

## 1. 基礎的事項

## 1 ▶ 腎臓の解剖・機能

## POINT

- 腎臓はソラマメ状の形をした 1 対の後腹膜臓器である。
- 尿の生成を行い、老廃物の排泄のみならず水や電解質、酸塩基平衡の調整に重要な役割を果たしている。
- 内分泌器官としての役割も有しており、エリスロポエチンやレニンの産生、ビタミン D の活性化や糖新生にも関わっている。

## 腎臓の概観

- 腎臓は腹腔後壁、第 12 胸椎から第 3 腰椎あたりの高さで椎体の左右両側に位置する一対の後腹膜臓器である。成人では、長径が 10~11 cm、短径が 5~7 cm、厚さが 3 cm 程度のソラマメ状で握りこぶし大の小ぶりな臓器である。横隔膜の下で下部肋骨に守られており、周囲の脂肪組織とともに腎筋膜によって支持固定されている。右腎は肝臓に圧迫され、左腎よりも 2 cm 程度低位に存在することが多い (図 1)。深部に位置するため、両側腎とも一般的には体表からの触知は困難である。
- 血管や尿管は腎門と呼ばれる内側の陥凹部から出入りしており、腎門から奥に入ると腎洞という空所になっている。そこには尿の受け皿となる袋状の構造がある。この構造は枝分かれをしていて、その先端部分が腎杯として腎乳頭に接続しており、腎杯が集合して腎洞内で広がっ

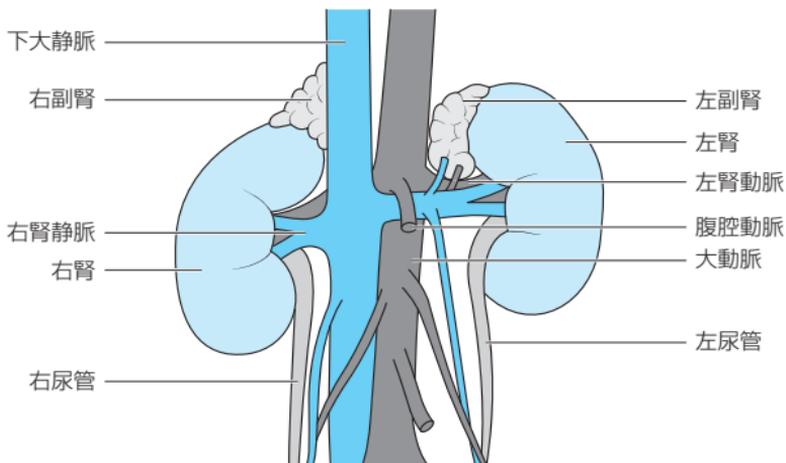
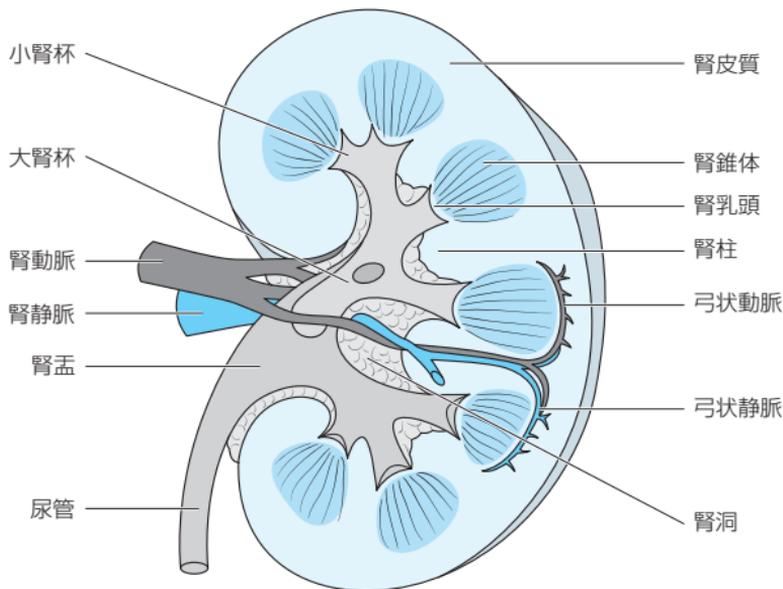


図 1 腎臓とその周囲の関係

(坂井建雄, 他. カラー図解 人体の正常構造と機能 全 10 巻 縮刷版, 第 2 版. 東京: 日本医事新報社; 2012<sup>1)</sup> より引用改変)



**図2** 腎臓の断面像（右腎前頭断面を後方より見ている）

（坂井建雄，他．カラー図解 人体の正常構造と機能 全10巻 縮刷版，第2版．東京：日本医事新報社；2012<sup>1)</sup> より引用改変）

## 腎臓の血管系

た部分を腎盂と呼ぶ。腎を長軸の剖面で観察すると，外側は皮質，内側は髄質と呼ばれる2つの領域があり（図2），これらは腎の機能的単位であるネフロン，血管，リンパ管，神経などから成り立っている。

- 腎臓には毎分800～1,000 mL，1日あたりでは1,200～1,500 Lの血液が供給されており，心拍出量のおよそ1/4に及ぶ。心臓から送り出された血液は，腹部大動脈から分岐した腎動脈に流れ込み，さらに腎臓内では葉間動脈，弓状動脈，小葉間動脈，輸入細動脈へと流れて，糸球体と呼ばれる毛細血管に到達する。糸球体はボーマン嚢という袋上の構造物で囲まれており，糸球体とボーマン嚢と合わせて腎小体と呼ぶ（図3）。糸球体毛細血管では，血压を利用して濾過が行われ，血球とほとんどのたんぱく質が除かれた血漿成分である原尿によりボーマン嚢は満たされる。糸球体毛細血管を通過した血液は輸出細動脈へ注がれた後，尿細管周囲毛細血管に到達する。したがって腎臓の血管系には，腎動脈を通じて腎臓に流入した血液が腎静脈により腎臓外に流出するまでの間に2度毛細血管網を通過するという，他臓器では見られない特徴がある。輸出細動脈のうち皮質表層の表在糸球体

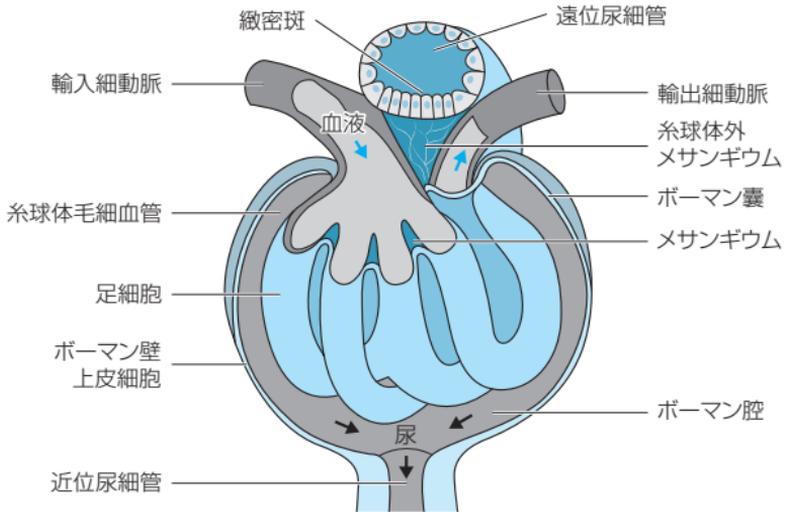


図3 腎小体の構造

(坂井建雄, 他. カラー図解 人体の正常構造と機能 全10巻 縮刷版, 第2版. 東京: 日本医事新報社; 2012<sup>1)</sup> より改変)

### ネフロンとは

と中央部の中皮質糸球体から出るものは皮質内の尿細管周囲毛細血管に接続するのに対し、皮質深部の傍髄質糸球体から出る輸出細動脈は髄質に向い、髄質内の尿細管周囲毛細血管へつながる。これらの毛細血管を通過した血液は、皮質領域においては直接あるいは皮質表層に広がる星状静脈を介して小葉間静脈に流入し、髄質においては髄質内尿細管周囲毛細血管から連続する上行直血管を介して小葉間静脈や弓状静脈に流入する。静脈血はさらに葉間静脈、腎静脈を通過し下大静脈に流入する。腎臓内のリンパ管は、動脈周囲の間質内に存在し、動脈に沿って走行している。

- ネフロンとは、腎糸球体とそれに続く尿細管から成り、腎における尿生成の機能単位である。おのおのの腎臓にはおよそ100万個のネフロンが含まれており、全ネフロンの80~90%程度が皮質の浅い部分に存在し尿細管が腎髄質深くには到達しないものであるのに対し（短ループネフロン）、残りの10~20%は皮質深部にあって腎髄質深部まで達している傍髄質ネフロンによって占められている（長ループネフロン）。糸球体に続く尿細管は、その機能・解剖学的特徴からいくつかのセグメントに分かれている。糸球体からすぐ伸びている部分は近位尿細管と呼ばれ、刷子縁という長い微絨毛が密に集まった構造物

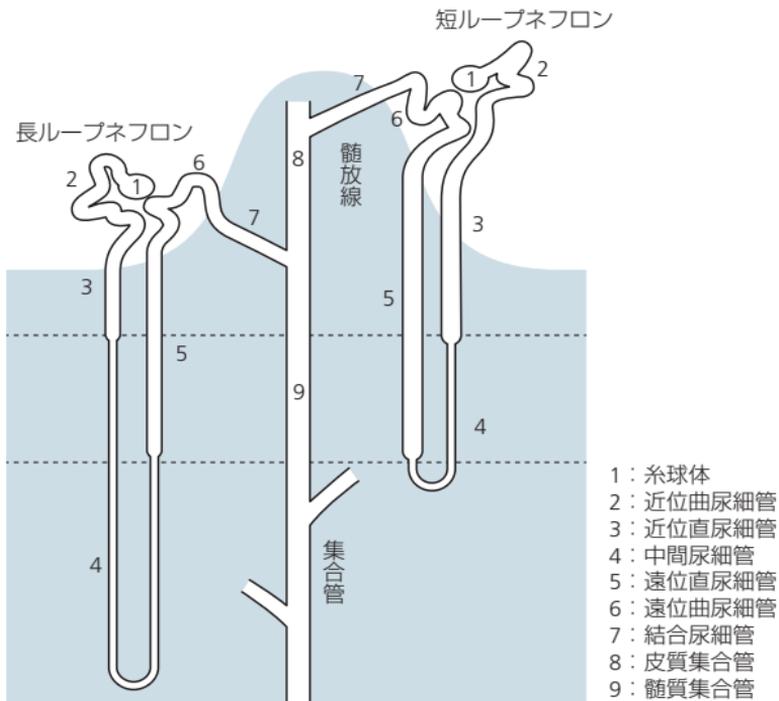


図4 ネフロンと集合管

(坂井建雄, 他. カラー図解 人体の正常構造と機能 全10巻 縮刷版, 第2版. 東京: 日本医事新報社; 2012<sup>1)</sup> より引用改変)

をもった細胞で構成されている。刷子縁が存在することで著しく増した管腔側の細胞表面積は、大量に生成された原尿（後述）のうち相当量を再吸収するための構造的な基盤となっている。近位尿細管は皮質内で迂曲し（曲部）、続いて髄質方向に直進する（直部）。その後細い部として更に髄質方向に進み（下行脚）、種々の深さでUターンして上行脚となり遠位直尿細管につながる。遠位直尿細管がもとの腎小体血管極に接触する部位は緻密斑と呼ばれ、上行脚内液の情報に基づいた糸球体濾過量の調節機構（尿管糸球体フィードバック）に関与している。遠位直尿細管は緻密斑を過ぎた直後より遠位曲尿細管、接合尿細管、集合管へと順次移行し、さらに数本の集合管が合流して腎臓の中心部（乳頭）から腎盂に開口する（図4）。

#### 尿生成の流れ

- 腎臓は、尿を生成することによって体液の恒常性を維持するという重要な役割を担っている臓器である。尿は糸球体濾過と尿細管再吸収という2段階に分かれた過程

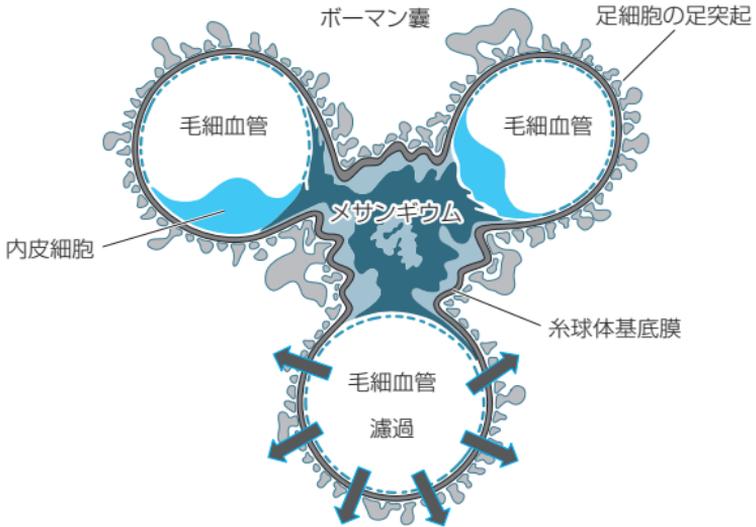


図5 糸球体毛細血管内皮細胞、基底膜、足細胞の位置関係

(坂井建雄, 他. カラー図解 人体の正常構造と機能 全10巻 縮刷版, 第2版. 東京: 日本医事新報社; 2012<sup>1)</sup> より引用改変)

で生成される。輸入細動脈から糸球体に入った血液は輸出細動脈から出る間に濾過され、尿の元となる原尿が生成される。原尿中には、上述したように血球や血漿蛋白などの膠質成分はほとんど含まれないが、分子量の小さい成分は血漿中濃度とほぼ同等の濃度で含まれる。すなわち、原尿生成は有形成分を分離する単純濾過ではなく、限外濾過によって行われている。糸球体毛細血管の透過性は糸球体毛細血管内皮細胞、糸球体基底膜およびその外側を覆う足細胞で構成される濾過障壁により規定されている(図5)。内皮細胞は有窓性で、窓状の孔(内径70~100 nm)が多数開いており、血球などの通過障壁として作用していると考えられている。一方、糸球体基底膜の主成分はIV型コラーゲンで立体的網目構造になっていて、プロテオグリカンの存在によって負の荷電を有しているのに加えて、足細胞から伸びる足突起によって形作られる幅40 nmほどの濾過スリットや、この隙間を塞ぐように存在するスリット膜などの構造と合わせてサイズ選択性や荷電選択性などの機能特性が維持されている。糸球体毛細血管の透過性は分子のサイズや分子量、荷電状態によって左右され、分子量が5,000以下の血漿中分子は100%自由に濾過されるがそれ以上のものでは濾過されにくくなり、生理的状态化では陰性荷電の強い血清アルブミン(分子量約66,000)が濾過