%	鈉.....	0.15%
氮.....	3.00%	氯.....	0.15%
鈣.....	2.00%	鎂.....	0.05%
磷.....	1.00%	鐵.....	0.004%

由以上分析的結果看來,原生質並沒有含什麼特殊的元素,這些元素都是在無生物界很普通的,但是爲什麼這幾種元素合起來變成原生質就會發出生命現象這個問題一直到現在仍無人答覆,不過我們知道原生質是非常複雜的,不像無生物那樣簡單,至於如何發生生命現象,須待將來解決。

化合物 造成原生質的各種元素,不是獨立存在的,他們都組合成水,無機鹽,糖,脂肪,擬脂肪,生質精,和醇精等。

1. 水(Water) 生物體大部分爲水,人體中的水分佔到百分之七十,水在生物體內極關重要,各種生理變化差不多都要有水才能進行,例如食物的吸收,廢物的排洩,養料的運輸,無一不靠水來完成。

2. 無機鹽 (Inorganic Salt) 原生質裏的無機鹽類以鈉鹽, 鉀鹽, 鈣鹽, 鎂鹽, 碳酸鹽, 磷酸鹽, 硫酸鹽, 及鐵鹽為主, 其中如氯化鈉 (食鹽 NaCl) 是我人每日的必需品。

3. 醣 (Carbohydrate) 醣 (舊名為碳水化合物) 可分為三大類即①單糖 (Monosaccharide), 如葡萄糖 (Glucose), 果糖 (Fructose), ②雙糖 (Disaccharide), 如蔗糖 (Sucrose) 麥芽糖 (Maltose); ③多糖 (Polysaccharide) 如澱粉 (Starch), 和纖維素 (Cellulose)。

4. 脂肪 (Fat) 及擬脂肪 (Lipoid) 各種動植物油及脂油俗名板油都是脂肪, 擬脂肪與脂肪性質很相近, 例如卵黃精 (Lecithin), 膽汁精 (Cholesterol) 是造成細胞質膜的重要材料。

5. 生質精 (Protein) 生質精又叫作蛋白質, 種類很多, 最好的例子就是鳥卵中的蛋白, 此外如乳汁中的酪素 (Casein), 肌肉的肌素 (Myosin) 和血液中的血紅素 (Hemoglobin) 都是。

6. 酵精 (Enzyme) 原生質內有一種分量少而作用大的重要物質叫作酵精, 他的功用是促進生物

體內別的化學作用或生理變化，他本身就像化學中的觸媒 (Catalyzer)。酵精的種類很多，功用也不一樣等，在講消化作用時再詳細敘述。

關於醣、脂肪、生質精，的組成及功用在食物一章裏再詳述。

(二) 原生質的物理性狀

原生質是由以上所講的許多種化合物集合成的，一種混合物，這種混合物既不是固體又不像普通的液體，牠是一種膠體物 (Colloid)。膠體物種類很多，最普通的如乳汁和中國墨汁。乳汁是液體中混懸着許多油點的膠體物；墨汁是水中混懸着無數炭粒的膠體物。原生質非常複雜，是水中混懸着許多種化合物微粒的一種膠體物。原生質無色，透明，有黏性，吸水的力量很強，表面積很大。此外更有一種奇妙的運動，就是在高倍顯微鏡下觀察，可以見到原生質裏許多的小粒不斷的跳動。乳汁，墨汁也有這種現象，這種運動是英國植物學家卜郎 (Brown) 氏發見的，為的紀念他就稱作卜郎氏運動 (Brownian Movement)。

(三) 原生質的生理性

原生質的生理性差不多和以前所說的生物的特徵一樣，因為生物的身體是由原生質造成的，所以生物所能表現的，都是發源於原生質。這些生理性即代謝作用，生長，生殖，感應，和運動等。

(四) 原生質的顯微鏡觀

自從發見原生質後，許多生物學家都用顯微鏡去研究原生質的精細構造，因為他們所用的方法和觀察的材料不同，所以結果也不一樣，但不外以下四種主張：

網形論 (Reticular theory) 有的生物學家把細胞做成切片，染上顏色，然後在顯微鏡下觀察，看到許多纖維狀的線條成網狀排列，所以他們主張原生質的構造成網狀，這成網狀的部分就是原生質最重要的構造，倡網形論的有福樂曼 (Fromman)，克雷因 (Klein)，和加爾諾 (Carnoy)。

線形論 (Fibrillar theory) 佛爾頓 (Velton) 和福來明 (Flemming) 觀察植物的細胞，看見原生質中有許彎曲的線絲，但不成網狀，他們認為這些線絲就是原生質的重要部分，所以倡導線形論。

粒形論 (Granular theory) 做這種主張的為阿爾特曼 (Altmann)。他看到原生質裏有許多小粒分散在液體中，於是他認為粒形體就是原生質中最重要的結構。

泡沫論 (Alveolar theory) 據布起利 (Bütschli) 的觀察，認為原生質由許多微小的泡沫合成，這些泡沫就是原生質中的主要部分。

原生質的精細結構究竟是怎樣，據現在的研究，知道原生質的結構原無一定，原生質是一種生活的物質，有組成和分解作用，所以牠的結構不絕變化，有時成網狀，有時成粒狀，有時成線形或泡沫狀，以上四種論說都是根據片面觀察所得的結果，雖然都有相當的理由，但是都不完全。

第四章 細胞的生理

(一) 單細胞生物的觀察

細胞是造成生物身體的單位，有一些簡單的生物，他們的全體祇是一個細胞，所以要想知道細胞的生理，最好是研究那些單細胞生物的生活現象，因為

生活現象就是細胞生理動作的總和現在以複球藻和變形虫爲例：

複球藻 (Pleurococcus) 單細胞植物種類很多，分佈也極廣，複球藻的構造很簡單而且容易找到，所以就用牠做代表說明單細胞植物的生活。

(1) 習性，形態構造 複球藻生在石塊，樹木，牆垣，或花盆的潮濕面，看起來好像一層綠絨。

用顯微鏡觀察，複球藻是一個圓形的細胞，中央有一個細胞核，大部分的細胞質都特化成一種綠色的質體，細胞的外面包着一層，由纖維質造成的細胞壁。

(2) 生理 複球藻身體內有一個大形的綠質體 (Chloroplast)，綠質體內有葉綠素 (Chlorophyll) 葉綠素是綠色植物的重要部分，牠能利用日光把空中的二氧化碳和吸收的水造成醣。這自造的醣就是複球藻的食物。

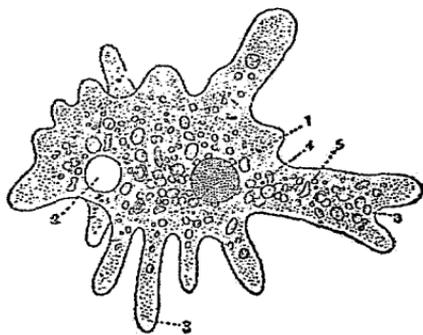
複球藻也和高等植物或者動物一樣，不斷的吸進氧氣，用以氧化食物，發生維持生命動作的能力，也不斷的把二氧化碳排出體外。

複球藻的生殖法非常簡單，每長到相當大的時候就分裂成兩個，以後繼續增大，再行分裂。

變形蟲 (Amoeba) 變形蟲在單細胞動物中是最簡單的種類，也是研究動物生活現象最適宜的材料，牠們的形體雖然很小，但是主要的生命現象，都可以很容易的看出來。

(1) 習性 變形蟲生活在池塘或是水溝的污泥裏。

(2) 形態及構造 用顯微鏡把變形蟲放大幾百倍後，可以看出牠是一塊含有許多顆粒的粘質，形狀無定，時時改變，所以稱他為變形蟲。牠的全體是一個細胞，原生質可以分成細胞核和細胞質兩部，細胞核圓形，在細胞的



第二圖 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。(p. H. gner)

中間細胞質可分為內外兩部。外部薄而透明叫作外質 (Ectoplasm)，內部不如外部透明叫作內質 (Endoplasm)，內質裏含有一個不斷伸大或縮小的伸縮胞 (Contracting Vacuole) 和幾個食物胞 (Food Vacuole)。

(3) 運動 變形蟲沒有特殊的運動器官，牠的運動完全籍着假足 (Pseudopodium)。假足是身體突出的一部，當外質向一方突出時，內質也隨着向那個方向流去，這樣就形成一個假足，以後全體也就向那個方向移動。假足不斷的新生，又不斷的消失，變形蟲就這樣繼續的移動。

(4) 進食 變形蟲的食物是一些比牠形體小的動植物。牠遇到食物，身體就伸出兩條假足向着食物取包圍的形式，漸漸的兩假足在食物的周圍相遇，以後就連合起來，把食物包在內質裏，連包進去的一點水，合成一個食物胞。

(5) 消化、分泌和吸收 形成食物胞以後，就有一些消化液和酵精由原生質分泌到食物胞裏，把食物分解成簡單的東西，再擴散到原生質裏去，這消化了的食物就用以供給變形蟲生活所需的能力和生

長的原料那些不能消化的部分就遺棄到身體的外面。

(6) 呼吸和排洩 變形蟲在生活時,也好像複球藻那樣,不斷的吸進外圍的氧氣,去氧化食物而得取能力,同時又不不斷的放出無用的二氧化碳,至於那些由身體造出的廢物如尿酸 (Uric acid), 尿素 (Urea) 就由細胞的表面或藉伸縮胞的力量排出體外。

(7) 生長和生殖 變形蟲的身體長到相當的限度,就不能再繼續生長,到這時候就把全體分為兩個較小的細胞,不久這兩個小細胞長大,又行分裂。

(8) 行爲 各種動作的總和叫作行爲,變形蟲雖然是最簡單的動物,但是牠也有很複雜的動作。關於牠的運動方法,已經說過,現在祇是把牠對外界刺激所起的反應,簡述一遍,變形蟲對各種刺激都能起反應,遇到食物就過去包圍,遇到強光,熱或化學的刺激就逃避,如在牠的環境裏通以電流,就向陰極游去。

(二) 細胞的生理性

由以上所講的兩種單細胞生物的生活現象,我們大體已經明瞭細胞的生理,如若再參照其他單細

胞生物的生活現象,我們就可以把細胞的生理特性歸納成以下幾點:

代謝作用 (Metabolism) 生物體內理化作用的總和叫作代謝作用,包括生活物質的組成持續,和分解。

消化作用 (Digestion) 用化學方法把食物改變成簡單而能穿過細胞質膜的作用叫消化作用。

吸收作用 (Absorption) 消化的食物或其他液體經細胞質膜進入細胞的作用叫吸收作用。

分泌作用 (Secretion) 由腺細胞造出有用的液體如消化液而送出細胞外的作用叫分泌作用。

呼吸作用 (Respiration) 細胞與外界氣體的交換即氧氣的吸進和二氧化碳的排出叫呼吸作用。

排泄作用 (Excretion) 把代謝作用所產的廢物如尿酸,尿素,排出叫排泄作用,食物中那些不能被消化的部分不是代謝作用所產的廢物,牠們的排出叫作排遺 (Egestion)。

激感與反應 (Irritability and Response) 細胞被外界刺激引起的內部感覺叫激感,因此所發生的

動作叫反應。

運動 (Movement) 整個的細胞或細胞內的原生質,往往因為外界的刺激,或內部的原因發生運動。運動的方式可分為以下四種:

(1) 變形運動 (Amoeboid movement) 變形運動是最原始的一種運動。當原生質在細胞裏流動的時候,細胞的形狀也隨着改變,變形蟲的運動就是這樣,所以叫作變形運動。高等動物的白血球也能這樣運動。

(2) 川流運動 (Streaming Movement) 川流運動祇是原生質在細胞內循着一定方向流動,細胞的外形並不改變,如用顯微鏡去觀察黑藻 (Hydrilla) 的葉片或紫鴨跖草的 (Tradescantia) 花絲毛,就能看到這種運動。

(3) 纖毛運動 (Ciliary Movement) 有的細胞外面生着許多的纖毛,這些纖毛都能擺動蛙的食道壁和高等動物氣管壁的細胞都生有這樣的纖毛。

(4) 收縮運動 (Contracting Movement) 有的細胞,內部生有許多富於收縮性的纖維,牠們的收縮

能把細胞由長變短,這樣的運動叫作收縮運動,高等動物的肌肉,都是這種細胞組成的,高等動物的運動就是肌肉細胞收縮的結果。

細胞的生理性,除了上面所講的幾點以外,還有生長和生殖,細胞的生殖就是分裂,留在第五章再講

第五章 細胞分裂 (Cell Division)

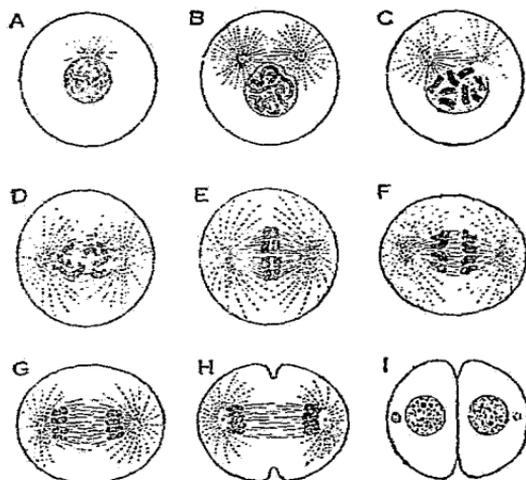
造成生物體的細胞都是由舊有的細胞分生出來的,細胞的細胞核也是由以前的細胞核分裂出來的,細胞的分裂法可分為兩種:一為直接分裂,一為間接分裂。

(一) 直接分裂 (Direct division) 直接分裂又叫無線分裂 (Amitosis) 是分裂中較簡單的一種,許多單細胞生物和有的高等生物的細胞都用這種分裂法,直接分裂的順序是細胞核和細胞體漸漸變長,然後中央部向裏面凹進去,最後在凹進的部分離開,就成了兩個細胞。

(二) 間接分裂 (Indirect division) 間接分裂又叫有線分裂 (Mitosis), 因為在分裂的時候,有許多

線形的物體出現。這是高等動植物細胞最普遍的分裂法，分裂的經過可分為四個時期，就是前期，中期，後期和末期。

前期 (Prophase) 分裂開始的時候，細胞核中成



網狀的染體凝結成一些細線，中心體漸漸分成兩個，每個中心體周圍現出放射狀的星絲 (Astral ray)，後來細線變成顏色深的粗線，兩個中心體分離漸遠，中間的星絲連結起來成一個

第三圖 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，兩隣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，分裂成兩個子細胞。(仿 Woodruff)

紡錘形的紡錘絲 (Spindle fiber), 這時核膜和核仁都逐漸消失, 到後來那些粗線變成數目一定的染色體 (Chromosomes) (各種生物的細胞所含的染色體數不同, 但是同種生物的染色體數都一樣) 以後中心體分離更遠, 達到細胞的兩端, 末後染色體在細胞的中央與紡錘絲成直角排列成一個平面叫赤道板 (Equatorial plate)。

中期 (Metaphase) 排成赤道板的染色體, 每一個都縱裂為二, 將來平均分配到兩個新細胞。

後期 (Anaphase) 中期以後染色體就分作兩隊, 向着細胞的兩極移動, 末後聚集在中心體的附近。

末期 (Telophase) 細胞到了末期就漸漸變長, 中央部分向內凹進, 以後在凹進的地方生出新細胞膜, 末後每隊染色體變成一個和原來一樣的細胞核; 核膜, 核仁又重新生出, 中心體周圍的星絲逐漸消失, 經過這樣的變化以後一個細胞就分裂成了兩個細胞。

以上所講的間接分裂是根據動物細胞分裂的情形敘述的, 至於植物細胞的間接分裂, 雖然大體和

動物的相仿,但也有幾點差異第一,植物細胞的間接分裂經過中不見有中心體;第二,在分裂的末期植物細胞體不變長,中央部也不凹進,大部分的紡錘絲集在細胞的中央,形成一個細胞板(Cell plate),這樣把原來的細胞就分成了兩個,以後細胞板分裂為二,每半變成新細胞的質膜,後來再分泌纖維質就成了細胞壁。

第三篇

單細胞生物

自從顯微鏡發明以後，許多科學家都利用牠去觀察各種微細的物體，生物學家在淡水、海水，以及動植物的身體上發見了許多微小的生物，這些都是我們從前未曾看見過的，無形中在我們所知的世界以外又添了一個微生物世界。

單細胞生物種類很多，以前所講的變形蟲、複球藻就是單細胞生物，現在再把單細胞生物中那些與人生有關係的，或者是構造、生活上有特殊耐人尋味的種類提出來講一講。

第一章 鼓藻與矽藻

(一) 鼓藻 (Desmids) 鼓藻的種類很多，其中有一種叫新月藻 (Closterium) 是常常看到的，現在就

以新月藻來做鼓藻的代表。

習性,形態和構 新月藻生活在淡水池塘裏,形狀好像一個彎月,所以叫新月藻。細胞壁是由纖維質造成的,細胞裏面的細胞質分成兩個相等的部分,連接兩部的中央特別窄小,在這窄小的部分有一個圓形的細胞核細胞質的兩部各有一個綠質體細胞的兩端各有一個含硫酸鈣結晶體的液胞,在顯微鏡下看起來,這些結晶體時常作卜郎運動。

生理 細胞裏面的綠質體有葉綠素,能把水和二氧化碳造成醣,用作自己的食物如果造的超於所需,就把剩餘的變成澱粉粒貯起來,細胞內有一種叫作澱粉核 (Pyrenoid) 的小顆粒,就是造成澱粉粒的中心。

生殖 生殖的方法有兩種;一種是分裂,一種是接合。

(1) 分裂 分裂法是由細胞質窄小的部分把細胞平分爲二,以後每一半再漸漸把失去的一半生出,恢復成原來的形狀。

(2) 接合 (Conjugation) 接合法的最初是兩

個細胞靠在一起，以後細胞壁破裂，兩細胞的原生質，混爲一團，後來這一團原生質的外面生出一個很厚的胞壁。這樣形成的一個原生質團叫合孢子 (Zygospore)。合孢子經過相當的休息期以後，遇到環境適宜時，包壁破裂，原生質出來變成兩個新個體。

(二) 矽藻 (Diatoms) 矽藻的種類也很多，有的生在淡水，有的生在海水。這類單細胞植物的特點是細胞壁裏含有許多矽質，所以死後細胞壁不致腐爛，沉積在水底往往成很厚的地層。

形態和構造 矽藻的形態因種類而不同，有棒狀的，楔形的，和盤狀的，其中最常見的一類是舟狀，叫舟狀藻 (Navicula)。矽藻的細胞壁分爲兩半，一半較大，一半較小，大的一半把小的一半套起，好像肥皂盒的底和蓋。細胞壁上有許多微細的橫紋，排列非常整齊，細胞裏面的細胞質多分佈在四周，細胞核圓形，在細胞的中央，此外又有兩個大形的或者許多小個的黃褐色質體，和一種金黃色的矽藻素 (Diatomin)。

生殖 矽藻的普通生殖法是分裂，分裂的最初是把細胞壁的兩半分開，原生質也分爲兩部，各佔

在一半細胞壁內，後來每一半又漸漸生出另外的一半，於是各變成一個新個體。這樣形成的兩個新個體，其中有一個與原來的一個大小相等，另一個就較原來的小些，因為細胞壁含有硅質，不能繼續增長，而新生的一半又被舊有的一半套住，所以較小的一半形成的新個體就比原來的小了。這樣不斷的分裂，他的後代就要越來越小了，後來到了一個最小的限度，不能再小的時候，就用另一種方法生殖，這種方法叫滋長孢子生成 (Auxospore formation)。滋長孢子生成有幾種不同的情形，其中最簡單的就是原生質脫離出細胞壁，形成一個沒有細胞壁的細胞叫滋長孢子，這個孢子能漸漸長到最大的體形，再生出細胞壁，形成一個大形的硅藻。

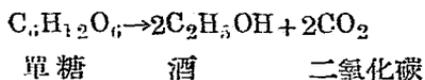
第二章 酵 菌

習性、形態和構造 酵菌 (Yeast) 是一種單細胞植物，果汁是牠生活最好的環境。果汁裏如果有了酵菌就發生一種變化叫作發酵 (Fermentation)，發酵以後，果汁就變成一種含有酒味的混濁液體。我們日

常蒸饅頭用的麵肥也有酵母菌。蒸饅頭就是利用發酵的道理。

酵母菌的身體有橢圓和圓形兩種。細胞壁由纖維質造成，裏面有細胞質、細胞核和液泡。細胞核在染色之後才能看的清楚，在生活時很不易看到。

生理 酵母菌雖然是植物，但是細胞裏沒有葉綠素不能自行製造食物，又不能像變形蟲那樣去攝取固體食物，他的食物是溶化在水中的糖，和別種有機物。酵母菌能分泌酒精把水中的蔗糖或麥芽糖分解成單糖再吸進細胞裏作為養料。此外酵母菌又能把單糖變成酒和二氧化碳，這種變化可用下列的化學公式表明：



單糖變成酒和二氧化碳的時候，放出一種能力，酵母菌就利用這種能力來維持生活。酒與二氧化碳是酵母菌產出的廢物，產出以後就排洩到周圍的水中去。

法國的生物學家巴斯德 (Pasteur) 是研究發酵作用最著名的，他曾用幾種化合物配成一種溶液，酵

菌生活在這種溶液裏，可以照常生活，滋長和生殖。後人爲了紀念他，就把這種溶液叫作巴斯德溶液 (Pasteur Solution)。這種溶液的成分如下：

水	H_2O	83.76%
甘蔗糖	$C_{12}H_{22}O_{11}$	15.00%
酒石酸銹	$(NH_4)_2C_4H_4O_6$	1.00%
磷酸鉀	K_3PO_4	0.20%
磷酸鈣	$Ca_3(PO_4)_2$	0.02%
硫酸鎂	$MgSO_4$	0.02%

上列的表中除水之外，最多的是甘蔗糖。由此可以看出酵母菌的主要食物是溶在水中的糖。溶液中的酒石酸銹也是不可缺少的，其中的氮素是酵母菌用以造成原生質中蛋白質的主要原料。

生殖 酵母菌的生殖法有兩種，一是出芽，一是孢子生成。

(1) 出芽 (Budding) 在環境適宜的時候，酵母菌的細胞就突出一部，好像一個小形的酵母菌叫作芽體 (Bud)。後來芽體漸漸長大就與母體分離，成了一個新的酵母菌。有時因出芽太快，芽體尚未與母體分離，在

芽體上就又出生新芽體，這樣接二連三，形成一個羣體，好似多年的仙人掌。

(2) 孢子生成 (Spore formation) 酵母菌如遇到不好的環境，如天氣乾燥，溫度太低，就把原生質在細胞壁裏面分成四個細胞，這樣分成的細胞叫作孢子。孢子能抵抗不良的環境，彷彿植物的種子。等傳播在適宜的環境裏，細胞壁破裂放出四個孢子，每一個就變成一個酵母菌。

酵母菌與人生的關係 在發酵的時候，酵母菌產生兩種廢物，酒和二氧化碳。這兩種東西雖然是酵母菌的廢物，但對於人很有用，我們日常所用的酒就是利用酵母菌釀造出來的。蒸饅頭所用的麵肥含有許多酵母菌，這些酵母菌所排出的二氧化碳，變成饅頭裏面的氣泡，氣泡遇到蒸籠的高溫就漸漸膨大起來，所以蒸熟的饅頭就有了許多空洞。

第三章 細菌

細菌 (Bacteria) 是最微小的生物，但是分佈最廣，無論是空中、地下或者是動植物的身體上都有牠

們的踪跡，荷蘭醫士劉文候克 (Leeuwenhoek) 在 1675 年用自製的顯微鏡觀察牙垢，發見了細菌。

種類、形態和構造 細菌的形體最小，平均祇有千分之一吋長，有的還不到五萬分之一吋，還有的用最高倍顯微鏡都不能看見。細菌的種類按形狀來分有三大類：一類叫球形菌 (Coccus)，是圓形的；一類叫棒形菌 (Bacillus) 是棒形的；一類叫螺旋形菌 (Spiillum) 是螺旋狀的。細菌普通是獨立的單細胞，但是球形菌或棒形菌常常成一行或一團的羣體。

細菌的形體因為太小，所以牠的微細構造必須在染色之後用高倍顯微鏡才能看的清楚。這樣觀察可以看出細菌有細胞壁、細胞質和細胞核，細菌的細胞核祇是一些分散的染色質，並不是普通的圓形。

細菌的身體外面，有的生着能擺動的鞭毛或纖毛，細菌的普通運動是擺動，但是也能利用這種鞭毛或者纖毛移動身體。

生殖 細菌的普通生殖法是分裂，在環境良好時，每十五分鐘就可分裂一次。在環境不良時，原生質在細胞壁裏就形成一個孢子，外面生出一層厚膜，這

樣可以抵抗各種惡劣的氣候或者酸類,等到適宜環境來臨,厚膜破裂,放出原生質變成一個細菌。各種傳染疾病的細菌大多數都不能做成孢子,這可算是人的不幸中之大幸。

細菌的生活 有的細菌可以生活在無氧的地方,這類細菌叫作離氣菌 (Anaerobes); 有的種類和普通動植物一樣必須生活有氧的地方,這類細菌叫作需氣菌 (Aerobes)。他們的生活方法可分為寄生,腐寄生和自造食物三種:

(1) 自造食物的細菌 (Autotrophic bacteria)

細菌都沒有葉綠素但是有的種類含有一種紫色素,和葉綠素的功用相同,能用日光的能力製造食物,還有種類用另一種方法叫化合作用 (Chemosynthesis) 這類細菌都不用日光的能力去造食物,牠們能把環境中的化合物氧化,從其中得取能力,用以維持生活或製造食物,如鐵細菌 (Iron bacteria) 之氧化碳酸亞鐵為氫氧化鐵,硫細菌 (Sulphur bacteria) 之氧化硫化氫為硫酸和氮化細菌 (Nitrifying bacteria) 之氧化亞硝酸。

(2) 腐寄生細菌 (Saprophytic bacteria) 這類細菌的食料是已死的動植物或者動植物的有機產物。牠們把那些屍體或有機產物,分解成簡單的無機物而吸收,同時把分解變化所生的能力用來維持生活。動植物死後或有機物之腐爛,完全是由於這類細菌的侵入和分解。

(3) 寄生細菌 (Parasitic bacteria) 這類細菌俗稱病菌 (Pathogenic bacteria) 是許多疾病的製造者如肺病,白喉,傷寒,霍亂等都是由這類細菌引起的,病菌的爲害方法不同,有的祇是破壞某部的體素如肺癆菌,這樣爲害較慢;有的放出毒素 (Toxin),使病者受毒,這樣爲害很烈,易於死亡,像那些急性傳染病都是如此。寄生細菌都是取食於生活的生物身體,雖然有許多可以致病,但是也有的種類在我們消化管中生活,並無什麼害處。

細菌在自然界的重要 地球上自從有生物以來不知已經多少萬年,在這樣很長的時間中爲何生物所賴以生活的各種化學元素,總是用之不盡,取之不竭呢?這種奧妙,應該完全歸功於細菌。有的細菌雖

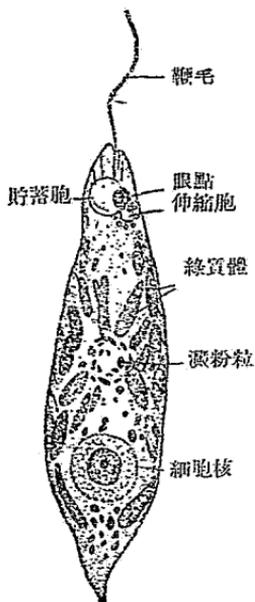
然使人類或其他生物患病,但是有些種類能助自然界各重要元素的循環。化學元素對生物最重要的就是碳素和氮素。綠色植物製造食物所用的碳素都是從二氧化碳得來,動物的食物直接或間接取自植物,這樣看來動物體中的碳素也是從二氧化碳得來。動植物雖然在呼吸時把一部分的碳素以二氧化碳的形式排出,歸還給自然,但究竟是由自然界取的多,還的少,因為大部分的碳素是用作造成身體的材料了。例如一棵樹,乾燥以後,全體重量的二分之一都是碳素,這些都是未曾還給自然界的。假如動植繼續不斷的這樣取的多還的少,自然界的碳素總有缺乏的一天,到那時恐怕動植物都要滅亡了。但是事實證明不會如此。因為當一個動物或者植物死亡以後,不久就會由於細菌的破壞而腐爛。腐爛的結果是許多複雜的化合物被分解成簡單的化合物,例如糖和脂肪被分解成二氧化碳和水,生質精變成二氧化碳,水和鹽。一個生物體的碳素當死亡之後就這樣又完全還給自然了。

氮素是造成生質精的主要元素,生質精是原生

質的主要成分。植物所用的氮素是從硝酸鹽 (Nitrate) 中得來。有類細菌叫固定氮素細菌 (N-fixing bacteria), 能把空中的游離氮素變成硝酸鹽。植物由根吸收硝酸鹽造成生質精, 動物的生質精直接或間接從植物攝取。當動植物死亡後, 身體中的生質精被細菌分解, 變成二氧化碳, 水和銨 (ammonia), 後來銨的一部經分離氮素細菌 (Denitrifying bacteria) 的作用把其中的氮素放到空中, 另外一部經亞硝酸鹽菌 (Nitrite bacteria) 和硝酸鹽菌 (Nitrate bacteria) 的作用又變為硝酸鹽, 這樣硝酸鹽中的氮素又被植物所吸收。如是循環不息, 永無窮盡。由以上所講的看來, 生物所賴以生活的各種元素, 如碳和氮是永無缺乏的危險了。

細菌對於人生也很有用, 豆科植物的根部往往生長一種瘤狀物叫作根瘤, 根瘤中生活一種固定氮素細菌能把空中的氮變成於植物有用的氮化物, 豆科植物所結的種子所以富有生質精, 就是因為這個原故。此外我們日常用的醋也是靠細菌的作用造成的。

第四章 眼 蟲

習性,形態和構造

第 四 圖 眼 蟲

眼蟲(Euglena)是生活在淡水池塘裡的一類單細胞生物,顏色是綠的,體形細長,前端較粗,後端尖細,好像一根雪茄煙。體外被有一層富彈性的角膜(Cuticle),角膜上有斜行的橫紋。細胞質可分為外質和內質。在身體中央的稍後方有一個橢圓的細胞核。身體的前端有一個漏斗形的口,口的下方是食道,食道的下方接連着一個圓形的貯蓄胞(Reservoir),貯蓄胞的周圍有幾個伸縮胞。

在貯蓄胞的附近有一個紅色的小點叫作眼點(Stigma),是由含紅色素的一些小顆粒組成的。眼點感光很靈敏,生物學家把他看作原始的視覺器官。

眼蟲的細胞質中分散着一些含有葉綠素的質

體，所以身體的顏色是綠的，有的書上稱眼蟲為綠蟲就是因為這個原故。此外還有一些澱粉粒也分散在細胞質中。身體前端有一條鞭毛 (Flagellum)，能夠擺動曳身向前。

生理 眼蟲雖然生有口和食道，但是並不能吞食固體食物，他的食物好像高等植物一樣，是利用葉綠素自己製造的。眼蟲在有光的地方能製造食物，但是也能在無光的地方生活月餘，這樣看來大概在無光時，眼蟲能由身體表面去吸收溶於水中的有機物質作為食物，因此有的生物學家把眼蟲看為一種植物，因為他有葉綠素，有的認為是一種動物，不過後來變成了植物式的生活罷了。

眼蟲的廢物由伸縮胞收起來，注入到貯蓄胞，後來經食道和口排出體外，這樣看來眼蟲的口和食道非單不是食物的入口，反而是廢物的出口了。

生殖 眼蟲的普通生殖法是分裂，先是細胞核分為二，然後全體由前到後縱裂為兩半，其中的一半保有原來的一條鞭毛，另外的一半再生出一條，在環境不好的時候眼蟲就縮為一團，體外分泌出一種膠

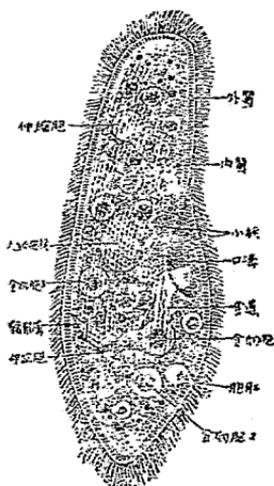
狀物，凝固成很厚的一個胞殼，眼蟲在胞殼裏分裂一次或者兩次變成兩個或者四個眼蟲，但是有的生物學家記載一個胞殼裏，可以有三十二眼蟲，等到環境適宜這些眼蟲就破殼而出，又回到水中。

運動 眼蟲能把身體縮短變粗，但又能恢復到原形，這可以證明牠是有彈性的，牠的普通運動法是擺動鞭毛，把身體拉向前去，在一個很好的標本可以看的很清楚，假如不容易看清，可在蓋玻璃下加少許的碘液。

第五章 草履蟲

習性、形態和構造 草履蟲 (Paramecium) 生活在淡水池塘，溪流，或者有枯草的水中，形狀很像一隻草鞋，身體比較大，不用顯微鏡可以看見，用顯微鏡放大看起來，身體外面有一個由前端斜向後端的口溝 (Oral groove)，口溝的末端是牠的口，口的下方接連着一個通到身體內部的食道 (gullet)。有口溝的一方是腹面，與口溝相對的一方是背面，細圓的一端是前，粗而頂尖的一端是後，草履蟲的全體表面都生着

微細的纖毛(Cilia)。細胞質可分為內質和外質兩部，外質的外面有一層富彈性的外膜(Pellice)。在外質裏有許多排列整齊的小囊叫



第五圖 草履蟲

刺絲胞(Trichocystes)，如被刺激胞內可以放出很長的刺絲，身體的兩端各有一個很大的伸縮胞，每個伸縮胞的周圍通着六條到十條的輻射溝(Radiating Canal)，這些輻射溝也能伸縮。細胞核有兩種，一種較

大叫大細胞核(Macronucleus)，一種較小叫小細胞核(Micronucleus)，大細胞核祇一個，小細胞核有的種類祇一個，有的有兩個。此外還可看到許多大小不同的食物胞(Food Vacuole)分散在身體的背面。

生理 草履蟲的食物是微小的單細胞生物，牠不斷的運動，如遇適宜的食物，就借着口溝裏纖毛的動，送進口溝，以後經過口和食道到身體的內部，形成一個食物胞，食物胞形成以後就隨着內質的流動

而移動，移動的方向是由食道向身體的後端，由後端沿背部向前端，末後再由前端沿腹部向後端，食物胞在這樣移動的時候，其中有用的食物就漸漸被消化和吸收了。那些不能消化的渣滓就由一個臨時的開孔排出體外，這個開孔往往是在腹面，口的稍後方，有人稱之為肛門點 (Anal Spot)。

草履蟲的兩個伸縮胞，一個在身體的前端，一個在後端，通到伸縮胞的輻射溝不斷的收集身體裏面的廢物，收集之後就送到伸縮胞，等到裏面的廢物太多了，伸縮胞就收縮一次，把廢物排洩到體外。兩個伸縮胞並不同時收縮，而是輪流的，差不多每隔十幾秒鐘就收縮一次。

運動 草履蟲體外的纖毛是專司運動的，纖毛擺動的方向是向後，所以身體就可向前移動，好像划船一樣，但有時也可向前擺動，結果是身體向後退。草履蟲的前進並不是一條直線，牠運動時身體總是一方面旋轉，一方面前進，旋轉的原因是由於口溝的纖毛擺動的特別快，身體總是歪在一方，結果前進和旋轉兩種力量就使因此牠的路線成了一個螺旋形。

生殖 草履蟲平常行分裂生殖,但有時有接合或者細胞核改組的現象。

(1) 二均分裂 (Binary fission) 草履蟲的二均分裂是把全體橫裂為兩個相等的部分,後來每一半變成一個新個體。分裂的開始是小細胞核先分為二,後來大細胞核也分裂為兩個,分裂後的細胞核,漸漸分離移到身體的兩端,食道先是生出一芽,後來這分出的一芽就變成一個新食道,以後彼此分離,原來的食道移到身體前部,新生的一個移至身體的後部。伸縮胞不分裂,但是在身體的前端和中部的稍後方各生出一新伸縮胞。當以上這些變化進行時,身體中部就漸漸凹入,愈凹愈深,最後把全體橫裂為前後相等的兩半,這相等的兩半以後分離,各成爲一個獨立生活的新個體。分裂的時間由開始到終了大概要經兩點鐘。

(3) 接合 (Conjugation) 草履蟲分裂許多次以後就要有一次接合。各種草履蟲都有接合,接合的步驟大同小異,現在講一種含有兩個小細胞核的草履蟲 (*Paramecium aurelia*) 的接合法。接合時兩草履

蟲腹面相對，以後在接觸的部分發生原生質的連貫，細胞核經過許多複雜的變化。先是兩個小細胞核分裂一次而成四個，四個小核再各分裂一次而成八個，八個之中後來有七個消滅了，所餘的一個又分裂為二，其中一個較小，一個較大。較小的一個可視為雄核，較大的可視為雌核。兩草履蟲彼此交換較小的雄核而與自身的雌核合併。雌雄細胞核的合併叫作受精 (Fertilization)。原來的大細胞核在接合後不久即行消滅，可知牠在接合現象中並無重要的使命。

交換細胞核以後接合的草履蟲就分離，分離後不久合併的細胞核就分裂為二，二又分為四，四個之中有兩個長成大細胞核，其餘兩個又各分裂一次而成四個小細胞核，這時全體橫分為兩半，每半含有一大核兩小核，恢復了原來的狀態。

行爲 草履蟲對外界的刺激都能作合適的反應。在前進的時候如遇到有害的刺激或障礙物，就立刻後退，後退到一個相當的距離，然後旋轉身體改變方向，再向前進，如仍未脫出刺激的範圍或障礙物，就又後退，改變方向前進，這樣反復數次，直到不再遇到

障礙時再繼續前進。這種嘗試成功的方法在人類方面也是很重要的。

草履蟲所喜好的溫度，是由 24° 到 28°C ，假如放到較冷或較熱的地方他就逃避在牠的環境裏如通以弱電流，不久就都聚在陰極。在水中游泳時，逆着水流的方向前進，普通纖毛擺動的方向是向後，假如順水游泳恐怕就不能前進了。

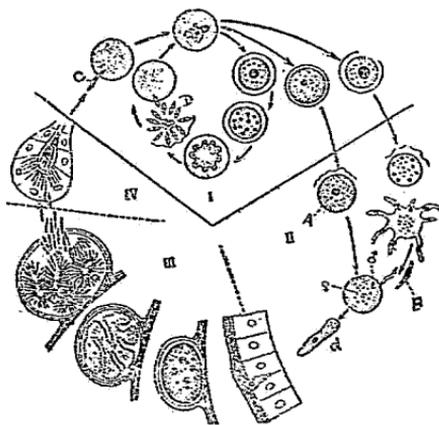
第六章 瘧疾蟲

瘧疾蟲是使人類害瘧疾病的一類單細胞動物。1880年法國的軍醫拉弗爾安 (Laveran) 在患瘧疾人的血液中初次發見。瘧疾蟲可以經一種斑蚊 (Anopheles) 的媒介而傳染。這種傳病的斑蚊很容易與普通蚊子分別，普通蚊子在休息時，身體是平的，斑蚊休息時頭部低下，尾部高舉，傳染病的斑蚊是雌蟲，雄蟲不能傳染。

瘧疾蟲有三種：一種使人每二十四小時發一次冷熱，一種每四十八小時使人發一次冷熱；一種每七十二小時使人發一次冷熱。

瘧疾蟲的生活可分為兩個時期，一個時期在人體，一個時期在斑蚊的身體裏。

在人體中的生活 瘧疾蟲在人體中寄生在紅血球裏，形狀很像一個變形蟲，長大之後分裂成十數個粒形的孢子，當紅血球破裂時，這些孢子都散出來，後來每個孢子又穿進一個沒有被傷害的紅血球長大之後又行分裂，這個時期是牠的無性生殖時期，每當孢子由破裂的紅血球出來和鑽進新紅血球之後，病人就發一次寒熱。



第六圖 瘧、虫生活史

- | | | |
|-------------|------------|-------|
| I. 在人體血液中 | II. 在蚊的胃內 | |
| III. 在蚊的胃壁內 | IV. 在蚊的唾腺內 | |
| A. 卵 | B. 精虫 | C. 種虫 |
| D. 瘧虫 | d. 接合子 | |

在蚊體中的生活 瘧疾蟲在人體裏經過許多次無性生殖之後，就生出雌雄兩種個體，這時雌斑蚊如來吸食病人的血，瘧疾蟲的雌雄兩種個體就被吸

入。等到進入斑蚊的胃裏，雌者變成一個圓形的大配子 (Macrogamete) 或叫作卵，雄者生出七八個小配子 (Microgamete) 或叫作精子。後來大小兩個配子合併成一個細胞叫作合子 (Zygote)。合子漸漸變成可以運動的一個長形體，而鑽入斑蚊的胃壁，在胃壁裏變成圓形，長的很大，外面生出一層很厚的胞殼。六七天後殼內的原生質分裂多次變成幾百個紡錘狀的孢子，這些孢子後來破胃壁出來，鑽入蚊唾液腺 (salivary gland) 裏。斑蚊吸入血液的時候，在咬破的傷口裏先吐入一些唾液，這種唾液可以防止血液的凝固。當唾液流進傷口時，有些瘧疾蟲的孢子就乘機而入了。後來每個孢子攻進一個紅血球，不久就變成一個變形蟲狀的瘧疾蟲。

第七章 動植物之間的生物

動植物的難分 一般人以為動植物很容易分別，其實他們所指的都是高等動植物，假如明白了下等動植物的生活，構造後我們就很難分清他們界限，普通認為動物能運動，植物是營固定生活的，但是動

物界的海綿、珊瑚都不能運動，植物界的硅藻、細菌反而能游泳自如。有人說植物細胞有纖維質組成的細胞壁，動物沒有這層細胞壁，但是動物中的海鞘，身體外面的套純是由纖維質造成；普通的動物不能自造食物，他們的食物直接或者間接取自植物體，植物有葉綠素能自造食物，但是許多寄生植物和菌類不能製造食物，有些食蟲植物反而以動物為食。

自從顯微鏡發明之後，單細胞生物的發見日有增加，這類的研究也日有進步，同時動植物的界限，也就越不易分清。現在不單不能列舉出動植物的區別點，有些單細胞生物一直到如今生物學家們還沒有決定他們究竟是動物還是植物。這其中至顯著的有眼蟲，和蕈菌。

眼蟲 眼蟲身體裏有綠葉素能自製食物，好像植物，但是有鞭毛能運動，身體又能縮短或者伸長。是動物。因為牠兼有動植物兩方的性格，所以植物學家就把眼蟲和第八章的幾種藻歸為一類叫鞭毛藻 (Flagellata) 動物學家認為牠們有鞭毛能運動，應該屬於動物，於是把牠們列為鞭毛蟲類 (Mastigophora)。其

實我們應該看作是一類尙未進化到動物界或者植物界中的單細胞生物。

蕈菌 (Myxomycetes) 蕈菌也是一類兼有動植物界兩方性格的單細胞生物,植物學家認為是蕈菌類,動物學家認為是菌蟲類 (Mycetozoa)。

蕈菌的生活史很複雜,牠們有兩種生殖法:一種是分裂,一種是孢子生成成熟的孢子落在適宜的地方,孢殼破裂其中的原生質流出,好像一個變形蟲不久生出一條鞭毛,以後鞭毛又歸消失這塊變形蟲狀的原生質能運動,構造和變形蟲相似,也能伸出假足攝取食物。

在這個變形蟲時期,用分裂的方法蕃殖,分裂許多次後,成爲一些同形的個體,後來這些變形蟲狀的個體都連在一起,漸漸的界限不分,變成很大的一塊原生質叫作原生體 (Plasmodium),其中的細胞核單獨存在,並不混合。這個原生體在陰濕的地方渡着和變形蟲一樣的生活。

原生體時期的生殖方法是孢子生成,到了生殖時期,就由陰濕的地方爬到有光的地方,附着在腐爛

的木塊或草葉上，不久就停止了運動，整個的原生體就變成一個有柄的孢子囊，或者分為數部，每一部變成一個孢子囊，孢子囊裏有網狀物體，在網孔滿生着孢子，每個孢子的外面都有一層由纖維質組成的細胞壁，孢子成熟後由囊中出來，隨風飛散，遇到適宜的環境，胞壁破裂，放出原生質，又變成一個變形蟲狀的個體。

蕈菌在變形蟲狀時期，一切的生活和構造都像動物，但是到了孢子生成的時期，生活和構造却又完全像植物了。

原始的生物大概都是兼有現在動植物兩方的性格，後來假如動物方面的生活和構造發達了，就成了動物，植物方面的生活和構造顯著了，就成了植物。現在都認為動植物同出一源，看了以上的兩個例子，就可證明這種說法的可靠了。

第八章 單細胞與多細胞之間的生物

生物種類繁多，生活、構造各不相同，單細胞生物的身體祇是一個細胞，一切生命活動如呼吸、消化、排

殖，生殖都由這一個細胞執行，多細胞生物的身體是由許多細胞組成的，他們的各種生命活動是由一些專門化的細胞來管理，換言之就是多細胞生物的身體不單是許多細胞集成的一個群體，同時這個群體有很完密的分工與合作。

這樣看來，單細胞生物與多細胞生物之間的界限，彷彿是很明顯了，但是生物界仍有許多種類，牠們的生活，構造好像單細胞生物，又像多細胞生物，這些種類可算是單細胞與多細胞之間的生物，或者說是過渡時期的生物，牠們正在從單細胞向着多細胞的方向進化。

這類的生物有許多種，其中可作代表的為盤藻、實球藻、空球藻、雜球藻和團藻。

單胞藻 (Chlamydomonas) 沒有講以上所舉的幾種之前，先講一種叫作單胞藻的單細胞生物，因為這種生物的生活，構造和以上所舉的幾種有密切的關係。

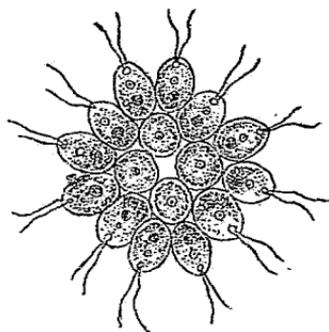


單胞藻生活在淡水池塘身體

第七圖 單胞藻

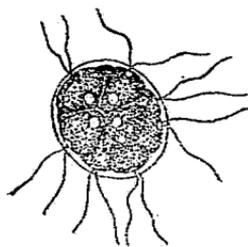
卵圓形，體外被有細胞壁。身體的尖端，有兩條能擺動的鞭毛。身體裏面有一個大形的杯狀葉綠質體，質體內藏着一個澱粉核。細胞核圓形，位於細胞的中央。前端有兩個伸縮胞和一個紅色的眼點。到生殖時期，細胞裏面的原生質分裂成幾個新細胞，每一個出來之後變成一個新個體。

盤藻 (Gonium) 盤藻又叫作聚包子，也生活在池塘裏。全體是由四個或十六個形狀相同的細胞集合成的，形狀扁圓如盤，所以叫作盤藻。每個細胞都有兩條鞭毛，伸在外面，這些細胞的生活，構造都像單胞藻。生殖時各細胞分離，每一細胞分裂幾次形成一個新群體。這樣看來，一個盤藻就彷彿是由四個或者十六個單胞藻集合成的一個群體，這些細胞祇是集合在一塊過生活，牠們之間並沒有分工的現象。



第八圖 盤藻

實球藻 (Pandorina) 實球藻是由十六個或者



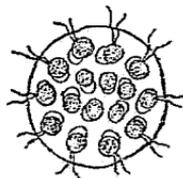
第九圖 實球藻

三十二個同形細胞集合成的。每個細胞也有兩條鞭毛，這些細胞被一種膠狀的細胞間質連結起來，成一個實心的球體。到生殖時期每個細胞都能分裂變成一個新群體，與母體分離。有時生出一

些同形的配子，每兩個合併成一個合子，再變成一個新群體。

空球藻 (Eudorina) 空球藻是由三十二個同

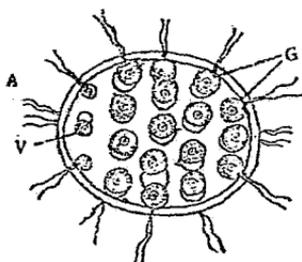
形的細胞集合成的。各細胞都散在膠狀細胞間質的外面，形成一個空心的球體。空球藻普通的生殖方法和實球藻一樣，但有時生出大小兩種配子，配子合併後變成合子，再發育成一個新群體。



第十圖 空球藻

雜球藻 (Pleodorina) 雜球藻也是由由三十二

個細胞集成的空球體，這三十二個細胞並不都是一樣的，其中有幾個較小，不能生殖叫作身體細胞，其餘



第十一圖 雜球藻

A. 前面； G. 生殖細胞；
V. 身體細胞；

的叫作生殖細胞到生殖時每個生殖細胞都能分裂形成一個新群體雜球藻較實球藻和空球藻稍微複雜了，牠不單是許多細胞集成的一個團體，而且細胞間已有了分工，有的專司營養，有的專管

生殖。

團藻 (Volvox) 團藻的身體是由幾千個細胞集合成的空球體，細胞與細胞之間用細胞質伸出的線絲相連結在幼小的團藻這些細胞都是一樣的，到了成熟期就有三種生殖細胞生出一種是無性生殖細胞，形體很大，能分裂多次形成一個新團藻。這種細胞祇有十數個；一種是卵，較無性生殖細胞為小；一種是長形磚



第十二圖 團藻

1. 體細胞
2. 兩性生殖細胞
3. 無性生殖細胞

精子,每一精子,有兩條鞭毛。精子與卵合併後,然後分裂許多次,形成一個小團藻。組成團藻的幾千個細胞大多數是形體很小的身體細胞,能運動,專司營養,其餘專管生殖。團藻比雜球藻又複雜多了,牠的身體不單是由更多的細胞集合成的,同時分工的現象格外顯著了。

總結以上所講的,可以看出這類生物的形體是由單細胞,漸漸變成多細胞的群體,簡單的種類身體上的每個細胞都能生殖,較複雜的種類,大多數的細胞能够生殖少數的細胞變成了專司營養的身體細胞,更複雜的種類大多數的細胞都是身體細胞,祇有少數是專管生殖的細胞了。有性生殖是由同形配子的配合,到異形配子的配合,最末後有真正的卵和精子生出而有受精現象。

第 四 篇

多 細 胞 植 物

世界上的植物種類很多，據現在已經調查而有記載的，總在三十萬種左右。普通把牠們分爲四大類：即菌藻植物門 (Thallophyta)，苔蘚植物門 (Bryophyta)，羊齒植物門 (Pteridophyta) 和種子植物門 (Spermatophyta)。

菌藻植物是植物界裏最簡單的一類，其中有一些是單細胞植物，如以前所講的複球藻，細菌，酵母等。還有一些是多細胞植物，但是構造也很簡單。這類植物的生殖法是無性的，或者有性的，但並不是無性和有性成互相互替的現象。

苔蘚植物，羊齒植物和種子植物的構造，生活很複雜，牠們都有兩個世代，一個叫無性世代 (Asexual generation)，一個叫有性世代 (Sexual generation)。

這兩個世代是互相交替的，無性世代之後是有性世代，有性世代之後是無性世代。這樣兩個世代的互相交替叫作世代交替 (Alternation of generation) 這種現象是德國植物學家何夫馬司特 (Wilhelm Hofmeister) 發見的。

在無性世代這些植物的生殖方法是無性的，生殖細胞是孢子，這個世代的身體叫作孢子體 (Sporophyte)；在有性世代裏生殖方法是有性的，生殖細胞是配子，這個世代的身體叫作配子體 (Gametophyte)。

由以後所講的各類多細胞植物可以看出苔蘚植物的配子體很發達，能獨立生活，孢子體不發達，吸取配子體的養料。羊齒植物的配子體和孢子體，都能獨立生活，各不相倚；種子植物的配子體很小不能自營生活，但是孢子體最發達。這樣看來由下等植物到高等植物，有一個普通的趨勢就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變成不發達。

第一章 菌藻植物

菌藻植物是最簡單的植物，包括兩大類：一類叫藻類植物 (Algae) 有葉綠素，能獨立生活，一類叫菌類植物，無葉綠素，營寄生生活。前面所講的複球藻、鼓藻、鞋藻，和鞭毛藻都是藻類，酵母菌、細菌都是菌類植物。此外還有兩種最普通而應該知道的菌藻植物，一種是水綿，一種是麵包黴。

(一) 水綿 (Spirogyra)

習性、形態和構造 水綿是一

種藻類植物，生活在淡水池塘。體形細長，好像一條綠絲，用顯微鏡看起來，這樣一條綠絲是由許多長形的細胞接連而成的，這些細胞的形狀和構造都相同，雖然連在一起，但是都能獨立生活，每個細胞都有細胞壁，和圓形的細胞核。細胞核的周圍和靠細胞壁的地方有較多的細胞質，液胞很大，有一個或者數個帶狀的葉綠質體，在細胞內成螺旋形，葉綠質體上有許多排列整齊的澱粉



第十三圖 水綿

核。

生殖 水綿普通的生殖法是分裂,先是細胞核分裂爲二,然後細胞體由中間生出新細胞壁,這樣就把一個長形的細胞分成兩個短小的細胞。水綿的生殖除分裂法外,也有有性生殖。水綿的有性生殖是接合。接合的最初先是兩條水綿互相靠近,以後兩條絲上相對的細胞各生出一個管狀突起,漸漸兩個突起接觸了,相接的地方,細胞壁消失,兩個管狀突起就彼此溝通,成了一條管,叫作接合管 (Conjugating tube)。這樣互相接合的兩個細胞可以看作是兩個配子在形成接合管時,兩配子中之一原生質縮成一團,由接合管流入對方的一配子中,前者可算是雄配子,後者算是雌配子。雄配子的原生質流入雌配子後,雌配子的原生質也縮成一團與雄者合併變成一個橢圓形的合子,兩個細胞核也合併成一個。這個合併的細胞核分裂兩次變成四個,後來其中有三個消失,祇餘一個。這時合子的外面漸漸生出一層厚壁,這樣可以度過惡劣的環境,待環境好轉,厚壁破裂,裏面的原生質出來用分裂法漸漸長成一條新水綿。水綿的接合往

往是在秋末冬初。

(二) 麵包黴 (Rizopus)

習性,形態和構造 麵包黴是一種毛狀的菌類植物,很容易生長在麵包這一類的食物上。剛從孢子萌發出來的麵包黴是一條白絲叫作菌絲 (Hypha)。長大以後叫作菌絲體 (Mycelium), 是由三種菌絲組成的:一種叫假根 (Rhizoid), 埋在麵裏能分泌酵精消化食物,又能把消化的食物吸收;一種叫葡萄枝 (Stolon), 能向四周蔓延滋長,一種叫作子囊柄 (Sporangio-phore), 是直立的菌絲,柄端有一個膨大的孢子囊,成熟以後裏面藏着許多黑色的孢子。

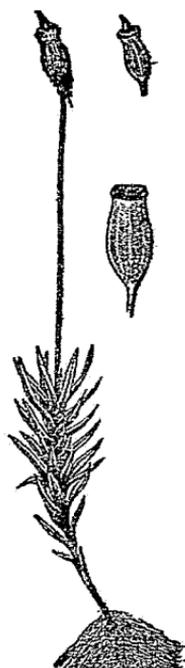
生殖 麵包黴普通是用孢子蕃殖,當孢子囊成熟以後,就破裂把其中的孢子放出,孢子隨風飄散,遇到適宜的地方就萌發成一條菌絲。有時兩條菌絲如果相離很近,往往就發生有性生殖。有性生殖的開始是兩條靠近的菌絲相向生出一個短枝,漸漸互相接觸,接觸的兩部分後來就各變成一個配子,與短枝隔開,每個配子裏都有很多的細胞核,當接觸以後,每個配子裏祇騰了一個細胞核,其餘的都漸漸消滅,這騰

餘下的兩個細胞核就合併成一個。兩個配子就合併成了一個合子，外面生出厚壁，能抵抗惡劣的環境，等傳播到適宜的地方，厚壁破裂，就萌發生成一個新個體。

第二章 苔蘚植物

苔蘚是生活在陸地上，最簡單矮小的植物，可分為苔類(Liverworts)和蘚類(Mosses)。普通最常見的一種叫作土馬蹄是蘚類，生活在陰濕的地方，高不過一二寸。現在就以土馬蹄來作苔蘚植物的代表。

有性世代 普通我們看見的土馬蹄就是有性世代也就是配子體。配子體是由孢子萌發長成的，剛萌發出來的時候成絲狀叫原生線(Protonema)，長成的配子體有假根，莖和葉，葉薄而小，圍生在莖的四周，有葉綠素，能自造食物。土馬蹄雌雄



第十四圖 蘚的配子體和孢子體

異株雌株的頂端生有雌器或稱藏卵器 (Archegonium) 裏面有一個圓形的卵；雄株的頂端有雄器或稱藏精器 (Antheridium), 裏面有許多精子。精子成熟後由雄器出來, 由雨水或露水游進雌器與卵合併成一個受精卵。

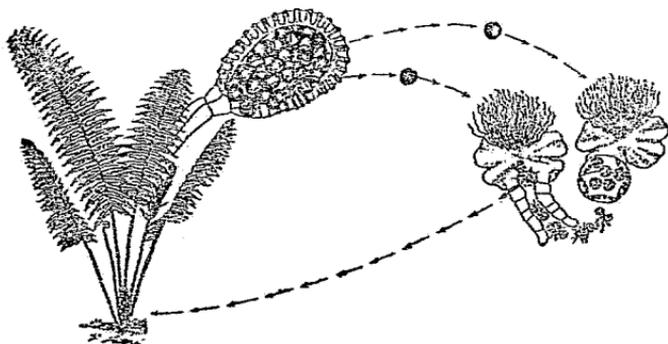
無性世代 受精卵在雌器裏變化成無性世代即孢子體。孢子體分為足部 (Foot), 囊柄 (Stalk) 和孢子囊 (Sporangium), 足部是埋藏在配子體的部分, 用以吸收養料, 因為孢子體不能自製食物。囊柄是一個細長的部分, 用以支持孢子囊, 孢子囊的外面罩着一個蕨帽 (Calyptra), 是雌器的上部變成的, 當孢子體在雌器裏發育的時候, 把雌器漲破, 上部漸漸被頂起, 後來就變成了蕨帽。去掉蕨帽孢子囊的頂端還有一個蓋叫作蕨蓋 (Operculum), 孢子囊裏有許多孢子, 成熟以後囊壁破裂, 放出孢子, 傳播到適宜的地方就萌發成配子體。

第三章 羊齒植物

羊齒植物又名蕨類植物, 多生活在陰濕的地方

種類很多,有的像矮小的草類,有的長成大樹,普通常見的一種叫蜈蚣草,是二三尺高的一種盆栽羊齒,花廠裏都出售。

無性世代 普通所稱的羊齒就是孢子體全體



第十五圖 羊齒的世代交替

可分為根、莖、葉。根很細小,莖埋藏在地下,外面生着一種毛狀物,葉是由許多小葉組成的羽狀葉。成熟的孢子體,葉的背面生有許多突出的褐色斑點叫作囊群 (Sorus),囊群的形狀和排列在各種羊齒植物都有差別。每個囊群的外面都有一層膜叫作囊群被 (Indusium),囊群的裏面有許多孢子囊,每個囊裏都充滿了孢子,成熟後,囊壁破裂,放出孢子。

有性世代 孢子落在適宜的地方就萌發生長成配子體，配子體構造簡單，很像一個心臟形的葉，叫作原葉體 (Prothallus)。原葉體有葉綠素，又有假根伸入土中吸收水和無機物，所以能自造食物。成熟的原葉體上部生出長形的雌器，下面生出雄器。成熟後精子從雄器出來游進雌器與卵合併成一個受精卵，受精卵在雌器中發育變成配子體，攝取原葉體的養料滋長增大，後來生出根、莖、葉，原葉體就漸漸消滅死亡了。

第四章 種子植物

種子植物是普通最常見的一些植物，因為都能結種子所以叫作種子植物，這類植物數目最多，大約有十五萬種，佔全植物界的二分之一。種子植物又分為裸子植物 (Gymnosperms) 和被子植物 (Angiosperms)。裸子植物中最普通的如松、柏；被子植物中最常見的如楊、柳、桃、杏和一些草花。

平常所看見的花、草、樹木都是種子植物的無性世代即孢子體。他們的有性世代很不明顯。關於世代

交替留在講花的時候再說，現在先講孢子體的形態和構造。種子植物的孢子體可分為根、莖、葉、花、果實、種子六種器官 (Organ)，每種器官都是由許多種體素 (Tissue) 組成的。

(一) 體素 體素是由許多形態構造和機能相同的細胞組成的。造成植物體的體素可分為以下幾類：

分裂體素 (Meristemic tissue) 組成這種體素的細胞很小，但是細胞核很大，沒有液泡，有分裂蕃殖的機能，能不斷增生新體素。根尖、莖尖、形成層都有這種體素。

表皮體素 (Epidermis) 表皮體素是由一層或者數層表皮細胞組成的。表面往往分泌出一層硬膜叫作角膜 (Cuticle)。表皮體素位於植物體的外面，可以防止體內水分的散失和外物的侵害。葉子的表皮體素有許多細胞特化成一種保衛細胞 (Guard cell)，形狀很像半月，每兩個保衛細胞合成一個氣孔 (Stoma)，專管體內水分的調節。

薄膜體素 (Parenchyma) 薄膜體素的細胞很

整齊，細胞壁很薄，這種細胞如被陽光照晒，能生出綠質體，行光合作用。葉子和幼年植物的莖有含綠質體的薄膜細胞所以呈綠色。薄膜體素的功用是運輸養料，水分和貯藏食物。

木栓體素 (Cork) 木栓體素是由許多已經死亡的細胞組成的，專司保護。

支持體素 (Mechanical tissue) 支持體素的功用，是支持植物的身體，植物體有了支持體素就不容易被外力摧毀折斷了。支持體素可分為三種：一種是細胞的角隅特別厚，叫作厚角體素 (Collenchyma)；一種是細胞的周壁都很厚，叫作厚壁體素 (Sclerenchyma)；還有一種叫作木質纖維 (Wood fiber) 是一種細長的細胞，細胞壁特別厚。厚壁體素和木質纖維都是死亡的細胞，年老的根、莖多有這兩種體素。

輸導體素 (Conducting tissue) 輸導體素是由管狀細胞連接成的長管。可分為兩類：一類叫作導管 (Tracheal tube)，專輸送水分和無機鹽類；一種叫作篩管 (Sieve tube) 專管食物的運輸。導管是由死亡的管狀細胞連接成的，細胞兩端的細胞壁已消失。篩管

的管壁因爲厚薄不同，往往形成許多花紋，因而有不同的名稱，有的是環狀花紋的叫作環紋導管 (Annular tube)；有的是螺旋形的叫作螺旋導管 (Spiral tube)；還有的是成坑點的叫作坑紋導管 (Pitted tube)。篩管也是由管狀細胞連接成的，細胞是生活的，兩端的細胞壁並沒有消失，上面有許多小孔，養料或者原生質可以經過小孔由一細胞輸送到相鄰的細胞。這種有小孔的橫壁叫作篩板 (Sieve plate)，篩管的名稱由此得來。篩管的周圍往往有一種較小的細胞叫作伴胞 (Companion cell)，伴胞也是與篩管相通。此外還有一種長形死亡的細胞叫作管胞 (Tracheids)，也能運輸水分和無機鹽類，但是各細胞並不連接成長管，所以輸送很慢。

(二) 根 (Root)

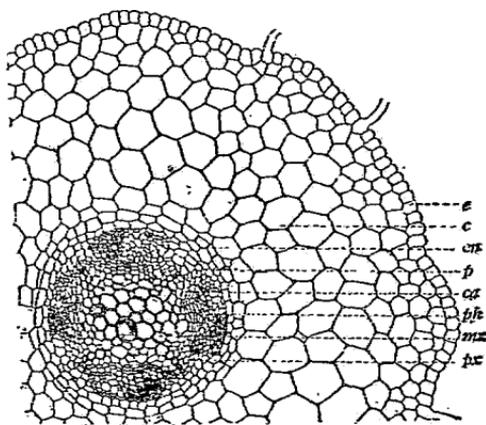
根的部分 根多爲圓錐狀，基部粗大與莖相連，頂端尖細，根之首要部分是尖端的一段，大約長四公分到六公分，這一段可分爲根冠 (Root cap)，生長點 (Growing point)，延長部 (Region of Elongation)，和根毛部 (Region of Root hair)，或成熟部 (Region

of Maturation)。根冠是由許多鬆散細胞合成的一個半圓帽形的部分，位在根的頂尖，保護生長點，使不與土粒磨擦，又能分泌一種滑粘液體使土壤鬆軟，便於根的前進。生長點長約一公厘，細胞不斷分裂，所分出之新細胞在下端者就補充根冠遺失的細胞，上端的就加在延長部裏。延長部長二至五公厘，細胞發源於生長點，因吸收多量的水分，所以伸長漲大。根毛部的細胞已經成熟，特化成各種體素，但表皮細胞有毛狀的突起，叫作根

毛，根毛實即表皮細胞的旁枝，是吸收水分和無機鹽類最重要的構造。

根的解剖

在根的成熟部作一橫斷面，可以看出分為表皮 (Epidermis)，



第十七圖 根之橫切面

e, 表皮; c, 皮層; en, 內皮; p, 維管束鞘;
ca, 形成層; ph, 韌皮部; mx, px, 木質部。

皮層 (Cortex) 和中柱 (Stele) 三部。表皮是最外面的一層細胞，生有根毛。細胞壁很薄，便於吸收。表皮的內面是皮層，皮層是由數層薄膜細胞組成的，最內的一層很整齊叫作內皮 (Endoderm)。內皮的內面是中柱，中柱又分爲數部：最外面的叫作柱鞘 (Pericycle)，由一層或者數層薄膜細胞組成，是支根的發源處。柱鞘的內面是許多維管束 (Vascular bundle)，每一維管束是由韌皮部 (Phloem)，和木質部 (Xylem) 組成的。木質部裏有導管，管胞和薄膜細胞，專司水及溶液的上升；韌皮部與木質部輪替排列成放射狀。雙子葉植物的根長成以後在韌皮部的內面有一種分裂體素生出，叫作形成層 (Cambium)，形成層的細胞不斷分裂增殖，新生的細胞一部變成木質部，一部變成韌皮部，這樣根就漸漸長的很粗了。中柱的中心叫髓部 (Pith)，普通是由薄膜體素組成的。

根的功用 普通根的功用有兩種：一種是吸收水分及無機物，並輸送到莖部，一種是把身體固定在土中。有的變態根有特殊的功用，如寄生蘭的根能製造食物，蘿蔔、白薯能貯存養料，洋槐樹的根能生不定

芽 (Adventitious bud) 發為新個體。

(三) 莖 (Stem)

莖的外形 普通植物的莖是圓柱形，莖上生有許多枝，枝上有葉，芽，節 (Node)，節間 (Internode)，和皮孔 (Lenticle)。葉落之後往往又留下一種斑痕叫作葉斑 (Leaf Scars)。芽是未來的枝葉，有的生在枝頂叫頂芽 (Terminal bud)，有的生在葉腋叫腋芽 (Axillary)；生枝葉的地方叫作節，單子葉植物的節很明顯，雙子葉植物的節不容易看出，二節之間的地方叫作節間。皮孔是莖或枝上的一些小孔，這些小孔是氣體交換的門戶。葉斑是葉落後留下的斑痕，每個斑痕裏都有排列整齊的一些小點，這些小點就是維管束由莖到葉的痕跡。

莖的解剖 種子植物最普通的又分為單子葉植物和雙子葉植物，這兩類植物的莖構造不同。現在先講雙子葉植物莖的解剖，然後再看這兩種莖的區別。

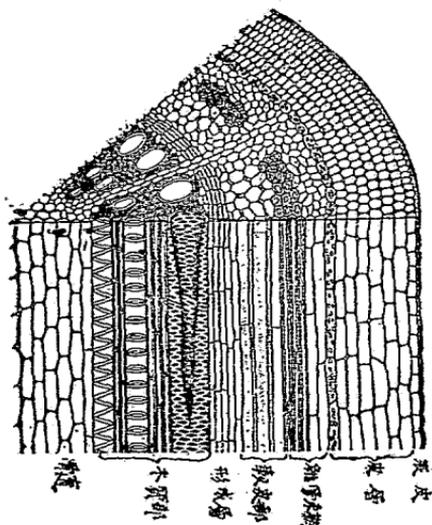
莖的內部構造和根相同，也可分為表皮，皮層，和中柱。

表皮是由一層細胞組成的，在莖的最外面，植物

年老以後就死亡脫落了，細胞內無葉綠素，有很大的液胞，外面的細胞壁很厚，上面有一層角質膜。皮膚的功用是防止體內水分的過量蒸散，和外力，細菌，昆蟲的侵害。

皮層是由厚角體素，厚壁體素，薄膜體素和內皮四部合成。厚角細胞有數層都是生活的細胞，細胞壁薄，但角部特厚，厚壁細胞有兩種：一種是小形的，不規則的石細胞 (Stone Cells)，一種是細長壁厚的死細胞叫厚壁纖維 (

Sclerenchyma fibers)，石細胞有微管自細胞腔引出，經過厚壁與相鄰細胞的微管相連，梨之砂質即石細胞。皮層的薄膜細胞也有數層，往往有葉綠粒，能行光合作用，吸水膨脹



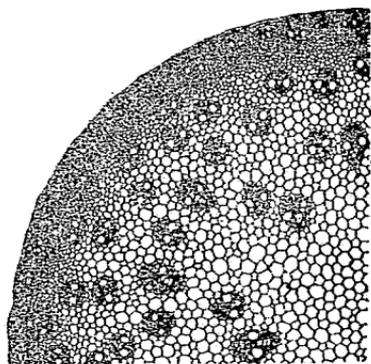
第十八圖 雙子葉植物莖的模式構造。

之後又可作支持用,年幼植物莖,多賴薄膜細胞的膨脹來支持身體。莖的內皮也是單層細胞,因含有澱粉粒,所以又叫作澱粉鞘 (Starch Sheath)。

中柱普通可分為三部:中心是髓部,外圍是排成環狀的許多維管束,維管束之間有射髓 (Pith rays)。最外面的一層是柱鞘,柱鞘是由薄膜細胞和厚壁細胞合成的,主要的功用是增強莖部。維管束包含三部:內面是木質部,外面是韌皮部,二者之間是形成層。木質部裏有各種導管,管胞,木質薄膜細胞及木質纖維。韌皮部由篩管,伴胞和韌皮薄膜細胞合成。形成層的細胞分裂新生的細胞向內面的變成木質部,向外面的變為韌皮部,維管束因此漸漸增大,整個莖部也就漸漸變粗,最初的形成層祇限於維管束,後來射髓的薄膜細胞與形成層靠近的也起分裂變成束間形成層 (Interfascicular Cambium),與原有維管束形成層 (Fascicular cambium) 相連成一完整之形成層環。束間形成層亦可繼續分裂延長射髓,射髓由薄膜細胞組成,功用是貯藏養料和向四周運輸食物與水分。髓部也是由薄膜細胞組成,有細胞間隙 (Intercellular-

space), 最重要的功用是貯存食物。

以上所講的是雙子葉植物莖的模式構造, 單子葉植物莖與雙子葉植物莖大體相同, 也可分為皮表, 皮層和中柱, 不過有的皮層很顯明, 有的不容易看清楚, 差異最大的就是維管束的排列和構造。單子葉植物莖的維管束不排成環狀, 而是分散在中柱裏



第十九圖 玉米莖的橫切面, 表明維管束的排列。

每個維管束祇有木質部和韌皮部, 沒有形成層, 因此單子葉植物莖不能繼續變粗。維管束的外面往往被一個由厚壁細胞組成的維管束鞘(Bundle sheath)所包圍。此外髓部與射髓界限不清, 有的有中心髓, 但是年老之後就乾燥消滅了, 例如竹及許多草類, 老莖都是中空的。

松柏類植物莖的構造與雙子葉植物莖很相似, 所差者是松柏的莖木質部祇有管胞和木質薄膜細

胞,沒有導管;韌皮部中沒有伴胞。

莖的生長與年輪的形成 莖的生長有兩種:一種是增高,一種是加粗。莖的增高是由於莖尖和節間的分裂體素不斷分裂。莖的加粗是由於形成層的分裂體素的增生新細胞。單子葉植物莖因無形成層所以祇能增高不能加粗。

溫帶樹木的形成層祇在春夏分裂,增生新細胞]到了冬天就停止工作,每年新生的木質部成一輪狀叫作年輪 (Annual ring)。每一年輪分為兩部:內為春材 (Spring Wood),外為夏材 (Summer Wood)。春材導管多而大,細胞壁薄,夏材生長慢,導管少而小,細胞壁厚。這樣第一年夏材和第二年的春材可以分得很清楚。松柏莖內雖無導管,但夏季所生之管胞較春季者小,所以年輪也很容易判明。

年輪逐年增加,由年輪的數目,就可計算一樹的年齡。樹的生長是自下而上,所以年輪最多的地方是莖的基部,基部的年輪即代表一樹的年齡。

莖的功用 莖的主要功用有二:一是支持花葉,葉在枝上分佈適宜不互相遮蔽,得有充分之陽光以

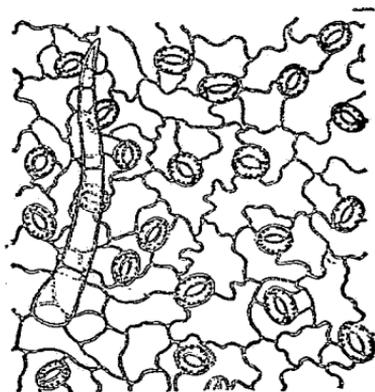
行光合作用，花生在枝端利於受粉和種子的傳播；一是運輸，把水分、無機物和養料運送到各部，此外大多數的莖能貯存養料，有的能代替種子蕃殖。

(四) 葉 (Leaf)

葉的外形 葉是莖上的一種扁平器官，普通可分為葉片 (Blade)，葉柄 (Petiole) 和托葉 (Stipules) 三部。葉片是葉最主要的部分，能製造食物，呼吸和調節體內水分的多少。葉片有葉脈 (Veins)，葉脈的分佈叫脈序 (Venation)，脈序有兩種：一種是平行脈 (Parallel Veins)，一種是網狀脈 (Netted Veins)。單子葉植物的葉多為平行脈，雙子葉植物的葉多為網狀脈。葉脈的功用是支持葉片，運輸養料和水分。葉柄接連葉片和莖，專管來往運輸，又可彎轉或伸長，使葉片得到適宜的位置，不致互相遮蔽。托葉是自葉柄基部兩旁生出的，大多數植物無托葉，或者早落。托葉的功用不同，無花果每芽都被一托葉包圍保護，豌豆的托葉可代理葉片行光合作用，有的托葉退化成卷鬚，有的變成刺。

葉的解剖 把葉作一橫切面，在顯微鏡下看起來可以看出表皮、中葉 (Mesophyll) 和葉脈三部。表皮

是葉的最外層，普通是由單層細胞組成的，組成表皮的細胞有兩種：一種是表皮細胞，一種是保衛細胞，保



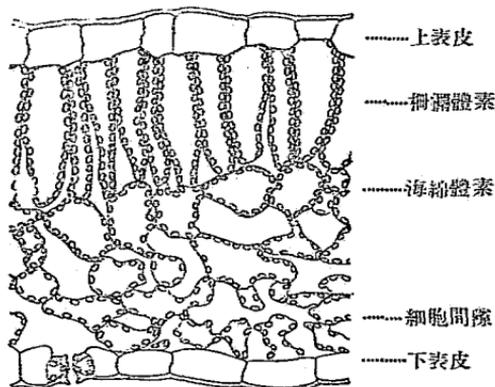
第二十圖 葉的下表皮

衛細胞合成氣孔，氣孔多生在下表皮，專管水分的調節和氣體的交換。表皮的外壁被有一層角膜，可以防止水分的散失和外物的侵害。

中葉是包在表皮和葉脈之間的部分，

細胞含有綠質體所以又叫作綠色體素 (Chlorenchyma)。中葉

的綠色體素又可分為柵欄體素 (Palisade tissue) 和海綿體素 (Spongy tissue) 兩部。柵



第二十一圖 葉的橫切面

柵體素爲一層或數層薄膜細胞，與上表皮成直交，排列整齊，好像柵欄。海綿體素佔中葉的大半，細胞形狀和排列都不規則，細胞與細胞間有很大的細胞間隙，彼此相通，又都與氣孔相通，所以中葉的細胞都與空氣接近，很容易行氣體交換。

葉脈的功用是運輸水分和養料，大葉脈內有導管，管胞，篩管和伴胞，細脈中只有管胞。

葉的功用 普通葉的功用是製造食物，蒸散水分，和呼吸。但是有的有特殊功用，如洋蔥之貯存養料，捕蠅草之捕食昆蟲，秋海棠葉之代替種子。

(五) 花 (Flower)

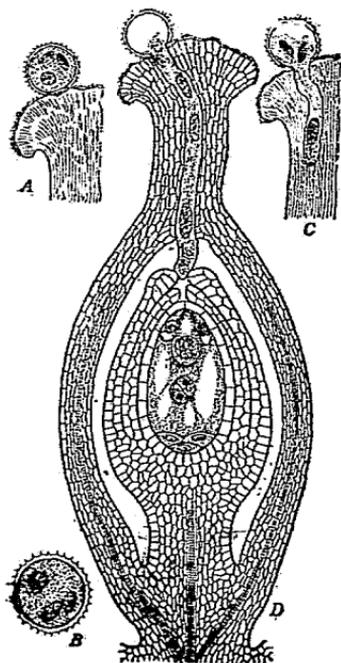
花的部分 花是一個縮短的枝子，枝上的葉改變成了花葉 (Floral leaf)，特適於生殖。一朵模式的花可分爲花萼 (Calyx)，花冠 (Corolla)，小蕊 (Stamen)，和大蕊 (Pistil) 四部。花萼是花的最外層，往往分爲數片，每一片叫作萼片 (Sepal)。花萼的功用是保護，在花芽未開以前，花內其他部分都被花萼包圍，不致受害或變乾。花冠是花最美麗的部分，能引誘昆蟲。

藉以達到傳粉的目的。花冠的形狀不同，有的分作數瓣，每一瓣叫作一個花瓣 (Petal)。花冠與花萼又可合名花被 (Perianth)。小蕊又名雄蕊是許多絲狀物，每一小蕊又分爲花絲 (Filament) 與花粉囊 (Anther) 兩部，花粉囊又名花藥，有許多花粉 (Pollen)。大蕊又名雌蕊，由子房 (Ovary)，花柱 (Style)，柱頭 (Stigma) 三部合成。花柱的長短不同，功用是支持柱頭，柱頭爲花柱頂端擴大的部分，蟲媒花之柱頭面多粗糙，或能泌分黏液，風媒花的柱頭多分歧。子房爲基部膨大的構造，內有粒形的胚珠 (Ovule)，胚珠附着在子房的地方叫作胎座 (Placenta)。

胚珠的構造 胚珠可分爲以下各部：最外面的叫作珠被 (Integument)。珠被又分外珠被和內珠被，都是由數層細胞組成的。珠被的內面叫作珠心 (Nucleus)，藉珠柄 (Funiculus) 連於子房。珠心與珠柄相接的地方叫作合點 (Chalaza)。胚珠的頂端有一小孔叫珠孔 (Micropyle)。在珠心靠近珠孔的一端是胚囊 (Embryo Sac)，胚囊裏有六個細胞和兩個游離的極核 (Polar nuclei)。六個細胞分作兩羣，每羣三個，靠近

珠孔的三個之中一個最大是卵 (Egg), 其餘兩個叫輔助細胞 (Synergids); 在合點端的三個叫反足細胞 (Antipodals) 兩極核生自胚囊的兩端, 後來都移到中央。

受粉 (Pollination) 與受精 (Fertilization) 花粉



由花粉囊經昆蟲或風帶到大蕊的柱頭上叫作受粉。每個花粉粒是兩個細胞合成的, 一個是身體細胞, 一個是生殖細胞。花粉粒落在柱頭上以後就吸收水分漸漸伸長滋長, 身體細胞變成一個長管叫作花粉管 (Pollen tube), 穿入柱頭, 花柱直達子房。花柱中空者, 花粉管下降較容易, 在中實的花柱, 花粉管往往分泌一

第二十二圖 A. 花粉落在柱頭上; B. 花粉放大; C. 花粉管的生成; D. 雌蕊的縱剖, 示明胚珠的構造。

種酵素,能把花柱消溶成一個孔道,如此花粉管進行又可無礙了。花粉管伸長時身體細胞核就成了花粉管核,生殖細胞核分裂成了兩個雄核(Male nuclei)或者精核(Sperm nuclei)。花粉管達到子房以後,就向着一個胚珠伸展,經過珠孔進入胚囊,進了胚囊以後花粉管尖端破裂,其中的細胞質,和三個核都流入胚囊裏。二雄核中的一個與卵合併變成一個受精卵,其餘的一雄核與二極核合併變成一胚乳核(Endosperm nucleus)。像這樣卵與極核和兩個雄核的合併叫作二重受精(Double fertilization)。受精以後,花粉管核,反足細胞和輔助細胞都漸漸消滅,受精卵將來變成胚,胚乳核變成胚乳,胚珠變成種子,子房變成果實。

世代交替 種子植物的世代交替不像苔蘚植物和羊齒植物那樣明顯,所以知道的最晚。普通所看見的花、草、樹、木就是孢子體,孢子體生有大孢子囊和小孢子囊。小孢子囊就是普通所稱的花粉囊或花藥,裏面有許多小孢子即花粉;大孢子囊就是胚珠內有大孢子即胚囊。

有性世代即配子體,又可分為雄配子體和雌配

子體兩種。小孢子成熟後在花粉囊裏長成一個雄配子體，這個雄配子體祇有兩個細胞，一個是身體細胞，一個是生殖細胞。大孢子成熟後分裂成六個細胞和兩個極核，六個細胞之中有一個是卵，像這樣由六個細胞和兩個極核組成的物體就是雌配子體。

(六) 果實 (Fruit)

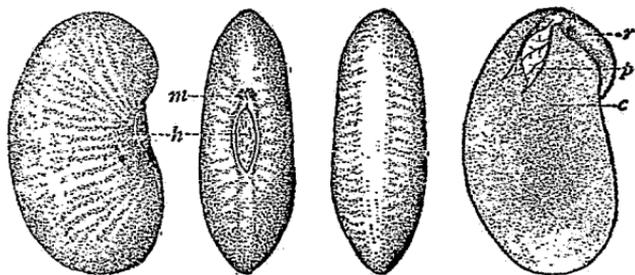
普通所認為的果實是指那些常吃的水果，其實在植物學者所認為的果實範圍很廣，凡是成熟的子房以及與子房相連的部分都叫作果實。由此看來果實的種類非常之多，形狀、顏色和構造，相差也很大，但是所有的果實都有同一的功用，即保護種子，並且幫助他們的傳播。

果實中最普通的就是常吃的那些水果，漿液很多，所以叫作肉果 (Fleshy fruits)，可以分為漿果 (Berry)，核果 (Drupe)，和梨果 (Pome) 三類。漿果中如葡萄、番茄、橘子、檸檬，肉質可食的部分是由子房壁變成的。核果如桃李，可分為很明顯的三層；最外層叫外果皮 (Ectocarp)，很薄，往往生有毛狀物；中層叫中果皮 (Mesocarp)，肉質多漿，就是能吃的部分；內層是內果皮

(Endocarp), 堅硬如石, 由石細胞組成。梨果中最普通的如梨和蘋果, 可吃的部分是由花托變成的, 當果實生長時, 花托漸漸膨大, 把子房完全包圍起來, 子房變成乾膜或紙質, 成爲果心 (Core)。

(七) 種子 (Seed)

種子是胚珠發育成的, 也就是種子植物孢子體的胚胎時期。在這時期中完全呈休眠狀態, 能抵抗惡劣的環境, 一旦落到適宜的環境中就繼續生長, 長成普通所看見的花、草、樹木等高大的孢子代植物。種子的大小和構造雖然差別很多, 但外面都有一兩層種衣 (Seed Coats), 裏面包着一個胚體 (Embryo), 和一些養料。



第二十三圖

豆

c. 子葉

p. 胚芽

r. 胚根

h. 種衣

m. 種孔

種子可分為兩類：一類叫作有胚乳種子 (Albuminous)，這類種子的養料貯存在胚體的外圍，胚體很小，例如大麥，小麥，玉米，大米，蓖麻；一類叫作無胚乳種子 (Exalbuminous)，養料貯存在子葉裏，因此子葉特別肥厚，胚體很大，如豆類，和瓜類的種子。

現在以雙子葉植物中的蠶豆和單子葉植物中的玉米為代表，來說明種子的一般構造。

蠶豆 蠶豆是一種無胚乳種子，外面包有一層光滑堅硬的種衣，用以保護內面的胚體，不致乾燥，或受外物的損害。種衣是胚珠的珠被變成的。種衣的一端有一黑色的斑痕叫作種臍 (Hilum)，是種子連在果實上的部分。種臍的一端有一小孔叫作種孔 (Micropyle)，與原來的珠孔相當。浸水之後，不久就吸水膨脹變軟，種衣很易剝落，去種衣後，就露出兩個很大的子葉 (Cotyledon)，內藏豐富的養料。二子葉之間有一短小的莖狀部分叫作胚莖 (Hypocotyle)。胚體的一端有二薄葉狀的構造叫作胚芽 (Plumule)，將來演變成莖和葉。胚體的另一端是一圓椎狀的物體叫作胚根 (Radicule)，將來演變成根部。

玉米 玉米是有胚乳種子，外面也被有一層厚膜，這層厚膜是由子房壁的一部變成的叫作果皮（Pericarp），與蠶豆的種衣不同，果皮的內面包有真正的種衣，但是彼此幾乎長成一層，所以很不容易分開。

玉米的胚體位在種子的尖端，偏於一側，是一塊白色的部分。如果把玉米粒縱切為兩半，內面的構造就可看出分為兩部：一部是胚乳，一部是胚體。胚乳佔有種子的大半，又可分為內外兩部，外部較硬，內部較軟，都含有很多的澱粉。胚體形如棒狀，一端是胚芽，被一芽鞘（Coleoptile）所包圍。另一端是胚根，與胚體相連。靠近胚乳內層的一方有一個子葉叫作內子葉（Scutellum），當種子發芽時，這個內子葉就吸收胚乳來供給全體的生長。

第五章 植物生理

前幾章所講的是植物的形態和構造，至於植物的各器官都有什麼功用，植物本身如何生活，還沒有說過，現在所講的植物生理就是研究這些題目的。我們所要講的是植物如何從地中吸收水分和無機物，

如何製造食物,如何呼吸和得取生活上所需的能力,如何對外界的刺激發生反應。

(一) 根部吸收的無機物

植物所需要的元素雖然很多,但是一般植物生存上所不可缺的不外碳,氫,氧,氮,硫,磷,鉀,鈣,鎂,鐵十種元素。其中碳素是葉子從空中的二氧化碳吸取來的。氫,氧是水的形式由土中吸取的,其餘七種元素合成硝酸,磷酸,硫酸等的鹽類,溶解在土內的水中然後由根部吸取。如果把這七種元素的化合物按照下表配成一種溶液,把植物的根浸在這種溶液裏,植物能滋長,繁茂如果減去七種元素的任何一種,植物的生活或生長都要受不良的影響,這樣的溶液叫作培養液 (Water culture)。

植物的培養液

硝酸鈣	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	4.0公分(gram)
硝酸鉀	KNO_3	1.0
硫酸鎂	Mg_2SO_4	1.0
磷酸二氫鉀	KH_2PO_4	1.0
氯化鉀	KCl	0.5

氯化鐵	FeCl_3	微量
蒸餾水	H_2O	3至7公升(liter)

由於這種水中培養的試驗,可以知植物的根部是不斷的由土壤中吸取所需要的元素,假如土壤中缺乏了所需的元素,就要施以肥料,普通土壤中最容易缺乏的元素是氮,磷,硫,所以普通的肥料多含有這三種元素。

(二) 水分的吸收,運輸和蒸散

水在植物體內之重要 植物體內如無水分,各種生理作用都要停止,全體恐亦不免於死亡,水分在植物體內之所以這樣重要,不外下列各點:①原生質內 60—90% 為水,水分不足,原生質的各種作用必大受影響,或竟完全停止。②在光合作用時,水為造成食物的一種原料,如果沒有水,植物就不能自己製造食物。③各種物質必先溶解,然後纔能被吸進植物體,水為溶化氣體與各種鹽類的媒介,所以如果沒有水,就不能吸收所需要的各種元素。④原料或者製造的食物都必須藉着水的運行而輸送。⑤植物欲得充分之發達,或者能够很順利的進行正常的工作,必須藉水

分以保持細胞的膨脹。

水分的吸收 植物所需要的水分是從土壤中得來，植物的根尖細胞或根毛是最適於吸收水分的構造，當水分或其他溶液被吸收時須經過細胞壁與質膜，細胞壁為純透性，任何溶液都能透過，質膜為半透性，有的溶質不能透過。在普通情形，根內溶液的濃度較土內的為高，或者說是土內溶液的水分較根毛內為多，所以就起一種滲透作用(Osmosis)，水分由土壤透入根毛，水分進入根毛以後，與其相鄰的細胞又起了濃度的相差，水分由根毛又透入鄰近的細胞，這樣次第經皮層細胞而至維管束內的導管，再由導管上升，達到葉部，以後就因蒸散作用，變成水汽散到空中。

水分與鹽液的運輸 水分或鹽液的運輸有兩個方向：一是橫運，一是上升。橫運是由射髓管理，上升則由導管負責。裸子植物沒有導管，向上運輸由管胞擔任。液體上升可用很簡單的方法證明，法將一枝放在紅色液體內，把枝的下端在液體內切斷，以防氣體侵入，數分鐘後取出，縱剖，就可看到紅色液體上升至

相當高度。德國植物生理學家薩賀斯 (Sachs) 曾計算烟草莖內的水每時可上升 118 公分, 約合 4 英尺。在這個試驗裏, 又可證明液體上升的途徑是導管, 因為把試驗後的莖剖開, 祇有導管部變紅。

上升的原動力 各種樹木在一年內所遺失與所用的水分很多, 有人計算一棵有二十五萬枚葉的山毛櫸樹, 每年自六月至十一月, 因蒸散而遺失的水分約有九千公斤, 每天平均合五十公斤, 究竟什麼力量把這樣多的水提升到高大的樹頂呢, 各生理學家的解釋不同, 其中最重要的理論為根壓 (Root pressure), 毛細管作用 (Capillarity), 蒸散之吸聚力與水之內黏力 (Transpiration pull and Water Cohesion) 三種。根壓是根部細胞因吸水而生的膨脹壓力的總和, 這種力量可以推動水分上升, 但經各種方法證明根壓力祇能使水有短距離的上升, 不能推升到高大樹頂。毛細管作用是一種很普通的物理現象, 雖然能够使水或其他溶液有短程的上升, 但是仍不能解釋高樹莖內水或溶液的上升。解釋水分上升最有理由的為英人狄克森 (Dixon) 氏之內黏力說 (Cohesion Th-

eory)。大意謂葉部的細胞因蒸散而失水分，細胞液的濃度因之增高，所以就因滲透作用自葉脈管胞的稀薄細胞液內吸水，葉脈管胞失去水分後，又自下面的導管吸水，如是繼續不斷，水就隨着上升。自葉至根遂有一水柱生成，蒸散作用吸斃水柱的上端，同時水柱內水的分子互相吸引生一內黏力，使水柱不致中斷。水分自水柱的頂端因蒸散而不斷遺失，下面的水因蒸散吸斃力，繼續上升，直達樹頂，再變成水汽散至空中。

水分的蒸散 植物體內的水不斷經過葉的氣孔或表皮變為水蒸汽而散入空中，這樣散失水分的方法叫作蒸散作用 (Transpiration)。如果把一棵多葉的植物放在一大鐘罩下，事前將花盆的上面和四周用油布裹起來，放在向陽的地方，不久可見罩內充滿水汽，結成水珠，順鐘罩下流，由此可證明水汽必自葉出。

蒸散作用雖然使植物遺失許多水分，但有相當的益處。第一，可助水及鹽液的上升；第二，可保持植物體的低溫，當溫度太高時，植物可散失大量的水分，水

變為蒸汽時吸收大量的熱，所以蒸散之後，植物的體溫降低，不致因天氣太熱而受害，彷彿我們的出汗，出汗之後頓覺涼爽。

(三) 光合作用 (Photosynthesis)

綠色植物都能自己製造食物，所用的方法叫作光合作用。光合作用是含有葉綠素的細胞利用光的能力把水和二氧化碳綜合為糖的一種變化。植物行光合作用好像工廠的製造用品，需要原料與能力，總工廠在葉內，莖或花萼內都有分廠。

原料 光合作用所用的原料祇有兩種：一種是水，一種是二氧化碳。水是由根部從地中吸取，然後經過莖部的導管上升到葉脈，由葉脈再輸送到葉的柵欄和海綿體素。二氧化碳由空氣中攝取，空中的二氧化碳經氣孔進入葉內的細胞間隙，然後溶解在細胞周圍的水裏，再隨水經細胞壁和質膜進入細胞。

二氧化碳是光合作用中一種不可缺的原料，可用下法證明。把一棵植物放在鐘形的玻璃罩裏，罩的頂端插入一個裝有鈉石灰的玻璃管，罩的內面放一個小杯，裏面也裝有鈉石灰。鈉石灰能吸收二氧化碳。

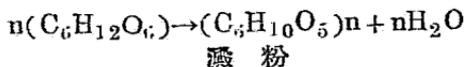
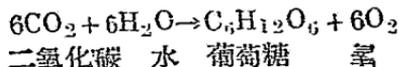
在這樣一個裝置裏，外面進來的空氣，在穿過玻璃管的時候，二氧化碳被鈉石灰吸收了，罩內的二氧化碳被杯中的鈉石炭吸收了。植物在這樣無二氧化碳的鐘罩裏，雖然有水分的供給和日光的照晒，但終不能製造出食物來。普通植物所造出的食物是糖，後來變成澱粉，澱粉遇到碘液就變成藍色，如果從生活在普通空氣中的植物體上，取下一個綠色的葉子，放在熱酒精裏去掉葉綠素，再浸在碘液裏，葉子就會變藍。如法去試驗鐘罩內植物的葉子，不能變藍，證明沒有澱粉生出，也就是證明沒有二氧化碳不能製造食物。

工具 光合作用的工具是綠色植物細胞內的葉綠素，沒有葉綠素也是不能製造食物。如將有白邊或白斑的葉子，放在熱酒精內把葉綠素提出，然後浸在碘液裏，就可看出原來綠色的部分變藍，白邊或白斑即沒有葉綠素的部分，呈碘液的黃色不變藍。

能力 普通植物行光合作用所需要的能力是從日光得來，即便有了水和二氧化碳，如果沒有光，也不能完成光合作用，而製造出食物來。這可用以下的方法證明。把一棵植物如洋綉球放暗室裏，兩三天以

後，取下一個葉子，去掉葉綠素，用碘液試驗，葉不變藍，證明沒有澱粉。如用黑紙作成字型或花樣，貼在這棵植物的葉片上，再移到日光裏晒幾小時，把葉子取下，在熱酒精裏抽去葉綠素，再試以碘液即見被遮蓋的部分不變藍，沒有澱粉產生，其餘見光的部分都變藍，證明有了澱粉，因此葉片上就顯出一個很清晰的字型或花樣。

程序 光合作用的程序是先把二氧化碳和水變成葡萄糖，然後再由許多分子的葡萄糖合成澱粉。如下面的公式：



產品 光合作用所生成的產品有正副兩種，大多數植物最終且最顯著的正產物為澱粉，副產品為氧。由以上的公式可以看出，如把水草放在一試管裏，倒置在一杯水內，晒在陽光下就有氣泡放出集於管底，試以將滅的火柴放入即復燃，證明為氧。

(四) 脂肪和生質精的製造

植物自己製造的食物除醣以外，還有脂肪和生質精。關於醣的製造在光合作用裏已經講過。脂肪和生質精的製造雖然也是在植物體內，但是詳細的程序至今仍未知道。不過都是由醣改變成的，已無疑問。

脂肪 組成脂肪的元素和醣一樣，也是碳、氫、氧。由醣改變成脂肪的步驟，大概是先變成脂肪酸和甘油，然後經酵素的作，用把脂肪酸和甘油再連成脂肪。有人分析過含脂肪多的種子如蓖麻、核桃等，當生長時，脂肪漸次增加而醣漸次減少，這可證明減少的醣是用作造脂肪的材料了。再者普通象養動物，喂以醣就可長的很肥胖，那些使身體顯出肥胖的脂肪，無形中也是由醣變成的。

生質精 生質精所含的元素除了碳、氫、氧以外，還有氮。這其中的氮素是由土壤中的硝酸鹽得來的；碳、氫、氧也是由醣中取得。這四種元素變成生質精的，程序大概是先組成氨基酸，再由酵素的作用把許多分子的氨基酸連成生質精。達勒斯基 (Zaleski) 曾經作過一個試驗，證明豆子在成熟生長時，生質精漸次增多，氨基酸和其他氮化物則漸次減少。

(五) 食物的運輸與儲存

綠色植物所造成的食物,有的運送到正在發育的部分作為構成新細胞的原料,有的運到身體其他部分用為生活上所需的養料,其餘的就運到根、莖、種子等器官儲存起來。

運輸的路徑 運輸食物的路徑是篩管根、莖、葉的篩管都是相連的,所以葉子製成的食物很容易運到莖和根部。篩管在韌皮部,韌皮部是樹皮的一部分,如果把一棵樹的皮剝去一環,露出木質部,食物運輸的通路就隔斷,此後由上面運下的食物就都堆積在切口的上面,成一隆起。如果切口太寬,根部就因得不到食物,漸漸死亡,根部因死亡不能吸水,整個的植物也就不免於枯死。

運輸時食物的變化 食物的製造大多在白天進行,食物的運輸大多在夜間進行植物體內的運輸祇限於液體,像澱粉、脂肪、生質精等不能直接被運送,必須經一種變化,這種變化是賴酵素的作用完成的。開始運輸以前澱粉被酵素分解為葡萄糖,脂肪被分解為甘油和脂肪酸,生質精被分解為氨基酸。這些分

解的東西送到一定部分就經另外一類酵素的作用又變成澱粉,脂肪,和生質精而儲存起來。

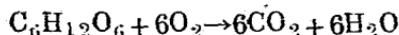
食物的儲存 用不完的食物,就運到各部儲存起來,木本植物大多儲存在莖部;能越冬的草本植物,地上部到了冬季都要死亡,所以多餘的食物就儲存在地下莖或根部;普通不能越冬的草本植物,到了冬季,全體都將不免於枯死,所以祇好把食物儲存在種子。種子在萌芽的時候都需要養料,所以不論草本木本都把一部分食物送給種子儲存,以備將來應用。

(六) 呼吸作用與能的轉變

植物和動物一樣,需要食物,所不同者是植物能自己製造,動物是直接或者間接從植物攝取,食物到了體內就被氧化,放出裏面的能力用以維持生命的活動。食物裏面的能力叫作靜能 (Potential Energy),是在行光合作用時由日光中攝取來的,放散出來以後就叫作動能 (Kinetic Energy)。這種動能就是維持各種生命活作的能力。

呼吸的化學變化 呼吸作用和光合作用相反,光合作用是組成作用,能把水和二氧化碳變成糖,呼

吸作用是分解作用把糖分解成水和二氧化碳，同時把其中的能力放出。化學公式如下：



呼吸作用的證明 植物的呼吸和動物一樣，也是吸氧，排出二氧化碳。如果把一棵盆栽植物放在不透氣的玻璃罩內，預先測定罩內的氧和二氧化碳的含量，然後放在暗處，以免光合作用，數小時後再測量就可見氧減少，二氧化碳增多。此法必須用精密儀器測量，很少用。普通所用的方法是把發芽的種子密閉在一玻璃管中，隔幾小時以後，開蓋放入點着的蠟燭，火即熄滅，證明裏面二氧化碳增多，氧減少。

呼吸作用與光合作用的比較

光合作出

1. 祇限於綠色植物。
2. 祇限於有葉綠素的細胞。
3. 祇限於有光的地方。
4. 製造食物(組成作用)。
5. 吸收 CO_2 和水。
6. 放出氧。

呼吸作用

1. 動植物都可。
2. 所有生活細胞。
3. 光暗處都可。
4. 破壞食物(分解作用)。
5. 放出 CO_2 和水。
6. 吸收氧。

- | | |
|--------------------|-----------------|
| 7. 增加植物體重。 | 7. 減輕植物體重。 |
| 8. 攝取日光之動能變爲食物之靜能。 | 8. 將食物之靜能放散爲動能。 |

(七) 激感與反應

植物受外界刺激都能發生反應，下等單細胞植物遇到刺激便向着或背着刺激的方向而移動，這種現象叫作趨動性 (Taxis)。高等植物營固定生活，受刺激後並不能全體移動，祇有局部的變位，這種變位的反應可分爲屈向性和傾動性兩類。

屈向性 (Tropism) 植物受外界刺激後所發生的反應是順着或者反着刺激的方向，這種現象叫作屈向性。屈向性因刺激的不同又可分爲屈地性 (Geotropism)，屈光性 (Phototropism)，屈水性 (Hydrotropism)，屈化性 (Chemotropism)。屈地性由於地心吸力的影響，植物的根因感受地心吸力而向下生長叫作正屈地性或向地性 (Positive Geotropism)，莖部反地心吸力之方向而向上生長叫負屈地性或背地性 (Negative Geotropism)，副根、旁根多斜行稱爲斜地性 (Diageotropism)。屈光性是因光刺激所引起的反應也。

有正負之分。莖部具向光性 (Positive Phototropism), 根部具背光性, (Negative Phototropism), 枝,葉爲斜光性 (Dia-phototropism)。原生質內大部爲水,水對於植物不可須臾離,植物體攝取水的器官爲根部,根部對於水的刺激大多爲正屈水性。屈化性是因各種化學物質的刺激所引起的反應。花粉管在花柱中的進行,菌絲之穿入植物體都是很顯明的屈化性。

傾動性(Nasty) 傾動性也是外界刺激所引起的植物反應,與刺激的方向無關,既不順着刺激,也不背着刺激。傾動性中最顯著的爲睡眠運動 (Nyctitropic movement)。例如合歡,含羞草,酢漿草等的葉依晝夜而開閉,每至傍晚葉片合起至翌日清晨又行開展。

機械的刺激如接觸,搖動都能引起傾動性。含羞草受刺激後,葉片即合起葉柄下垂。合起及下垂的原因由於葉下有一膨大肥厚的部分叫作葉褥 (Pulvinus),內部的細胞具有許多間隙,細胞及間隙中都有很多的水,受刺激後,細胞內的水分即洩至細胞間隙,細胞因失水,膨脹壓驟然減少,無力支持葉的重量而

下垂,經相當時間葉褥的細胞又吸收了失去的水分
漸漸就恢復到原來的形狀。

第五篇

多細胞動物

世界上的動物據現在已經知道的，總在一百萬種以上，動物學家根據這些動物的形態、構造以及血緣的遠近把他們分爲以下十門：①原生動物門 (Protozoa)，如前面所講過的變形蟲、草履蟲、瘧疾蟲；②海綿動物門 (Porifera)，又叫作多孔動物，如各種的海綿；③腔腸動物門 (Coelenterata)，如水螅、海蜇、珊瑚；④扁形動物門 (Platyhelminthes)，如扁蟲、條蟲；⑤圓形動物門 (Nemathelminthes)，如蛔蟲、旋毛蟲；⑥環節動物門 (Annelida)，如蚯蚓、水蛭；⑦節肢動物門 (Arthropoda)，如蝦、蟹、蜈蚣、昆蟲、蜘蛛；⑧軟體動物門 (Mollusca)，如蝸牛、蚌、烏賊、章魚；⑨棘皮動物門 (Echinodermata)，如海參、海星、海胆；⑩脊索動物門 (Chordata)，又可分爲四個亞門，其中最大與人類關係最切近的

是脊椎動物 (Vertebrata), 包括魚, 蛙, 龜, 蛇, 鳥, 獸和人類, 此外尚有幾門不常見的動物如輪蟲, 苔蘚蟲, 等不在這十門之內。

以上十門動物中, 原生動物是些單細胞動物, 在前面已經講過幾種, 其餘九門都是多細胞動物也就是本篇所要講的, 但是多細胞動物的形態, 構造和生理都很複雜而且種類又太多, 我們不能每門都講到, 所以祇好選擇幾門, 作為代表, 我們所選的是腔腸動物門, 環節動物門和脊椎動物門。

第一章 腔腸動物

腔腸動物大約有一萬種, 現在我們從其中選擇水螅, 和枝形蟲作為代表。水螅是淡水裏, 最普通的腔腸動物, 很容易尋找, 枝形蟲雖然生在海裏, 但是他有世代交替現象, 在動物界裏很稀奇。

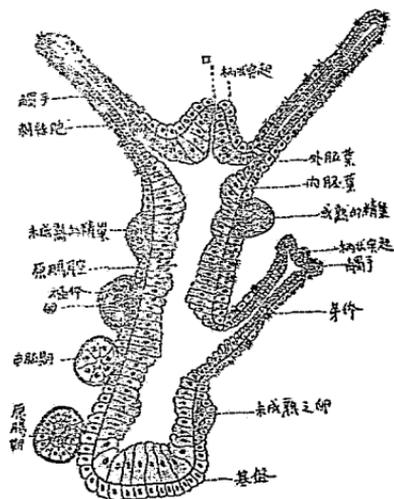
(一) 水螅 (Hydra).

習性 水螅生活在淡水池塘裏, 如果取一些水草放在有水的玻璃杯裏, 就可看見這些小動物有的附着在水草, 有的直立在杯底或者斜掛在杯的邊緣。

水螅的身長大概自 2 至 20 釐,用眼可以看見。

外部形態 水螅的身體好像一個有彈性的小管,能伸長,又能縮短。身體的頂端凸出,中央是一個星狀的口,周圍有六條到十條善於伸縮的觸指 (Tentacle)。身體的基部叫作基盤 (Basal disk),用以附着在別的植物體上或者移動身體。

有的時候水螅的身上有一個或者幾個突出的芽體 (Bud),這些芽體將來都長成水螅。到生殖時期水螅的身體上生出生殖器官,在大多數的水螅,精巢 (Testes) 和卵巢 (Ovary) 可同生在一個身體上,卵巢成丘狀,位在身體的中部,精巢較尖生在身體的上部。

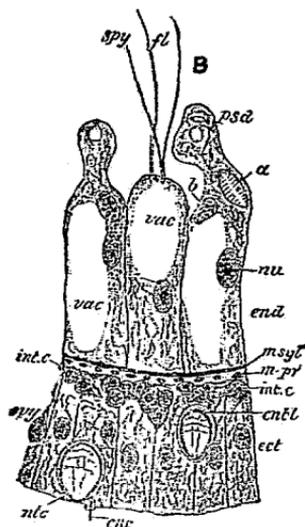


第二十四圖 水螅的縱切面

內部構造 水螅的身體是由兩層細胞組成的，外層較薄叫作外胚層 (Ectoderm)，內層很厚叫作內胚層 (Endoderm)。外胚與內胚之間填充一層膠狀物叫作中膠層 (Mesogela)。水螅的觸指和身體的構造一樣，也是由這三部合成的。身體的外面除去基盤外都有一層透明的角膜。身體和觸指都是空的，這個空腔叫作消化腔 (Gastrovascular cavity)。

外胚層主司保護和感覺。組成外胚層的細胞有兩種，一種是大形的皮膜肌細胞 (Epitheliomuscular cells)，富於收縮；一種是小形的間隙細胞，可變成刺細胞 (Stinging cell) 和雌雄生殖細胞。刺細胞的分佈很廣，除基盤外，各部都有，觸指上最多。每一刺細胞裏，有一個刺絲囊 (Nematocyst)，囊裏有一條盤繞着的絲狀細管，這條細管能從囊裏翻出來，尖端成刺狀，裏面有從刺絲囊出來的麻醉物，所以水螅就用牠做攻防的武器或捕食的工具。

內胚層的功用是消化、分泌和吸收。由消化細胞、皮膜肌細胞和分泌細胞組成。消化細胞很長大，分泌細胞較小。內胚細胞大多都有一條或者幾條鞭毛，能



第二十五圖 水螅橫切面的一部
 ect, 外胚層; int.c, 間隙細胞;
 cnc, 刺細胞; msyl, 中膠層;
 end, 內胚層; Nu, 細胞核;
 Psd, 假足; f, 鞭毛;
 a, 吃進去的硅藻。

够擺動,用以攪拌消化腔內的食物。消化細胞又能伸出假足,像變形蟲一樣能把小塊的食物包進細胞裏去消化。

生理作用 水螅的

食物是水中的一些小動物,如水蚤或者昆蟲的幼蟲等。游泳的小蟲如果碰到水螅的觸指,水螅就放出刺絲把那可食的小蟲刺死,然後用觸指送到口中,慢慢進入消化腔,就由

分泌細胞分泌的消化液消化了。這種消化的方法和高等動物一樣,叫作細胞外消化 (Extracellular digestion)。如有未能消化完了的食物就由假足包到細胞裏再消化,這種消化法和變形蟲一樣叫作細胞內消化 (Intracellular digestion)。已經消化的食物被內胚細胞吸收,那些不能消化

的殘渣，由口中噴出。這樣看來水螅的口不但是食物進口的嘴又兼作廢物出口的肛門了。

水螅身體裏代謝作用產出的廢物都由外胚排洩到水裏。生活所需的氧由外胚從周圍的水裏吸取。

外界的刺激如機械力，光，熱，電，及化學品，都能引起水螅靈敏的反應。水螅不像變形蟲或者草履蟲那樣簡單，他已經有一個專管接受和傳達刺激的神經系。水螅的神經系有兩種細胞：一種是感覺細胞 (Sensory cell) 分佈在外胚，專管接受刺激，一種是神經細胞，彼此伸出很長的纖維連成神經網 (Nerve Net)，外胚和內胚裏都有這種細胞，不過內胚裏不像外胚裏那樣多，這些細胞都能够在把感覺細胞接受的刺激傳達到身體各部。

水螅的運動 水螅在休息的時候，大多是直立或者斜掛在水草上，觸指伸開，身體展長。運動的方法有兩種：一是基盤慢慢移動，一是翻筋斗。翻筋斗的步驟是先把身體彎下，用觸指附着在外物，以後基盤離開附着物，全體收縮起來，後來身體展開，基盤向上，觸指向下直立，最後又彎下基盤着地，觸指離開，身體

展開，恢復原狀。此外有的時候又可以觸指代替基盤，向前行動。

水螅的生殖 水螅的生殖方法普通是無性和有性兩種。無性生殖為出芽，有性生殖是精卵的合併。水螅雖然也能縱裂，或者橫裂，但是還不能看作一種正式的生殖方法。

出芽生殖的開始是身體發生一個突起，這個突起就是一個芽體生長很快，漸漸在芽的頂端生出一環短小的觸指。身體和觸指的空腔與母體的消化腔相通。長大以後與母體分離，成為一個能獨立生活的水螅。

到有性生殖時期，水螅的身體上就生出精巢和卵巢。精巢裏面有許多精子，卵巢裏祇有一個大形的卵。精巢成熟之後破裂，把裏面的精子放到水中，精子在水中能夠游泳兩三天，在這個期間如遇到卵巢就鑽進去與卵合併。同時往往有幾個精子想穿過卵膜，但是祇有一個能夠進去。卵受精後，演發成一個胚胎，長大之後與母體分離，成為一個小水螅。

再生與接體 (Regeneration and Grafting) 生物

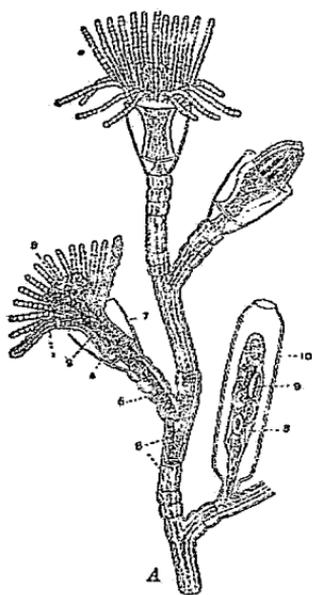
體把身體遺失的部分重新生出叫作再生作用,兩個不同的或者相同的部分連接長在一起叫作接體。水螅的這兩種作用都很明顯。水螅的再生現象是吹不動 (Tembley) 在 1740 年發現的。如果把水螅的身體橫斷為數段,每段都能變成一個完整的水螅,縱切為數條,每條也能恢復成原狀。

從一個水螅身體上取下一部分,可以接在另外一個水螅的身上,這樣可以做出許多奇怪的樣子,但是有一些不能生活長久。

(二) 枝形蟲 (Obelia)

腔腸動物中有幾種有世代交替,枝形蟲就是其中最好的一個例子。枝形蟲是一種群體的腔腸動物,生活在深海或者淺海裏,不能移動,身體的下端附着在礁石或者海藻上,營固定生活。枝形蟲的世代交替也可分為無性世代和有性世代。

無性世代 普通所稱的枝形蟲就是無性世代,全體好像一棵小植物。群體的基部有一個共同的莖,用以附着在固體物上,莖上有許多分枝,每個分枝好像由幾個環節合成,枝的頂端都有一個水螅形的構



第二十六圖 枝形蟲的無性世代
 1 外胚層； 2 內胚層； 3 口；
 4 消化腔； 5 莖； 6 7 10 圓鞘；
 8 芽柱； 9 水母芽。

造叫作水螅體(Hydranth),水螅體和水螅一樣,也是由外胚和內胚兩層細胞合成的。口在下層的中央,觸指大約有三十條,在下層的基部排成一環,觸指的先端都有很多的刺細胞。水螅體的生活和水螅也相同。成長的群體往往生出一種專司生殖的構造叫作生殖囊(Gonangia),囊的中央有一中柱叫作芽柱(Blastostyle),芽柱上生有許多圓形的水母芽(Medusa-buds)。

群體的柔輓部份,被一層幾丁質的膜,包圍保護,這層膜在水螅體的周圍膨大成一杯狀,叫作水螅套(Hydrotheca),在生殖囊的周圍變成生殖套(Gona-

theca), 群體的莖或分枝的柔軟部份叫作腔肉 (Coenosarc), 中央是空的, 各枝彼此相通, 也與水螅體相通, 這樣就成了一個共同的消化腔。在這個時期裏, 枝形蟲的生殖法是出芽, 就是群體上生出許多芽體, 以後每個芽體長成一個水螅體。

有性世代 生殖囊裏的水母芽成熟後就變成水母體 (Medusa), 由生殖套頂端的一個小孔出來, 到水中游泳。水母體很像一把傘, 邊緣上有許多很小的觸指, 腹面的中央有一垂管 (Manubrium) 好像傘柄, 管端就是口。消化腔由垂管的四角伸出成四條溝叫作輻射溝 (Radial Canals), 溝的裏面藏有生殖器官。水母體成長後有的生出精巢, 有的生出卵巢。精子成熟後由精巢裏出來到水中游泳, 遇到雌體就進入卵巢與卵合併。卵受精後經過許多胚胎變化變成一個長形有纖毛的幼蟲, 這個幼蟲在水中游泳至相當時期, 即一端固着在海藻或者礁石上漸漸形成一個樹枝形的新群體。

第二章 環節動物

環節動物雖然種類也很多，但是最普通而且最適於作模式的就是蚯蚓。蚯蚓的分佈很廣，生理和構造既不像原生動物那樣簡單又不像脊椎動物的那樣複雜，明白了蚯蚓生理和構造以後再講脊椎動物就容易明白多了。在中國最容易找到的蚯蚓叫作環毛蚯蚓 (Perichaeta)，現在就以這種蚯蚓作為代表。

習性 蚯蚓生活在潮濕的土壤，攝取土中的有機物作食品。

外部形態 蚯蚓的身體很像一條紅紫色的圓柱。但是有前後、左、右和背、腹的分別，像這樣的一種體式如果從身體中央作一平面，可以分為左右兩個相等的部份叫作兩邊對稱 (Bilateral symmetry)。

蚯蚓的身體是由許多環節合成的，環節的數目沒有一定，大概可由數十到一百多節。同種的蚯蚓，各器官或身體的開孔都在一定的環節上。在我們所講的環毛蚯蚓，口是在第一節，肛門在末一節。到了生殖時期在第十四、十五、和十六節的地方，有一個膨大的部分叫作環帶 (Clitellum)。身體每一個環節都生着一環的剛毛 (Setae)，環毛蚯蚓的名稱由此得來。身體

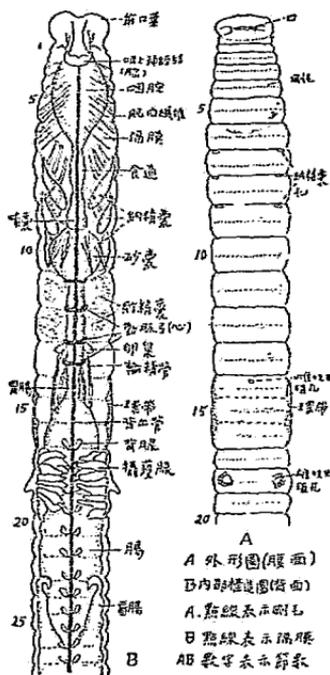
的腹面有幾個開孔，由前往後數，在第六與第七節之間，第七與第八節之間，和第八與第九節之間各有一對小孔叫作納精囊孔。第十四節中央有一個雌孔 (Female pore)，是輸卵管的開口。第十八節有一對雄孔 (Male pore) 突出，好像兩個乳頭，是輸精管的開口。此外還有許多背孔 (Dorsal pore) 和腎孔 (Nephridial pore) 都是些微小不容易看到的小孔。

(二) 內部解剖 把蚯蚓的身體由前到後沿背中線剖開，可以看出他的身體是由兩個管子合成的，體壁是外面的大管，消化管 (Alimentary canal) 是套在裏面的小管，二管之間是一個空腔叫作體腔 (Coelom)。蚯蚓的身體是分成許多環節的，每個環節的內面都有一個隔膜 (Septum)，這樣把體腔分成許多間隔，消化管在體腔裏就被這些隔膜懸起。

消化系統 (Digestive system) 蚯蚓的消化器官有口腔 (Buccal cavity)，咽頭 (Pharynx)，食道 (Oesophagus) 嗉囊 (Crop)，砂囊 (Gizzard) 和胃腸 (Stomach-intestine)。口腔成一囊狀，位於第一節和第二節，咽頭由第二節至第五節，是一個肌肉很厚的器官，他

的收縮可助食物的吞入；食道是一細管，無消化作用；嚙囊位於第八第九兩節，囊壁很薄，能够貯存食物，嚙囊的後方是肌肉發達的砂囊，位於第十節，囊內有砂粒，囊壁肌肉的收縮可磨碎食物，功用好像我們的牙齒；砂囊以後直到肛門是一條長管，因為能分泌消化

液又能把消化的食物，吸收，像高等動物的胃，腸一樣所以取名叫作胃腸。胃腸的背面由前到後有一條凹進去而擴大的部分叫作盲道 (Typhlosole) 可以增加消化和吸收的面積在第二十六節由胃腸伸出兩個分枝叫作盲腸 (Coeum)。



第二十七圖 蚯蚓解剖和外形

過咽頭，食道暫時貯存在嚙囊裏。到了砂囊被磨成細

蚯蚓的食物是土壤中的有機物。食物藉咽頭的收縮吞入口腔，以後經

塊,再送到胃腸去消化和吸收,不能消化的殘渣就由肛門排出體外。

循環系統 (Circulatory system) 循環系統包括循環液和血管。循環液專管運輸養料和廢物,血管是這些液體流經的路徑。蚯蚓的循環液有兩種:一種體腔液 (Coelomic fluid),是充滿在體腔裏面的無色液體,身體的伸縮可使這種液體發生無定向的流動;一種是紅色的血液 (Blood),蚯蚓的血球無色,但是血漿 (Blood plasma) 裏有一種血紅素 (Haemoglobin),所以血液也是紅色。在脊椎動物,血紅素被包在紅血球的裏面,所以祇有紅血球是紅色。

蚯蚓的主要血管有以下幾條:消化管的背面有一條背血管 (Dorsal blood vessel),腹面有一條腹血管 (Ventral blood vessel),神經索的下面有一條神經下血管 (Subneural blood vessel)。身體的前部有四對連接背血管和腹血管的動脈弓 (Aortic arch) 或者叫作心臟 (Heart),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)。

血液流動的方向是由背血管和動脈弓所決定

的背血管能不斷的收縮，好像波浪一樣，這樣的運動叫作蠕動(Peristalsis)，收縮的開始是在背血管的後端，因此血液就被壓擠的由後向前流，背血管內有瓣膜可以防止血液的逆流。流到前部進入動脈弓，動脈弓也能收縮，血液由此就被迫流進腹血管向後流，動脈弓內也有防流逆流的瓣膜。血液到了腹血管就由許多小血管送到體壁和別的器官，後來流進神經下血管，末後神經下血管的血向後流經過壁血管上升回到背血管。

呼吸 (Respiration) 蚯蚓沒有呼吸器官，他所需要的氧或排洩的二氧化碳都是經過體外的一層膜，膜的下面有許多微血管 (Capillaries)，外面的氧透過皮膜進入微血管就和血中的紅素連起來，然後運送到身體各部。身體各部產生的二氧化碳由血液運到表面的微血管排出體外。

排洩系統 (Excretory system) 蚯蚓的排洩器官叫作腎管 (Nephridia)。環毛蚯蚓的腎管很小，用顯微鏡細心觀察，纔能看到。腎管是一種彎曲在各環節中的長管，每個環節裏有一對。每個腎管可以分為兩

部：一端是一個漏斗形的口，口的周圍生有許多能擺動的纖毛，另一端呈彎曲的管狀，管的外面有許多微血管。一個腎管佔據兩個環節，漏斗部伸在前一節藉纖毛的擺動把體腔液裏的固體廢物吸入腎管，管狀部伸在後一節，從微血管裏吸收血中的廢物，廢物到了腎管就經過腎孔排出體外。

神經系統 (Nervous system) 蚯蚓的神經系統不像水螅那樣散漫成網狀，而是集中的。他的神經系統可分為兩部：一部叫作中央神經系 (Central Nervous system)，一部叫作外圍神經系 (Peripheral Nervous system)。中央神經系包括咽頭上神經結 (Supr-pharyngeal ganglia)，咽頭下神經結 (Subpharyngeal ganglia)，神經結是由許多神經細胞集合成的，這兩個神經結一個在咽頭的上方，一個在咽頭的下方，被兩條圍繞在咽頭外面的圍咽神經環 (Circumpharyngeal connectives) 連結起來，腹神經索連在咽下神經結的後方，直達尾部，腹神經索在每個環節裏膨大成一個神經結，每個神經結連着幾對神經，這些神經就是外圍神經系。外圍神經系的神經有兩種：一種

叫作遠心神經纖維 (Efferent nerve fiber) 發源於神經結中的運動神經細胞 (Motor Nerve cells), 向外伸出連到肌肉或者別的器官, 這種纖維能夠把中央的命令傳出使肌肉或器官發生動作。另一種叫作向心神經纖維 (Affereut Nerve fibers) 發源於表皮的神經細胞, 向內伸展連到腹神經索, 功用是把表皮神經細胞所受到的外界刺激傳到神經索, 腹神經索接到傳來的刺激後就由離心神經纖維傳出使肌肉發生動作。像這樣簡單的一個傳達刺激的途徑叫作反射弧 (Reflex arc)。經反射弧發生的動作叫作反射動作 (Reflex action)。

運動 蚯蚓的運動方法叫作蠕動, 這種運動是由兩層方向不同的肌肉完成的。在表皮的下面有一層成環狀的肌肉叫作環肌肉層 (Circular muscle layer), 再內面是一層縱行的叫作縱肌肉層 (Longitudinal muscle layer)。蚯蚓行動的時候這兩層肌肉輪流收縮。環肌肉層收縮時, 身體變細伸長, 縱肌肉層收縮時身體縮短變粗, 伸長的時候身體後端的剛毛插入土中不能移動, 所以祇有身體前部向前伸展。等伸

長到相當距離,前部的剛毛就插入土中,後部的剛毛從土中提出,同時身體縮短,這時祇有後部被拉向前去,這樣全體就前進了一段距離,兩層肌肉不斷收縮,蚯蚓就可不斷前進。

第二十八圖 蚯蚓的

生殖系統和神經系統

a. 咽上神經結; b. 咽

下神經結; c. 腹神經

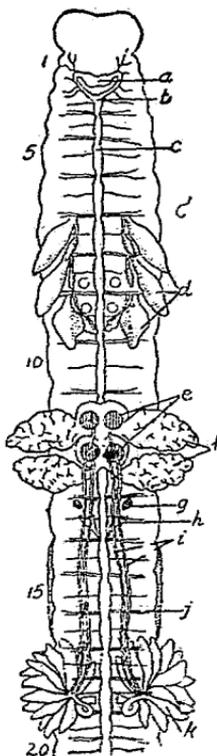
索; d. 納精囊; e. 精

巢; f. 貯精囊; g. 卵

巢; h. 輸卵管; i. 輸

精管; j. 神經; k. 攝

食腺。



去,這樣全體就前進了一段距離,兩層肌肉不斷收縮,蚯蚓就可不斷前進。

生殖 蚯

蚓的身體裏有雄性生殖器官,又有雌性生殖器官,像這樣雌雄兩種器官生在一個身體裏叫作雌雄同體 (Hermaphrodite)。

雌性生殖器官包括一對微小的卵巢在第十二和十三節,一對輸卵管 (Oviduct) 下端連合開口在雌孔,三對接收精子的納精囊 (Seminal receptacle) 在

第七、第八和第九節，每個納精囊開口在一個納精囊孔。

雄性生殖器官有兩對精巢，在第十一節，兩對貯藏精子的貯精囊 (Seminal vesicles) 在第十一和第十二節；兩對連通貯精囊的輸精管 (Vasa deferentia) 開口在雄孔。

蚯蚓雖然是雌雄同體，但是並不自體受精，所以精子要同卵合併，必須經過兩個蚯蚓的交配。在交配的開始兩個蚯蚓彼此頭尾相背互相靠在一起，身體前部分泌粘液，漸漸形成一個粘液管 (Slime tube)，這時互相交換精子，交換得來的精子就收納起來暫存在納精囊裏，交換精子以後就互相分離，後來在環帶的地方分泌形成一個可移動的管叫作卵袋 (Cocoon)。卵袋形成之後因身體的後退就慢慢前移，當卵袋經過雌孔和納精囊孔時，卵和精子就放到袋裏，末後卵袋由身體前端脫下，兩端封口，精子和卵就在袋裏受精，卵受精後經過許多演變，成爲蚯蚓破袋出來。

再生與接體 蚯蚓的再生與接體兩種現象也很發達。如果把身體的前部切去，他可以生出一個頭

來，但有的時候再生出的不是頭部而是尾部，像這樣祇有兩個尾沒有頭部的蚯蚓，不久就要餓死。把尾部切去可以再生出尾來。

用人工的方法可以實行蚯蚓的接體。從三個蚯蚓各取下一段可以接成一條很長的蚯蚓；一個蚯蚓的前段，可以同兩個蚯蚓的後段連成一條一頭二尾的蚯蚓；身體的前段可以和後段連成一條很短的蚯蚓。在施行接體的時候相接的地方必須用線綑緊，等到兩部合在一起再把線解開。

第三章 脊椎動物

脊椎動物包括魚類，兩棲類，爬蟲類，鳥類和哺乳類。這些動物雖然種屬不同，但是身體的基本構造屬於一種樣式。現在我們從其中選出兩種作為代表來說明他們的形體，構造和生理。這兩種代表就是蛙和人。蛙是脊椎動物中最普遍而且適於作實驗的一種，人是我們自己，他的一切都是我們最關懷的。

第一節 通論

體部。身體的四壁叫作體壁，裏面的空腔叫作體腔。脊椎動物的體腔可分為兩部，前部較小祇包括一個心臟叫作圍心腔 (Pericardial cavity)；後部較大叫作腹腔 (Abdominal cavity)，包藏着許多主要的內臟。人類和其他哺乳動物，體腔的前部叫作胸腔 (Thoracic cavity)，被一個肌肉性的橫隔膜 (Diaphragm) 與腹腔隔開，裏面除心臟之外，尚有食道和肺。

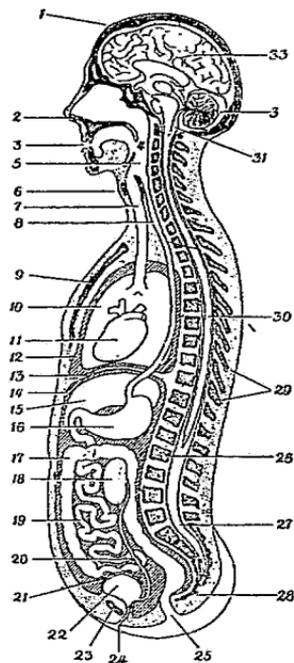
脊椎動物的胴部都生附肢 (Appendages)。魚類的附肢是鰭 (Fins)，其他脊椎動物的附肢是前肢 (Fore-Limbs) 和後肢 (Hind-limbs)，魚類的胸鰭和腹鰭 (Pectoral and pelvic fins) 相當於其他脊椎動物的前後肢，鳥類的翅是前肢改變的。

尾部 (Tail) 大多數脊椎動物都有尾部，蛙和人雖沒有尾，但是蛙的幼時叫蝌蚪是曾經有過尾的，人類在胚胎期也有尾，不過後來都消失了。胴部與尾部之間有兩個開孔：一個是肛門，一個是泌尿生殖孔 (Urinogenital opening)。

(二) 皮膚和肌肉

皮膚 (Skin) 身體的外面被有皮膚，皮膚的普

通功用雖然是保護,但是多少也能行氣體交換,排洩廢物或者分泌有用的東西。爪,牙,鱗,甲,羽毛,蹄,角都是皮膚的變形物。脊椎動物的皮膚可分為兩層,外層叫表皮 (Epidermis),裏層叫真皮 (Dermis)。



第三十圖 人體縱剖面

1. 頭蓋; 2. 鼻孔; 3. 口;
 4. 內鼻孔; 5. 咽頭; 6. 部;
 7. 氣管; 8. 食道; 9. 胸骨;
 10. 肺; 11. 心; 12. 胸腔;
 13. 橫隔膜; 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. 恥骨; 24. 尿道;
 25. 肛門; 26. 尾椎骨; 27. 神經管;
 28. 脊椎骨; 29. 椎骨的神經線;
 30. 脊髓; 31. 延髓; 32. 小腦;
 33. 大腦。

肌肉 (Muscles) 體壁, 主要的是由肌肉組成的, 肌肉的厚薄各部不同。在背面中央包圍着腦, 脊髓和脊梁, 在腹面構成體腔的外壁。下等脊椎動物和高等脊椎動物的胚胎時期, 肌肉都是分節的, 長成的高等脊椎動物這種肌肉分節的現象大部都消失了。

(三) 器官和體素

器官 (Organs) 脊椎動物的器官種類很多,依照他們的機能和彼此的關係可以歸為八個系統 (System), 這八個系統就是骨骼系統 (Skeletal system); 消化系統 (Digestive system); 循環系統 (Circulatory system); 呼吸系統 (Respiratory system); 排洩系統 (Excretory system); 肌肉系統 (Muscular system); 神經系統 (Nervous system); 生殖系統 (Reproductive system)。

上述的器官雖然種類不同,但都是由以下幾種體素組成的:

液體體素 (Fluid tissue) 液體體素又可叫作循環體素 (Circulatory tissue), 是一些游離的細胞混懸在液體中的體素,如血液和淋巴液。這種體素的功用是運輸養料或者廢物。在講循環系統時再詳細敘述。

皮膜體素 (Epithelial tissue) 皮膜體素是由扁平,多角,或者圓柱狀的細胞組成的,細胞的層數有的是單層有的是多層,身體外面的表面,和器官的內外面都是這種體素,功用是保護其他柔軟的體素。皮膜體素又能改變機能和構造成為腺體 (Gland) 有分

泌或者排洩的功能,如皮脂腺 (Sebaceous gland), 汗腺 (Sweat gland) 和消化腺 (Digestive gland)。

結締體素 (Connective tissue) 結締體素是由細胞和細胞間質合成的,功用是填充在別種體素之間,藉以連結,或特化成他種器官。結締體素又可分為以下三種:

① 網狀結締體素 (Reticular C. t.) 網狀結締體素的細胞間質成網狀,細胞填充在網眼裏。淋巴腺,肝,脾都有這種體素。

② 纖維狀結締體素 (Fibrous C. t.) 細胞間質為纖維富有彈性,韌帶,肌膜,骨膜,腱,鞏膜等處都有。

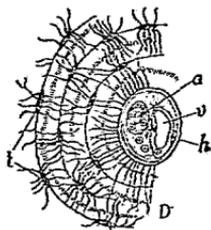
③ 脂肪體素 (Fatty tissue) 常填充在皮膜體素和肌肉之間,由纖維狀細胞間質和不規則的球形細胞合成,細胞內含有油滴。

支持體素 (Supporting tissue) 脊椎動物的支持體素就是骨骼。骨骼又可分為軟骨和硬骨。

(1) 軟骨 (Cartilage) 軟骨俗名脆骨,可分為玻璃軟骨 (Hyaline cartilage) 和纖維軟骨 (Fibro-cartilage)。玻璃軟骨的細胞間質呈玻璃狀,細胞圓形或橢

圓，往往幾個細胞聚在一起，鼻尖，氣管都有這種軟骨。纖維軟骨的細胞間質呈纖維狀，富彈性，細胞的形狀和排列與玻璃軟骨相同，耳殼裏有這種軟骨。

(2) 硬骨 (Bone) 硬骨的細胞間質是膠質與無機鹽類如碳酸鈣和磷酸鈣。細胞間質裏有許多空管叫作哈維氏管 (Haversian canal) 裏面有血管和神經。管的四周，細胞間質成輪層的構造，特稱作骨層板 (Lamella)，層層相介的間隙裏有許多空腔叫作骨腔 (Lacune)，骨腔的四周更有許多微細的小管叫作骨小管 (Canaliculi)，骨細胞位於骨腔中，細胞與細胞以原生質突起穿過骨小管彼此相連。



第三十一圖 硬骨橫切面
a. 動脈管； b. 哈維氏管；
c. 骨窩； d. 骨小管；

肌肉體素 (Muscular tissue) 肌肉體素是最活動的一種體素，動物的各種運動都是由肌肉體素的收縮完成的。脊椎動物的肌肉體素可分為以下三種：

(1) 橫紋肌 (Striated muscle) 橫紋肌是最發達的一種，在人體約佔全重量的二分之一。這種肌肉都

是附着在骨骼的外面,所以又叫骨骼肌 (Skeletal muscle)。他的伸縮可以隨我們的意志,要伸就伸,要縮就縮所以又有隨意肌 (Voluntary muscle) 的稱呼。橫紋肌名稱的由來是因為組成這種肌肉的肌纖維 (Muscle fiber) 在顯微鏡下看起來有明顯的橫紋。每條肌纖維裏有細胞質和幾個細胞核,細胞質裏有許多能收縮的小纖維 (Fibrils)。

(2) 平滑肌 (Smooth muscle) 平滑肌是構成內臟諸器官的肌肉。這種肌肉是由許多紡錘形的細胞組成的,每個細胞有一個細胞核,細胞的表面沒有橫紋。平滑肌的收縮是不隨意的,所以又叫不隨意肌 (Involuntary muscle)。

(3) 心臟肌 (Cardiac muscle) 心臟肌是構成心臟的肌肉。心臟肌細胞帶點長方形,每個細胞有一個細胞核。心臟的跳動就是由於這種肌肉的收縮和放鬆。心臟肌收縮是不隨意的好像不隨意肌,但是細胞有橫紋又像橫紋肌。

神經體素 (Nervous tissue) 組成神經體素的主要材料是神經細胞 (Nerve cells) 和神經纖維 (

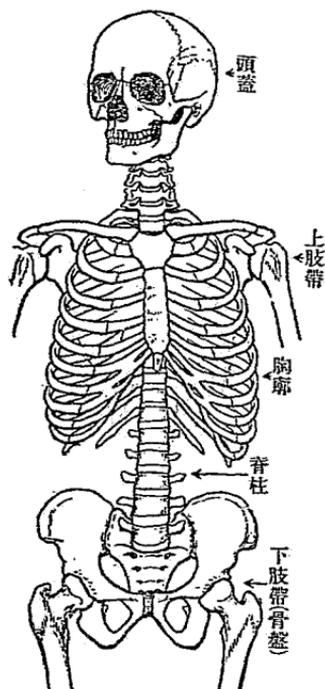
Nerve-fibers)。神經細胞的形狀很多，但都有一個大細胞核，和一個或者許多個突起。神經纖維實際就是神經細胞的一個最發達伸長的突起。許多神經纖維合成一束就是一條神經。神經體素不能收縮，專管傳達刺激。

由上面所講的看起來，高等動物的身體構造雖然是非常複雜，全體由許多器官合成，但是仔細分析起來，這些器官都是由體素構成的，體素又是細胞構成的。這樣看來脊椎動物的身體仍不外是由許多細胞集成的一個團體，不過這些細胞彼此之間已有了詳密的分工與合作。

第二節 骨骼

脊椎動物的骨骼有兩種：一種在身體的外面如羽、毛、鱗、甲叫作外骨骼 (Exoskeleton)；一種在身體的裏面叫作內骨骼 (Endoskeleton)，就是普通所說的骨頭。

下等魚類的內骨骼都是軟骨。由硬骨魚直到人類，身體裏面的軟骨，大部分都變成了硬骨。成人全體



第三十二圖 人的中軸骨骼

的骨頭大約有二百十一塊。

身體裏面的骨頭雖然數目很多，但可歸為兩類：一類叫中軸骨骼 (Axial skeleon)；一類叫附肢骨骼 (Appendicular skeleton)，現在分述在下面。

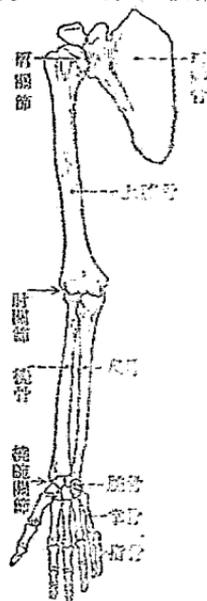
中軸骨骼 中軸骨骼包括頭骨 (Skull)，脊柱 (Vertebral column)，肋骨 (Ribs) 和胸骨 (Sternum)。頭骨是

由許多塊骨頭合成的，頭骨的數目在各種動物都不同，在人類有二十三塊。脊柱俗名脊梁，在背部的中央，前面連接頭骨，後面直通尾部。脊柱不是一條骨頭，是由許多短小的脊椎骨 (Vertebrae) 合成的，既能支持身體，又能彎曲自如。模式的脊椎骨可以分為椎體 (

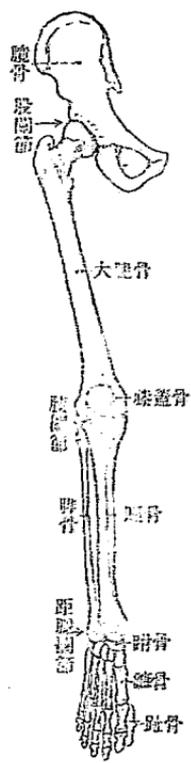
Centrum), 神經弧 (Neural arch), 神經棘 (Neural spine) 和橫突 (Transverse proces) 四部。許多脊椎骨的神經弧在背部連接起來合成一個長管叫作神經管 (Neural canal), 裏面藏着脊髓。胸部脊椎骨的橫突

上在背部連着肋骨, 人的肋骨有十二對, 前七對在腹面與胸骨相連叫作真肋骨 (True ribs), 中三對與真肋骨相連叫假肋骨 (False ribs), 末兩對既不與胸骨相連, 又不連於其他肋骨叫作浮肋 (Floating ribs)。胸

骨一塊, 位於胸部中央, 可分為前胸骨 (Presternum), 中胸骨 (Mesosternum) 及劍胸骨 (Xiphisternum) 三



第三十三圖 人的上肢骨



第三十四圖 人的下肢骨

部。

附肢骨骼 附肢骨骼包括前後肢骨,肩帶(pectoral girdle)與腰帶(Pelvic girdle)。脊椎動物的附肢骨除魚類外,在名稱上大同小異,現在以人類為標準把附肢骨的名稱和數目敘述在後面。前肢(上肢)骨共六十塊,每隻三十塊,上膊裏有一塊叫作上膊骨(Humerus),下膊裏有兩塊,為尺骨(Ulna)和橈骨(Radius),腕部有八塊腕骨(Carpals),掌部有五根掌骨(Metacarpals),指部有十四根骨(Phalanges)後肢骨的數目與前肢一樣,大腿裏有一條大腿骨(Femur),小腿裏有脛骨(Tibia)和腓骨(Fibula),腳腕有七塊跗骨(Tarsals),腳掌有五根蹠骨(Metatarsals),腳趾有十四根趾骨(Phalangers),此外還有一塊膝蓋骨(Patella)。

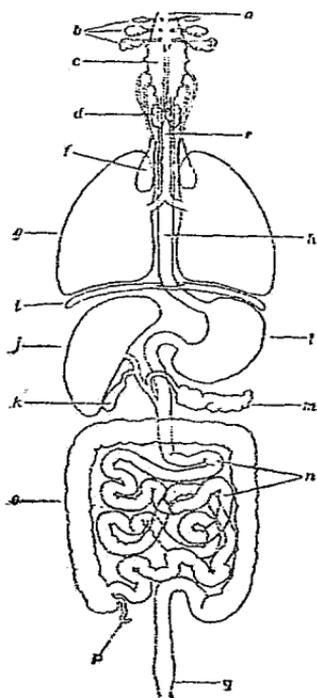
和腰帶的功用是把前肢和後肢懸掛在中軸骨骼上,肩帶是由肩胛骨(Scapula)和鎖骨(Clavicle)合成的;腰帶是由腸骨(Ilium),坐骨(Ischium),和恥骨(Pubis)合成的,兩個腰帶合起來就是普通所說的骨盤。

第三節 消化器官、食物與消化

(一) 消化器官

脊椎動物的消化器官是一條很長的消化管，管上連有能分泌消化液的消化腺 (Digestive gland)。消化管可分為數部；消化腺也分為幾種。

消化管 消化管的前端是口，脊椎動物的口是一個橫的開口，口的裏面是口腔，口腔的後面通到咽頭，在脊椎動物咽頭不單是食物的過道，也是呼吸時氣體出入的門徑，咽頭的下面接連着食道，是食物由口入胃必經的道路，構成食道的肌肉能作有節律的收縮，可助食



第三十五圖 人的消化管與其
生出的各器官

- a. 口， b. 唾腺， c. 咽頭。
 d. 甲狀腺， e. 氣管， f. 胸腺。
 g. 肺， h. 食道， i. 橫隔膜。
 j. 肝， k. 膽囊， l. 胃，
 m. 腸， n. 小腸， o. 大腸。
 p. 蟲狀垂， q. 直腸。

物的下嚥，蛙的食道內壁有生纖毛的細胞，纖毛的擺動也可使食物容易嚥下。胃是連在食道後面的一個膨大的部分。在魚類胃是一個直管，兩棲類的彎如新月，到哺乳類最發達，成一囊狀，是暫時貯存和消化食物的器官。胃壁肌肉很厚，善於收縮。胃的下面是小腸 (Small intestine)，哺乳類的小腸又可分為十二指腸 (Duodenum)，空腸 (Jejunum)，和迴腸 (Ilium)。小腸的長短因食物的種類而有差異。肉食動物多細短，草食動物多粗長。小腸的後面連接大腸 (Large intestine) 哺乳類的大腸又叫做結腸 (Colon)，可分為升結腸 (Ascending colon)，橫結腸 (Transverse colon)，和降結腸 (Descending colon) 三部，降結腸的下面是直腸 (Rectum)，直腸的末端是肛門。

消化腺 脊椎動物身體裏面最大的消化腺是肝 (Liver)，肝裏能分泌一種綠色或者金黃色的液體叫作膽汁 (Bile)，膽汁分泌出來之後就貯存在肝下的膽囊裏，膽囊與肝由一條輸膽管 (Bile duct) 相通，另外有一條管通入小腸。

在十二指腸附近有一個腺體叫胰臟 (Pancreas)

胰臟是最重要的一個消化腺，所分泌的消化液叫作胰液 (Pancreatic juice)。

口腔裏有唾液腺 (Salivary gland)，人類的唾液腺有三對：一對叫耳下腺 (Parotid gland)，一對叫顎下腺 (Submaxillary gland)，一對叫舌下腺 (Sublingual gland)。耳下腺開口在上顎第二臼齒附近，顎下腺和舌下腺都開口在舌下。

除以上所講的三種腺體以外，小腸裏有腸腺 (Intestinal gland)，胃壁上有胃腺 (Gastric gland)，都能分泌消化液消化食物。

(二) 食物

食物是維持身體生活，生長和健康的物質。依照這個定義，食物包括以下各類化合物：醣，生質精，脂肪水，無機鹽和維他命 (Vitamin) 等。

醣 舊名碳水化合物，這類化合物很容易氧化產生能力，所以可算是生物最好的養料，醣為碳、氫、氧三元素合成的，醣中氫、氧兩種原子的比數和水一樣，所以有碳水化合物之稱，意思是指碳和水的化合物。公式可用 $C_nH_{2n}O_n$ 來代表，但是也有例外，譬如鼠李

五碳糖 (Rhamnose) 是一種碳水化合物, 牠的分子式是 $C_5H_{10}O_5$; 醋酸 (Acetic acid) 的分子式是 $C_2H_4O_2$, 並不是一種碳水化合物。

糖包括單糖, 雙糖和多糖, 在前面講原生質時曾經說到現在分類敘述在下面:

① 單糖 單糖種類很多, 普通與生物最有關係的祇有六碳糖 (Hexose), 分子式為 $C_6H_{12}O_6$ 。六碳糖中最普通的是葡萄糖, 和果糖。葡萄糖為葡萄和其他水果中的主要糖質。果糖廣存於水果, 蜂蜜和其他植物器官中。

② 雙糖 雙糖是由兩個分子的單糖去掉一個分子的水合成的, 分子式為 $C_{12}H_{22}O_{11}$ 。雙糖也有許多種, 在生物體較重要的為蔗糖, 麥芽糖和乳糖。蔗糖是人類食品之一, 許多植物特別是甘蔗含量最多。蔗糖是由一分子葡萄糖和一分子果糖合成的。麥芽糖在大麥發芽時最多。乳糖存在於哺乳動物的奶汁裏, 奶汁的甜味就是因為有乳糖。

③ 多糖 多糖是由許多去水的單糖分子合成的, 普通的分子式為 $(C_6H_{10}O_5)_n$ 。多糖種類也很多與

生物最有關係的有澱粉,纖維素,動物澱粉(Glycogen),和糊精(Dextrin)。澱粉在五穀和塊莖中最多,是人類最重要的食品,遇到碘液能變成藍色。動物澱粉多存於動物的肝臟裏,所以又有肝糖的名稱。纖維素是構成植物細胞壁的主要原料,又是草食動物最重要的食品。糊精常見於五穀和塊莖,但是分量很少,在食品中也很少見,普通的糊精是當澱粉遇到高溫或者酸類變成麥芽糖時產出的。

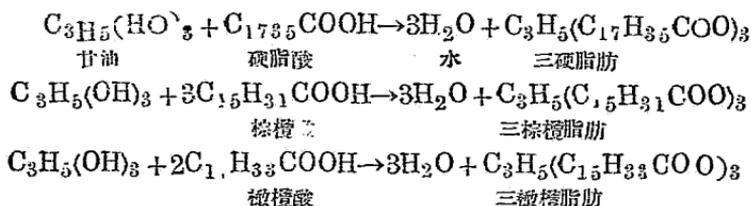
醣類在動物體內的功用是供給各種體素活動所需的能力或者代替生質精;如果所入超於所需就可轉變成脂肪存在體內特別是皮下作為貯藏的養料。

生質精 組成生質精的元素為碳,氫,氧,氮,有時有硫和磷,這幾種元素先組成氨基酸(Amino acid),然後再由許多氨基酸連成生質精,氨基酸也是有機酸類,不過是由一個氫基(NH_2)替代了一個氧原子而已。例如把醋酸($\text{CH}_3\text{:COOH}$)中的一個氫原子換成一個氮基就成了甘氨酸(Glycine) $\text{NH}_2 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{COOH}$ 。

氨基酸約有二十種，這二十種氨基酸就像英文的二十六個字母造成英文字一樣，可以互相連接造成無數種的生質精。

生質精是造成原生質的主要成分，原生質的製造及修補都必須有生質精才能完成，此外生質精也能供給細胞生活所需的能力。

脂肪和擬脂肪 脂肪也是碳、氫、氧三元素組成的，不過與醣比較起來氧的比例少些氫的比例多些，普通脂肪是由一個甘油(Glycerol)和三個脂肪酸(Fatty acid)合成的，脂肪酸最普通的有硬脂酸(Stearic acid)，棕欖酸(Palmitic acid)和橄欖酸(Oleic acid)三種，甘油和三個硬脂酸相結合成的脂肪叫作三硬脂；和三個棕欖酸結合成的叫三棕欖脂肪；如果和三個橄欖酸相結合就成了三橄欖脂肪，在現把以上三種脂肪的分子式寫在下面：



脂肪在生物體內可以氧化放出能力；又能貯存起來作為預備的養料。

擬脂肪是指與脂肪相類似的一些化合物。動植物身體裏都有這類化合物，在普通的器官分量較少，動物的神經、腦、卵黃和植物的種子裏特別多。主要的功用是構成原生質，或細胞質膜。此外對於脂肪的代謝和運輸，都有很重要的作用。

無機鹽類和水 無機鹽和水雖然是我人食物中必須有的東西，但是並不像以上所講的幾類有機物能供給生活所需的能力。牠們有另外更重要的功用。無機鹽見於動物各器官，如果把一個器官或者一塊體素焚燒就有許多灰分出來，骨骼是含無機鹽最多的部份，所以灰分也最多。分析起來這些灰分裏差不多都含有氯化物 (Chloride)，磷酸鹽 (Phosphate)，硫酸鹽 (Sulphate)，碳酸鹽 (Carbonate) 等。這些鹽類裏面有鈉、鉀、鈣、鎂、鐵、磷、硫、氮、碘、銅等元素，他們對於身體都有特別的功用。如磷酸鹽是造成骨骼和牙齒的主要材料；鈣鹽對於血液的凝固有很重要的作用；鐵鹽是造成血紅素的重要成分，食物中缺少了氯化鈉

胃中就不能產生胃酸，結果食物到了胃裏不能消化。此外鈣、鉀、鈉等鹽類對於維持神經和肌肉的感應性以及心臟有節律的跳動都是極關重要的。

水對於生物體的重要很容易明瞭。我們的身體大部是水。由此可知水也是組成身體的重要成分。每天有許多水分從我們身體裏排出體外如出汗、泌尿、和呼吸等。爲了補足這失去的水，所以每天必須有相當的水分隨着食物或者是喝進身體裏。有人說如果身體裏面的水分失去了20%就有生命的危險。身體裏各種生理變化都必須在水裏進行。水缺乏了，自然就不利於生理變化，同時生命也就受到威脅了。

維他命 (Vitamins) 近年來由試驗的結果查出如果食物中祇含有純粹的醣、生質精、脂肪和無機鹽類仍不能保持身體的健康和正常的生長。除此之外食物中必須含有另外一種物質，這種物質就是維生素。現在已知的維生素有六種，分述於下：

(1) 甲種維生素 (Vitamin A) 甲種維生素可溶於脂肪。食物中如缺少這種維生素，身體的生長就很緩慢，或完全不能生長。並且常易得到傳染病而死。在

人類,如果缺乏甲種維生素常常引起眼乾症(Xerophthalmia)和夜盲症(Keratomalacia)。

魚肝油裏甲種維生素最多,哺乳動物的內臟裏也不少,此外在蛋黃,牛油,羊脂及植物油裏都有。

甲種維生素的分子式爲 $C_{20}H_{30}$ 。在空氣中極易氧化毀滅,假如不露在空氣裏就是在 120°C 的溫度裏也不致損毀。

(2)乙種維生素一(Vitamin B₁) 這種維生素有抵抗神經發炎的機能,食物中如果沒有這種維生素,神經末梢就要枯萎,肌肉衰弱,關節疼痛,人類的脚氣病(Beri-beri)就是由於這種維生素的缺少引起的。

青菜,五穀,酵母,等都含有這種維生素,在五穀是存在於胚和皮裏,打好的白米和磨成的麵粉已經沒有這種維生素了。

乙種維生素一可溶於水,不怕高溫,牠的鹽酸晶體分子式爲 $C_{12}H_{13}O_2N_4S \cdot 2\text{HCl}$ 。

(3)乙種維生素二(Vitamin B₂) 食物缺少這種維生素,動物或者人類都要發生皮炎(Dermatitis)。人類的癩皮病,也是因爲乙種維生素二的缺乏所致。

乙種維生素二多存於蛋白,牛乳,酵母和五穀裏。在 120°C 以上的高溫就被破壞。

(4) 丙種維生素 (Vitamin C) 食物中缺乏這種維生素常引起壞血病 (Scurvy), 以致腎,腸,牙床出血,有時牙齒和牙根骨體素也要損毀。

新鮮水菓和蔬菜裏差不多都含有這種維生素,此外如牛肉,牛乳,和正在發芽的種子也有這種維生素很容易被高溫或空氣破壞,所以熟菜和乾枯的水果中大多已損失了這種維生素。

丙種維生素溶於水,分子式為 $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ 。

(5) 丁種維生素 (Vitamin D) 兒童如缺少這種維生素常引起佝僂病 (Rickets) 又可叫作兒童軟骨病,得這種病的骨骼柔軟不能變硬,往往變成彎曲,牙齒發育不好,很容易損壞。成人如沒有這種維生素的供給就要患骨質軟化病 (Osteomalacia), 也就是成人的一種軟骨病,孕婦和產後的婦人得這種病的最多。

丁種維生素能溶於脂肪,存於魚肝油,蛋類,和動物的內臟與皮膚裏,分子式為 $\text{C}_{27}\text{H}_{44}\text{O}$ 。據近來試驗的結果知道我們的皮膚如果被紫外光照射就能裂

造出了種維生素，這樣看來祇要晒在充分的日光下就不致缺乏這種維生素了。普通透過玻璃的日光沒有紫外光。

(6) 戊種維生素 (Vitamin E) 據用鼠作試驗的結果證明食物中如缺乏這種維生素雄鼠的生精體素就退化枯萎，雌鼠懷孕後不能達到成熟期，胚胎就被吸收消滅了。在人類也有些類似的情形，如常患小產的婦人和精子不活動的男子大概與戊種維生素的缺乏有關。

戊種維生素在動植物油和青菜裏最多，這種維生素不易被高溫和空氣毀壞，能溶於脂肪，化學結構尙未判明。

(三) 消化

我們已經知道食物的成分了，現在應討論食物的消化。消化是在消化管裏舉行的，消化作用有兩種，一種是屬於機械的即消化管的運動，結果把食物磨碎並且使與消化液混合，此外還能使食物逐漸下移以至肛門；另一種是屬於化學的就是消化液的動作，使食物發生化學變化變為可吸收的物質現在合併

討論在下面：

口腔內的消化 食物到了口腔裏先由牙齒的動作咀嚼成碎塊，同時和唾液混合起來，然後再被唾液消化。唾液是唾腺分泌的一種帶黏性的消化液，這種消化液裏有一種酵素叫作唾液酵(Ptyalin)，唾液酵能把澱類中的澱粉分解成麥芽糖但不能消化生質精和脂肪。

胃內的消化 食物在口腔裏經過相當的咀嚼就由於吞嚥和食道的收縮送到下面的胃裏去。食物入胃幾分鐘以後，胃便起收縮，攪拌裏面的食物使成食糜並與胃腺所分泌的胃液(Gastric juice)混合。胃液裏有兩種酵素：一種叫作胃生質酵(Pepsin)，這種酵素在酸性的胃液裏能把蛋白質變成蛋白胨(Proteose)或者蛋白朮(Peptone)；另一種酵素叫作胃脂肪酵(Lipase)能把脂肪變成脂肪酸和甘油。此外胃液裏有胃酸能夠殺菌，並溶解脂肪的包膜。

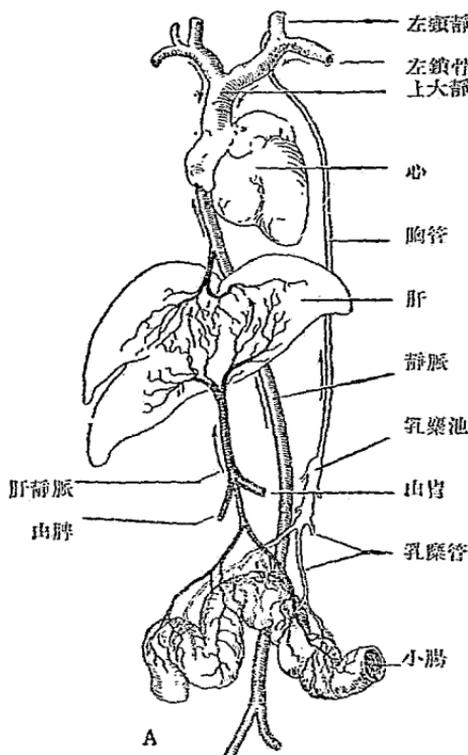
小腸內的消化 食物因性質的不同在胃裏存留的時間長短不一，大概由一點多鐘到四五點鐘，以後就由胃輸入到小腸。小腸的動作最普通的有兩種。

一種是分節運動 (Segmentation movement), 一種是蠕動 (Peristalsis)。分節運動能把一柱食物反復的分爲許多節段這樣便可與腸裏的消化液完全混合; 蠕動是由許多連續的收縮波合成的, 蠕動的方向是由前向後, 這樣可使食物慢慢向下移動。

小腸裏有三種消化液: 即腸液, 胰液和膽汁。胰液是一種鹼性的消化液, 裏面含有三種酵素。第一種是胰液澱粉酵 (Amylopsin), 能把澱粉變成麥芽糖; 第二種是胰液脂肪酵 (Strapsin), 能把脂肪變爲甘油和脂肪酸; 第三種叫胰液蛋白酵 (Trypsin) 能把蛋白分解成氨基酸。膽汁裏沒有消化食物的酵素, 所以不能單獨消化食物, 但是膽汁能輔助胰液消化脂肪, 有了膽汁, 消化脂肪的速率可增加幾倍。腸液也是鹼性的, 含有的酵素很多, 其中最重要的有①腸蛋白酵 (Fepsin), 能變蛋白脲和蛋白腺爲氨基酸; ②麥芽糖酵 (Maltase) 變麥芽糖爲葡萄糖; ③蔗糖酵 (Sucrase) 變蔗糖爲葡萄糖與果糖; ④乳糖酵 (Lactase) 變乳糖爲葡萄糖和乳化石 (Galactose)。

(四) 食物的吸收

消化了的食物差不多完全為小腸所吸收。小腸



是最適於吸收
 食物的器官，牠
 的內壁有許多
 指狀的突起叫
 作絨毛(Villus)。
 絨毛裏有很多
 的微血管，密佈
 在絨毛上皮的
 下面此外每一
 絨毛裏尚有一
 條中央乳糜管
 (Centrallactral)，
 乳糜管就是一
 種小的淋巴管。

第三十六圖 人類消化管中的食物被吸以後所
 經的路徑圖解，生質糖和醣經過靜脈；脂肪過淋
 巴管。

醣的吸收

所有的醣類在
 消化管中都被分解成單糖，這些單糖到了小腸就被
 微血管吸收，然後匯合起來，流入門脈(Portal vein)經

經過肝臟把多餘的糖貯存起來變成動物澱粉，待以後需用時再變成糖送到身體各部。

蛋白質的吸收 蛋白質的最後分解物是氨基酸，食物中的蛋白被消化成氨基酸後也是吸入絨毛的微血管裏，再流入門脈，不過氨基酸在肝裏經過的時候並不發生什麼變化，就直接分佈到身體各部。

脂肪的吸收 脂肪的分解物甘油和脂肪酸被吸收以後都流入乳糜管，各絨毛的乳糜管匯合成一條很大的淋巴管叫作胸管 (Thoracic duct)，這條胸管把吸收的甘油和脂肪酸輸送至靜脈血管，然後進入心再分佈到全身。

水和無機鹽的吸收 水和無機鹽不必消化就可吸收，所以這兩種東西由胃進入十二指腸後大部都被吸收了。此外大腸也能吸收無機鹽和大量的水分，但是沒有消化食物的能力，因為大腸不能分泌酵素。

第四節 循環器官與血液的循環

在單細胞生物，或者身體微小的動物，體內與體

外物質的交換如養料的輸入和廢物的排出差不多完全由於擴散作用 (Diffusion)。到了高等動物因為身體很大而且構造又複雜，祇憑擴散作用不能完成這些工作，所以有種專司運輸的系統就是循環系統。脊椎動物的循環系統包括循環液、血管和心臟三部。最重要的循環液就是血液，主要的功用是運輸養料和廢物，血管是血液流行的路徑；心臟彷彿一個唧筒可以鼓動血液在血管裏循一定的方向流動。

(一) 血液 (Blood)

血液的成分 血液可分為兩部：一部是血球 (Corpuscles)，一部是血漿 (Plasma)。血球有紅血球 (Erythrocytes 或 Red corpuscle)，白血球 (Leucocyte 或 White corpuscle) 和凝血球 (Thrombocytes) 三種。在人體每立方釐的血液中大抵有五百三十萬紅血球，九千個白血球，二十五萬凝血球。血漿是一種淡黃色的液體，除水分外含有許多別的物质，如養料、廢物、醇精、刺激素、抗毒素、原纖維精 (Fibrinogen) 和無機鹽類。

① 紅血球及其機能 蛙的紅血球是橢圓的，中央有一個圓形的細胞核。人類和大多數哺乳動物的

紅血球是扁圓的沒有細胞核。高等動物血液的紅色是由於紅血球裏面含有紅血素，並不像蚯蚓，血紅素是散在血漿裏，紅血球的機能可以說完全基於血紅素，血紅素是一種含鐵素的生質精，主要的機能有兩種：第一是運輸氧由肺至體素；第二是運輸二氧化碳由體素至肺。關於這兩種作用等在講呼吸時再詳細敘述。

② 白血球及其機能 白血球較紅血球大，但因為數目很少，所以普通不易看到。白血球無色，種類很多，他們差不多都能作變形蟲狀運動，在相當情況下可以由微血管滲出。白血球的主要機能是清除侵入體內的細菌、毒物和已破壞的體素。此外據說白血球還能產生溶菌素 (Bacterolysin) 殺菌，運輸養料供給沒有血液循環的體素如結締體素，和上皮。並幫助小腸吸收食物，和血液的凝固。

③ 凝血球的機能 凝血球的惟一機能就是幫助血液凝固。關於血液凝固的理論有許多學說，大概說來就是當血液流到血管外或在血管裏與外物接觸時，凝血球即被破壞，發生化學變化，把血液裏面液

體狀的原纖維精改變成固體的纖維精 (Fibrin), 纖維精纏繞着血球造成血塊, 結果血液便凝固了, 血液凝固可以把傷口堵塞, 不致大量出血。

④ 血漿的功用 血漿是一種微帶鹼性的液體, 主要的功用是把吸收的養料和有用的物質如刺激素, 抗毒素送到身體各部, 同時又將身體產出的廢物運到排洩器官。此外血漿又是細胞生活最適宜的環境, 細胞離開了血漿就難以生活。動物在大量出血以後往往危及生命就是因為這個原故。

血液的功用 總結以上可知血液的功用不外是供給細胞以適宜的生活環境; 運輸食物和廢物; 運輸氧和二氧化碳; 運輸刺激素和抗毒素; 清除廢物, 消滅有害的細菌; 使流出的血凝固, 自動堵塞傷口。

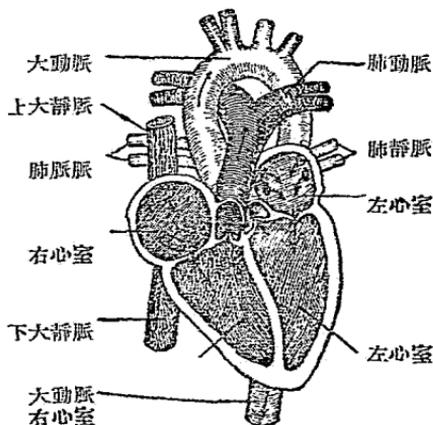
(二) 血管 (Blood vessel)

脊椎動物的血管有三種: 一種是引導血液離開心臟而到身體各部的血管叫作動脈 (Artery); 一種是把身體各部的血液引導入心的血管叫作靜脈 (Vein); 動脈和靜脈之間被一種叫作微血管網 (Capillary) 的小血管相連結。

三種血管之中以動脈管最厚，靜脈次之，微血管最薄是由單層細胞合成的。靜脈管裏有瓣膜可以防止血液逆流。

(三) 心臟 (Heart)

蚯蚓的心臟祇是較大而有收縮力的一種血管，到了脊椎動物心臟的構造比較複雜多了。每個心臟可分成幾部。魚類的最簡單祇分作兩部，一部是心耳 (Auricle)，一部是心室 (Ventricle)，蛙的心較魚的複雜有左右兩個心耳一個心室；人類和其他哺乳動物與鳥類的心臟最複雜可分為四部即左心耳，右心耳，左心室，右心室。人的心臟有自己拳頭大，位在胸腔中部，尖端略偏向左邊。



第三十四圖 人心及相連血管圖解

心耳與心室之間或心室與主動脈(大動脈)和肺

動脈)之間有瓣膜,瓣膜的功用也是防血逆流。右心耳與右心室之間的瓣膜是由三瓣結締體素合成的叫作三尖瓣(Tricuspid valve);左心耳與左心室之間是由兩瓣合成的叫作二尖瓣(Bicuspid valve),或僧帽瓣(Mitral valve);右心室與肺動脈間和左心室與大動脈間各有三個半月形的瓣膜叫半月瓣(Semilunar valves)。

(四) 血液的循環

血液不斷由心臟經動脈流出去不斷由靜脈流回心臟,這樣循環不息的流動叫作循環。當循環時血液就把養料和氧送給各體素同時把各體素產生的廢物運給排洩器官。血液循環流經的血管在各種脊椎動物不都一樣,現在把魚類,蛙和人的血液循環敘述於下。

魚類的血液循環 魚類的血由心出來,經過入鰓動脈(Afferent branchial artery)流入鰓部,在鰓部分成許多微血管,排出二氧化碳吸進氧,然後經出鰓動脈(Efferent branchial artery)離開鰓部流入背大動脈(Dorsal aorta)。大動脈有許多分枝通到各器官,

這些分枝到了各器官裏就分成無數微血管，血液於是就能把氧和食物送給各體素。血液由各體素附近向回流的時候接受了代謝作用所產的各種廢物或者是由腸子吸收的養料以及各種內分泌物。這些物質由微血管經靜脈漸漸又流回心臟。心耳和靜脈之間有一個膨大的部分叫作靜脈竇 (Sinus venosus) 是血液未入心前必經之路；心室動脈之間也有一個膨大的部分叫作動脈圓椎 (Cornus arteriosus) 是血液既出心後必經之路。

蛙的血液循環 蛙的血液循環和魚類不同。蛙的血由心臟出來之後要走兩個路徑：一個路徑是心室的一部血液經過體動脈 (Systemic artery) 分佈到各器官體素，以後經過體靜脈 (Systemic vein) 流回右心耳，再入心室。另一個途徑是另一部血液由心出來經肺動脈 (Pulmonary artery) 流入肺，在肺裏的微血管行氣體交換以後就由肺靜脈 (Pulmonary vein) 流經左心耳返回心室。

人類的血液循環 人類和其他哺乳動物的血液循環大體和蛙相同也是分兩條路徑，所不同的就

是我們的心臟構造更完密，除左右兩心耳外，心室也分成左右兩個了。

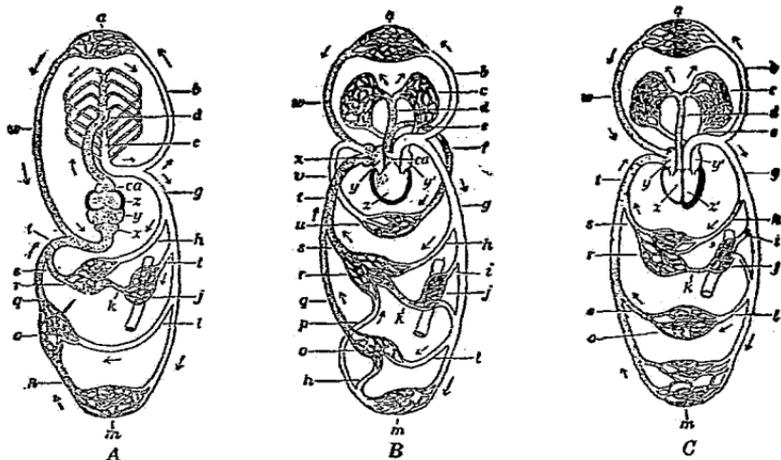
由左心室出去的血液經體動脈，動脈，小動脈而至身體各部的微血管，把養料和氧送給各體素，把體素產的廢物吸收了，以後由小靜脈，靜脈，上下大靜脈 (Pre-venocava and post-Venocava) 經右心耳流入右心室。由右心室出去的血經肺動脈流入肺泡周圍的微血管行氣體交換排出二氧化碳，把氧吸入，以後由肺靜脈，左心耳入左心室。

(五) 淋巴和淋巴的循環

血液祇能在血管裏循環流動，並不與體素的各細胞相接觸。最小的微血管也有一層細胞，所以血液要和細胞發生接觸，必須透出微血管。各種體素如果欲得到由血液運來的養料和氧，或者是把所產生的廢物送到血液，必先經過一個中間使者，這就是淋巴 (Lymph)。

淋巴及其功用 淋巴是由微血管透出的白血球和血漿合成的色淡黃。淋巴的主要功用補助血液的不足，因為血液不能離開血管直接把有用的物質

送給各體素又不能直接運走無用的廢物。淋巴可以自由的在細胞間隙中流動，能與各體素細胞直接接觸，所以養料，氧和廢物都可以直接給細胞或者是運



第三十五圖 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. 引血到頭部的動脈；c. 肺裏的微血管；Ca. 圓椎動脈；dA. 引血液進腦部的動脈；dB. dC. 肺靜脈；eA. 引血離鰓的動脈；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. 肝部裏的微血管；s. 肝靜脈；t. 由身體後部引血回心臟的靜脈；u. 皮膚的微血管；v. 皮膚靜脈；w. 由頭部引血回心臟的靜脈；x. 靜脈竇；yA. 心耳；yB. yC. 右心耳；z. 左心耳；zA. zB. 心室；zC. 右心室；z. 左心室。箭頭表示血液行的方向。

走。

淋巴的循環 淋巴是由血管出來的，末後仍要歸回血管，與血液相混，加入血液的循環。淋巴由微血管出來先在細胞間隙中流動，後來就流入一些小淋巴管裏 (Lymphatic vessels)，許多小淋巴管匯合成大淋巴管，再由大淋巴管流入靜脈。淋巴管裏有瓣膜可防止淋巴逆流。蛙的淋巴管不發達，但有兩對能跳動的淋巴心 (Lymph heart)，一對在第三椎骨的附近，另一對在脊柱的末端。淋巴心的跳動可使淋巴流動。人類沒有淋巴心，但是淋巴管很發達，其中最大的一條叫作胸管 (Thoracic duct)。差不多身體大部分的淋巴都要匯合到這條胸管，然後再流入靜脈。

(六) 脾 (Spleen)

在胃的附近有一紫紅色的器官叫作脾，從前曾經被認為是一個與消化有關的腺體。現在知道脾與消化無關他的主要功用是貯存血液。尤其是紅血球，當身體需要多量血液的時候，就可由脾裏放出來加入循環。此外脾又能製造紅血球和白血球。

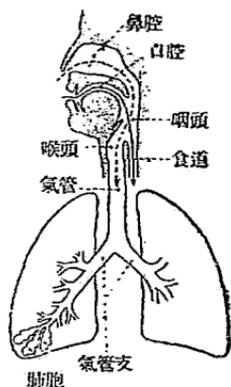
第五節 呼吸器官和氣體交換

(一) 呼吸器官

單細胞和簡單的多細胞動物沒有專管呼吸的器官；稍高等的動物多用皮膚，如蚯蚓；再高等的用氣管，如各種昆蟲；到了脊椎動物呼吸器官變為鰓和肺，水居動物多用鰓，陸居動物都用肺。

呼吸器官可分為兩部：一部是氣道 (Air passages)，一部是肺 (Lung)：

氣道 氣道包括鼻腔，喉頭 (Larynx)，氣管 (Trachea)，支氣管 (Bronchi) 和小支氣管 (Bronchioles)。出入的氣體祇在氣道裏經過並不發生變化。氣管是由許多 C 字形的軟骨環和平滑肌合成的，氣管的下端分成左右兩條支氣管，支氣管自連着許多小支氣管，小支氣管是由結締體素和平滑肌合成的，沒有軟骨，這些小支氣管能收縮，末端與肺相通。



第三十六圖 人的呼吸器官圖解。

肺 蛙的肺較簡單祇是兩個囊狀的構造。人的肺很複雜。每個支氣管末端連着幾個肺卮 (Infundibula), 肺卮好似長袋, 四周伸出許多小泡叫作肺泡 (Alveoli), 肺泡的周圍纏繞着許多微血管, 所以血液的氣體能夠和肺裏的氣體交換。肺泡很小, 數目很多在成人全肺大約有八十萬個, 所以肺的面積很大, 有人估計全肺的總面積大概要等於身體的一百倍。許多肺卮合起來, 成爲一個肺小葉 (Lobule), 幾個肺小葉合成一個肺葉 (Lobe) 我們的肺葉大小共五個左邊二個合爲左肺; 右邊三個合爲右肺。

(二) 氣體的交換

呼吸作用, 簡言之就是生物體內與體外氣體的交換。有了呼吸作用, 體內的細胞便可得到界的氧, 並且能把體內的二氧化碳排洩出去。生物的活動沒有一時一刻停止, 活動須消耗能力, 所以能力的供給也不能有一刻的間斷, 能力是由食物的氧化得來的, 食物的氧化必須空氣中的氧, 生物體內沒有儲藏氧的構造, 所以必須不斷的從外界攝取。一切養料被氧化以後, 末了差不多都要變成水和二氧化碳, 二氧化碳

對於身體不但沒甚麼利益，如果集聚太多反而有害，生物體內的氧化作用是沒有間斷的，所以二氧化碳的排出也必須永不停止。由以上所講的看來，呼吸的功用無非是攝取氧而排出二氧化碳了。

氧的交換和運輸 由於生理上的試驗已經證明吸入的氣體含有較多的氧和較少的二氧化碳，而呼出的氣體含有較少的氧和較多的二氧化碳。簡言之就是由肺排出了二氧化碳，吸進了氧。現在先討論如何得取氧。吸入的氣體經過氣道，最末後到了肺泡，肺泡周圍的微血管充滿着由右心室流來的血液，這種血液是由身體各部流來的，裏面含氧很少，二氧化碳很多，氣體都能擴散就是由多的地方往少的地方流動，肺泡裏的氣體含氧較微血管裏的多，所以氧便由肺泡透過肺泡壁和微血管壁而入血以後流回心臟，運送到身體各部，血中的紅血球含有血紅素，血紅素有一種特性能夠和氧作一種很輕鬆的氧化 (Oxidation)。現在有人認為血紅素同氧不是起氧化作用，而是一種輕鬆的合併叫作氧合 (Oxygenation)，又能很容易的同氧分離。在氧多的時候就同氧合，到氧少

的地方或真空裏就同氧分離。當含氧多的血流到體素的時候，因體素裏含氧很少所以氧就同血紅素分離透入了體素。

二氧化碳的交換和運輸 二氧化碳是由體素細胞產生的，所以各體素裏所含的二氧化碳較血中為多，當血液流經體素的時候一方面血中的氧放出送入體素，另一方面體素中的二氧化碳就進了血液，關於二氧化碳運輸和在血中變化的詳情，現在仍未十分確定，但大體是這樣：二氧化碳入血後，一部分在血漿裏和水變成碳酸 (Carbonic acid)，後來碳酸同鈉化合變成了重碳酸鈉 (Sodium bicarbonate)，另一部分直接透入紅血球也是先同水變成碳酸，後來就與紅血素中的鉀合併成重碳酸鉀 (Potassium bicarbonate)。這種由體素流來的血液回到心臟，以後經肺動脈流到肺部，到了肺泡周圍的微血管以後，重碳酸鈉和重碳酸鉀都分離將二氧化碳放出這時血中多量的二氧化碳就從血中透入了肺泡，末後由肺經氣道排出體外。

第六節 排洩器官和排洩

生物身體排洩廢物的裝置實際上是和供給養料的器官同等重要，祇有養料的運入沒有廢物的輸出，生物是不能長久生存的。因此所有的生物都能把代謝作用所產的廢物排洩出去，而且在大多數的動物都有專司排洩的複雜器官。脊椎動物的主要排洩器官是腎臟(Kidney)，其次如鰓，肺，皮膚和肝臟也都能排洩。

排洩物的種類因所吃的食物而不同。糖和脂肪的分解物為水和二氧化碳，生質精的分解物除水和二氧化碳以外尚有尿素(Urea)，尿酸(Uric acid)，和氨(Ammonia)等。

(一) 鰓，肺，皮膚，和肝臟。

鰓和肺本是呼吸器官，但是因為所呼出的是代謝作用所產的二氧化碳，所以也可看作有排洩的功能。

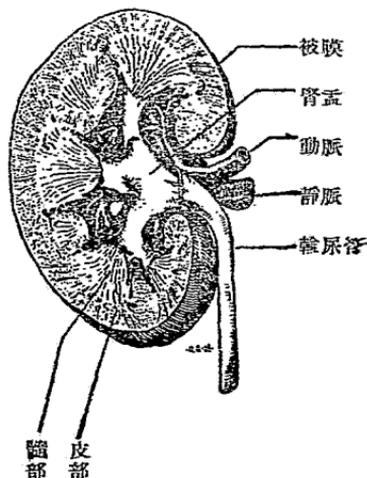
皮膚的功用是保護身體，蛙的皮膚具有很重要的排洩功能，因為他的皮膚所洩出的二氧化碳比由肺排出的還多。在高等脊椎動物如人類，皮膚的排洩

祇限於汗腺 (Sweat gland) 據統計的結果一個人的汗腺大約有三百萬,如果連接起來總有幾哩長。這些汗腺都開口在皮膚的表面汗腺排出的就是汗,汗裏除大部分是水外,尚有尿素,脂肪酸和一些無機鹽類。

肝臟在分泌膽汁和能夠把血中多餘的單糖變為動物澱粉之外,又能夠把血中有害的氮化物收集起來改變成尿素,以後再送還血液,末後由血液輸入到腎臟。

(二) 腎臟

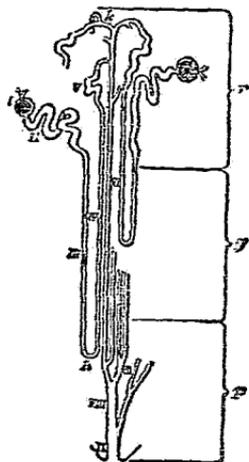
腎臟是一對紫紅色的器官,位於腰部脊柱的兩旁,蛙的腎扁長如帶,人類和其他哺乳動物的腎是豆狀。腎連着一條長管叫作輸尿管 (Ureter), 管的下端直通膀胱 (Urinary bladder), 管的上端伸入腎部擴大為腎盂。



第三十七圖 人腎縱切面

腎的構造 把腎由外沿到內沿作一縱切面,可以看出分爲兩部,外部紅褐色叫做皮部 (Cortex), 內部叫髓部 (Medulla)。髓部由幾個塔狀體 (Pyramid) 合成, 塔狀體的頂端成乳頭狀伸入腎盂。

腎是由許多叫作微尿管 (Uriniferous tubule) 的細管組成的, 每條管起始在皮部, 頂端膨大叫作鮑曼氏囊



第三十九圖 腎微尿管模式圖。

r, 皮部; g.P., 髓部;
I. 馬爾皮基氏小體;
II. 第一彎曲管;
V. 第二彎曲管;
VI., VII., VIII. 收集管。



第四十圖 微血管與微尿管的關係

a. 小動脈管在鮑曼氏囊內形成微血管球;
c. 到彎曲管的微血管; v. 靜脈;

(Bowman's capsule), 囊的頂端凹入, 在凹入的地方有一個由微血管集合成的微血管球 (Glomerulus) 伸進去, 鮑曼氏囊與微血管球又可合名馬爾皮基氏體 (M

alphan body)。每條微尿管都可分為幾部，連着鮑曼氏囊的部分叫作頸，頸的下面有幾個彎曲叫作第一彎曲管 (First convoluted tubule)，以後由皮部變成直管降入髓部，在髓部裏彎回又升入皮部作第二次的彎曲成爲第二彎曲管 (Second convoluted tubule)。下面連到一條較粗大的收集管 (Collecting tubule)。收集管直伸入髓部，末端開口在塔狀體的頂端，通入腎盂。

尿的分泌、儲藏和放出 腎所收集的廢物是尿，尿是由血液進入腎的，當血液流到微血管球以後，就由血管過濾到鮑曼氏囊，許多生理學家都已證實微血管球是最適於過濾作用的一種構造，尿到了鮑曼氏囊就一直經過微尿管的各部而流入腎盂。

腎盂裏充滿了尿以後，牠四壁的肌肉就發生收縮，裏面的尿就由輸尿管流入膀胱，膀胱裏充滿尿後，四壁肌肉也被迫起收縮，結果驅尿經尿道 (Urethra) 而出體外。

腎臟的進化 腎臟進化的歷史在脊椎動物裏表現的最完全。脊椎動物腎的基本構造與蚯蚓的腎

管相仿，現在爲容易明白起見，先把蚯蚓的腎管再稍加敘述。

蚯蚓的每個環節都有一對腎管，每一腎管都分爲兩部：一部成漏斗狀與體腔相通，用以收集體腔內的廢物，另一部成彎曲的細管，從周圍的血管裏吸取血中的廢物。這些廢物到了腎管就由通到外面的腎孔排出體外。由此可知蚯蚓的腎管既能從體腔中收集廢物又能從血中吸取。

脊椎動物的腎可分爲三種：最簡單的一種叫作前腎 (Pronephros)，前腎是由幾個腎管合成的，排列在體腔的前端，中線的兩旁。這些腎管不像蚯蚓的那樣單獨的開口在外面而是通到一條共同的管裏，這條管叫作前腎管 (Pronephric tube)，前腎管的末端開口在體外。各種脊椎動物在胚胎的早期都有這種腎生出，但蝌蚪時期的腎仍是前腎，有排洩功能。較高等的動物，前腎生出不久就消滅了，後來在前腎的後方另生出與前腎相似的一些腎管叫作中腎 (Mesonephros)，中腎仍然開口在前腎管，不過這時的前腎管已改名爲中腎管而已。魚類和兩棲類的腎就是中

腎,其他較魚類和兩棲類高等的爬蟲,鳥類和哺乳動物祇見於胚胎期,再高等的動物中腎又被第三種叫作後腎 (Metanephros) 的代替了。後腎就是普通我們所認為的腎。爬蟲,鳥類,哺乳動物的腎都屬於這一種。後腎開口在後腎管就是輸尿管。原來的中腎管在雄體變作了輸精管,在雌體則消滅無餘。但雌體的原腎管仍然存在,變成了輸卵管。前腎管又可叫作穆勒氏管 (Mullerian tube),中腎管又可叫作吳爾夫氏管 (Wolffian tube)。由以上所講的看來我們高等動物的腎也是由許多小管合成,不過這些小管被結締體素連結包圍起來成了一種緊密的實體而已。各小管在腎裏都是直接從血液把尿收集起來,然後流注到腎盂,再排出體外。

第七節 無管腺

(一) 無管腺和刺激素

脊椎動物的身體有一類無排出管的腺體,這類腺體所分泌的物質不能排出腺外而直接入血。像這樣無排出管的腺體叫作無管腺 (Ductless gland) 或



內分泌腺 (Endocrine gland)。他們的分泌叫作內分泌 (Internal Secretion)，其分泌物叫作刺激素 (Hormone)，刺激素有激動或者阻遏別個器官的機能。

(二) 無管腺的種類和機能。

甲狀腺 (Thyroid gland) 甲狀腺位於氣管和喉頭相接處兩旁。甲狀腺的分泌物叫甲狀腺素 (Thyroxin, $C_{15}H_{11}O_4N_4$)。

甲狀腺有兩種主要功用；一是刺激細胞的代謝作用，一是維持年幼動物的發育。如果分泌太多太少，身體都要受影響。

① 缺乏或低能作用的影響 缺乏甲狀腺或者是由於甲狀腺的低能作用 (Hypofunction) 分泌不足，都將影響到身體的正常動作。如果把年幼動物的甲狀腺完全割去，就要漸漸的看到身體生長很慢，毛稀，皮糙，代謝作用降低，行動遲緩，性器官不能發育。成長動物如缺甲狀腺，日久代謝作用也降低，皮變厚，毛髮脫落。人類有患呆小症 (Cretinism) 及厚皮病 (Myxoedema) 的，也是由於甲狀腺的低能作用。

② 過度作用 甲狀腺如果太發達或分泌太多

叫過度作用 (Hyperfunction)。人類受了這種過度作用的影響以後代謝作用增強，脈搏加速，如果再嚴重了，眼球就要突出，手指顫動，神經過敏。

副甲狀腺 (Parathyroid) 副甲狀腺是四粒生在甲狀腺上面或者裏面的無管腺。主要的功用是調節血中鈣的含量。近來有人從副甲狀腺提取出一種分泌物叫副甲狀腺素，但是化學成分仍未判明。副甲狀腺的截除或低能作用常發見肌肉顫動，甚至痙攣，血鈣減少，氣喘，發燒，嘔吐，等症象，幾天以後即行死亡。副甲狀腺的過度作用常使血鈣增高，肌肉衰弱。

腎上腺 (Adrenal gland) 腎上腺有兩個，位於腎的上內方。每個腎上腺可分為兩部，在外的為皮部 (Cortex)，在內的為髓部 (Medulla)。從生理方面看來，皮部和髓部完全是兩個器官。皮部是與生命最關重要的，髓部就不然。現在分述在下面：

① 皮部 在試驗方面已經證明如果把髓部割去留下皮部，動物不致發生什麼變化，也不會死亡。假如連皮部也切去，最多祇能活兩三天。皮部的分泌物叫作皮素 (Cortin)，現在已被人提取出來，分子式為

$C_{20}H_{30}O_5$ 。皮素雖然對於生命的存在很關重要，但是皮素的機能如何，現在仍未確定，普通皮部裏含有很多的丙種維生素，丙種維生素與細胞的氧化和還原有密切的關係，大概皮部的作用為調節細胞的氧化和還原。人類有患安迪生病 (Addison disease) 的，據說是由於腎上腺的枯萎所致。這種病的症狀為皮膚現青銅色，嘔吐，肌肉衰弱，日久不免於死亡。

② 髓部 髓部的分泌物叫腎上腺素 (Adrenaline) 分子式為 $C_9H_9(OH)_2CHOHCH_2NHCH_3$ 。腎上腺素功效很大，些少的分量可喚起身體劇烈的反應。平常在閒逸的時候，髓部的分泌很少。在劇烈的感情作用，肌肉運動，疼痛等情況之下，可使腎上腺素的分泌增加，結果引起血壓增高，心跳加快，腸胃停止運動，血糖增加，肌肉緊張等現象。

胰島腺或蘭氏島 (Islands of Langerhans) 胰腺是一種消化腺，在胰腺裏面分散着一種無管腺叫蘭氏島。蘭氏島的分泌物叫作胰島素 (Insulin)，其化學結構尚未判明。胰島素的主要功用是節制醣類的新陳代謝。如果把犬或貓的胰腺完全除去，在二十四

小時內將發現血糖增高或糖尿病,這種由於胰腺所生的影響而得的糖尿病叫作胰糖尿病 (Pancretic diabetes)。

人類也有患糖尿病的,其中最劇烈的和胰糖尿病相似。普通得糖尿病的原因大概不是由於胰島素分泌不足便是肝臟有病,致放糖太多。這類病都可用胰島素治療。

腦下垂體 (Hypophysis) 腦下垂體位於大腦下方,可分為前葉 (Anterior lobe) 和後葉 (Posterior lobe) 兩部。前葉和後葉的作用,完全兩樣,現在分述在下面:

① 前葉 前葉能分泌好幾種刺激素。主要的機能是調節身體的生長,尤其是骨骼的生長。分泌不足的動物生長極慢,如分泌過盛將長成巨大的形狀。人類有患長骨病 (Acromegaly) 的,據說是由於前葉分泌太多。患這種病的人骨頭長的很長,特別是下顎骨和四肢骨。此外前葉的分泌素又可調節其他無管腺的分泌,例如分泌不足或前葉枯萎,性器官將不發育。人類之患佛李氏病 (Frohlich syndrome) 的,身體矮小肥胖,性器官永如童年,據說是與垂體的低能作用

有關。再如甲狀腺和腎上腺的分泌也受前葉分泌素的影響。有人說腦下垂體爲無管腺的主人翁，確是不錯。

② 後葉 後葉的分泌素叫作垂體素(Pituitrin)。如把垂體素注入到動物的血管裏，將見血壓增高，子宮和其他器官的平滑肌收縮，在魚類和兩棲類皮膚細胞的色素可因垂素的影響而擴大。

性腺 (Sexual gland) 性腺在雄性動物是睪丸 (Testes)，雌性動物是卵巢 (Ovary)。睪丸和卵巢雖屬生殖器官但除能產生生殖細胞外又有內分泌的機能。性腺的內分泌物主要的功用是調節附性器官和副性徵 (Secondary sex character) 的發育。我們知道雌雄的不同除睪丸和卵巢外還有很多的差異即附性器官和第二性徵的不同例如雄性的陽莖，輸精管，雌性的子宮，陰道輸卵管是附性器官。男人的鬍鬚，高大的體格，突出的喉頭，宏大的聲音和女人發達的乳腺，廣闊的盆骨，溫和的性情是第二性徵。

① 睪丸 如將幼動物的睪丸割去，牠的一切雄性徵都將無從發長。試以雞論，成長的雄雞，肉冠和羽

毛都很美麗，性情好鬥，如果把雄雛雞的睪丸割去，長成之後，美麗的冠，羽都不如常了。閹過的羊或鹿也是如此，一切雄性的表現都不復見。我國從前的太監和歐洲中古的和尚，大多是受了閹割的，這種人的形狀像貌好似中性的男子，性情溫和，面部無鬚，聲音低小，一切副性徵都不顯明。

② 卵巢 去掉卵巢的動物長大以後，第二性徵和副性器官都不發達。據現在所知卵巢的內分泌素大概有三種主要的功能。一是管理附性器官和第二性徵的發育；二是調節附性器官的週期變化，如動情或行經；三是控判懷孕和分娩。

除以上所講的幾種無管腺外，胸腺 (Thymus) 和松果體 (Pineal body, 又名腦上腺 Epiphysis) 也是無管腺，但是能否分泌刺激素到血液而影響別的器官，現在仍未確定姑從略。

第八節 神經系統

動物身體各器官的通力協作，或者是互相調合，須賴其他的媒介來聯絡完成。聯絡的媒介有兩種：一

種是血液,一種是神經。血液的流動緩慢,而且能流到身體的各部,所以血裏所運輸的化學物質特別是刺激素可以同時影響很多的器官。神經傳導極快,傳達的刺激祇限於受神經支配的器官,因此所發生的動作是固定的,但是很快。

(一) 神經系統的分類

脊椎動物的神經系統又可分為三個系統:即中樞神經系統(Central nervous system),外圍神經系統(Peripheral nervous system)和自治神經系統(Autonomous)。中樞神經系統包括腦(Brain)和脊髓(Spinal cord);外圍神經系包括許多對神經;自治神經系統由交感神經系統(Sympathetic system)和副交感神經系統(Para-sympathetic system)合成。神經系統是由無數神經細胞組成的,神經細胞是組成神經系統的單位,又名神經原(Neurone)。

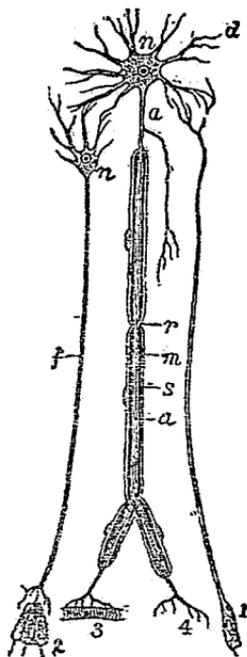
(二) 神經原

每個神經原可分為細胞體(Cell body)和突起(Process)兩部。

細胞體 神經細胞的細胞體與別種細胞的結

構大體相同,有細胞膜,細胞質,細胞核等,但除此以外更有叫作尼斯體(Nissl body)的顆粒和許多小神經纖維(Neurofibrils)。這兩種物體的功用如何現在仍未完全確定。

突起 神經細胞的突起普通有兩種:一種叫樹狀突起(Dendrite)簡稱為樹狀突;一種叫軸狀突起(Axon)簡稱為軸狀突。這些突起就是神經纖維(Neuro-fiber)。神經是由許多神經纖維合成的。樹狀突短而多分歧,每個細胞可有幾個這樣的突起。軸狀突長,每細胞祇有一個。樹狀突的功用普通是傳達刺激到細胞體,軸狀突的功用是由細胞體傳達衝動到運動器官。軸狀突的外



第四十一圖 神經細胞和他們的連絲。

- n. 細胞體; d. 樹狀突;
 a. 軸狀突; s. 髓鞘;
 m. 神經膜; r. 瑞微爾結節;
 1, 2. 感覺細胞; 3. 肌肉;
 4. 運動神經纖維末端;
 f. 感覺神經纖維。

面有一層鞘叫作髓鞘 (Medullary or myelin sheath), 髓鞘在每一定的距離出現一個結節叫作瑞微爾結節 (Node of Ranvier), 在結節處沒有髓鞘, 髓鞘外面有一層神經膜 (Neurilemma), 無鞘神經沒有髓鞘, 祇有神經膜, 有鞘的軸狀突在終止器官的附近也沒有髓鞘, 髓鞘的功用據大多數生理學家的意見是保護軸狀突, 又像電綫的絕緣物可以防止神經衝動由軸狀突散漫到外邊。

(三) 中樞神經系統

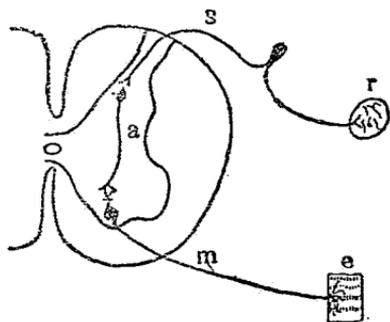
中樞神經系統由脊髓和腦組成。腦又可分為大腦 (Cerebrum), 間腦 (Diencephalon), 中腦 (Midbrain), 小腦 (Cerebellum) 和延髓 (Medulla) 五部, 現在把各部的構造和機能分述在下面。

脊髓 脊髓好像一條圓柱藏在脊柱的神經管裏。在人類脊髓生有三十一對脊神經 (Spinal Nerve), 脊神經由椎骨穿小孔而出, 每條脊神經有兩個根: 一個在背面叫作背根 (Dorsal root 或稱後根 Posterior root), 一個在腹面叫作腹根 (Ventral root 或稱前根 Anterior root), 背根為感覺神經, 腹根為運動神經。

每個背根上有一脊神經結 (Spinal ganglion), 脊神經結裏有神經細胞, 神經細胞的樹狀突伸入感官, 軸狀突則進入脊髓。

脊髓中有兩種物質: 中央的叫灰質 (Gray matter) 由神經細胞體和樹狀突組成; 外圍的叫白質 (White matter), 大部為有鞘的軸狀突所組成。

脊髓的機能有兩種: 一種是傳導刺激, 一種是發生反射動作 (Reflex action), 或者說脊是傳導的徑路又是發生反射動作的中樞。脊髓的傳達有幾個不同的方向他可以把各種感覺器官接受的刺激傳到腦, 而



第四十二圖 脊髓的橫切面, 表示反射弧。r. 受器器。s. 感覺神經; a. 反射中樞; m. 運動神經; e. 肌肉。

喚起感覺, 又能把由腦發出的衝動傳至肌肉而引起收縮。此外也能由脊髓的這一部傳至另一部。反射動作是一種最簡單而不必學習的動作, 如我人的瞬目, 噴嚏, 咳嗽等, 反射動作是沒有意識的, 所用的時間

都很短。一個反射動作的發生必先有刺激，刺激觸到感覺器官就經感覺神經，反射中樞，運動神經而至運動器官，再發生反動。由此可知引起反射動作的刺激是要經過一定的路線的，這個路線包括感覺神經，反射中樞和運動神經。前面已經講過脊神經的背根是感覺神經，腹根是運動神經。至於反射中樞是位在脊髓的灰質裏，也是神經細胞，這種神經細胞一端與感覺神經接觸，一端與運動神經接觸。像這樣的一條路線叫作一個反射弧 (Reflex arch)，刺激經過反射弧所引起的動作就是反射動作。

延髓、中腦與間腦 這三部的主要機能也是傳達刺激和發生反射動作。延髓裏有許多反射中樞，如呼吸中樞，心跳中樞，血管舒縮中樞，嘔吐中樞，和發汗中樞等。其中以管理呼吸和心跳的中樞為最重要，動物的延髓如果受到傷害，呼吸和心跳就要停止，受害的動物就要立刻死亡了。中腦裏有管理眼部反射的中樞。間腦裏有管感情作用，嗅覺和味覺等反射中樞。

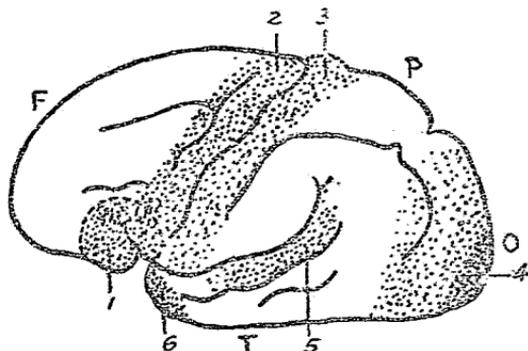
小腦 小腦的外面是灰質，裏面是白質，在結構上與脊髓恰相反。小腦的主要機能是使身體各部的

肌肉有合步的動作，同時又使動作的肌肉有力量在平常可使肌肉緊張。假如把動物的小腦截除就可看出這個動物的肌肉不能作合步的運動，沒有氣力，缺乏緊張，所以動作起來就如狂醉一樣。此外小腦對於維持身體的姿勢也很重要。例如我們學一種運動，起初一舉一動必須留心，但是經過長期的練習以後，便無須留心就可做的合步了。依照生理學的解釋，當初學時一舉一動都受大腦的管理，時間長了，小腦就代替了大腦的職務，所學的運動就變成無意識的動作了。神經學家哈瑞克 (Herrick) 曾說大腦好像一個立法機關，小腦就像一個行政機關，法律已經成立之後，執行起來便可完全靠行政機關了。

大腦 大腦也和小腦一樣是灰質在外面，白質在裏面。蛙和其他較下等的脊椎動物，大腦不發達。大腦可分為左右兩個大腦半球 (Cerebral hemisphere) 人類的大腦半球最發達，表面有許多摺皺，摺皺與摺皺之間有深淺不同的溝痕，解剖學家就利用這種溝痕把大腦半球分為許多部。

根據許多醫生的報告和生理學家的研究，知道

大腦有分區作用,就是某部專管某種作用。大腦可分作三區:就是感覺區(Sensory area),運動區(Motor area),和聯絡區(Association area)。



第四十圖 大腦的分區。F,頭前葉; P,顱頂葉;
O,頭後葉; T,顱顳葉; 1.言語中樞; 2.運動區;
3.皮膚與肌覺; 4.視中樞; 5.聽中樞; 6.嗅覺與味覺;
空白為聯試區。

感覺區有四處即視區,聽區,皮膚及肌肉感覺區,和嗅味區。視區專管視知覺,如果把大腦半球的這兩個視區完全毀壞,結果就變成盲瞎;聽區如完全毀壞,動物就不能有聽知覺;皮膚及肌肉感覺區是與皮膚的感覺和肌肉的運動感覺有關,如果這個區域完全毀壞,皮膚和肌肉的感覺將完全喪失,嗅味區在大腦半球的部位,現在仍未確定,不過我們相信一定也有

專管嗅和味的部位，這個區域的毀壞，結果將喪失了嗅覺或味覺。

運動區專管各種隨意的運動，如四肢面部，和身體各部肌肉的動作。據用別的动物試驗和醫生的報告，證明如果運動區的一部毀壞，就有一部分的肌肉變成麻痺不能隨意動作。

聯絡區所佔的部位很大，大腦半球上除感覺區和運動區以外都是聯絡區。聯絡區的職務是聯絡大腦半球的各部。我們學習一種動作必先受到刺激，如聽見，看見，這種刺激傳到感覺區可使我們發生感覺，有了感覺大腦就可發出命令使某部的肌肉動作，但是感覺區所接到的刺激如何到了運動區呢？這就是要經聯絡區了。所以聯絡區如果毀壞了，雖然仍能有感覺，但是就不能作有意識的動作了。

(四) 外圍神經系統

外圍神經系統是由許多對腦神經 (Cranial nerve) 和脊神經 (Spinal nerve) 組成的。蛙的腦神經和脊神經都祇有十對，人類的腦神經有十二對，脊神經三十一對。有了腦神經和脊神經的聯絡，腦和脊髓就能

與感覺器官和運動器官發生關係了。腦神經由腦生出，穿出頭骨分佈在頭部的感官、肌肉和皮膚；脊神經生自脊髓，由椎骨穿出而分佈在身體和四肢的肌肉及皮膚。現在把人類十二對腦神經的名稱和機能列成一表，以備參考。

名 稱	機 能
1. 嗅神經 (Olfactory N.)	嗅覺
2. 視神經 (Optic N.)	視覺
3. 動眼神經 (Oculomotor N.)	眼球運動
4. 滑車神經 (Trochlear N.)	眼球運動
5. 三叉神經 (Trigeminal N.)	上下顎運動。頭部感覺。
6. 外旋神經 (Abducens N.)	眼球運動
7. 顏面神經 (Facial N.)	唾腺分泌 面部肌肉運。 舌前部的味覺。
8. 聽神經 (Auditory N.)	聽覺，頭部位置的感覺。
9. 舌咽神經 (Glossopharyngeal N.)	唾腺分泌。咽喉感覺。 舌後部味覺。
10. 迷走神經 (Vagus N.)	內臟的運動。咽喉和胸腔， 腹腔的感覺。
11. 副神經 (Accessory spinal N.)	咽和肩部的肌肉運動
12. 舌下神經 (Hypoglossal N.)	舌的運動

(五) 自治神經系統

自治神經系統由交感神經系統和副交感神經系統合成。交感神經系統主要的是兩條交感神經鏈 (Sympathetic chain), 這兩條神經鏈位在脊柱背部兩旁, 每一條都是由許多神經結連合成的, 神經鏈上有神經, 這些神經一端連到附近的器官, 另一端與脊髓相通。

副交感神經系統是由分散在體內的許多神經結和由中樞神經系統伸出來的一些神經合成的。這些神經本屬於中樞神經系統, 但是因為他們的功用是傳達刺激到內臟, 所以可算作自治神經系統。

自治神經系統的職務是管理液腺的分泌, 和氣管, 心臟, 胃, 腸, 膀胱, 和生殖等器官的不隨意肌的運動。每個內臟器官常受兩種自治神經的管理。有許多器官其交感神經的作用是使這個器興奮, 副交感神經可阻止或減低該器官的活動, 有的相反, 前者阻止或減低某器官的活動, 後者反使他興奮。總而言之, 這兩種自治神經系統的機能是相反的, 就是各管一方。

第九節 感覺器官

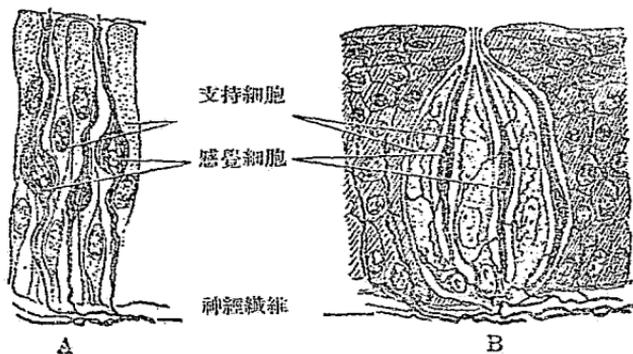
感覺器官 (Sense organ) 是專門感受刺激的器官。單細胞固然沒有專門的感覺器官，就是以前所講的水螅、蚯蚓等多細胞動物，身體上也是沒有特化的感覺器官，他們的全體可看作是一個感官，能夠接受各種不同的刺激。脊椎動物的身體構造複雜而且體形很大，感受外界刺激的職務不是身體每一部都能兼顧的，而是由專門的感覺器官來管理。普通每種感覺器官祇能接受一種刺激，刺激的種類很多，因此我們的感覺器官也有幾種。如感光的眼睛，接受聲音的耳，司嗅味的鼻，舌，和感知冷、熱、痛、觸的皮膚等都是最重要的。現在把他們的構造和生理分述在後面。

(一) 皮膚感覺 (Cutaneous senses)

脊椎動物的整個皮膚是一種感覺器官。皮膚下都有感覺神經，所以對界外刺激都能很靈敏的感受到。皮膚的某些部分有許多觸覺小體 (Tactile corpuscles)，專司觸覺，還有的部分能感受痛覺、冷覺、熱覺，這些地方特稱為痛點 (Pain spot)，冷點 (Cold spot)，熱點 (Heat spot)。

(二) 味覺 (Sense of taste)

高等脊椎動物的味覺祇限於口腔特別是舌頭。這些地方都生有專門感受味覺的一種構造叫作味蕾 (Taste bud)。味蕾爲卵圓形的小體，多分佈在舌的乳頭 (Papillae) 上面，每個味蕾是由兩種細胞組成的：一種叫支持細胞 (Supporting cells)，一種叫感覺細胞 (Sense cells)，感覺細胞的上端尖細如毛由味孔 (Taste pore) 伸出，末端與味神經 (由第七、第九及第十腦神經分出) 相連。



第四十六圖 A. 人舌裏的嗅細胞； B. 味蕾的切面。

味覺有四種，即酸甜苦鹹，刺激味蕾的物質必須先溶解，不然就不能有味的感覺。食物到了口裏，經過

溶解以後，流入味孔與味蕾接觸，味蕾受到刺激而發生衝動，以後由味神經傳到腦，結果便喚起味覺。舌面各部所感受的味覺不同，普通舌尖易感受甜鹹，舌邊易感受酸，舌根易感受苦。

(三) 嗅覺 (Sense of Smell)

司嗅覺的器官是藏在鼻腔上部粘膜裏面的許多嗅細胞 (Olfactory cells)，嗅細胞形長而小，細胞的上端有突出的纖毛，細胞的末端為嗅神經纖維，這些神經纖維連合起來就是第一對腦神經。空氣裏如果帶有氣味的小顆粒，就由空氣傳到鼻腔，經鼻腔水分溶解以後，就透入黏膜刺激嗅細胞，以後再經嗅神經傳到腦遂喚起氣味的感覺。

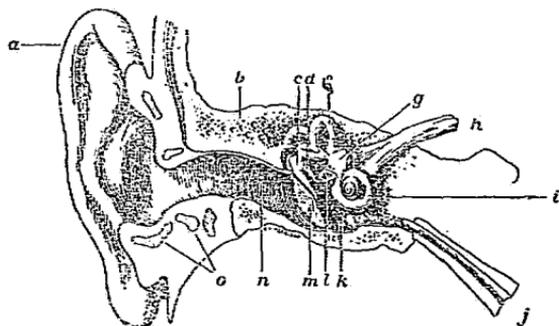
(四) 耳 (The Ear)

耳是接受聲音和司身體平衡的一種感覺器官。脊椎動物中以哺乳類的耳構造最完善，現在就以人耳作為代表來說明。

耳的構造 耳可分為三部即外耳 (External ear)，中耳 (Middle ear) 和內耳 (Inner ear)。

① 外耳 外耳包括耳殼 (Pinna)，外聽道 (Exter-

nal auditory meatus) 和鼓膜 (Tympanic membrane) 三部。耳殼爲外耳的最外部有收集聲音的功能，許多動物的耳殼能自由轉動。外聽道由頭側開孔，直通鼓膜，成一長管，略彎曲，管壁生有毛及皮脂腺，皮脂腺能分泌蠟狀物叫作耳垢，耳毛和耳垢能防止昆蟲和塵埃的侵入。鼓膜位於外耳和中耳之間，是一張略呈卵圓形的薄膜，由結締體素組成，鼓膜受到聲浪的振動即起鼓動把聲音傳給中耳。



第四十七圖 人的右耳。 a. 耳殼； b. 頭骨；
c, d, l. 三塊聽骨； e. 半規管之一； g. 前庭； h. 聽神經；
i. 蝸牛殼； j. 耳咽管； k. 中耳； m. 鼓膜； n. 外聽道；
o. 軟骨。

② 中耳 中耳又叫鼓室 (Tympanic chamber) 是一扁圓形的空腔，中耳的外壁爲鼓膜，內壁有二小

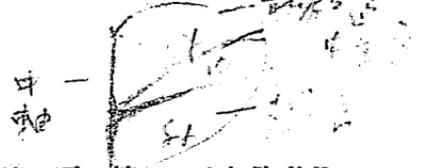
孔，是傳導音波到內耳的通路。一爲卵圓形在上方叫卵圓窗 (Fenestra ovalis)，一在下方圓形叫正圓窗 (Fenestra rotunda)。中耳的腔裏有三塊聽骨即錘骨 (Malleus)，砧骨 (Incus)，和鐮骨 (Stapes)。錘骨是聽骨中最大的一塊，柄部由韌帶附着在鼓膜的內方，另一端大而圓與砧骨相連，砧骨與錘骨相連處是最粗大的一端，另一端有兩個突起，上方的短而粗由韌帶懸在鼓室的後壁，下方的長而細，頂端成一圓盤與鐮骨的上端相連。鐮骨最小形似馬鐙，一端與砧骨相連，他端蓋在卵圓窗上面的膜上。三塊聽骨的功用是傳導鼓膜的擺動到內耳。

中耳的下面有一條通到咽部的細管叫作游斯達氏管 (Eustachian tube) 或稱耳咽管。耳咽管的功用是調節鼓膜內外的氣壓，以利聽覺。有了耳咽管，鼓膜內外的壓力便可平衡，鼓膜也就不致因空氣的壓力而破裂了。耳咽管通到咽部的開口平常是關閉的，如果咽部壓力增加或減低時，才開放。吞嚥時咽部壓力增高，耳咽管開放，空氣遂由咽部進入中耳，所以吞嚥時總覺耳內有聲音，就是如此。

③ 內耳 內耳又名迷路 (LabYinth), 是由許多彎曲的管腔合成的。可分為骨迷路 (Bony labyrinth) 和膜迷路 (Membranous labyrinth) 兩部。兩迷路形狀大體相似, 惟骨迷路在外, 膜迷路在內, 二迷路之間充滿外淋巴 (Perilymph), 膜迷路內充滿內淋巴 (Endolymph)。

骨迷路可分為三部: 中間為前庭 (Vestibule), 前庭之前為蝸牛殼 (Cochlea), 前庭之後為半規管 (Semi-Circular canal)。半規管有三條, 彼此直交排列。前庭和半規管是管位覺和平衡的器官, 蝸牛殼是專司聽覺的感官。蝸牛殼的形狀好像蝸牛的殼, 所以有此名稱。蝸牛殼的中軸生有一條螺旋形的骨板叫螺旋板 (Lamina spiralis), 這條螺旋板把蝸牛殼裏面的空腔分為上下兩部。

膜迷路是一個封閉的管腔, 由橢圓囊 (Utricle), 球囊 (Saccule), 膜半規管和蝸牛殼管 (Ductus cochlearis) 四部合成, 裏面都充滿內淋巴。橢圓和球囊位於前庭內, 彼此有管相通。膜半規管位於骨半規管內面與橢圓囊相通。蝸牛殼管套在蝸牛殼裏, 與球囊相



通。由此可知各部的內淋巴是彼此貫通的。蝸牛殼上管也是一螺旋的管子，牠在蝸牛殼裏所佔的位置是部的下方貼近螺旋板的地方，牠的上方叫前庭道（Scala vestibuli），下方叫鼓室道（Scala tympani），這兩道裏面充滿外淋巴，在蝸牛殼頂由一小孔相通從蝸牛殼口看起來這兩個道就像是兩個開口，前庭道的開口對着中耳的卵圓窗，鼓室道的開口對着正圓窗。蝸牛殼管的橫切面是一個三角形，裏面有專管接受聲音的特別構造，叫作克爾蒂器官（Organ of corti），又叫作螺旋器（Spiral organ）。克爾蒂器的底部與聽神經纖維相連，這些神經纖維都通到聽神經。

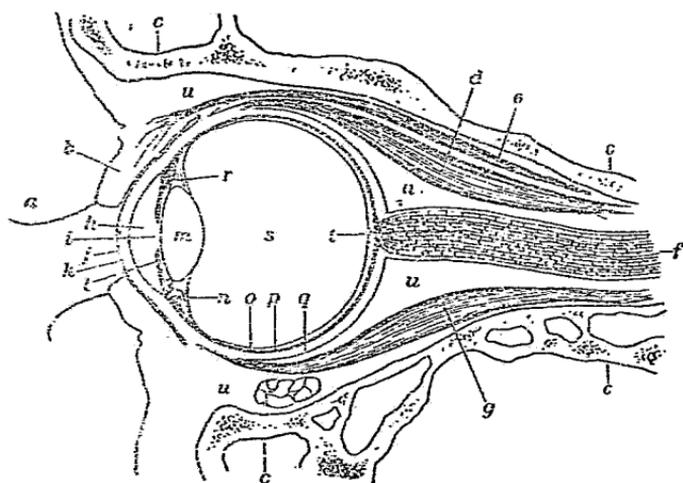
耳的傳音 前面所講的是耳的構造，現在把聲音入耳和傳導的徑路作一簡單的說明。聲音由外聽道入耳振動鼓膜，鼓膜的振動使錘骨移動，漸次及於砧骨和鐮骨。鐮骨的移動鼓動卵圓窗，卵圓窗的鼓動使外淋巴流動，外淋巴的流動影响內淋巴，內淋巴使蝸牛殼管裏的克爾蒂器官發生變動，克爾蒂器刺激聽神經纖維，以後經聽神經傳至大腦而喚起聽覺。

（五）眼（The eye）

眼是接受光刺激的感覺器官,其中最主要的部分是眼球 (Eyeball), 眼球位於眼窩內, 四周有許多脂肪和別種結締體素, 用以防止眼球和眼窩骨的磨擦。眼球在眼窩內連有六條肌肉, 肌肉的收縮可使眼球轉動。眼球的前面有上下眼皮 (Eye lids), 眼皮可以閉合, 用以保護眼球, 眼球的外面有淚腺 (Lachrymal gland), 淚腺所分泌的眼淚能夠潤澤眼球, 並清除眼球上的灰塵。以上所講是眼球外面的構造, 現在把眼球的詳細結構敘說如下。

眼球的結構 眼球是一個圓形的空球體, 球壁是由三層膜合成的, 外層為鞏膜 (Sclera), 中層為脈絡膜 (Choroid coat), 內層為網膜 (Retina)。眼球內面有三種折光體, 即水晶體 (Lens), 水狀液 (Aqueous humour) 和玻璃液 (Vitreous humor)。

鞏膜色白不透明, 由強韌的纖維組成, 功用是保護眼球的內部。眼球前部的鞏膜透明特稱作角膜 (cornea), 外界的光線即由此入眼, 角膜的外面尚有一層透明的薄膜叫作結膜 (Conjunctiva), 結膜與眼皮的內壁相連, 功用是保護角膜。

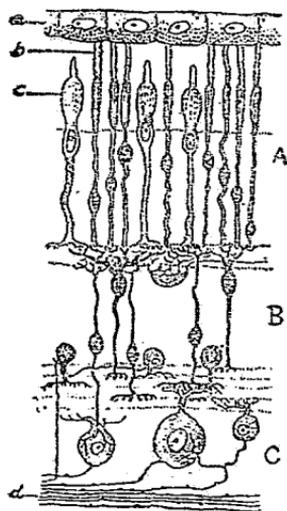


第四十八圖 人眼的構造。 a. 睫毛； b. 眼瞼； c. 眼窠；
 d. 上直肌； e. 上眼瞼的肌肉； f. 視神經； g. 下直肌； h. 筋房；
 i. 瞳孔； j. 結膜； k. 角膜； l. 虹彩； m. 水晶體； n. 懸韌帶；
 o. 網膜； p. 脈絡膜； q. 翠膜； r. 毛狀肌； s. 玻璃液； t. 盲點；
 u. 結締體素。

脈絡膜由含有黑色素的纖維、血管和神經組成。能够吸收由網膜反射的光線，脈絡膜近角膜處變成毛狀肌 (Ciliary muscle) 和毛狀突 (Ciliary process)。毛狀突與懸韌帶 (Suspensory ligament) 相連，懸韌帶把水晶體懸起，毛狀突的前面又與虹彩 (Iris) 相連，虹彩是由色素細胞和平滑肌組成的，蓋在水晶體的

前方水晶體的中央沒有虹彩，叫作瞳孔 (Pupil)，虹彩的伸縮能够使瞳孔變大，或者縮小。虹彩的平滑肌有兩種，一種成環狀，收縮的時候使瞳孔縮小；一種成輻射狀，收縮時使瞳孔變大。

網膜為最內的一層，是視刺激的受納器官。網膜雖然很薄，但是牠的構造可分為三層。與脈絡膜貼近



第四十九圖 網膜的直切面。

A. 視覺層； B. C. 神經層；

a. 色素細胞； b. 圓柱；

c. 圓錐。

的一層為色素層，中層為視覺層 (Visual layer)，視覺層裏有兩種細胞，一種叫圓柱 (Rods)，一種叫圓錐 (Cones)，這兩種細胞是與視覺最關重要的，圓柱的機能是感受光刺激，圓錐的機能為感應色刺激和銳確視覺。第三層為神經層 (Nervous layer)，是由許多神經細胞組成的，牠們的神經纖維由眼

球出來直通到腦就合成了視神經。視神經出網膜處沒有圓柱和圓錐，所以沒有

視覺，這個地方，叫作盲點 (Blind spot)。盲點的上方有一處視覺最爲清晰叫作中央小窩 (Fovea centralis) 此處的網膜最薄祇有圓錐，沒有圓柱。

水晶體是一個兩面凸的透明體，光線可以很容易的透過牠，又可被牠屈折。水晶體在眼球裏把裏面的空腔分爲兩部：在水晶體後面的一部較大，裏面充滿玻璃液，在前面的較小充滿水狀液。前部又可分作兩個房：虹彩與角膜之間叫前房 (Anterior chamber) 水晶體與虹彩之間叫後房 (Posterior chamber)。

視覺的生理 照以上所講的看來，眼球的構造很像一個照像機，所不同的是照像機的對焦點要更改鏡頭和底版間的距離，眼的對焦點是更改水晶體的凸度。外面的光線經過結膜，角膜，瞳孔，虹彩，和水晶體之後就落在網膜上成了一個倒影。水晶體藉毛狀肌的伸縮，依物體的遠近增高或減低其凸度，使落在網膜上的倒影清晰。網膜的圓柱和圓錐接受了外來的刺激遂由視神經傳到大腦，大腦把這些傳來的刺激併合起來就成了原來的影像而喚起視覺。

第十節 生殖器官

以前講的各種器官都是維持個體生活所必需的器官,如果其中某個器官受到病害,全體的生活都要受到不良的影響,甚至危及生命。生殖器官的功用不是維持個體的生存,而是產生後代,綿延種族,所以一個動物的生存不致因生殖器官的截除而受影響。

單細胞生物的生殖是分體,高等動物的生殖是由專司生殖的雌雄兩種生殖細胞的合併,兩種生殖細胞合併後成爲受精卵,漸漸發爲新個體。普通產生雌性生殖細胞或卵的個體叫作雌,產生雄性生殖細胞或精子的個體叫作雄。動物身體上製造生殖細胞的器官在雄體是精巢或睪丸,在雌體是卵巢。

在許多簡單的動物,精巢與卵巢都是有性生殖時期中一種臨時的構造,有的種類同一個體上有產生精子的精巢,又有產生卵的卵巢,像這樣的叫作雌雄同體,前面所講過的水螅就是如此。較複雜動物如蚯蚓,精巢與卵巢是一種固定而永久的器官,不像水螅生在身體的表面而生在體內,但是爲了輸出產生的精子或卵,於是輸精管和輸卵管便應運而生。

脊椎動物都是雌雄異體的，雌的都有一對卵巢，雄的都有一對睪丸。成熟的卵由輸卵管輸出；成熟的精子則由輸精管輸出。

陸居脊椎動物都是體內受精，所以大多數都生有交接器官 (Copulatory organ)，交接器官的功用是把精子輸送到雌體，以便與卵合併。精子與卵合併的地方是輸卵管，卵受精後在有的種類便輸送到體外，如鳥。有的種類如哺乳動物，便送到輸卵管末端，一個叫作子宮 (Uterus) 的膨大器官。受精卵在子宮裏滋長發育，以後由臍帶 (Umbilical cord) 和胎盤 (Placenta) 從母體的血液吸取養料，漸漸長大，以至出生。

中華民國二十九年九月十六日

贈送

