

# 泌尿系統與酸鹼平衡



## 內容大綱

壹、泌尿系統

貳、體液與酸鹼平衡



## 內文教學區

### 壹、泌尿系統

#### 一、人體的排泄系統

人體的排泄系統主要分為：泌尿系統、皮膚、呼吸系統及消化系統，分別對食物殘渣、水液、氣體作排除、代謝的作用。

##### （一）泌尿系統

藉由水液、物質的排泄與再吸收，來完成體內環境的衡定性；主要負責尿液的產生、運送、儲存與排泄。

##### （二）皮 膚

由汗腺排除汗，調節體溫。

##### （三）呼吸系統

藉由吸呼作用，將體內產生的 $\text{CO}_2$ 排出，吸入 $\text{O}_2$ ，以完成體內廢氣的排除。

##### （四）消化系統

將消化後的食物殘渣與胃腸道的分泌物由排遺器官排出。

#### 二、泌尿系統的器官

泌尿系統包括腎臟、輸尿管、膀胱和尿道等器官。腎是泌尿器官，其餘為儲尿和排尿器官。腎臟不斷生成尿液，經輸尿管運送到膀胱，在膀胱內暫時儲存，達一定容量時，就從尿道排出體外。





### （一）腎 臟

左右各一，位於腹腔上部脊柱兩側，在腹膜後面，緊貼腹後壁。左腎上端約對第十一胸椎，下端約平第二腰椎，後方有第十一、十二肋骨斜行跨過。右腎因上方有肝，故位置較左腎低一個椎體，後方有第十二肋斜行跨過。腎臟的主要功能是形成尿液，排出代謝產物。

### （二）輸尿管

是一對細長的管道，起自腎盂，終於膀胱，全長約30釐米。輸尿管壁具有較厚的平滑肌，平滑肌的蠕動將腎臟生成的尿液間斷的輸入膀胱。

### （三）膀 胱

是一個伸縮性很大的肌性儲尿囊，正常容量約300～500毫升。其形狀、大小、位置隨尿液充滿程度與年齡而變化。

### （四）尿 道

是從膀胱通向體外的管道。男性尿道細長，長約18cm，可分為前列腺部、膜部和陰莖海綿體部三部分，男性尿道兼有排尿和排精功能。女性尿道粗而短，長約5cm，起於尿道內口，經陰道前方，開口於陰道前庭。男性尿道在尿道膜部有一環形橫紋肌構成的括約肌，稱為尿道外括約肌，由意識控制。女性尿道在會陰穿過尿生殖膈時，有尿道陰道括約肌環繞，該肌為橫紋肌，也受意志控制。

## 三、腎臟的構造與功能

### （一）腎臟基本構造

腎的解剖生理單位稱為腎元（又稱腎單位），由腎小球和腎小管組成。每個腎約有130萬個腎單位。在正常情況下，腎單位交替地進行活動，因此腎具有很大的儲備代償能力。

腎小球由毛細血管叢和腎球囊構成，是血漿濾過的器官。腎小球毛細血管壁分三層，中間為基底膜，內側有內皮細胞覆蓋，外側為臟層上皮細胞。毛細血管基底膜厚約320奈米（nm），可分為三層，中間為緻密層，內側和外側各為內疏鬆層和外疏鬆層。毛細血管基底膜內面由一層扁平的內皮細胞覆蓋。內皮細胞胞漿很薄，布滿許多直徑約70～100nm的小孔。臟層上皮細胞（又稱足

細胞)在基底膜外側，胞漿豐富形成許多細長的分枝狀突起稱為足突。上皮細胞由這些足突附著於基底膜外疏鬆層。足突之間形成許多間隙，寬約20~30nm，稱為濾過隙。距基底膜表面約60nm，在相鄰的足突之間有一層薄膜稱為濾過隙膜。毛細血管壁包括內皮細胞、基底膜、上皮細胞，共同組成腎小球的濾過膜(圖5-1、5-2)小球的濾過除與毛細血管的結構和濾過物質的分子大小有關外，並與基底膜的生物化學組成及其電荷有關。基底膜主要由IV型膠原和一些糖蛋白，如層連蛋白(laminin)、纖維連接蛋白(fibronectin)和多聚陰離子多糖蛋白(polyanionic proteoglycans)等組成。其中尤其是硫酸類肝素多糖蛋白(heparan

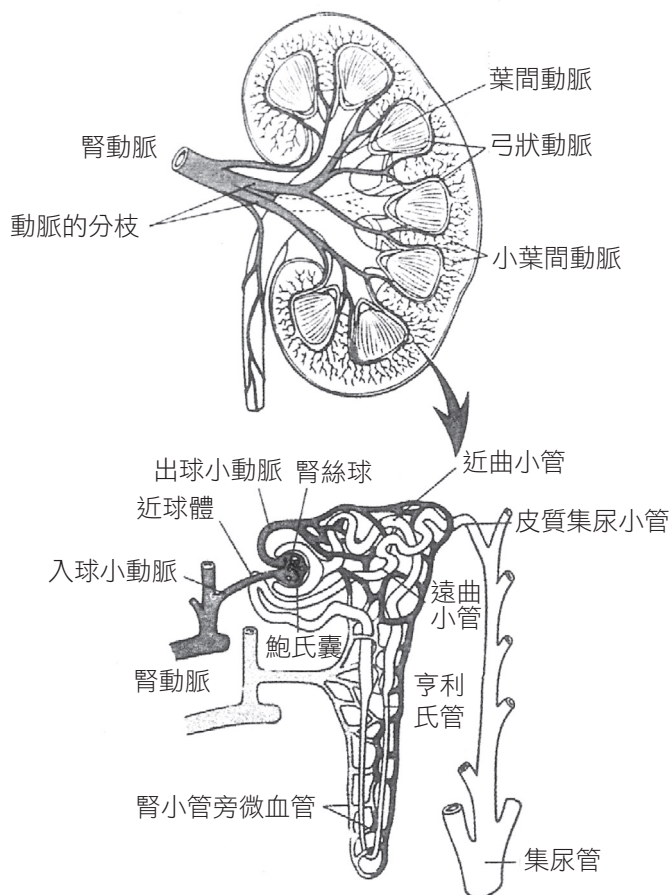


圖5-1 腎臟剖面圖

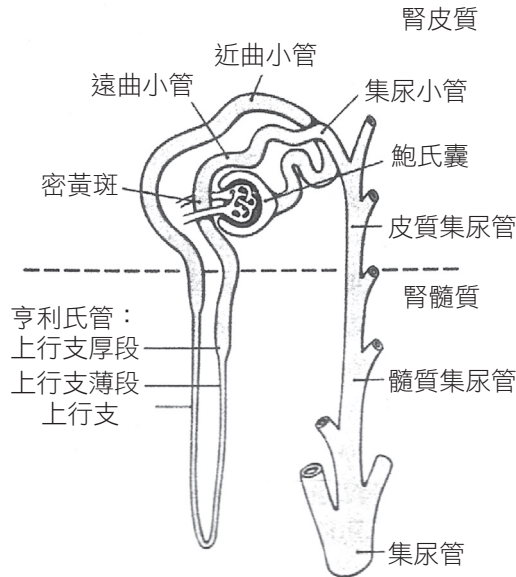


圖5-2 腎元示意圖

sulfate proteoglycan) 帶大量負電荷分布於內、外疏鬆層。此外，在毛細血管內皮細胞和臟層上皮細胞表面也有帶負電荷的唾液酸糖蛋白 (sialoglycoprotein)。腎小球的負電荷可阻止血液中帶負電荷的分子，如白蛋白濾過。當腎小球多聚陰離子減少時，濾過的蛋白質可增加。

## (二) 腎臟的功能

1. 生成尿液，維持體內水液的平衡：血液流經腎小球血管時，血漿裡的水分和溶解於其中的晶體物質，在正常的濾過壓力下濾入腎小管各段時，腎小管上皮細胞不斷向管腔分泌出人體不濃縮的尿液。當人體內水分過多或過少時，由腎臟進行尿量的調節，保持體內水的平衡；維持人體體液的滲透壓。
2. 排除人體的代謝產物和有毒物質：人體進行新陳代謝的同時，會產生一些人體不需要甚至有害的物質，如尿素、尿酸、肌酐等含氮物質。腎臟能把這些廢物排出體外，從而維持正常的生理活動。
3. 維持人體的酸鹼平衡：腎臟能夠把代謝過程中產生的酸性物

質，通過尿液排出體外，同時將碳酸氫鹽以重吸收方式吸收回血液中，並控制酸性和鹼性物質排出量的比例，維持酸鹼平衡。

4. 分泌或合成一些物質，調節人體的生理功能：如分泌與調節血壓有關的腎素、前列腺素；分泌紅細胞生成素，如減少將引起貧血；另外還分泌對骨骼鬆脆與強弱有關的 $1, 25-(\text{OH})_2\text{D}_3$ 等。

#### 四、尿液形成的主要步驟有三

##### （一）腎絲球的過濾作用

1. 血液經腎絲球時，血壓差迫使血中的水與溶質通過腎絲球內皮膜層，形成濾液。
2. 腎絲球過濾率（Glomerular filtration rate; GFR），為腎絲球每分鐘濾過血液的過濾量。

##### （二）腎小管的再吸收作用

腎小管的再吸收作用就是把小管液中的物質轉運於管外而進入血液循環的過程。這一過程是尿的生成過程中的一個重要環節，有選擇的再吸收是腎小管再吸收功能的一個重要特徵。腎小管對各種物質的重吸收能力大致分三類：第一類如葡萄糖、胺基酸等有用物質，可全部被重吸收；第二類如水和電解質， $2/3$ 的水和 $\text{K}$ 、 $\text{Na}$ 、 $\text{Cl}$ 等主要電解質的大部分也被重吸收；第三類則為對身體有害的終末代謝產物如肌酐、尿素等，不能被再吸收或僅有小部分再吸收。之所以對不同的物質有不同的吸收能力，關鍵在於腎小管壁，構成管壁的上皮細胞層對各種物質具有不同的通透性。腎小管的再吸收有被動再吸收和主動再吸收兩種方式。

1. 被動再吸收：是指腎小管液中的物質能夠按照一般的理化原理而轉運於管外的細胞外液，不需要管壁細胞內部的新陳代謝來提供能量。這是同管壁細胞對這類物質具有一定的通透性分不開的。這裡所說的理化原理，包括化學電位差、滲透壓差和溶質濃度差。 $\text{Cl}$ 、水和尿素，主要是通過這種被動的過程而吸收的。
2. 主動再吸收：過程比較複雜，被主動再吸收的物質是從濃度較低的小管液，通過腎小管細胞的轉運而進到濃度較高的細胞外液，這是逆著濃度梯度（或化學電位梯度）進行的。主動再吸收的過程要消耗腎小管細胞代謝過程中產生的能量。主動再吸



收有兩種方式，一種是依靠膜載體來轉運；另一種是通過胞飲作用。

### （三）腎小管和集合管的分泌作用

腎小管的分泌作用主要是排除物質、維持血液衡定。

- 1.排除身體過多或不必要的物質，如氫離子、鈉離子、鉀離子、氨、肌酐及一些藥物。
- 2.控制血液pH值的恆定，如排除 $H^+$ 及 $NH_4^+$ ，使血液的pH值維持在一定的範圍內， $H^+$ 分泌時會伴隨 $Na^+$ 、 $HCO_3^-$ 的再吸收。

## 五、控制尿量排泄的機轉

### （一）排尿量

正常人每日的排尿量約1,000~2,000ml，pH值約5.5~7.0。

### （二）尿量多寡

主要是由腎上腺皮質激素與抗利尿激素（ADH）調節所控制、控節。

- 1.腎上腺激素：主要是增加腎小管對 $Na^+$ 的再吸收，造成水分的再吸收量的增加。
- 2.抗利尿激素（ADH）：主要是造成腎小管遠曲小管與集尿管對水的再吸收。

### （三）腎小球過濾率

- 1.血液的滲透壓降低，使腎小球的過濾率增加，相對的增加尿量的排出。
- 2.尿量的多寡，與腎小球血壓呈正比。

### （四）尿中溶質量

尿中溶質量越高，尿量越多。

### （五）細胞外液總體積

細胞外液總體積量越高，尿量相對的就越多。

## 六、尿液的濃縮

尿液的濃縮機制主要在亨利氏管的部位，利用主動再吸收的方式，將尿液中的葡萄糖、胺基酸與有機鹽類再吸收回血液中。另外，尚有抗利尿激素的作用，以協助尿液的濃縮。

## 七、血漿廓清率

每分鐘腎小球對血漿的某物質排除的量，其單位為ml/min，由此清除率可判斷：

- (一) 腎小球過濾率 (Glomerular filtration rate; GFR)。
- (二) 腎臟功能。
- (三) 腎臟血流量。

## 八、腎病症候群 (Nephrotic syndrome)

其臨床症狀如下：

### (一) 蛋白尿

每日自尿液中排出的尿蛋白高於3.5g。

### (二) 低白蛋白血症

因血漿中的白蛋白經尿中流失所致。

### (三) 全身性水腫

因血漿中白蛋白大量流失，造成血漿滲透壓下降，引起水液在身體的組織中堆積造成水腫。

### (四) 高血脂症 (Hyperlipidemia)

主要是因為膽固醇的升高。

## 九、腎絲球疾病

### (一) 原發性腎絲球腎炎

#### 1. 急性腎小球腎炎 (Acute glomerulonephritis; AGN)：

(1) 大多發生在 $\beta$ -溶血性鏈球菌感染（如上呼吸道感染），後兩週續發性的症狀，常見於兒童與青少年。

(2) 臨床常見症狀：血尿、少尿、高血壓與輕度蛋白尿，嚴重者可引發腎功能衰竭。

#### 2. 快速進行性腎絲球腎炎 (Rapid progressive glomerulonephritis; RPGN)：

(1) 常見於中老年人（50～60歲），病程進行快速，短時間內便可能出現急性腎功能衰竭的症狀。

(2) 治療效果一般不佳、預後差，罹病兩年內死亡率高達75%。

### (二) 繼發性腎絲球腎炎

#### 1. 全身紅斑性狼瘡 (Systemic lupus erythematosus; SLE) 性腎炎：

(1) 屬於全身性免疫性疾病，好發於年輕女性。

(2) 臨床症狀為血尿，繼而造成腎臟功能衰竭。

#### 2. 古德巴斯氏症候群 (Goodpasture's syndrome)：

(1) 除了有腎絲球腎炎症狀外，尚有肺部的病變，好發於年輕





男性。

(2)臨床症狀有咳血、貧血及血尿，腎功能快速衰退，病人急速形成腎衰竭、預後差，病人通常死於肺出血及尿毒症。

### 3.糖尿病性腎病（DM nephropathy）：

(1)因糖尿病造成全身性微血管病變，造成腎絲球血管組織的病變。

(2)糖尿病對於腎臟造成的傷害包括慢性腎盂腎炎、腎乳頭壞死及腎小管性疾病。

## 貳、體液與酸鹼平衡

### 一、造成身體酸的原因

- (一)體內二氧化碳堆積過多。
- (二)運動過度、乳酸堆積。
- (三)攝入過多的酸性物質。
- (四)產生過多酸性物質，如酮體。

### 二、造成身體鹼的原因

- (一)過度換氣，造成二氧化碳濃度過低。
- (二)攝入過量的鹼性物質。
- (三)嘔吐過度，造成體液酸鹼失衡。

### 三、身體的緩衝系統

- (一)細胞外液的正常pH值為7.35～7.45。
- (二)維持體液酸鹼平衡的機轉：

1.呼吸作用：呼吸作用的強弱會直接影響體液中的二氧化碳濃度，而造成體液酸鹼值的改變。其反應式如下：



2.腎臟排泄作用：由於腎臟對離子的再吸收，排除過多的酸、鹼離子，以維持體液的酸鹼平衡。

3.緩衝系統：體內的酸鹼平衡系統包括碳酸鹽、磷酸鹽、血紅素與蛋白質緩衝系統，防止體液內pH值的過度變化。

### 四、體液

#### (一)體液成分

包括水與溶於水中的物質。



## （二）體液依存在的位置

- 1.細胞內液：即細胞質液，約占體液的2/3。
- 2.細胞外液：占體液1/3，包括血液、淋巴、組織間液、胃腸液、心包液。

## （三）體液的平衡

是指水分的平衡，即電解質的平衡，兩者是不可分別的。

## （四）體液與滲透壓的調節

主要是調節細胞外液。

## 五、水進出身體的主要途徑

### （一）體內水分攝取與排出的主要調節

- 1.水分攝取的調節：當身體脫水時，唾液分泌減少，血液滲透壓增高，刺激口渴中樞，而有飲水的慾求。

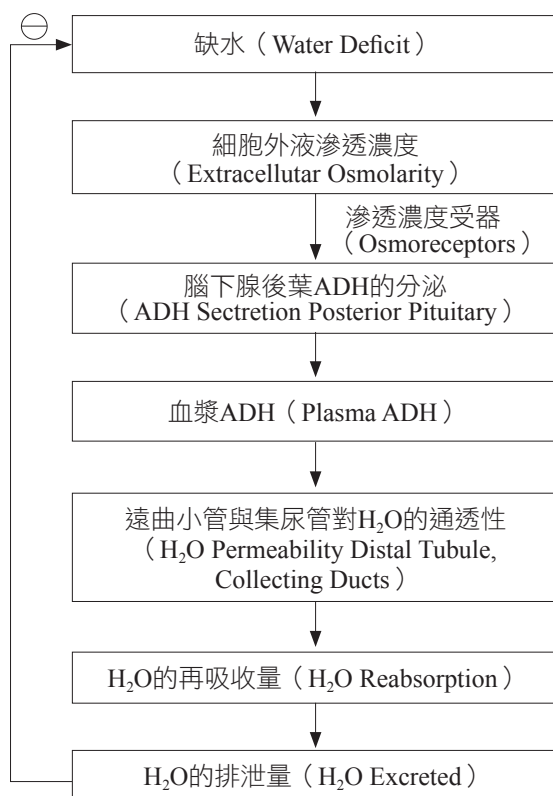


圖5-3 水分的調節



- 2.水分排出的調節：細胞外液的容積會影響ADH的分泌，而ADH會控制腎小管對水的再吸收；同時細胞外液的電解質濃度也會影響醛固酮的分泌，而醛固酮可控制腎小管對鈉離子再吸收，增加腎小管對水的再吸收。
- 3.當身體在異常的狀況下，如失血、脫水皆會造成血壓降低，而使腎絲球過濾率下降，減少水分流失；若過剩的血液造成血壓上升，則腎絲球過濾率增加；過度換氣、下痢、嘔吐、發燒及燒傷，都會造成水分的流失。

#### （二）體內水分主要來源

- 1.自外界攝取入人體。
- 2.由體內各種物質代謝後所產生的水。

#### （三）水離開人體的途徑

- 1.腎臟：排尿。
- 2.肺臟：呼氣時水分的排出。
- 3.皮膚：藉排汗時將水分排出。
- 4.腸道：排遺時，會將部分的水分排除。

### 六、體液酸鹼不平衡

#### （一）酸中毒（acidosis）

血液中pH值 $<7.35$ 時，稱為酸中毒，酸中毒的主要影響為抑制中樞神經的功能。

- 1.呼吸性酸中毒：因換氣不足，造成血中 $\text{CO}_2$ 濃度增加，（ $>45\text{mmHg}$ ）、pH值降低；如呼吸中樞損傷、巴比妥酸鹽中毒、肺氣腫、氣喘及肺水腫等所造成。
- 2.代謝性酸中毒：因體內酸性代謝產物不正常增加，造成pH值降低、 $\text{HCO}_3^-$ 減少、 $\text{PCO}_2$ 不變；如長期飢餓、糖尿病或尿毒症等所造成的酮酸症。另外嚴重腹瀉，造成大量碳酸根離子的流失，也會造成酸中毒。

#### （二）鹼中毒（alkalosis）

血液中pH值 $>7.45$ 則稱為鹼中毒，鹼中毒時會造成中樞神經的過度興奮。

- 1.呼吸性鹼中毒：pH值上升， $\text{HCO}_3^-$ 增加、 $\text{PCO}_2$ 下降（ $<35\text{mmHg}$ ），主要是因換氣過度所致，例如：嚴重焦慮、高處

造成的氧缺乏、服用過量阿斯匹靈等。

2. 代謝性鹼中毒：pH值上升， $\text{HCO}_3^-$ 增加， $\text{PCO}_2$ 不變，主要是因為服用過量的鹼性藥物，或嘔吐過度造成胃酸大量流失所致。

### ！ 私塾重點提示區

1. 腎小球各部位的作用。
2. 酸鹼平衡緩衝系統。

### ？ 實力養成區

#### 一、選擇題

- ( ) 1. 下列何者為膀胱癌常見的症狀？  
(A) 可觸摸到的痛處 (B) 血尿  
(C) 解尿困難 (D) 腹痛
- ( ) 2. 腎小球腎炎主要臨床特徵為何？  
(A) 發燒 (B) 高血壓  
(C) 血尿 (D) 水腫
- ( ) 3. 血液容積增加時可引起：  
(A) 留鹽激素分泌下降 (B) 抗利尿激素分泌下降  
(C) 腎臟濾過上升 (D) 以上皆是
- ( ) 4. ADH主要作用在腎小管的那一部位？  
(A) 遠曲小管 (B) 近曲小管  
(C) 集尿管 (D) 亨氏環
- ( ) 5. 那一段腎小管對水分的再吸收最多？  
(A) 近曲小管 (B) 遠曲小管  
(C) 集尿管 (D) 亨氏環
- ( ) 6. 有關於血管緊張素的敘述，下列何者有誤？  
(A) 會產生口渴  
(B) 會降低腎小管對鈉離子的再吸收  
(C) 令血壓升高  
(D) 會降低腎小管過濾率



- ( ) 7. 下列何物質在血漿中不受腎臟調節？  
(A) 葡萄糖 (B) 水  
(C) 鈉 (D) 鈣
- ( ) 8. 腎小球過濾率測量的物質常用的為：  
(A) 球蛋白 (B) 菊澱粉  
(C) 氨基馬尿酸鹽 (PAH) (D) 葡萄糖
- ( ) 9. 濾過液經過近端腎小管末端，下列那種物質的濃度會增加？  
(A) 葡萄糖 (B) 鉀  
(C) 鈉 (D) 尿素
- ( ) 10. 葡萄糖的主動再吸收主要發生在腎小管的那一部位？  
(A) 集尿管 (B) 遠端細尿管  
(C) 近端細尿管 (D) 亨利氏彎管
- ( ) 11. 控制膀胱迫尿肌收縮的神經為：  
(A) 脊神經 (B) 交感神經  
(C) 會陰神經 (D) 副交感神經
- ( ) 12. 人類在健康的情形下，其細胞外液的pH為：  
(A) 7.3~7.4 (B) 7.1~6.8  
(C) 7.2~7.0 (D) 6.8~7.0
- ( ) 13. 正常人的腎小球過濾率可以下列那種物質的廓清率來估算？  
(A) 磷酸鹽 (B) 尿素  
(C) 肌酸酐 (D) 葡萄糖
- ( ) 14. 急性腎小球腎炎常見於下列那種菌的感染？  
(A) E-B病毒 (B) 鏈球菌  
(C) 雙球菌 (D) 葡萄球菌
- ( ) 15. 腎臟的功能單位為：  
(A) 近曲小管 (B) 亨利氏環  
(C) 遠曲小管 (D) 腎元
- ( ) 16. 腎病症候群的患者，其每天尿中白蛋白排泄量平均大於多少？  
(A) 0.5克 (B) 1.5克  
(C) 2.5克 (D) 3.5克
- ( ) 17. 成人常見的腎病症候群發生的主因為：  
(A) 慢性腎盂炎 (B) IgA腎病  
(C) 膜性腎小球腎病 (D) 類脂質性腎病

- ( ) 18. 急性腎小球腎炎的臨床症狀中，下列何者為非？  
 (A) 血尿 (B) 酮尿  
 (C) 蛋白尿 (D) 發燒
- ( ) 19. 腎病症候群的症狀中，下列何者為非？  
 (A) 高血壓與腎衰竭 (B) 蛋白尿  
 (C) 水腫 (D) 高血脂血症
- ( ) 20. Goodpasture's syndrome 的臨床特徵中，除了腎小球腎炎的症狀外，尚有那種特徵？  
 (A) 通常可以自癒 (B) 好發於年輕女性  
 (C) 肺出血與咳血症狀 (D) 以上皆是

## 二、申論題

1. 體內的酸鹼緩衝系統共有四種，試簡述各系統。

►►【擬答】

- (1) 血紅素的作用機轉： $\text{HHb} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{Hb}^-$ 。
- (2) 磷酸鹽。
- (3) 血漿中的蛋白質與胺基酸。
- (4) 碳酸與重碳酸鹽的作用機轉： $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$ 。  
 其中  $\text{CO}_2$  可由肺調節， $\text{HCO}_3^-$  則由腎臟調節。

2. 試簡述腎小球各部位的作用。

►►【擬答】

- (1) 近小管可分為直部和曲部。其曲部又稱近曲小管，位於皮質迷路內，於腎小體近高度蟠曲。近端小管的功能主要是再吸收。
- (2) 遠曲小管的功能是繼續吸收水和鈉離子。並向管腔內分泌鈉離子，氫離子和氨，這對維持血液的酸鹼平衡有重要作用。腎上腺分泌的醛固酮和垂體後葉的抗利尿激素對此段有調節作用。
- (3) 亨利氏環可分為下降支與上升支，其功能分別為：下降支：對水分的通透性佳，可使水液迅速的從腎小管中再吸收至高滲透性的組織間液；上升支：主要是對鈉、氯、鉀的再吸收作用。
- (4) 集尿管的作用可受ADH的影響，而對水分的再吸收有所增減。