

■ 溶體

溶體是具有膜的囊狀胞器，由高基氏體產生，內含各種水解酶，在弱酸環境下可以分解大分子有機物。溶體可和經由吞噬作用進入細胞的囊泡融合，並將囊泡內的物質或細菌等分解。溶體亦具有細胞更新的功能，可以分解衰老的構造（圖 1-3.10），產生的小分子可回收利用。溶體一旦破裂釋出水解酶，會使細胞自行分解。

■ 液泡

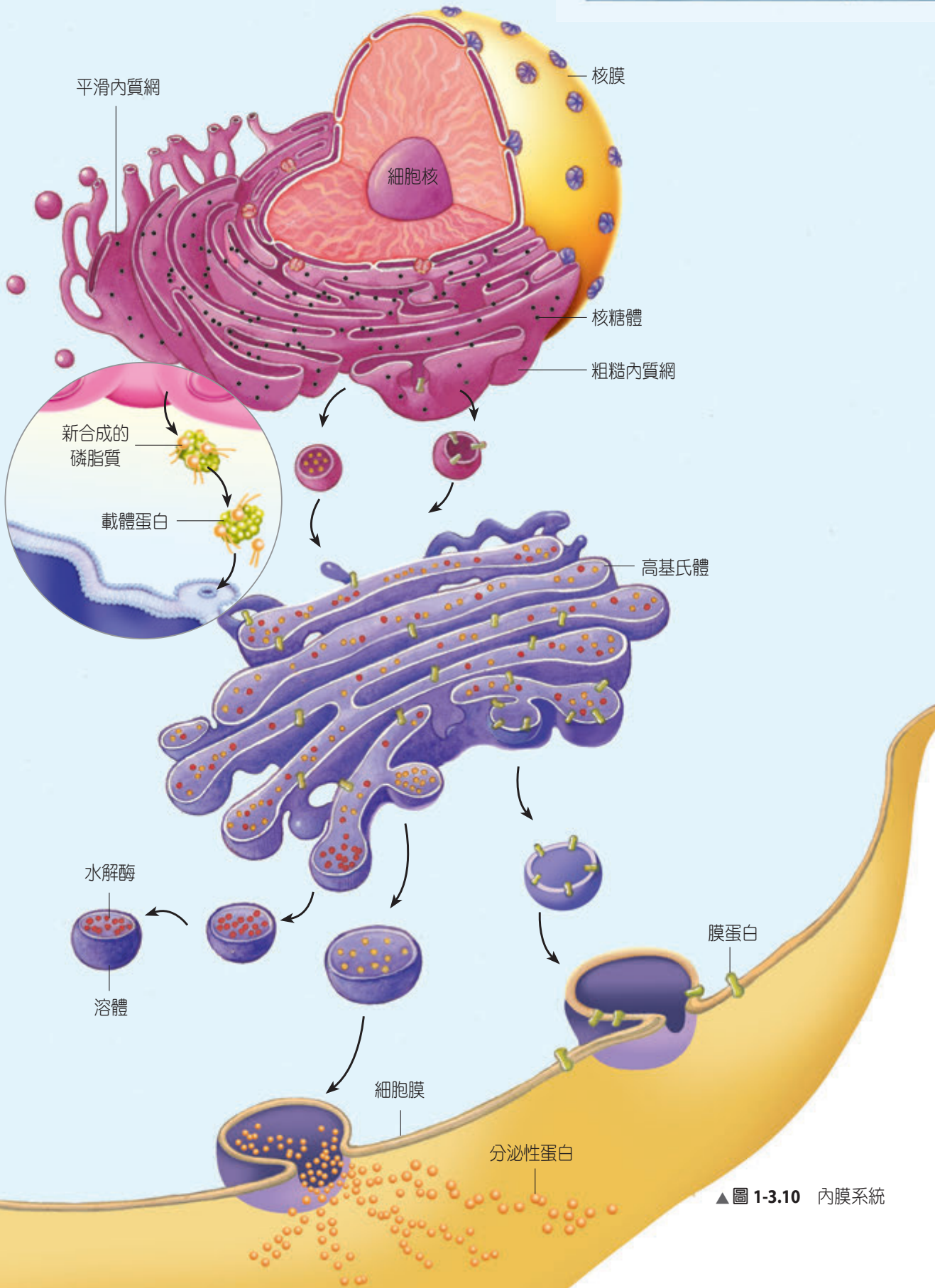
液泡也是具有膜的胞器，在不同的細胞中可以有不同的功能。在成熟的植物細胞中，液泡的體積很大，往往占細胞內部體積的 50 ~ 90%，故稱為**中央大液泡**。液泡內除含有大量的水和各種離子外，還含有胺基酸、醣類、蛋白質及許多色素，甚至廢物等。

在原生生物如草履蟲的細胞中，液泡可積存滲入細胞的水，並適時將水排出體外，以維持體液的平衡，此液泡稱為**伸縮泡**。許多單細胞生物如變形蟲的細胞，可吞噬食物顆粒形成液泡，此液泡稱為**食泡**。

注釋欄

高基氏體

1898 年，義大利科學家高基（Camillo Golgi，1843 ~ 1926）以硝酸銀將細胞染色後，發現細胞內有片狀的構造，隨後被命名為高基氏體。50 多年後，生物學家利用電子顯微鏡再詳細的觀察，發現這是一層層扁平囊和小囊所構成的有膜胞器。1964 年，美國洛克斐勒大學的帕拉德（George Emil Palade，1912 ~ 2008）證實了高基氏體在蛋白質的修飾、包裝與運輸過程中有重要功能。

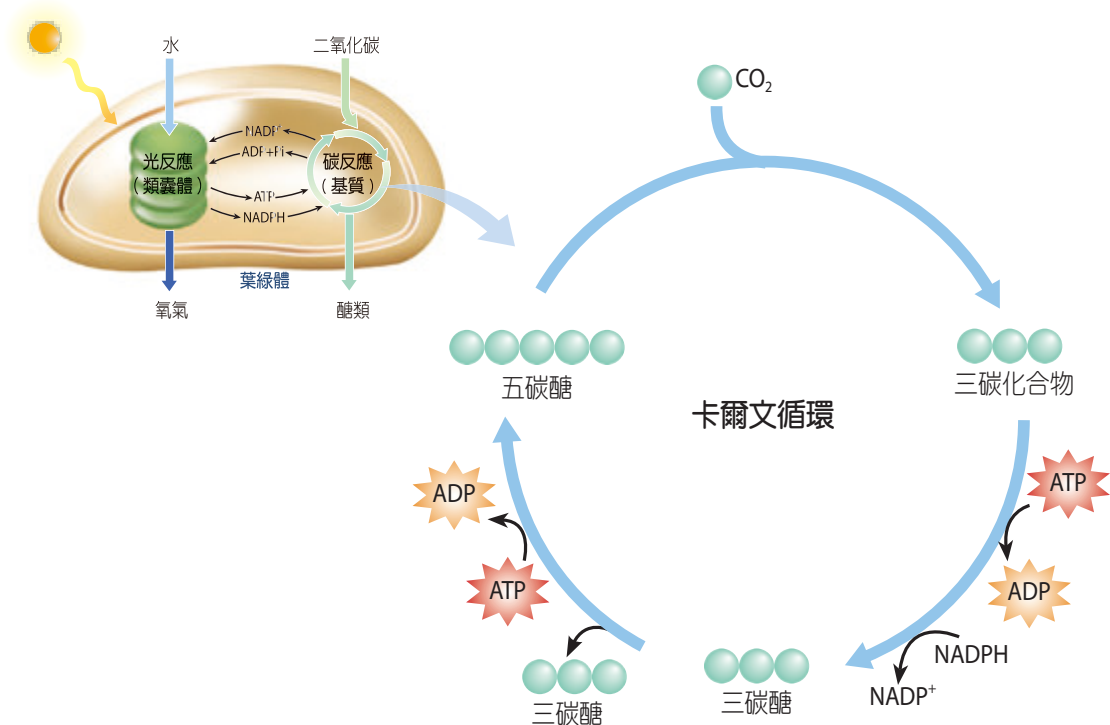


▲圖 1-3.10 內膜系統

2-1.2 碳反應

碳反應於葉綠體的基質中進行，此反應利用光反應所產生的 ATP 和 NADPH，將 CO_2 固定而形成醣類。然而 CO_2 是如何被固定的呢？美國加州大學的植物生理學家卡爾文（Melvin Calvin, 1911 ~ 1997）等人以 $^{14}\text{CO}_2$ 為追蹤劑，研究綠球藻（*Chlorella*）的光合作用，發現固定 CO_2 的過程是一連串的循環反應，後人稱其為卡爾文循環（圖 2-1.5）。

在碳反應中， CO_2 和卡爾文循環中的一種五碳醣經酶催化，產生三碳化合物。此三碳化合物再經一連串酶催化反應，形成三碳醣，過程中所需能量即來自光反應產生的 ATP 和 NADPH。大部分三碳醣會再形成五碳醣，以繼續用於固定 CO_2 。少部分三碳醣離開卡爾文循環後，會進一步合成六碳醣。六碳醣可在葉綠體基質中轉變為澱粉，或於細胞質中轉變為蔗糖。蔗糖可運輸至其他部位如莖、根等，以進一步合成澱粉而儲存。



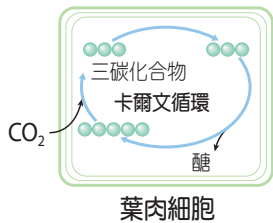
▲圖 2-1.5 卡爾文循環(●表示碳原子)

科學家最早發現植物進行碳反應的路徑為卡爾文循環。在卡爾文循環中， CO_2 被固定後的第一個穩定產物為三碳化合物，因此稱卡爾文循環為 C_3 循環（圖 2-1.6），進行這種固定 CO_2 方式的植物稱為 **C_3 植物**。

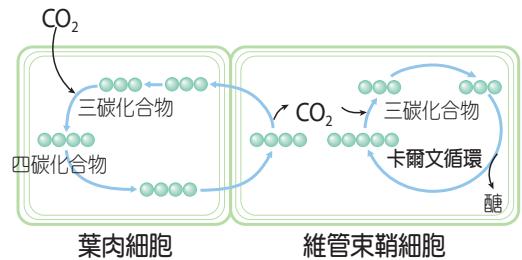
玉米和甘蔗等生長於乾熱環境的植物，葉內在維管束周圍具有含葉綠體的**維管束鞘細胞**（圖 2-1.7）。 CO_2 進入葉內後，會在葉肉細胞和三碳化合物結合，形成四碳化合物。四碳化合物隨即運至維管束鞘細胞，再釋出 CO_2 。此 CO_2 再進入卡爾文循環，此種固定 CO_2 的方式稱為 C_4 循環（圖 2-1.8），進行 C_4 循環的植物稱為 **C_4 植物**。

生長於乾熱地區的鳳梨科和景天科植物，在白天氣孔關閉以防止失水，夜間氣孔才打開。夜間 CO_2 進入葉內先形成四碳化合物，四碳化合物再形成蘋果酸，儲存於液泡內。白天時，蘋果酸釋出 CO_2 ，此 CO_2 進入卡爾文循環，此種固定 CO_2 的方式稱 CAM 路徑（圖 2-1.9），此類植物稱為 **CAM 植物**。

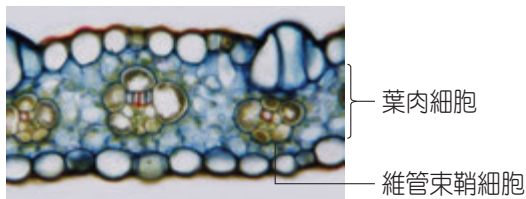
綜言之， C_4 植物和 CAM 植物的固碳作用雖較複雜，但可減少水分散失，以利其生存於乾熱的環境。



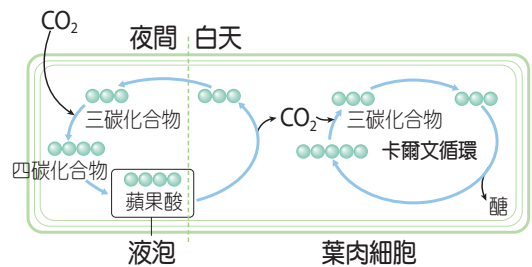
▲圖 2-1.6 C_3 循環



▲圖 2-1.8 C_4 循環



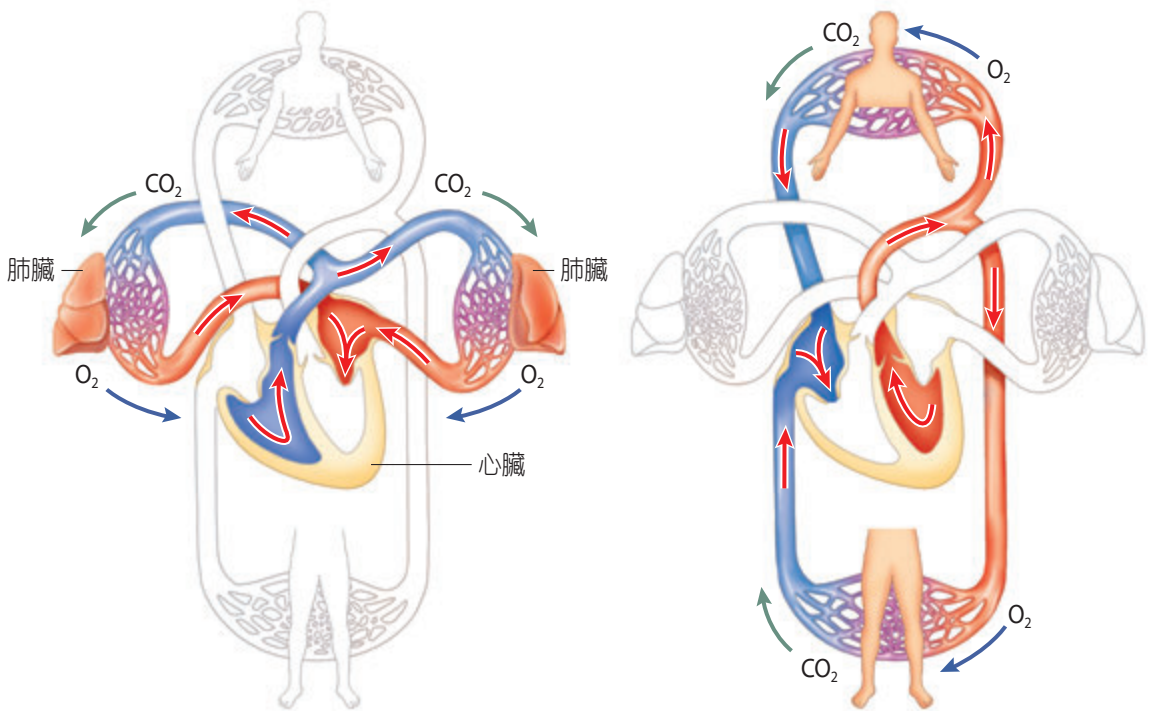
▲圖 2-1.7 C_4 植物葉的橫切面



▲圖 2-1.9 CAM 路徑

使用聽診器或將耳朵直接貼在左胸壁上，可以聽到心搏發出的聲音，稱為心音。一次心搏周期有二個較明顯的心音，聲音聽起來類似「隆——咚 (lub-dub)」。第一心音聲音似「lub」，強而低沉，主要是心室收縮時，房室瓣關閉所產生的聲音；第二心音聲音似「dub」，弱而短促，主要是心室舒張時，半月瓣關閉所產生的聲音。

由心臟輸出的血液，經由血管運輸循環全身，包括肺循環與體循環兩個路徑（圖 5-2.4）。肺循環運輸血液來回心臟與肺臟之間，二氧化碳（ CO_2 ）在肺臟從血液擴散進入肺泡，氧（ O_2 ）則從肺泡擴散進入血液，肺循環的功能是進行人體與外界環境的氣體交換。體循環運輸血液來回心臟與體內各組織器官之間，體循環的功能是運送 O_2 與養分供應各組織器官所需，並將細胞的代謝產物運送至排泄器官排除，體循環尚包含冠狀循環與肝門脈循環。

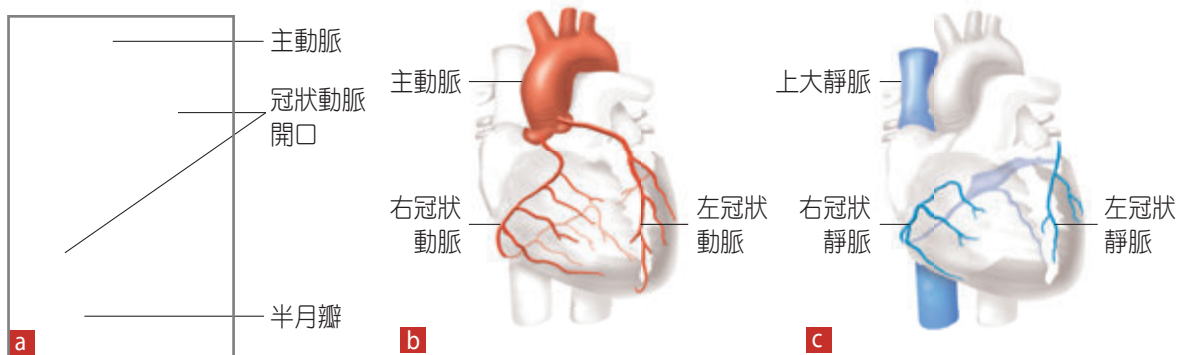


▲圖 5-2.4 人體的血液循環路徑示意圖 a. 肺循環 b. 體循環

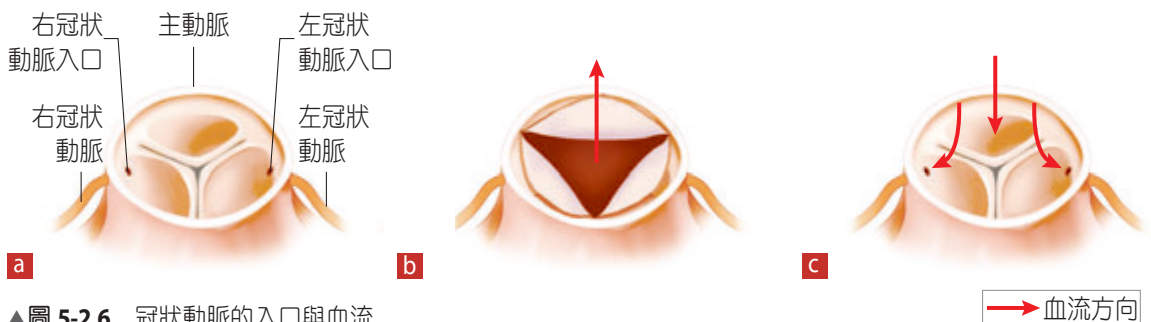
■ 冠狀循環

提供心臟所需養分和 O_2 的循環路徑，稱為**冠狀循環**。冠狀循環起始於冠狀動脈，冠狀動脈開口位於主動脈基部，近半月瓣處（圖 5-2.5a）。冠狀動脈中的血液沿著血管分支流入微血管網（圖 5-2.5b），供給心臟細胞所需的養分和 O_2 ，而心臟細胞產生的代謝產物則擴散進入微血管的血液後，匯入冠狀靜脈運走，再注入右心房（圖 5-2.5c）。

冠狀動脈血流量的大小與心搏周期有密切的關係。左心室收縮時，血液衝開半月瓣流入主動脈，此時半月瓣正好蓋住冠狀動脈的入口，因此血液不易流入冠狀動脈。相反地，當左心室舒張時，主動脈基部的半月瓣關閉，冠狀動脈的開口露出，因此主動脈的血液可順利流入冠狀動脈（圖 5-2.6）。



▲圖 5-2.5 冠狀循環 a. 冠狀動脈的開口 b. 冠狀動脈 c. 冠狀靜脈

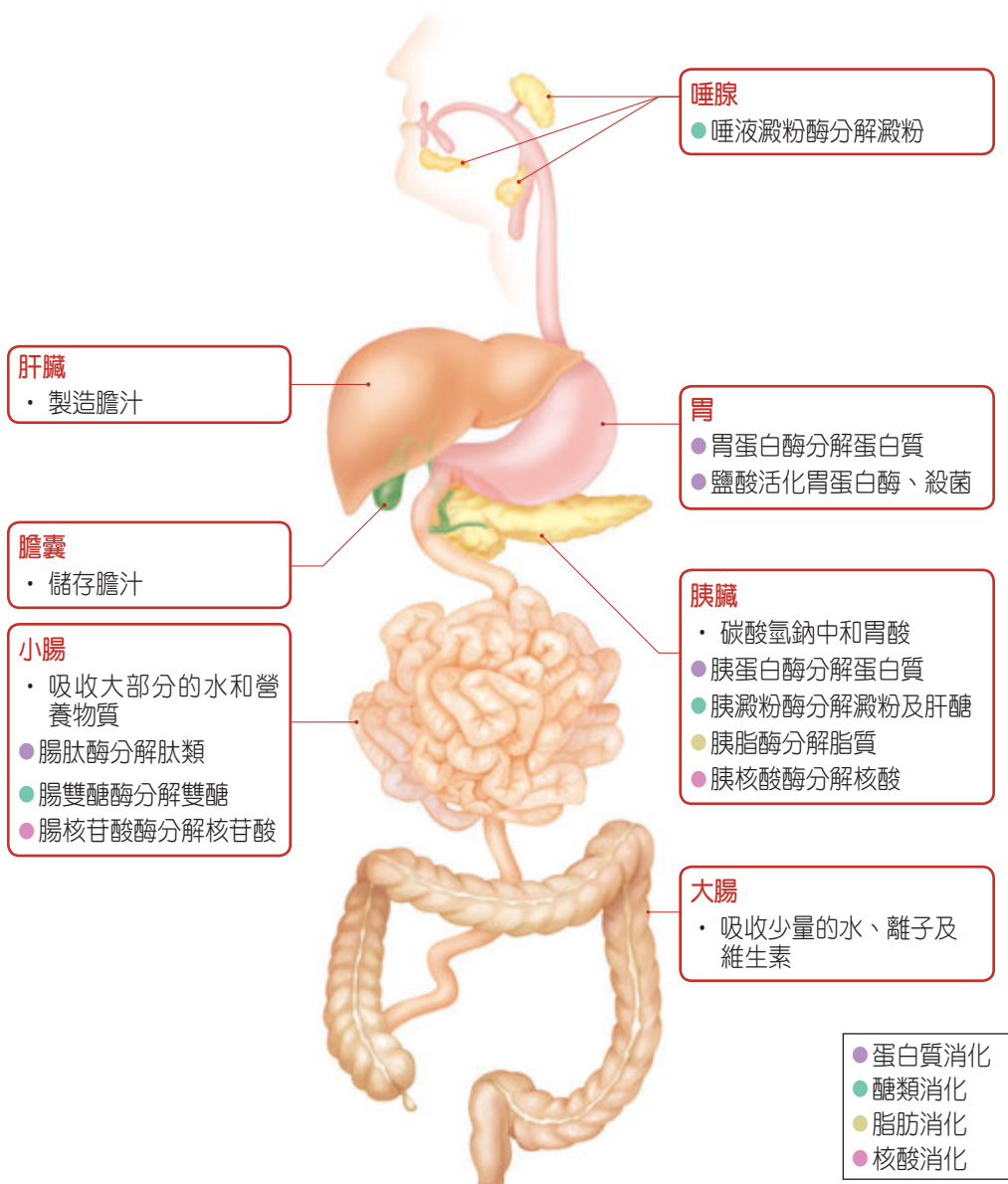


▲圖 5-2.6 冠狀動脈的入口與血流

- 冠狀動脈的入口位於主動脈基部，近半月瓣處
- 當心室收縮時，半月瓣開啟，蓋住冠狀動脈入口，血液不易流入冠狀動脈
- 當心室舒張時，半月瓣關閉，露出冠狀動脈入口，血液得以流入冠狀動脈

6-1.3 消化液的分泌、作用及調節

消化液由**消化腺**所分泌，人體的消化腺有些分布在消化道的黏膜層，例如：胃腺和小腸腺（圖 6-1.11）；有些不在消化道內而藉由輸管和消化道相連，將消化液注入消化道中，例如：唾腺、肝臟和胰臟（圖 6-1.11）。消化腺含有特殊的分泌細胞，受神經和激素的調節，可分泌多種化學物質。



▲ 圖 6-1.11 人體消化系統的構造及其功能

消化液含有黏液，可保護消化道；消化液中除了膽汁外，皆含有消化酶，可進行化學性消化；小腸的消化液尚含有調節酸鹼度的物質，可使消化酶充分發揮分解效能。消化液是否能適時適量的分泌，對食物的消化與養分的吸收十分重要。

■ 唾液的分泌與調節

人體的唾腺有三對：腮腺、顎下腺和舌下腺，皆分布於口腔附近，且各有管子將分泌的唾液導入口腔內。唾液含有水、黏液、離子、唾液澱粉酶、溶菌酶和抗體等成分，酸鹼度接近中性，有利於唾液澱粉酶的消化作用。唾液澱粉酶可將澱粉和肝糖分解為麥芽糖（表 6-1）。

唾液可溶解食物中的某些成分，如此才容易引發味覺、判斷食物的種類和品質，引起食慾和調節攝食行為。唾液還可潤滑口腔，使食物容易吞嚥。唾液的分泌皆受自律神經系統（交感神經和副交感神經）的調節，隨時都在分泌，平時分泌量並不多，只夠溼潤口腔；但受到食物刺激時，則可透過反射作用增加分泌量。

表 6-1 人體主要的消化腺、消化液、消化酶及其功能

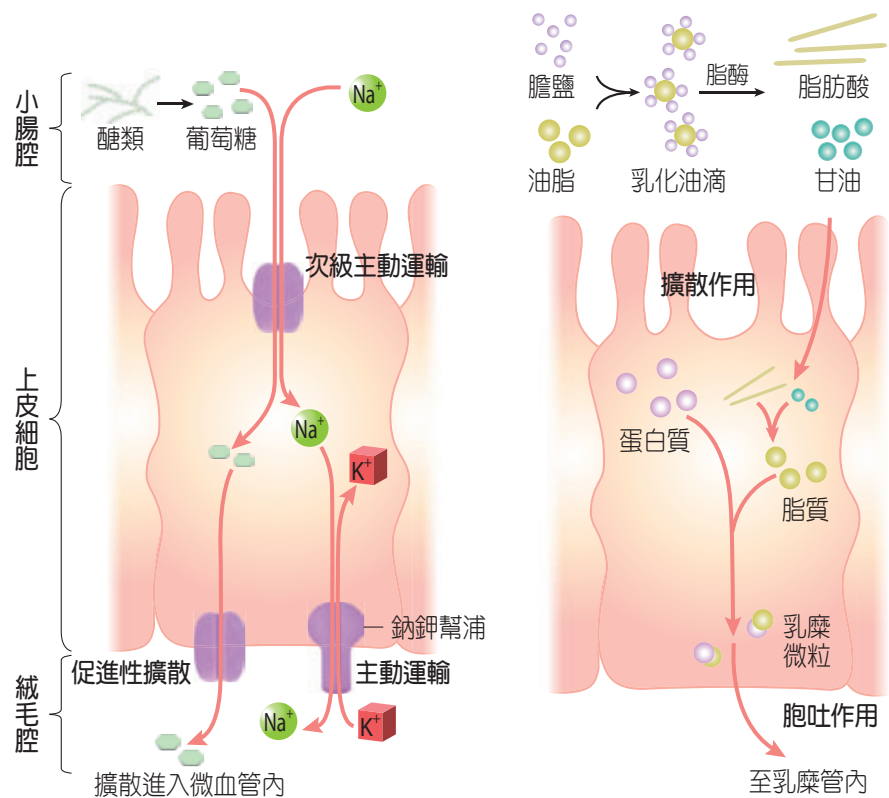
消化腺	消化液 (pH 值)	主要成分及功能
唾腺	唾液 (6.7 ~ 7.0)	唾液澱粉酶：分解澱粉、肝糖為麥芽糖
胃腺	胃液 (2.0 ~ 3.0)	1. 鹽酸：維持胃液的酸性環境、活化胃蛋白酶原為胃蛋白酶、殺菌 2. 胃蛋白酶原：活化為胃蛋白酶後，分解蛋白質為肽類
肝臟	膽汁 (7.2 ~ 8.0)	1. 膽鹽：乳化脂肪成為脂肪小球，增加脂酶作用的表面積 2. 膽色素：血紅素代謝產物，形成糞、尿的顏色
胰腺	胰液 (8.0 ~ 8.8)	1. 鹼性物質：NaHCO ₃ 中和酸性 2. 胰澱粉酶：分解澱粉、肝糖為麥芽糖 3. 胰蛋白酶：分解肽類為雙肽及參肽 4. 胰脂酶：分解脂質為脂肪酸、甘油 5. 胰核酸酶：分解核酸為核苷酸
小腸腺	小腸液 (8.0)	1. 腸雙糖酶 (麥芽糖酶、蔗糖酶、乳糖酶)：分解雙糖為單糖 (葡萄糖、果糖、半乳糖) 2. 腸肽酶：分解肽類為胺基酸 3. 腸核苷酸酶：分解核苷酸為含氮鹼基、五碳糖、磷酸

6-2.2 養分的吸收與運輸

消化後的小分子養分，主要靠擴散、促進性擴散或主動運輸等方式，先進入絨毛的上皮細胞，再由上皮細胞進入微血管或乳糜管內，完成養分的吸收。

小腸絨毛吸收葡萄糖時，藉由次級主動運輸的**共同運輸**作用將葡萄糖由腸腔帶入上皮細胞內，因此上皮細胞內的葡萄糖濃度會上升，甚至比小腸腔中的濃度還高，也比微血管內的濃度高。葡萄糖再藉由**促進性擴散**由上皮細胞運到絨毛腔，最後進入微血管中。胺基酸的吸收與運輸方式和葡萄糖大致相同（圖 6-2.2）。

脂肪酸、甘油和脂溶性維生素等脂溶性養分，可藉**擴散**進入上皮細胞中。進入上皮細胞中的脂肪酸和甘油，可再組合成大分子的脂肪，脂肪在上皮細胞內又和膽固醇、蛋白質組成球狀的



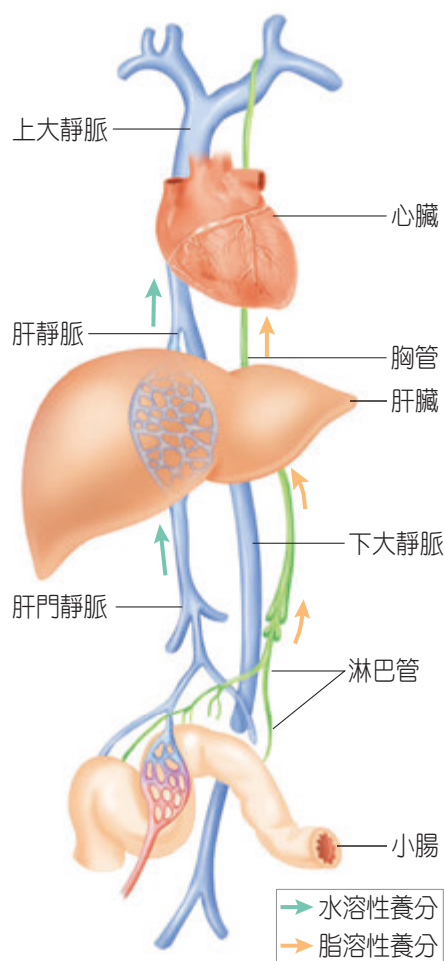
▲ 圖 6-2.2 葡萄糖的吸收

▲ 圖 6-2.3 脂肪酸和甘油的吸收

乳糜微粒，藉著胞吐離開絨毛（圖 6-2.3），進入乳糜管。

由小腸絨毛中的微血管所吸收的水溶性養分，最後都經過**肝門靜脈**進入肝臟（圖 6-2.4），再由**肝靜脈**流入下大靜脈回到心臟，再輸送到其他器官，藉由血液循環提供身體細胞利用。脂溶性養分則大多經絨毛中的**乳糜管**吸收，經**淋巴管**匯集到**胸管**運送（圖 6-2.4），而後進入靜脈回到心臟，再匯入血液循環中。

小腸內未消化或吸收的物質經蠕動送入大腸，大腸可繼續吸收這些物質中剩餘的水和部分礦物質。最後剩餘的水分和植物纖維等食物渣滓，經過腸內細菌的發酵，再加上脫落的腸壁細胞及腸壁黏膜層分泌的黏液等，形成糞便。



▲ 圖 6-2.4 養分的運輸

注釋欄

肝臟的多樣化功能

消 化：製造膽汁、乳化脂肪，以利於脂肪的消化和吸收；有利於脂溶性維生素如維生素 K 的吸收。

循 環：清理衰老紅血球，將血紅素轉變為膽汁中的膽色素；合成凝血過程所需成分，例如：凝血酶原和血纖維蛋白原。

排 泄：將含氮物代謝後的氨轉變為尿素，再由腎臟排出；分解毒素及藥物。

內分泌：受生長激素的作用分泌類胰島素生長因子 1（Insulin-like growth factor 1，簡稱 IGF-1），可促進細胞分裂與生長。合成血管收縮素原，影響血壓的調節。

恆 定：可將葡萄糖儲存為肝醣，亦可分解肝醣為葡萄糖，維持血糖濃度的恆定；合成血漿蛋白，維持體液滲透壓的恆定。