

I. 総論

1

第

章

腎臓の構造

▶ structure of kidney

- 腎臓 (kidney) は背中側にある臓器で、第 12 胸椎から第 1 腰椎のあたりに脊柱を挟んで左右に 1 個ずつ (計 2 個) あります。
- 腎臓 1 個の大きさは、長径約 12 cm, 短径約 6 cm, 幅 (厚み) 約 3 cm で、握りこぶしよりやや大きめです (12×6×3 cm)。重量は個人差がありますが、120~150 g 程度です。
- 腎臓の形はソラマメによく似ていて、外側に弓状にふくらみ (凸) があり、内側はくぼんでいます (凹)。
- 腎臓を縦割りにすると、一番外側が被膜、そしてその内側に皮質と髄質からなる「腎実質」があります。
- 腎皮質にはネフロン (nephron: 腎の最小単位) があります。ネフロンは、1 個の腎小体と 1 本の尿細管から成り立っています。腎小体は、毛細血管が毛玉のようにまるまってできている糸球体 (glomerulus) と、その糸球体を包むボウマン囊 (Bowman capsule) で構成されています。糸球体は、血液の濾過という重要な役割を担っています。
- 1 個の腎臓には約 100 万個のネフロンがあり、左右合わせて約 200 万個のネフロンが働いて血液を濾過し原尿を作ったり、さらに尿細管で体に必要なものを再吸収したり不要なものを排泄したりしています。生下時体重が低い乳児 (未熟児など) では、糸球体の数が少なく、高血圧や慢性腎臓病の発症などに関連するといわれています。
- 最終的に、作られた尿は腎臓から尿管、膀胱、尿道を経て体外へ出されます。

I. 総論

第

2

章

腎臓の機能

▶ function of kidney

1 血液を濾過する働き

- 体内では血液を全身に循環させて酸素や栄養を各臓器に送りエネルギー源とし生命を維持しています。このとき、細胞ではエネルギー源として使った栄養素などの残りかすが発生します。例えば、蛋白質からはアンモニア、糖質や脂質からは二酸化炭素や水が発生し、血液中に残ります。また、細胞は新陳代謝を繰り返していて、それによって生じた老廃物も血液中に残ります。
- こうして発生した残りかすや老廃物を体内に貯めておくとは有害なので、尿や便として体外に排泄しています。腎臓内には、血液を濾過する非常にきめの細かい高性能フィルターとして、糸球体があります。
- 糸球体を血液が通過する間に、赤血球や白血球などの血球や分子の大きな蛋白質以外のほとんどの物質は濾過（filtration）され、残りかすや老廃物は、尿として体外に排泄されます。
- その後、きれいに濾過された血液は、腎静脈を経て心臓へ戻ります。

2 尿を作る働き

- 糸球体で濾過された血液から取り除かれた水分や老廃物は、原尿という尿の元になります。原尿は、1日に約150Lも作られています。
- 原尿のなかには、水分のほか電解質（血液中のナトリウムNa、塩素CL、カリウムK、マグネシウムMgなど）やブドウ糖、蛋白質の代謝物である窒素化合物（尿素、尿酸、クレアチニン、アミノ酸など）、有機酸、アルカリなどの多種類の成分が含まれています。しかし、作られた原尿がすべて尿として排泄されるわけではありません。原尿のなかには水分をはじめ、電解質やブドウ糖など体に必要な物質も含まれているので、尿細管（tubulus）という管を通る間に再吸収（absorption）される仕組みになっています。
- 糸球体で血液を濾過してできた原尿の約80%は、近位尿細管で再吸収されます。その後、図I-2-1にあるようにヘンレ係蹄、遠位尿細管、集合管で再吸収がなされます。
- このように1日に作られた約150Lもの原尿の99%は再吸収され、尿として排泄されるのは残りの1%にあたる約1.5L程度になります。

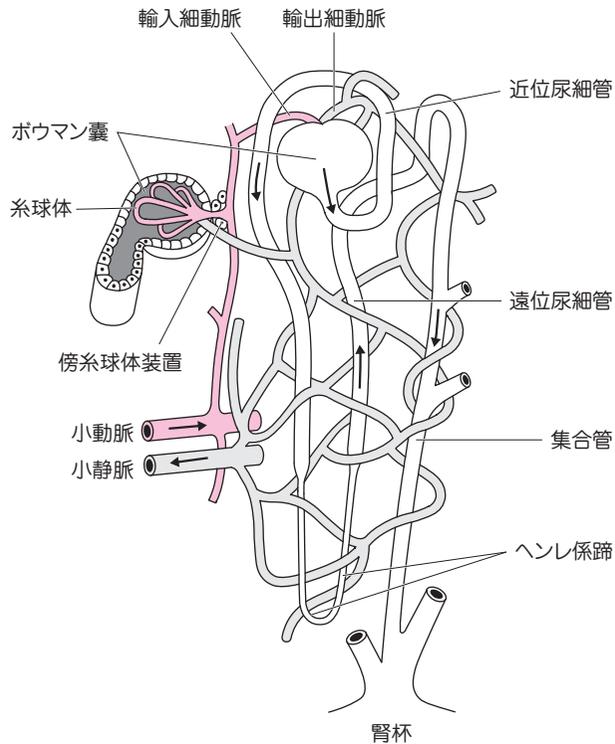


図 I-2-1 腎の構造

(富野康日己, 編. 図解腎臓内科学テキスト. 東京: 中外医学社; 2004. p.3 より改変)

3 体内の水分量と電解質を調整する働き

- 体の約 60% は水分 (体液) で, 細胞内に約 40% (細胞内液), 細胞外に約 20% (細胞外液) が存在しています. さらに細胞外液は, 体重のおよそ 15% を占める細胞間液と, 約 5% の血漿とに分けられます. それぞれの体液には種々の濃度の電解質が含まれています. この水分のバランスが乱れると, 生命を維持することができなくなります.
- 腎臓は, この体内の水分量を調節する働きを担っています.
- 腎臓には, 尿を濃くする濃縮力 (大量の発汗や水様性下痢などでの水分の喪失時) と尿を薄くする希釈力 (お茶やお酒などをたくさん飲んで, 水分を多く摂ったとき) があり, 体の状況に応じて臨機応変に対処しながら, 体内の水分量を一定に保っています.
- 腎臓は, 体内の電解質の調節も行っています.
- 細胞内液は主として K^+ , HPO_4^{2-} から, 細胞外液は主として Na^+ , Cl^- , HCO_3^- から構成されています. これらの電解質の濃度が正常に働いていないと細胞は正常に働くことができません. 塩分の過不足によって体内からの Na の排泄 (excretion) や再吸収を調整し, バランスをとっています.
- これらの電解質は生体活動をスムーズに営むうえで重要な役割を果たしており, ホルモン, 自律神経系, 血管作動物質, 呼吸器での酸-塩基平衡調節などによって比較的狭い範囲に維持さ

れています。

- 腎臓は、体内の酸性・アルカリ性の pH 調整にも関わっています。ヒトの体液は中性～弱アルカリ性に保たれていないと、細胞が働くことができません。これは、酸性やアルカリ性に強く傾くと、体内の様々な酵素がうまく働けなくなってしまうからです。そこで腎臓は、水素イオン (H⁺) の尿への排泄を調節し、酸性・アルカリ性のバランスをうまくとっているのです。こうした働きによって、体液の pH バランスが良好に保たれています。

4 ホルモン分泌

- 腎臓には、内分泌臓器としての働きもあります。一方、上記の1から3は外分泌臓器としての働きです。
- 血圧を調節するホルモンの分泌：血圧が低下して血流が悪くなると、腎臓に流れ込む血流が減り血液を濾過する働きにも影響がでます。そこで、腎臓には血圧を調節するホルモンを分泌する働きも備わっています。腎臓の糸球体には「傍糸球体細胞」という細胞からレニン (renin) とよばれるホルモンが分泌されます。レニンには、血管を収縮させて血圧を上昇させる働きがあります。つまり、傍糸球体細胞は血圧の低下を察知するとレニンを分泌して血圧を上げます。
- 一方、腎臓の髄質からカリクレインやキニンというホルモンが分泌され、血管を拡張させて血圧を下げる働きがあります。
- 腎臓病 (kidney disease) と高血圧 (hypertension) は密接に関連していますが、このようなホルモンの働きも関わっているのです。
- 腎臓からは赤血球をつくるホルモン(造血ホルモン)であるエリスロポエチン(erythropoietin) が産生・分泌されています。血液中の赤血球には主に酸素を運搬する役割がありますが、貧血になって酸素不足になるとエリスロポエチンが分泌され、骨髄に作用して赤血球の産生を促します。腎機能が低下するとエリスロポエチン産生細胞からのエリスロポエチン産生が低下し、貧血を呈します。これを腎性貧血 (renal anemia) といいます。

5 ビタミン D 活性化

- 骨を強くするには、腸でのカルシウム (Ca) の吸収を促したり、骨への Ca の沈着を促進することが必要です。そのためにはビタミン D を活性化させた「活性型ビタミン D」の働きが不可欠ですが、このビタミン D の活性化に腎臓が関わっています。
- ビタミン D は食事で摂るほか、日光を浴びることによって体内で合成されます。それが肝臓で代謝され、さらに腎臓の働きによって活性型ビタミン D に変化します。つまり、腎臓の働きがないと活性型ビタミン D の生成が減少し、骨を強く保つことができなくなります。
- 活性型ビタミン D は血液中の Ca 濃度の調節にも関係しているため、骨だけではなく全身の機能にも影響を及ぼします。

尿量の異常

▶ abnormality of urine volume

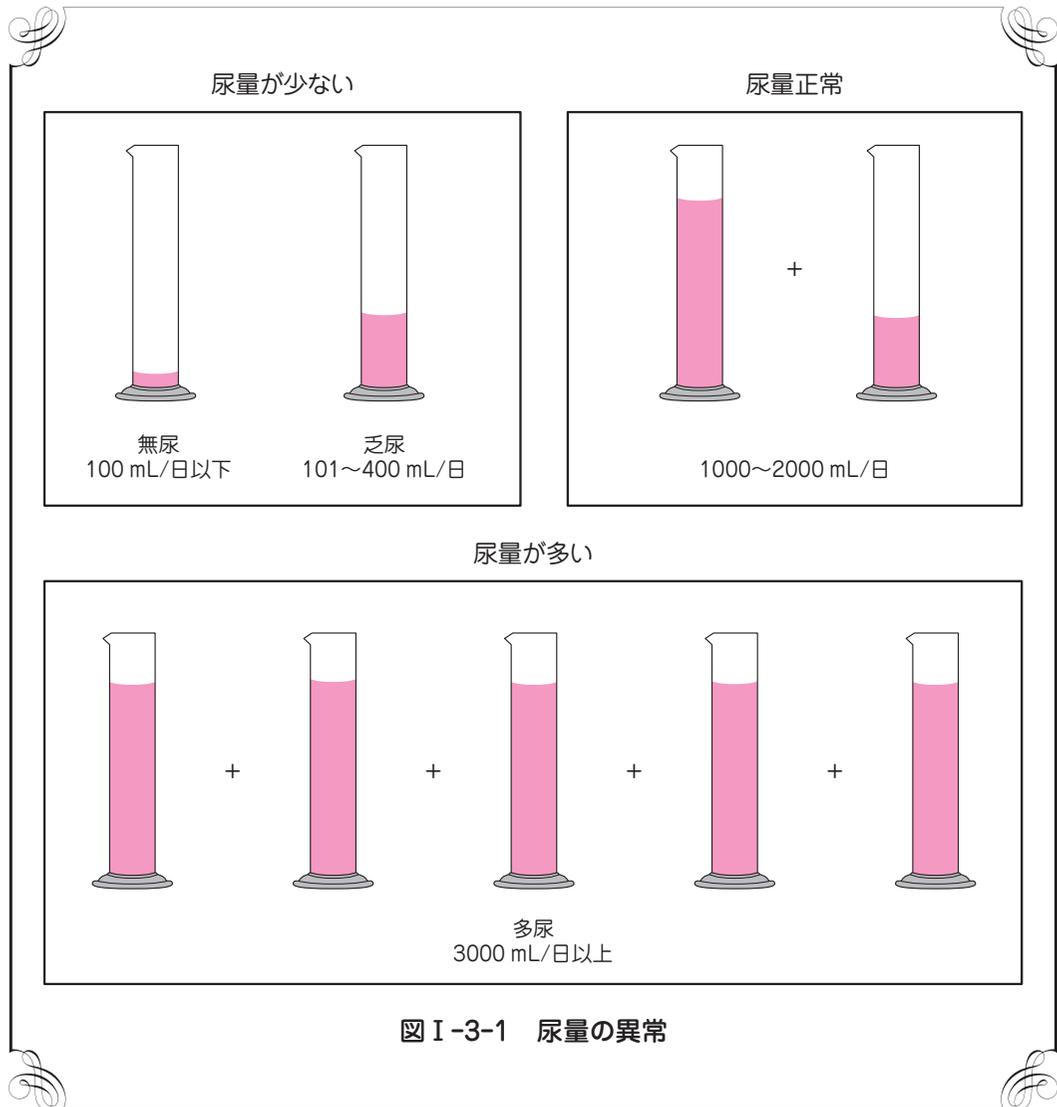


図 I-3-1 尿量の異常