5-3 呼吸與排泄

排泄作用

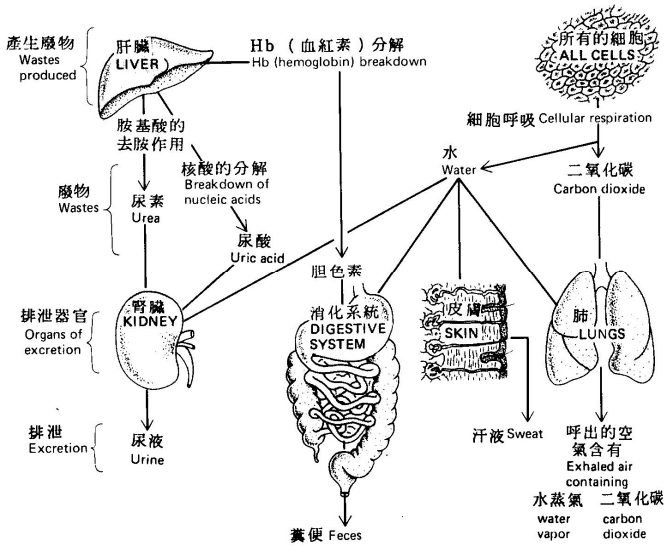
一、定義：將細胞的代謝廢物排出體外的過程

二、功能：

1. 維持體內滲透壓、電解質與酸鹼的平衡
2. 維持身體內部環境的恆定
3. 排除代謝的廢物

三、代謝廢物來源與種類

代謝廢物		來源	排泄器官
含氮廢物	氨	胺基酸經肝細胞的脫氨作用	腎
	尿素	氨的衍生物	腎、皮膚
	尿酸	核酸的代謝物	腎
膽色素		血紅素在肝臟的代謝產物	肝
二氧化碳		葡萄糖等有機物的代謝產物	肺
水		飲食攝取及養分的代謝產物	腎、皮膚、肺
無機鹽類		飲食攝取	腎、汗腺
體熱		代謝時產生的熱量	皮膚、汗腺、排尿



呼吸系統

一、呼吸作用

1. 定義：使有機養分氧化分解，釋出能量以供生存所需
2. 反應式：$6O_2 + C_6H_{12}O_6 \rightarrow 6H_2O + 6CO_2 + 36\sim38ATP$

二、動物的氣體交換方式

1. 單細胞動物、構造簡單的多細胞動物：身體細胞大多直接與水接觸
   →藉擴散作用即可與外界交換氣體
2. 構造複雜的多細胞動物：表面積和體積比例過小，身體細胞大多不能直接與外界環境交換氣體。
   →需先藉由呼吸器官與外界交換氣體
   →再藉血液或氣管將氧氣運輸至身體各部位以供細胞進行氣體交換

三、動物的呼吸器官

1. 呼吸器官的特徵
   a. 表面積大
   b. 表面溼潤
   c. 微血管網分佈
   d. 要有很薄的薄膜
2. 呼吸器官的類型：

蚯蚓	蝗蟲	蜘蛛	魚類	兩生類	哺乳類	鳥類
體表	氣管	書肺	鰓	肺＋皮膚	肺	肺＋氣囊

四、人體的呼吸器官

1. 包含呼吸道及肺臟兩部分

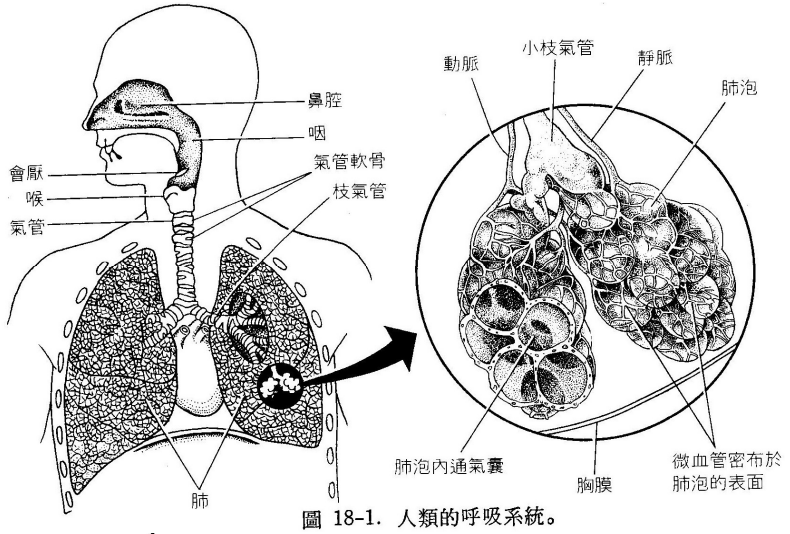


圖 18-1. 人類的呼吸系統。

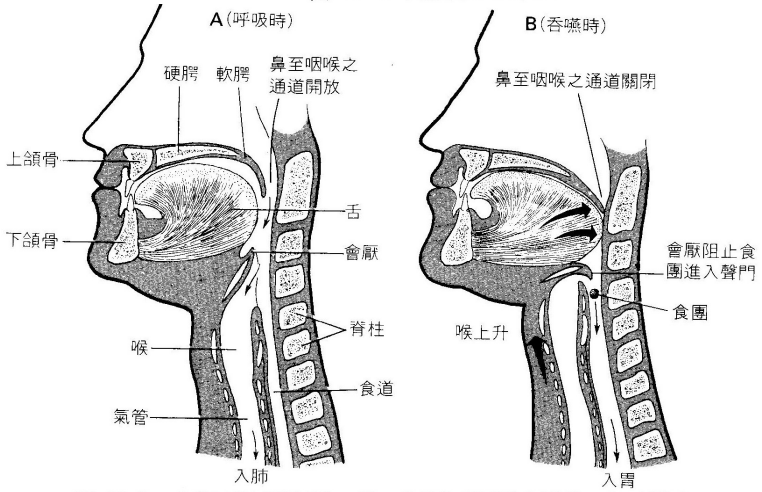
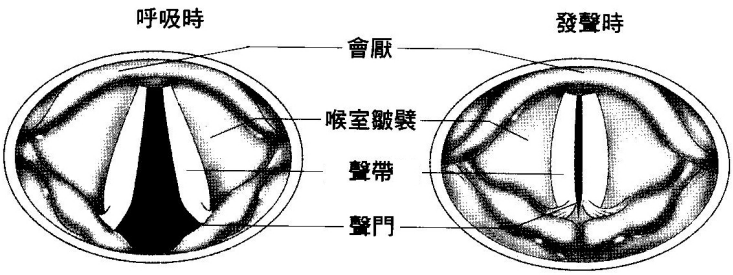


圖 18-2. 呼吸(A)及吞嚥(B)時，咽、喉部位所呈現之活動，各不相同。

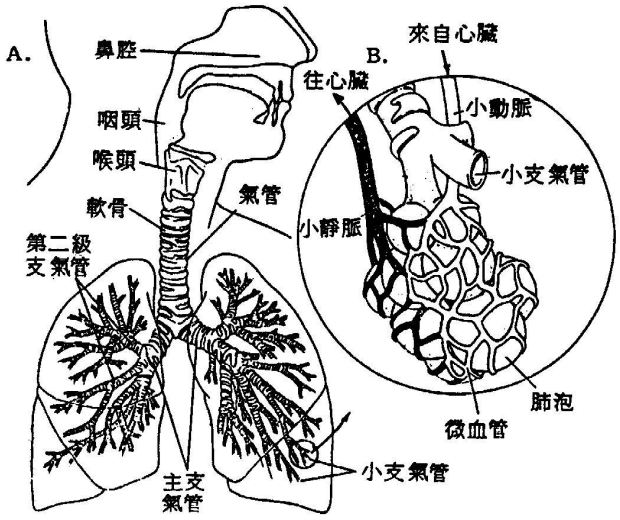
2. 構造：

<table>
<tr><td>鼻孔</td><td colspan="3">氣體進入身體的通道</td></tr>
<tr><td>鼻腔</td><td colspan="3">1. 溼潤空氣：黏膜分泌黏液
2. 過濾空氣：鼻毛、黏液
3. 暖化空氣：黏膜血管</td></tr>
<tr><td>咽</td><td colspan="3">位於鼻腔與氣管的交界處，共有七個開口
當吞嚥進行時，上顎軟骨會往上蓋住鼻腔開口
→防止食物進入鼻腔</td></tr>
<tr><td rowspan="6">喉部</td><td colspan="3">位於氣管的上端，由硬骨及軟骨構成
空氣進入肺的通道，吞嚥時會厭阻隔氣管，同時也是發聲器官</td></tr>
<tr><td>會厭軟骨</td><td colspan="2">位於喉部上方，扁平狀。吞嚥食物時，會厭軟骨會蓋住喉部開口，避免食物進入氣管</td></tr>
<tr><td rowspan="3">聲帶</td><td colspan="2">兩條，當呼氣時聲門開啟，氣流可震動聲帶發出聲音，調節喉部肌肉張力可發出不同聲調</td></tr>
<tr><td>男性</td><td>聲帶長、肌肉厚、聲音低沉</td></tr>
<tr><td>女性、小孩</td><td>聲帶短、肌肉薄、聲音高亢</td></tr>
<tr><td>喉結</td><td colspan="2">喉部突出，男生較女生明顯</td></tr>
<tr><td>氣管</td><td colspan="3">1. 位於食道前方
2. 氣管壁有 C 型軟骨及平滑肌，可維持呼吸道暢通</td></tr>
<tr><td>支氣管</td><td colspan="3">1. 氣管到胸腔分為兩條支氣管，分別進入左肺及右肺
2. 具有平滑肌但無 C 型軟骨
3. 過敏時，此處平滑肌收縮造成氣喘</td></tr>
<tr><td>小支氣管</td><td colspan="3">1. 支氣管在肺內不斷分支，最後形成許多細小而壁薄的小支氣管
2. 末端膨大形成氣囊，其上具有許多肺泡，可增加氣體擴散面積</td></tr>
<tr><td colspan="4">以上三種氣管中皮膜皆具有纖毛及粘液，可將灰塵及異物送到喉，形成痰，藉吞嚥進入胃或咳嗽排出體外</td></tr>
<tr><td rowspan="2">肺臟</td><td colspan="3">1. 分成左右兩肺，共五片肺葉（左二葉右三葉）
2. 缺乏骨骼及肌肉，但肺泡間含有彈性纖維
→可支持肺泡、使肺有彈性</td></tr>
<tr><td>肺泡</td><td colspan="2">1. 由單層扁平皮膜細胞構成，外表密佈微血管
→進行氣體交換的場所
2. 為構成肺臟的基本單位，表面積約為一個網球場大</td></tr>
</table>



男性的聲帶長度約20㎜，女性則約16㎜。吸呼時聲門會開啟，好讓空氣能夠通過。

空氣會撞擊關閉的聲門，使得聲帶振動，形成聲音。輕聲細語時，聲門會打開。



A、人體的呼吸系統　B、小枝氣管及肺泡

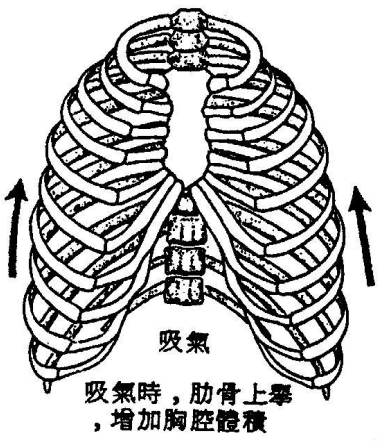
呼吸運動

一、 定義：呼氣及吸氣交替的過程稱為呼吸運動

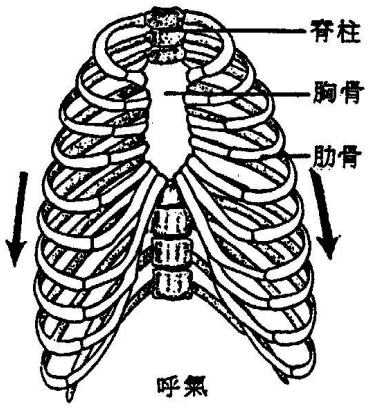
二、 特徵：

1. 肺不具肌肉，因此不會主動收縮，是藉由胸腔壓力改變被動的進行換氣
   →在一密閉容器中，其 PV=定值
2. 呼吸運動必須依賴呼吸肌的協助，以改變胸腔體積
   →呼吸肌＝肋間肌＋橫膈肌
   a. 肋骨架的肋間肌→收縮時將肋骨架向上向外拉起→胸腔體積增加
   b. 橫膈介於胸腔與腹腔之間
      I. 橫膈收縮→橫膈下降→胸腔體積增加、引起吸氣
      II. 橫膈舒張→橫膈上升→胸腔體積變小、引起呼氣

	肋間肌	肋骨架	橫膈	胸腔	胸壓	肺臟
吸氣	收縮	上升	收縮下降	變大	肺內氣壓＜外界大氣壓力	膨脹
呼氣	舒張	下降	舒張上升	變小	肺內氣壓＞外界大氣壓力	縮小



吸氣時，肋骨上舉，增加胸腔體積



呼吸動作時肋骨的變化圖

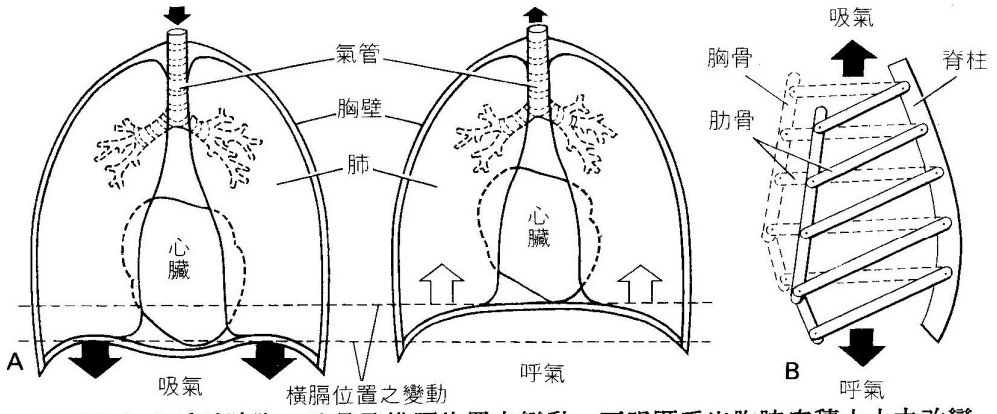


圖 18-4. 由呼吸時胸、肋骨及橫膈位置之變動，可明顯看出胸腔容積大小之改變。A. 示呼吸時橫膈位置的變動。B. 示呼吸時胸骨、肋骨位置的變動。

3. 噴嚏、咳嗽、吹奏樂器：腹肌強烈收縮→橫膈急遽上升→胸腔更加縮小→引發強力的呼氣
4. 氣胸：胸腔有傷口，造成空氣進入胸腔使內外壓力相等，肺臟受壓迫而塌陷、呼吸困難的現象

氣體交換

一、 功能：將氧氣吸入進行呼吸作用，釋出能量
產生之二氧化碳排出，以免毒害細胞

二、 氣體交換原理：藉分壓差異進行擴散

	交換場所	氣體	氣體分壓	氣體移動方向
外呼吸	肺中（肺呼吸）	氧氣	肺泡＞肺微血管	肺泡→肺微血管
		二氧化碳	肺微血管＞肺泡	肺微血管→肺泡
內呼吸	組織細胞間（組織呼吸）	氧氣	微血管＞細胞內	微血管→細胞
		二氧化碳	細胞內＞微血管	細胞→微血管

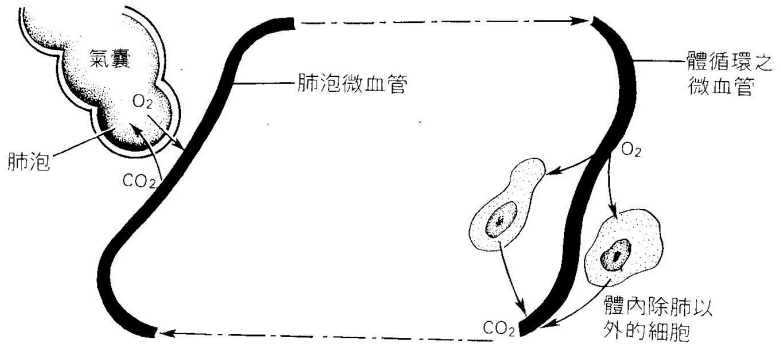


圖 18-5. 示氣體在肺內及身體其他部分之交換情形。

三、 氧氣的運輸

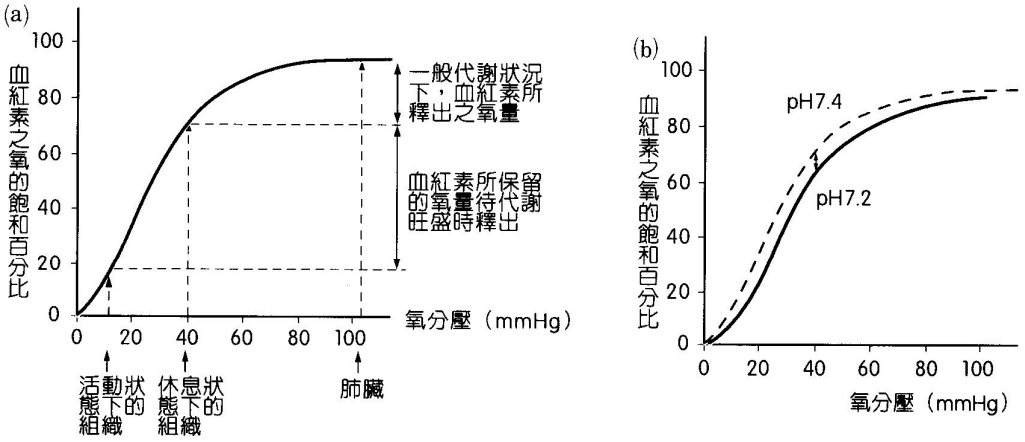
1. 運輸方式
   a. 極大部分氧氣：紅血球中的血紅素攜帶，每一分子血紅素可和四個氧分子結合
   b. 極少量氧氣：溶在血漿中運輸

2. 血紅素（Hb）
   a. 由球蛋白及亞鐵離子組成，一個血紅素可攜帶 4 個氧氣分子
   b. 結合親和力：一氧化碳(氧氣的 210 倍)＞氧氣＞二氧化碳
   c. 氧氣和血紅素的結合為可逆反應：$Hb + O_2 \leftrightarrows HbO_2$

$$Hb + O_2 \underset{(O_2濃度降低或\ CO_2濃度升高時)}{\overset{(O_2濃度較高時)}{\rightleftharpoons}} HbO_2$$

（血紅素）　　（氧合血紅素）

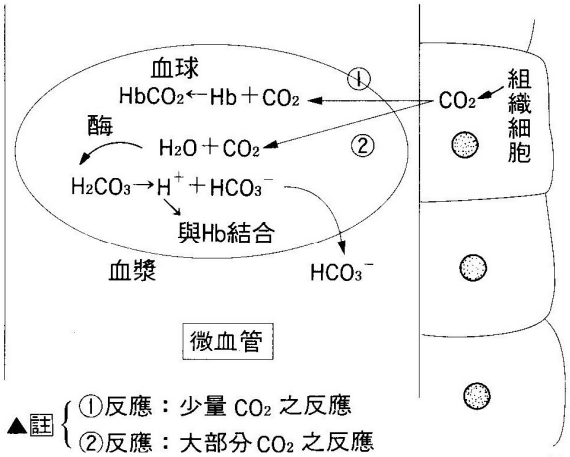
   d. 氧氣分壓與氧合血紅素的解離曲線



氧—血紅素的解離曲線。 (a)圖 氧分壓愈大，氧氣愈易與血紅素結合。
(b)圖 pH 值下降使曲線向下、向右偏移，導致氧氣與血紅素的結合變弱，於是氧氣更易釋放

四、 二氧化碳的運輸

93%CO_2 進入紅血球	70%CO_2	1. 碳酸酐酶將大部分 CO_2 與 H_2O 化合成為 H_2CO_3（碳酸） →H_2CO_3 解離為 H^+ 與 HCO_3^-（碳酸氫根離子） →$CO_2 + H_2O \leftrightarrows H_2CO_3 \leftrightarrows H^+ + HCO_3^-$ 2. H^+ 與血紅素結合 →不會使血液酸化、可促使血紅素釋出 O_2 3. HCO_3^- 擴散進入血漿（HCO_3^- 由血漿運送）
	23%CO_2	23%CO_2 與血紅素結合而被運輸（$CO_2 + Hb \leftrightarrows HbCO_2$）
7%CO_2	7%CO_2 直接溶於血漿中而被運輸	



▲註 ①反應：少量 CO_2 之反應
②反應：大部分 CO_2 之反應

(1) CO_2 由組織入血漿，再進入紅血球中藉酶的作用與水化合成 H_2CO_3，然後解離為 $H^+ + HCO_3^-$。
(2) HCO_3^- 離開血球進入血漿，運送到肺部微血管。
(3) 到達肺部微血管時，HCO_3^- 由血漿進入紅血球中，與 H^+ 化合為 H_2CO_3。
(4) H_2CO_3 在血球中解離為 $H_2O + CO_2$，然後進入血漿中，再擴散到肺泡膜→體外。

圖 6-16 CO_2 運輸的圖解

呼吸運動調節

一、呼吸中樞：

1. 位於延腦，其中的化學受器對於血液的酸鹼值與二氧化碳的濃度相當敏感
2. 功能：產生呼吸基本節律→每分鐘約 15～18 次
3. 調控方式：負回饋效應
   a. 血液中二氧化碳濃度低→延腦訊號弱→呼吸肌收縮減緩→呼吸和緩
   b. 血液中二氧化碳濃度高→延腦訊號強→刺激呼吸肌收縮→呼吸加快

二、呼吸調節中樞

1. 位於橋腦
2. 功能：
   a. 調節延腦發出的基本節律，調節呼吸的速率及深度
   b. 協調吸氣與呼氣的轉換

生物的排泄方式

一、含氮廢物

1. 為蛋白質與核酸的代謝產物。
2. 含氮廢物種類：

含氮廢物	毒性	排泄時所需水量	形成時消耗能量	動物種類
氨	最大	最多	最少	水生無脊椎動物 多數硬骨魚類 兩生類的幼體
尿素	次之	較少	較多	兩生類的成體、哺乳類
尿酸	最小	最少	最多	陸生節肢動物 爬蟲類、鳥類

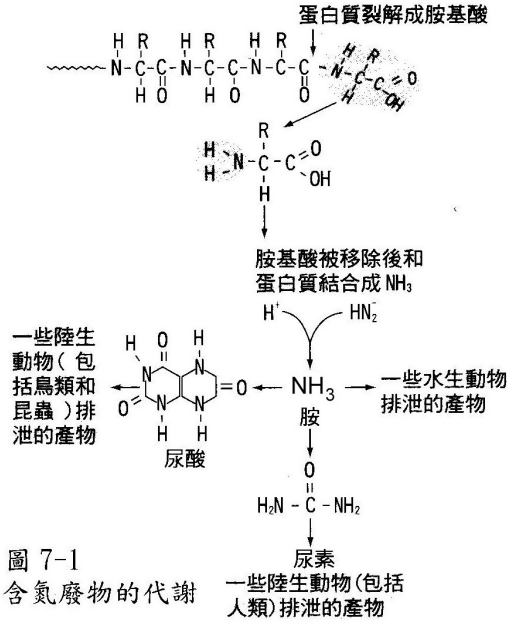


圖 7-1
含氮廢物的代謝

二、排泄方式

1. 單細胞生物及簡單的多細胞生物：藉擴散作用將代謝廢物排出
2. 複雜的多細胞生物：藉特化的排泄器官將代謝廢物排出

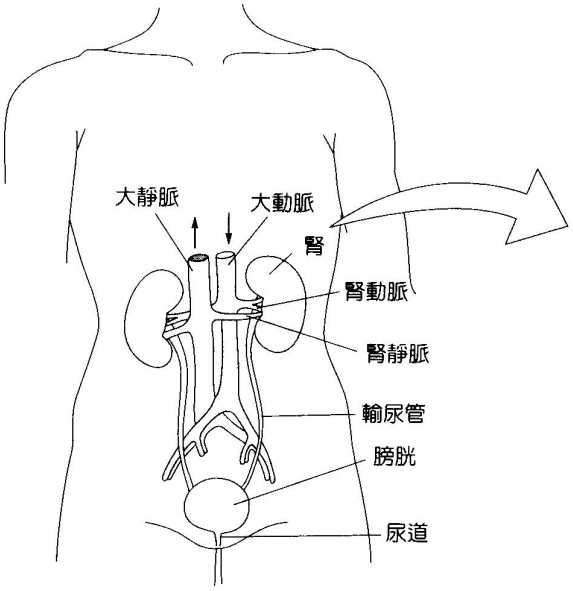
	草履蟲	渦蟲	蚯蚓	蝗蟲	脊椎動物
含氮廢物種類	氨	氨	氨、尿素	尿酸	氨、尿素、尿酸
含氮廢物排出方式	體表擴散	體表擴散	腎管	馬氏管、後腸	腎
水分	伸縮泡	原腎管			

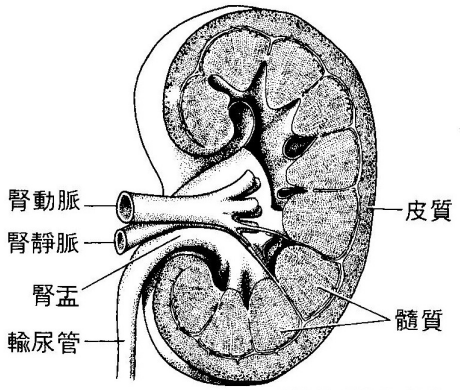
人體的排泄系統

一、功能

1. 排除含氮廢物
2. 排除多餘的礦物質與水分
3. 維持體液的滲透壓、酸鹼值與血壓的恆定

二、排泄器官：腎臟→輸尿管→膀胱→尿道





A. 腎的縱切面圖

三、腎臟

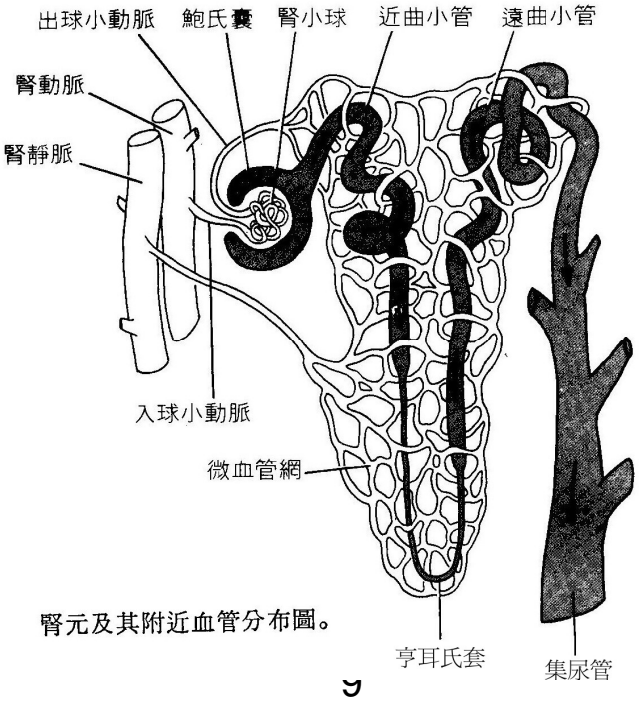
1. 構造

位置	位於腹腔背面、脊柱兩側成對存在，左腎略高於右腎	
型態	外型似蠶豆，俗稱腰子	
功能	1. 過濾血液，排除體內過多的水分及含氮廢物 2. 維持體內鈉、鉀、水分、酸鹼值、血壓及體液的恆定	
切面構造	腎門	腎臟內緣中央凹陷處，為腎動脈、腎靜脈、淋巴管、輸尿管及神經等與腎臟相連的位置
	腎盂	腎臟髓質部靠近腎門的空腔，是許多集尿管的集合處，可經腎門連接至輸尿管

	皮質	位置	位於腎臟外層，顏色較深
		組成	100～130 萬個腎元組成
		功能	形成尿液
	髓質	位置	位於腎臟內層，顏色較淺
		組成	15～20 個腎錐體組成
		功能	匯集尿液

2. 構造單元

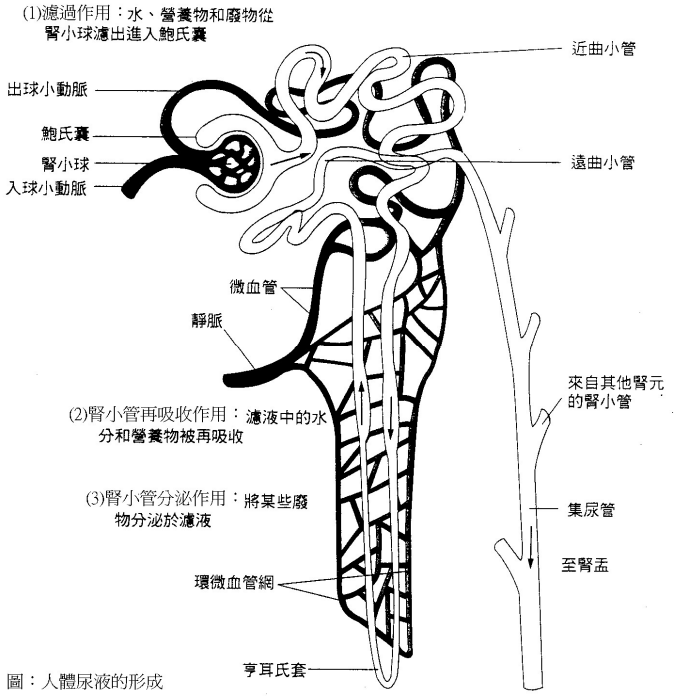
腎元	腎小球	尿液形成過程中，負責過濾血液處 →皆位於腎臟皮質	
		絲球體	1. 由腎動脈分支形成的一團微血管網 →又稱為第一套微血管網 2. 兩端連接動脈 腎動脈→入球小動脈→絲球體→出球小動脈 3. 入球小動脈比出球小動脈粗 →絲球體壓力大於鮑氏囊壓力 →產生過濾作用
		鮑氏囊	1. 腎小管在皮質中的一端，膨大並形成向內凹陷的囊杯形狀 2. 接收過濾作用所產生的濾液
	腎小管	尿液形成過程中，負責再吸收與分泌處 →腎小管周圍具有微血管網分佈 →又被稱為第二套微血管網	
		近曲小管	位於皮質中，是連接鮑氏囊的腎小管前端部份
		亨耳氏套	由皮質延伸入髓質中的腎小管，呈現 U 字形
		遠曲小管	連接集尿管的腎小管後端部份



腎元及其附近血管分布圖。

3. 尿液形成步驟

	過濾作用	再吸收作用	分泌作用
發生部位	絲球體→鮑氏囊	腎小管管腔→ 第二套微血管網	第二套微血管網→ 腎小管管腔
作用原理	壓力差	主動運輸	主動運輸
耗能與否	不耗能	耗能	耗能
移動物質	水、葡萄糖、胺基酸、離子、維生素、尿素	大部分的水、葡萄糖、尿素、甘油、胺基酸、無機鹽	藥物、毒物、氫離子、銨離子、鉀離子、含氮廢物、無機鹽
功能	形成濾液	從濾液中吸收有機養分及大部分水分、無機鹽	加速代謝廢物的排除



圖：人體尿液的形成

4. 尿液的成份
   a. 正常尿液中水分占 95%、含氮廢物占 2.5%、無機鹽類占 1.5%，其中不含血球或身體所需的有機養分。
   b. 正常尿液酸鹼度介於 5.0～7.0，素食者尿液酸鹼值偏高。

（g/L）	蛋白質	葡萄糖	胺基酸	鈉離子	氯化物	尿素	尿酸
血漿	70	1.0	0.3	3.0	4.0	0.3	0.003
鮑氏囊濾液	0.2	1.0	0.3	3.0	4.0	0.3	0.003
正常尿液	0	0	0	6.0	6.0	20.0	0.3

5. 尿液形成路徑

   絲球體→鮑氏囊→腎小管→集尿管→腎盂→腎門（往輸尿管）

四、輸尿管：左右各有一條，連接腎臟與膀胱，為尿液運輸至膀胱的通道。

五、膀胱

1. 由肌肉構成的囊狀構造，膀胱出口具括約肌
2. 最多可容納 500ml 的尿液
   →存量 150ml 時會產生尿意
   →存量 300ml 時會尿意具壓迫感
3. 排尿：可由排尿反射及大腦意識控制
4. 排尿量：平均每日約 1～1.5 公升

六、尿道：為尿液由膀胱排出體外的通道

洗腎

一、利用：用於腎臟失去功能的患者，又稱血液透析

二、步驟：將血液由靜脈抽出→送入機器→通過半透膜將血液中的廢物擴散進入透析液→透析完的乾淨血液經靜脈輸入體內

三、次數：每週約三次，每次約 4～5 個小時

