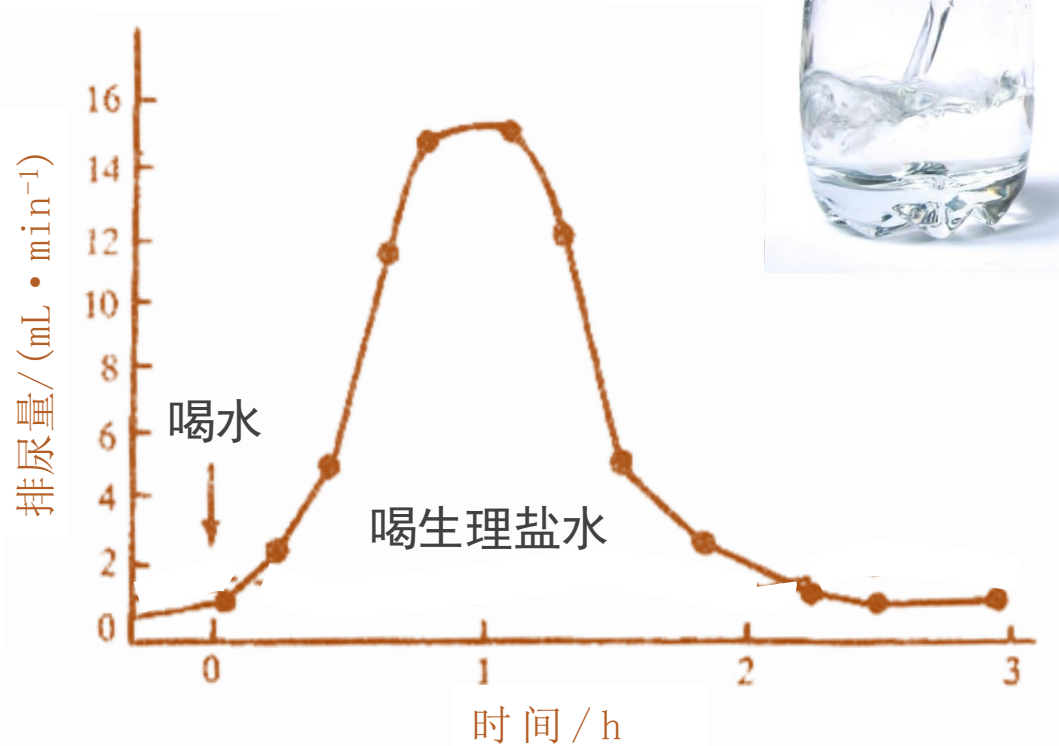
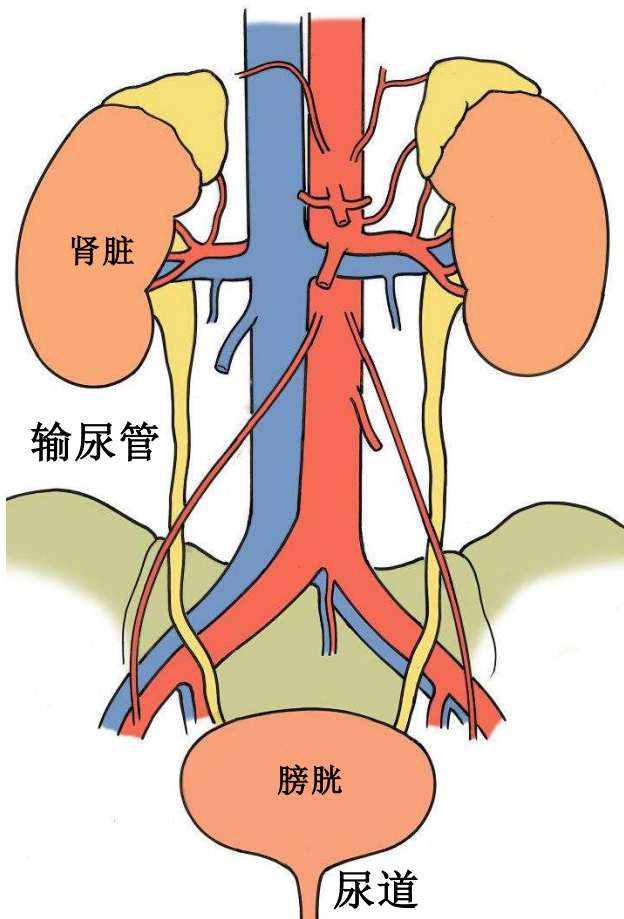


# 渗透调节与排泄

# 从口渴了喝水谈起



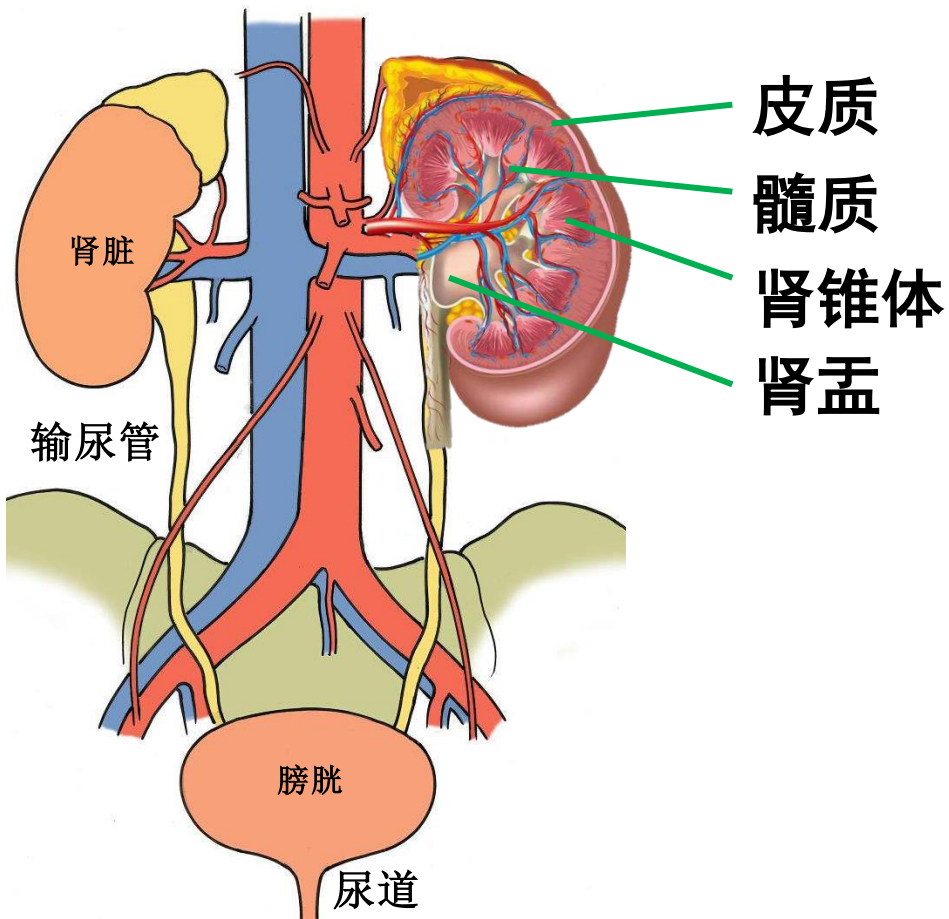
# 尿液排泄的生理功能



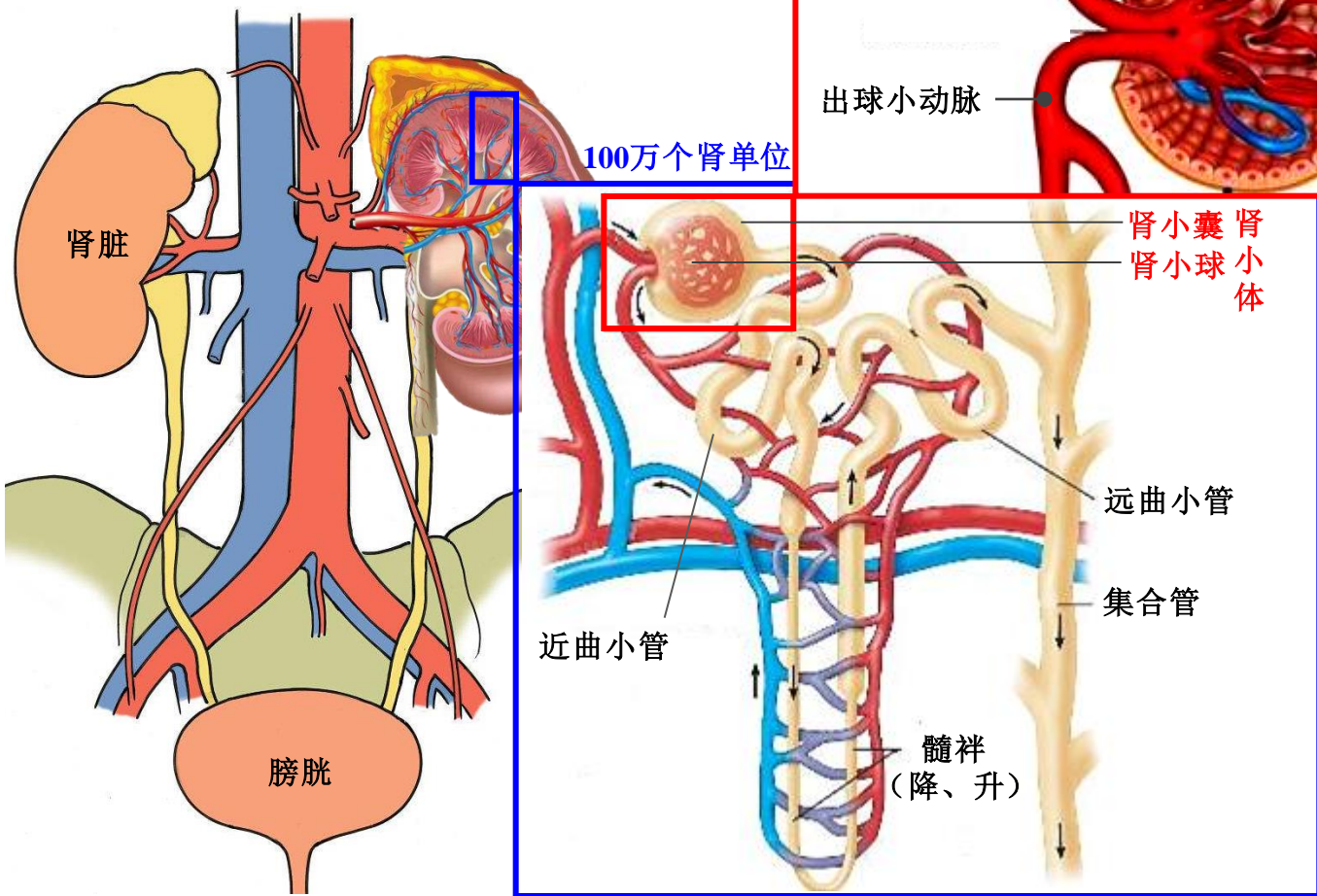
- 调节渗透平衡（维持电解质、水量等）
- 调节酸碱平衡
- 清除代谢废物（排泄）
- 分泌激素

**排泄：** 体内代谢过程中产生而又不被机体利用的代谢终产物、多余的水和无机盐、以及进入机体的异物从排泄器官排出体外的过程。

# 尿液排泄的生理功能

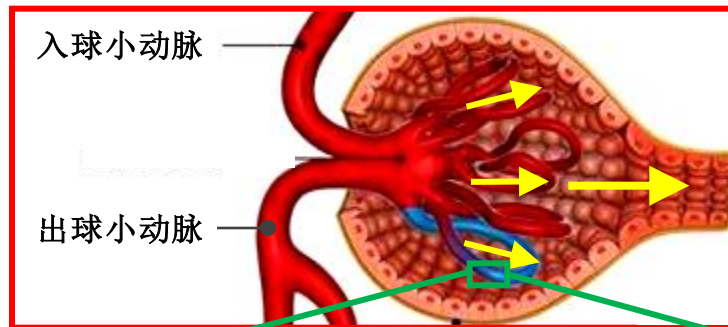


# 肾脏与肾单位



每个肾单位有  
“独立”的血液  
供给。

# 超滤血浆 形成原尿

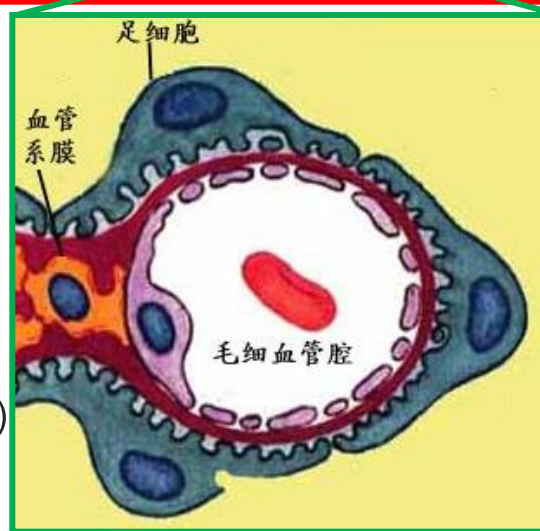


滤过膜：肾小球毛细血管的内皮细胞、系膜和脏层足细胞的足突构成

血浆物质的通透性取决于：

- 分子大小（2.0~4.2 nm 以下）
- 所带电荷（滤过膜带负电，形成电屏障）

血浆蛋白：3.6 nm，带负电，难于滤过



肾小球滤过率：单位时间两肾生成滤液的量。

滤过分数：肾小球滤过率与肾血浆流量之比。（约 $125/660 \text{ ml/min} \approx 19\%$ ）



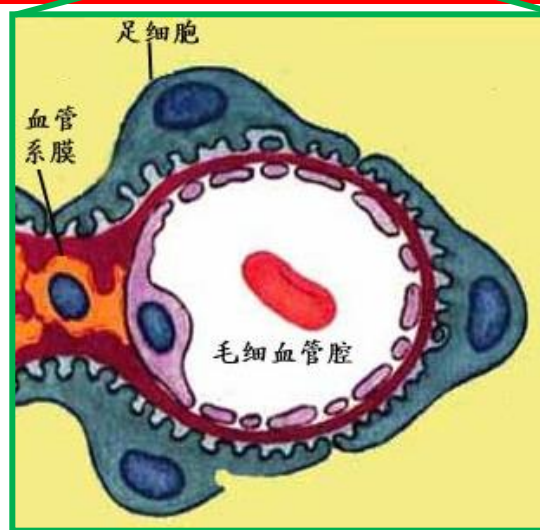
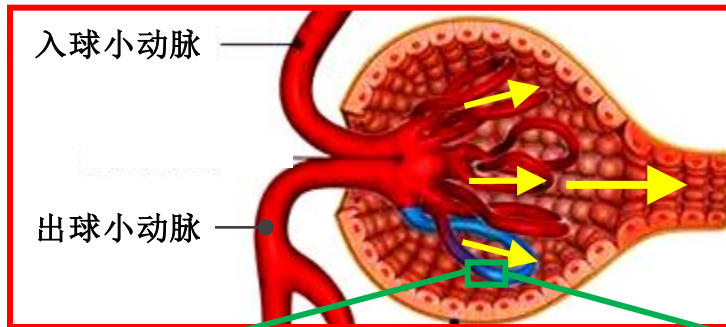
# 超滤血浆 形成原尿

原尿：180 升/天

排尿：1.5 升/天

## 血浆、原尿成分比较

| 成分              | 血浆/%  | 原尿/%  |
|-----------------|-------|-------|
| 蛋白质             | 8     | 0.03  |
| 葡萄糖             | 0.1   | 0.1   |
| Na <sup>+</sup> | 0.33  | 0.33  |
| K <sup>+</sup>  | 0.02  | 0.02  |
| 尿素              | 0.03  | 0.03  |
| 尿酸              | 0.004 | 0.004 |
| 肌酐              | 0.001 | 0.001 |



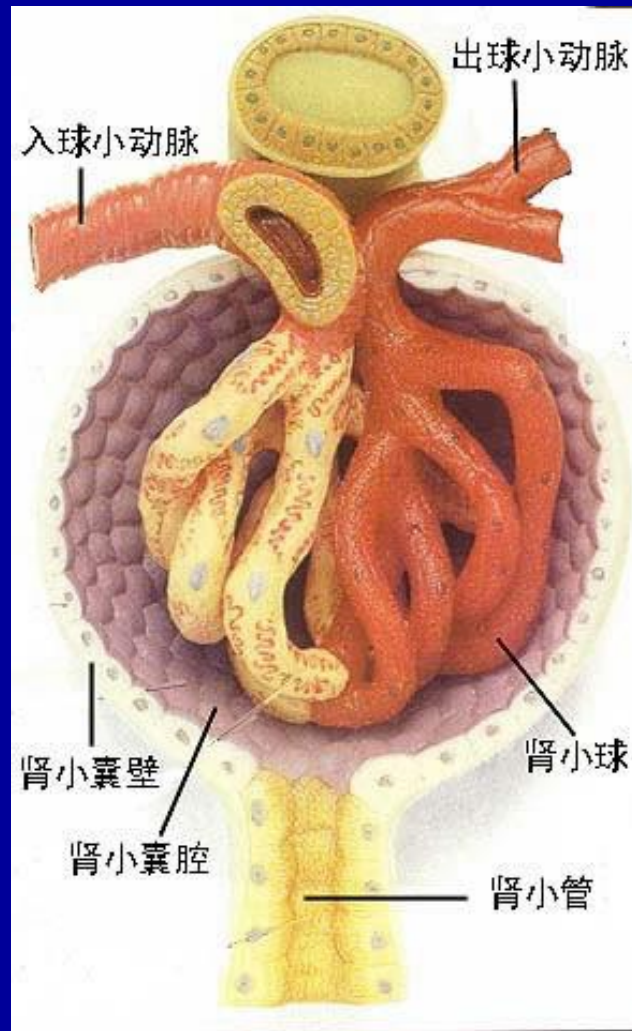
# ★ 尿的生成

过程：超滤、重吸收与分泌、浓缩。

## 一、超滤(肾小球中)

### ● 肾小球结构与功能的相关性

- ① 毛细血管网使过滤表面积大；
- ② 出球小动脉直径  $<$  入球小动脉  
⇒ 小球内毛细血管血压较高(可达60 mmHg; 其他毛细血管血压为? );
- ③ 毛细血管壁薄
- ④ 肾小囊脏层足细胞结构





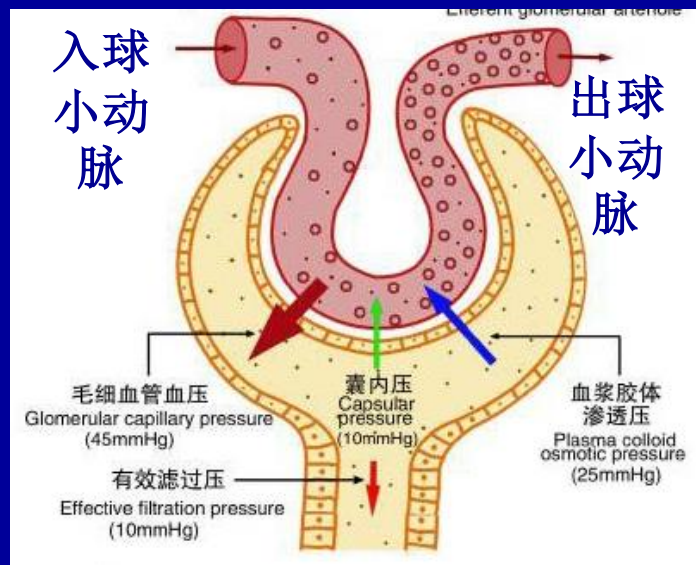
# 超滤

$$\bullet \text{NFP} = \text{GHP} - (\text{BCOP} + \text{CHP})$$



入球 出球 45 mmHg 入球 出球 10 mmHg  
15 mmHg 0 mmHg 20 mmHg 35 mmHg

**NFP:** 有效滤过压;  
**GHP:** 肾小球血压;  
**BCOP:** 血浆胶体渗透压;  
**CHP:** 囊内压。  
**CCOP:** 囊内胶体渗透压

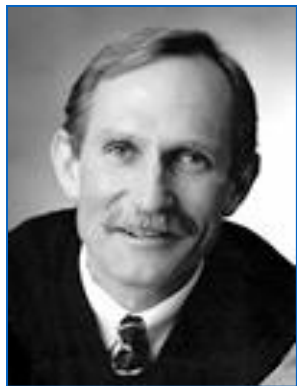
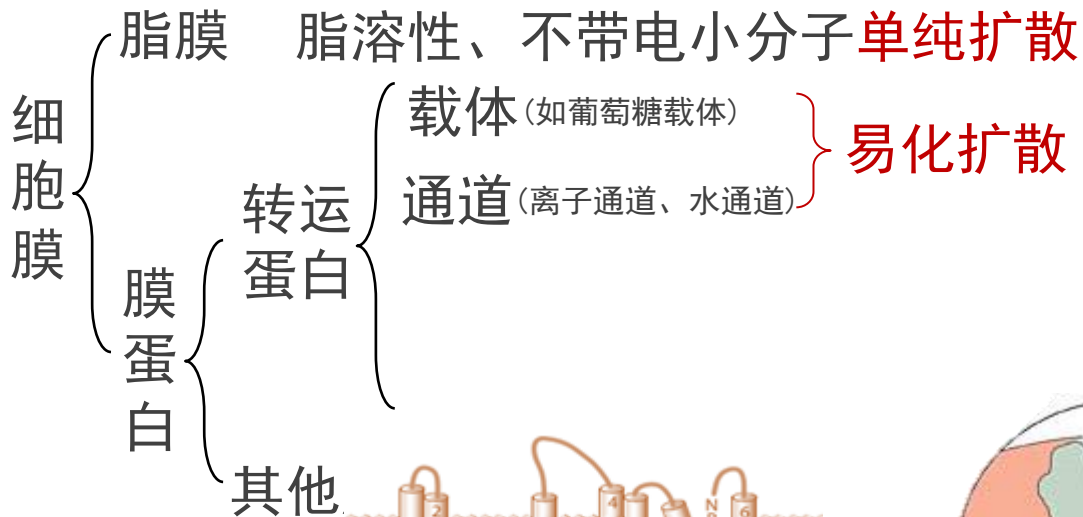


# ★ 尿的生成

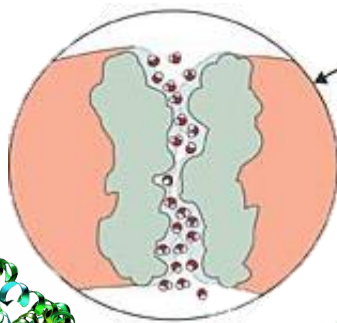
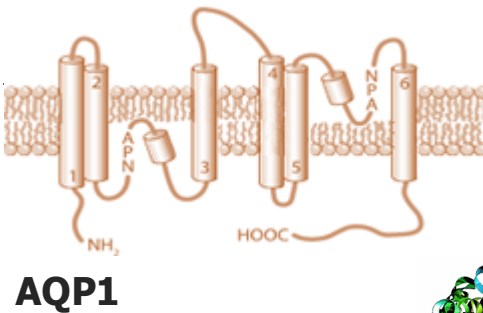
## 二、重吸收与分泌(肾小管和集合管中)

- 重吸收：滤液中的溶质或水等通过主动转运或被动扩散又回到组织间隙或伴行的血管中。
- 分泌：肾单位的转运系统将血浆中的一些物质运至肾小管管腔。

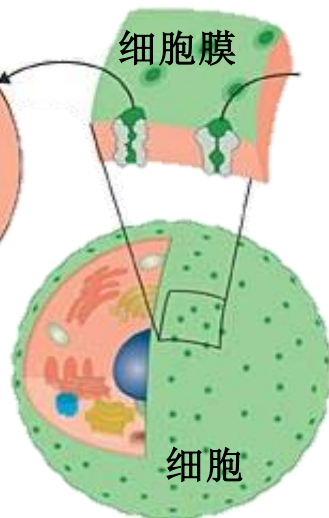
# 物质的跨膜转运机制



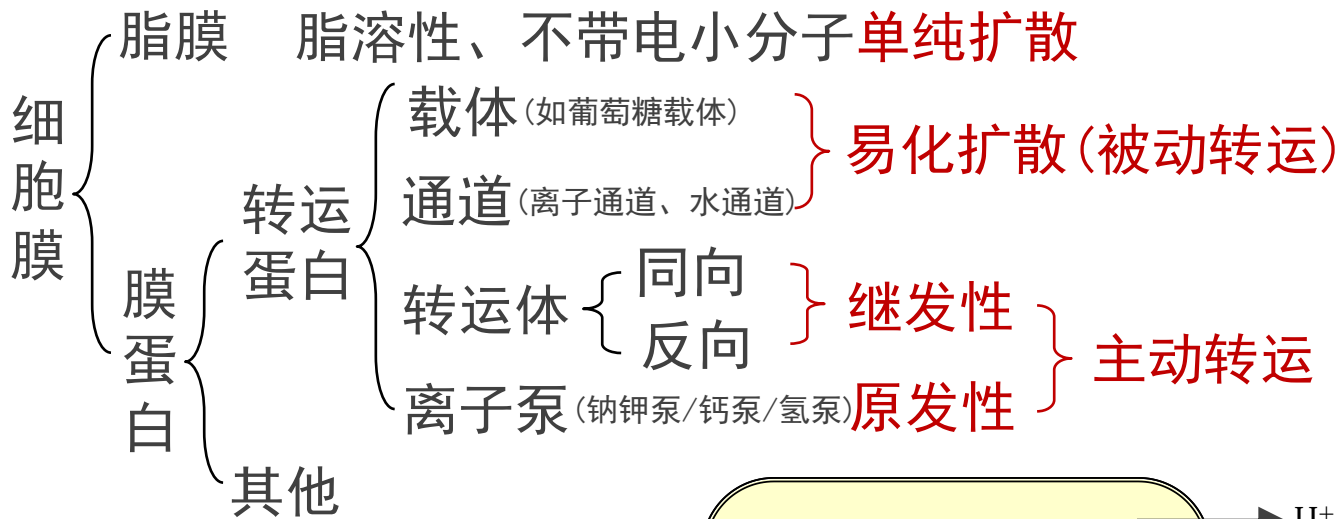
P. Agre发现水通道  
2003年诺贝尔化学奖



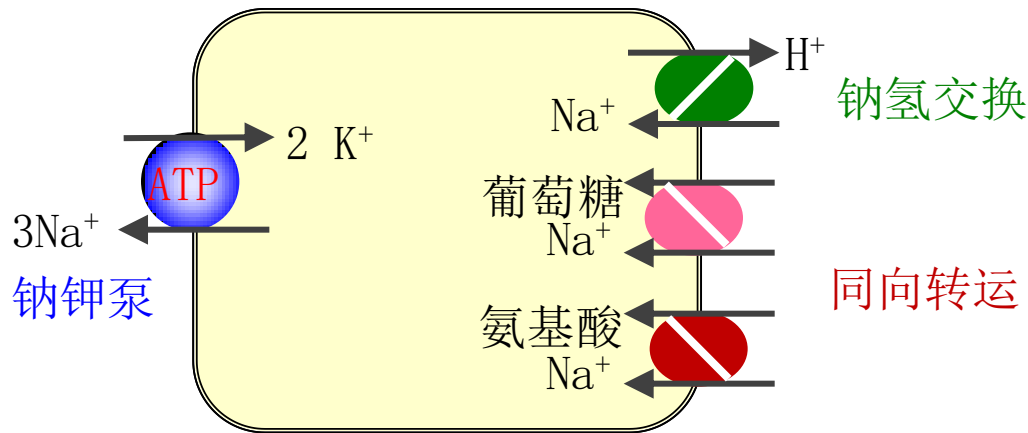
水通道



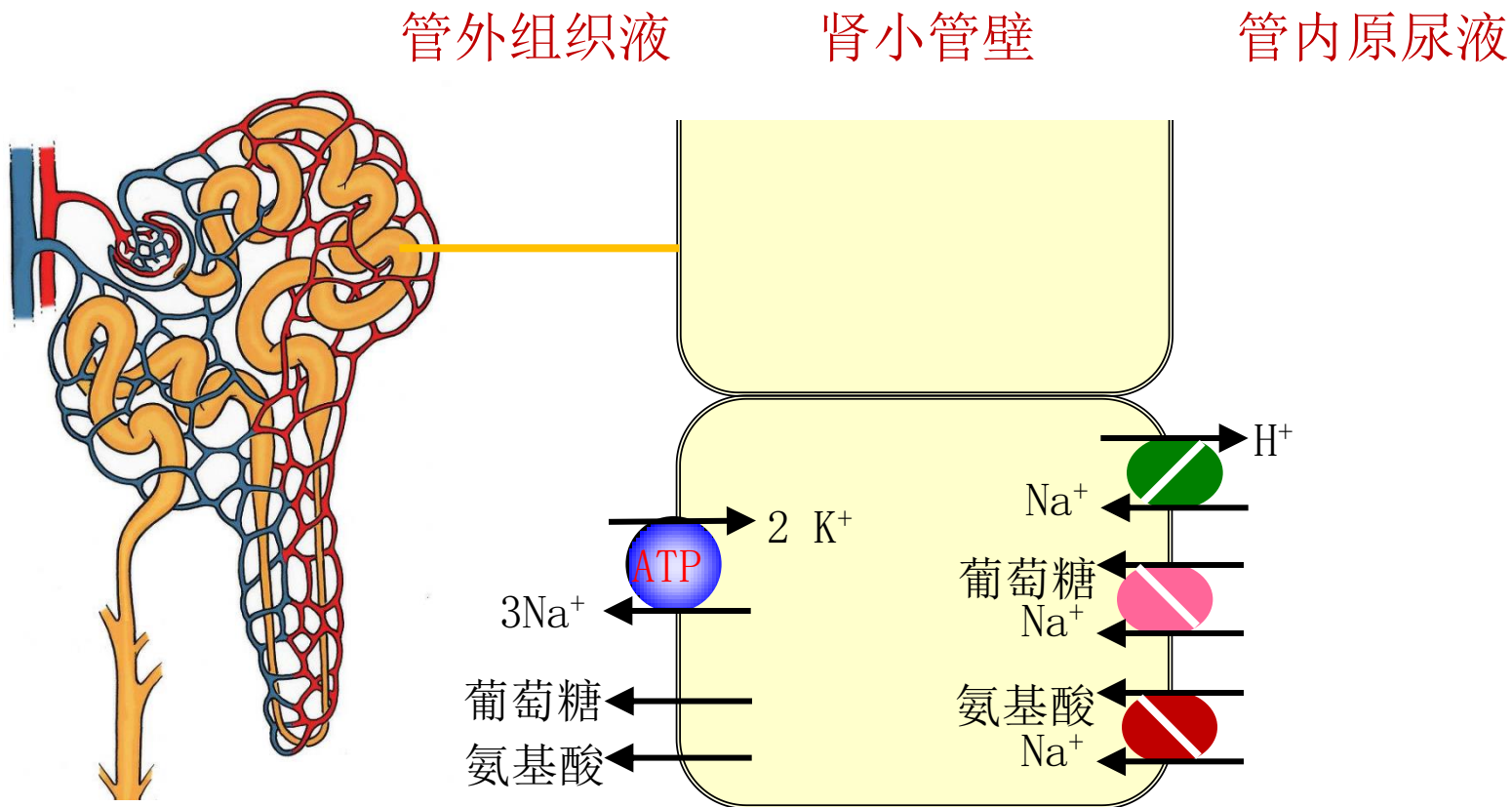
# 物质的跨膜转运机制



维持胞内低钠高钾  
调节细胞渗透平衡  
产生外向跨膜电流

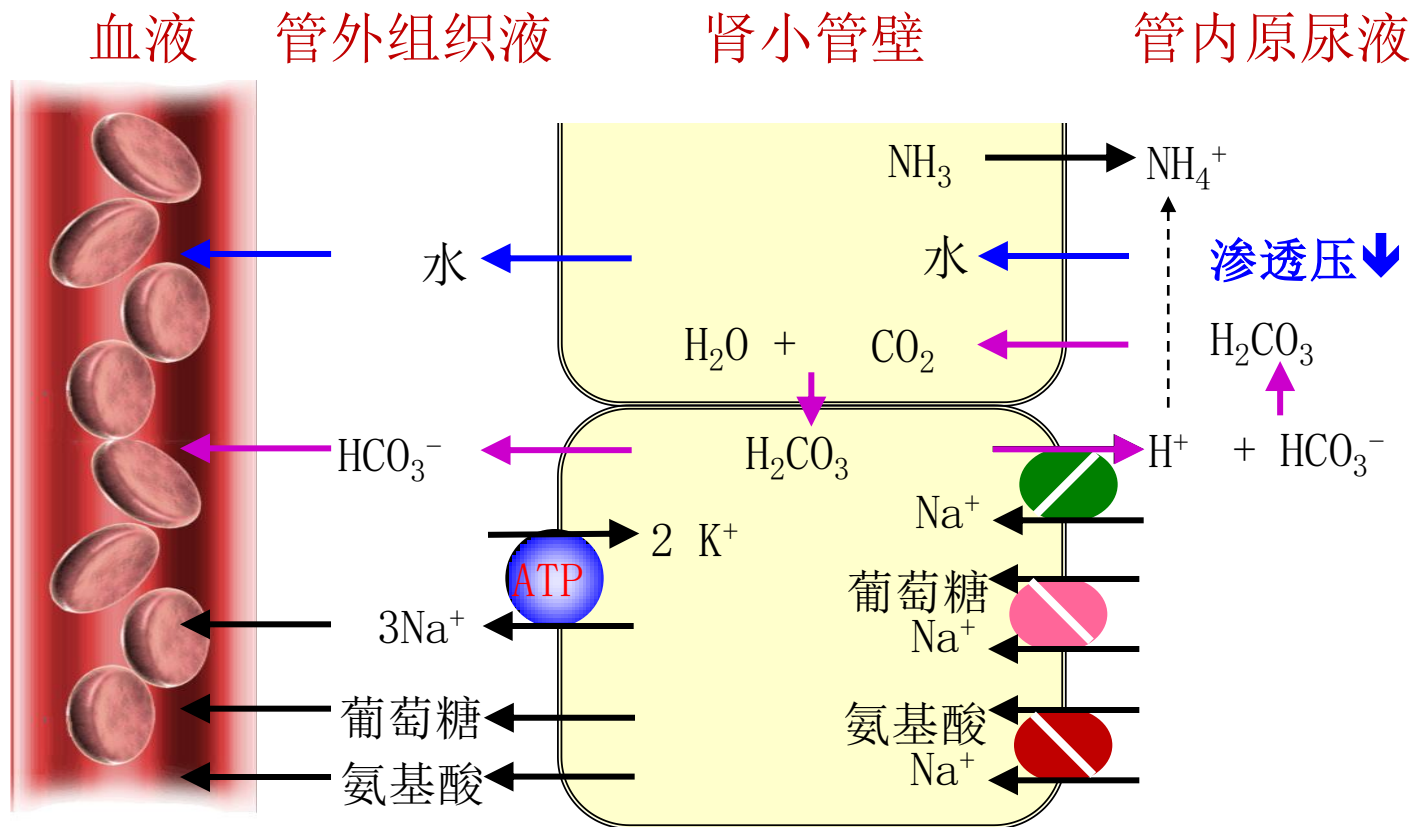


# 跨膜转运如何实现原尿物质的重吸收

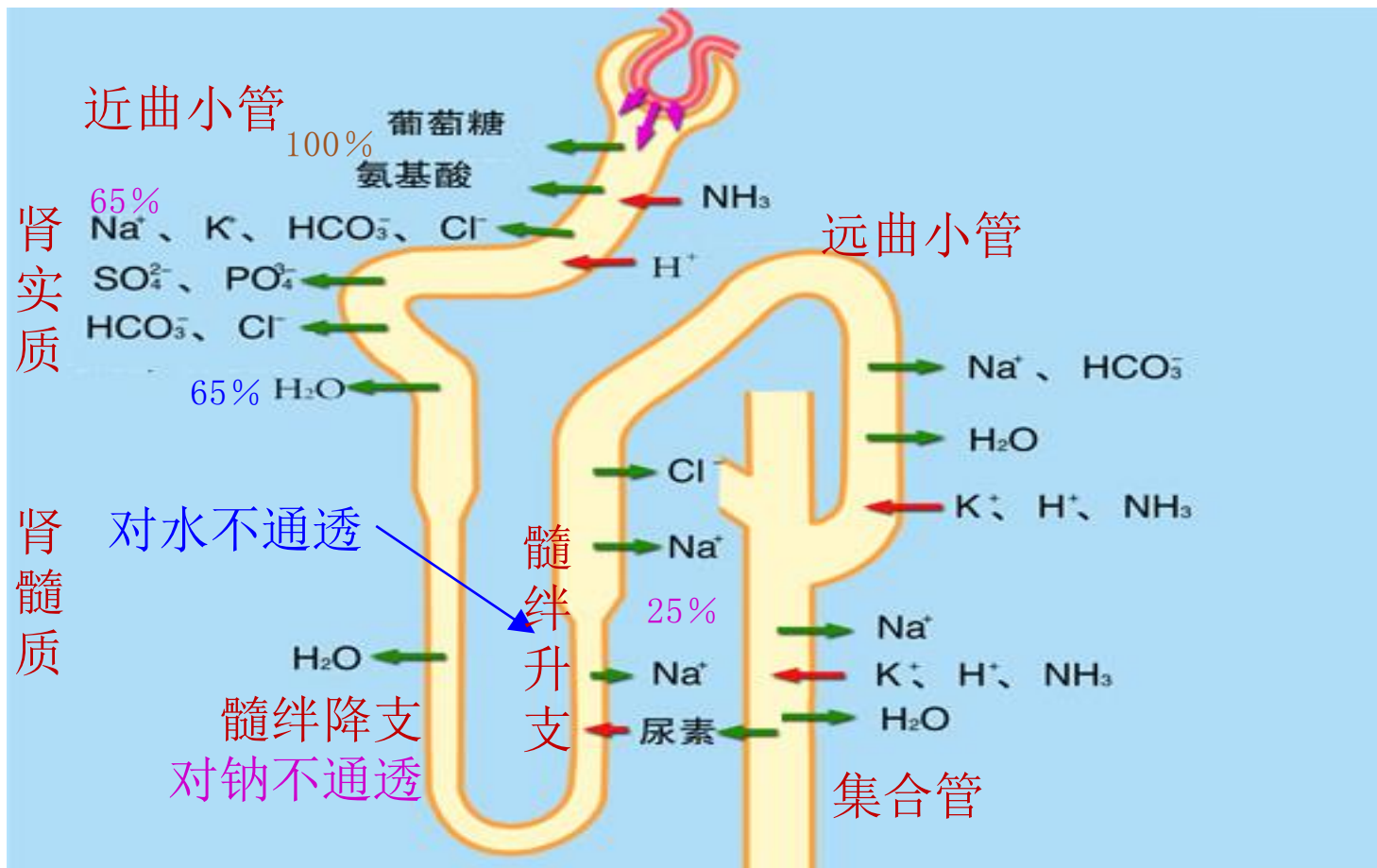




# 跨膜转运如何实现原尿物质的重吸收

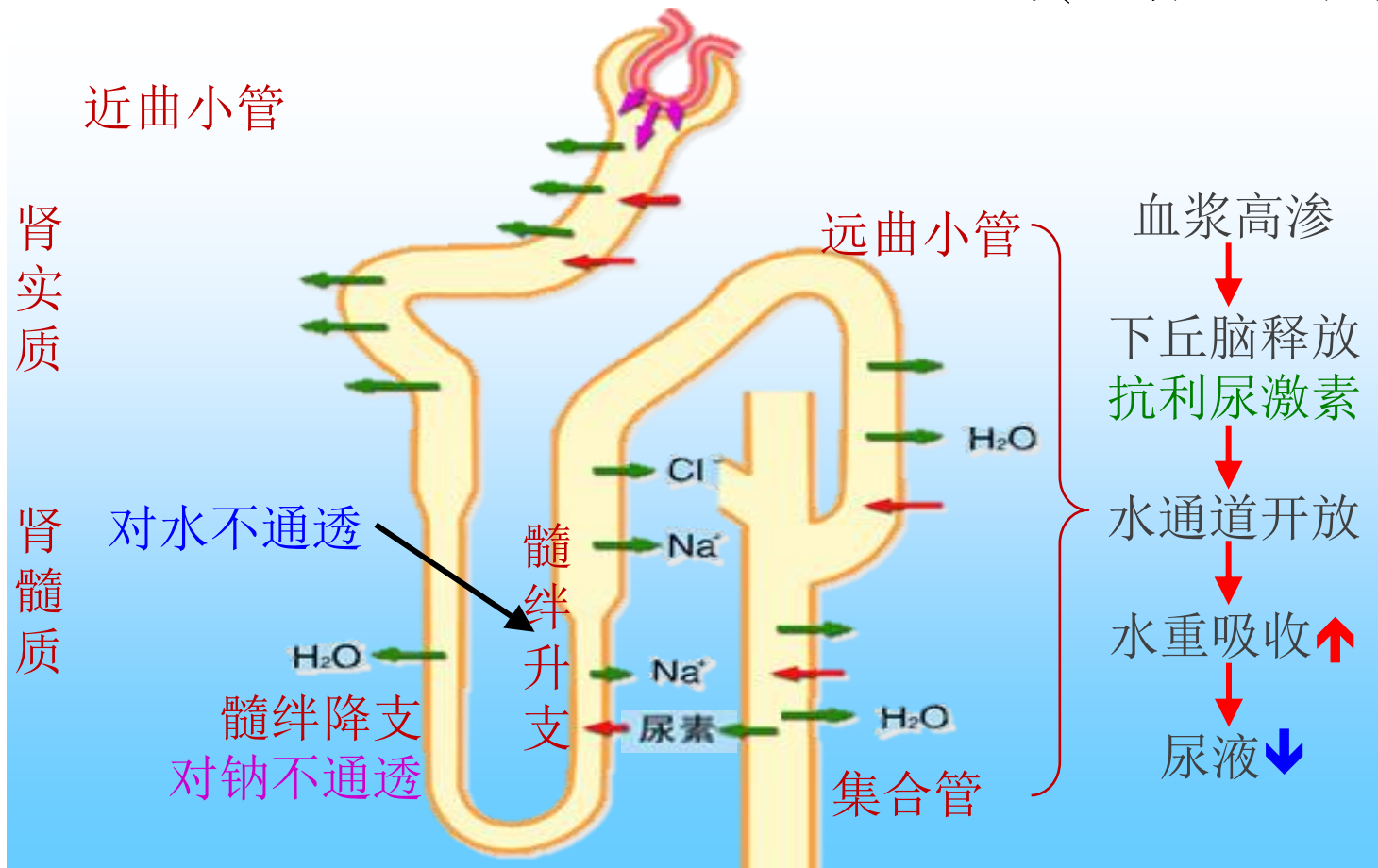


# 重吸收和分泌

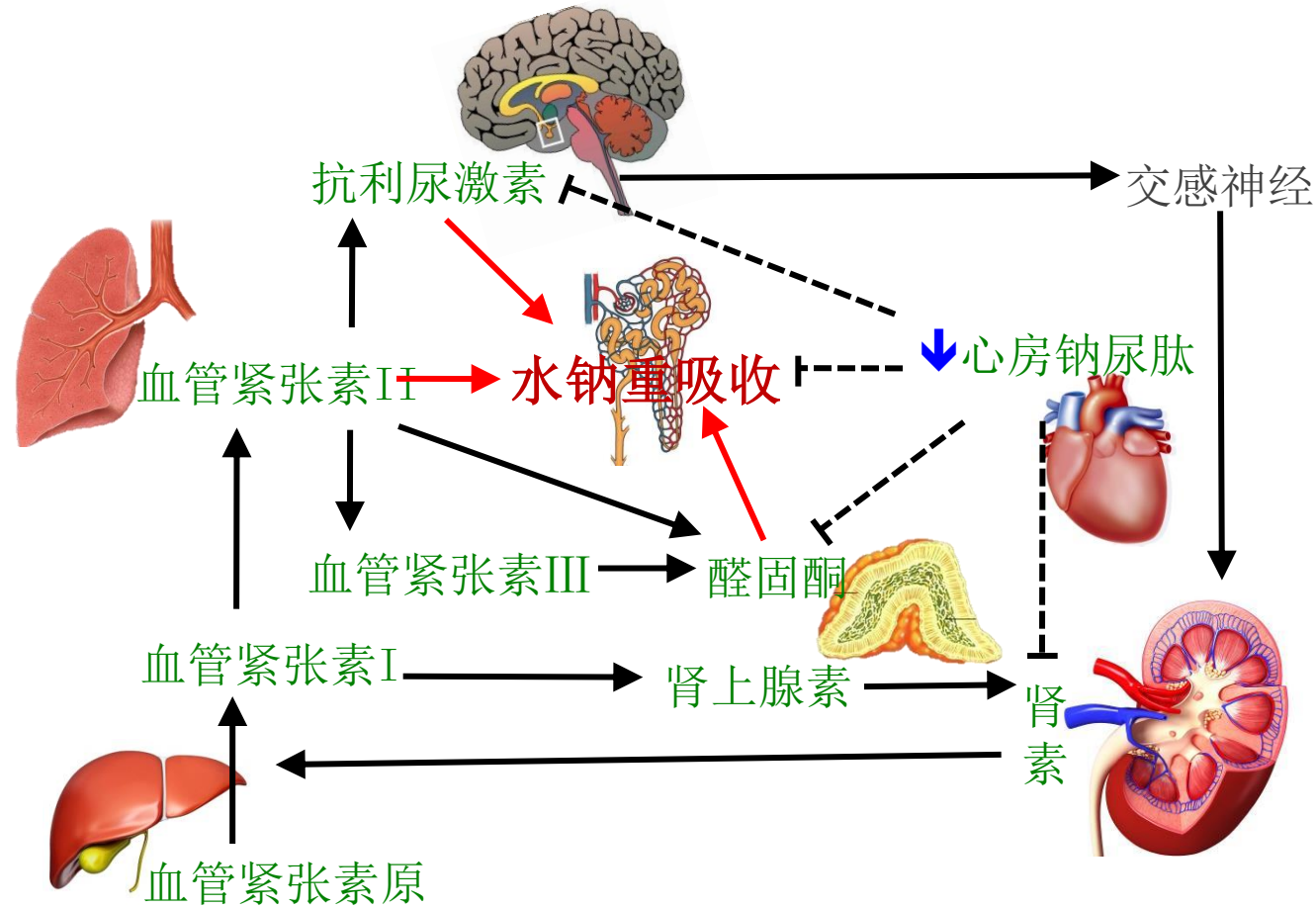


# 尿浓缩的逆流倍增机制

产生高渗尿的动物，其肾单位均具长髓袢(髓袢越长，尿越浓缩)



# 尿生成的神经体液调控（当血量减少时）



# ★ 尿生成的调节

## 一、肾内自身调节

### ● 肾血流量(renal blood flow, RBF)

肾动脉压(P)在 80 - 180 mmHg 之间变化时, RBF 保持相对恒定。

$RBF \propto P / R$  (肾动脉阻力)

$P \uparrow \Rightarrow$  入球小动脉管壁所受牵张刺激  $\uparrow \Rightarrow$  平滑肌肌紧张  $\uparrow \Rightarrow R \uparrow$

肾脏功能(在一定范围内)不随动脉压的改变而改变。



# ★ 尿生成的调节

此课件仅供学生学习  
“生理学”课程使用

## 一、肾内自身调节<sup>(2)</sup>

### ● 渗透性利尿 (小管液中溶质浓度的影响)

小管液溶质浓度很高会妨碍肾小管对水的重吸收。

★ 肾糖阈：尿中不出现葡萄糖的最高血糖浓度。

近曲小管对葡萄糖的重吸收有一定限度。血浆葡萄糖浓度  $> 200\text{mg}/100\text{ml}$  时，部分肾小管对葡萄糖的吸收已达到极限 ( $250\text{mg}/\text{min}$ )，尿中开始出现葡萄糖，此时的血糖浓度称为肾糖阈 (renal threshold for glucose)。尿中葡萄糖含量会随血糖浓度的继续升高而不断增加；当血糖浓度  $> 300\text{mg}/100\text{ml}$  后，全部肾小管对葡萄糖的吸收均达到极限。

# ★ 尿生成的调节

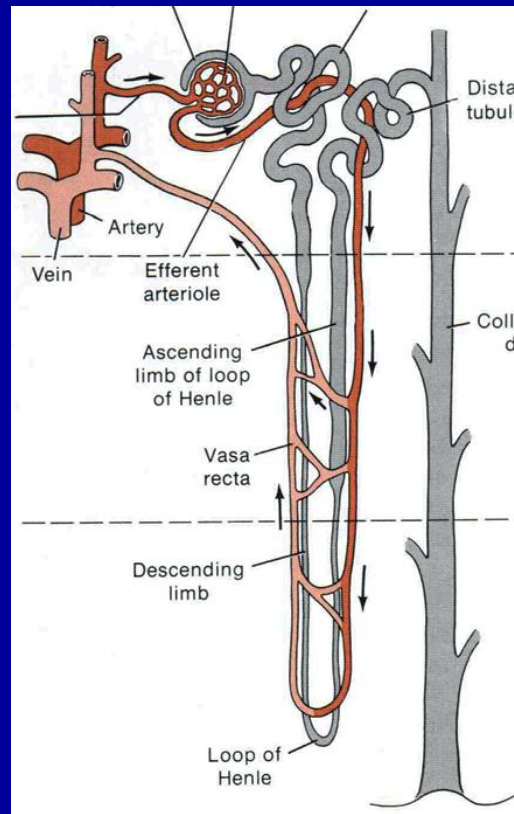
## 一、肾内自身调节<sup>(3)</sup>

### ● 渗透性利尿

当肾小管内有大量未被重吸收的溶质存在时，尿量增加。

原尿渗透浓度↑(如高葡萄糖浓度)使近曲小管水重吸收量↓⇒进入髓袢的小管液↑，所以 $\text{Na}^+$ 浓度↓⇒升支粗段能够重吸收的 $\text{Na}^+$ ↓⇒髓质渗透浓度↓⇒水重吸收↓

★ 水利尿：水排出↑，溶质排出不增加。

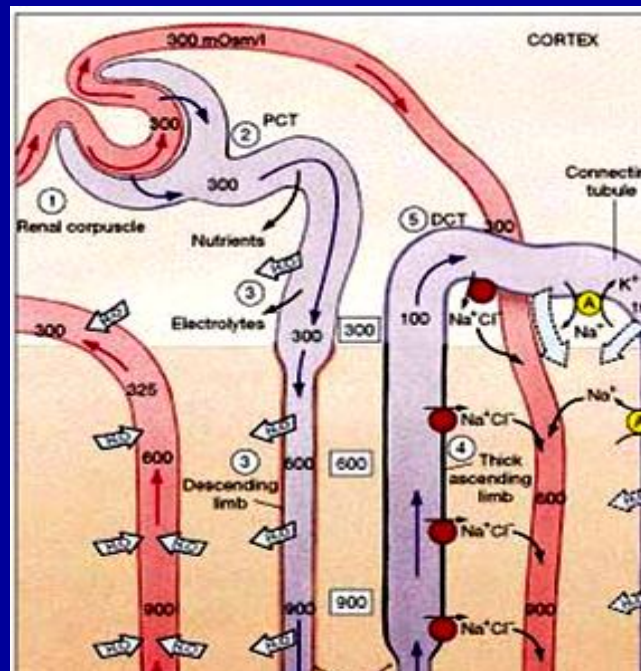


# ★ 尿生成的调节

## 一、肾内自身调节<sup>(4)</sup>

### ● 球-管平衡

**GFR** (肾小球滤过率)  $\uparrow$  (肾血流量不变)  $\Rightarrow$  进入近曲小管管周毛细血管的血量  $\downarrow$ , 故其 **血压**  $\downarrow$ 、**血浆胶体渗透压**  $\uparrow \Rightarrow$  组织间液中  $\text{H}_2\text{O}$  和  $\text{Na}^+$  进入毛细血管  $\uparrow$ , 即近曲小管对  $\text{H}_2\text{O}$  和  $\text{Na}^+$  的重吸收量  $\uparrow$



保证 $\text{Na}^+$ 和水的排出不会因GFR的变化而发生大的变化。

# ★ 尿生成的调节

## 二、神经和体液调节

● 交感神经(支配血管平滑肌、球旁细胞)兴奋(Adr↑或NE↑)

①入球小动脉收缩 > 出球小动脉收缩  $\Rightarrow$  GFR (肾小球滤过率)↓; ( $\alpha$ 受体)

②球旁细胞肾素释放↑ ( $\beta$ 受体)  $\rightarrow \dots \rightarrow$  醛固酮分泌↑;

③近曲小管重吸收 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Cl}^-$ 和 $\text{HCO}_3^-$ ↑ ( $\alpha$ 受体)。

# ★ 尿生成的调节

## 二、神经和体液调节

### 肾素—血管紧张素—醛固酮系统

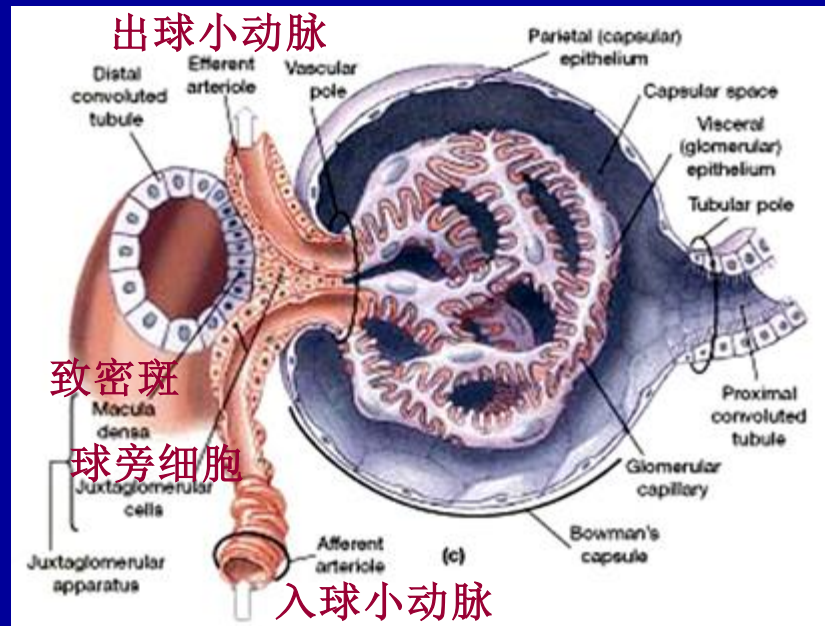
调节：

①入球小动脉牵张感受器：动脉血压↓ $\Rightarrow$ 肾血流量↓ $\Rightarrow$ 感受器兴奋 $\Rightarrow$ 肾素释放↑；

②致密斑：动脉血压↓ $\Rightarrow$  GFR↓ $\Rightarrow$ 滤过的 $\text{Na}^+$ ↓ $\Rightarrow$ 流经致密斑的 $\text{Na}^+$ ↓ $\Rightarrow$ 感受器兴奋 $\Rightarrow$ 肾素释放↑；

③血中 $[\text{K}^+]$ ↑或 $[\text{Na}^+]$ ↓ $\Rightarrow$ 醛固酮分泌↑





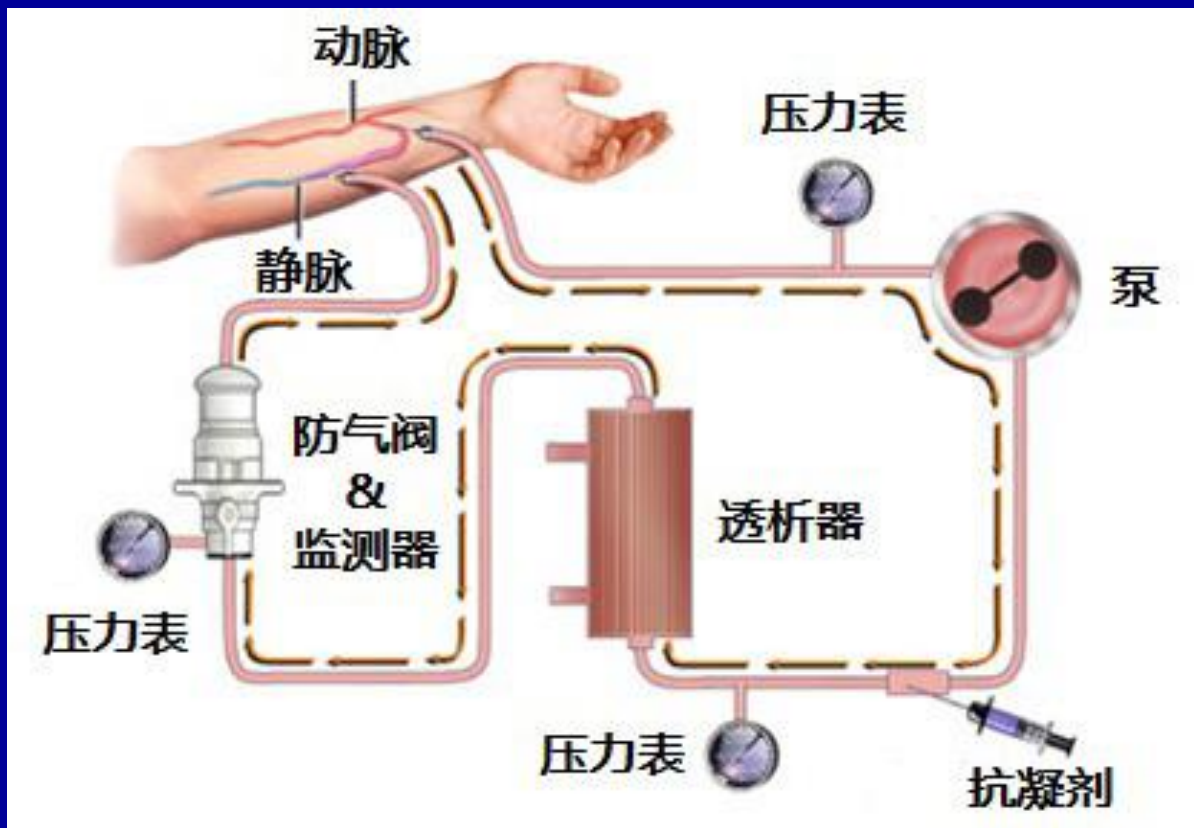
## ● 特殊的细胞群

①球旁细胞：对血流量变化敏感，流量↓⇒分泌肾素(P156)↑；

②致密斑：远曲小管壁上的柱状细胞，对 $[Na^+]$ 敏感(↓⇒肾素↑)。

## 血液透析原理

通过扩散、对流及吸附清除血液中各种内源性和外源性“毒素”；通过超滤和渗透清除体内潴留的水分，同时纠正电解质和酸碱失衡。



扩散：溶质依靠浓度梯度从高浓度一侧向低浓度一侧转运。

对流：溶质伴随溶剂一起通过半透膜的移动（跨膜的动力是膜两侧的静水压差）。

吸附：通过正负电荷相互作用等选择性吸附某些蛋白质、毒物及药物（所有透析膜表面均带负电荷）。

