視能訓練士学科
解剖学　10

腎臓の構造と機能①

教科書：218−246頁

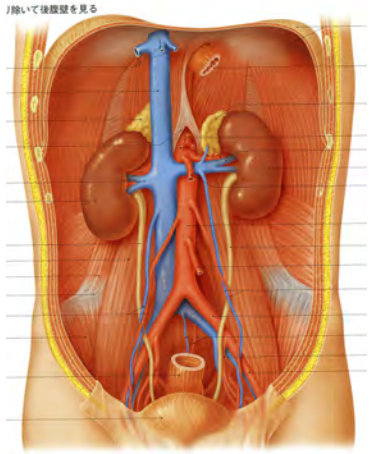
熊本大学大学院生命科学研究部（医学系）
分子生理学分野
教授　富澤　一仁

腎臓

腎臓は、体液調節の中枢である。

腎臓の解剖

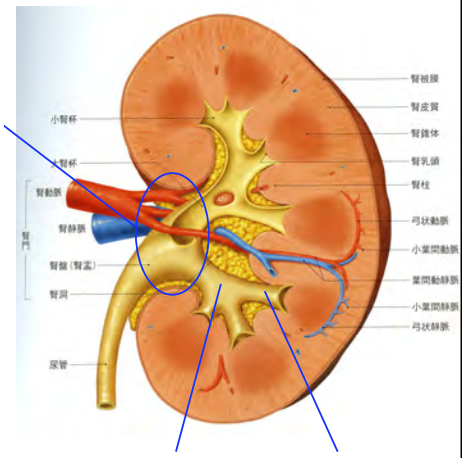
腎臓は腹膜後器官である。（背中側にあるということ）
第12肋骨に1/3～1/2隠れている。



腎臓の肉眼的構造

成人の腎臓：
重さ：120～300 g
長径：10～12 cm

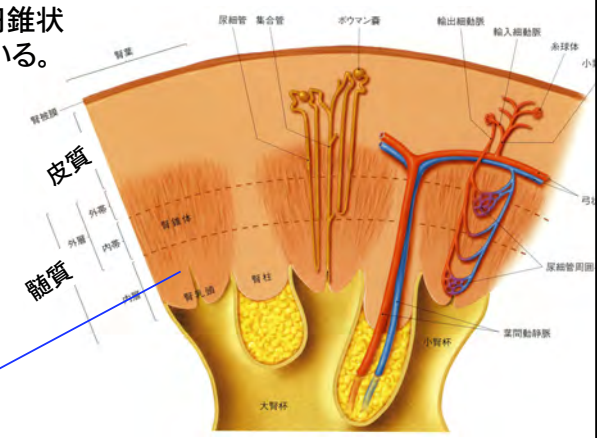
腎門
腎動脈
腎静脈
腎盤（腎盂）・・・排尿路の一部
尿管に移行



腎臓の組織解剖

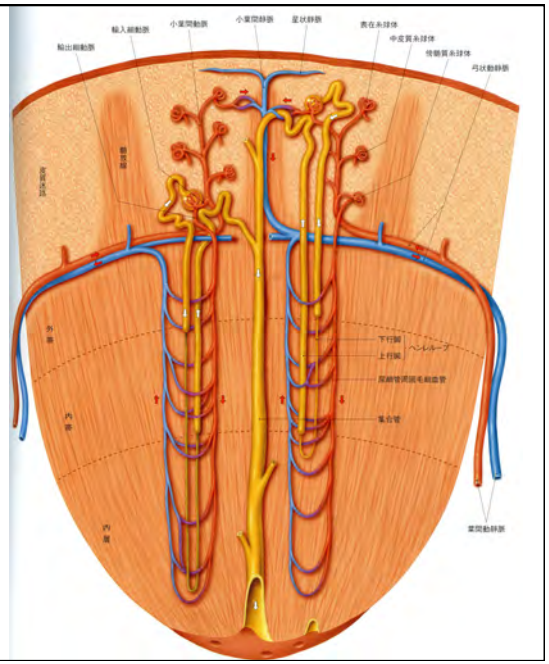
腎臓は皮質と髄質に分かれる

・皮質
・髄質（腎錐体）・・・円錐状に腎洞に突き出している。
→ 腎乳頭



腎乳頭

腎組織には、糸球体・尿細管・血管が規則正しく並ぶ。



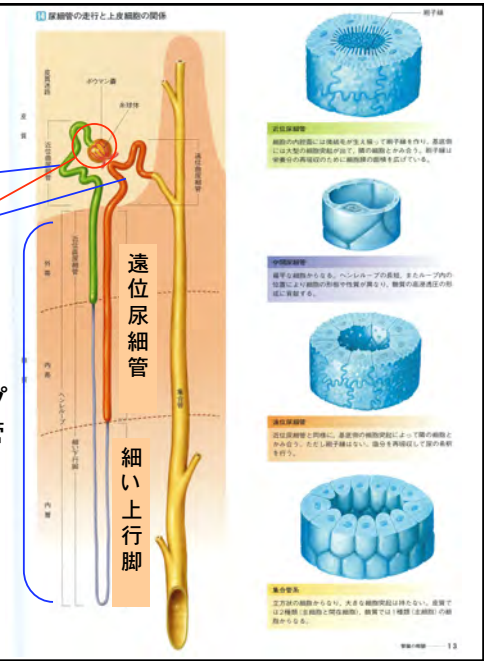
尿細管の走行と区分

近位曲尿細管

遠位曲尿細管

腎小体
（糸球体＋ボウマン嚢）

ヘンレループ
・近位直尿細管
・細い下行脚



腎小体

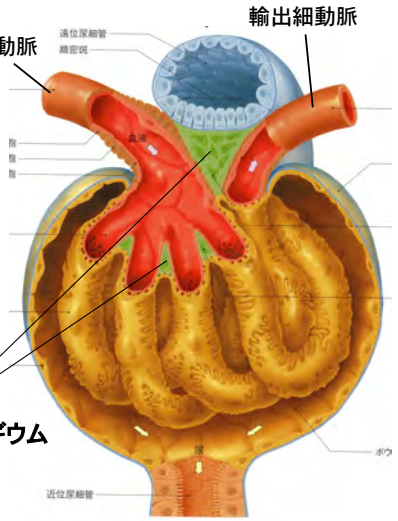
糸球体とそれを包むボウマン嚢が腎小体を形成する

・糸球体は、毛細血管の糸玉みたいなもの。

糸球体毛細血管

・ボウマン嚢は尿細管の末端部分

・メサンギウム・・・毛細血管を束ねている。



糸球体を構成する細胞

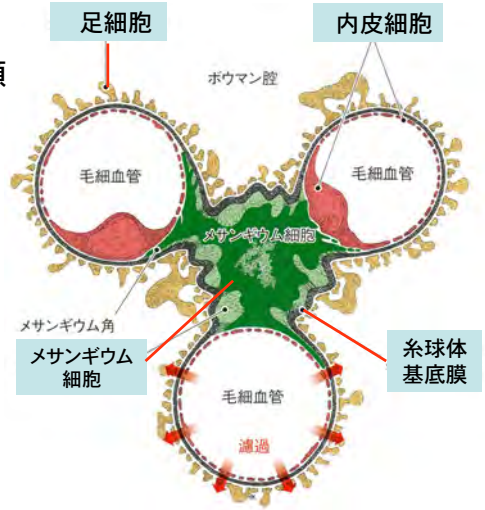
糸球体は3種類の細胞と1種類の基底膜から成る。

・足細胞

・内皮細胞

・メサンギウム細胞

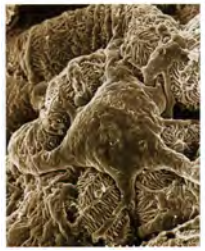
・糸球体基底膜

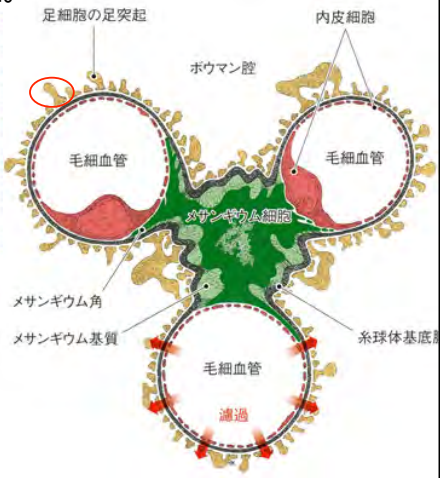


足細胞（Podocyte）

・毛細血管の表面を覆うように存在。

・まるでタコのよう（足突起を持っている。）





・足細胞は陰性荷電を帯びている

・電荷が大事。
・陰性荷電が中和されると、足突起が退縮し、濾過細隙が狭くなる。

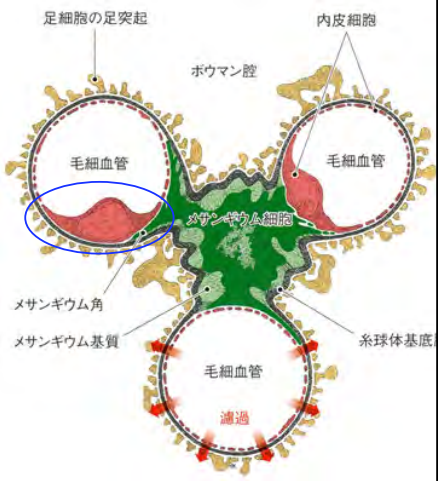
内皮細胞

・毛細血管の本体を形成。

・糸球体毛細血管内皮細胞の特長
（他の毛細血管と違うところ）

多数の孔が開いている。（骨格筋や皮膚の毛細血管には無い）

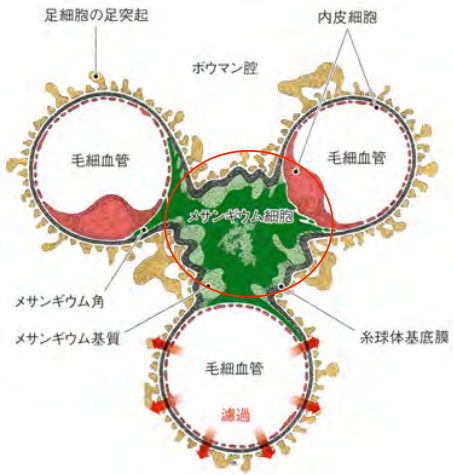
透過性が高い。分子が通りやすい



メサンギウム細胞

細胞体から多数の突起を毛細血管に向かって伸ばしている。

毛細血管を束ねる役目をしている。

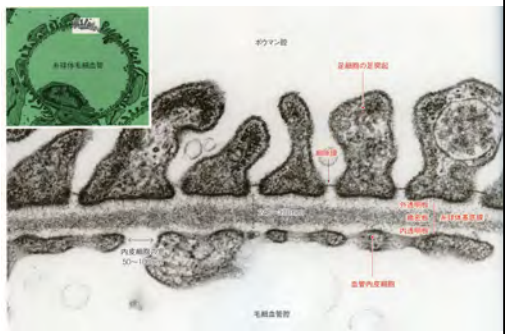


糸球体濾過のフィルターの正体

1.毛細血管内皮細胞は?

・内皮の孔の大きさは;
50-200 nm

・隔膜を持たない。
例えば、尿細管周囲の血管内皮は隔膜を持つため、孔が閉ざされている。



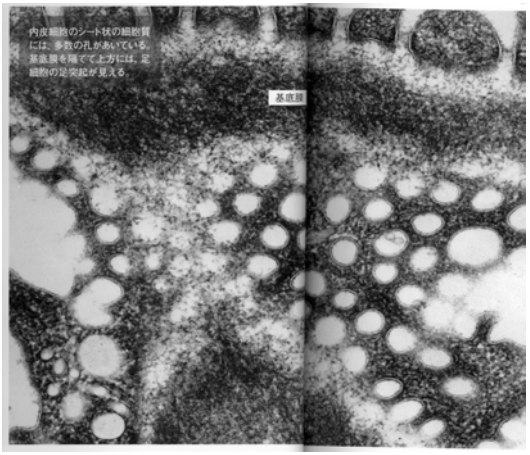
何でも素通りのザル

フィルターの役目は、ほとんどしていない

濾過フィルター1

糸球体毛細血管内皮細胞

細胞質に多数の孔が開いている。



濾過フィルター2

糸球体基底膜

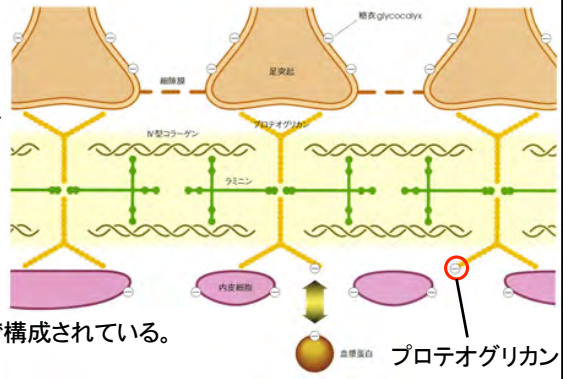
濾過障壁の主役

濾過の方法は2種類

・サイズ選択的障壁
分子量7万以上の蛋白質は通過できない。

・荷電選択的障壁
陰性荷電を持つ分子は通りにくい。

陰性荷電した糖タンパク質で構成されている。



プロテオグリカン

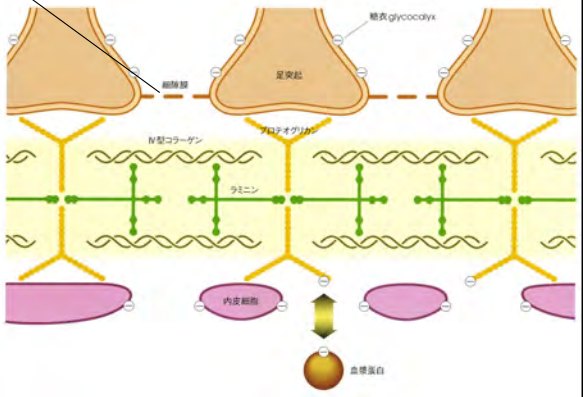
濾過フィルター3

足細胞

細隙膜

細隙膜；足突起と足突起の間にある孔。

足細胞でも、糖衣により膜表面が陰性荷電しているため陰性荷電した蛋白質の通過を阻止している。



糸球体で濾過されないもの

・血球

・分子量7万以上の蛋白質

	分子量	糸球体膜通過率
イヌリン	5,200	99%
ミオグロビン	17,000	75%
ヘモグロビン	65,000	3%
アルブミン	69,000	1%
グロブリン	90,000～160,000	—

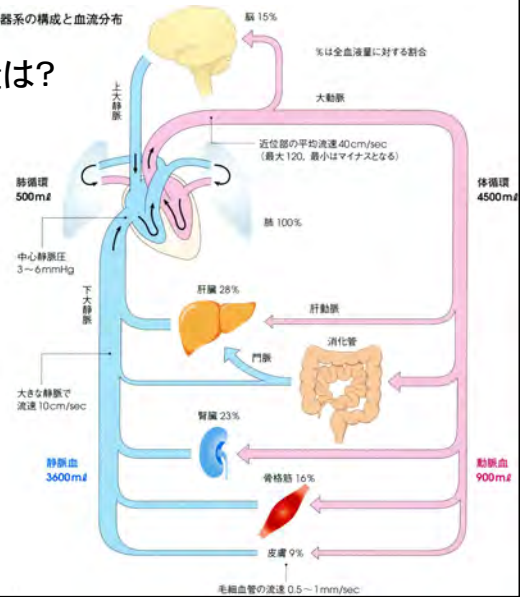
腎血流量どれぐらいか?

・我々の体の循環血流量は?
心拍出量のこと

5 L/min

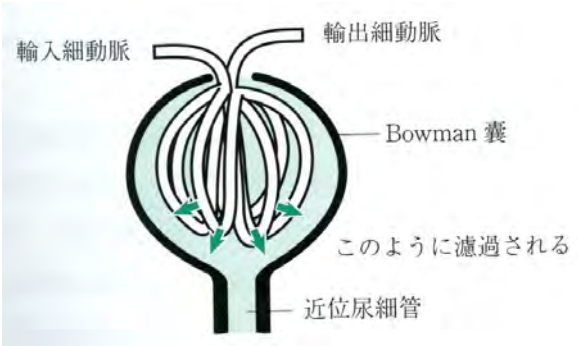
・腎血流量は?

体内循環量の約20%
を占めるから
↓
約1L/min



糸球体濾過圧

・濾過は、圧力が加わることによって起こる。
・糸球体内毛細血管からBowman腔内に物質を濾過しようと加わる圧力
→ 糸球体濾過圧



糸球体濾過圧は、腎動脈圧の影響を受ける

高血圧になると、糸球体濾過圧が増加するのか？

糸球体濾過量は一定に保たれている

全身の血圧は、運動、感情、体位などで容易に変化

↓

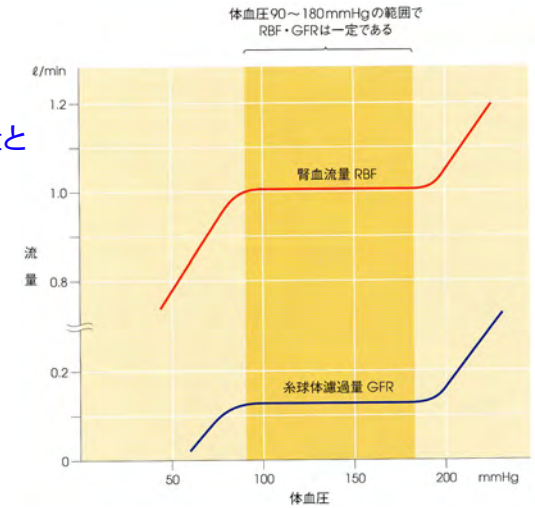
腎血流量、糸球体濾過量に影響しそう。

↓

実際には、糸球体には濾過量の変動を最小限
にする機構が備わっている。

全身血圧と腎血流量・糸球体濾過量の関係

少々血圧が高くなっても、
腎血流量、糸球体濾過量とも一定に保たれている。



糸球体濾過量を一定に保つための制御機構

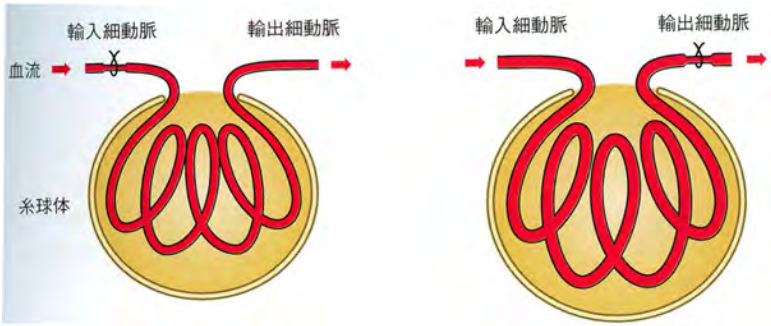
① 血管平滑筋による調節・・・腎血管抵抗を変えることにより血圧変動の影響を最小限に抑える自動能。他臓器の血管でも認められる。
血管内圧増加 → 輸入細動脈平滑筋の収縮力増加 → 腎血流を減少

② 尿細管糸球体フィードバック・・・尿細管で濾液量をモニターし、糸球体濾過量を調節。
ヘンレの上行脚から遠位曲尿細管の移行部に緻密斑と呼ばれる上皮が存在 → 濾液のCl^-濃度を感知 → 輸入細動脈平滑筋を収縮（弛緩）

③ レニン－アンジオテンシン系による調節・・・糸球体濾過量を上昇させる時に重要。
腎血流量低下 → レニン-アンジオテンシン系ON → 全身の動脈の収 縮、糸球体では輸出細動脈を選択的に収縮

糸球体濾過量制御機構のまとめ

尿細管糸球体フィードバック　　レニン-アンジオテンシン系



腎血漿流量

糸球体濾過量

糸球体の病気

・糸球体は、繊細な構造をしている。
・ものすごい圧力（血圧）が加わり、毎日の尿生成に不可欠
・一度壊れると、二度と再生しない。

慢性糸球体腎炎
糖尿病性腎症

血液透析

ちょっと一息

人工透析

・人工透析の患者は毎年増加（世界的傾向）
・2～3日に一回、生涯する必要がある。(一回に4,5時間拘束）

患者 → 人工透析から離脱したい → 腎移植 →ドナー不足 → 病気腎移植の問題、臓器売買の問題

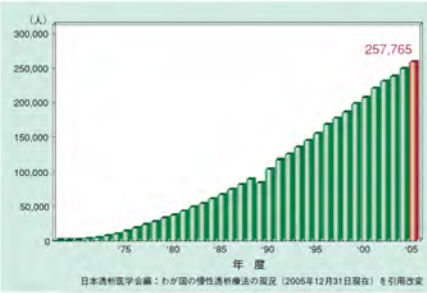


図5 わが国における慢性透析患者総数の推移（日本透析医学会）

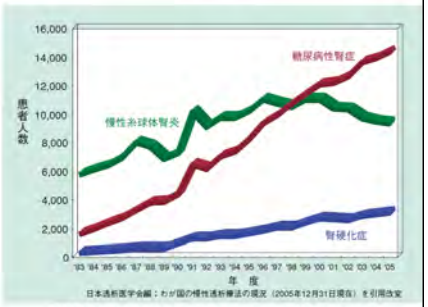


図6 年度別透析導入数の推移（主要原因疾患，日本透析医学会）

糸球体濾過量の測定

糸球体濾過量：1分あたりの糸球体で濾される血漿の量
単位は、ml/min

糸球体機能が分かる。

糸球体疾患の診断

糸球体濾過量の測定

糸球体でほぼ完全に濾過されるけど、尿細管で再吸収も分泌もされない物質があると

時間あたりに尿中に排泄される量と血漿中の量を測定すれば糸球体濾過量が計算できる。

イヌリンという物質がこれに該当

糸球体濾過量

イヌリンを使用したGFR測定法

イヌリンを点滴静注し、体液内に均一にイヌリンを分布させる

・静脈血漿中のイヌリン濃度：P
・糸球体濾過量をGとすると
・尿中のイヌリン濃度：U
・尿量：V
GP =UVとなる。
∴G=UV/P

これで、成人の糸球体濾過量を計測すると
GFR＝120 ml/minとなる。

しかし、この方法ではイヌリンの持続点滴が必要。
イヌリンの血漿・尿中濃度の測定は、結構面倒。

↓

生体内の代謝産物で、条件を満たすものはないか?

↓

クレアチニン（Creatinine）

・クレアチニンは、筋肉中の窒素化合物（クレアチン）の代謝産物

・クレアチニンは、すべて腎臓から尿に排出され、再吸収されない。

クレアチニン・クリアランス（Creatinine Clearance：CCr）

糸球体機能（どれだけの血漿を濾過する能力があるか）の検査によく使われる。

1分間に腎臓から排泄されるクレアチニンを含む血漿の体積

↓

単位は、ml/minとなる

CCrの求め方

・血漿クレアチニン濃度(μg/ml)
・1分間尿量(ml/min)
・尿クレアチニン濃度(μg/ml)

1分間の尿中に排泄される血漿クレアチニン量だから

$$\text{CCr(ml/min)} = \frac{\text{1分間尿量} \times \text{尿クレアチニン濃度}}{\text{血漿クレアチニン濃度}}$$

正常クレアチニン・クリアランス

加齢とともに減少

・40歳以下：120±5.0(ml/min)

・71歳以上：85±6.0(ml/min)

・30ml/min以下になると高度腎障害 → 人工透析の適応

糸球体濾過

・我々の体の循環血流量は?

5 L/min

・腎臓の循環血流量は?

体内循環量の約20%

1 L/min（血漿でいうと、600ml/min)

・糸球体濾過量は?

0.12 L/min

・一日の糸球体濾過量は?

0.12 L/minX60X24=173 L/day

140 L/day～170 L/day
(成人女性ー成人男性)

この値は、循環血漿量の約50～60倍であり、これがそのまま排泄されたら、
我々は生きていけない。

一日の尿量は、1,000ml～1,500ml

ほとんどの糸球体濾過した成分は、体内に戻される。

どこで、再吸収されているのか?

↓

尿細管である。