

A high-magnification light micrograph of a kidney section. The image shows several glomeruli, which are spherical clusters of capillaries, stained pink. These are surrounded by a network of tubules, which are stained a darker purple. The overall structure is complex and organized, typical of renal tissue. The background is a light, pinkish-purple color, likely representing the surrounding interstitial tissue.

ОСНОВЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ ПОЧЕК

Выделение – процесс выведения конечных продуктов метаболизма, токсичных веществ и избытка полезных веществ из внутренней среды организма во внешнюю среду.

ОЧИЩЕНИЕ

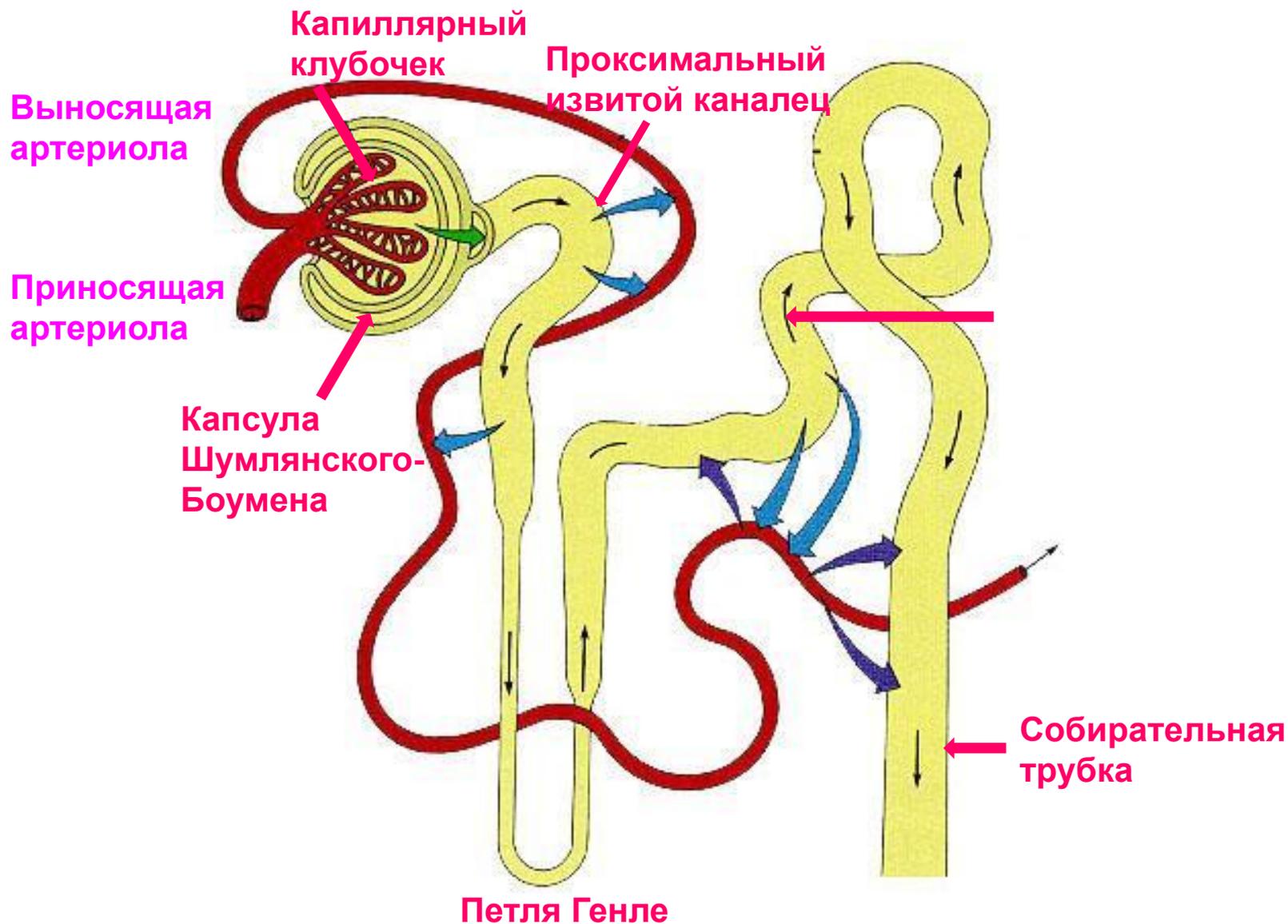


**ПОДДЕРЖАНИЕ
КОНСТАНТ
КРОВИ**

ФУНКЦИИ ПОЧКИ

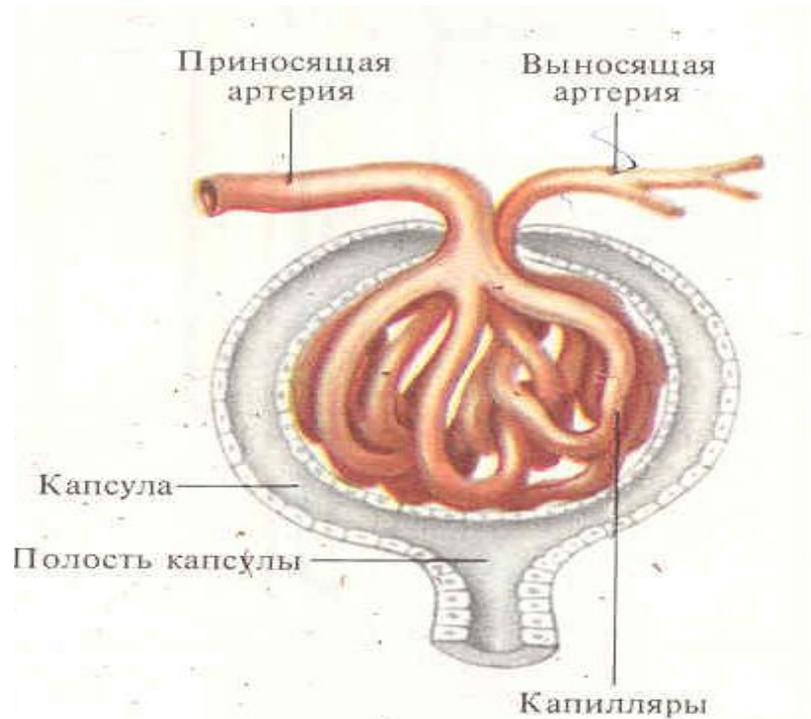
- **ЭКСКРЕТОРНАЯ**
- **ГОМЕОСТАТИЧЕСКИЕ:**
 - ВОЛЮМОРЕГУЛИРУЮЩАЯ
 - ОСМОРЕГУЛИРУЮЩАЯ
 - ИОНОРЕГУЛИРУЮЩАЯ
 - РЕГУЛЯЦИЯ pH КРОВИ
- **ИНКРЕТОРНАЯ**
- **МЕТАБОЛИЧЕСКАЯ**

Нефрон – структурно-функциональная единица почки



✓ **От просвета приносящей и выносящей артериол зависит:**

- участие нефрона в процессе выделения (в покое 50 - 85%);
- поддержание высокого давления крови в капиллярах клубочка



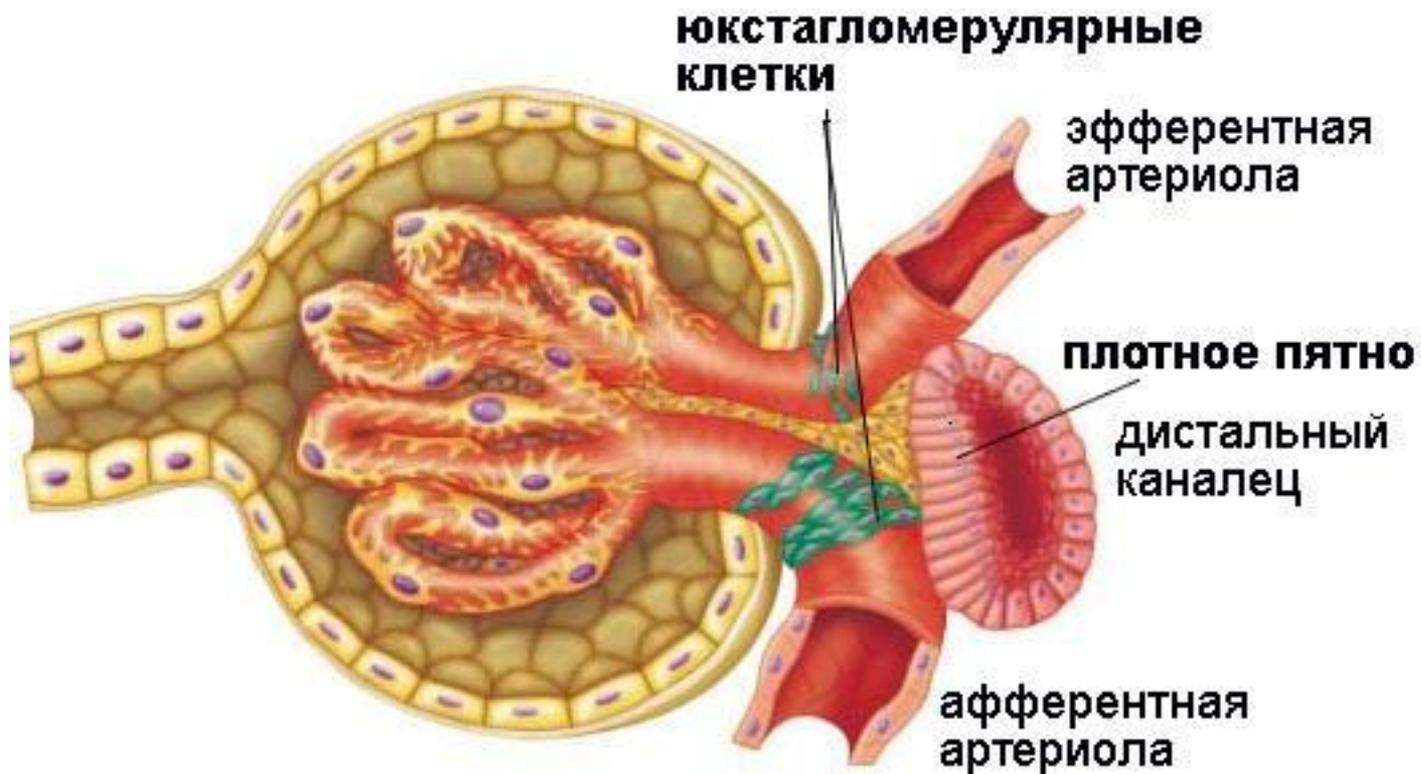
✓ **Высокий уровень** кровоснабжения почек.

ОРГАН	КРОВОТОК мл/мин	Потребление O ₂ μМ/100 г мин
ПОЧКА	1260	267
МОЗГ	750	147
КОЖА	460	15
СК. МЫШЦА	840	72
СЕРДЦЕ	252	431

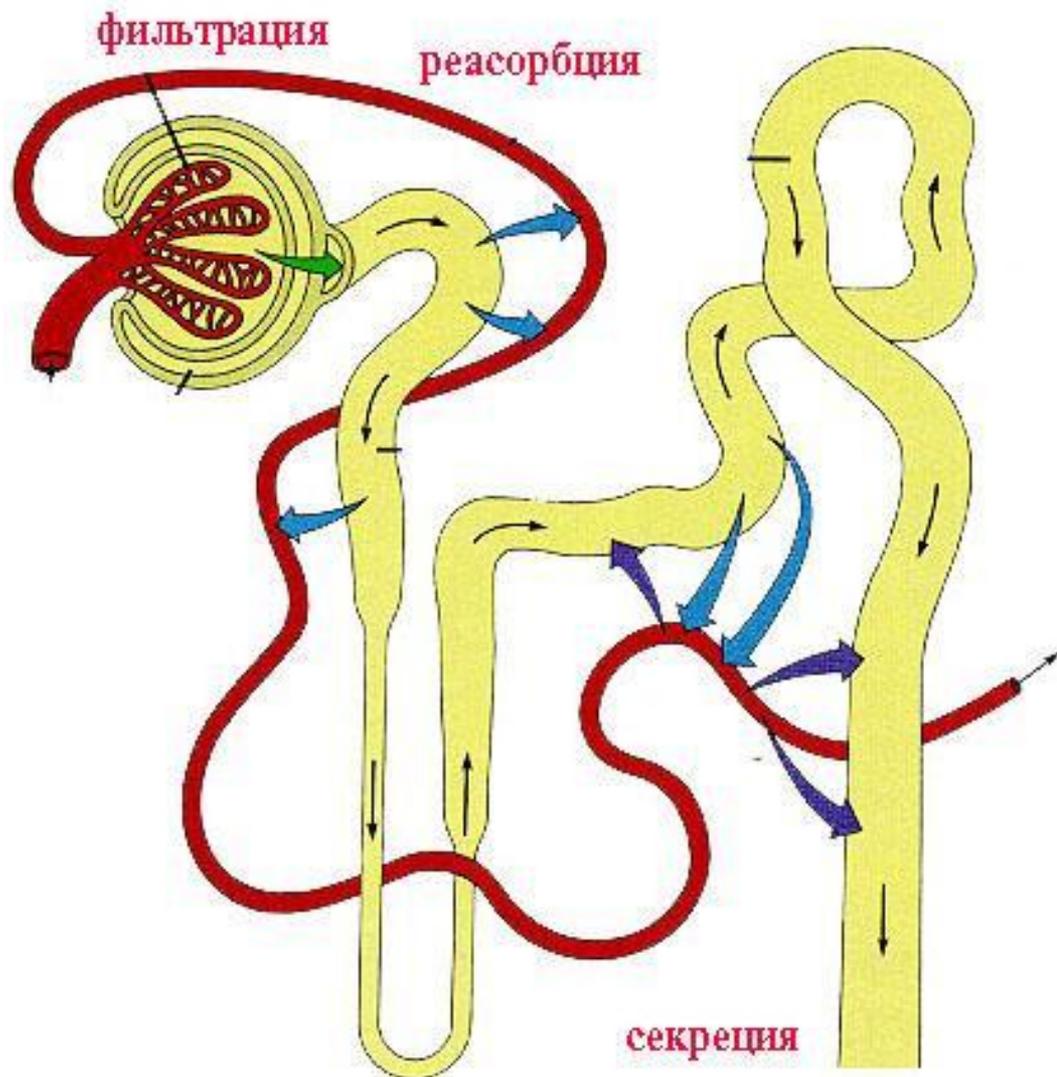
[Cohen, Ramm, 1976]

Юкстагломерулярный аппарат (ЮГА):

- ✓ образуют юкстагломерулярные клетки афферентной артериолы и клетки *плотного пятна* дистального канальца,
- ✓ реагирует на снижение ОЦК и АД, снижение доставки NaCl к плотному пятну - выделяет **ренин**.



ПРОЦЕСС ОБРАЗОВАНИЯ МОЧИ

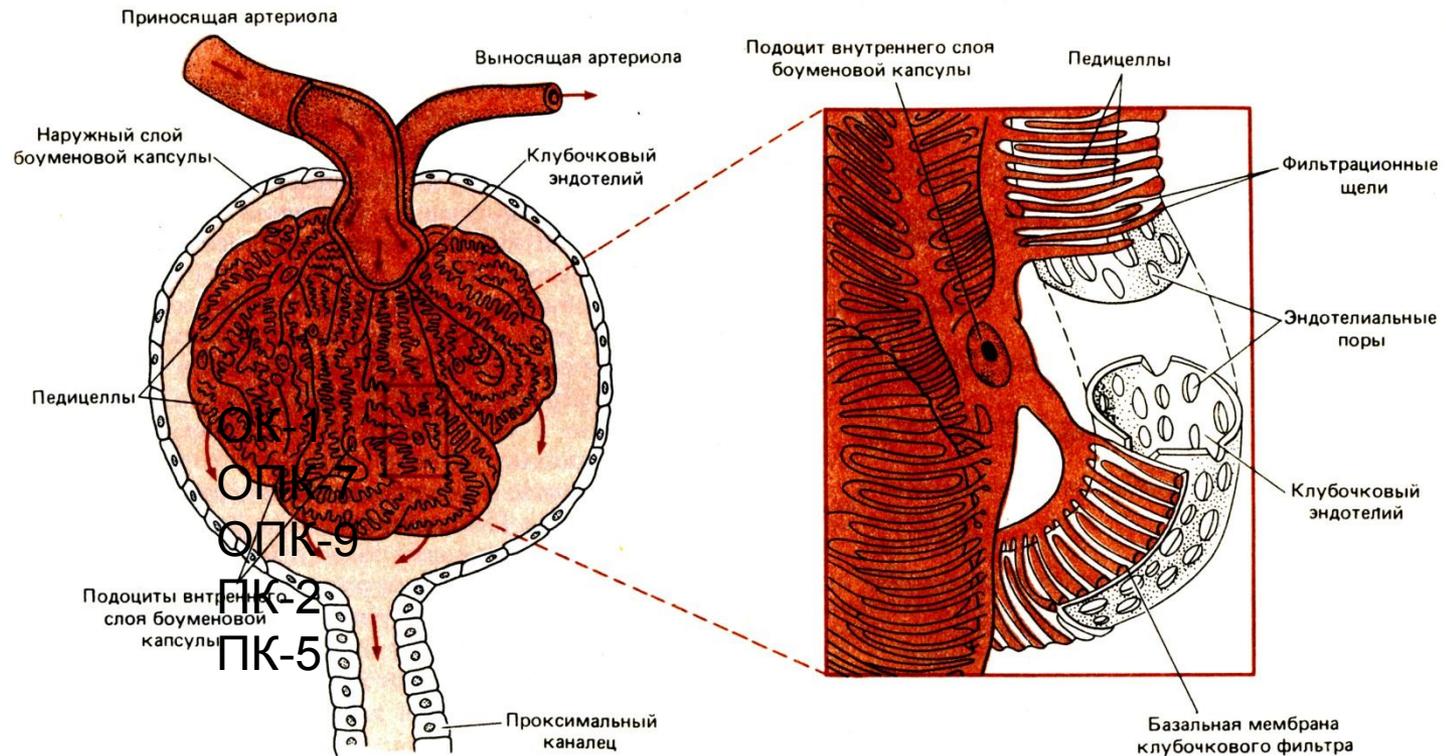


1. ФИЛЬТРАЦИЯ
(в капиллярах клубочка)

2. РЕАБСОРБЦИЯ

3. СЕКРЕЦИЯ

ФИЛЬТРАЦИЯ



1. Фильтруется – **плазма крови**: из капилляров в капсулу.

2. Результат фильтрации – **первичная моча**.

3. **Фильтр**:

- стенка окончатого капилляра (эндотелий и базальная мембрана),
- внутренний листок капсулы – подоциты и их ножки (педицеллы).

СКОРОСТЬ КЛУБОЧКОВОЙ ФИЛЬТРАЦИИ ЗАВИСИТ ОТ:

1. **Фильтрационного давления**
(в среднем 10-15 мм рт. ст.).

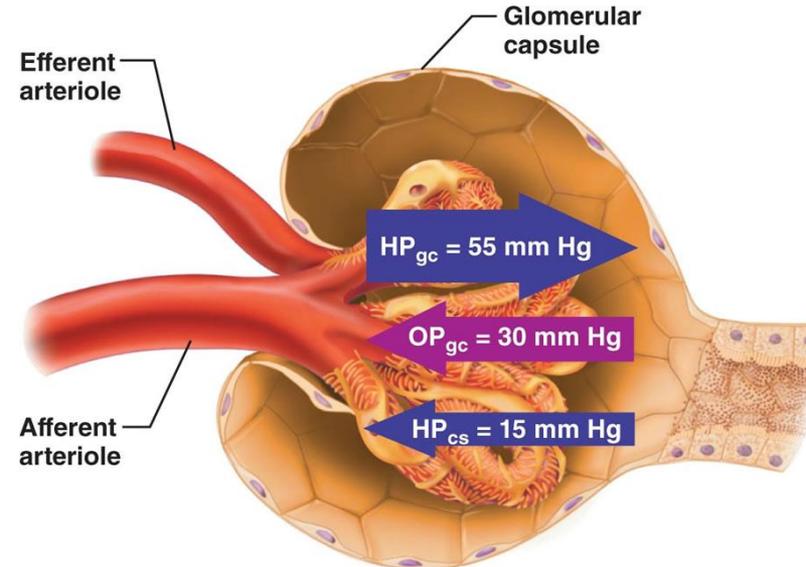
$$P_f = P_{\text{гидр. крови}} - (P_{\text{онк. крови}} + P_{\text{гидр. капсулы}})$$

$$P_f = 55 - (30 + 15) = 10$$

2. **Почечного кровотока.**
3. **Давления крови в магистральных сосудах (аорте, почечной артерии).**

4. **Проницаемости капилляров клубочка.**

5. **Количества действующих нефронов.**



Измерение скорости клубочковой фильтрации

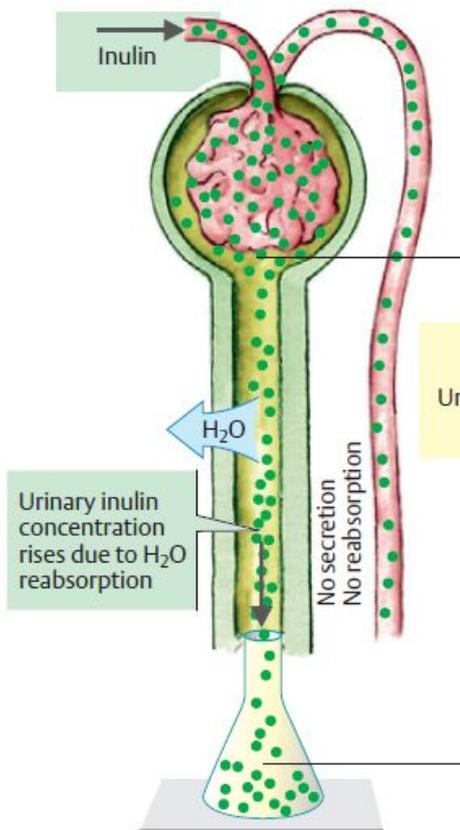
Клиренс – коэффициент очищения крови от определенного вещества, подвергающегося только фильтрации (инулина, креатинина).

$$C_{In} = (U_{In} \cdot V) / P_{In}$$

V - объем мочи,

U_{In} - концентрация инулина в моче,

P_{In} - концентрация инулина в плазме крови.



Клиренс инулина = 110-125 мл/мин.

В сутки – около 180 л первичной мочи.

ПРИМЕР

1. Определение концентрации инулина в плазме (после однократного или постоянного **введения** р-ра инулина) :
 $P_{in} = 1$ мг на мл

2. Сбор мочи (в т.ч. через катетер): за сутки, за несколько часов, за 45 мин. Скорость мочеобразования **1мл/мин**

Например, за 3 ч (180 мин):

- концентрация инулина в моче **$U_{in} = 125$ мг/ мл,**
- объем мочи **$V = 180$ мл**

$$\begin{aligned} C_{in} &= U_{in} * V / P_{in} = 125 \text{ мг/мл} * 180 \text{ мл} / 1 \text{ мг/мл} = \\ &= 22500 \text{ мл (за 180 мин)} = 125 \text{ мл/мин} \end{aligned}$$

ПРОБА РЕБЕРГА

(клиренс *эндогенного* креатинина)

1. Определение концентрации креатинина в плазме
(утром, натощак)
2. Сбор мочи: 2 раза по часу, за сутки.

Креатинин не только фильтруется, но и немного секретирется, поэтому его клиренс на 15-20% может быть выше реальной скорости фильтрации!

Расчет скорости клубочковой фильтрации

1) по *D.W. Cockcroft* и *M.N. Gault* (мл/мин).

Мужчины

$$\text{СКФ} = [(140 - \text{Возраст (лет)}) \cdot \text{Масса тела (кг)}] : (72 \cdot P_{\text{Cr}})$$

- **Норма 90-150 мл/мин**

Женщины (коэф. 0.85)

$$\text{СКФ} = [(140 - \text{Возраст (лет)}) \cdot \text{Масса тела (кг)}] \cdot 0.85 : (72 \cdot P_{\text{Cr}}).$$

- **Норма 90-130 мл/мин**

P_{Cr} - креатинин плазмы (мг/дл)

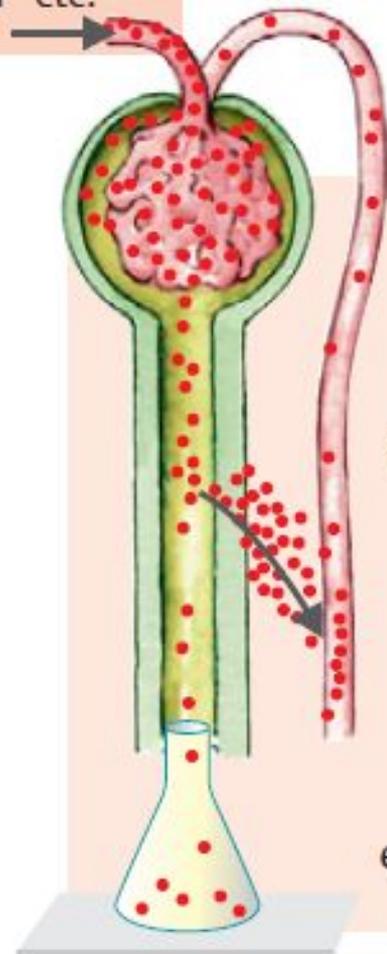
2) новая формула **СКД-ЕРІ** (мл/мин/1,73 м²) :
дает более точные результаты

Пол	P_{Cr} мг/дл	
Женский	≤ 0.7	$144 * (0.993)^{\text{возраст}} * (P_{Cr}/0.7)^{-0.328}$
Женский	> 0.7	$144 * (0.993)^{\text{возраст}} * (P_{Cr}/0.7)^{-1.21}$
Мужской	≤ 0.9	$141 * (0.993)^{\text{возраст}} * (P_{Cr}/0.9)^{-0.412}$
Мужской	> 0.9	$141 * (0.993)^{\text{возраст}} * (P_{Cr}/0.9)^{-1.21}$

P_{Cr} - креатинин плазмы, мг/дл

B. Clearance levels (1) lower or (2) higher than inulin clearance

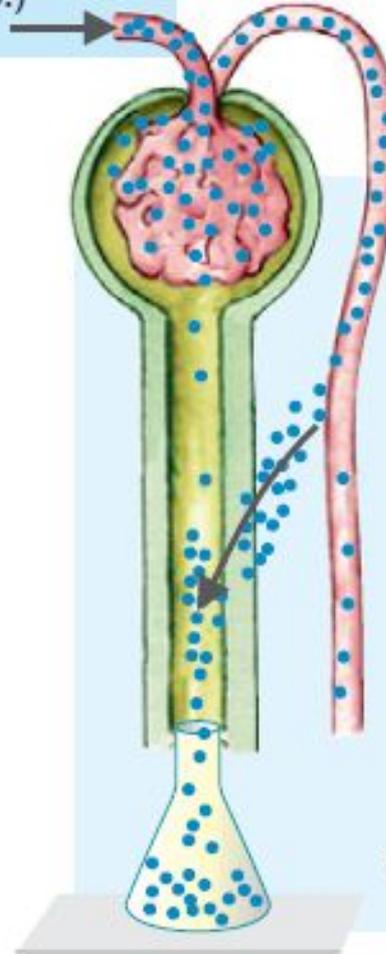
Glucose
Amino acids
Na⁺, Cl⁻ etc.



1
Filtration
+
Reabsorption
↓
Low excretion rate

$$\frac{C_x}{C_{In}} = \frac{C_x}{GFR} = \text{Fractional excretion} = FE < 1.0$$

Organic anions or cations (e.g. PAH and atropine, resp.)



2
Filtration
+
Secretion
↓
High excretion rate

$$\frac{C_x}{C_{In}} = \frac{C_x}{GFR} = \text{Fractional excretion} = FE > 1.0$$

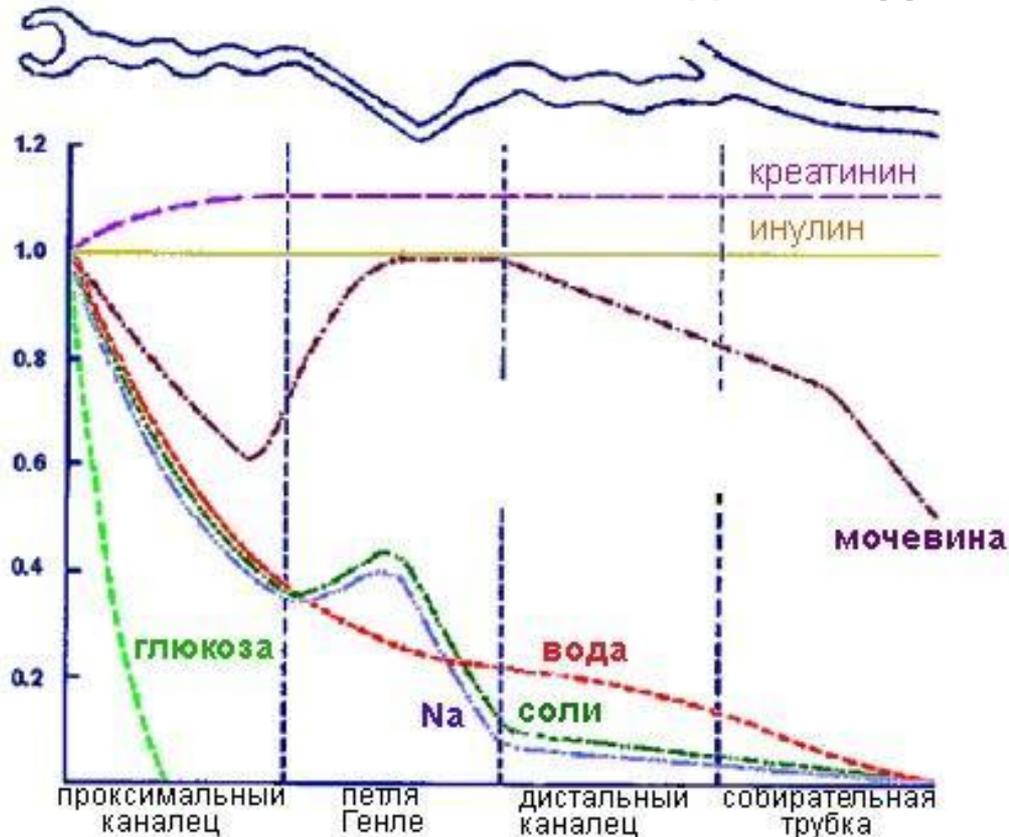
РЕАБСОРБЦИЯ

Обязательная (облигатная):

- идет всегда в полном объеме,
- мало подвержена регуляции,
- преобладает в проксимальном отделе нефрона.

Факультативная (избирательная):

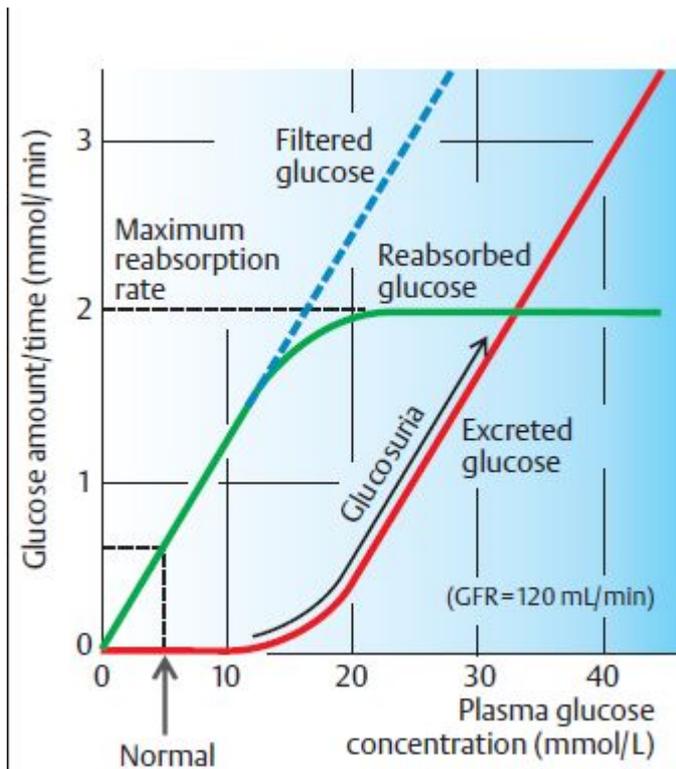
- изменяется в зависимости от состояния организма,
- регулируется,
- преобладает в дистальном отделе нефрона.



Порог выведения – концентрация вещества в крови, при которой оно не может быть полностью реабсорбировано и появляется в конечной моче.

Пороговые вещества - имеющие порог выведения (глюкоза > 10 ммоль/л в крови).

Непороговые вещества - выделяются с мочой при любой их концентрации в крови (инулин).



ИЗМЕРЕНИЕ СКОРОСТИ СЕКРЕЦИИ И ЭФФЕКТИВНОГО ПЛАЗМОТОКА В ПОЧКЕ

Измерение клиренса ПАГК

$$C_{\text{ПАГК}} = (U_{\text{ПАГК}} \cdot V) / P_{\text{ПАГК}}$$

Клиренс ПАГК = 680-720 мл/мин.

ПАРАМЕТРЫ МОЧИ (норма)

Цвет: соломенно-желтый

pH = 4.4 – 8.4

U_{Osm}/P_{osm} 0.16 – 4.5

Прозрачность: +

Белок: нет

Глюкоза: нет

Эритроциты: нет

Лейкоциты: ед.в поле зрения

Слизь: нет

РЕГУЛЯЦИЯ ВОДНО-СОЛЕВОГО БАЛАНСА:

- Содержание солей (прежде всего, натрия)
- Р осмотическое
- Содержание воды

Почечные механизмы:

- 1.Регуляция объема фильтрации (главный объект регуляции – просвет афферентных артериол нефрона)
- 2.Регуляция реабсорбции и секреции солей (альдостерон, АДГ, натрийуретический гормон)
- 3.Регуляция реабсорбции воды (АДГ)

РЕЦЕПТОРЫ, УЧАСТВУЮЩИЕ В РЕГУЛЯЦИИ ПРОЦЕССОВ ВЫДЕЛЕНИЯ

Осморецепторы
(гипоталамус, сосуды
почки, печени и др.)



**Увеличение
Росм крови**

Натриорецепторы
(гипоталамус, сердце,
стенка III жел.ГМ)

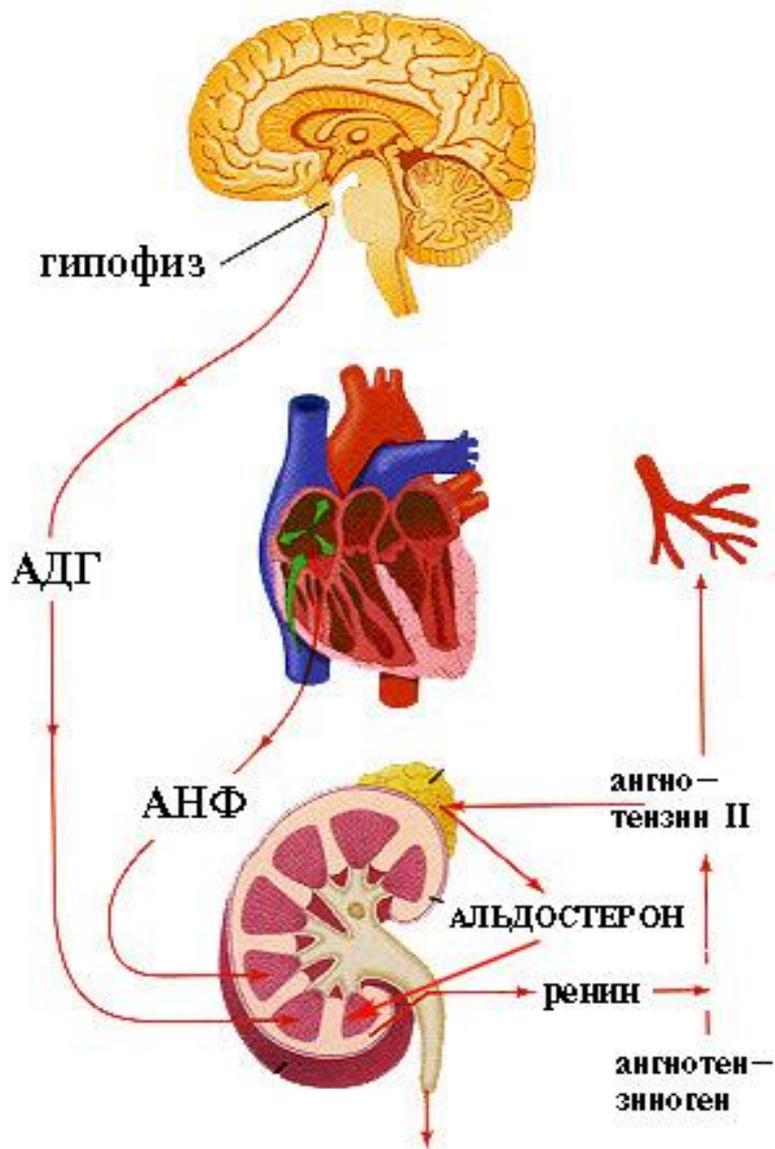


**Увеличение
Na+ в крови**

Волюморецепторы
(полые вены, предсердия,
приносящая артериола)



**Растяжение стенок
предсердий и сосу-
дов при изменении
ОЦК и АД**



Антидиуретический гормон (АДГ) (нейрогипофиз):

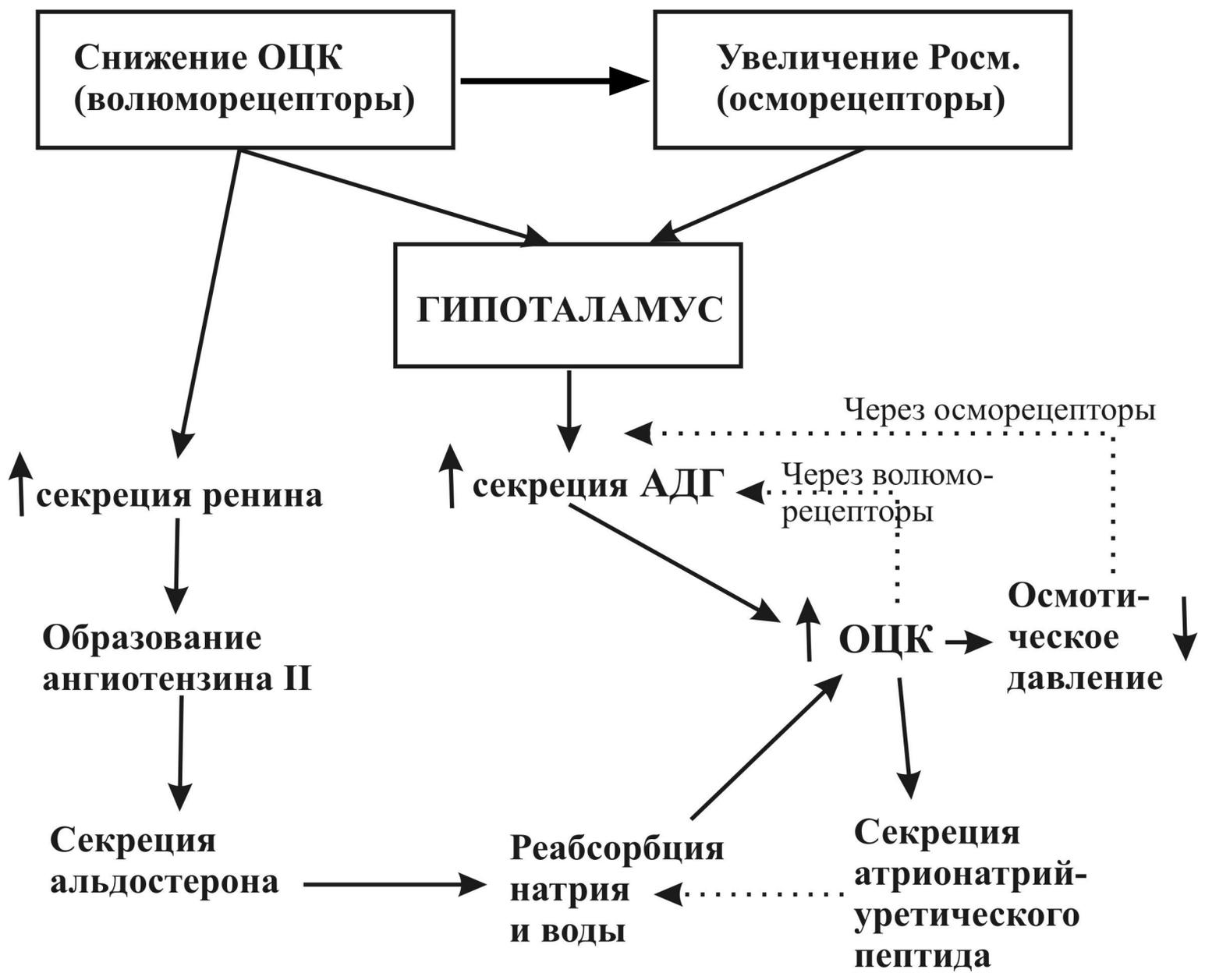
- увеличивает реабсорбцию воды.

Альдостерон (кора надпочечников):

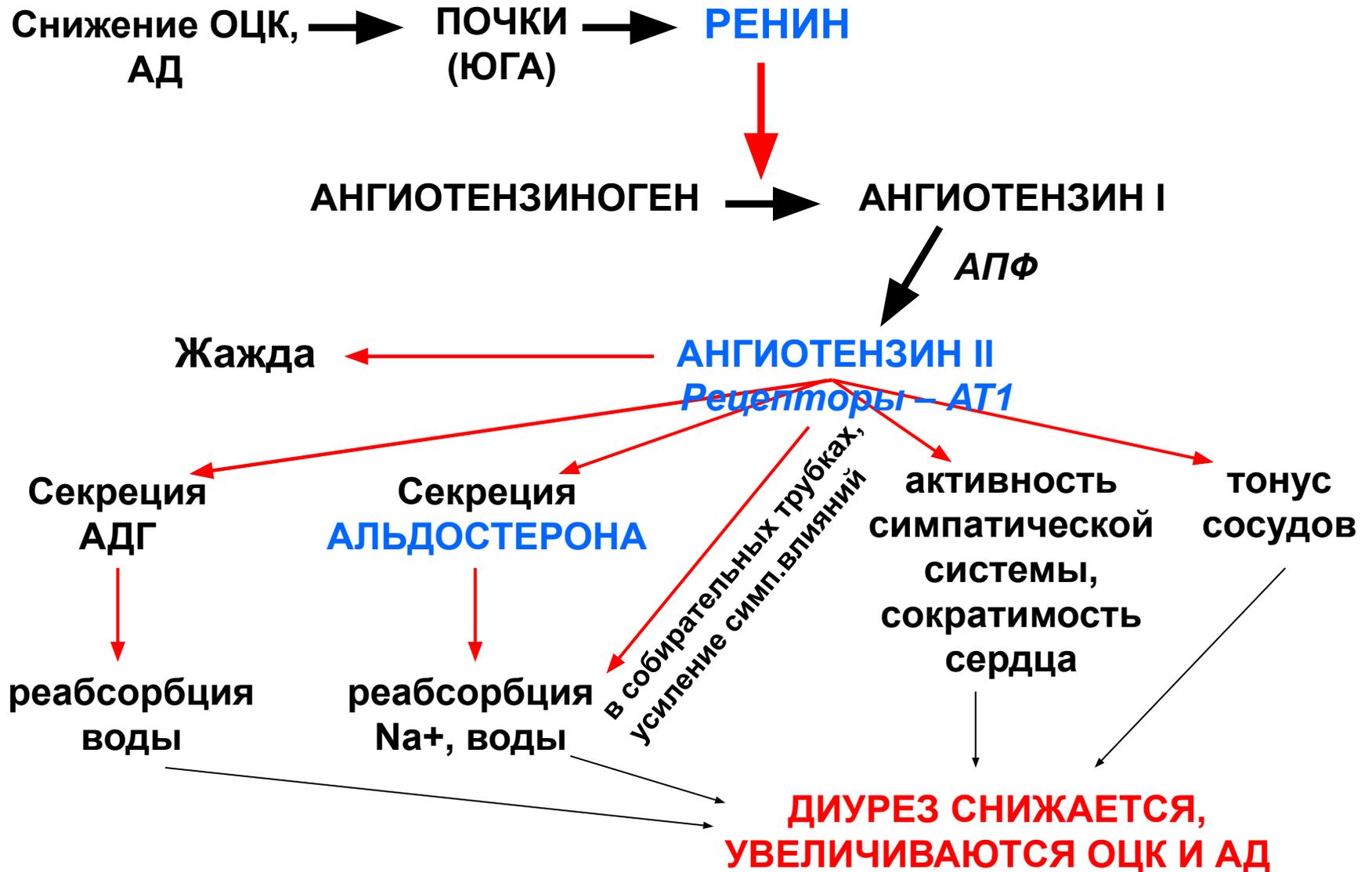
- увеличивает реабсорбцию Na^+ (при этом также увеличивается
 - реабсорбция воды,
 - секреция K^+)

Атрионарийуретический пептид (предсердия):

- снижает реабсорбцию Na^+ , Cl^- , Mg^{++} , Ca^{++} (как следствие – снижение реабсорбции воды),
- увеличивает фильтрацию
- снижает активность ЮГА.



РЕНИН-АНГИОТЕНЗИН-АЛЬДОСТЕРОНОВАЯ СИСТЕМА



НЕРВНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ ФУНКЦИЙ ПОЧКИ

СИМПАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА :

- ✓ Сужает сосуды почек, в т.ч. приносящие артериолы.
- ✓ Активирует реабсорбцию Na^+ , глюкозы, воды в клетках канальцев.
- ✓ Активирует юкстагломерулярный аппарат почек (секрецию ренина).



- снижение диуреза,
- задержка воды и солей,
- повышение ОЦК, АД

ФУНКЦИИ И ДИСФУНКЦИИ ПОЧКИ

ФУНКЦИИ

ВОЛЮМОРЕГУЛЯЦИЯ
ОСМОРЕГУЛЯЦИЯ

РЕГУЛЯЦИЯ pH
ИНКРЕТОРНАЯ

ЭКСКРЕТОРНАЯ
ИОННАЯ РЕГУЛЯЦИЯ

ДИСФУНКЦИИ

ОТЕКИ
ГИПООСМИЯ,
ГИПЕРОСМИЯ
АЦИДОЗ, АЛКАЛОЗ
ГИПЕРТЕНЗИЯ,
АНЕМИЯ, НАРУШЕНИЕ
ОБМЕНА КАЛЬЦИЯ
УРЕМИЯ
ГИПО- ГИПЕРНАТРИЕМИЯ
ГИПО- ГИПЕРКАЛИЕМИЯ
ГИПО- ГИПЕРКАЛЬЦИЕМИЯ