



## 第5章 生物體的協調作用

### 5-1 刺激與反應

### 5-2 神經系統

### 5-3 內分泌系統

### 5-4 行為與感應

神經系統和內分泌系統共同控制人體的所有反應，以及體內發生的許多大小事。藉由這兩大系統的統整與協調，個體對於種種刺激，可做出適當的反應。

#### 探究提問

若生物無法對周遭的變化做出適當的反應時，會有什麼影響？試著探討這些影響在生物生長、發育及生存上的重要性。

芭蕾舞者經過大量的練習刺激，小腦特別發達，因此可以保持平衡與協調，做出許多高難度的動作。有些動作敏捷的動物，例如：貓、鳥等，小腦也十分發達。

當你要移動身體的某些部位時，神經系統中的大腦會發出指令使肌肉收縮，產生反應；而位於大腦下方的小腦，則能幫助控制身體的動作與平衡。

## 5-1 刺激與反應



▲ 圖5-1 動物的瞳孔大小會隨著光線強弱而改變

外在環境或生物體內所發生的事件，稱為**刺激**，生物為求生存，必須準確接收各種刺激，以做出適當的反應，例如：當光線**產生強弱變化**時，動物的瞳孔會隨著放大或縮小（圖5-1）；當動物感到飢餓時，則會進食以補充養分。

動物的各種生理反應，由神經系統與內分泌系統共同控制，這些系統是如何運作呢？

### 1受器與動器

生物體具有接受刺激的**受器**，分布在眼、耳、鼻、舌和皮膚等器官中

（圖5-2）；個體接受刺激後，**產生反應的部位稱為動器**，通常為肌肉或腺體。例如：被蚊子叮咬時，會動手拍打，手部肌肉即**為動器**；聞到食物的香味時，唾腺會分泌唾液，唾腺亦**為動器**。

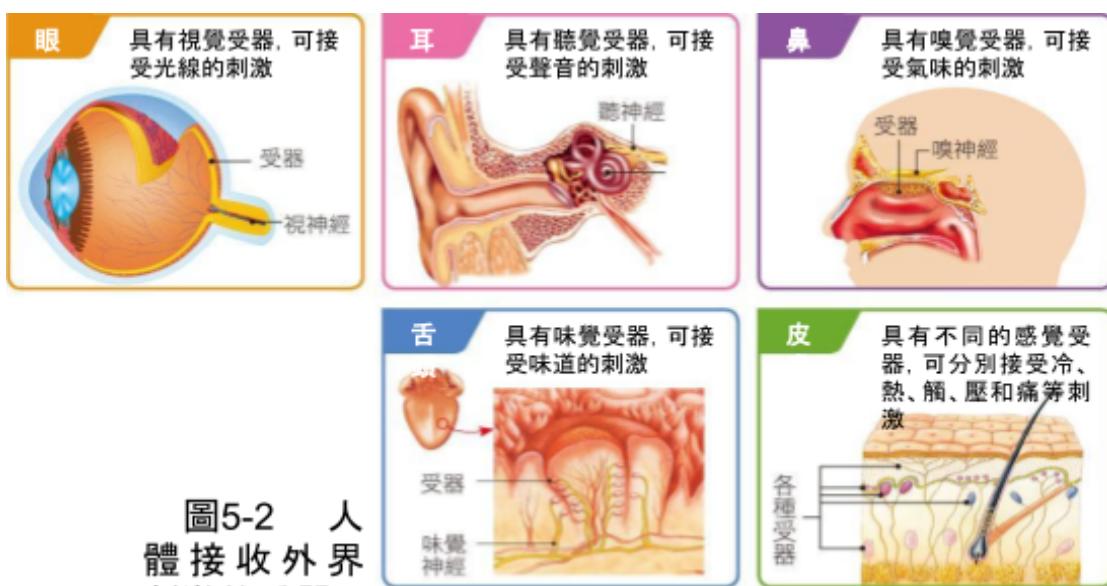


圖5-2 人體接收外界刺激的受器

## 2感覺疲勞

日常生活中，我們有時會有這樣的經驗：吃完糖果後再吃水果，會覺得水果不甜；在嘈雜的環境中待久了，可能不覺得吵。上述情形都是因為受器連續接受刺激，降低對刺激的敏感度，產生感覺疲勞的現象。

### 延伸補充

#### 後像

當凝視某物體一段時間，移開視線後，常常仍有看到該物的感覺，此時所看到的影像稱為「後像」。後像形成的原因有兩種：

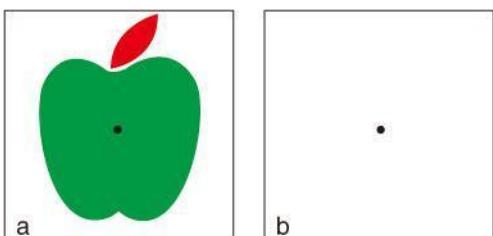
1. 正片後像：物體的影像會暫時留存，並與原物同色的情形，是因為視覺暫留的作用，稱為「正片後像」，如看電影、卡通與煙火等。
2. 負片後像：後像的顏色與原物不同，是因為凝視物體過久，產生視覺疲勞的現象，因而會看到與原物體不同的顏色，稱為「負片後像」。

### 探討活動



#### 5-1視覺被騙了？

1. 專心凝視圖a中的小黑點約20秒後，移開視線，注視圖b方框中的小黑點，將此時所看到的影像畫出。



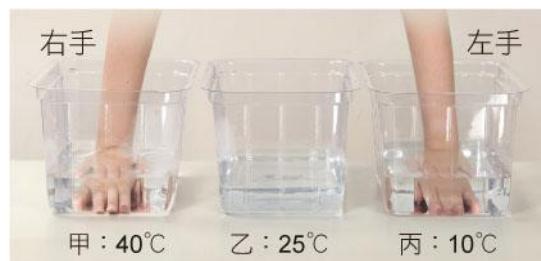
#### 想一想

取3盆溫度不同的水，如右圖，若將右手置於甲盆，左手置於丙盆，1分鐘後，將兩手同時置於乙盆，此時，兩手的感覺會有不同嗎？試說明你的感覺和理由。

答：

2. 觀察本書右上角頁眉的圖樣，以右手拇指和食指夾住全冊的右上角書頁，開始快速翻開頁面，觀察並說明該圖樣的變化。

我看見



---

## 5-2 神經系統

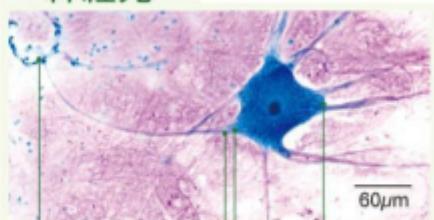
生物體從接受刺激到產生反應的過程，主要由神經系統負責訊息的傳遞、統整和協調。**神經系統**的運作方式，和電腦的運作模式類似，由接收訊息的部位將訊息傳到控制中心，經過分析、處理訊息後，再傳達指令至發生反應的部位（圖5-3）。



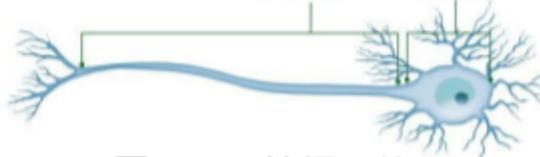
## 1 神經元

人體的神經系統中，負責傳遞訊息的基本單位為**神經細胞**，又稱為**神經元**，由細胞本體和細長突起的神經纖維所構成（圖5-4）。細胞本體內有細胞核，可控制神經元的代謝與生長；神經纖維則是接收與傳遞訊息的重要構造，會聚集成為，稱為**神經**（圖5-5）。

神經元



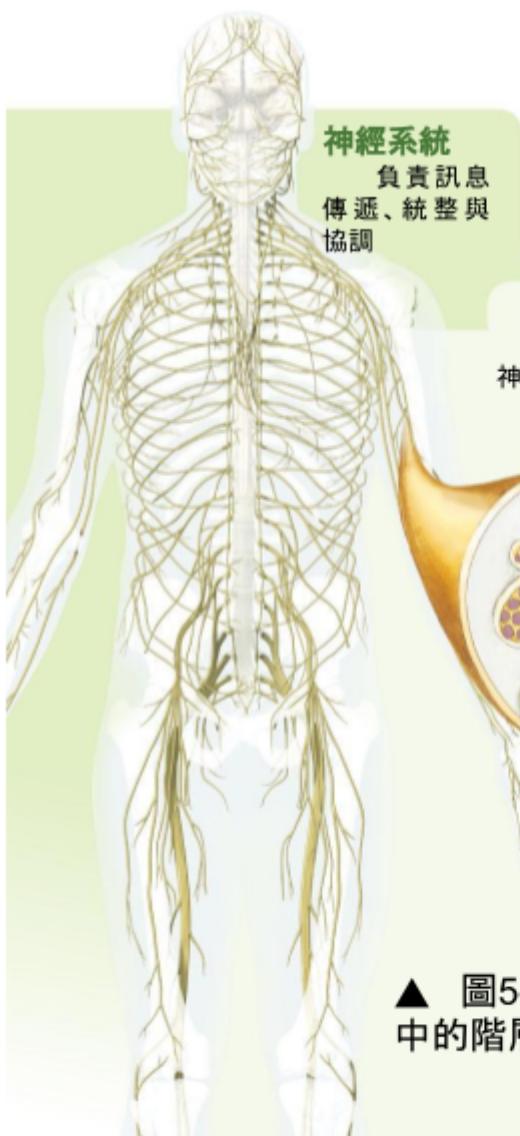
神經纖維 細胞本體



▲ 圖5-4 神經元的

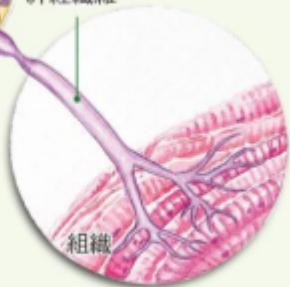
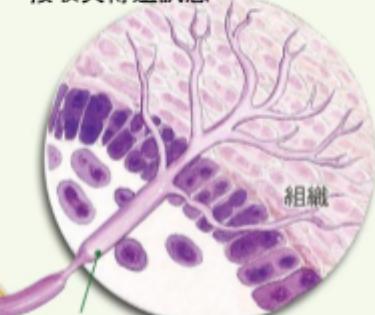
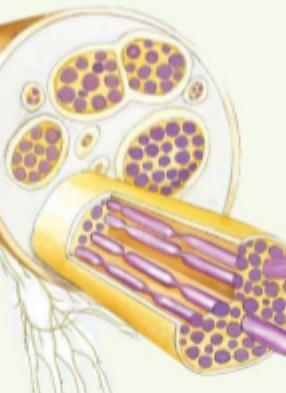
構造

神



神經纖維匯集成束

神經纖維連結不同組織，以接收與傳遞訊息



▲ 圖5-5 神經系統  
中的階層示意圖

## 2人體的神經系統

人體的神經系統分為**中樞神經系統**和**周圍神經系統**，中樞神經包括腦和脊髓，周圍神經包括腦神經和脊神經。

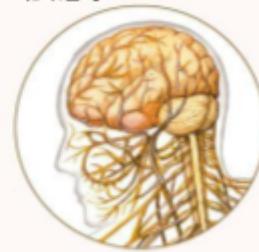
### 中樞神經系統

中樞神經系統是神經系統的指揮中心，可整合訊息並發出命令，由**腦**和**脊髓**組成。腦和脊髓質地柔軟，分別由堅硬的顱骨和脊椎骨保護（圖5-5）。



### 周圍神經系統

周圍神經系統分布在全身，由**腦神經**和**脊神經**所組成，主要的功能為傳遞訊息。



#### 腦神經

腦神經與腦相接，共有12對，分布在人體的眼、耳、鼻、顏面和內臟等部位。



## 腦

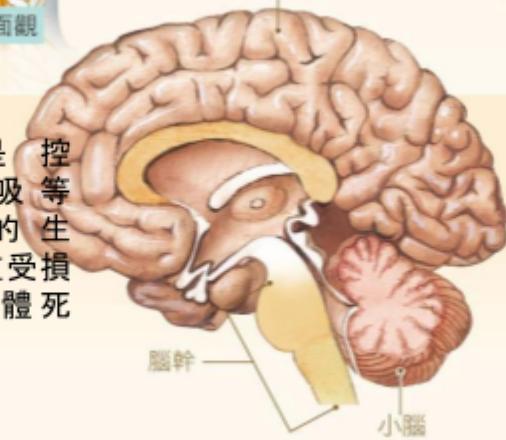
腦主要包括**大腦**、**小腦**和**腦幹**等部分。

大腦分為左、右兩半球，左半球控制人體右半身的活動，右半球控制人體左半身的活動。



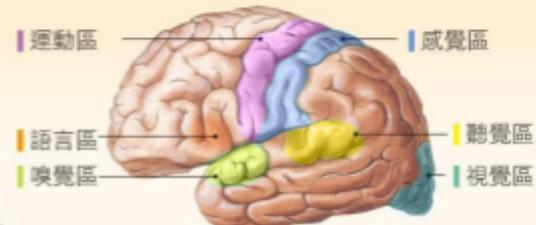
### 腦幹

腦幹是控制心跳、呼吸等生命機能的生命中樞，若嚴重受損，可能導致個體死亡。



### 大腦

大腦是掌管意識的主要中樞，表層可分為不同的區域，分別主管運動、感覺、語言、記憶和思考等。



### 小腦

小腦位於大腦後下方，可協調全身肌肉，維持平衡。擅長飛行的鳥類或動作敏捷的貓等動物，便擁有發達的小腦。

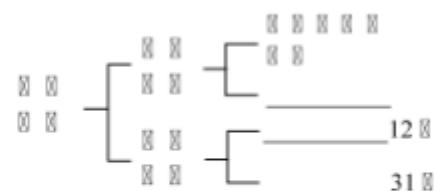
## 脊髓

脊髓為長條狀，位於腦幹下方、身體背側中央能將身體各部分的訊息傳達至腦部，或將腦的命令傳達到身體各部分，使個體做出適當的反應。



### 隨堂筆記

以概念圖整理人體神經系統的組成。



### 3神經傳導路徑

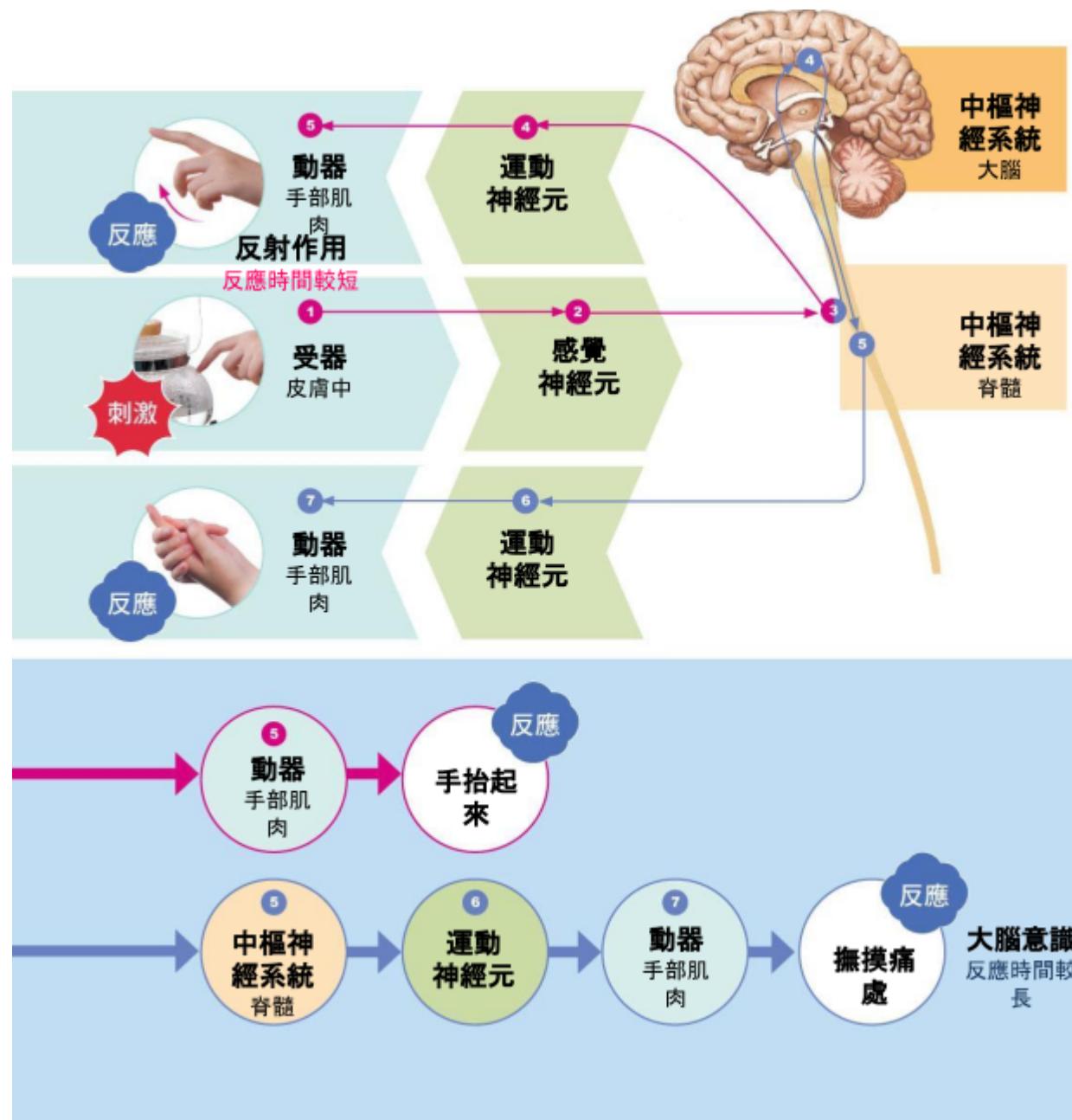
當受器接受刺激後，會將訊息經由**感覺神經元**傳導至**中樞神經**，進行訊息的整合判斷，再經由**運動神經元**將指令傳導至動器而產生反應。



例如：當眼睛看到小狗時，訊息會經由感覺神經元傳到大腦，再由大腦發出命令，經運動神經元傳送到臉部的肌肉，使臉部肌肉運動而微笑，同時大腦的命令也可通過脊髓，再經運動神經元傳到手部的肌肉，進行握手（圖5-6）。



反射作用可能會伴隨後續的處理動作，例如：手碰到熱茶壺後會立刻縮回，屬於反射作用，手縮回的同時，訊息也會經由脊髓傳到大腦的感覺區，產生疼痛的感覺。大腦整合訊息後，命令手撫摸痛處，並用眼睛觀察痛處是否受傷，這些動作則屬於有意識的行為，不屬於反射作用（圖5-7，藍色路徑）。





## 實驗5-1反應時間的測定

### 目的

測量接尺的距離，並對照活動紀錄簿中的參考表，計算接尺者的反應時間。

### 器材

30cm或更長的直尺1支

### 步驟

1 兩人一組，主試者以拇指和食指夾住直尺末端，讓刻度0cm的一端自然懸垂。	2 受試者以拇指及食指張開約2cm，手指上方對齊直尺刻度0cm處，注視直尺。	3 主試者可決定何時讓尺滑落，受試者看到尺滑落，立即以拇指及食指夾住直尺。
		

4 記錄直尺落下的距離後，重覆進行步驟1~3 4 次，分別記錄每次直尺落下的距離。	5 計算5次直尺落下距離的平均值，對照參考表，查出受試者的反應時間。	6 主試者和受試者交換
---	------------------------------------	-------------

### 問題與討論

1. 請列出本實驗進行時，訊息傳導的路徑。
2. 你和同組的同學，反應時間各是多少？有哪些原因可能造成同學之間反應時間的差異呢？

### 探究提問

請舉一個反射動作的例子，說明從人體接受刺激到發生反應的神經傳導路徑，並說明此反射動作對生物生存的重要性。

相關實驗重點，請見

P101



## 5-3 內分泌系統

樹葉上，有時會發現毛毛蟲緩緩爬行，當這些毛毛蟲蛻變成美麗的蝴蝶之際，我們不禁要讚嘆：大自然真是處處充滿著奧妙！但到底是什麼原因，促成毛毛蟲發生這樣的改變呢？

### 1 激素

動物的**內分泌系統**由內分泌腺所組成，內分泌腺可分泌**激素**（荷爾蒙）。激素由血液輸送到全身，會對特定的細胞發生作用。適量的激素可調節動物體的生理機能，如毛毛蟲蛻變成蝴蝶，或蝌蚪變成青蛙，都是因為在適當時機，個體分泌關鍵的激素，因而造成形態巨大的改變（圖5-8）。

動物的生理反應，主要由神經系統與內分泌系統共同控制與協調。一般而言，激素的作用不如神經傳導迅速，但是對身體的影響通常較持久，與個體的生長發育有密切的關聯。



a 毛毛蟲變蝴蝶（大鳳蝶）

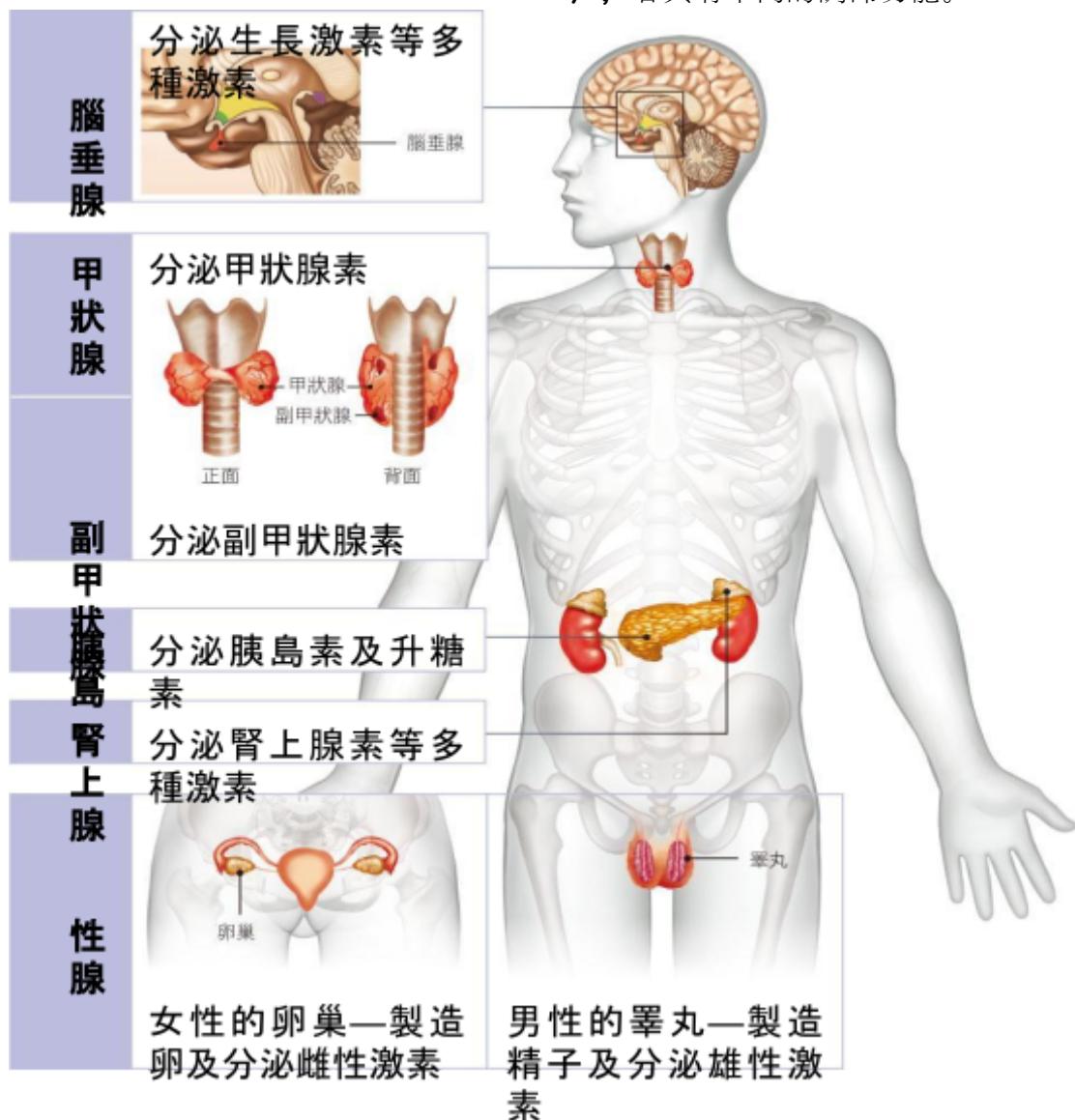
圖5-8 生物受到體內激素影響，造成形態改變



b 蝌蚪變青蛙  
(莫氏樹蛙)

## 2人體的內分泌系統

人體的內分泌系統主要包括腦垂腺、甲狀腺、副甲狀腺、胰島、腎上腺和性腺（睪丸和卵巢）等（圖5-9），各具有不同的調節功能。



## 腦垂腺

腦垂腺位於大腦下方，可分泌多種激素，其中**生長激素**會促進個體的生長發育，在成長期如果分泌太多，骨骼會過度增長，形成巨人症；反之，分泌太少則會造成體型過度矮小，稱為侏儒症（圖5-10）。腦垂腺還會分泌多種激素，調控某些內分泌腺的分泌。

► 圖5-10 生長激素分泌過多或過少，都會造成身高異常。



## 甲狀腺

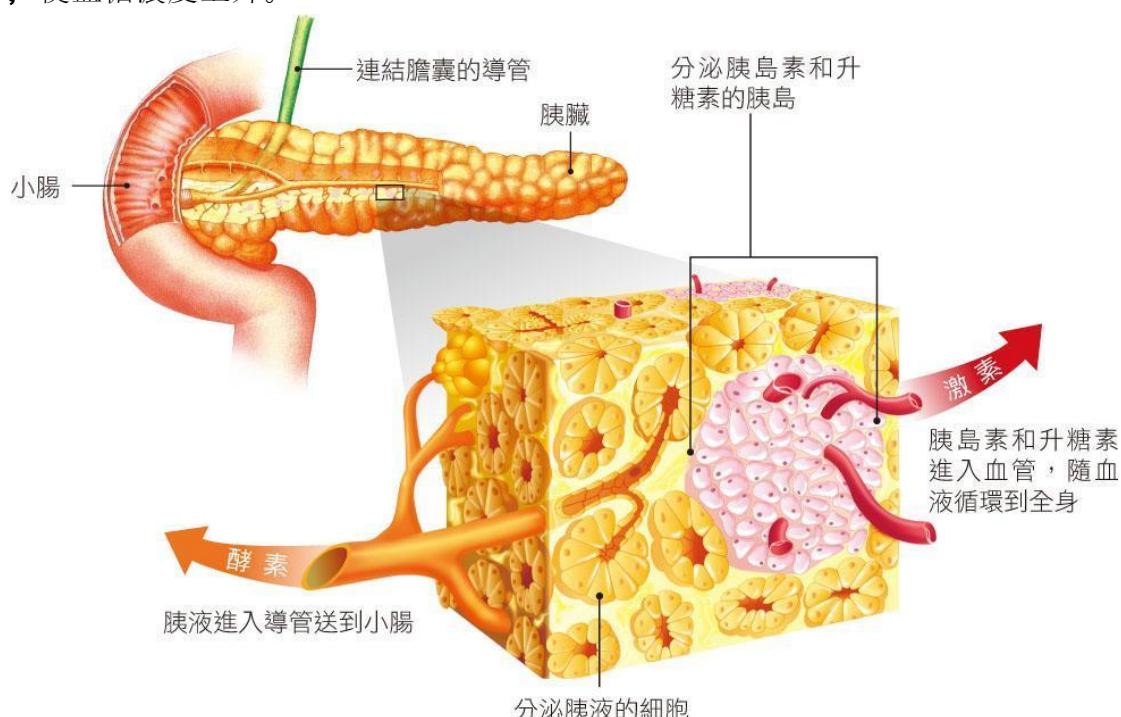
甲狀腺位於喉部氣管兩旁，呈蝶狀，可分泌**甲狀腺素**，促進代謝作用。甲狀腺素分泌過多，代謝作用會過度旺盛，造成神經興奮與心跳加快等現象，身體的能量消耗較多，導致體重減輕。甲狀腺素分泌不足，會造成代謝減緩，除了影響身體的生長發育之外，有時還可能影響智力的發展。

## 副甲狀腺

副甲狀腺呈豆狀，共有4顆，包埋在甲狀腺的背側，可分泌副甲狀腺素，調節體內鈣的濃度。副甲狀腺素分泌不足時，會造成血液中鈣的濃度過低，還會使肌肉抽搐，嚴重時可能導致個體死亡。

## 胰島

胰臟除了可分泌消化液，還有一些呈團狀的組織可分泌激素，稱為胰島（圖5-11），可分泌胰島素及升糖素，共同控制血液中的葡萄糖（血糖）。胰島素能促使血糖進入細胞中被利用，或形成肝糖儲存在肝臟或肌肉中，以降低血糖濃度。若血糖濃度過高，而胰島素分泌不足時，血液中的葡萄糖可能會隨尿液排出，形成糖尿病。升糖素能使人體原本儲存的肝糖轉變為葡萄糖，釋放到血液中。當血糖濃度太低時，人體會感到飢餓，此時升糖素的分泌便會增加，使血糖濃度上升。



▲ 圖5-11 胰臟和胰島的構造示意圖

## 腎上腺

腎上腺位於腎臟上方，可分泌多種激素。當個體遇到緊急狀況或劇烈運動時，其分泌的**腎上腺素**會促使儲存的肝糖轉變為葡萄糖，使血糖濃度快速上升，供細胞產生更多的能量。腎上腺素也會使心跳加快、血壓增高、腸胃蠕動減慢，使肌肉做強而有力的收縮，讓個體能應付環境中的種種挑戰。

## 性腺

男性的**性腺為睪丸**，可製造精子，並能分泌**雄性激素**，讓男性長出鬍鬚且聲音低沉，表現出雄性的第二性徵。女性的性腺**為卵巢**，可製造卵，亦能分泌**雌性激素**，促使女性乳房發育，表現出雌性的第二性徵。有些動物的性腺激素也會使雌雄個體在外形上產生明顯的差異（圖5-12）。



圖5-12 人類和有些動物的雌雄個體在外形上有明顯的差異  
(:雄性; :雌性)

## 5-4 行為與感應

### 課程補充

#### 趨性

動物對環境刺激產生趨向或背離的現象，稱為趨性。例如：飛蛾撲火屬於正趨光行為，而蟑螂生活在陰暗的角落，則是負趨光行為。

動物會受到外界環境及內部生理變化的刺激，表現出各式各樣的行為。動物行為的表現主要受神經系統及內分泌系統的控制及調節。植物雖然沒有神經系統，但仍會受環境中的光線、水分及地球引力等刺激而產生感應。

#### 1. 動物的行為

動物的行為有些與生俱來，屬於**本能行為**，例如：人的眨眼及打噴嚏等反射作用、蜘蛛結網捕食、蜻蜓飛行、魚在水中游泳。另外，動物的趨性、求偶、傳遞訊息及遷徙也都是本能行為（圖5-13）。



a 打噴嚏是一種反射作用



b 蜘蛛結網是與生俱來的行為



c 具有正趨光性的昆蟲，夜間常會飛向光源



d 雄孔雀展示鮮豔的羽毛吸引雌性



e 螞蟻互相輕碰觸角以傳遞訊息和溝通



f 海龜會洄游到出生的海岸沙灘繁殖後代

▲ 圖5-13 動物的本能行為

## 生物 In my life



**小提示** 禽流感全名為鳥禽類流行性感冒，雖然主要在鳥類間傳染，但有時也會傳染給人、豬等其他動物，人類一旦感染，致死率相當高。禽流感以野鳥為媒介，常跨國傳染難以防範，因此極受重視。

eq \o\lac(●,) 根據你從課程中學到的內容，候鳥的集體遷徙是屬於本能或是學習行為？

eq \o\lac(●,) 你覺得為何臺灣的雞農常在每年的同一時期，發請試著回答禽流感生活中的小問題。

(提示：可利用動物的趨性)

1. 小蟲跑進耳朵裡，硬掏只會愈跑愈深，如何讓牠自行出來？
2. 晚上飛蛾在室內燈旁繞來繞去，如何讓牠飛出室外？

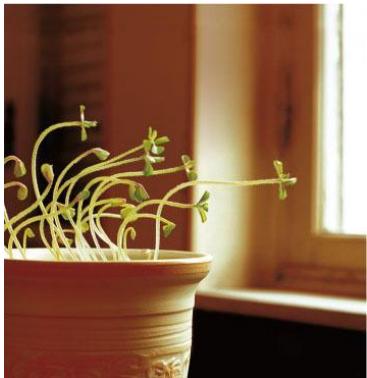


禽流感



## 探究提問

導盲犬屬於工作犬，主要的工作為帶領視障者避開行進時可能撞到的障礙物及車輛，保障視障者的安全，常被稱為「盲人的眼睛」。當我們看到導盲犬在引導盲人時，我們應該注意哪些事項？



▲圖5-15 植物莖的頂端具有向光性

透過學習產生新的行為，稱為學習行為，例如：黑猩猩會使用工具（圖5-14）、鯨、豚可以表演頂球，狗可以協助搜救或導盲等。

動物的學習能力與神經系統的發達程度息息相關，同時也會受到個體構造的限制。人類有發達的大腦及靈巧的雙手，擁有較強的學習、思考與創造能力，因而發展出現今的科技文明。



▲圖5-14 黑猩猩利用工具敲碎堅果取食

## 2植物的感應

植物朝向或背離某一種刺激來源而生長的現象，稱為向性。向性會影響植物的生長，例如：植物的根會表現出向地性，根往土壤深層生長，可使植物體固定，也有利於水分吸收；莖則具向光性和背地性（圖5-15、圖5-16），可讓植物的莖和葉獲得充足的陽光。另外，有些爬藤植物具有向觸性（圖5-17），藉由纏繞依附在其他物體上以獲得支撐，並占據陽光更為充足的位置。



▲圖5-16 在光線均勻的狀態下，番茄的莖表現背地性，根表現向地性



▲圖5-17 爬藤植物的向觸性

### 探討活動



#### 5-2綠豆苗的生長

- 取20顆綠豆泡水1~2天，待綠豆脹大或發芽。
- 取2個培養皿標示甲、乙，各放入適量加水的棉花與約10顆的綠豆（圖a）。
- 將甲、乙放在陽光充足的地方，每日適量澆水至綠豆芽長到約3公分高。
- 取一不透光之紙盒，在側邊高約10~15公分的位置，挖一個邊長約2公分的洞（圖b）。

**紙盒至少高於20公分，並能將甲培養皿完全蓋住。**

- 將紙盒蓋住甲培養皿，每三天轉動紙盒，改變洞的位置。甲、乙培養皿每日均需適量澆水，持續觀察與記錄甲、乙綠豆苗生長情形。

**甲培養皿每日澆水時快速掀開紙盒，之後放回原位。**



#### 想一想

- 造成培養皿甲、乙中的豆苗生長差異的原因為何？

- 除了綠豆之外，請自行選擇一種植物盆栽，依上述的步驟種植，觀察其生長情形是否相同。

綠豆苗的生長情形	
月	日
月	日
月	日
月	日

有些植物具有迅速的局部感應，例如：含羞草的小葉受到**碰觸**時會立刻閉合，稱為**觸發運動**（圖5-18a）；**睡眠運動**是指有些植物的花或葉，會在一天中特定的時段閉合，如酢漿草的葉片白天平舉張開，到夜晚便下垂合起（圖 5-18b）；捕蠅草和毛氈苔則會利用特化的葉，進行**捕蟲運動**（圖5-18c）。這些植物的快速感應，通常與生長或自我保護有關。

除了向性及局部感應之外，植物也有許多其他生理反應會受到環境的影響，例如：泡過水的種子，會開始萌芽；光照或溫度的改變，會影響植物開花時間。這些調節機制使植物能對環境的改變和刺激，做出適當的反應。

### 探究提問

部分植物需經適當光周期和黑暗期的交替才能促成開花，有些需要長日照時間，而有些則需短日照時間。經過科學家研究，發現黑暗期對植物開花的影響，較日照期來得重要。若花農想要讓原本在冬天開花的聖誕紅，在夏天盛開，應該如何處理？





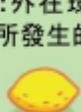
▲圖5-18 植物迅速的局部感應

## 圖解 point

### 刺激與反應

刺激

外在環境或生物體內所發生的事件



受器：接受刺激的部位



神經系統傳導與整合



動器：產生反應的部位，包括肌肉和腺體

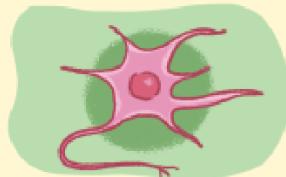
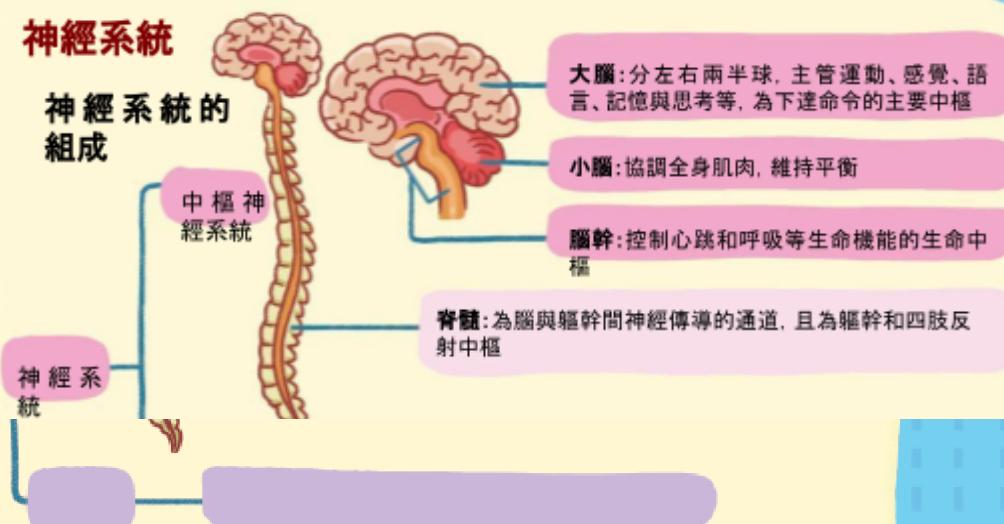


產生反應



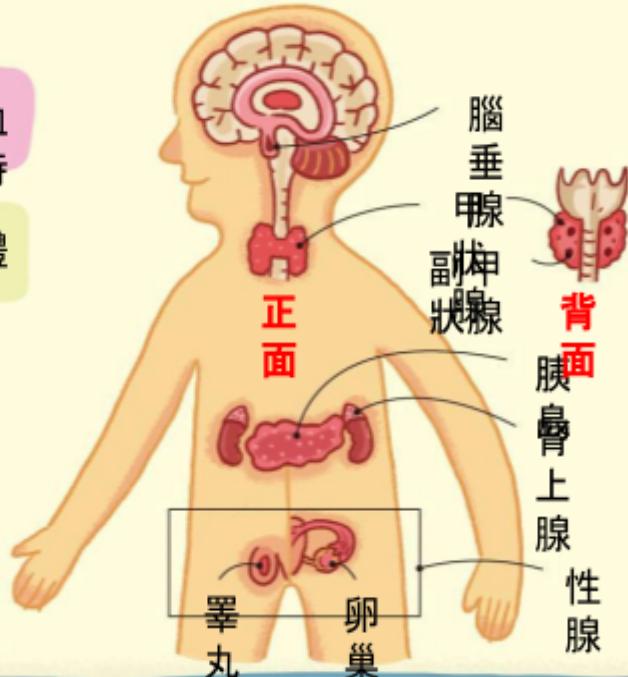
### 神經系統

#### 神經系統的組成



## 內分泌系統

激素(荷爾蒙)隨著血液輸送到全身，對特定細胞發生作用。適量激素可調節個體的生理活動。



## 行為與感應

### 動物的行為

#### 本能行為



#### 學習行為

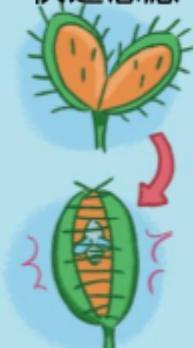


### 植物的感應

#### 向性



#### 快速感應



動物行為的表現，主要受神經系統及內分泌系統的控制及調節。

植物的感應可以幫助其生存和適應環境。

## 科學大事記

### 促進睡眠的激素—褪黑激素

大家常說：早睡早起，作息正常，對維持身體健康非常重要。但是，有些人因為從事夜間工作，只能在白天睡覺，或是睡前使用3C產品後，導致無法入眠。其實睡不著覺的主要原因，可能和腦部分泌的一種激素—褪黑激素有關。

褪黑激素的發現，可追溯到西元1958年，是從牛的腦部萃取物中分離出來的一種荷爾蒙。由於褪黑激素可以讓青蛙的皮膚變亮或變暗，因而得名。

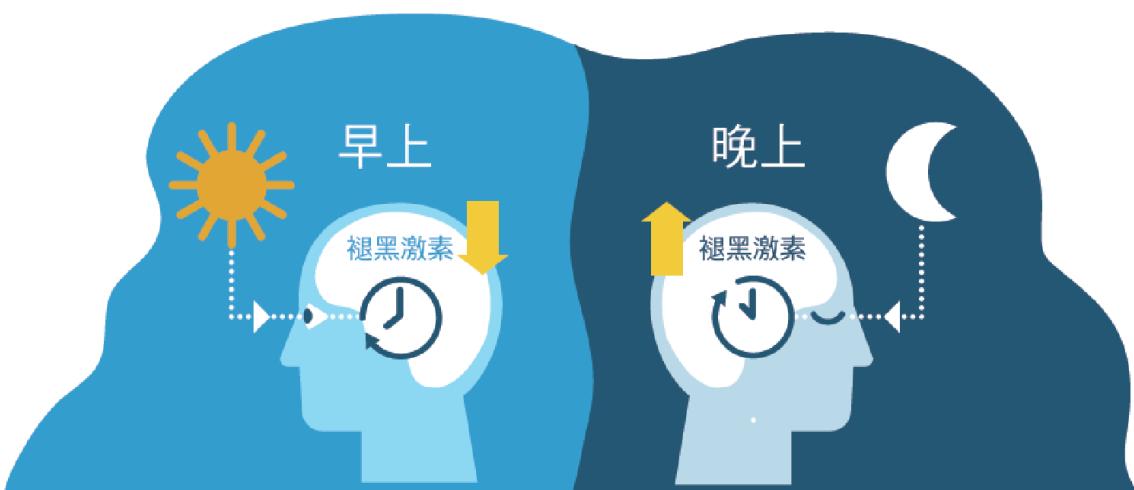
研究顯示，經由動物眼睛接收的光線，會影響腦部褪黑激素的製造，照光愈多，褪黑激素的製造愈少，在黑暗的環境中則有利於褪黑激素的分泌。因此，褪黑激素亦被稱「黑暗荷爾蒙」。

當動物快要入睡時，會開始分泌褪黑激素，在半夜熟睡時達到分泌的高峰，之後分泌量會逐漸降低，直到早晨醒來。由於褪黑激素的分泌量與睡眠時間的長短及熟睡度有很大的關聯，因此也被稱為「睡眠荷爾蒙」。褪黑激素的分泌和年齡也有關係，年幼的兒童分泌量較高，隨著年齡增長，分泌量會愈來愈少，因此老年人的睡眠時間通常都較短。



現代人常因各種因素導致作息不正常，在夜晚時進行許多活動，導致體內褪黑激素的分泌紊亂，進而影響到睡眠，若無法擁有好的睡眠品質，便無法充分消除身心疲勞，健

康也會亮起紅燈。下次當我們想熬夜時，想想體內的褪黑激素會因而減少分泌，最好就趕快關上電燈，好好的睡上一覺吧！。



請同學們依上述內容，回答下列問題：

- ( ) 1. 請問下列何者和褪黑激素的分泌較無直接的關係？  
(A) 年齡                   (B) 膚色  
(C) 光線                   (D) 睡眠
- ( ) 2. 下列有關褪黑激素的敘述，何者正確？  
(A) 作息不正常的人，會影響褪黑激素的分泌  
(B) 褪黑激素主要由腎上腺分泌  
(C) 褪黑激素為一種環境荷爾蒙  
(D) 白天精神好時，褪黑激素分泌最旺盛
3. 依照文章內容，想擁有好的睡眠品質，應開燈睡覺還是關燈睡覺？試說明理由。  
答：\_\_\_\_\_

152 太殘忍，他竟然對小狗做了這件事！

首頁 雜誌

研究藥物對神經產生的促進或抑制作用。

然後加入了藥理學領域的內容，開始研究藥物如何對調整心臟跳動的神經系統產生影響。

