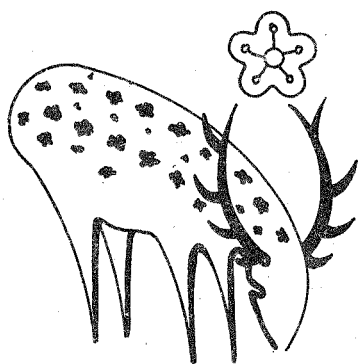




二月份 高中生物教室

楊榮祥 國立臺灣師範大學

根據最近報紙刊載，教育部決定推動「改進高級中學學業評量試驗工作」，指定十幾所省中，分別研究擬定高中各學科各單元具體的學習行為目標，做為其教學與學習成就之評量依據。教育部又說，這次的研究要除了「認知」領域以外，還注重「技能」及「情意」領域的學習行為目標。

大家有目共睹，無論高中或國中，時下的數學，幾乎都只管灌輸知識，甚至為了應付入學考試，放棄正統的教科書，求助各種「題解」或「參考書」，只顧訓練學生「正確、迅速反應」試題的能力，而將真正的教育目標視同虛設棄而不顧。

為糾正這種偏差，先讓中學教師，在大學各學科專家與測驗專家協助下，研討並敘寫各科各單元所應有具體的學習行為目標，以做為教育行政機關考核學校教學，或入學考試評量考生成就或能力的具體依據，實不失為良策。

自從1956年前後，美國芝加哥大學的布倫（B. Bloom）等人發表「教育目標分類：認知領域（The Taxonomy of Educational Objectives: Cognitive Domain）」以後，再因行為科學（Behavioral Sciences）的發展，最近的教育家都注意到敘明具體的學習行為目

標，並分類其學習目標以考查教育成就的重要性。

根據布倫氏分類，教育目標可分為三個領域，包括認知（Cognitive），情意（Affective）及技能（Psychomotor）等。在高中生物科的教學，也不可偏重在認知方面的教學，而忽略情意或技能領域的教學目標。情意的目標，可稱做「德育」目標，在科學教育，就是培養「科學態度」或「科學精神」的教學目標。

例如：

「學生在尋求新知識的過程中，對於陌生的環境與現象發生興趣；只有在各種必要數據資料齊備之後，才作出有系統的結論；能樂意接受新的證據以修正結論；對於問題的解答，必事先做初步的解釋，進而尋求或考慮別人的解釋或意見，並對不同的解釋，分別試驗以求證；當自己的解釋與試驗結果相吻合時，表現其莫大的興奮，並尋找機會，將自己所得的新知識樂意分享予他人。」

上面這一段情意行為目標只是個例子，並非情意行為目標的「模式」。但，讀者均應了解這些都是科學教育中，不可忽略的教學目標。真正的科學教育，除了知識之外，還要培養學生的科學態度。

除了認知與情意兩領域之外，科學教育更不可忽視另一個領域——技能的教學目標。

例如：

「學生在觀察細菌的實驗時，能以正確的操作技巧運用接種環，從培養基上刮取樣品，塗抹於載玻片上，能適量滴加染料，均勻塗抹後以適當速度與距離在火焰上過三次，運用油鏡在三分鐘之內，找出所要觀察的細菌標本。」

除此例之外，在生物科的學習活動中，學生應學習的「技能」很多，簡單的有：酒精燈的點燃法（安全），試管加熱法，量筒的使用法，天平的使用法；較難或複雜的有：高倍率顯微鏡的操作，顯微標本的徒手切片，各種動物或植物的解剖，或各種生物的採集以及標本製作。

在認知的領域中，生物科學教育的目的，也不只是「權威知識」的灌輸或記憶。依布倫氏分類，還應有「理解（Comprehension）」「應用（Application）」「分析（Analysis）」「綜合（Synthesis）」及「評鑑（Evaluation）」等能力要培養。學生不單要能記憶所學的知識，也應該能理解所學知識的意義，含義；也應該能將所學的知識，應用於新的、具體的情況；也應能分析所學的知識，或所面臨的問題或標的物；也應能綜合所學的知識，以組成新的「整體」；也應能根據所學知識，以評鑑知識。

當老師檢查各單元，尋求其認知，情意及技能各領域以及其各層次的教學目標，並以具體的行為目標敘述其預期的、可觀察的、具體學習行為時，這些成套的學習行為目標就可以成為各校教學，以及評量學習成就的具體依據，對於糾正目前教育的偏差確實有具體的矯正作用。當然我們還有一個問題要配合研究。那是「如何根據行為目標，客觀而具體地評量學生成就？」。在認知的領域，也許問題還單純一些，但在情意與技能兩領域中，評量問題就顯得稍為複雜。應如何設計客觀評量學生成就的各題試題（Objective test items）？這正是目前所亟需研究的課題之一。

二月份教材研究

第二十、二十一章 動物的特徵、分類

一、教學目標：

這兩章是第三篇動物界的開始。前面（第二篇）是植物界，自然要先討論動物的特徵。但老師們都應注意，學生不單要能說明動物與植物的異同點，還應能藉以說明生物演化的事實，以及生物的歧異性。

學生學過第二十章之後，應理解，或應能說明的主要概念（major concepts）如下：

1 在地球上各種不同的環境中，都有各種特殊的生物，但這些生物的生存都需要相同的基本環境條件，包括水，氧氣與能源（食物）等。

2 無論動物或植物，其基本性質都彼此相似，都以細胞為基本結構，以細胞分裂法增殖，以酵素推動生理的化學作用，以 ATP 儲存並供應能量等。

3 高等植物與動物，在細胞的結構上（細胞壁），在細胞分裂過程中某些部分（赤道板，中心體等），生活方式（固著或自由運動）或能源（自製有機物或攝食）上雖有若干不同，但其基本的生活方式仍相似。

學生學過第二十一章關於動物的分類之後，應能說明的主要概念如下：

1 生物體的形態構造，都可能因生活環境的改變而變化。

2 比較生物體各相當器官的構造，可以推知其「類緣關係」。

3 為便以研究動物可按其類緣關係，做「界」「門」「綱」「目」「科」「屬」及「種」等階段分類。

4 現在的地球上近二百萬種的動物，其中98%可歸入常見的十個「門」之內。

關於第4個概念，應訂具體行為目標如下：

「學生應能說得出常見動物所屬之門的名稱。」

課本裡有很多圖片，有彩色的，也有其體制

構造的模式圖，也有「特徵」的敘述。如果老師只要求學生記憶這些特徵或圖片，就沒有什麼意義。學生應能運用其所瞭解的各門動物特徵，說出其所觀察動物應歸屬之「門」的名稱才對。例如，當學生接觸到蜻蜓時，他應能說：「蜻蜓屬於節肢動物」，同時他還能說明：「蜻蜓的體表都有幾丁質的外骨骼，身體都分節，也有分節的外肢……」。

二、學習指導要項：

1 動物與植物的異同：

無論動物或植物，其生存的基本需求相同，所以其基本的體制與生理作用也都相同。這一點應讓學生先了解。各書局的課本都有「動植物的比較」那麼一個圖表。其中有一欄都論及「植物常靠光合作用自製食物，動物則間接或直接以植物為食物」，所以我們不難了解此地所指者為「高等」動植物之比較。高等植物具有葉綠素，能行光合作用，所以植物為「自養性生物」，動物則因不具葉綠素，不行光合作用，故為「異營性生物」，但低等的生物，就沒有那麼明顯的區別，例如，眼蟲為鞭毛蟲，動物學家將牠們歸入原生動物門的鞭毛蟲綱，但事實上眼蟲都有葉綠素可行光合作用，却是植物的特徵；又如蕈類，通常都歸屬植物界，却不具葉綠素，故為異營性生物。

就「細胞壁」的問題來說，海鞘的細胞有細胞壁，但因其幼體具有脊索與神經索而歸屬脊索動物。此外海綿、海葵等動物，都固着一處而不移動。所以動物與植物很難下一個「正確」的定義。關於這些事實，各版課本都有所敘述。我們認為學生除了「定義」以外，還應能了解高等生物都有動物「模式」及植物「模式」的生活方式。

2 動物的生活方式：

所謂植物「模式」的生活方式，就是以光合作用為中心的生活方式。它們以根固着一地，吸收土壤裡的水（原料），以莖支撐葉片，由氣孔取入二氧化碳（原料），以其廣大的葉面吸收陽光的能（能源），以自製體質。動物「模式」的

生活方式，則可說以攝食、消化現象為中心的生活方式。因為動物不具葉綠素不能自製有機化合物，所以必須進而攝食並消化而吸收。只有那些具備攝食方便的體型與性能的動物得生存而繁殖，也只有那些具備有消化所攝食物質的動物方可生存而傳種。

課本上以變形蟲為例，來說明這種動物模式的生活方式。老師應儘可能安排適當的情境，包括充分的時間，給學生實地觀察這些單細胞生物，以了解一般動物的基本生活方式。有些地方或許不易採集到足夠的變形蟲。其實在池塘水面上漂浮的葉片，或枯葉的反面，都可能找得到變形蟲，不妨讓學生試一試。如果實在找不到變形蟲時，也可以用草履蟲來觀察，草履蟲較容易培養，只要事先早做預備應無問題。

除了攝食與消化以外，還有運輸、同化、釋能（呼吸），體內恒定之維持，協調與行為、生殖、族群與群落（群集）等，均為生物的基本生活方式。所以這一個單元教材，可以說就是第三篇的基礎，教師務必使學生了解，變形蟲雖然為單細胞的動物，但具備有動物模式一切具體的生活方式。

3 動物分類——同源與同功：

本單元有幾個專有名詞。除了「同功」、「同源」之外，還有「趨異」與「趨同」。如果只顧學生是否能「重述」這些名詞的定義，這教材就毫無意義。老師應設法提示，使學生能將這些名詞與生物學上最主要的基本概念「生物的形態與習性都會隨着環境的變化，經長久的時間而改變」隨時聯起來思想。

同時也要指導學生注意分類的目的，就是追究「生物演化的軌跡」，或謂「各種各類生物之間的類緣關係」。

書上都有「動物分類階層舉例」的簡表，大多數是由 BSCS 黃版本的翻譯。在設計上，這個表還可以使學生了解分類層次的意義，可惜有些版本的課本連最左邊「種」名美國特有的種類都照譯，例如地穴鼠、美國知更鳥、歐洲知更鳥等

。但也有些課本則換成台灣松鼠、斑點鸚、藍尾鵲等本國的生物名，至少可以使學生感覺，我們所學的還是我們自己的，而不是外國的生物學。

關於學名，例如，*Felis leo* (獅)，*F. tigris* (虎)，*F. domesticus* (貓) 等三種，一來較簡單，二來可幫助學生了解二名法，可以要求學生藉以說明二名法或學名的意義。另外 *Homo Sapiens* (人) 似可要求學生記憶之外，其他學名並不能要求學生「死背」。

4. 重要的動物門類：

這一節的主要教學目標，在前已論及，但應如何進行學習活動，以達成目標？最基本的問題，恐怕仍是時間的問題，就書上十個最主要的門，每一門只有寥寥數行以敘述其特徵，也有附圖附表。但學生仍須「實物觀察」，否則讓學生背這些門的特徵與專門名詞，毫無學習效果可談。只要有此教材，我們似乎可以要求學校都具備足夠的這些標本。如果老師們願意，學校也支持，只要有些空間與櫃子，相信有計劃地蒐集本單元教學（讓學生觀察）所需之標本（或模型）並非難事。

三、參考資料：

1 書刊：

○陳兼善，台灣脊椎動物誌，台灣開明書店，民國四十五年一月初版。

○謝孝同等，台灣鳥類指南，英文中國郵報社，台北，民國五十九年六月初版。

○陳維壽，台灣區蝶類大圖鑑，中國文化雜誌社，台北市，民國六十三年二月初版。

○陳維壽，生物標本之科學，台灣省教育會，台北市，民國六十年三月出版。

2 影片：

○有趣的鳥類，彩色，10分鐘，師大視聽教育館。

○昆蟲，彩色，10分鐘，師大視聽教育館。

○微生物，黑白，10分鐘，師大視聽教育館。

○池塘，黑白，11分鐘，師大視聽教育館。

○池塘裏的生命，黑白，11分鐘，同上。

○海邊的生命，彩色，10分鐘，同上。

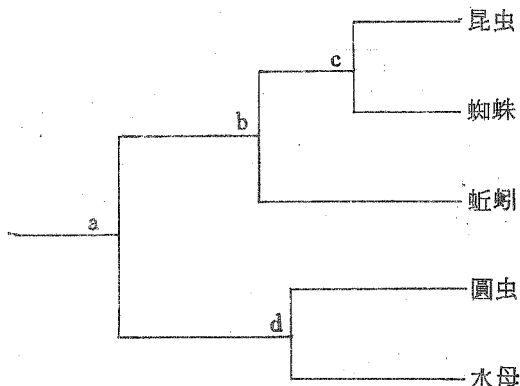
○沼澤，彩色，21分鐘，同上。

四、評量範例：

1 下面各分類階層名稱中，何者所含之生物類緣關係最為接近？

A. 科 B. 綱 C. 目 D. 屬

2 下表為五種動物的分類表，試判斷其各層分類依據：



2-1 以「具備或不具備外骨骼」為分類依據。

A. a B. b C. c D. d

2-2 以「身體分節或不分節」為分類依據：

A. a B. b C. c D. d

2-3 以「消化管之開口數（單個或兩個開口）」為分類依據：

A. a B. b C. c D. d

2-4 以「附肢數」為分類依據：

A. a B. b C. c D. d

3 下面各群均含有五種動物，五種中都有四種類緣關係較為密切，只有一種類緣關係較遠，試指出各群中較疏遠的一種：

3-1 A. 蝙蝠 B. 藍鯨 C. 飛鼠

D. 蜜蜂 E. 飛魚……()。

3-2 A. 蝗虫 B. 蚊虫 C. 蜘蛛

D. 蝴蝶 E. 螞蟥……()。

3-3 A. 蛇 B. 蜥蜴 C. 蛙

D. 鱷魚 E. 烏龜……()。

3—4 A. 蚯蚓 B. 馬陸 C. 蜈蚣
D. 蝦 E. 蝶……()。

3—5 A. 鯉魚 B. 鱒魚 C. 鯨魚
D. 鯰魚 E. 泥鰱……()。

3—6 A. 蛔蟲 B. 條蟲 C. 蟯蟲
D. 旋毛蟲 E. 絲蟲……()。

3—7 A. 海星 B. 牡蠣 C. 章魚
D. 蝸牛 E. 蚌……()。

3—8 A. 龍蝦 B. 烏賊 C. 藤壺
D. 蟹 E. 龍虱……()。

3—9 A. 獅 B. 牛 C. 貓
D. 雲豹 E. 石虎……()。

3—10 A. 鷹 B. 蝙蝠 C. 鷺絲鳥
D. 企鵝 E. 麻雀……()。

第二十二、二十三章

多細胞動物的消化與運輸

一、教學目標：

這幾章所要討論的主題為多細胞動物個體生命的維持。在前一章學生們已經以變形蟲（單細胞動物）為例，討論過「動物模式」的生活方式，動物對於其環境的一般需求，以及其生活方式均已基本認識。這四章以後，我們將注意「多」細胞動物的生活。單細胞動物在一個細胞裡面，就可以完成這些消化、運輸、呼吸及排泄等機能。但多細胞動物則沒有那麼單純。多細胞動物體內每一個細胞，都需要從體外取入相同的物質，例如氧、水、胺基酸、單醣等；也會產生相同的物質，如二氧化碳、水、尿素或其他含氮化合物等廢物。這些物質都必須「及時」或「隨時」補充或排除。住在水裡的單細胞動物，可由體表直接與環境來「交易」這些物質，但，多細胞動物則必須由細胞特化而組織化後，由特殊的細胞群來「統一交易」。這就是本章等應使學生了解的基本概念之一。

各種動物所住的環境不同，其生活方式也不同，所以其體內細胞的特化，以及其組織、器官

系統的「組建」情形也不同，我們可以觀察得出各種動物器官與其生活環境的適應情形。這就是應了解的基本概念之二。

比較各種動物的器官或其他體內構造與機能，可窺見動物演化的過程實態。這是應了解的基本概念之三。

二、學習指導要項：

1 消化作用：

關於各種動物消化的構造，BSCS選出四種動物為四種不同演化程度的類型。其一，水螅是單囊型（一個開口，袋狀）的消化腔（腔腸）；其二，渦蟲為複囊型（一個開口）的消化囊；其三，蚯蚓單純的管狀消化管（二個開口）；其四，蝗蟲及人類有附屬腺體的消化管。這四個類型正可代表不同的演化程度。

關於各種動物消化的目的、構造、消化的過程等都是教材，但上課不要成為知識的灌輸，要設法讓學生思考，多用討論的方式，在探討的活動中由體驗來學習。教師可考慮採用的發問如下（注意「等待」時間。發問之後要耐心等待，也許要3秒或5秒，甚至10秒鐘，讓學生有思考以組織答案的時間，必要時再做提示）：

○為什麼蛋白質必須分解成胺基酸才能吸收？

○食物要經過咀嚼成小塊較易消化，為什麼？

○唾液澱粉酶在胃裡面就失效，為什麼？

○為什麼凝乳酶將酪蛋白變為「不溶性」，就能幫助乳汁的消化？

○胃蛋白酶為強力的蛋白消化酵素，但胃壁也是蛋白質，為什麼就不被消化？

○胆汁將脂肪乳化，為什麼就能幫助脂肪的消化。

上面這些問題，只是些例子。在科學教室中，老師應能不斷地發問，「為什麼？」「怎樣……？」，讓學生多思考，多推論，多發表其思想。

貝利士（Bayliss）與史塔令（Starling）

有關胰泌素的研究是很好的科學教育題材。下面是 BSCS 所設計的探討演習，請參考採用。

演習 1

題目：胰臟的調節作用

探討目標：多項原因

提要：(a) 首先我們複習一下本演習所需要的基本知識。在胃與小腸之間有一段叫做十二指腸的部分。這是對於食物的消化極為重要的部分。胰臟所分泌之胰液，經短而細的胰管，注入十二指腸，大部分的食物，就受這胰液中的酵素的作用，在此被消化。

原來，胰液的分泌係受制於某些物質之極為巧妙且經濟的調節作用。在十二指腸內，經常有很少量的胰液分泌，可是，一旦食物由胃進入十二指腸時，即有大量的胰液分泌。今天我們來探討這個問題。胰液的分泌，究竟是怎樣調節的？

關於調節這項分泌的機制，我們先設立幾個假設來說明，請先參考下面的幾項：

1. 胰臟就在十二指腸附近。
2. 胰液經過一小管注入十二指腸內。
3. 十二指腸及胰臟上，均佈有血管，有充分的血液供應。
4. 十二指腸及胰臟上，均可見神經之分佈。
5. 只有食物由胃進入十二指腸時，胰液才大量分泌。

此外再加上各位已學過的一切有關調節作用的知識。

試就上面幾點，設立幾個有關調節胰液分泌的假設，（至少提出五項假設）以說明其分泌的調節機制。

〔在這個提要中，曾反覆提出問題的重點。為的是，要學生早一點注意到：「神經調節與荷爾蒙的化學調節」兩個可能性。但，教師不只是要求學生提出調節的「種類」，更需要要求學生提出有關調節機制的假說。下

面是幾種可能的機制。

1. 十二指腸內的食物，對於神經的機械刺激。
2. 十二指腸內食物中的某種特殊成分，對於神經的化學刺激。如，a. 胃液，b. 來自胃的食物本身。
3. 進入胰管內的物質，對於胰管的化學刺激（胃液及食物二者均有其可能）。
4. 以血液為媒介的化學刺激。
 - a. 來自胃的物質中的一種或多種成分。
 - b. 由胃來的物質中的一種或多種成分的刺激，或由於其他機械的刺激，引起十二指腸分泌某種荷爾蒙，而這種荷爾蒙又再刺激胰臟分泌等等]

〔上面這些可能性，教師務必讓學生提出，因為這些可能性（除了 3 以外）均為本演習以及後面的幾個演習中所要提到者。而且，仔細研討這些可能性（也就是假設）後，學生當可獲得有關生理機制的一般知識，這才是活的科學教育。〕

〔為提高效果，可指定學生擔任記錄，將各學生的假說及姓名記下，必可提高討論的興趣及效果。〕

提要：(b) 現在讓我們來籌劃一些實驗以檢查上面的諸假說。先由「神經調節」的假說開始。神經是否能夠調節胰臟的分泌作用？我們應如何設計實驗予以證明？請設計二種不同的方法來研討

〔有兩個方式。其一，刺激傳入胰臟的神經，以觀察其分泌量是否增加？其二，切斷胰臟的神經後，導入食物於十二指腸內，觀察其分泌量是否變化？〕

提要：(c) 科學家們對於「通過胰管的化學調節」並不感興趣。請大家考慮，為什麼「通過胰管的化學調節」的可能性，要比「神經的調節」和「荷爾蒙的調節」的可能性為小呢？

〔由胰臟至十二指腸，經常有少量的胰液分泌。如果有某種化學物質經胰管以調節分泌

，這種物質勢必逆流而上，且需具有敏感的調節作用才可以。這種可能性很少。]

提 要：(d)科學家首先將刺激傳入胰臟上的神經。這時十二指腸內並沒有食物。但，胰液却大量地分泌出來了。從這項 Data，我們對於胰液的分泌，應作什麼結論？

「只有一件事情是毫無疑問的。那是「有一種神經分佈在胰臟上面，刺激後增加胰液的分泌」。可是只靠這項 Data，尚不能充分說明小腸內胰液分泌的調節機制。因為從這些 Data 根本就無法推測「小腸內什麼物質，促成此項刺激？」。這種神經也許可能受那些較遠的刺激而興奮。譬如，視覺（看到食物）或嗅覺（聞到香味）或吞嚥動作等等，均可能構成刺激。

我們需要列出上面這幾個可能性，讓學生了解「只靠這一個刺激神經的實驗，尚不能引出任何結論」。不過要注意，不要太深入這幾個理由。因為深入以後，若還要調查另外的調節機制時每易離開本演習的中心問題，往往使問題更加複雜。]

提 要：(e)為檢證第一個假設，科學家依照大家所提出的第二個方法做這樣的實驗：首先，將所有分佈在胰臟上的神經剪斷。結果令人驚訝，胰液分泌的調節作用，既然絲毫沒有受到影響！當食物由胃進入十二指腸時，照樣地分泌出大量胰液來，根本就和沒有剪除神經的動物完全一樣。請和上面的刺激神經的實驗合併起來想一想。我們應如何解釋這些實驗結果？

「有些神經沒有剪到」這種懷疑，只是對於本問題的一種取巧的逃避。這時教師不必生氣，應該表示，承認這也是一種重要的事，但，事實上科學家已經仔細而且認真做過，不必顧慮這件事。在本演習，應有其他更為重要的重點；那是「胰臟的分泌調節，除

了神經的調節以外，還有其他一組調節機制」。]

提 要：(f)為進一步研究，科學家再做下面的實驗，他將一羣實驗動物剪除所有胰臟上面的神經，然後從他動物的胃內取出少量食物，一一直接放入各個實驗動物的十二指腸裡面。結果，所有的實驗動物，毫無例外地，都分泌出大量的胰液。由上面所有的實驗，對於胰臟分泌的調節作用，可以作出何種假說？

「有二種不同機制的調節：其一為神經的調節。另一可能就是血流有關的調節。]

提 要：(g)當研究生物學時，為追求原因，往往會碰到種種意想不到的複雜性。當初以為是單純的原因物，可是事實上却是好多個原因物之複合體。在前面的演習我們已經驗過了。本次演習中所處理，胰液分泌之調節，則具有另一種意義的複雜性。因為我們現在已經了解，胰液之分泌受二種不同的調節作用，其一為神經的，另一為化學的。

現在，我們似乎可以設立一個新的「生物學的一般原則」。那是什麼？

「在生物體，「一個效果常常由二個以上的不同原因所致」或「不同的原因，常常構成同一的效果」]

提 要：(h)請大家注意，我們剛剛提到過生物學的一般原則。可是只靠這麼一項實驗，我們還不能太過於相信，這個一般「原則」還是不完整的，還有問題的，這要留到下一個演習繼續討論。

演 習 2

題 目：胰臟的調節作用（續）

探討目標：多項原因與多項結果

「在演習 1，我們所得到的不過是「胰臟接

受神經的刺激而分泌。另外還有一種有關胰液分泌的調節機制。那是和十二指腸內食物有關係的」。當剪斷胰臟上全部神經之後，胰液分泌調節作用仍然存在。這項事實似乎在暗示荷爾蒙的作用。但，十二指腸內食物的存在，究竟如何構成對於胰臟的刺激，進而調節其分泌作用？實際上，我們經研究已經了解，由於小腸內食物所含之酸性物質刺激腸壁，生成一種叫做腸泌素（Secretin）的荷爾蒙]

〔在演習 1 最後所得到一項新的「一般原則」——即二個不同的原因，導出完全相同的結果——有沒有問題呢？事實上，還是有問題的。因為科學家的研究結果，已知道由於腸泌素的刺激，所分泌的胰液成份很特別。其分泌量很大，帶鹼性，但消化酵素的含量則很低。關於胰液內消化酵素的分泌調節，似乎是靠神經的調節和腸泌素以外的荷爾蒙的作用。〕

〔總之，不同的原因，導出「相同」的結果，這一句話需要修正。也許我們可以這麼說：「所有生物學現象的結果，可能是由好幾種不同的路線（因果關係）所導出來的，如果這項結果是相同的話，我們可以說，在那些不同的「原因」之間，可能具有共同的要素。反之如果發現現象的過程，有所不同的話，其結果必然也不同。〕

〔本演習，在學過腸泌素之後提出。其重點在於提出「不同的原因（指神經及荷爾蒙的刺激）所引起的結果（指其分泌胰液的成分）也必不同」這種觀念的介紹。〕

提 要：(a)大家回想上次的演習，我們已經了解胰臟的分泌常受神經的刺激，也知道即使剪斷這些神經以後，只要十二指腸內存有已消化的食物，胰臟便可分泌大量胰液。

現在，暫時不談「神經調節」，也不考慮「

胰管調節胰臟分泌的可能性」。請將全部注意力集中在後面「當食物由胃進入十二指腸時，胰液就大量分泌」這個事實上面。在這事實中，有一個問題（或疑問）必須先去研討。那是什麼？

〔十二指腸內的刺激，怎樣傳到胰臟？〕

提 要：(b)還有一個問題要請大家再想一想。我們曾經認為從胃進入十二指腸的食物中，含有某一種刺激胰液分泌的物質。一般食物中又含有些什麼成份？食物在胃內有什麼變化？請從上面這些知識中想想看，將問題找出來。

〔這個「問題」就是：「由胃進入十二指腸的混合物之中，究竟那些物質（或要因）將成為刺激分泌的要因？」三大營養素的半消化物？鹽酸？胃液內的酵素？是其中的那一個？或那幾種的組合？這些均有構成刺激的可能性。〕

提 要：(c)關於胰液分泌的調節機制的問題，終於引起許多生物學家的注意與興趣。有一位科學家，針對着第二個問題做實驗。他將「沒有通過胃的食物」直接放入十二指腸內，結果卻沒有胰液的大量分泌。從這個 Data，我們應如何下較為積極的推論，以說明究竟什麼東西刺激的？

〔通過胃的食物能夠刺激胰臟分泌，但沒有經過胃的食物却不能。因而可推斷，胃內消化的產品或胃液內的某種成份，都可能構成刺激〕

提 要：(d)倫敦大學的貝利斯 Bayliss 與史塔林 Starling 兩位教授，參考上面這個實驗的結果，將胃的內容物一一分開，並分別放入十二指腸內觀察其結果。結果，他們知道只要有胃液內的鹽酸，就可以刺激胰臟分泌。

然後他們二位再繼續追究我們曾經碰到的另一問題，即「十二指腸內的刺激，究竟怎樣傳到胰臟？」我們曾切斷胰臟上的神經，但只要十二

指腸內壁受到鹽酸的刺激就有胰液之大量分泌。腸內的刺激究竟怎樣傳達到胰臟？

他們二位首先將鹽酸分別注射入血液和胰管內。結果，都沒有任何反應。現在，我們又得到另一可靠的假說了。那是什麼？想想看，鹽酸在小腸內可以使胰液大量分泌，但鹽酸在血液或胰管內，却毫無作用，為什麼？

〔在小腸，由于鹽酸作用，必然生成了某種物質，這物質由血液運至胰臟，刺激胰臟，以增加胰液之分泌量。當然，這時所生成的中間物質可能很多。但，在此地還不必提起。〕

提 要：(e)為測驗上面這個假說，芝加哥的西北大學的科學家們設計了一項極為巧妙的實驗。他們將十二指腸組織的小片移植到皮下，然後就在其旁邊同時移植一小片胰臟的組織，等到這二片移植的組織，都完全癒着後，在十二指腸組織的地方，滴下很少量的稀鹽酸。結果，很奇怪，這旁邊的那一片胰臟組織，居然很快地開始分泌了。

這項實驗顯示，從十二指腸組織到胰臟，顯然有某種傳達作用。這二片組織之內並無任何神經相聯。又由於上面的實驗已證明鹽酸本身並不能使胰臟分泌。由於這些 Data，他們終於下結論說：「刺激胰臟組織，使它分泌胰液的，就是十二指腸組織所生成的某種物質」。

在動物體內，有一種叫做荷爾蒙的「化學的傳達物質」，它在內分泌腺內生成經血液輸送至體內其他特定的部位以發生特定的生理作用。這些知識大家都早已學過。現在我們正在討論的荷爾蒙，就在小腸受鹽酸的刺激所生成而能夠刺激胰臟分泌的荷爾蒙。這種荷爾蒙叫做腸泌素 Secretin。

提 要：(f)現在我們暫時告一段落，先把整個問題重新觀察一下。我們知道神經可刺激並支配胰液的分泌，同時腸內的腸泌素也支配胰液的分泌

。腸泌素在十二指腸內，由于胃液的鹽酸刺激而生成。然後，經由血液輸送到胰後刺激胰臟使它大量分泌胰液。

到這兒，問題似乎已經完結，而且在演習 1 我們所做過的一項「生物學的一般原則」似乎也毫無問題而可以成立了。目前這個問題中，含有二個原因，即神經刺激與荷爾蒙的刺激。這二個原因似乎導出相同的結果。可是，真的一點問題都沒有了嗎？我們沒有忽略一些重要事項？請檢查看看。這時我們還是運用我們常用的方法先將問題分解為幾個主要部分，然後逐一檢查，然後用最簡單最普通的一句話說出來，我們並不需用那些十二指腸、神經、胰臟、腸泌素等等術語，就把我們今天研討的問題，以單純的一句話說一說。

〔「什麼物質」刺激「某種物質」使它做「某種事情」〕

提 要：(g)我們當前的問題可分為三個部分。(1)刺激，(2)被刺激之物質，(3)對於刺激的反應。請問，這三者之中，那個是原因，那個是結果？我們對於這原因與結果，有沒有做過較深入的考慮？

〔這時，刺激為「原因」，其反應為「結果」。我們一直把「結果」當做一定是相同的東西。〕

提 要：(h)現在的生物學家已經知道，經腸泌素刺激所分泌的胰液，其成分中以水與無機鹽類為最多，然而消化酵素的含量則很低。相反地，那些由於神經之刺激而分泌之胰液，則含有相當濃度的各種酵素。

基於這個新知識，我們應如何修正我們原先所定；關於「原因」與「結果」的原則？

也許可以這樣修正：「在生物體內，往往由不同的原因導出相似的結果。但，我們必須調查清楚，這個類似的結果當中有沒有不同的東西？」

反過來說，如果「結果」看來完全相同，這時，也應該追究那些不同的原因中，是否也有共同的「原因」？

請大家特別注意，我們在此地並不是在談自然界的法則，也不是跟大家說明：結果相似時，原因必然相似，或原因不相似時，結果也不會相似。我們只是在談：「在科學的研究時，應該考慮到各種可能性」，爲了確定研究的方向或方針，這種考慮是非常重要的。這種概念，我們稱之爲「探討的原理（原則）Principle of Inquiry」。

提 要：(1)我相信各位對於這個問題最近的發展，會有很大的興趣。最近西北大學的葛林卡 Greengard，葛羅斯曼 Grossman與艾維 Ivy 等教授已發現，原來胰臟的分泌是一種「適應性的分泌」。胰液內各種酵素的濃度並不恆定。譬如，十二指腸內的食物中，含碳水化合物多時，所分泌的是含碳水化合物消化酵素的濃度特別高的胰液，假如食物含蛋白質較多時，則分泌出含有多量的蛋白消化酵素的胰液。

究竟這種「適應性分泌」由何物如何調節？我們還有許多疑問。請大家利用演習 1 與 2 當中所學到的技術，試做幾個假說來解釋。

〔由於不同的營養素，刺激不同路線的神經；不同的營養素，引起不同的荷爾蒙分泌；或者是綜合兩者的效果。〕

〔請特別注意，本演習對於「問題」並沒有給與「結論」，只有提供「結論的方向」而已。這是 Open-endedness。〕

2 運輸作用：

關於多細胞動物的體內運輸構造，課本內也都提出幾個不同的類型。

①水螅，身體很小，只有兩層細胞，細胞均可與體「外」環境（水）直接接觸，不需任何運輸的構造。

②渦虫，體小而扁平，體內消化腔分枝多遍

佈體內各處，亦無轉化的運輸器官。

③蚯蚓，具有簡單的閉鎖式循環系統。

④蝗虫，具有開放式循環系統。

關於這些構造應可考慮發問的問題有：

○水螅也是多細胞動物，爲什麼不需任何體內運輸器官，就能供應多細胞所需的氧氣、養料，也能及時排除各細胞所生成之廢物？

○渦虫……（同樣的問題）

○蚯蚓的血管系是閉鎖式循環有那些特點？對於其生活有何方便？

○蝗虫的動作敏捷，運動量也都比蚯蚓的大，却只具開放式循環系統，血液在體內流動甚慢，蝗虫如何使各細胞都能迅速得氧，並排除二氧化碳？

關於人體內的運輸，除了讓學生思想「構造」與「機能的相互關係」以外，還應該多多研討人類本身的問題，例如：高山病、高血壓、中風、腦血栓症、心臟病等。學過生理之後，應該討論一些「病理」，俾便學生了解自己的身體。這也是個科學教育的重要目標。

三、參考資料：

1 書刊：

○Best, C. H., and N. B. Taylor. 1963. The Human Body: Its anatomy and Physiology, Holt, Rinehart and Winston, New York.

2 影片：

○消化器，黑白，10 分鐘，師大視聽教育館。

○食物的消化，黑白，11 分鐘，同上。

○食物與營養，黑白，10 分鐘，同上。

○人體消化系統，黑白，15 分鐘，同上。

○人體的循環系統，彩色，13 分鐘，同上。

四、評量範例：

1 假定我們已經製造成功一種能生產「生物」的機器。可是還是不太完整。因爲它所生產的「生物」總有一些缺陷，不是短缺一種器官，就

是短少一種消化酵素。最近這個機器又生產一種生物，取名「奧紐」。但後來發現，奧紐的消化系統裡，缺少相當於胃的部分，牠的肝臟也不能分泌胆汁，除此而外，奧紐的一切都與真人無異。

1-1 「奧紐」的身體比起真人，有什麼優點？

- A. 牠的身體結構較單純。
- B. 牠能更有效消化脂肪。
- C. 牠能充分消化蛋白質。
- D. 牠不必顧慮患消化性潰瘍。

1-2 奧紐不能分泌胆汁，影響什麼物質的消化？

- A. 脂肪
- B. 蛋白質
- C. 醣類
- D. 以上全部

1-3 如果將奧紐放在空的房間，觀察四小時以後的行為，你將看到牠。

- A. 疲倦態
- B. 饑餓的樣子
- C. 睡意朦朧
- D. 呼吸困難

1-4 如果奧紐吃花生米，吃得太快，超過其酵素作用速率：

- A. 牠的嘴唇與指尖都會變成藍色。
- B. 花生米將會消化不良。
- C. 呼吸率降低。
- D. 唾腺分泌增加。

2 有一種小水棲動物形狀如小小的蝦，叫做水蚤。牠會變色，當水裡面溶氧量低時，就呈紅色；如果水中溶氧量升高時，紅色消失而成為無色透明。

仔細觀察結果發現水蚤的血液裡只有白色的細胞，沒有紅色細胞。紅色水蚤的血漿呈紅色，而無色水蚤的血漿則為無色。紅色水蚤血漿裡的紅色素，經檢驗發現那是血紅素。

人類的血紅素與氧結合時，都呈鮮紅色；沒有氧相結合時呈帶藍的紅色；而血紅素與一氧化碳相結合的，就呈鮮明櫻紅色，比結氧血紅素還鮮紅。

2-1 如果將一氧化碳打入水中，裡面的水蚤將如何？下面有 5 個預測，試判斷其是否合理：

〔答案代號〕

- A. 合理的預測，因為上面的資料可予支持。
- B. 不合理的預測，因為與上面的資料相矛盾。

C. 所預測尚合理，但沒有資料可證明。

D. 不是預測，只是上面資料之重述。

預測①這些水蚤將死亡……………（ ）

預測②這些水蚤的血漿將呈藍色……（ ）

預測③這些水蚤的血液裡並沒有紅血球……………（ ）

預測④這些水蚤的血漿將呈鮮明的櫻桃色……………（ ）

預測⑤這些水蚤大多數的血紅素，將不能攜帶氧氣……………（ ）

2-2 將一氧化碳打入水中之後，裡面的水蚤並沒有死亡，由這些事實與上面的資料，我們可解釋……

- A. 一氧化碳對水蚤無毒。
- B. 一氧化碳不與水蚤的血紅素結合。
- C. 水蚤的細胞不需要氧氣。
- D. 血紅素對於水蚤的生活來說，並非必需物。

2-3 將同數的紅水蚤與無色水蚤，同時放入缺氧的水裡面，結果紅色水蚤比無色水蚤活久一些。從這事實，我們應如何說明血紅素對於水蚤的價值？

- A. 血紅素對於水蚤的生活，為不可缺之物。
- B. 水蚤需要血紅素，但沒有也不會死。
- C. 水蚤並不一定要有血紅素，但血紅素對於其生存仍有幫助。
- D. 水蚤並不一定要有血紅素，對於其生存亦毫無幫助。

2-4 應如何推論水蚤血液中的血紅素？

- A. 水蚤的血液中，必有血紅素。
- B. 在缺氧時血紅素由血漿，移動到組織裡面。
- C. 當缺氧時呈藍紅色，有氧時呈鮮紅色。
- D. 當缺氧時，血漿裡就形成血紅素。