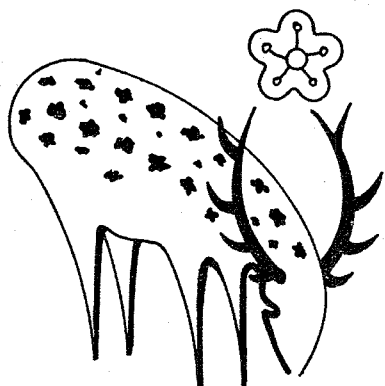




三月份 高中生物教室

楊榮祥 國立臺灣師範大學

當我們分析世界各國高初中生物科的課程目標時，不難發現至少都述及下列二項：

1 培養學生運用科學方法(或科學過程技能)以解決問題(或求知)的能力。

2 培養學生科學態度(以面對問題、解決問題)。

毫無疑問地，凡高初中的學生，無論是否將成為科學家，都應具備科學技能與態度，才能適應現代化的社會生活，並解決科學世界中人類所面臨種種問題。

因此世界各國高初中的最新生物科教材，總要論及科學方法，也含有相當份量必須由學生親自參與的實驗教材，以充分提供學生用科學方法解決問題的練習機會。

所謂過程技能(process skills)，就是探討科學問題(或謂科學研究)的過程(process)中所需之各項技能(skills)，如以行為目標的方式來表達則應如下：

- 1 能發掘問題(或能辨別問題)。
- 2 能組織問題。
- 3 能區別問題與假說。
- 4 能為解決問題收集所需之觀察(或資料)。
- 5 能根據所收集資料(或觀察)建立可驗證之假說。
- 6 能區別假說、推論與事實。
- 7 能根據假說做適當的推論。
- 8 能根據假說或推論設計實驗(設有適當的對照組)。
- 9 能在實驗中適當控制一切變因，正確操作

儀器以進行實驗。

10. 能適當而正確記錄實驗所得之資料(數據)。

11. 能用適當的方式處理或整理數據(如運用數表、圖表等)。

12. 能適當解釋數據(實驗結果)。

13. 如實驗結果與原先所做假說有所出入時，還能根據進一步收集資料(證據或各項新的觀察)，重新修訂或建立假說。

14. 如實驗結果與原先所做假說相符時，尚能進一步發掘新的問題，繼續研究。

15. 能用書面(或其他方式)有系統地，正確報導所做研究之經過與結果。

科學教育最重要的目的，就是發展學生潛在的創造性。上列各項過程技能都是發展創造性所需要的技能。凡現代化的科學課程，莫不要求讓學生「像科學家」一樣地探討科學，那麼時下每年各校、各縣市都按「規定」舉辦的「科學展覽」就應該能代表各校，各縣市科學教育的「成就」。

這一箇月可以說是「科展月」，各縣市都在開科展。我們很高興看到有不少的學校很重視此項活動。例如本島北部海岸小漁村的貢寮國中，在校長、教務主任及數位科學老師熱心提倡下，每一位學生都參與，且提出作品。另外，台北市科展中，也看到一些「老面孔」的「製作人」。他(她)們似乎每年都要參加展覽。當然每一件作品都各有千秋，各有其特點，但最令人高興的莫過於發現學生們可愛的創意或創見。

今年科展作品也有不少佳作，但還有有待改進之處。最常見的通病有下列三點：

1 題材（題目）之選擇方面：應由身邊具體的環境中發掘問題；不一定都要勉強與「經濟」「環境污染」等熱門的問題攀上關係，只要是現實世界的任何事物、現象都可為題材。只要能運用所學的知識與技能，發揮其創見或獨特的觀察也都是好題材（請參閱前述十五項科學技能之第1～4項）。

2 實驗結果之處理，應儘可能用數值或其他具體的表達方式，不要用敘述式的表達（參閱前述科學技能之第10～11項）。

3 實驗設計方面，應注意設立適當的對照組，也必須妥善控制變因（參閱第7～9項）。

科學展覽的作品就是平常科學教學成就的綜合表現。如果教師就在平常的教學中，熱心幫助學生發展其各項科學技能，設法幫助學生發揮其創造性，那麼學生必能在科學展覽會場上展出其卓越的創作。反之，如果教師平常只「教」學生背誦知識，三日一抽考，一週一小考、一月一模擬考，他的學生必定不可能提出好作品，因為等於一直在抹殺學生的創造性。如果教師認為學生沒有時間來從事此類活動，甚至認為教師本人沒有時間來「指導」學生參加科展，那麼站在科學教育的立場，不禁要追問：「為師何事忙？」，或「所教何事？」。

三月份教材研究

第廿四～廿七章

多細胞動物的呼吸、排泄、調節與運動

一、教學目標與主要概念：

這幾章的主題，仍然是個體生命之維持。其共同的基本概念不外乎下面三點：

1 生物體的構造與其功能之間，有密切的相互關係。

2 生物與其環境之間，有密切的交互作用。

3 生物類型的歧異性與其環境，有密切的關聯。

各章也都有其特定的主題，主要概念，及教學目標，分述如下：

(1)動物的呼吸：

本章的主題應為：「動物如何有效獲得體內各細胞所需要的大量氧氣，並排出各細胞所產生之二氧化碳？」

動物要生存需要生活的能量，其能源就是有機化合物（以葡萄糖為主），但要釋放（以運用）所含之能量，則必須仰賴氧氣。多細胞動物體內有那麼多細胞，都需要大量的氧氣。各種動物都具有適當的構造以達成「任務」。無論何種呼吸方法，其呼吸器官都有兩種基本構造：第一濕潤而表面積廣大的薄膜，使氣體迅速而大量溶入（擴散）；第二，廣大密佈的微血管網，以有效輸送氣體。這些概念都應由學生經其觀察與推理活動，以自行發現為原則。

人體的呼吸作用部份，特別注意是否了解呼吸運動的機制。這一項機制應可使學生了解「人工呼吸」的操作原理。關於血紅素的性質部分，應可要求學生用以說明高山病的現象。

(2)動物的排泄：

動物體內代謝作用的主要廢物有二氧化碳與含氮化合物，前者可由呼吸器官排出，後者則不能，而且其毒性極強不能在體內久留。動物如何有效排除？在不同的環境與不同的生活方式，動物總有其適當的排泄機制。這些機制都與水有關。住在水中的小生物體內的含氮化合物可直接擴散入周圍的水中無需特殊的排泄器，但較高等的動物，則將大部分的氮先變成毒性較弱的尿素，再用大量的水沖淡而排出體外。體內水分不多的動物，如昆蟲，則將含氮化合物變成幾乎無毒的尿酸後慢慢排出。

1 體的排泄，請注意血管系統的功能。腎臟的構造與其功能之間有密切的相互關係。更需了解人體內消化、呼吸、循環、排泄系統的相互關

係，人體是個有組織的整體。體內恒定的概念，要在本章開始發展。

(3)動物的調節：

動物體內各器官各項生理作用，都是協調、統一的，此外動物都能迅速而適當地反應體外環境的變化，以維持生命。主要的有關構造就是神經系統與內分泌系統。

呼吸頻率的調節是個實例，學生應能了解這種「自動調節」的機制以及對於生存的意義。

反射弧可說是神經系統感應機制的模式，除了解機制之外，應讓學生想想反射弧對於其生存的意義。

各種動物不同的神經系統，宜與其生活環境或習性聯起來思想其構造與功能，以及生物與環境之間的相互作用。

人類的神經系統，以大腦為特徵，自然應分配多一些時間讓學生們思考。

洛威(Leowi)的實驗是個很好的探討實例，讓學生討論其實驗設計與數據解釋。這是訓練學生推理(reasoning)很好的題材。洛威的實驗將學生由神經系統，很自然地帶入內分泌系統。高中的學生對於荷爾蒙(hormone，激素)很感興趣，可惜由於課程標準所限，各書局版本均未能充分發揮。教師宜設法讓學生了解內分泌系統的調節機制與其對於生存的意義。

(4)動物的支持與運動

這一章是討論「構造與功能的交互作用」以及「生物形態構造與其環境的相互關係」最具體的題材。動物的體型、運動器官與運動方式，都可以由其生活環境，生活方式聯起來研討。

關於肌肉運動生理，包括肌原纖維的構造與功能，收縮能量之迅速供應，廢物之排除等，應能引起這些喜歡運動好動的青少年學生的興趣。其中關於氧債(oxygen debt)，本刊第15期第69頁很有趣的資料，對於體育運動有興趣的學生，應該是很好的教材。

二、學習指導要項：

這四章都是運用「探討式教學」最好的教材。教師要不斷地發出「足以啟發思考」的問題，同時要讓學生體會探討科學的方法(包括思想的步驟、邏輯以及科學過程技能)。如何進行探討式的教學？美國的BSCS所設計的探討演習可為具體的參考，請參閱下面參考資料。

三、參考資料：——BSCS 探討演習

演習 1

題目：心臟的神經激素

探討目標：科學問題之發端

[在這個演習，我們將前面幾個演習的重點，做成綜合性的複習，我們將要處理的觀念及過程如下：

問題的提出及其陳述

樹立假說

實驗設計及實施

數據的解釋

其他有關術語，如：假定、歸納或推論等，也都在使用過程中，讓學生體會其意義。]

[本次演習不限於綜合性複習，另外又加上一個新的命題。那就是關於「問題之提起」。

當我們將新的探討研究所得之法則(或假說)，和原來已得的知識，連結起來時，常常會遭遇到一些矛盾、不一致、不統一或空白的問題。這就是科學研究的「問題」。本次演習將特別提出這些問題來探討。

提要：(a)多年來，有許多科學家從事於動物體內神經興奮的傳導方面的研究。雖然在神經家看來很小也很簡單，但要了解其機能，就顯得不太容易了。科學家發現，如果依照普通一般的方式——先解決一項問題，然後才進行到另一問題——這種方式的研究似乎很難期望其有效的進展。倒不如先求出一項結論，先不管其證據是不是夠完善，總是先把它當做一個正確者，根據這個「假定」來繼續研究。在這一段研究繼續進行時，或許可以獲得新的證據，這證據可能證明前面所

設立之假定，是否正確。

這種情形，在醫生治療疾病的時候很常見。當醫生診察病人時，由症狀判斷似乎是「A病」，雖然醫生還不能得到其充分證據，但總是先當做A病來治療他。假如，醫生所設的「假定」，是對的話，病狀當可減輕，如果不對，至少也不至於加重其症狀。如果，醫生都要堅持先要澈查病因，找出充分證據後診斷，然後才開始治療的話，很可能因而失去時效，導致嚴重甚至不幸的後果。

關於神經，在幾個公認為「對的」假定中，較為重要的一項，就是：「凡神經上所傳導的興奮，在本質上來說，均為相同」。

另一方面，我們已得到一項事實；在人的內臟器官常常有二系的神經來支配，甲的神經所傳導的興奮，可促進這個內臟器官的機能，然而另一系神經，乙神經所傳導的興奮，則反而抑制其機能。雖然作用相反，但甲乙兩神經上，所傳導的興奮，在本質上並沒有差異。

我們把這些「事實」和「所歸納的結論」整理如下：

（事 實）	（歸納的結論）
對於某器官，有甲、乙兩系神經傳達興奮，甲神經的興奮，促進這器官的機能，而乙神經則抑制之。	這二系神經所傳導的興奮，在本質上是相同的。

在上面這「事實」與「所歸納的結論」之間，能不能看出有一種不一致或矛盾的地方？當然我們可以看得出來，如果，為了追究這些矛盾，應該先找出需要研究的問題。也就是說，為了消除這些矛盾，我們找出一些事實來。現在讓我們試試看：

〔在學生們討論時，教師認為，學生們都已理解這項「矛盾」的重點時，可提示如下的推論

摘要，俾便於學生抓住問題的重心。「假如神經的興奮，本質上均相同，但不同的二條神經會對於同一器官却有不相同的作用，這時，我們似乎應該考慮到神經興奮以外的因素。換句話說：「既然所有神經上的興奮，並沒有什麼差異，在同一器官上，所分佈之不同神經所表現的二個相反的效果，似乎只好由另外的機制來說明。」〕

提 要：(b)現在我們正在考慮的問題，是由二個部分所構成的，其中之一，就是一個「假定」即「神經興奮在本質上並無差異」。科學研究時，為了提出問題，常用到「假定」。我們就假定，神經的興奮在本質上都相同，現在請同學們試做出一個假說來說明：「神經興奮既然相同，對於器官却會有二種完全相反的作用，為什麼？」

〔可能會有各色各樣的假說。但最主要的就是：二個不同的神經，作用於同一器官內不同的部位，所以產生不同的作用。〕

提 要：(c)可是，科學家也可能建立不同的假定，用不同的方法提出問題。譬如，他可以根本就否定我們曾在前面所談的假定——神經興奮並無差異的假定——而另外尋找神經興奮本身的差異，這時成為問題的，還不是尋神經興奮的效果的差異，而是尋找神經興奮本身甚至神經本身的差異。跟一般生物學上的問題一樣，關於這個問題，可考慮完全對立的二個可能性。我們所提的問題，就是神經和其所分佈的器官之間的問題。現在我們所要追究的問題，也就在於這個神經，或者在於這個器官，總之是在這二者之一。

現在，就前面所考察的假定、問題及假說先做個整理，因為這樣的整理可幫助我們認清問題。

參考前面所討論的一切，請同學們考慮看看，根據這二個不同的假定，應如何分別說明其問題與假說？

對於神經之假定	(1)神經與其所傳導之興奮，不論其作用是促進或抑制，均為相同。	(2)神經或其傳導之興奮都不同。
問題	(1)如果神經與其所傳導之興奮都相同，那麼二條不同神經怎麼會有不同的效果？	(2)如果神經興奮都不同，那麼其差異何在？
假說	(1)到達的神經興奮，雖然相同，但器官本身不同的機制，產生不同的反應。	(2)器官對於不同種類的神經興奮，或不同神經本身，都表現不同的反應。

〔如上表，整理了以後，可以讓學生由各方面考慮並判斷，應該取那個假定來進行討論。〕

提要：(d)心臟上分佈有二個效果不同的神經，其一為「加速神經」，由於其興奮可促進心搏而得其名，另一則為「迷走神經」，使心搏緩慢的神經。

現在，先給同學們介紹一個有關心搏的新的事實：當心臟在收縮或弛緩時，構成心臟的所有肌纖維也會同時收縮或弛緩。或許會有些不一致的，但畢竟是也是很少數。

請由這項新的事實，再重新考慮上面的二個假定，大家認為那個假定比較妥當？

〔由這項新提供的事實，多數學生似乎會支持「並非是心臟本身機能上的差異，心臟發生不同反應的原因必在於神經本身」這一方面的可能性。〕

提要：(e)有一位科學家，叫做羅威 (Otto Loewi)，為了檢查上面的假說，做過如下實驗。

由二隻青蛙，分別取出其心臟，其中之一(B)除去所有的神經，另一(A)則保留其加速神經及

迷走神經，均分別放入生理食鹽水內。這二個心臟的心搏頻率完全相同，以細玻璃管連接二個心臟，使生理食鹽水能夠從A流到B。

然而，當羅威氏刺激心臟A的迷走神經時，A的搏動立刻緩慢下來，接着B的搏動也慢了下來。同樣地，當他刺激A的加速神經時，A及B的搏動也都相繼地快了起來。

羅威氏的這項實驗，究竟為試驗那一個假說而設計的？請儘量詳細而具體地說明看看！

〔連接二個心臟之間的只有玻璃管內的生理食鹽水，只要強調這一點，學生必能了解這位科學家的想法——「神經興奮產生某種分泌物，作用於A後又經過生理食鹽水傳送到B，使B也發生同A的效果」。〕

如果學生都已了解上述諸點，教師可依照下面的形式，提供這個問題的假說。「迷走神經及加速神經，為什麼會對心臟有相反的影響？那是由於這些神經所分泌於心肌內的物質不同之故。凡迷走神經分泌的物質，使肌纖維收縮率緩慢，反之加速神經所分泌者，則加快其收縮。

提要：(f)在我們剛談到的假說中，還有很重要的一項，並不能由這個實驗求得證明。這是什麼？

注意，這實驗的結果，究竟可不可以支持我們所做的全部解釋？

〔迷走神經與加速神經的不同作用，是由于不同物質的效果。但是還沒有什麼證據，能夠證明這些物質確實是由神經所分泌者。〕

〔下面轉載羅威氏自敘的一段，請讀給學生聽。〕

神經興奮的化學傳達

現在，我（指羅威本人，以下同）要提到，1921年間所確立的有關「神經興奮的化學傳達」的理論了。這是我的科學研究各項業績中，最為大眾所知的一個。

假定 { 在 1921 年以前，大家對於神經興奮之傳導所做的假定是：「電的波動由神經末梢直接傳入反應器官」。

已知事實 { 實際上，在神經上，由于神經興奮所產生之膜電位的性質，都是相同的。因此，由上面的假定，還是沒有辦法說明，不同神經的刺激，引起不同反應的理由。

問題的可能性 { 因而，我們不得不另行考慮其他的因素或機制，以說明此事。

那是很早以前，我記得就是 1903 年，我曾和劍橋大學出身，任教 Marburg 大學的 Walter M. Fetcher 氏討論到。

提示性的類似 { 具有類似交感神經或副交感神經作用的某種化學物質。這些物質，同交感神經或副交感神經一樣，對於某器官有促進或抑制其機能的作用。

假說 { 在這討論當中，我忽然想到「神經末梢，是不是會含有一種化學物質，由于神經興奮的傳導而釋放出來，然後作用於反應器官？」

當時，我一時想不出什麼方法來證明我這一項構想，後來也就忘得一乾二淨。直到 1920 年，我記得那是復活節的星期天前夜，我在睡夢中突然有了一個靈感，猛然起身抓了一片紙條，瘋狂似地寫下幾行字，然後又睡着了。等到第二天早晨六時醒過來時，想起昨夜好像寫下一些很重要的事，連忙找出那一片字條，但我怎麼也沒有辦法判讀這字條上的字。

實驗計劃 { 到了第二天凌晨三時，那個靈感又回來了！原來那就是關於十七年前所討論的化學的傳導的假設的實驗構想。這一次我沒有放過，立即起身奔上實驗室，依照剛剛獲得的靈感，進行蛙的心臟實驗。由這一項實驗所得之結果，終於建立「神經興奮的化學傳導」的理論根據。這確是值得紀念的一個實驗。這項實驗的經過是這樣的：我將二隻蛙的心臟分

別取出，其中一心保留上面的所有神經，另一則完全除去神經，然後分別放入盛有生理食鹽水的培養皿裏面。

結果數據 { 我將第一個蛙心上面的迷走神經，連續刺激數分鐘後，將這培養皿內的生理食鹽水，移到另一個心臟的培養皿內，結果，這一個心臟，正如受了迷走神經的刺激一樣，其心搏緩慢了下來，最後也停止搏動了。同樣地，當我刺激第一個蛙心的加速神經後，將該生理食鹽水移至第二個心臟時，其心搏也加速了。

解釋 { 由此結果可以證明「神經並不是直接作用於心臟，乃因神經末梢分泌特殊的化學物質，這個化學物質作用於心臟」。

上面這個故事，提示一件事：「十幾年之久，潛伏在心裡的問題，也可能如此這般地，突然回醒，帶來其解決的途徑」同時也提示另一件事：科學的研究，不可考慮過多，有時候也應該尊重直覺的「靈機一動」。好像我這一個實驗，如果我在白天做過週密的考慮的話，我很可能就不會進行這項實驗。經過週密的考慮後，我可能這麼想：「由于神經興奮而有所分泌，其量必定只夠其反應之用，不會有過剩的量溶入生理食鹽水裡再作用於另一個心」。這樣，我就很可能會放棄做這個實驗。我覺得很幸運，半夜裡來的這個構想，不加考慮地立刻進行，帶來這麼寶貴的結果。

遠在十七年前所討論的假說的實驗計劃，竟然還會在十七年後的半夜裡突然復活。這件事想來，實在奇怪，也很有趣。約在五年以前，我會就這件事和當代第一流的心理分析學者 Ernest kris 氏談過。稍後，我為撰寫這篇自敘，翻閱我研究室內已發表的論文與報告的時候，無意中翻到二個報告。那是 1918 年所做，關於心臟分泌物質的研究。所用的方法竟然和剛剛談過 1920 年所做的蛙心的實驗，完全一樣。原來，我這項「半夜來臨的靈感」不過是 1903 年的假說和 1918 年別項實驗方法的聯結。所謂「直覺的發

現」，常常就是這種潛意識的聯結。

從此以後，不單在我自己的研究室，在世界各地逐漸展開這項化學傳導有關諸問題的研究。多年下來，我們所獲知的事實也增加許多。譬如，迷走神經所分泌的物質，已經分析出來，那是乙醯膽胺 (acetylcholine)。然而這化學物質，如果受到膽鹼酯分解酵素 (cholinesterase) 的作用時，會成為「不活性」的，並減弱對於心臟的作用力。另外我們也已了解這些膽鹼酯分解酵素的作用，也會受到一種叫做毒扁豆鹼 (physostigmine) 的生物鹼的阻礙等等。

這些都是研究生物鹼 (alkaloid) 的最早基礎。至於刺激加速神經時，所分泌的物質，也經分析出來，那是腎上腺素 (epinephrine)。不過，這已經是 1936 年的事情了。

〔當您讀給學生聽的時候，請將本演習中所提示的一切，與原著者 (Loewi) 的自敘相比較。〕

下面幾點必須再加強調：

- 1 此地所處理的問題和本演習開頭中所提出問題大致相同。
- 2 由於某種藥品的效果與這神經的效果相「類似」，經研究者之自由思索而建立本假說。
- 3 形成這一項假說之後足足有十七年時間，未曾有過任何檢證。換句話說，這項假說，是在發現檢證方法十七年前所建立〕。
- 4 這項假說的決定性實驗，是利用目的不同的另一個實驗方法來做成功的。
- 5 這位研究者曾談過：「假如，我更遇密考察，我會認為這項實驗將是徒勞無功的」。
- 6 關於神經荷爾蒙的分析，當時 (1920 年) 就開始研究了。但腎上腺素 (epinephrine) 則在 1936 年才被分析出來，這是 Loewi 氏預言應有這麼一種物質 33 年後的事！

演習 2

題目：血糖的調節

探討目標：機動平衡之維持

〔本演習要提出關於「生理的機動平衡」的問題和一部分維持這種平衡的恒定機制。在此項物質平衡的維持作用中，體內多餘物質將以貯存、轉換以及排出的方式予以滅除。反之，將以再轉換、貯存物質之再提用，停止排出以及「節約」作用等方式，以補充其所不足的物質。本演習包含許多連續的問題，不可能在一節課的時間內研討完畢。提要 (c) 以後的部分可以任意分節實施。〕

提要：(a) 關於醣類，同學們至少已了解三項事實。第一，單醣為生物體內所有器官、組織以及細胞的最主要的能源。例如，當一塊大型肌肉在活動時，必定要消耗大量的單醣。第二，普通的食物中，常含有大量的醣類及澱粉。第三，這些醣類均在小腸內消化後，轉化為單醣而進入血液。

現在假定以一種「完全營養的食物」飼養一群正常的動物。規定每天清晨餵食一次後，就要牠們連續活動 12 小時。在這 12 小時內，每隔一小時，抽血一次以測定其血糖濃度。

請問，你認為在這 12 小時內，這些動物的血糖濃度將會有怎樣的變化？設：餵食前一小時的血糖濃度為 0.09%，請參考上面有關醣類的三項事實，繪製一個座標圖以表示其變化的情形。

〔無論是直線或曲線，只要學生們能表示出血糖濃度會慢慢「下降」的話，即可算是「可接納」的答案。可是，這樣的答案，顯然忽略掉二個事實，那就是「用盡血糖之初期狀態」以及「消化作用所需之時間」。請即進行下面的問題。〕

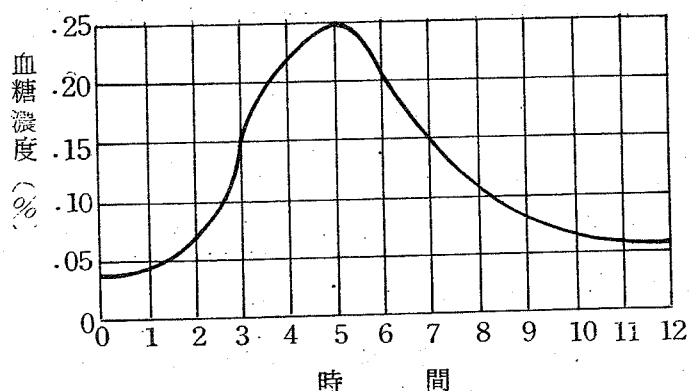
提要：(b) 現在我要提醒大家注意，這群動物一天只餵一次。當這實驗開始時，事實上牠們已有

24 小時沒有吃東西了。還有一件事，吃下去的食物，是否可能一下肚子，就立刻消化被吸收進血液裡面？

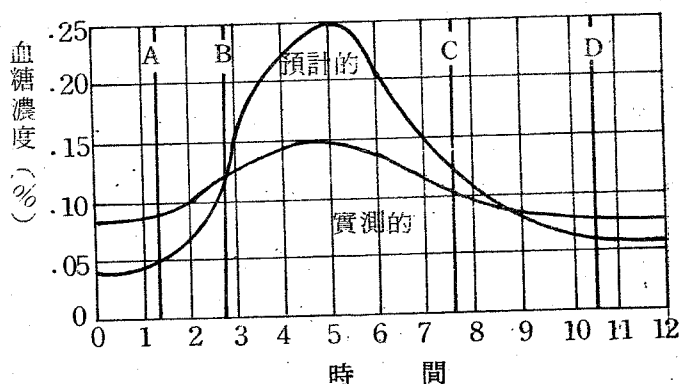
根據這些事實，請修正剛才的座標圖。請問，座標內那一個點是(1)代表餵食前的血糖濃度？(2)代表小腸中正在吸收消化物時候的血糖濃度？

〔如果考慮這二點，這個曲線應該由下面很快地升高到頂點，然後以一定的坡度下降。〕

提要：(c)有一位生物化學家，很精密地估計，這些食物中，所含可吸收的醣量，和這群動物一天所消耗的總醣量。然後他也繪製了一個座標曲線圖（如下圖），以表示這一群動物一天內血糖濃度之變化情形。當然，他先假定，小腸所吸收的醣為血糖的唯一來源，而血糖也只有用做肌肉或其他器官活動的能源。



然後，這位生物化學家，實際地每隔一小時，由這群實驗動物的腿部抽血測定其血糖濃度。結果出乎意料之外，他發現，「實際測定」的數值和原先所「預計」者大異其趣（如下圖）



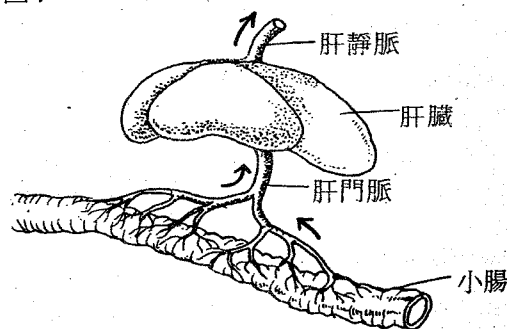
現在請先看看上圖中 B 與 C 之間的二條曲線！如果食物裡面的糖，確實被完全消化而吸收進入血液，同時又假定這些動物，也的確按照所計算的速率來燃燒（消耗）血糖，那麼我們應如何解釋這二條曲線——「預計的」和「實際測定」的曲線——為什麼會有如此巨大的差異？

〔答案甚為明顯。血液內的醣除了轉變為能而用掉以外，顯然還有別的用途，或是移到別的地方。從這二條曲線也只能知道這些。如果學生們對於生理學已有相當豐富的知識的話，下一個問題或可以免做。〕

提要：(d)顯然血糖除了供作能源之外，似乎還有別的用途。否則，血糖的濃度應該不祇增加這點數量。請想一想，這所謂「別」的用途，應該是什麼？

〔有三種可能；生理的貯存，化學的貯存（轉化為其他物質）及排出等。〕

提要：(e)這位科學家注意到，在整個循環系統裡面，只有分佈在小腸上的血管系統有一種很特別的特徵。那就是所有小腸上的血管都匯集於肝門脈，然後進入肝臟。這表示，消化後所吸收之單醣，必須通過肝門脈而進入肝臟。而肝臟也只有一條肝靜脈才能將血液由肝臟送回心臟去（如下圖）



試由這種構造上的特點，解釋這第二圖的 B 與 C 之間「二條（預計的和實測的）曲線」所呈差異的原因。

「有一部份的醣，在通過肝臟時，停留下來（留在肝裡面沒有出來）。」

提要：(f)我們怎樣以實驗來證明這項假說？我們需要收集那些Data？怎麼樣去獲得？

「只需在消化作用盛行時，測定並比較肝門脈和肝靜脈內的血糖濃度就可以。請注意，我們之所以要連續提出這三個問題的目的，是在於讓學生能體會到科學實驗的基本順序。即：1 認識問題和解決問題的方法。2 為解決問題需要找什麼Data？3 這些Data怎樣收集？」

提要：(g)後來有一位科學家，就做上面這樣的實驗了。請問，假如我們在提要(e)所做的假說是正確的話，他的這一項實驗會得到什麼Data？如果假說是不正確的話，又將如何？

「如果這假說是正確的話，肝靜脈內的血糖濃度，勢必遠較肝門脈者為低。如果不正確的話，則這二條血管中血糖濃度的差異必然很小。」

提要：(h)這位科學家經實驗的結果，發現肝靜脈內的血糖濃度，的確遠比肝門脈者為低。他解釋說：肝門脈內的一部分血糖，必定在通過肝臟時，保留貯存在肝臟裡面。可是，另有一位科學家，反對此說。他說：在這一項實驗所得的Data裡，看不出有任何證據可以說明這一貯存的事實。並說：那些通過肝臟以後所減少的血糖，不一定是「貯存」了，很可能是在肝內被「破壞」了。

但，前面這位科學家還是不改變初衷，他指出：這實驗所得的曲線，仍然是支持「貯存」說，並不支持「破壞」說。

請特別注意圖中的A以前和D以後的部分。請大家仔細看看，那些證據是支持這「貯存」說？

「這圖上D以後部分為長時間活動後的血糖

狀態。A以前的部分則再加上晚間休息的一段，而且還是餵食以前的狀態；也就是說，那是補充血糖以前的狀態。在這一段時間內血糖的量，並沒有降低到應降低的程度。顯然是另有血糖的補充！否則當不會有如此的現象。」「當然，這「貯存」之說仍然需要另行查證。因為在上述實驗所得的Data中，還沒有任何證據以證明，這是物理或化學的貯存。以探討的觀點來看，就科學的「Data的解釋」方面來說，本項演習的重點，是強調，在「絕對正確」和「完全無知」之間，仍然會有許許多多不同程度的階層。」

提要：(i)為支持這「貯存」的假說，我們還要找出那些新的Data，才能夠使這位「破壞」說的學者，毫無反駁的餘地？

「請注意，我們用「支持」，而沒有用「證明」這一詞。因為這裡還是前提要之延續。為獲得新的Data，在肝門脈到肝靜脈之間的血糖濃度降低時，測定肝組織內的血糖是否增加。」

提要：(j)這位科學家，為尋求這項Data，他設計了一個實驗。結果並沒有看到肝細胞內葡萄糖（血糖）含量有任何增加。但，他倒發現當肝門脈與肝靜脈之間的血糖濃度降低時，肝組織內的肝醣，有顯著的增加。他也發現，當動物在無攝食狀態中活動時，這肝內的肝醣也顯然減少，同時，肝靜脈內却出現很多的血糖。原來，所謂肝醣，事實上就是許葡萄糖分子，相串聯而成的一種長形的化合物。

然後，他認為證據充分，遂發表結論說：肝臟在生物體的恒定機制中，擔負一部分的工作，其功能為維持血糖的「機動」平衡。

提要：(k)經過若干時候以後，另有一位科學家發表資料說：在正常狀態下，肝臟裡所能容納的肝醣只夠維持五小時的血糖的正常濃度。但，根據圖二的Data，事實上這血糖濃度似乎不只維持五小時，雖然這時還維持繼續不斷的活動狀態。

因此，我們不得不考慮，除了肝臟的貯存作用以外，是否另有維持血糖濃度的因素？請從下面這幾項資料來推理，究竟還有什麼因素參與此項工作（指維持血糖一定濃度）？

1 骨骼肌為肝醣的最大消耗者。

2 (a)動物的食物內，無論含不含有脂肪，只要醣類含量豐富，動物總會發胖（脂肪組織增加）。

2 (b)在長時間的饑餓狀態下，通常血糖仍能維持在 0.06 % 左右的濃度。在這種情形下，通常動物肝內的脂肪組織將逐漸消失。甚至連蛋白質也減少，結果肌肉以及其他器官也都變為瘦小。

[骨骼肌為肝醣（以葡萄糖的狀態）的最大消耗者——這事實似乎在提示肌肉也同肝臟一樣，可以貯存大量的肝醣——事實上確實如此。由 2 (a)和 2 (b)可推知，醣類可能轉化為脂肪或併入蛋白質裡。同時也說明另一種情形——當血糖濃度降到定量以下時，脂肪或蛋白質也都可以分解以供應血糖。

學生可能都會想到上面這些解釋。但，下面的幾個問題，却常被忽略。]

提 要：(1)後來果然有許多科學家，都證明脂肪和蛋白質確實可分解成為血糖。換句話說，都可作為生物的能源。

以上我們都以血糖濃度之維持問題的研討為重點。我們曾研討，當血糖增多或減低時，如何除去多餘的，或補充不足的血糖等等。

現在我們改一個方向來探討這些問題。首先注意肌肉以及其能源。我們知道，由於動物的生命可說是由「動」來爭得。經過「演化」的結果，使動物能夠在任何環境下，仍然可以在肌肉內經常地保存其充分的能源。

那麼，假定，當肝醣減少到不足供應充分的能量，而肌肉却須維持其活動，這時生物體內將會有何種對策？

[答案當為：在這種情形下，必須有另一套

代謝作用以供應能量。如，脂肪酸或許成為血糖之替代物。]

提 要：(m)現在回憶前面曾經討論過的「機動的平衡作用」的概念。這項「其他」能源的開拓，對於這個「機動平衡」有何意義？

[這是「節約」的一例，剩餘的血糖，常由別的代替品，如脂肪等的介入，而節約下來。]

提 要：(n)當血糖濃度過高時，除了「貯存」的方法以外，難道沒有其他的處理方式？請指出有怎麼樣的處理方式。

[可以「排出」去。]

提 要：(o)研究這些多餘血糖的排出問題時，我們發現，血糖濃度要比正常狀態高過很多時，尿裡始能發現到葡萄糖。這正表示着，動物體對於多餘的血糖，「寧可」貯存，而「不被」排出。這種事實在動物的適應上究竟有沒有什麼意義？

[儘可能貯存，以備將來應急之用。]

提 要：(p)最後，我們關於動物血糖濃度的機動調節，試做一個摘要！首先，做食物的攝取量過多時的情形吧！

[1 單純的貯存（以肝醣狀態貯存）

(a)貯存於貯存中心—肝臟

(b)貯存於使用位置—肌肉

2 轉化（如轉化為脂肪或破壞性轉化，…如提要(h)所提過者）

3 排出（經由排泄系統）

4 增加消耗（本演習沒有提起）等等。]

提 要：(q)食物的攝取量不足供應正常的血糖濃度時，將如何調節？也做個摘要看看！

- [1 由貯存物質中提出。
- 2 轉化或再轉化作用。
- 3 「節約」作用（用代用品，如，脂肪）。
- 4 減少消耗。
- 5 減少排出。]

四、評量範例：

1 「鐵肺」是一種能調整內部氣壓的大圓筒。有些小兒麻痺的病人需要鐵肺來幫助呼吸。這時病人要躺在鐵肺的大圓筒內，但頭部要露在外面，在頸部有一種裝置可防止鐵肺內的氣體外洩。

1-1 根據上面的敘述，鐵肺等於取代病人的什麼功能？

- A、肺與心臟
- B、氣管與支氣管
- C、橫隔膜與肋間肌
- D、口腔與鼻腔

1-2 根據鐵肺的原理，什麼力量使空氣進入人類的肺裡？

- A、大氣的壓力
- B、肺臟的收縮壓
- C、空氣膨脹壓
- D、咽喉的唧筒作用

1-3 為什麼病人的頭部要露在鐵肺外面？

- A、因為鐵肺裡面太熱。
- B、因為需要使病人的口部與肺部的氣壓不相同。
- C、因為鐵肺內氧氣的量有限。
- D、因為影響病人的心理。

2 分析人類的血漿，原尿（鮑氏囊內的液體）與尿液成份結果如下表（單位＝克／100 毫升）

成份	血 漿	原 尿	尿 液
尿素	0.03	0.03	2.00
尿酸	0.004	0.004	0.05
葡萄糖	0.10	0.10	0.00
胺基酸	0.05	0.05	0.00
無機鹽類	0.75	0.72	1.50
蛋白質	8.00	0.00	0.00

試根據上表，用下面代號回答 2-1～2-5 的問題。

- 代號 {
- A、合理的數據解釋
 - B、上表數據反駁這個解釋
 - C、上表數據不能支持亦不能反駁

2-1 原尿內的鈣離子濃度，比尿液內的鈣離

子濃度高。

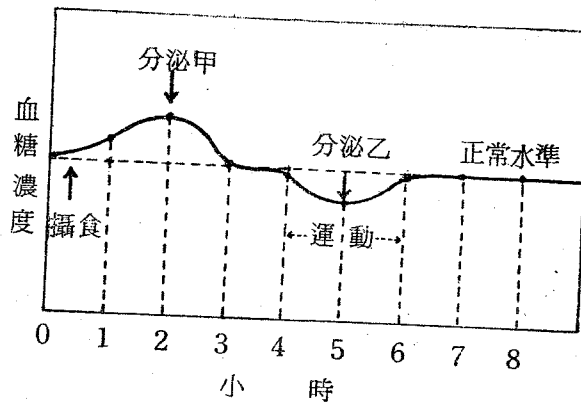
2-2 原尿成份等於血漿減去蛋白質。

2-3 在尿液中尿酸的濃縮最多。

2-4 所有的無機鹽類的量在尿液中加倍。

2-5 只有葡萄糖完全被吸回入血漿中。

3



3-1 根據上圖攝食之後，血液中的葡萄糖濃度——

- A、上升，分泌甲等於腎上腺素的作用。
- B、降低，分泌甲等於腎上腺素的作用。
- C、上升，分泌甲等於胰島素的作用。
- D、上升，分泌甲等於肝臟內肝醣的量。

3-2 分泌甲使血糖——

- A、在一小時後降到正常的水準。
- B、在三小時後降到正常的水準。
- C、在四小時後降到正常的水準。
- D、在六小時後降到正常的水準。

3-3 當這個人運動之後，血糖濃度降低，刺激分泌乙。這分泌乙相當於——

- A、腎上腺素
- B、胰島素
- C、甲狀腺素
- D、副甲狀腺素

3-4 分泌乙在多少時間之後，使血糖濃度恢復到正常水準？

- A、6 小時之後
- B、半小時後
- C、1 小時之後
- D、3 小時後

3-5 運動後血糖濃度因分泌乙而恢復水準，血液內此項葡萄糖的補充直接來自——

- A、肝臟所存之肝醣
- B、所攝食物中的消化物
- C、肌肉內所存之肝醣
- D、來源不一定。