

# 再生作用

黃鈞蕙 郭章儀 張永達

國立臺灣師範大學 生物學系

## 一、前言

再生作用對於某些生物而言是很重要的存活機制，在中學生物課本較少提到這樣的概念，即使曾提到相關的概念(例如斷裂生殖或出芽生殖)，在觀念上也只是強調生物的無性生殖機制，因此學生在學習時無法清楚地了解其中的原理。許多學生也未曾親身觀察過生物的再生現象，所以希望能藉由一些再生作用的例子，結合課本中的概念，讓學生能藉由所設計的實做活動，對於再生作用有新的體認，並體會生命的奧妙。

再生作用可以從斷面的成熟細胞長出損失的組織來，由斷面的成熟細胞進行細胞分裂，以補充損失的組織細胞。再生作用在無脊椎動物可以是其生殖方式的重要機制，在脊椎動物中，個體也可以利用再生作用來修補其體內的器官，因此再生作用也是其生存的重要機制。

## 二、再生作用的發現歷史

權伯利(Trembley, A.)生於 1710 年，日內瓦人，當他完成他求學的正規教育後，前往荷蘭，在海牙附近班第克伯爵(Count W. Bentinck)的家中擔任家庭教師；當時精密的生物學研究儀器尚未開發出來，他仰賴一個放大鏡和一個單透鏡的簡單顯微鏡，進行水螅再生作用的觀察。

權伯利在 1740 年以水螅為材料所作的精巧實驗，首開實驗動物學的先河，於 1744 年首度宣佈生物的再生現象，他對水螅的一些驚人發現，使其贏得「實驗動物學之父」的頭銜。

生物學家都知道某些原始動物能藉著出芽方式行使無性生殖，這些動物能夠從身體上切下來的一部分再生成一個完整的個體，兩個相同品種個體的組織甚至能融合在一起，形成一個複合的個體。

權伯利對水螅的研究，是在閒暇時自伯爵領地的溝渠裡，採集水生動植物的觀察過程中所引發的。這些不到半英吋長，並且像是在管子的一端樹立著一圈觸手，看似固定不動的綠水螅，似乎是靜止的，早期他以為它們只是簡單的植物。然而在 1740 年六月的某一天，他看到牠們會收縮和伸長。數天的觀察後，他更清楚的看到了這些綠水螅表現出動物的行為，經過細心觀察，權伯利確信這些小生物並非植物。後來在偶然的機會中，注意到牠們有向光性。他決定以實驗來進行探究，證明了無眼的動物能表現趨光性或向光運動的行為。他以一個開了小洞的厚紙板套筒蓋住養水螅的瓶子，然後每隔一段時日，轉動此套筒並且追蹤這些生物的移動，發現這些生物總是朝有光的方位移動。

水螅有不同數目的觸手或手臂-----這是

一個明顯而奇特的特徵，這種奇特現象使他想平分一個水螅，看看這兩半是否都能發育成完整的個體，結果他發現切斷的水螅可以再長出完整的水螅。證明了一個完整的動物能夠從一塊動物的片段再生而來。

他的報告記載：「當我全神貫注以放大鏡檢查這兩段時，牠們似乎展現著我所看過的完整水螅的種種機能：他們伸長、收縮並且行走。」他也看到再生的個體進行攝食的動作。

權伯利研究水螅再生時，他也觀察到牠們用一種非常類似植物出芽增殖的方式產生較小的個體。他看到水螅身體的一個小突起慢慢成長，形成觸手，最後脫離母體，形成一個與母體相似的小複製體時，他也設計了實驗，以說明無性出芽生殖的特性，並證明了芽體並非從卵發展而來。

### 三、再生作用常見的例子：

#### (一)水螅的再生：

權伯利 (Trembley, A.) 首先提出「水螅的再生」這個概念，他發現被切掉頭部的水螅不僅能活下來，還能再長出新的頭部。不管怎麼切，幾天後水螅又長回正常的模樣。即使將水螅切到小至只有原來體積的1/20，其身體的片段也能再生一個新的個體。水螅的再生對於水螅本身的意義，不僅在恢復已經失去的部位，而是可以由身體的一側長出新的個體，這就是它的出芽生殖(圖一)。

水螅的身體具有頭尾的極性，不論身體的大小，其極性都是一樣的，所以水螅再生

時，切下來的片段會在最靠近原來頭的部位再生頭部，而在最靠近原來尾的部位再生尾部，這是因為水螅頭尾的極性中，靠近頭部的一端會製造一種抑制頭部生成的物質，此物質會沿身體向下擴散，防止身體任何其他組織形成頭部，此物質的濃度和形成頭部的能力成反比，因此去除頭部後，最靠近頭部的地方就會分化生成新的頭部。此時，如果將頭部附近的細胞移植到身體其他部位，它也可以再長出頭部。



圖一：水螅的出芽生殖



圖二：海星有很強的再生能力

#### (二)海星(圖二)的再生：

海星屬於棘皮動物，通常有很強的再生能力，斷一兩隻腕足並無大礙，可以很快長出新的腕足。海星的腕足有相當大的吸附

力，兩個腕足可以將貝殼撥開以利攝食，因此，海星常造成養殖貝類的損失，不知情的漁民將海星切碎再丟回海裡，反而因海星的再生作用而長出更多的個體，造成更嚴重的損失。

### (三) 蚯蚓的再生：

蚯蚓與顫蚓都屬於環節動物，當蚯蚓的體節斷裂時，能夠再生，長出身體另一端的體節。不同種類的蚯蚓有不同的再生能力，*Criodrilus* 屬或 *Perionyx* 屬的蚯蚓有較佳的再生能力。

許多文獻只提供蚯蚓的再生紀錄，但對於其再生之生理或機制的研究卻很少。蚯蚓的尾部再生速度比前端快，蚯蚓體節被切斷後，斷面的組織會開始再生，再生的時間約需 2-3 個月。再生出來的體節數目與切斷後身體剩下的體節數目有關，若剩下的身體較靠近前端的部位，且體節的數目較少，則再生的效果較差。。

有些實驗結果顯示，蚯蚓的再生能力與其神經系統的完整性相關。若將蚯蚓切開後，保有神經的部份則可再生，若完全切除神經，則這些蚯蚓的體節就無法再生。溫度也會影響蚯蚓的再生，夏季溫度高，再生速率較快，冬天則較慢。蚯蚓老化的程度也會影響其再生能力，年輕個體的再生能力及速度都比年老的個體強。

### (四) 蠓螈（圖三）的再生：

蠓螈與蛙類、蟾蜍都屬於脊椎動物的兩生類。再生對於蠓螈的意義重大，蠓螈肢體

的斷落部位，能夠藉由再生作用而恢復原狀。成熟蠓螈的細胞，仍保有胚胎時期的某些特性，蠓螈身體受傷後，約一週的時間，會在傷口周圍形成胚基。胚基細胞本身含有位置訊息，將蠓螈的腳掌斷肢塞到身體下方皮膚的切口，會在該處形成血液循環的構造，若再切斷腳掌斷肢，結果兩個斷面處都再重新長出兩個肢體末端的構造來。因此，可以證明胚基靠斷裂末梢處產生新的位置碼，並沒有全身全盤的訊息，祇是純粹的朝末梢處再生而已。



圖三：楚南氏山椒魚是台灣產的蠓螈，屬於兩棲類

### 四、人體有再生作用嗎？

2001 年 8 月美國總統布希宣佈政府將要支持研究幹細胞，引起保守派及羅馬天主教人士的反對。幹細胞是什麼，為什麼會引起如此特殊的重視？

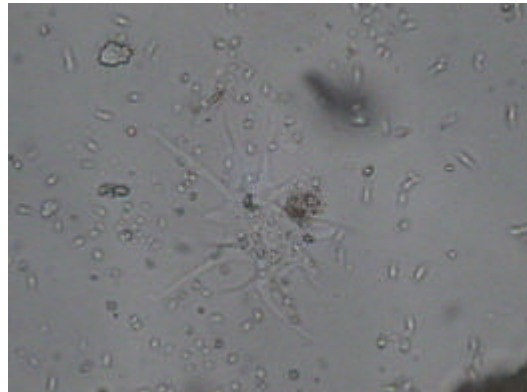
1998 年 11 月，美國兩位科學家：威斯康辛大學麥迪森分校教授譚遜(Thomason, J.) 與霍普金斯大學教授紀爾哈(Gearhart, J.) 發表幹細胞的突破發現：從體外受精的胚胎中找到幹細胞，並且能於實驗室中培養而分化變成二百多種細胞。此外，幹細胞還可以無限制的分裂。

動物胚胎中含有幹細胞，人類的幹細胞不容易用肉眼觀察，但是雞蛋蛋黃就是提供雞胚幹細胞營養的構造，受精後，雞蛋有時會出現血絲，這血絲裡便有雞胚胎的幹細胞。目前幹細胞可以作為生物複製的基礎，科學家宣稱可以從幹細胞中，培養皮膚、內臟、脊髓或者腦細胞等多種人類細胞。

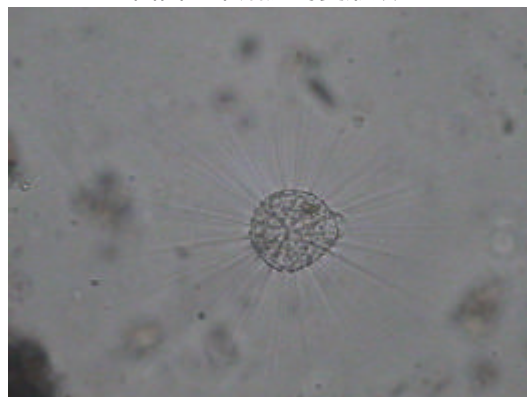
目前科學家對於幹細胞的研究持有兩極化的態度。贊成幹細胞研究的科學家認為，發展幹細胞複製或者分離技術，將有助於治療遺傳性疾病，尤其是能供應移植用的細胞與治療組織的疾病，甚至於目前無法治療的阿爾茲海默氏症（俗稱老人痴呆症）此外，幹細胞因為可以無限制分裂，因此可以提供人體正常細胞，對於藥物發展與研究，有極大的利用價值。

人類是高等進化動物，因此在細胞構成上，較低等的阿米巴（變形蟲）細胞（圖四）、太陽蟲等（圖五）複雜的多。目前的複製技術還未能成功的培養出特定的人體細胞，主要原因是哺乳類動物的細胞結構複雜，雖然科學家已經開始著手解開人類的基因圖譜，但是複製哺乳類動物細胞還是要依賴幹細胞的研究與發展。

複製特定人類細胞比複製羊或其他動物困難，以阿爾茲海默氏症的研究來說，若醫學人員無法使用活人的腦細胞，就無法研究出有效的治療方法。但幹細胞的保存不受限制，未來幹細胞的研究與發展，可用以研究遺傳性疾病，並培植出神經細胞、心臟肌肉細胞、骨髓或分化出基因改造過的血球細胞，甚至可以利用基因的操縱方法培養需要



圖四：單細胞的變形蟲



圖五：單細胞的太陽蟲

的細胞與組織。在器官移植方面，目前已經利用此一技術培養的人類皮膚細胞治療燙傷、肝細胞壞死等，降低目前人類異體移植的排斥，未來還有可能發展出用患者本人細胞搭配幹細胞的技術，培養出帶有與患者相同遺傳物質的整個內臟，如此不但無須等待捐贈器官，器官移植後也不會出現排斥外來移植器官的現象。

## 五、再生作用的觀察

觀察動物的再生作用，在活體材料的選擇上，應以容易取得，容易觀察並且生長快速的活體材料為主。蚯蚓、渦蟲、水螅都是好的活體材料，但是水螅因體積較小不容易操作，因此，本文討論蚯蚓與渦蟲的再生作

用觀察方法如下：

### (一) 蚯蚓的再生作用：

觀察目標：蚯蚓體節不同長度是否影響其再生速率。

觀察步驟：

甲、把蚯蚓切成三段後的再生情形：

1. 取 10 隻蚯蚓，把其等分成三段，再把各段分別放入培養皿中飼養，並編號，然後每日觀察並記錄其存活的情形。
2. 取 10 隻蚯蚓，把其等分成三段，在各段的切口處塗上被磨碎的蚯蚓漿液，再把各段分別放入培養皿中飼養，並編號，然後每日觀察並記錄其存活的情形。
3. 取 10 隻蚯蚓，把其等分成三段，在各段的切口處塗上濃度 0.6% 的食鹽水，再把各段分別放入培養皿中飼養，並編號，然後每日觀察並記錄其存活情形。
4. 取 10 隻蚯蚓，把其等分成三段，在各段的切口處塗上濃度 0.3% 的食鹽水，再把各段分別放入培養皿中飼養，並編號，然後每日觀察並記錄其存活情形。

乙、把蚯蚓切成四段後的再生情形：

1. 取 10 隻蚯蚓，把其等分成四段，再把各段分別放入培養皿中飼養，並編號，然後每日觀察並記錄其存活的情形。
2. 取 10 隻蚯蚓，把其等分成四段，在各

段的切口處塗上被磨碎的蚯蚓漿液，再把各段分別放入培養皿中飼養，並編號，然後每日觀察並記錄其存活的情形。

3. 取 10 隻蚯蚓，把其等分成四段，在各段的切口處塗上濃度 0.6% 的食鹽水，再把各段分別放入培養皿中飼養，並編號，然後每日觀察並記錄其存活情形。
  4. 取 10 隻蚯蚓，把其等分成四段，在各段的切口處塗上濃度 0.3% 的食鹽水，再把各段分別放入培養皿中飼養，並編號，然後每日觀察並記錄其存活情形。(本活動可視實驗材料及活動時間而增減進行觀察的項目)
- 比較甲乙的蚯蚓再生速率有否不同。

### (二) 渦蟲的再生作用

淡水棲的渦蟲是再生作用的很重要的實驗材料，還可用於分類、行為觀察、毒性實驗、生物指標等等。常看到的渦蟲為東洋渦蟲(*Dugesia japonica*)，分布在全省各地，高度從海拔 1 到 3350 公尺都有分布，容易採集。

1. 採集地的選擇：

渦蟲棲地多在不受污染的山中淺溪、湧泉流、淺河等水底的石塊上。但是也有生長在池塘、沼澤等封閉水域，這些種類常停棲在睡蓮或其他植物葉背面，有時也可以在有積泥的下水道，水溝，有顫蚓繁殖的水域等。

2. 採集的裝備及方式

從水域底部拾起石塊、木片、落葉或沈積物，以肉眼尋找渦蟲。如有其他大型水生

植物，可以翻查葉背，通常在落於池底的或水底的枯葉或雜物上較容易找到。發現了渦蟲即可以毛筆或水彩筆刷取，也可以利用粗吸管吸取。因為渦蟲為肉食性動物，因此吸引渦蟲最有效的方法是將牛、豬、雞等肝臟切成薄片，放在塑膠袋或皿器上，做成餌誘陷阱，沈入棲息水域底。放置數個鐘頭或到隔夜檢查陷阱，即可一次採到很多渦蟲。採到的渦蟲放入盛有現場溪水的廣口瓶中，集了相當數量後帶回。攜帶的過程中，需注意避免水溫升高、太陽直射，且應避免在過小的容器內裝過多的渦蟲，以免其自體分解。

### 3. 渦蟲的飼養

各種玻璃或塑膠容器都可使用做飼養容器。圓型水槽是理想的飼養容器，因為飼養管理，無論給餌、清潔都很方便。飼養密度不能太高，2 公升圓型水槽可養 100 到 200 隻左右渦蟲，密度太高時容易致死。利用培養皿等很淺的容器飼養時，最好加蓋子，以免蟲體爬出後死亡。此外，渦蟲具有背光性，飼養的環境應提供部分區域是不照光的，以供渦蟲棲息。

飼養水可以用採集現場之溪水飼養，但這些棲息地常離學校很遠，不容易經常前往運水。另一方面溪水所帶的微生物，有時會過度繁殖或使水腐敗，因此可利用井水或自來水。自來水必須放置數日，並最好先打氣，去除水內消毒藥成份後再使用，或經煮沸冷卻後再用。剛從野外採回來時，先用原產地溪水飼養，隔日，加些井水或放置數日已去除消毒藥的自來水，或人工飼養水。此後逐漸增加添加之水，移置純人工飼養水。

給餌通常一週給食餌一次，頂多二次即可，給食前在另一容器內準備新的飼養水，當渦蟲進食後，以毛筆將蟲體移入新飼養槽中、舊飼養槽內飼養液倒出，並徹底清洗槽內壁，以備下次換水之用。

理想的飼養水溫是攝氏 10 度左右，因此夏天太熱時應該放在定溫飼養器或冰箱中，在攝氏 10 20 度的溫度裡飼養。超過 25 度會停止繁殖甚至死亡。在低溫飼養的個體，總比高溫生長的個體大。

### 4. 渦蟲再生作用的觀察

渦蟲再生的觀察中，要使渦蟲先禁食兩日，處理完後也應禁食，以免渦蟲受細菌感染而死亡。

以刀切法處理整個過程：取個體壯碩的渦蟲，分別以全新刀片做以下的處理，並在理想的再生環境下(試驗實驗)讓其再生，拍攝再生過程，記錄結果。

- (1) 將渦蟲橫切成兩段。
- (2) 將渦蟲橫切成三段。
- (3) 將渦蟲縱切。
- (4) 將渦蟲自口前端縱切，後端相連，不完全切開。
- (5) 將渦蟲自口後端縱切，前端相連，不完全切開。
- (6) 以距尾端 2 毫米為單位，作一橫切面，再依次往上切，記錄其再生情形。

### 參考文獻

- Lewis Wolpert, 周業仁譯。1998。胚胎大勝利。天下遠見。
- 木村義志著、李毓昭譯。2000。可以在桌上

養的小生物。晨星出版有限公司。  
 呂光洋。1989。台灣產之淡水棲渦蟲。生物科學，32(1)：29-42。  
 林天送。1999。幹細胞--生命的根源。健康世界，163：81-83。  
 樊同雲、戴昌鳳合譯。1990。權伯利的水螅

蟲。科學月刊，21(6)：494-500。  
<http://news.bbc.co.uk/hi/chinese/news/>  
<http://proxy.yphs.tp.edu.tw/~ypy/a.htm> 渦蟲再生實驗參考  
<http://earthworm.zo.ntu.edu.tw/> 台大無脊椎動物網

(上承第 49 頁)

6月 1日 (週六) 14:00	中山女中	天琴座 與食變星	中山女中： 1.天蠍座 RR 星 2.百武彗星軌跡	
------------------------	------	----------	---------------------------------	--

最近半年已知之天文觀測組或題材：

變星：米拉(型)變星，造父(型)變星，食變星，M42 星雲變星。

其他：太陽色球、球狀星團之光度分布，恆星自行，彗星軌跡。

目前已有觀測數據之變星：天琴座 星、雙子座 星、雙子座 星、雙子座 星  
 成員領取一張「臺北高中天文觀測網成員證」(紀念用)

#### 其他地區高中天文觀測網

斗六高中	地球科學老師：陳英嫻 籌備中
嘉義女中	地球科學老師：劉乃菁 籌備中
嘉義高中	地球科學老師：黃活源 籌備中