

遺傳

2-1 孟德爾的遺傳法則

2-2 基因與遺傳

活動 2-1 超級比一比

活動 2-2 遺傳機率的模擬

2-3 人類的遺傳

2-4 突變

2-5 生物科技



非洲草原上，獵豹母子凝視遠方，眼神一樣專注而有殺氣。牠們鼻子兩旁淚滴形的黑色線條直達嘴部，是獵豹獨有的特徵。獵豹是現今陸地上速度最快的動物，全速奔馳時比百米賽跑的世界冠軍快上三倍，幼豹成熟後也將具備此能力，成為草原上最快速的獵捕者。你知道獵豹的花紋與奔跑能力是如何代代相傳的嗎？本章將帶領你探討遺傳的奧妙。



2-1

孟德爾的遺傳法則



Warm Up

某個週日下午，大雄在動物公園遛狗時，看到三隻可愛的幼犬（如下圖），大雄興致勃勃地在眾多寵物犬中找尋這三隻幼犬的父母。你認為應該如何配對？

甲



乙



丙



A 拉不拉多犬

B 德國狼犬

C 喜樂蒂



小視窗

1 豌豆的自花授粉

豌豆的雄蕊和雌蕊在花苞還沒開放前，就已經成熟，而且雄蕊比雌蕊早成熟，先產生花粉，當雌蕊成熟時，花柱會伸長通過雄蕊而沾到花粉，此種現象稱為自花授粉。



1 孟德爾的遺傳法則

早在兩千多年前，人們就發現生物體在繁殖後代時，親代的特徵會傳給子代，這種現象稱為遺傳。至於遺傳現象發生的機制，則是眾說紛紜。直到十九世紀，奧地利的神父孟德爾（Gregor Mendel, 1822 ~ 1884）（圖 2-1）以豌豆為材料，進行雜交實驗，才逐步揭開遺傳現象的神祕面紗。



圖 2-1 孟德爾

豌豆的生長期短，方便大量繁殖，特徵明顯容易觀察，而且是自花授粉¹，授粉的過程可人工控制，非常適合作為研究遺傳現象的材料。



孟德爾種植豌豆時，發現豌豆的同一**性狀**²常有兩種不同的特徵，例如：莖有高有矮、種子有黃色和綠色、花色有紫色和白色，而高莖的親代有時會產生矮莖的子代。為了解釋這種奇妙的現象，孟德爾進行了一連串的實驗。

以莖的高矮為例，孟德爾先將高莖豌豆雄蕊摘除，再將矮莖豌豆雄蕊的花粉沾在高莖豌豆雌蕊的柱頭上，即完成**人工授粉**（圖 2-2），產生的第一子代全部是高莖。相反地，將高莖豌豆的花粉沾在矮莖豌豆的柱頭上，產生的第一子代也全部是高莖。接著孟德爾讓第一子代的高莖豌豆自花授粉，產生的第二子代中有高莖豌豆及矮莖豌豆，比例大約是 3：1。

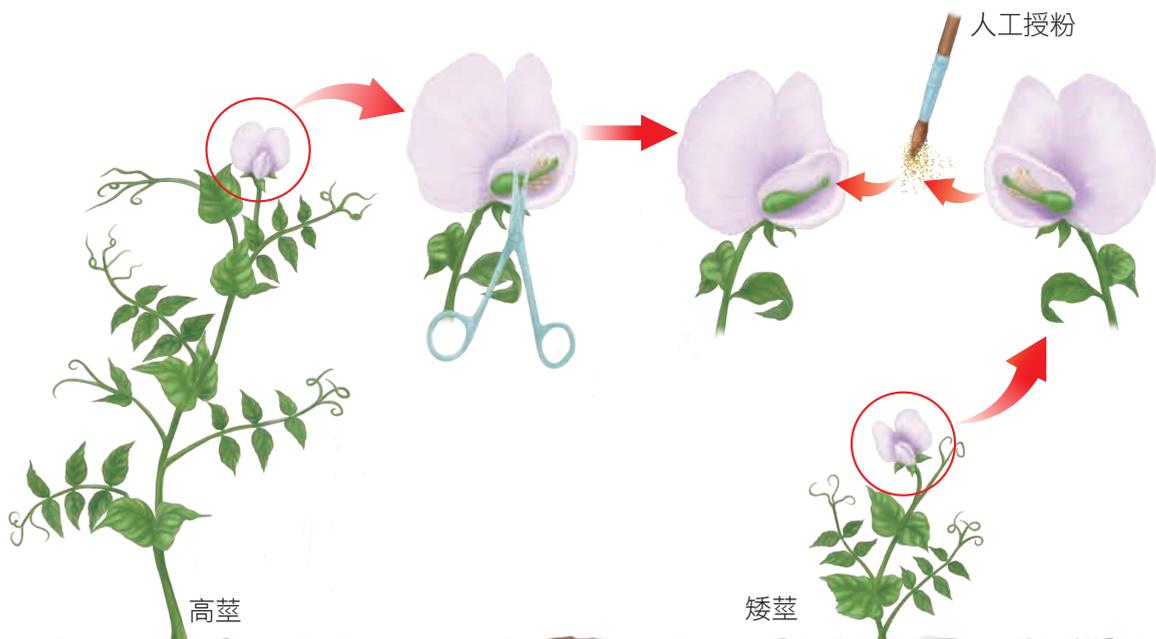
根據實驗結果，孟德爾將第一子代出現的高莖視為**顯性**特徵，沒有出現的矮莖視為**隱性**特徵。至於在第二子代出現高莖與矮莖的比例大約等於 3：1，孟德爾運用統計與推論的能力，提出了以下的解釋。



小視窗

2 性狀

生物體可遺傳的特性，稱為**性狀**（character），例如：豌豆的花色。每一種性狀的差異，稱為**特徵**或**表徵**（trait 或 variant），例如：豌豆的花色可能是紫色或白色。



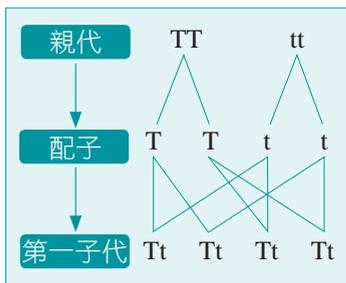
▲ 圖 2-2 高莖豌豆與矮莖豌豆人工授粉示意圖



小視窗

3 遺傳因子與等位基因

孟德爾在一百多年前提出性狀是由遺傳因子控制的概念，後來遺傳因子被證實是位在染色體上。正如同孟德爾的推測，在雙套染色體的生物體內，遺傳因子是成對存在的，現在的遺傳學家將之稱為等位基因 (allele)。



▲圖 2-3 孟德爾的遺傳因子試驗

孟德爾推論豌豆內有遺傳因子(現稱為等位基因⁵)可以決定性狀的表現，遺傳因子有顯性和隱性兩種，顯性遺傳因子用英文字母大寫表示，隱性遺傳因子則用英文字母小寫來表示。此外，孟德爾認為控制性狀的遺傳因子應該是成對的，在形成配子時，成對的遺傳因子互相分離，配子中只具有每對遺傳因子中的一個。

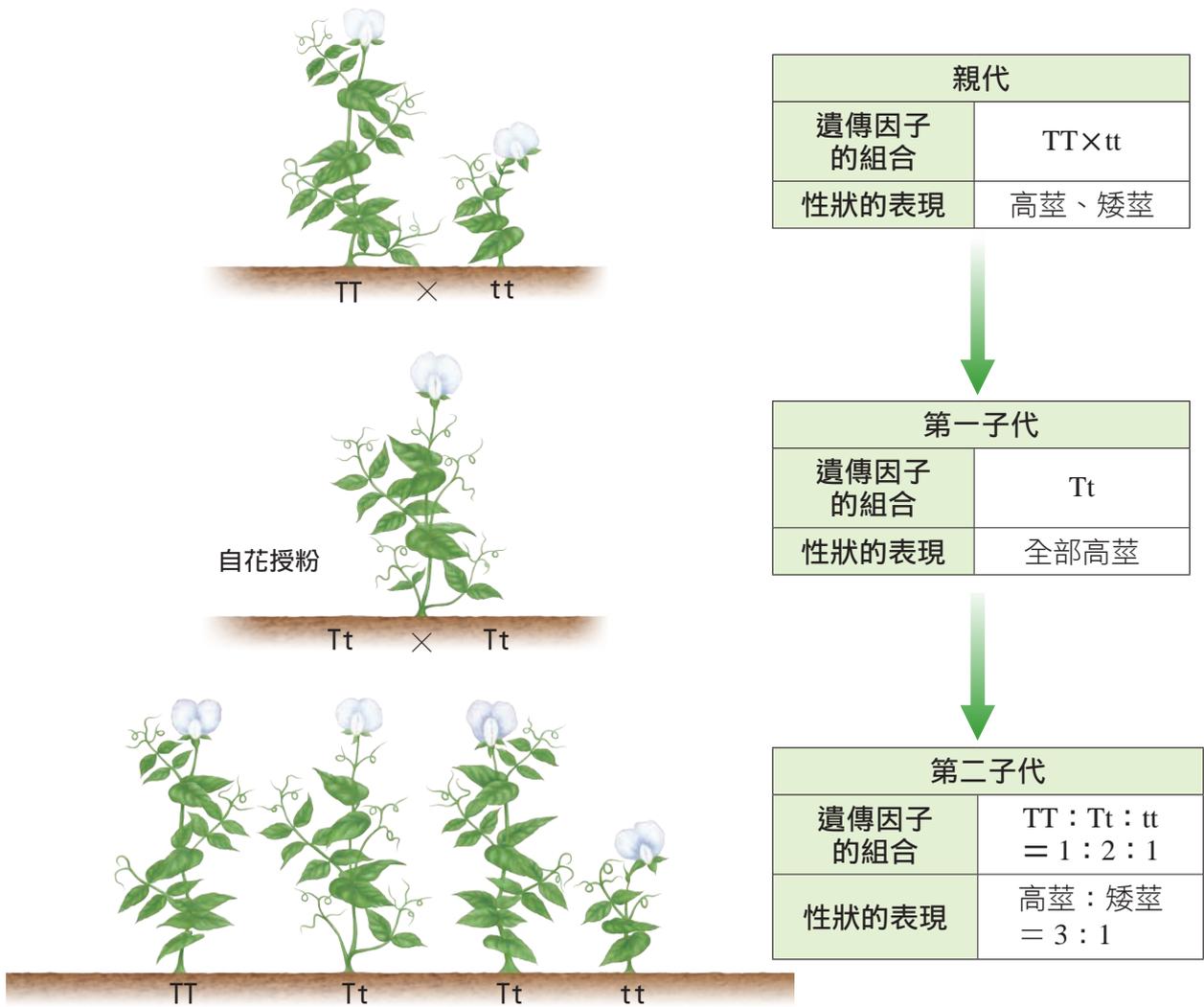
配子結合時，子代從兩親代分別獲得一個遺傳因子，若子代得到一個顯性遺傳因子和一個隱性遺傳因子時，只會表現出顯性遺傳因子控制的特徵。

以孟德爾的實驗為例，第一子代全都是高莖，而第二子代卻出現矮莖，孟德爾認為第一子代的個體除了有顯性遺傳因子 T 之外，還帶有隱性遺傳因子 t ，推測遺傳因子的組合為 Tt (圖 2-3)。

因此，第一子代的配子可能帶有 T 或 t ，當第一子代自花授粉 ($Tt \times Tt$) 時，這兩種配子隨機配對。第二子代的遺傳因子就可能出現 TT 、 Tt 或 tt 三種組合，其中 TT 和 Tt 為高莖， tt 為矮莖，因此，第二子代中有高莖也有矮莖的個體，而且高莖和矮莖的比例約為 3 : 1 (圖 2-4)。

除了豌豆莖的高矮，孟德爾對豌豆的豆莢形狀、種子顏色和花的顏色等性狀進行實驗(表 2-1)，也都得到相近的結果。他的研究歷程從觀察、實驗、分析數據到推論，共經過八年之久，終於在西元 1865 年發表研究成果。





▲ 圖 2-4 高莖豌豆與矮莖豌豆雜交實驗示意圖

✓ 表 2-1 孟德爾以豌豆為材料選擇下列性狀進行雜交

性狀	種子形狀	種子顏色	豆莢形狀	豆莢顏色	花的顏色	花的位置	莖的高矮
顯性表徵	 圓形	 黃色	 飽滿	 綠色	 紫花	 腋生	 高莖
隱性表徵	 皺皮	 綠色	 皺縮	 黃色	 白花	 頂生	 矮莖



小視窗

4 孟德爾選擇豌豆並非偶然

西元 1790 年，英國的科學家奈特 (T. A. Knight, 1759 ~ 1838) 進行多次紫花與白花豌豆雜交。他發現紫花比白花具有更強的表現趨勢，但是他沒有計算每一類後代的數目。後來，孟德爾重做了奈特的實驗，結果正如同奈特的描述，孟德爾還研究了豌豆的其他性狀 (表 2-1) 也得到相似的結果。不同的是，孟德爾非常有耐心地記錄了子代的數量，發現第二子代顯性性狀和隱性性狀的比例都非常接近 3 : 1，經過詳細的比較和分析，孟德爾才提出遺傳法則。

所以進行科學研究之前，先蒐集並閱覽文獻資料是非常重要的準備工作，孟德爾為我們做了很好的示範。

孟德爾的偉大之處，在於他進行研究並提出理論時，當時科學界還沒有具體觀察到減數分裂時染色體的變化。孟德爾憑著驚人的毅力、優異的數學統計能力，歸納出遺傳法則。在他提出遺傳法則之後三十多年，陸續有許多科學家進行遺傳實驗，結果也符合孟德爾提出的遺傳法則，因此後人尊稱孟德爾為遺傳學之父⁴。

5

2 棋盤方格法

由於遺傳因子的組合有很多種，著名的家禽遺傳學家龐尼特 (R. C. Punnett, 1875 ~ 1967) 提出棋盤方格法，可以簡易計算親代交配後，子代可能的遺傳因子組合。以豌豆第一子代 (Tt) 自花授粉為例，精細胞含有的遺傳因子可能是 T 或 t，分別填入棋盤方格的上列兩格；卵含有的遺傳因子也可能是 T 或 t，分別填入棋盤方格的左欄兩格中：

10

15

卵	精細胞	T	t
	T		
	t		

接著將精細胞與卵的遺傳因子進行組合：

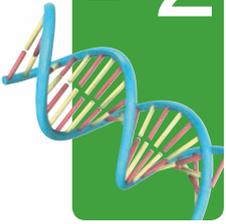
卵	精細胞	T	t
	T	TT	Tt
	t	Tt	tt

由棋盤方格的結果可知，第二子代的遺傳因子組合有 TT、Tt 和 tt 三種，比例為 1 : 2 : 1，而表現出的特徵有高莖和矮莖兩種，比例為 3 : 1。



2-2

基因與遺傳

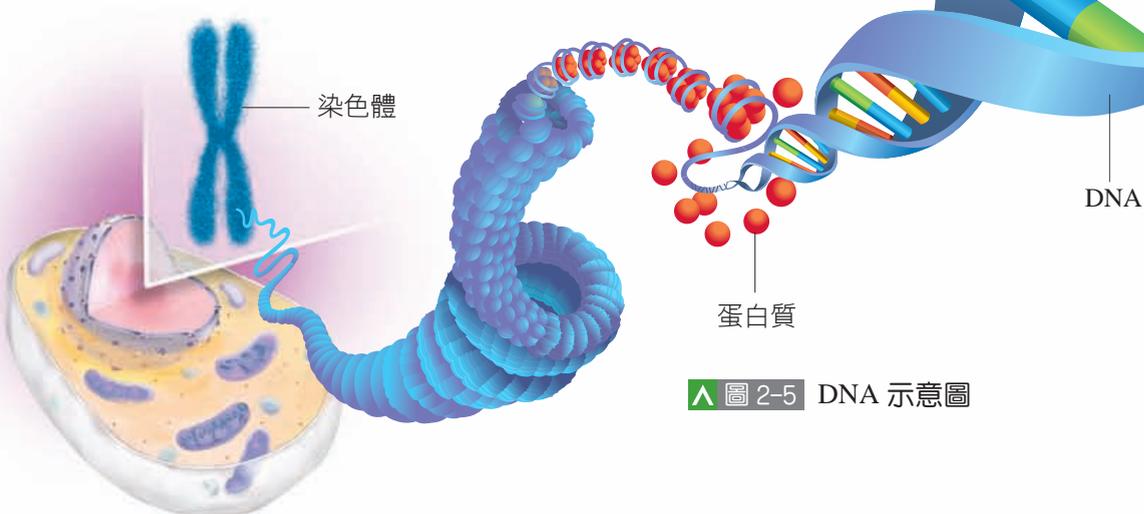


Warm Up

大雄為幼犬找到父母後，也學習了孟德爾的遺傳法則，了解性狀是如何傳給後代。大雄很好奇，當年孟德爾是否知道遺傳因子是什麼物質？又位在什麼地方呢？

孟德爾雖然提出遺傳因子的概念，並歸納出遺傳法則，但是當時的孟德爾與科學家們並不知道遺傳因子究竟是什麼物質，位在什麼地方。隨著顯微鏡技術的進步和細胞學的發展，生物學家終於能觀察到生殖過程中染色體的變化。

二十世紀初，科學家發現減數分裂時染色體的傳遞方式，和孟德爾提出的遺傳因子傳遞方式十分吻合，因此推測遺傳因子應該位在染色體上。接著，科學家進一步分析染色體，發現染色體由雙股螺旋狀 DNA 和蛋白質組成（圖 2-5），而 DNA 上某些能夠控制性狀表現的片段就是遺傳因子（等位基因）。染色體上有許多不同的等位基因，分別影響不同的性狀。原來，一百多年前孟德爾提出的遺傳因子，也就是現稱的等位基因，就位在染色體上。



▲ 圖 2-5 DNA 示意圖

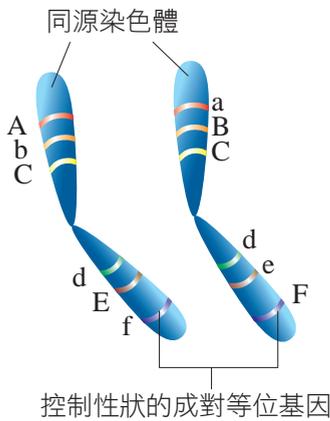


圖 2-6 等位基因與染色體的關係：控制性狀的成對等位基因位在同源染色體上的相對位置，每一對染色體上有許多對等位基因。

基因是控制性狀遺傳的基本單位。具有雙套染色體的生物，控制某性狀的基因通常包含成對的等位基因，成對的等位基因分別位於同源染色體上相對的位置（圖 2-6）。

當討論個體的某一性狀時，它所表現出來的特徵稱為**表現型**，而決定此表現型的等位基因組合稱之為**基因型**。以豌豆為例，高莖或矮莖是表現型，而決定豌豆表現出不同高度的基因型則有 TT 、 Tt 和 tt 三種形式。

親代藉由精細胞或卵細胞將等位基因傳遞給子代。當親代進行減數分裂產生配子時，由於同源染色體互相分離，各對等位基因也隨之分離，所以配子中含有單套染色體，也只具有各對等位基因中的一個。當精卵結合時，親代雙方分別提供各對等位基因中的一個，組合起來才是子代的基因型，因此可能會產生表現型有差異的後代（圖 2-7）。

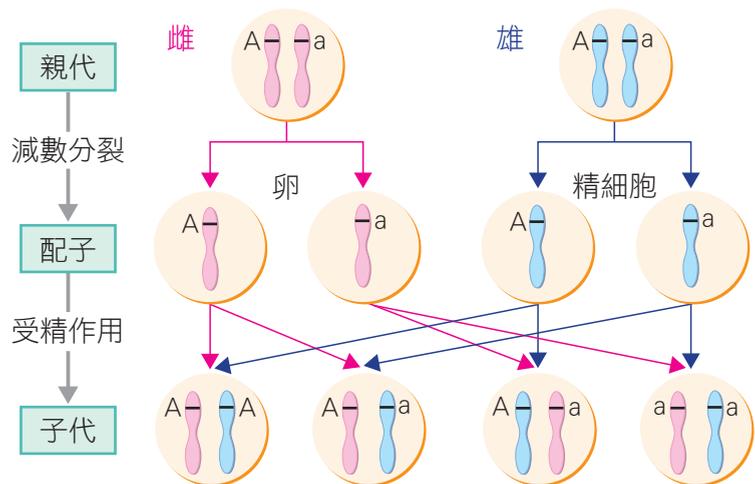


圖 2-7 有性生殖子代的等位基因組合

頭腦體操

阿明有美人尖（基因型 Bb ），阿明的太太小芳也有美人尖（基因型為 Bb ），阿明夫婦是否可能生出沒有美人尖的小孩？

活動 2-1 超級比一比

目的 ▶ 透過常見性狀的觀察比較，以了解同學間性狀的差異。

步驟

1 檢查自己下列 7 種性狀，並分別記錄在紀錄簿表一中。



▲ 常見的 7 種性狀

2 檢查完畢，由老師指導全班同學站起，並請班長逐項報告自己檢查的 7 種性狀，和班長性狀不同的同學坐下。

3 數數看，最後仍和班長一起站立的有幾位同學。

問題與討論

1. 本活動中，能否找到 7 種性狀和班長完全相同者？如果有，代表何種意義？
2. 活動中，最先坐下的同學，他們的 7 種性狀都和班長不同嗎？
3. 若要找到 2 個人所有的性狀完全相同的機率為何？為什麼？

活動 2-2 遺傳機率的模擬

目的 ▶ 透過情境模擬，了解等位基因如何隨著染色體遺傳給子代，並探討人類的性狀遺傳是否符合孟德爾的遺傳法則。

器材 (以組為單位)

- 白色及橘色乒乓球 (也可用保麗龍球) 各 2 個
- 不透明的袋子 2 個

說明 ▶ 以白色球代表父方的染色體，橘色球代表母方的染色體。A 代表控制捲舌的等位基因，a 代表控制不捲舌的等位基因。親代 (Aa 和 Aa) 交配產生子代時，可能傳遞 A 或 a 給子代。

步驟

1



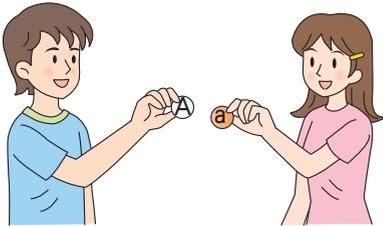
兩人一組，父方在袋子裡放 2 個白色球，母方在袋子裡放 2 個橘色球，都分別標示 A 與 a。

2



兩人分別由自己的袋子中隨機取出一個球。

3



再將抽出的兩個球組合在一起，表示產生了一個子代。將結果記錄下來。📝

4

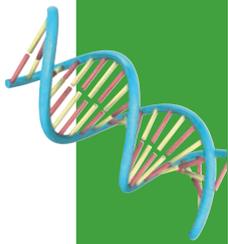
1. 重複 20 次後統計數據，計算本組子代捲舌和不捲舌的比例。
2. 接著統計全班所有組別的 20 個數據，計算子代捲舌與不捲舌的比例。📝

問題與討論

1. 為何只能從自己的袋子中隨機取出一顆球？
2. 比較各組的數據和全班的平均數據，何者比較接近理論值 (捲舌 : 不捲舌 = 3 : 1) ? 為什麼？



2-3 人類的遺傳



Warm Up

大雄和小靜在進行活動 2-1「超級比一比」時，發現同學的美人尖只有「有」和「無」兩種情形；可是下課鐘響全班站起來時，大雄卻發現同學們的身高是高高低低、參差不齊的，他就很困惑地問小靜：「為什麼身高的表現和美人尖的表現不同，不是只有高和矮兩種情形呢？」如果你是小靜，你會如何回答呢？



1 單基因遺傳與多基因遺傳

有些性狀由一對等位基因控制，稱為**單基因遺傳**，通常會表現出明顯對比的特徵。例如人類的捲舌與否，只會出現捲舌與不捲舌兩種對比特徵。

5 有些性狀則由多對等位基因控制，稱為**多基因遺傳**，這類性狀的表現會呈現連續性的差異，例如人的身高、體重與膚色等。

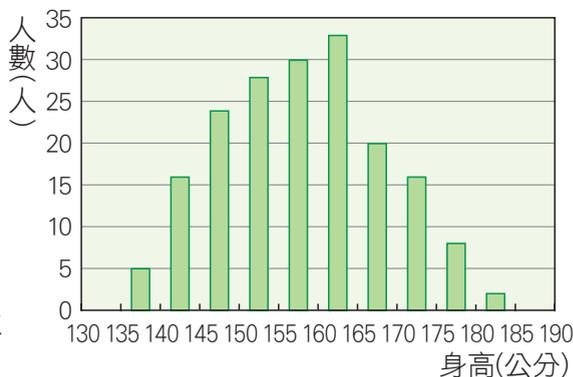
以人的身高遺傳為例，人體內有 10 對以上的等位基因可影響人的身高⁵，各等位基因表現時會產生累加性的影響，因此成年人的身高由高到矮呈現連續分布的現象，而不是單純的只有高和矮兩種表現型。

15 大部分中學生的身高落在平均值左右，極高和極矮的人數比較少。其他多基因遺傳的性狀表現，也會呈現類似的常態分布現象（圖 2-8）。

小視窗

5 影響身高的因素

基因不是影響人類身高的唯一因素，營養是否充足和內分泌是否正常都會影響身高的發育。蛋白質、維生素 D 和鈣質是最直接影響身高發育的養分；而腦垂腺分泌的生長激素也能促進生長和發育。充足的睡眠和適量的運動能促進生長激素的分泌，所以也是影響身高的因素之一。



► 圖 2-8 某國中七年級學生的身高常態分布圖

小視窗

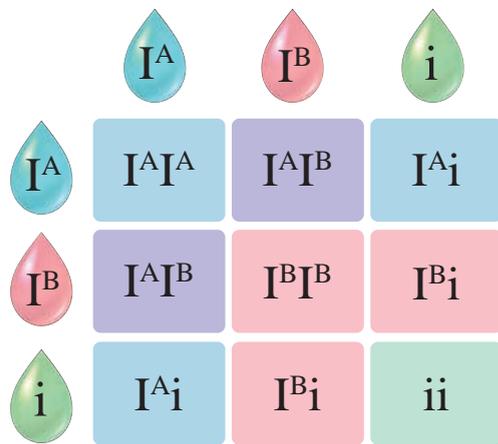
6 人類的血型

目前已知人類的血型分類法有很多種。其中常被討論到的是 ABO 血型和 Rh 血型。白種人約有 85% 屬 Rh 陽性，15% 屬 Rh 陰性。在臺灣則約有 99.7% 的人口屬 Rh 陽性，只有 0.3% 是 Rh 陰性。

2 ABO 血型的遺傳

人類的 ABO 血型是由一對等位基因控制的單基因遺傳⁶，但是控制此血型的等位基因有 I^A 、 I^B 和 i 三種形式。其中 I^A 和 I^B 是顯性， i 是隱性（圖 2-9）。

當基因型是 $I^A I^A$ 或 $I^A i$ 時，血型的表現型為 A 型；基因型是 $I^B I^B$ 或 $I^B i$ 時，血型的表現型為 B 型；基因型是 ii 時，血型的表現型則為 O 型；而基因型為 $I^A I^B$ 時，因為兩個等位基因都是顯性，故血型的表現型為 AB 型（表 2-2）。



表現型	基因型
A 型	$I^A I^A$ 或 $I^A i$
B 型	$I^B I^B$ 或 $I^B i$
AB 型	$I^A I^B$
O 型	ii

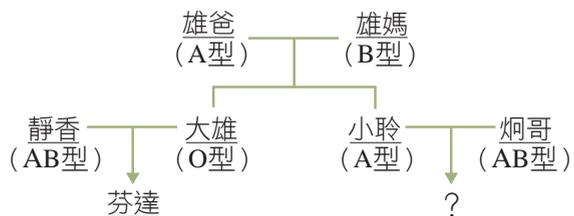
圖 2-9 基因型的組合方式

表 2-2 ABO 血型的各種等位基因組合

頭腦體操

下圖為大雄家的族譜，請根據你對人類 ABO 血型的了解來回答問題：

1. 試推論雄爸和雄媽的基因型。
2. 大雄和靜香結婚之後，生了一個可愛的小女娃芬達，芬達的血型是否可能為 O 型？
3. 小聆和炯哥未來的孩子，血型有幾種可能？

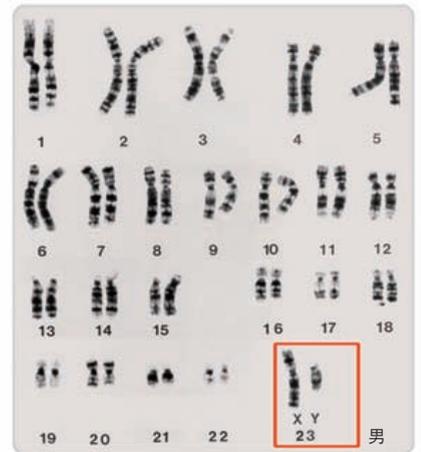
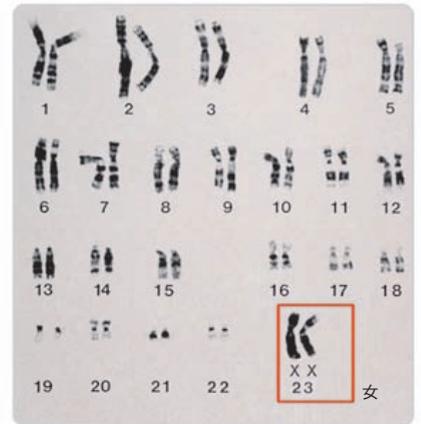




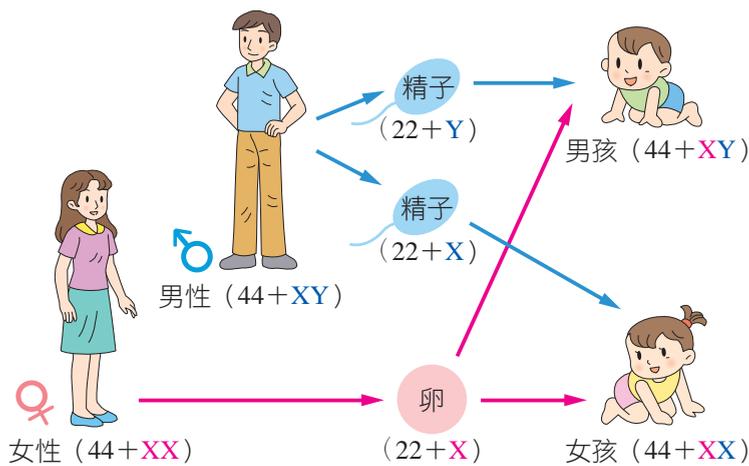
3 人類的性別遺傳

人類的體細胞內有 23 對染色體（圖 2-10）。由染色體圖比較，可以發現男、女染色體的差別，在於第 23 號染色體的形狀，女性是 2 條 X 染色體，而男性則是 1 條 X 染色體和 1 條 Y 染色體，Y 染色體比較短。由於這 1 對染色體的組合與人類的性別決定有關，故稱為**性染色體**。其他 22 對染色體（共 44 條），稱為**體染色體**。

在進行減數分裂產生配子時，精子內的染色體組合會有兩種可能，其中一種是 22 + X（22 條體染色體加 1 條 X 染色體），而另一種則是 22 + Y；但卵只有 22 + X 一種。當卵和 22 + Y 的精子結合，會生下男孩，而卵和 22 + X 的精子結合則會生下女孩（圖 2-11、表 2-3）。因此生男生女的機率皆為 1/2。



▲ 圖 2-10 人類的染色體



▲ 圖 2-11 人類的性別遺傳示意圖

精子	X	Y
卵	XX ♀	XY ♂
X	XX ♀	XY ♂
X	XX ♀	XY ♂

▲ 表 2-3 人類的性別遺傳棋盤方格

頭腦體操

2012 年，臺灣新生兒的男女比例大約是 1.07 : 1。你認為此現象是什麼原因造成的呢？未來，這樣的失衡比例可能會衍生出哪些問題？

2-4

突變

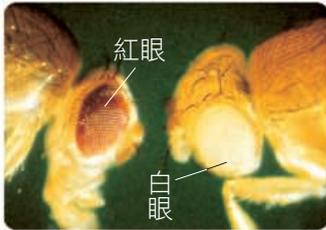


Warm Up

美國遺傳學家莫根 (T. H. Morgan, 1866 ~ 1945) (圖 2-12) 利用果蠅進行遺傳學實驗，他用 X 光照射野生種的紅眼果蠅，想知道果蠅的性狀會不會產生變化，努力了兩年之後，莫根終於得到一隻白眼果蠅 (圖 2-13)。想一想，除了 X 光之外，還有其他的因素可以使果蠅產生新的性狀嗎？



▲ 圖 2-12 莫根



▲ 圖 2-13 果蠅的眼睛顏色

1 突變

當染色體或基因發生變化時，生物體的性狀也可能會發生改變，這樣的改變稱為**突變**。突變的發生有兩種可能：一為自然突變，另一為人為誘變。

自然突變是指自然產生的基因改變，通常發生率極低；而**人為誘變**包括因物理因素（如 X 光、紫外線、輻射線等）或化學因素（如防腐劑及戴奧辛等）所導致的基因突變，人為誘變一般都較自然突變率高。若長期暴露在這些物理、化學因素之下，容易引發突變而造成疾病⁷，因此日常生活中要避免接觸這些物質。

突變若發生在生物體的體細胞，只會影響個體本身，不會影響下一代；但若發生在生殖細胞，便有機會遺傳給子代，影響後代的性狀表現。

突變對個體本身或其後代大多有害，但某些突變個體有可能形成新的品種，而有利生物的演化。人類有時也會運用突變的原理篩選出有利的特徵，培育出需要的品種，應用在農、漁、牧業的育種。

小視窗

7 皮膚癌

日光中的紫外線除了會讓皮膚晒紅和晒傷外，也可能造成皮膚細胞突變，轉變成癌細胞。皮膚癌和我們日常生活中累積的紫外線曝曬程度有關，我們必須從小就保護皮膚，避免在陽光下過度曝曬，以減低日後發生皮膚癌的機率。

5

10

15



2 遺傳性疾病

基因或染色體若發生突變，可能會造成疾病，藉由親代遺傳得來的疾病稱為**遺傳性疾病**。許多造成遺傳疾病的等位基因是隱性的，因此，同時得到兩個隱性致病等位基因的人才會罹患疾病，例如：白化症（圖 2-14、圖 2-15）、海洋性貧血症。少數致病的等位基因是顯性的，子代只要得到一個顯性的致病等位基因就會罹患疾病，例如：軟骨發育不全症（圖 2-16）。

若親代在形成配子的過程中發生錯誤，產生染色體數目異常的精子或卵，受精之後會發育成染色體數目異常的子代，也屬於遺傳疾病，例如：唐氏症。



▲ 圖 2-16 罹患軟骨發育不全症的陳攸華教授出書分享求學的歷程



▲ 圖 2-14 湯雅玲老師克服白化症的限制，以活潑的教學贏得學生愛戴。

A 孔雀



B 袋鼠



C 松鼠

▲ 圖 2-15 白化症的動物

小視窗

8 血友病

血友病是受到 X 染色體上等位基因控制的隱性遺傳疾病，患者缺乏某種凝血因子，導致受傷時出現血液無法凝固而血流不止的現象。促使人類血液凝固的過程，有 13 種凝血因子參與，多數的血友病患者是缺乏第八或是第九凝血因子。血友病患者在出血時，只要能補充足夠的凝血因子，就能消除症狀。

有些致病的等位基因位在 X 染色體上，例如：紅綠色盲和血友病⁸，此類疾病稱為**性聯遺傳**疾病。由於男孩只有一個 X 染色體，當他的 X 染色體上帶有隱性色盲等位基因，就會表現出色盲。而女孩有兩個 X 染色體，如果只有一個 X 染色體攜帶隱性的色盲等位基因，並不會表現出病徵，必須兩個 X 染色體都攜帶隱性的色盲等位基因，才會表現出色盲的症狀，因此男孩的罹患率比女孩更高（圖 2-17）。

5

	父	X	Y
母	X	XX	XY
	X	XX	XY

□ 顯性的等位基因
■ 隱性的等位基因

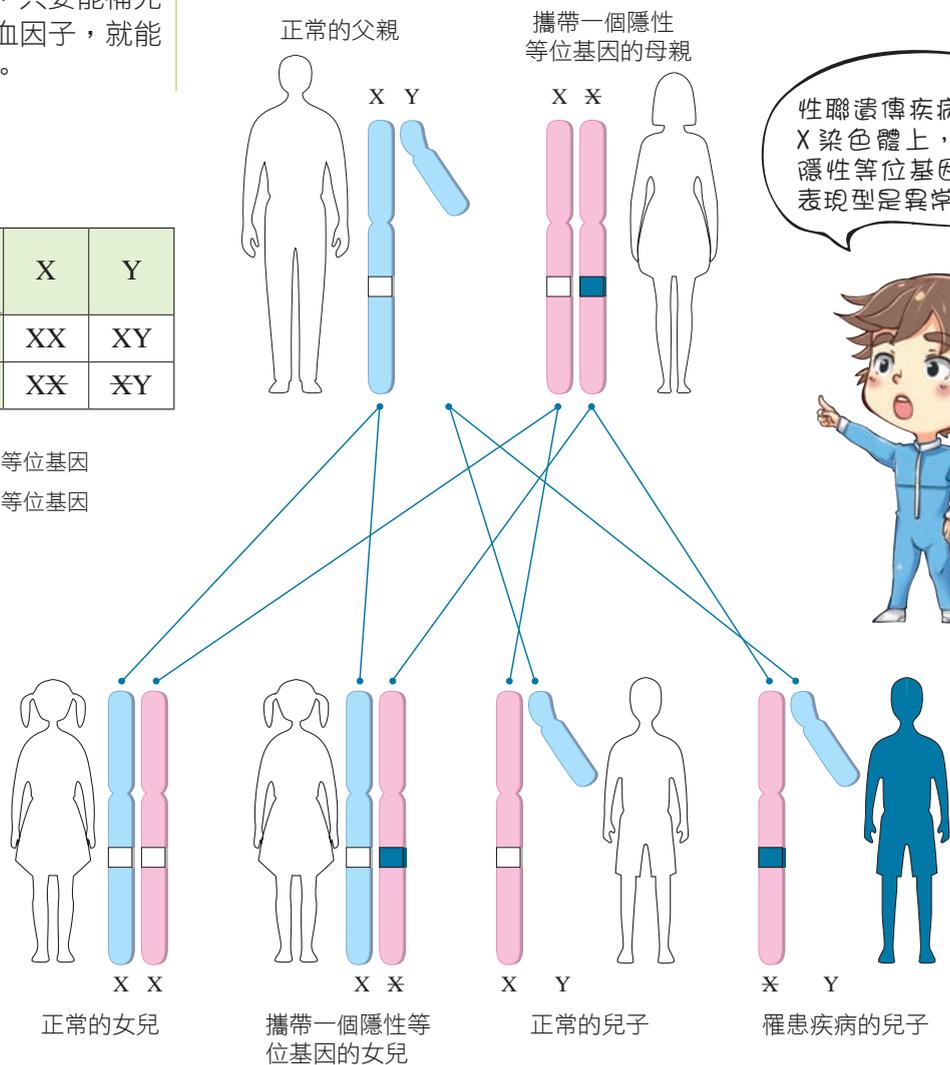


圖 2-17 性聯遺傳示意圖



3 遺傳諮詢

為了預防遺傳疾病的發生，民眾可以利用各大醫院的遺傳諮詢中心或優生保健門診，了解胎兒罹患遺傳疾病的機率，並在醫師的協助下採取適當的措施。

5 尤其是有家族遺傳病史的民眾，更應主動到醫院尋求遺傳諮詢的協助，作為將來生育的參考。

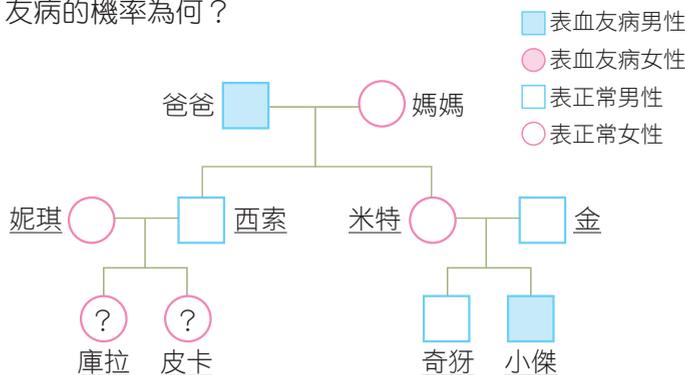
政府實施優生保健法後，也展開許多措施，例如：婚前健康檢查、婚後孕前健康檢查及產前健康檢查，可以減少遺傳疾病的發生機會。另外，透過

10 新生兒篩檢，可盡早發現新生兒是否罹患先天性遺傳疾病，若發現罹患者就可以及早治療，或是利用改變飲食和生活習慣，將疾病的傷害降到最低，例如：蠶豆症。有些遺傳疾病會造成智能的損傷，例如：唐氏症⁹等，但是透過不懈的努力，患者仍能激發潛

15 能，開創屬於自己的一片天空（圖 2-18）。

頭腦體操

1. 我國民法規定近親不能通婚，其用意為何？
2. 血友病是一種隱性的性聯遺傳疾病，也就是基因的缺陷出現在 X 染色體上。下圖是小傑家族中血友病的遺傳情形，則米特的染色體是否有攜帶血友病等位基因？妮琪生下同卵雙胞胎的庫拉和皮卡，庫拉與皮卡同時患有血友病的機率為何？



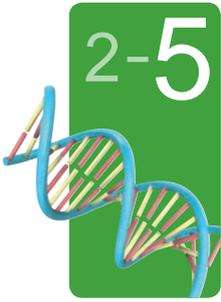
小視窗

9 唐氏症

在臺灣，每 800 名新生兒中，會有一位是唐寶寶。唐氏症是一種染色體異常所造成的疾病，絕大多數患者的第 21 號染色體多一條。唐氏症者常見的問題主要是智能障礙，肌肉張力低，30%~40%伴隨有先天性心臟病。



▲ 圖 2-18 范晉嘉曾獲得多次特殊奧運和國際游泳比賽的金牌，並取得救生員執照，他勇於走出唐氏兒的限制，以運動員的身分在國際舞臺發光發熱。



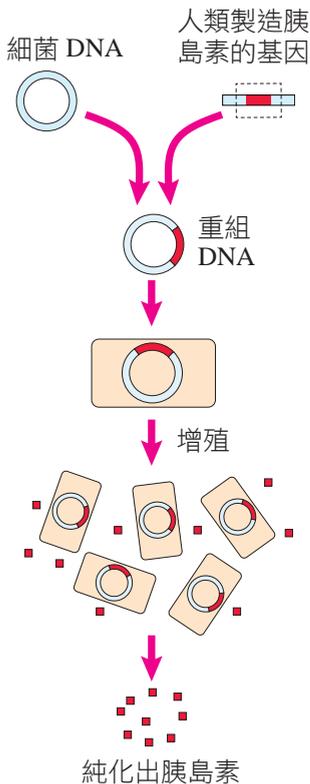
生物科技

Warm Up

大雄利用週末下午去逛水族館，在水族箱內看到紅的、綠的和金的各種不同顏色的螢光斑馬魚（圖 2-19），十分驚奇。老闆指著隔壁魚缸說：「斑馬魚本來是不會發出螢光的喔！」大雄覺得很奇怪，斑馬魚是怎麼變成螢光魚的呢？



▲ 圖 2-19 斑馬魚



▲ 圖 2-20 基因轉殖示意圖

在對 DNA 的構造與功能有進一步了解之後，科學家發展出生物技術，應用於疾病的治療與動、植物的育種 (P61)。例如：糖尿病的患者需要注射胰島素以維持正常的血糖濃度。早期胰島素的取得，是經由豬或牛的胰臟萃取，此法不但費時，且成本高、品質不易控制。因此，科學家運用生物技術，將人類製造胰島素的基因植入細菌中，培養這些經過**基因轉殖**的細菌，便可以生產大量的胰島素。

基因轉殖是以人工的方式將某一段外來的基因片段轉殖入某生物的細胞中（如圖 2-20），若生物透過基因轉殖技術而得到新的特性，則稱為基因改造生物（genetically modified organism, GMO），其體內含有其他生物的基因，並可以表現出該基因的特性，例如：螢光魚、木瓜。凡利用這種方式所生產的食品，稱為基因改造食品，例如：基因改造黃豆所製成的豆

5

10

15

腐乳或基因改造玉米所製成的玉米片（圖 2-21）。

5 目前基因轉殖技術的應用十分廣泛，在醫療上可以大量製造激素或疫苗，在農業上可以將耐乾旱或是抗蟲害的基因殖入作物體內，以增加作物的收成並減少農藥與殺蟲劑的使用，例如：抗輪點病毒木瓜，植株生長好，果實產量高。臺灣近年發展的「螢光魚」（圖 2-19），也是應用生物技術，將水母的螢光基因轉殖到觀賞魚體內，提高其觀賞價值。



A 玉米

B 黃豆

C 番茄



D 木瓜

非基因改造木瓜

基因改造木瓜

A 圖 2-21 常見的基因改造食品



小視窗

10 基因轉殖成功的複製生物——酷比豬

民國 91 年，臺大動物科技系鄭登貴及吳信志教授的研究團隊成功地將豬乳鐵蛋白基因及人類第九凝血因子基因轉殖到豬的染色體上，再利用此母豬的體細胞培育出 3 隻複製豬。此項實驗成果創下兩項世界第一，除了是世界首例以成年母豬耳朵皮膚細胞提供細胞核，同時也是全球第一例雙基因轉殖複製豬。此結果顯示臺灣的生物科技發展，已達國際先進國家的研究水準。

雖然基因轉殖技術在醫療與農、漁業育種方面有許多貢獻，但是經過基因改造的生物，若散布到自然界，有可能因為競爭力與適應力都比野生種強，嚴重排擠野生種的生存；或和野生種雜交會改變野生種的基因，造成野生種逐步消失。因此在應用生物技術的同時，應該要慎重考慮各種影響，避免造成日後生態的浩劫。

5

除了基因轉殖之外，複製生物也是科學家致力發展的生物科技。西元 1996 年，地球上首先複製成功的哺乳動物——桃莉羊誕生，開啟了複製生物的新紀元 (P61)。後來，世界各國投入複製生物的研究，臺灣也成功複製出豬¹⁰、羊等哺乳動物(圖 2-22)。但是目前的複製技術未臻完美，可能發生基因改變、畸形、缺陷和死亡的問題。複製生物和其他生物技術一樣，存在許多隱憂，這是必須深思與探討的議題。

10

15

頭腦體操

根據你對生物複製技術的了解，你認為科學家有沒有可能成功複製出人類？你贊成嗎？目前有些國家（例如加拿大）已經立法禁止「複製人」，你認為是什麼原因？請蒐集資料，並提出你的看法。



A 複製豬——酷比豬的胎記都位在相同位置



B 複製羊——寶吉和寶祥

圖 2-22 臺灣的複製生物



知識 廣角

■ 幹細胞的研究

課本 P58

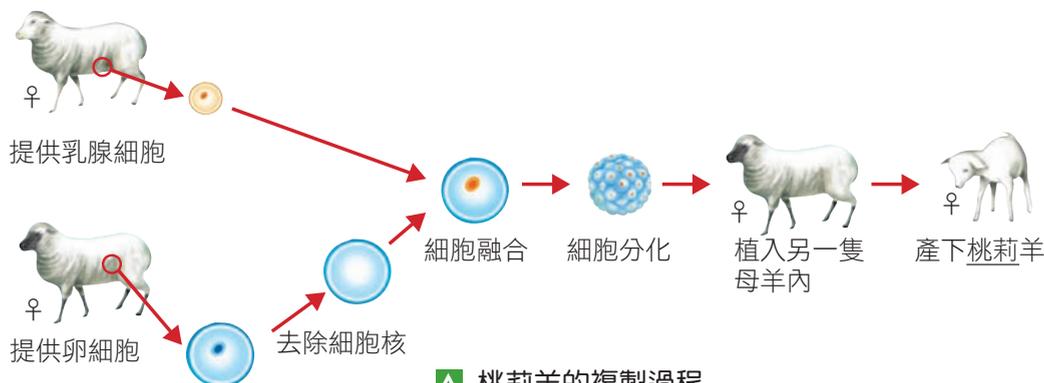
幹細胞 (stem cell) 是具備分裂與分化能力的細胞，幹細胞分裂後能再分化成各種細胞、組織或器官，甚至長成個體。受精卵及早期胚胎的細胞是屬於全能性幹細胞 (totipotent stem cell)，可分裂並發育成完整的個體。骨髓和臍帶血中含有的造血幹細胞則是屬於多功能性幹細胞 (pluripotent stem cell)，雖不能發育成完整的個體，但是可以製造紅血球、白血球和血小板等。目前，科學家對造血幹細胞的了解較清楚，在臨床醫療上的應用也最多，例如培養造血幹細胞來治療白血病、淋巴瘤、地中海型貧血及血液再生不良疾病等，也可以用在癌症化療或放射線治療後，幫助病人的造血系統再生。

■ 複製生物

課本 P60

西元 1996 年 7 月 5 日，史上第一隻複製的哺乳動物桃莉羊 (Dolly) 誕生了。英國魏爾邁博士 (Ian Wilmut) 領導的研究團隊，先從一隻白面母羊取出乳腺細胞，再從另一隻黑面母羊取得卵細胞，並去除此卵細胞的細胞核。魏爾邁研究團隊將乳腺細胞與去核的卵細胞融合，再用電擊的方式促使卵細胞進行細胞分裂，培育成早期羊胚胎，接著將初期胚胎植入另一隻黑面母羊的子宮內著床發育。魏爾邁研究群共複製了 276 個羊胚胎，在經歷了多次的失敗後，終於有一個胚胎成功地發育成健全的羊。黑面母羊在懷孕約 150 天後，產下了白面的桃莉 (如下圖)，此創舉為生物技術揭開了嶄新的一頁。

桃莉 出生後，相當受到世人的矚目，牠在 1998 年也自然受孕，產下了一頭小羊邦妮 (Bonnie)，成為母親。然而桃莉 的健康狀況似乎不佳，牠提早罹患了關節炎，有些科學家認為桃莉 有提早老化的現象，最後桃莉 在 2003 年 2 月 14 日死於肺炎，以綿羊而言，可謂英年早逝啊！





重點整理

2-1 孟德爾的遺傳法則

1. 孟德爾遺傳法則：

- (1) 生物的性狀由**遺傳因子**控制。
- (2) 遺傳因子有**顯性**和**隱性**兩種不同的形式。
- (3) 顯性與隱性遺傳因子同時出現時，只表現出顯性遺傳因子所控制的性狀。
- (4) 遺傳因子在傳給後代前，會先各自分離而進入配子；配子只具有各對遺傳因子中的一個。

2-2 基因與遺傳

1. 基因：

- (1) 基因是控制性狀遺傳的基本單位。
- (2) 雙套染色體的生物，控制某性狀的基因會包含成對的等位基因。
- (3) 控制一種性狀的成對等位基因，分別位於同源染色體的相對位置上。

2. 個體性狀表現的特徵稱為**表現型**，決定性狀的等位基因組合稱為**基因型**。

2-3 人類的遺傳

1. 有些性狀由一對等位基因決定，稱為**單基因遺傳**；若性狀由多對等位基因決定，稱為**多基因遺傳**。多基因遺傳的表現型會出現連續分布的現象。

2. 人類 ABO 血型基因型與表現型的關係：

表現型	基因型
A 型	$I^A I^A$ 、 $I^A i$
B 型	$I^B I^B$ 、 $I^B i$
AB 型	$I^A I^B$
O 型	ii

3. 人類體細胞中有 23 對染色體，其中有一對與性別決定有關，稱為**性染色體**。

4. 人類性別的決定：

	精子(2種)		
卵(1種)		22 + X	22 + Y
	22 + X	44 + XX (女孩)	44 + XY (男孩)

2-4 突變

1. 遺傳物質發生改變稱為**突變**。

2. 突變產生的途徑：

- (1) **自然突變**：自然突變是指自然產生的基因變異，通常發生率極低。
- (2) **人為誘變**：是指因物理因素或化學因素所造成的突變。

3. 突變若發生在體細胞，只影響個體本身的特徵；但若發生在生殖細胞，突變的基因可能會傳給後代，影響後代的性狀表現。

4. 目前各大醫院大多設有**遺傳諮詢**中心或優生保健門診，提供遺傳疾病患者諮詢，使病患得到適當的照顧。

2-5 生物科技

1. **基因轉殖**技術和**複製生物**技術是常見的生物技術。

2. 生物技術的發展雖然對人類的的生活有所幫助，但也可能在倫理道德、生態平衡等各方面造成負面的衝擊。



小試身手

大家來找碴 (找出錯在哪裡)

1. 高莖豌豆的基因型一定是 Tt。(P.44)
2. 孟德爾觀察並研究染色體的行為，歸納出遺傳法則。(P.46)
3. DNA 上能控制性狀表現的片段，稱為染色體。(P.47)
4. 人類的 ABO 血型是屬於多基因遺傳，所以表現型不只兩種。(P.52)
5. 突變對生物體而言多數是有利的，所以可以應用於作物的育種。(P.54)
6. 複製生物是屬於基因轉殖技術的範疇。(P.60)

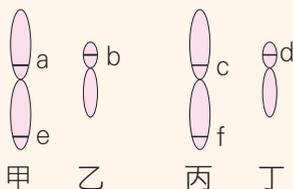
腦內大革命 (寫出正確答案)

孟德爾的遺傳法則

1. 有一開紫花的豌豆，其基因型為 Pp，下列敘述何者正確？(P.44)
 - (A) 該豌豆只會產生含有 P 等位基因的生殖細胞
 - (B) 該豌豆自花授粉後，p 等位基因所控制的特徵可能會在其子代出現
 - (C) 該豌豆若和開白花的豌豆 (pp) 交配，子代出現開白花的豌豆機率為 1/4
 - (D) 該豌豆同時出現 P 等位基因和 p 等位基因所控制的特徵

基因與遺傳

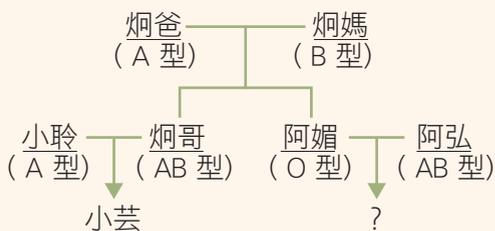
2. 下圖有兩對染色體 (甲、乙、丙、丁)，a ~ f 代表等位基因位置。在正常狀況下，下列敘述何者正確？(P.48)



(A) 若一個細胞中同時存在甲、丙兩條染色體，此細胞可能為卵細胞 (B) 乙、丁皆來自於母親 (C) c、f 為控制同一性狀的一對等位基因 (D) e、f 為控制同一性狀的一對等位基因

人類的遺傳

3. 下圖為小芸家族成員的血型，試回答下列問題：(P.52)



- (1) 炯爸的基因型是：_____。
- (2) 小聆的基因型為 $I^A I^A$ ，則小芸的血型可能為：_____。
- (3) 阿媚和阿弘生出 B 型男孩的機率是多少：_____。

突變

4. 下列有關突變的敘述，何者正確？(P.54)
 - (A) 突變發生的機率很低，因此懷孕的婦女不須做產前檢查
 - (B) 突變若發生在生殖細胞，才有可能傳給下一代
 - (C) 突變是指一對外表正常的表兄妹結婚，卻生下患有遺傳疾病小孩的情況
 - (D) X 光和紫外線是可能誘發突變的化學因素

生物科技

5. 科學家進行複製蛙的實驗過程如下：將綠色蛙卵細胞的核去除後，植入灰色蛙腸道細胞的細胞核。以此方式孵化產生的小青蛙將會表現出何種體色？(P.61)
 - (A) 灰色
 - (B) 綠色
 - (C) 灰綠色
 - (D) 由孵化的溫度隨機決定