

高中生物學

— 生命的探討 —

下 冊

戈定邦等編著



臺灣商務印書館發行

G634.91
871
2

S010464

高中生物學

生命的探討

下 冊

戈定邦等編著

編輯大意

教材教法要點進度表

目 次



中文 BSCS 生物學黃版修訂本 Dr. BENTLEY GLASS

書 後



S9000449

石景宜先生書
年 月 日

中華民國五十五年十月初版
中華民國六十三年二月九版

高中生物學——生命的探討——下冊

下冊定價新臺幣 **六十三元**

編著者 戈 定 邦 等

發行者 臺灣商務印書館股份有限公司

印刷及發行所 臺灣商務印書館股份有限公司

臺北市重慶南路一段三十七號
登記證：內版臺業字第〇一三號

版權所有
翻印必究

編輯大意

1. 本書係遵照教育部五十三年三月以美國 BSCS (Biological Sciences Curriculum Study 之簡稱) 高中生物學教材之黃色版本 (生命之探討) 為範本所頒佈的高級中學生物科教材大綱所編纂。因時間倉促，印刷上的標點和文字難免有錯誤之處，尚希讀者隨時指正。

2. 本書共 40 章，分上下兩冊，上册 20 章，下册 20 章 (或合訂本一冊)，供高中一學年之用。

3. 本書另編實驗 62 個，以便各校教師斟酌選用，供一學年之用。除若干胚胎、激素和遺傳等實驗需長時期的觀察外，其他各實驗平均以一小時為原則。

4. 本書圖文並重，圖約佔全書 40 %，因在生物教科書中插圖有時較文字說明更易瞭解。

5. 美國 BSCS 原教材，對世界各國的生物教學有革命性的改革，本書之編纂，大部份在美國科羅拉多州立大學 BSCS 中心完成，對於原書的優點盡量保存，並加入一部份本國教材，以適應我國地區性的需要。

6. 本書承 Dr. Arwold B. Grobman (前在美國 BSCS 中心，現任 BSCS 指導委員會主席) 為本書寫一短文 "BSCS 的哲學 philosophy of BSCS" 在本書另篇發表。

7. 本書根據 BSCS 精神和方法編輯，注重科學思想的啟發，科學方法之應用、與客觀合理的科學精神之培養，使學生知道科學家 and 我們自己如何探討和研究去「做科學工作」，而不要像讀古書般的去「背讀科學」。

8. 本書主要目標在激勵學生自動閱讀，以啟發學生的思考力、理解力和研習能力。教師只在學生研習中發生疑難時予以協助，不需教師逐句講解和教條式的背誦。書中文字與插圖，亦用最新方法編印，以減少學習的困難和時間上的浪費。

教材教法要點進度表

① 本教材以每週 3 小時講演，1—2 小時 (最好 2 小時) 實驗為標準。

② 為養成學生在上課前先行閱讀的能力和習慾，教師可利用課內時間，每週作一、二次 5—10 分鐘的測驗，以明瞭學生困難和興趣所在，而據以講解或討論。

③ 討論時可由學生分組提出問題，另組學生試行解答，以促進學生思考能力而增加學習興趣。

④ 本教材進度擬定至第 19 週。第 20 週可備供期考複習或調節本學期因假日所影響的進度。

⑤ 此表僅供教師參考，並非絕對標準。教師得配合教學時實際情形，修正應用。

教學進度表

3

章	次	教	法	時數	週次	備註
第21章	多細胞動物的消化	學生先行閱讀。討論注重消化系統的比較，化學消化，酵素和激素。	3	第1週	最好每星期作一、二次5—10分測驗以促進學生自己閱讀能力。	
第22章	多細胞動物體內的運輸。	學生先行閱讀。討論注重運輸的方法，人的血液循環系統和心臟病。	2	第2週		
第23章	多細胞動物的呼吸	學生先行閱讀。討論注重呼吸的方法和人類的呼吸作用。	2	第3週		
第24章	多細胞動物的排泄	學生先行閱讀。討論注重排泄的方法和人類的排泄。	2			
第25章	多細胞動物的協調	學生先行閱讀。討論注重各類動物神經系統的比較和內分泌系統。	3	第4週		
第26章	多細胞動物的支持和運動	學生先行閱讀。討論注重運動的方法和肌肉的收縮。	2	第5週	春假及第二次月考約佔一週。 教完第29章後第二次月考。	
第27章	動物的生殖	學生先行閱讀。討論注重生殖方法，胚胎的保護，人類生殖，激素的調節和女性生殖週期。	3	第6週		
第28章	動物的發育	學生先行閱讀。討論注重兩棲類胚胎的發育和胚胎各胚層的發展。	1.5	第7週		
第29章	發育的分析	學生先行閱讀。討論注重發育的化分問題。	1.5	第8週		
第30章	遺傳的模型	學生先行閱讀。討論注重一對及二對因子的遺傳，不完全顯性多偶同位因子和雜交等。	4	第9週	教完第33章第三次月考	
第31章	遺傳的染色體學說	學生先行閱讀。討論注重減數分裂染色體學說，性染色體，環連和互換。	4	第10週		
第32章	基因及其作用	學生先行閱讀。討論注重基因的化學性質，基因作用，DNA和RNA的作用及一個酵素和一個基因學說。	4	第11週		
第33章	族羣中的基因	學生先行閱讀。討論注重哈溫原則。	2	第12週		
第34章	達爾文的演化論	學生先行閱讀。討論注重達爾文天擇學說，演化遺傳與環境的關係和演化的理論。	3	第13週		
第35章	演化的機械作用	學生先行閱讀。討論注重基因突變重組，和物種的來源。	3	第14週		
第36章	生命的起源和生命的歷史	學生先行閱讀。討論注重最初生命的來源及生物在地球歷史中的演化。	3	第15週		
第37章	人類的演化	學生先行閱讀。討論注重人類起源，猴類，猿類，人猿類和早期人類及文化。	2	第16週		
第38章	人類文明的進化	學生先行閱讀。討論注重人類文化由採食，漁獵進步為農業社會，再近代為工業科學革命時代。	1	第17週		
第39章	生命世界	學生先行閱讀。討論生態學，海洋，陸地，森林，沙漠等生物社羣。	1	第18週	期考	
第40章	人類與自然界的平衡	學生先行閱讀。討論注重人口問題，人類食物及生物資源。	1			
生物學的透視與展望		學生自行閱讀。如有時間可作一小時複習討論。				

下 册

21. 多細胞動物的消化.....	.....
22. 多細胞動物體內的運輸.....	.....
23. 多細胞動物的呼吸.....	.....
24. 多細胞動物的排泄.....	.....
25. 多細胞動物的協調.....	.....
26. 動物的支持和運動.....	.....
27. 動物的生殖.....	.....
28. 動物的發育.....	.....
29. 發育的分析.....	.....

III 連續——生命的延續

30. 遺傳的模型.....	.....
31. 遺傳的染色體學說.....	.....
32. 基因及其作用.....	.....
33. 族群中的基因.....	.....

B 演 化

34. 達爾文的演化論.....	.....
35. 演化的機械作用.....	.....
36. 生命的起源和生命的歷史.....	.....
37. 人類的演化.....	.....
38. 人類文明的進化.....	.....

C 今日與明日的生命世界

39. 生命世界.....	.....
40. 人類與自然界的平衡.....	.....
生物學的透視與展望.....	.....

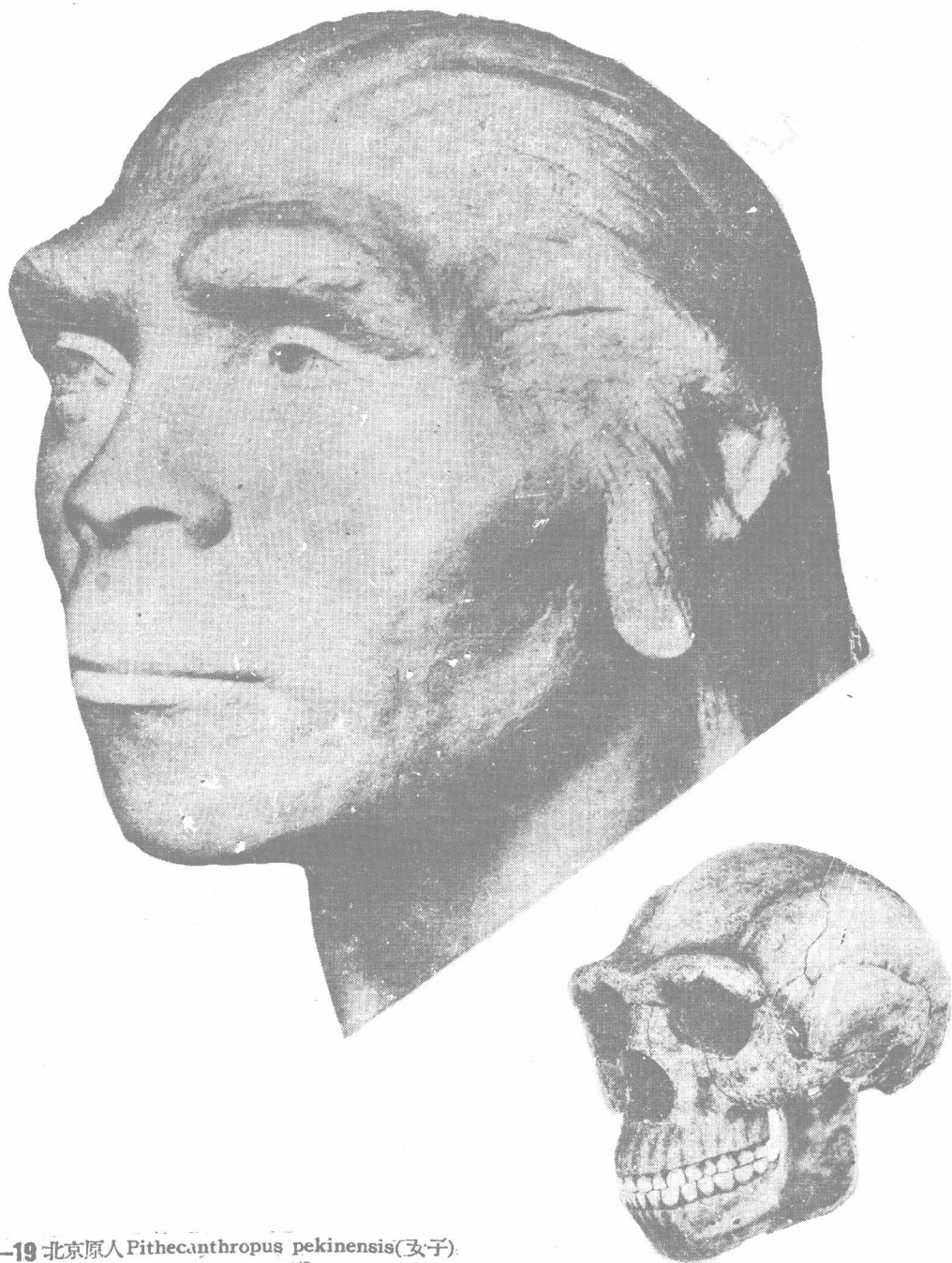


圖 20—19 北京原人 *Pithecanthropus pekinensis* (女子)

1929 年在北平周口店龍骨山發現的北京人化石是位女子的頭骨。她在五、六十萬年以前生活在華北一帶。她是我們的老老老……姑奶奶。這個頭部再造圖形是 Dr. Franz Weidenreich 設計做的。原來的化石已不幸在對日戰爭時遺失。這個頭部模形現存在美國紐約自然博物館。

20—20 中國民族的兒女

不論在東南西北，國內與海外，古時或近代中國人是優秀勤勉有為的民族。我們國家曾有光輝的過去。為什麼近一二百年來國家與人民遭受到不斷的外侮和內亂，貧困而落伍呢？主要的原因之一是我們的教育趕不上時代的要求，而科學教育更為落後



蒙古 成吉思汗像（繪者不詳）



華北 青年（攝者不詳）



新疆 喀什葛爾（疏勒）維族少女（著者攝）



華東 女青年（攝者不詳）



蒙古 少婦 (周崑田先生贈)



中西合璧 (中、匈、奧、混血兒) (攝者不詳)



西藏 少婦 (周崑田先生贈)



屏東 霧臺村 頭目步松吉 (張奇祿攝)
考古人類學刊 2 期



日月潭 邵族 女 (鄭聰明攝)
考古人類學刊 9 10 合刊



南勢 阿美族 青年男女盛裝 (唐美君攝)
考古人類學刊 1 期

地球上所有的人類都是同源的，
因為分佈區域各種環境不同，而分成
許多族種。不同的種族又因遷移、戰
爭、貿易及文化交 流而有許多不同的
混合。嚴格的說，任何民族沒有所謂
真正純種的。文化和交通愈發達，人
種的混合也愈雜。圖中這位女士以血
統講是中國，匈牙利和奧國的混血。
以文化來說是歐洲德語民族的文化，
中國文化和印度文化的綜合。這是未
來人類發展一種可能的趨勢。



蘭嶼 雅美族 老婦 (張才攝)
考古人類學刊 4 期

圖 21—1 兔子腸的內壁

腸壁上有許多佈滿微血管的突出物絨毛，可增加消化道吸收的表面積。



多細胞動物的消化

構成多細胞動物的細胞多少都已有些分工特化了，有的細胞專司攝取食物用，有的特化為消化食物用，有的細胞則協調這些活動或其他作用。消化可在一單囊內（如水螅）或複囊內（如扁蟲）進行，也可在單管（如某些蠕蟲）或複管內（如蛭與其他動物及人類）進行。本章是研究分工中的一個重要作用——即酵素所控制的食物消化。

21-1 消化的問題與方法

21-1.1 水螅的消化

21-1.2 扁蟲的消化

21-1.3 蚯蚓的消化

21-2 人類的消化作用

21-2.1 口腔內的消化

21-2.2 胃內的消化

21-2.3 聖馬丁的胃

21-2.4 小腸內的消化

21-2.5 小腸內的吸收

21-2.6 大腸內的吸收

21-2.7 胰泌素

21-3 結 論

21-P 問 題

動物的生活方式 多受環境的影響。草履蟲須依賴環境中的食物與氧而生存，同時環境也是排除二氧化碳、水分、含氮化合物（如氨）及食泡中不能消化的物質之場所。

一個草履蟲僅僅是一個細胞，它的任何部分都能與環境密切接觸，所以對上述的各問題較易解決（圖 21-2a）。

動物的共同需要 各種動物都有相同的需要。牠們必須有水分、胺基酸、單醣、脂肪酸、甘油、維生素、氧，以及其他許多無機物質等的供應。牠們也必須能夠處理其廢棄的產物，這些廢物主要以二氧化碳、水、氨（ NH_3 ）、尿素或尿酸等含氮化合物為主。

大多數的動物都是由多細胞所組成，因此也帶來了許多問題。草履蟲的每一部分都與外界密接，但是多細胞動物的大多數細胞却與其外界的環境相距很遠（圖 21-2b），不能像草履蟲那樣地直接捕食細菌或排除過多的水分，因為在內部的細胞不能直接從環境中獲得其所需的物質，也不能使廢物直接排除到外界環境中。

動物以兩種方法克服因體積增大和多細胞組織而引起的問題：

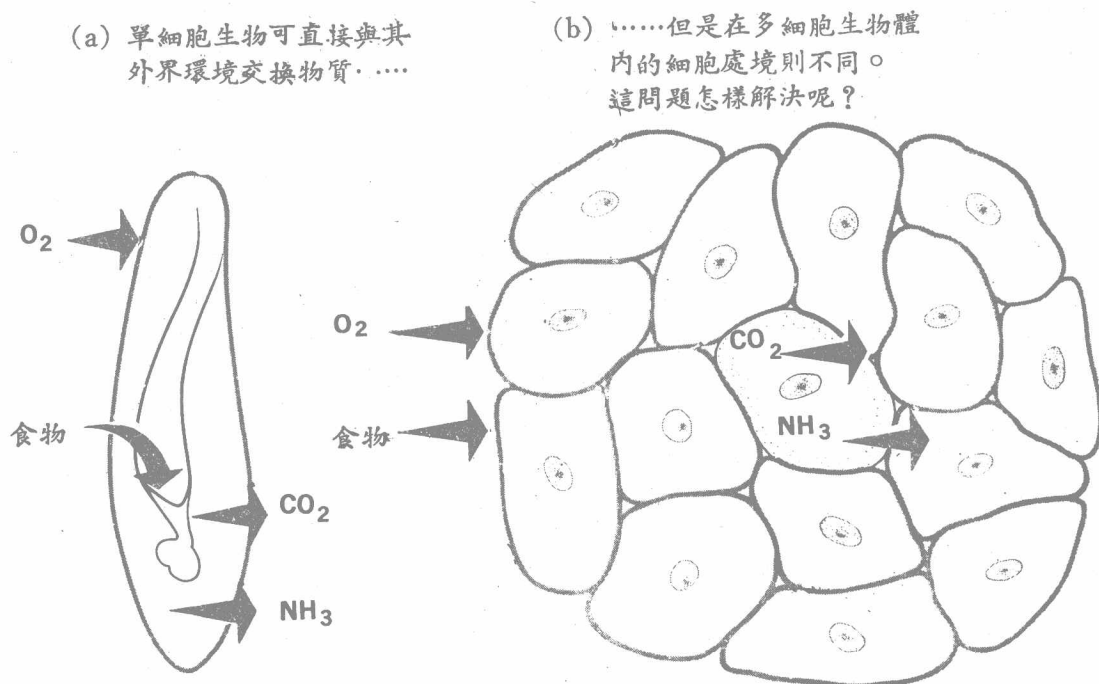
第一，細胞間的分工。草履蟲以單一的細胞擔任捕食、消化、吸氧、排除廢物、運動與生殖等作用。由多細胞組成的動物，則有細胞特化的趨勢，不同類的細胞各自特化而分別擔任各種不同的作用，協調整個動物體的各種活動，使之互相配合。

第二，多細胞動物在體內有專司運輸的系統，將已消化的食物及其他有用物質運送到每一細

胞，並移去無用的物質。

由於這兩種關係，多細胞動物與多細胞植物很相似，都以相同的方法解決同樣的問題，因為植物亦進行細胞的分工與特化（參閱第 13 章與第 17 章），也有運輸系統（第 16 章）。

圖 21—2 多細胞動物的問題



不管一個細胞如何特化，爲了維持生存，仍有它的基本需要。一個細胞愈特化，則愈不能供給其本身的一切需要，且更加需要依賴其他的各種細胞。

如以人類肌肉細胞爲例，肌肉細胞的機能是收縮。當它收縮時便引起動物體的運動，肌肉細胞需依賴消化系統的細胞以供應其必需的養料（即已消化的食物），依賴肺臟的細胞從外界環境獲取氧氣，依賴腎臟與肺臟的細胞將肌肉細胞間所產生的廢物排泄於體外。同時肌肉細胞也依賴循環系統的細胞帶來已消化的物質與氧，並且自鄰近的體素帶走廢物。還要依靠一部份神經系統的細胞以協調這些複雜的活動，包括肌肉細胞本身的收縮。

身體上每一個細胞，以其特殊的方法，呈現出整體的機能。相反的，我們也可以這樣想，整體的機能是在維持每個細胞的生活。

人類的社會組織很像一個複雜的動物體。農夫栽培食物，木匠建築房屋，醫生努力維持社會健康，鐵路工人與卡車司機擔任運輸，而政府和機關則負責協調這些活動。個人依靠社會，而社會也依靠個人，社會中較爲專業化的專家，他們更須依賴其他同僚專家們。在我們今日社會的生活中，這樣的例子很多。

在以後的幾章中，將次第討論細胞的特化作用。本章僅討論消化作用，並選擇幾門動物爲代表。

21-1 消化的問題與方法

動物細胞所需要的物質，如氧、水、各種無機鹽類、胺基酸、單醣、維生素、甘油，與脂肪酸等，都能透過細胞膜而進入一切動物細胞之內。

氧、水、與無機鹽等的供應，通常是由外界環境中得到的。這些物質的分子與離子都是成一種可以進入細胞內而且能被利用的形式。它所需要的一切如氧與無機鹽，都溶解在細胞表面水狀的體液層中，然後經擴散作用透過細胞膜。

胺基酸、單醣、維生素、甘油與脂肪酸等，在自然界中是很少見到的，所以生物也無法直接取用。在自然界中除了維生素外（有時連這些物質也包括在內）所有這些物質通常均為較大的分子，如蛋白質、複合的糖、澱粉、肝糖與脂肪等大分子通常都不能透過細胞膜。草履蟲解決此問題的方法是把含有這些較大分子的食物，經口溝而納入食泡內。有些動物的細胞則能藉胞飲作用 Pinocytosis 攝取少量的這類較大分子，我們在第 6 章曾經談到過（第 95 頁），但在許多多細胞動物，這些物質的供應都來自細胞外消化（第 283 頁）。大的有機分子必需變成小分子才能通過細胞膜。

何以蛋白質與其他的大分子物質都不能通過細胞膜呢？若以演化來說明，這答案是完全合理的。因為細胞大部份是由蛋白質、RNA 與 DNA 所構成，又因為它貯藏有肝糖、澱粉、與脂肪，如果讓這些重要的成份隨意擴散出去，則細胞將無法生存。所以細胞一定是在很久以前，經演化而構成一種特化的半透性膜，藉以保留基本的東西在細胞之內，祇有較小的分子才許它來回擴散。

消化作用的機能就是把食物中大分子物質變成小分子，使其能透過細胞膜。不但要把分子變小而且要使它們轉變成某種特別的形式。例如蛋白質一定要轉變成胺基酸，而不形成其他分子的形式。

胺基酸、單醣、脂肪酸、與甘油都是生物體內必需的物質。每種動物都能利用這些簡單的有機分子以合成複雜的有機分子，以適合其本身特有的細胞構造和功能。如人吃了牛肉，牛肉中的蛋白質被消化成胺基酸，這些胺基酸又被利用合成為人類的蛋白質。不管你吃了多少牛肉，你的蛋白質却永不會變成牛的蛋白質。

從大分子分解為幾個小分子，或由小分子再合成大分子，這些都是化學變化。所有這些變化，都須依賴各種不同酵素所控制的水解（或合成）作用來完成（第 61 頁）。

不論是細胞內消化或細胞外消化的動物，消化作用的一般過程在草履蟲、水螅、渦蟲、蚯蚓以及人類都是相同的。這又是另一實例，表示一切動物面臨相同的問題時，也能用相近似的方法來解決。

草履蟲將食物由口溝攝入食泡內，必需等待其細胞質所分泌的酵素將食物轉變為胺基酸與單醣後，才能被吸收與同化。

21-1.1 水螅的消化

水螅常用觸手上的刺絲胞使水中的小生物麻痺，然後用觸手把食物移入口中，再推入消化腔（圖 21-3）。消化腔內壁細胞能分泌許多種酵素，這與人或其他動物的某種細胞所分泌的物質相似（圖 21-3），各種酵素就把那被俘獲的動物體內許多種的蛋白質與脂肪加以分解。（水螅顯然不能消化碳水化合物。）

以上僅是水螅消化過程的一小部份，大部分的消化作用不在消化腔內進行，而在其細胞體內進行，就像草履蟲一樣。當食物在消化腔中先被分解為小塊，有些小塊便被消化腔的內壁細胞所攝取而成食泡。在食泡中的大的有機分子，仍不能直接被吸收，必需將它們水解為胺基酸、脂肪酸與甘油，所以這種消化稱為細胞內消化，這些細胞內的各種化學變化是受許多種酵素的影響而控制的。在細胞外，消化腔內，所餘食物也同時在進行同樣的化學變化。

水螅的消化便是這樣兼行細胞外與細胞內的兩種消化作用。消化作用的產物——胺基酸、脂肪酸、甘油、維生素與無機物質，又被消化腔內壁的細胞所吸收。細小的有機分子可以供給水螅活動能力和合成生命物質之用。

不能消化的物質則由消化腔排出，因為水螅祇有一個孔口，它兼具口與肛門兩種用途（圖21—3）。

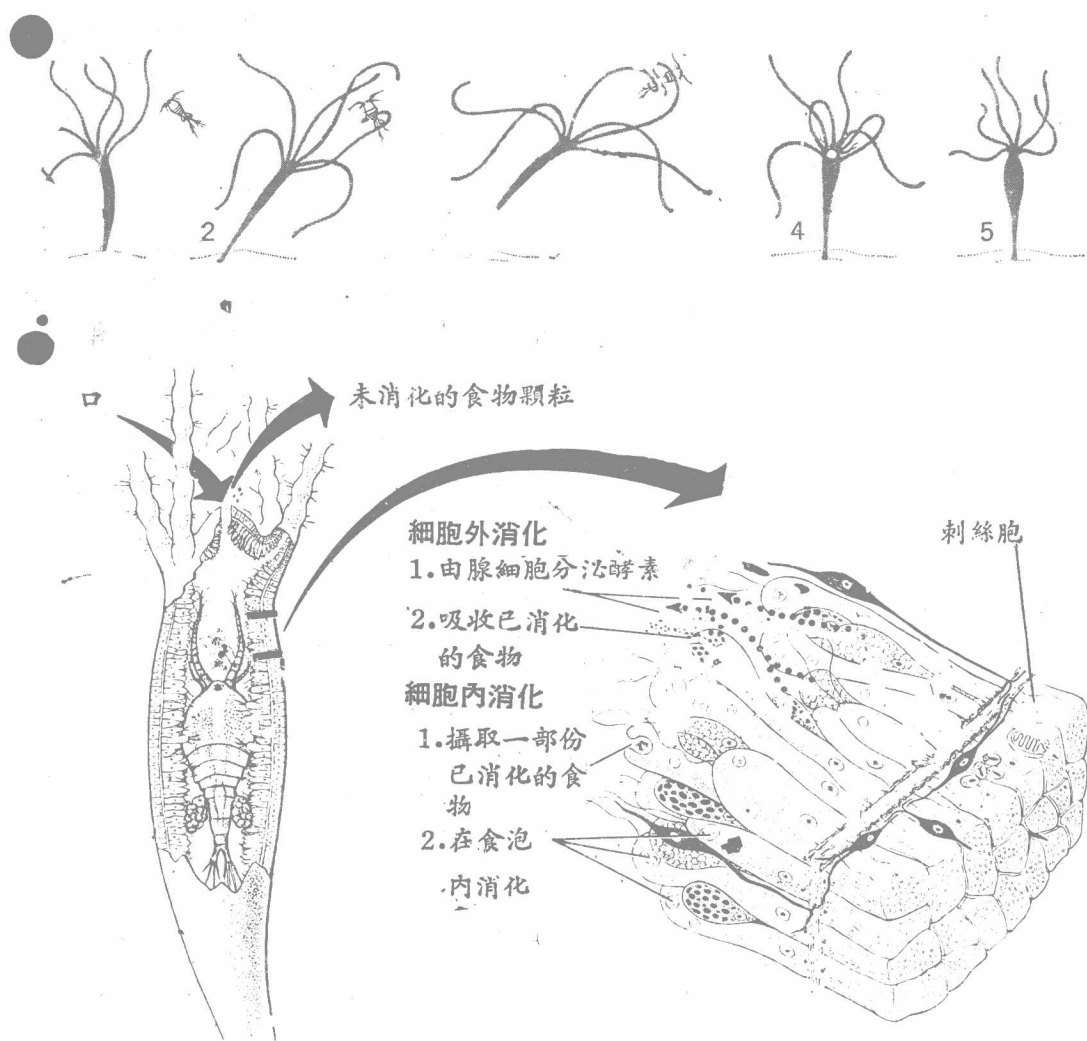


圖 21—3. 水螅對食物的攝取與消化 a. 平常水螅以其身體的基部附着於水中的葉片或小枝上，此處所示之水螅正在捕取並吞食一種淡水的小動物，劍水蚤 *Cyclops*。 b. 作為食物的劍水蚤，現正在水螅的消化腔內，受到腺細胞所分泌的酵素攻擊。在右方擴大的圖中顯示其消化作用有兩種，即細胞外消化與細胞內消化。

21-1-2 渦蟲的消化

渦蟲也像水螅一樣有一個囊狀的消化腔，也祇有一個開口，因此這開口也要兼任口與肛門兩種用途，渦蟲的開口是在腹面中央一個管狀的突起上（圖 21—5）。



Lee D. Peachy

圖 21—4 分泌的證據 上圖為電子顯微鏡所攝，左圖為豚鼠的胰細胞的一部份。SG 是分泌物的小顆粒，G 是高爾基體複組 Golgi complex（放大12,500×）。右圖是蟾蜍膀胱細胞的一部份。放大的倍數稍高，可見一分泌的小點滴正在將其內含物灌注於細胞外，分泌物小點滴的膜與細胞膜結合，於是分泌物流出，注入膀胱之內。（放大倍數：47000×）

渦蟲所捕食的多為細小的死動物，其消化作用與水螅的沒有多大差別，一部份消化作用在消化腔內進行，另一部份食物小塊也被消化腔的內壁細胞吞入並加以消化。

21-1-3 蚯蚓的消化

蚯蚓的消化系統比較水螅及渦蟲的消化系統，則進步而複雜。蚯蚓的消化腔不是僅有一個開口的囊，而是兩端開孔的管道，一端是口，另一端則是肛門。

消化系統由囊狀演進為管狀，有一重要的便利。在囊狀的消化系統中，食物進入單一的囊腔內消化，不能消化的殘渣也從食物進入的同一孔口排出。管狀的消化系統，食物祇循一個方向移動，食物由口進入，通過管腔而消化，最後不能消化的殘渣由肛門排出體外。像這樣一條單行道的消化管，可能使管中的不同部份進行不同的工作。所以，沿着此一管道有集體的職務分工 Assembly-line division of labor 作用。

蚯蚓消化管的第一段是富於肌肉質的咽喉 Pharynx，可把含有機物質的泥土壓入食道 Esophagus，並繼續把這些未經消化的物質向後推進到管道膨大稱為嗉囊 Crop 的部份，這是暫時貯藏食物的處所。嗉囊之後緊接有肥厚肌肉壁的砂囊 Gizzard，砂囊內有砂粒，可以把其中食物磨碎。消化管最長的一段是腸，腸內壁細胞能分泌各種酵素以消化食物，這食物被消化

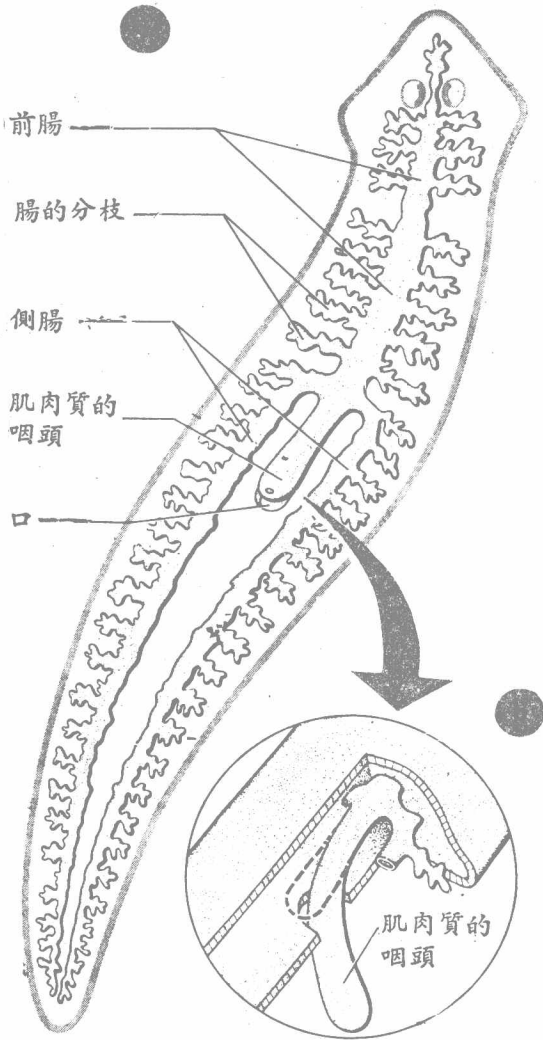


圖 21—5 渦蟲的消化系統 像水螅一樣，渦蟲的消化系統，祇有單一的開口。經由此一開口（咽頭）食物被吞食，不能消化的物質亦經此開口排除。

後的產物則由腸管內壁細胞吸收。不能消化的殘渣則經過腸管最後由肛門排出體外。

大多數構造複雜的動物都有這樣單行管狀的消化系統。蛭（圖 21—7）與人的消化系統也屬於此種型式，所以不需要再以一般的原則來討論蛭或人的消化管了。可是有關消化的程序，以及該程序在體內如何進行是必需說明的。因此我們應熟知消化管的結構及諸器官的機能。

21-2 人類的消化作用

人類的消化系統是一條從口到肛門的長管所構成（圖 21—8），其主要的部份是口腔、食道、胃、小腸、大腸與直腸，此外還有許多腺體，其中以三對唾腺、胰臟與肝臟最為重要，唾腺與胰臟分泌含有許多酵素的消化液，肝臟則分泌胆汁，胆汁雖不含酵素但也可幫助消化。

我們討論消化作用，可以肉餡餃子為例，描述其如何轉化為氨基酸、單糖、甘油、脂肪酸、維生素、鹽類與水份。

21-2.1 口腔內的消化

口腔有幾種特化的功能，選擇食物也是其中之一。當食物進入口腔，我們就嗅到、嚐到與感覺到該食物，如果肉餡的味道太壞，我們會拒絕接受。如果我們的牙齒與舌頭發覺有堅硬的骨頭或砂粒，也會把它們連同肉餡一同吐出來。所以嗅覺與視覺事實上都可幫助口腔選取食物。

口腔的第二種功能是把食物研磨成小碎塊，因為食道僅能容許比較細小的碎塊通過。（就像我們能够咬一口較大塊的碎牛肉餅或餃子，但不能夠把它整塊的吞下去。）而且食物成為小碎塊時也較易於消化。消化酵素必需與食物的分子接觸，一塊實心的食物，消化酵素可能從其表面慢慢的向內滲入，漸漸的把食物轉化為可溶解性的分子，但是小碎塊的食物則有較多的表面積以供消化酵素的作用。

口腔的第三與第四種主要的功能為由唾液所完成的消化作用與潤滑作用。在舌下、頰後，與耳前均有唾腺，唾腺將所分泌的唾液注入口腔之內（圖 21—8）。唾液有兩種主要的功能：第一是它對食物加入水分與黏液，水分可以溶解若干物質。水與黏液也作為潤滑劑使食物易於通過食道。第二是唾液含有消化酵素，能使澱粉轉化為雙糖的麥芽糖。

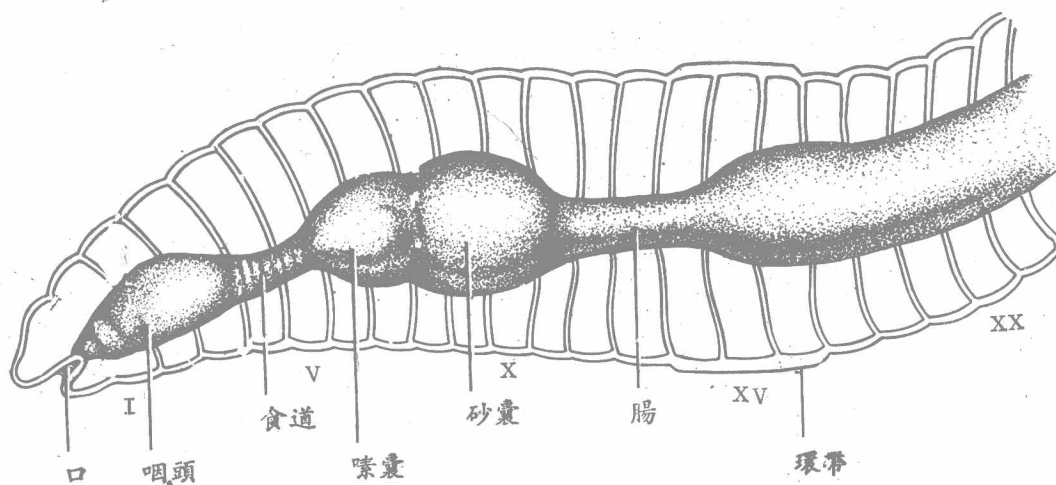


圖 21—6 蚯蚓的管狀消化系統 像交通路線的單行道，食物運送是單方向的，消化管的各段有分工的現象，你能否就此消化管的每一特化器官說出它的機能。著作圖

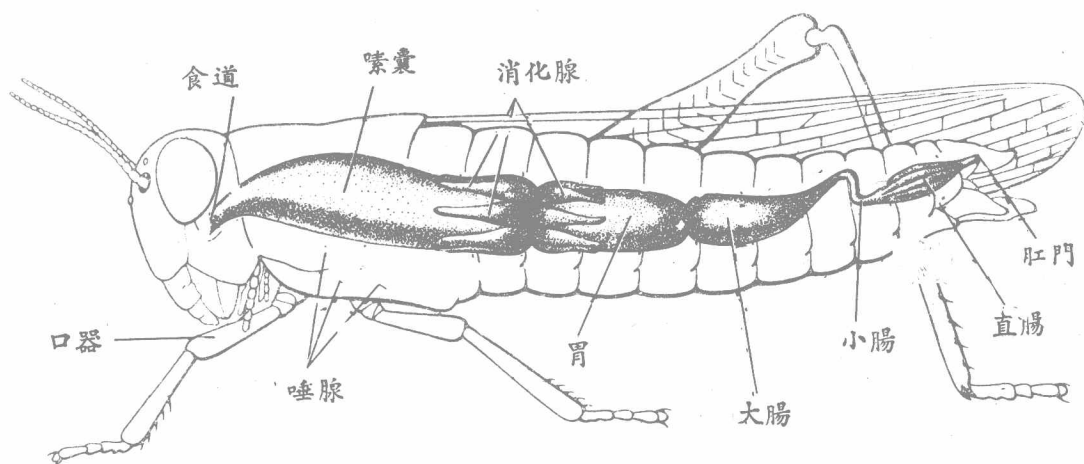


圖 21—7 蚱蜢（蝗蟲）的消化系統 像蚯蚓一樣，是單行道的消化管，在口與肛門間的各种器官執行各種特化機能，這些機能是什麼？

所以在口腔之內，食物被選取、研磨、潤滑，並開始消化，然後被吞嚥進入食道，再迅速送到胃。

這種迅速的輸送是依賴一種稱做蠕動 Peristalsis (圖 21—9) 的動作來完成。就是在食物團的前方，食道壁上的肌肉弛放，於是食道口徑變大，接着在食物團後方的肌肉收縮，於是壓迫食物沿食道前進。收縮的範圍就像波浪那樣自喉頭向胃移動。這些蠕動波不僅用之於食道，就是整條消化管也都有同樣的蠕動波以推動食物前進。你不妨倒掛在單槓上，試行咀嚼並吞嚥一塊餅乾，或喝下一口水，便可證明蠕動波的作用，並且也說明了促使食物的向下遞送並非完全靠地心的引力。