

腎臟—人體的環境保護 管理局

林智廣

腎臟俗稱腰子，除了先天性的發育異常之外，每一位正常人皆有兩個腎臟，左右各一（圖1）。它的外形看起來像蠶豆，與豬的腰子也很類似，祇不過略小一點而已。腎臟位於我們的後腹腔，在脊柱的兩側，亦即俗稱的腰部兩側，右邊的腎臟較左邊略低1~2公分左右，每個腎臟大約長11~13公分，寬5~6公分，厚3~4公分，重量約為120~150公克，兩個腎臟加起來的重量約佔體重的1/200。腎臟的大小及重量因體型而有差異。

腎臟的基本構造

腎臟中央凹進去的部分叫做「腎門」，腎動脈、腎靜脈、輸尿管、淋巴管及神經等都是從這裡進入腎臟，若將腎臟從縱面切開，就可看到外側赤褐色的皮質和內側顏色稍淡的髓質等兩部分。腎髓分做許多腎圓錐體，其尖端叫做腎乳頭，突出於小腎盞，再合成大腎盞，數個大腎盞一起聚合成腎盂，開口於腎門的部分而連接輸尿管，再往下連接膀胱及尿道（圖2）。

腎臟的微細構造

若用顯微鏡詳細觀察腎臟，可以看到(1)如線團般的絲球體，(2)包裹著絲球體的鮑曼氏囊及(3)腎小管等，在它們之間還有血管及間質等組織。

腎動脈來自腹主動脈，它進入腎臟之後分成許多分支，最後成為微血管（也稱為毛細血管）。顯微鏡下所見線團般的絲球體，通常稱為腎小球或腎絲球（glomerulus），大約由50條微血管交織成網狀，其兩端各開口於腎小球輸入動脈及腎小球輸出動脈，形成一簇血管球而套在鮑曼氏囊內（圖3、4）。這些腎小球微血管的表面積約有1.6平方公尺，約相當於整個身體的表面積。腎小球微血管的管壁可分為三層，由內而外依次為(1)內皮細胞，(2)基底膜，(3)上皮細胞（圖5、6）。

內皮細胞是襯在腎小球微血管腔的內面，細胞與細胞之間有空隙，可以限制血液中細胞成分的通過，它具有陰電性，對於通往基底膜的血漿有些微的「障壁作用」。腎臟若因發炎或其它有關疾病而使內皮細胞的細胞質變得非常腫脹時，將會堵住了微血管腔而使腎小球的過濾作用減低。

基底膜將內皮細胞與上皮細胞隔開，它也具有「障壁作用」，能將血漿中一些大分子的膠體及蛋白質分離出來，僅能讓一些小分子的物質通過腎小球，流進腎小管內。上皮細胞是襯在鮑曼氏囊的臟面，被覆在基底膜上。

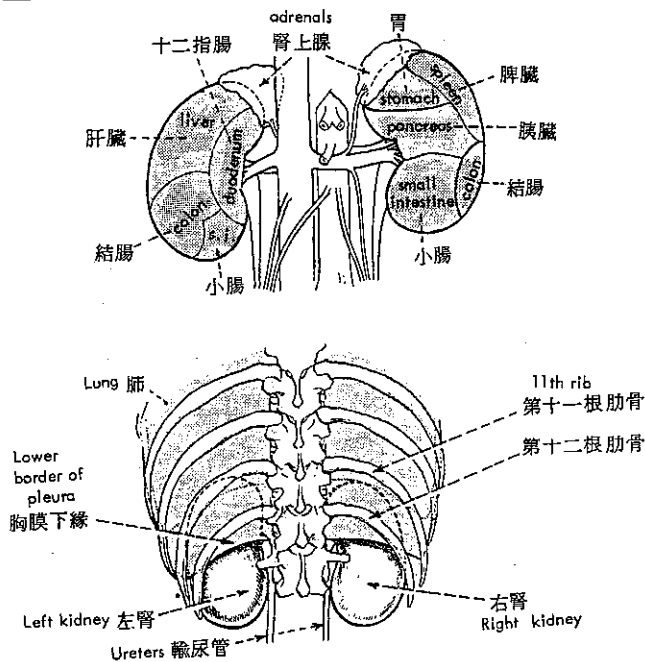


圖1. 腎臟的位置。

中山附設醫院腎臟科主任
中山醫學院內科講師



上皮細胞突出的部分形成「足突」，外觀看起來像趾頭一樣（圖7）。若罹患「輕微性腎病症候群」或「類脂質腎病症候群」時，足突會明顯的變寬而且異常的融合在一起，病人會出現嚴重的蛋白尿，當病變消失時，足突會恢復原來正常的形狀，蛋白尿也消失。

鮑曼氏囊與腎小球微血管之間的空隙稱為鮑曼氏腔，直徑約200微米（ μm ）鮑曼氏腔連接於腎小管（renal tubule），腎小管的直徑約為30微米（ μm ），長度約為3公分（cm）。整條腎小管依其順序可分為四個部分，即(1)近端腎小管（proximal tubule），(2)亨利氏環（loop of Henle），(3)遠端腎小管（distal tubule）及(4)收集管（collecting duct）。收集管是腎小管最末端的部份，最後在腎錐體之尖端進入小腎盞，然後進入大腎盞，再經由腎盂而連接於輸尿管。

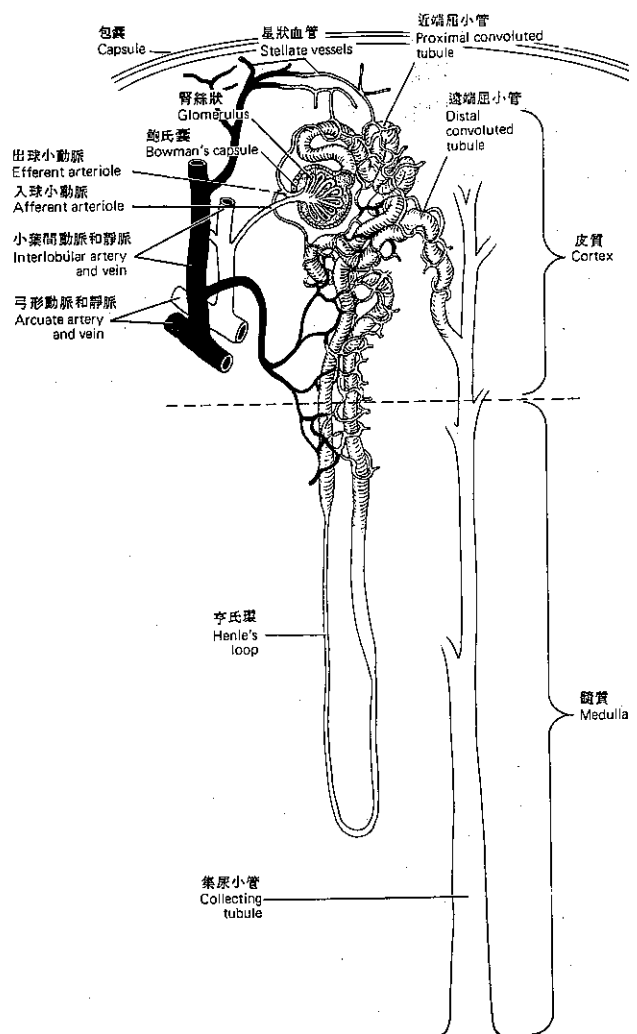


圖3. 圖示皮質外側區域內，腎元的血管供應。

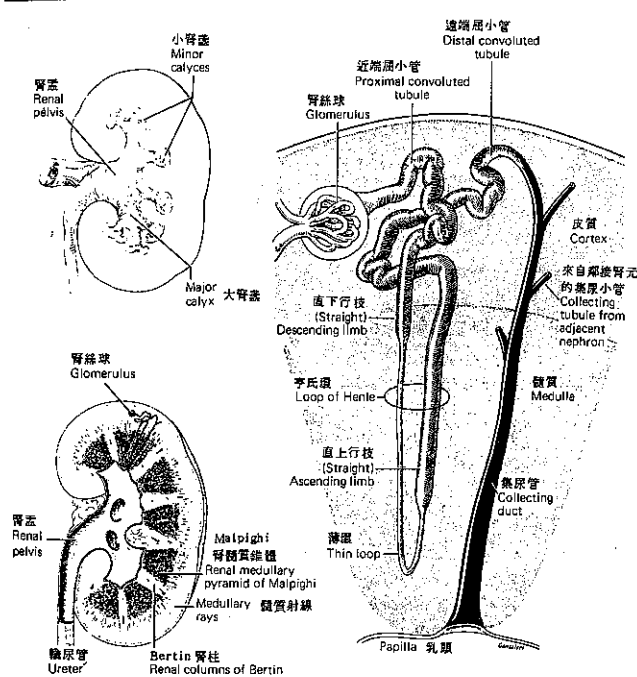


圖2. 左：腎臟的一般構造。右：腎元各部分以及集尿管（黑色部份），在皮質和髓質內的位置。

腎臟的功能單位

腎臟隨時隨地在執行複雜的工作，調節身體內部環境的平衡，執行這些工作的腎臟功能單位稱作腎元（nephron）。每一個腎臟約有100萬至150萬個腎元，事實上腎臟只不過是二、三佰萬腎元的集合體而已。

腎小球的滲透性約為一般微血管的25倍，當血液流過腎小球內的微血管時，會產生「超過濾作用」（ultrafiltration）。根據「流體力學」的原理，腎小球微血管內的液體靜力壓約為70毫米汞柱（mm Hg），腎小球微血管內的膠體滲透壓約30~32mm Hg，鮑曼氏囊內的壓力約為10~

14mm Hg（前者之壓力有利於超過濾作用的進行，後二者的壓力則不利於超過濾作用的進行），因此液體由腎小球膜濾過的壓力大約是24~30mm Hg，在此壓力之下液體由微血管膜濾出，進入鮑曼氏囊腔內，最後進入腎小管中，這種「超過濾液」的成分與血漿相似，只是沒有血漿蛋白而已。

腎小球的主要功能是執行「超過濾作用」，腎小管的主要功能則為重吸收、分泌及排除。血液經過腎小球微血管的超過濾作用所形成的超過濾液，經由鮑曼氏囊腔進入腎小管之後，有99%會被重吸收，剩餘的1%則形成尿液排出體外。

腎臟對人體的重要性

人體生存的條件之一，是內在環境的成分儘量維持恒定。每天需要攝取的食物及液體的總量與成分不盡相同，為維持體內環境穩定，必需不斷的排出這些物質的代謝產物，而且排出量要恰與攝取及代謝轉換的量平衡。雖然在



正常狀況下，皮膚、肺、消化道也參與排泄，但就整個內在環境恆定的調節而言，腎臟是一個最重要的器官。談到腎臟的功能，大家最熟悉的大概是排尿，事實上腎臟的功能不僅如此，以下將說明腎臟是如何執行工作來調節體內環境的恆定。

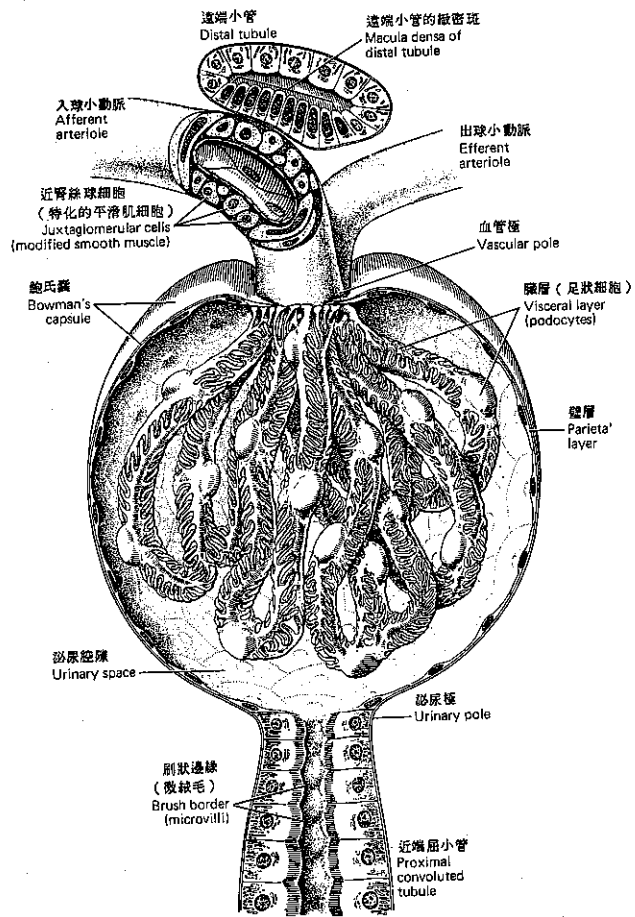


圖4. 腎小體。上半部是血管極，包括入球小動脈、出球小動脈、以及緻密斑。注意入球小動脈管壁內的近腎絲球細胞。足狀細胞蓋住腎絲球微血管。它們的細胞核向細胞表面突出，而其細胞質突起則包在微血管外面。注意鮑氏囊壁層內的扁平細胞。下半部是泌尿極和近端屈小管。

1. 製造尿液，排除廢物

腎臟的重量大約只佔身體量的1/200而已，看起來似乎微不足道，但它卻有一個重要的特徵，就是隨時隨地流動著大量的血液。以成人為例，在正常情形下每分鐘從心臟輸出的血液量大約有4~5公升，約有1/4會流到腎臟內，相當於每分鐘有1200毫升 (ml) 的血液流進腎臟內，此血量約相當於腦與肝臟的一倍半。在這種情形下，血液流經腎小球微血管叢之後，每分鐘平均約有125毫升的超過濾液形成於鮑曼氏囊腔內，因此每天平均約有180公升的超過濾液進入腎小管內，由於99%以上的濾過液會在腎小管被重吸收回去，因而只有1%的濾過液會形成尿液而排出體外。腎臟造尿液的速度大約是每分鐘1毫升，正常人每

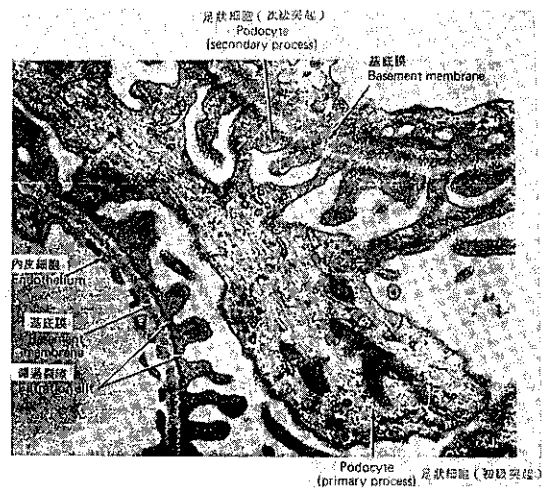


圖5. 腎絲球微血管壁的電子顯微鏡圖片。注意足狀細胞的突起、明顯的腎絲球基底膜、以及微血管的內皮細胞。觀察腎絲球基底膜中央的電子緻密層，以及兩側的電子透明層。×36,000

天平均的尿量大約是1500毫升。

血液通過腎小球所形成的濾過液，除了不含蛋白質之外，它所含的物質幾乎和血液的內容物相似，包括水分、鈉、鉀、氯、鈣、磷、鎂、葡萄糖、尿酸、重碳酸鹽、氨基酸、磷酸鹽及各種荷爾蒙。當濾過液通過腎小管時，依身體的需要，腎小管會對這些物質進行適當的再吸收及分泌作用，最後將多餘的隨著水分一起排出體外。

2. 調節體內水分及電解質的平衡

人體血液內有機物質及無機物質的濃度，能維持在一定的理想範圍之內，腎臟是最主要的功臣。當體內水分不足時，腎小管就會加強對水分的再吸收，減少尿液的製造及排出。同樣的，當體內鈉、鉀、氯、鈣、磷、鎂等離子不足時，腎小管也會減少對這些離子的排出。相反的，當體內水分過多或鈉、鉀、氯、鈣、磷、鎂等離子過多時，腎小管就會減少對它們的再吸收而增加對它們的排出。當腎臟進行水分及電解質平衡的調節時，亦有一些荷爾蒙參

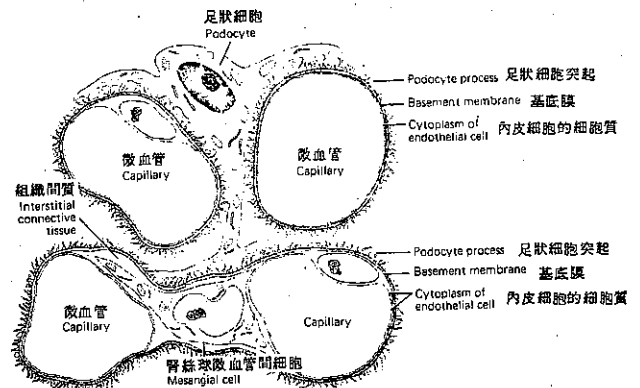


圖6. 腎絲球微血管的腎絲球微血管間細胞。它們位在二個微血管之間，被基底膜包圍著。



與共同作用，這些荷爾蒙包括腎素、皮質醛酮、抗利尿荷爾蒙、副甲狀腺荷爾蒙、前列腺素等。在腎臟調節水分及鹽分的代謝平衡時，也同時調節體液的滲透壓，提供最利於細胞生存的內在環境。



圖7. 新生鼠體內，腎絲球的掃描電子顯微鏡圖片。圓形的構造是從表面看到的足狀細胞。此外可見明顯的初級和次級突起。×12,000。

3. 調節身體酸鹼度的平衡

在正常狀況下，血液的酸鹼度（PH值）維持在恆定的7.35至7.45之間。當體內因為酸負荷或鹼負荷而使PH值變動時，肺臟及腎臟就會擔負起調節的功能，避免在體內發生明顯的酸中毒或鹼中毒。肺臟藉著增加或減少二氧化碳（CO₂）的呼出量來調節身體酸鹼度的平衡。腎臟則會排出不揮發性酸性物質和鹽基及製造氨，藉著這些物質排出量及氨產生量的增減來調節身體酸鹼度的平衡。

4. 調節血壓於正常範圍之內

人體血壓的高低，直接受到血管內容積的多少及血管收縮力大小的影響。血管內容積愈多或血管收縮力愈大，血壓就容易上升，反之，血壓就容易下降。

當一個人受遺傳因素的影響，腎臟無法處理長期鹽分的負荷時，很容易因為體內鹽分過多、細胞外液容積增加及血管容積增加而造成血壓升高。也有可能因為細胞內外鈉離子、鉀離子、鈣離子、鎂離子之間交換輸送的異常，使血管收縮增強而造成血壓上升。

當身體狀況發生異常，例如脫水、出血、休克……等現象，使進入腎臟的血量減少而造成腎臟缺血時，腎臟的「近腎小球細胞」（juxtaglomerular cell）便會分泌腎素（renin），這種荷爾蒙會與在肺臟合成的「血管張力

素原」（angiotensinogen）作用形成「血管張力素II」（angiotensin—II），它一方面能促使血管收縮引起動脈血壓上升，同時也會刺激腎上腺皮質分泌「皮質醛酮」（aldosterone），此荷爾蒙作用於遠端腎小管使鹽分與水分的重吸收增加，引起體內鹽分與水分的滯留，最後造成細胞外液及血管容積的增加而導致血壓上升。除此之外，腎臟還能分泌兩種很重要的前列腺素（PGE₂，PGL₂），它們具有血管擴張作用，能藉著擴充血管而降低血壓。另外，前列腺素亦能藉著腎臟血液的再分佈，影響腎小管對水分及鹽分的再吸收。由此可知，腎臟藉著腎素—血管張力素II—皮質醛酮系統及前列腺素等，調節水分與鹽分的再吸收及血管的收縮與擴張，進而調節血壓於正常範圍之內。

5. 製造紅血球生成素（erythropoietin）促成造血作用

人體內的造血作用主要在骨髓內進行，而造血作用的進行則需要「紅血球生成素」的存在。當身體組織缺氧時，腎臟會釋放出「紅血球生成素」，這種荷爾蒙能作用在骨髓以增加紅血球製造的速度。在慢性腎衰竭及尿毒症的病人，因為腎臟已經萎縮，「紅血球生成素」的製造量大大減少，連帶骨髓造血的活性也減低，因此病人會有貧血現象發生。

6. 製造活性維生素D調節體內鈣的平衡

皮膚接受充足的陽光照射及正常的食物攝取，這是人體維生素D的基本來源。在維生素D的代謝過程中，必須經過腎臟轉化成活性維生素D，即1,25(OH)₂D₃，才能刺激與調節腸道內鈣的吸收增加。在腎衰竭及尿毒症狀態之下，1,25(OH)₂D₃的生成減少，因此維生素D的生理活性減低或消失，雖然病人是在低血鈣的情形下，腸道卻無法增加鈣的吸收以提升血鈣濃度。在長期低血鈣的刺激下，會導致繼發性副甲狀腺機能亢進及骨骼的病變。

結語

腎臟的重量雖是微不足道，心臟輸出的血量卻有20～25%送進腎臟，因此它是一個充滿血流灌注的器官，腎臟隨時隨地在執行複雜的工作，提供一個最利於細胞生存的內在環境。萬一腎臟出了問題，特別當腎功能衰竭或進入尿毒症階段時，身體內在環境的平衡被破壞了，最後會產生全身器官，包括腦部、眼睛、心臟、肺臟、胃腸、造血、骨骼肌肉、神經、免疫系統的合併症，生命當然就受到威脅了。