

*Физиология  
выделительной  
системы*

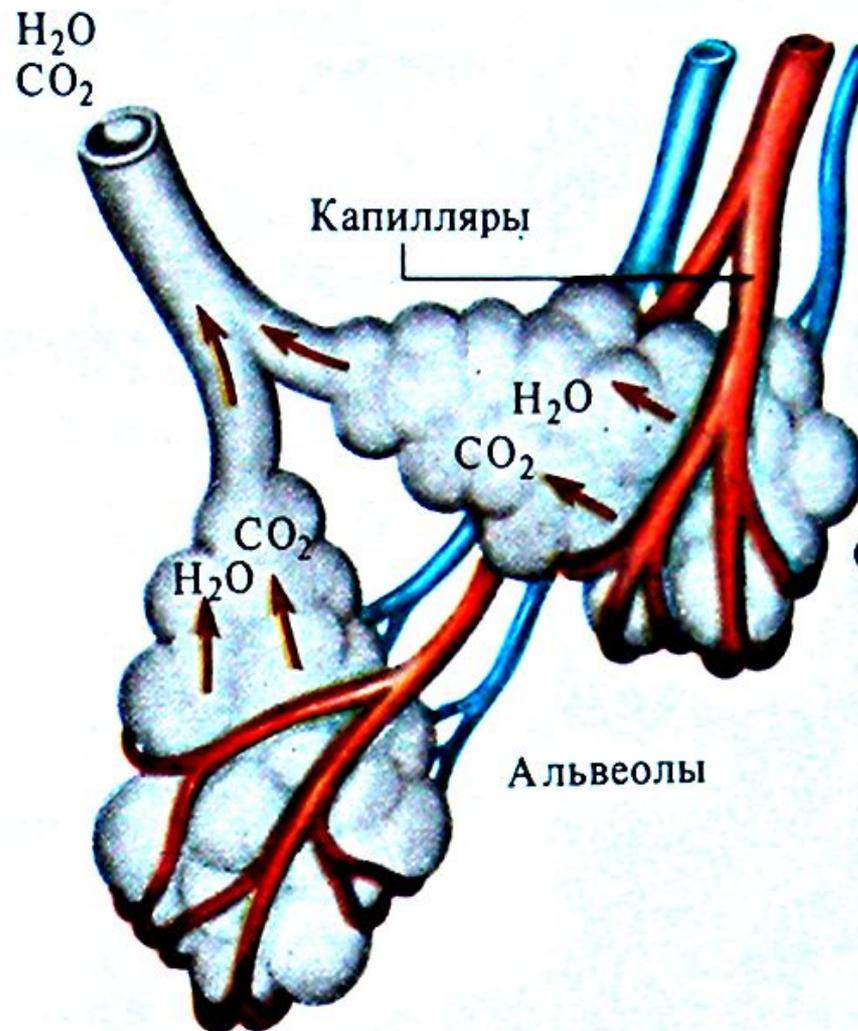
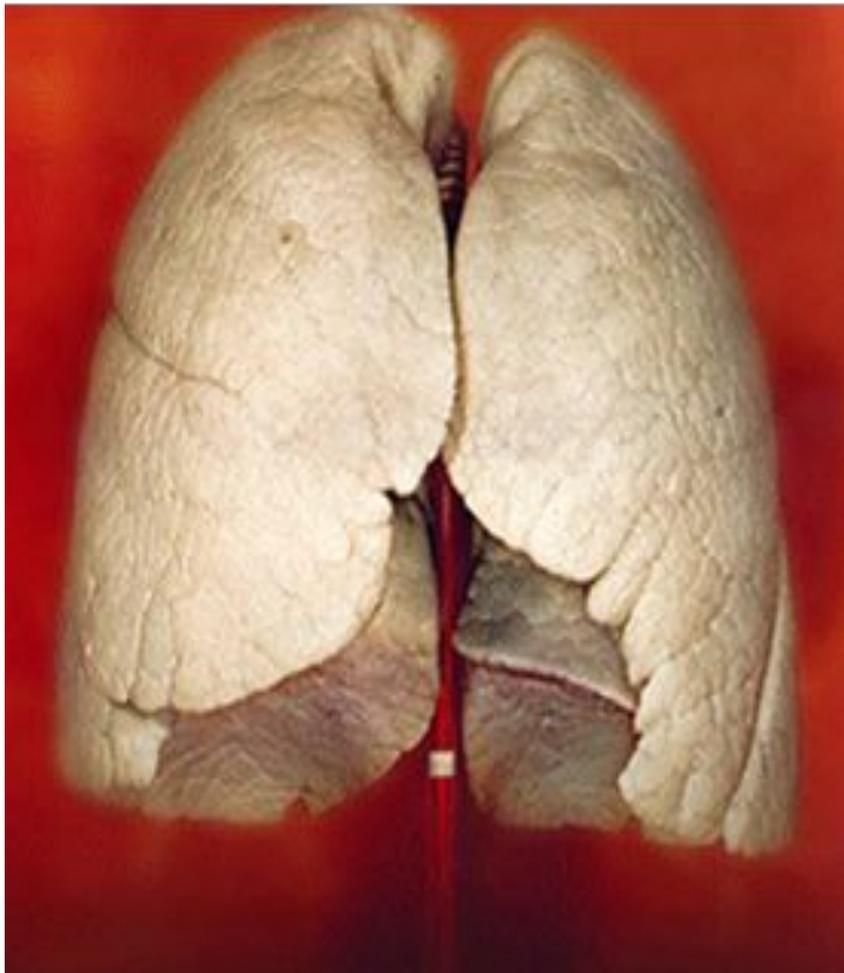


# План:

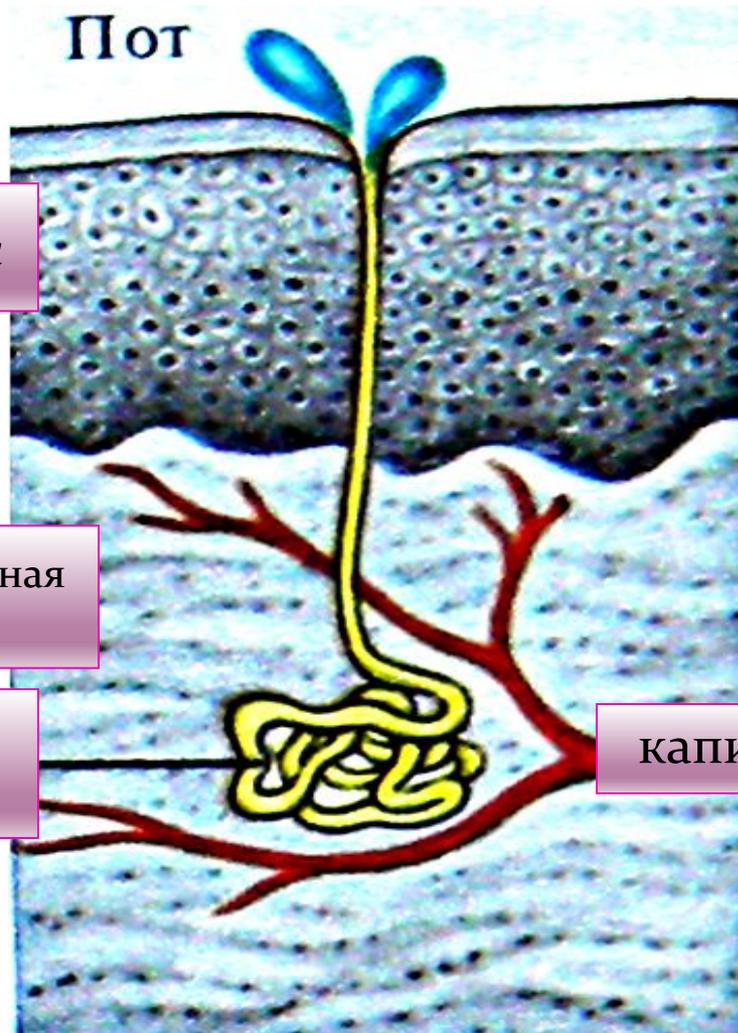
1. Органы выделения
2. Гомеостатические функции почек
3. Механизмы фильтрации
4. Механизмы реабсорбции, секреции
5. Методы оценки мочеобразовательной функции почек

Органы,  
выполняющие  
выделительную  
функцию

# Выделительная функция легких



# Выделительная функция кожи



эпидермис

соединительная  
ткань

потовая  
железа

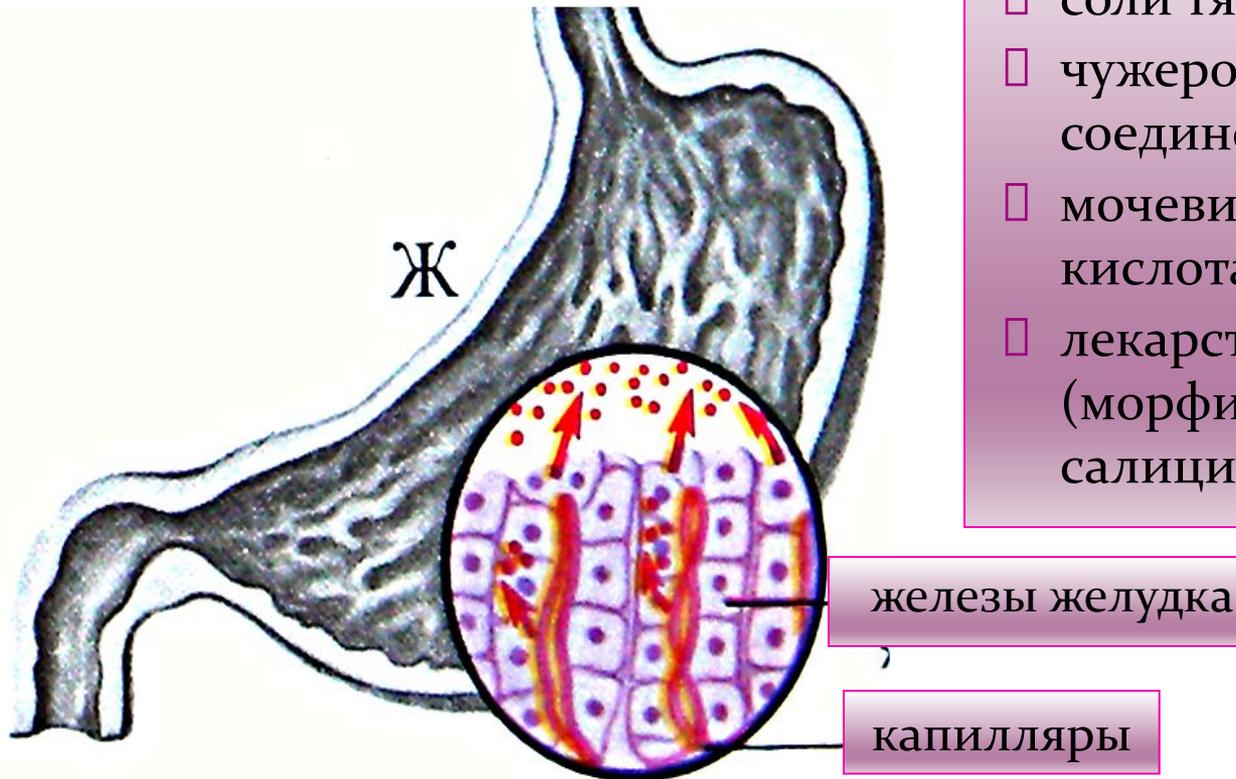
капилляр

0,5 – 1,0 л  
воды удаляется  
в виде паров с  
поверхности кожи  
(всего около  
2,5 л/сут.)

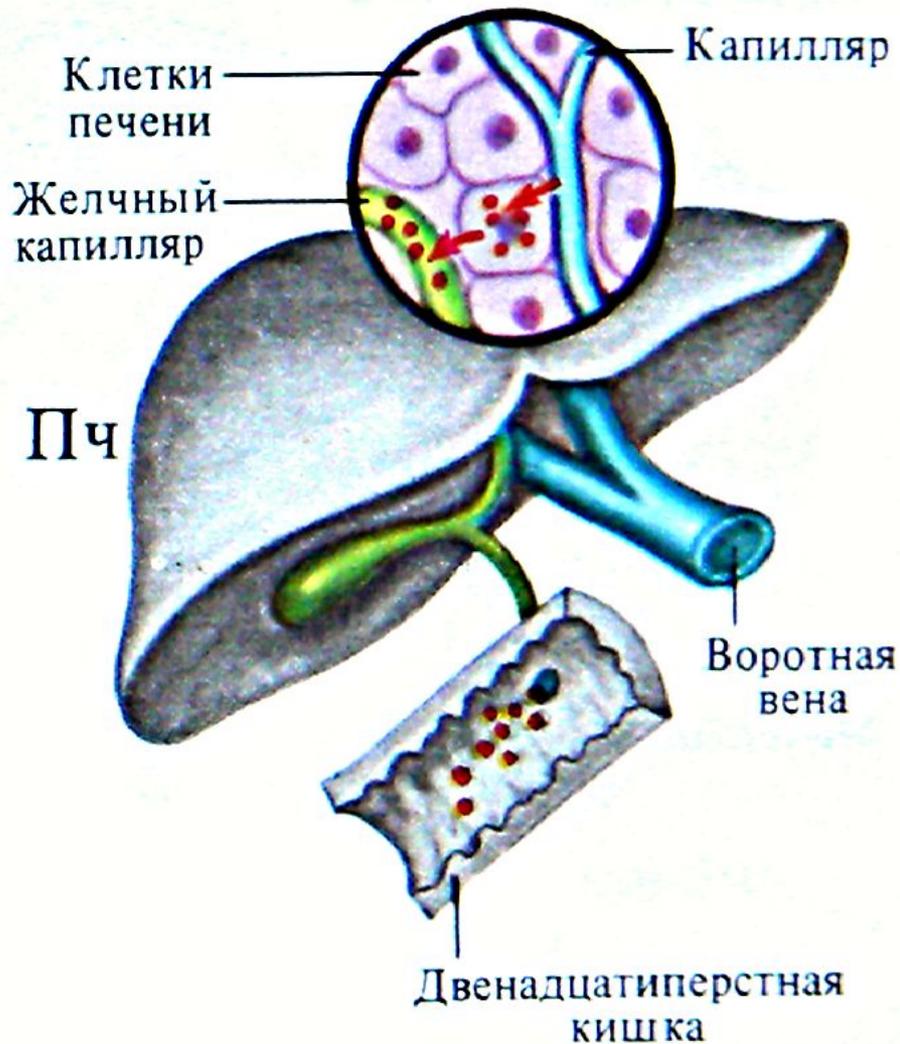
# Выделительная функция пищеварительного тракта

Железы пищеварительного тракта могут выделять:

- соли тяжёлых металлов
- чужеродные органические соединения
- мочевины и мочевая кислота
- лекарственные вещества (морфий, хинин, салицилаты)

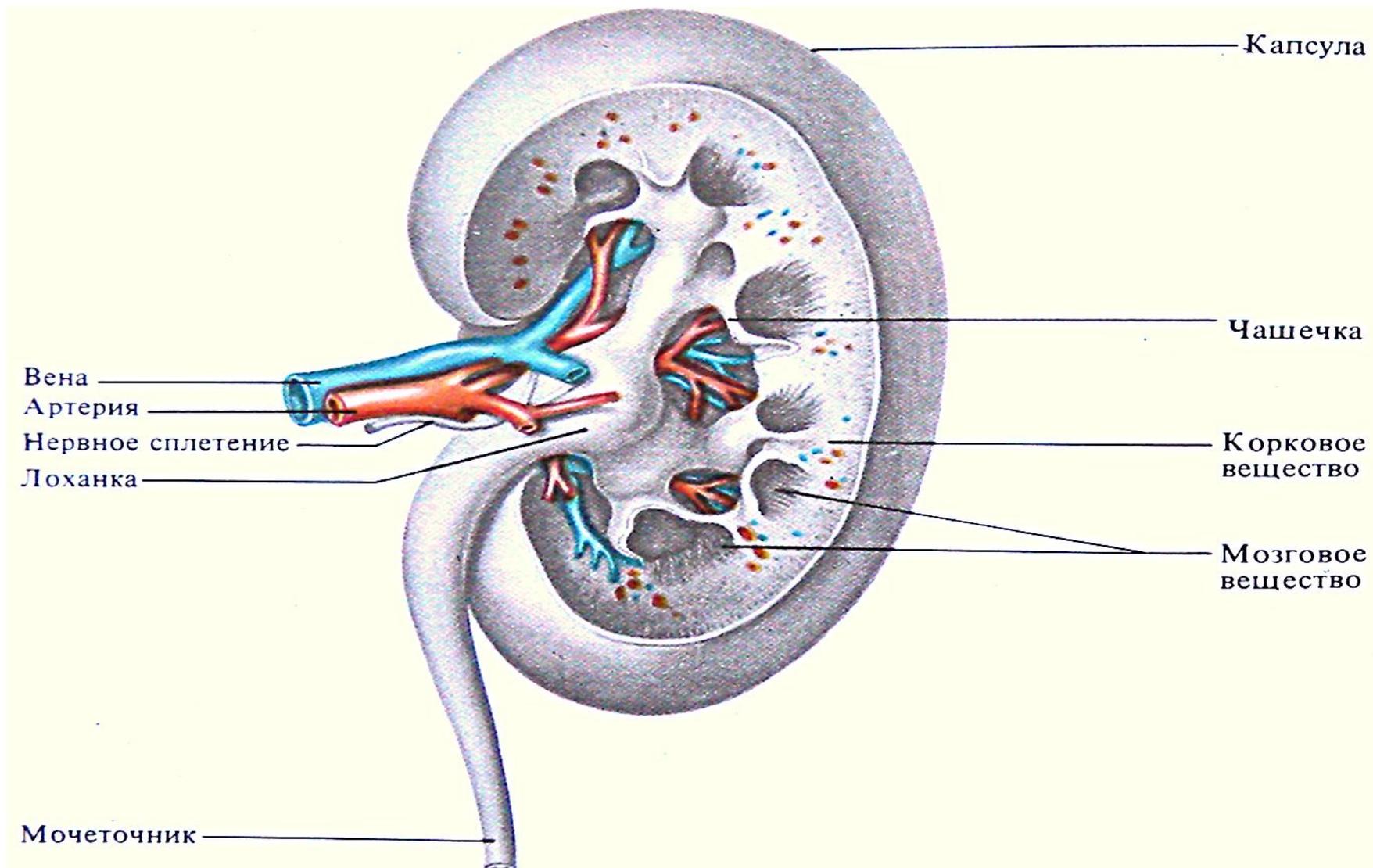


# Выделительная функция печени

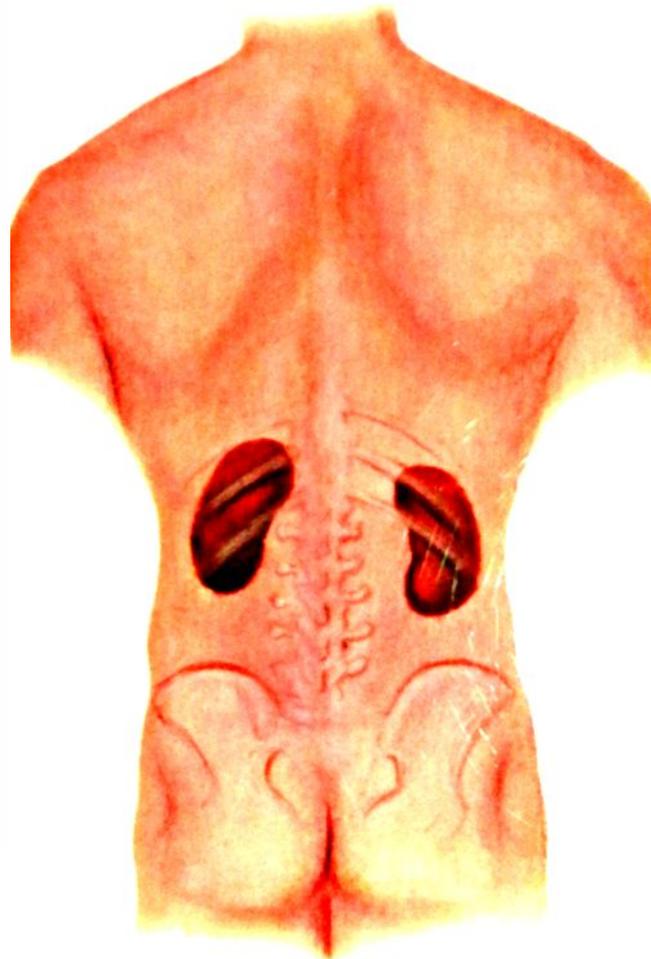
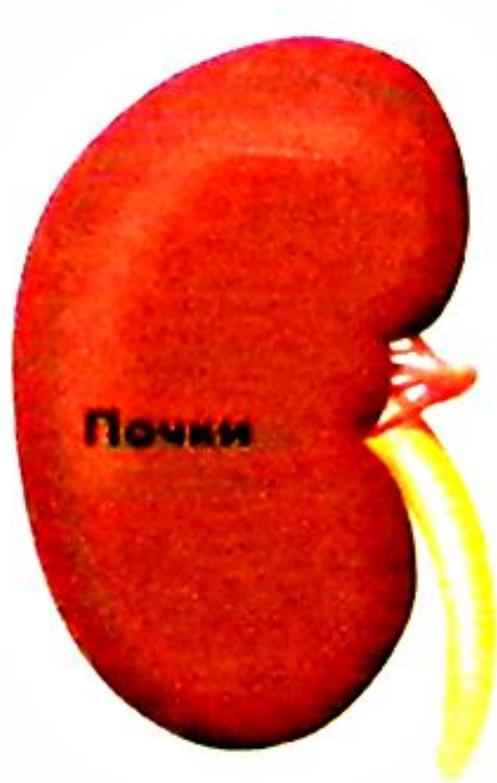


- С помощью печени через желудочно-кишечный тракт из крови удаляются:
- гормоны и продукты их превращений
  - продукты обмена гемоглобина
  - конечные продукты обмена холестерина-желчные кислоты

# Почка – главный орган выделения



# Выделительная функция почек

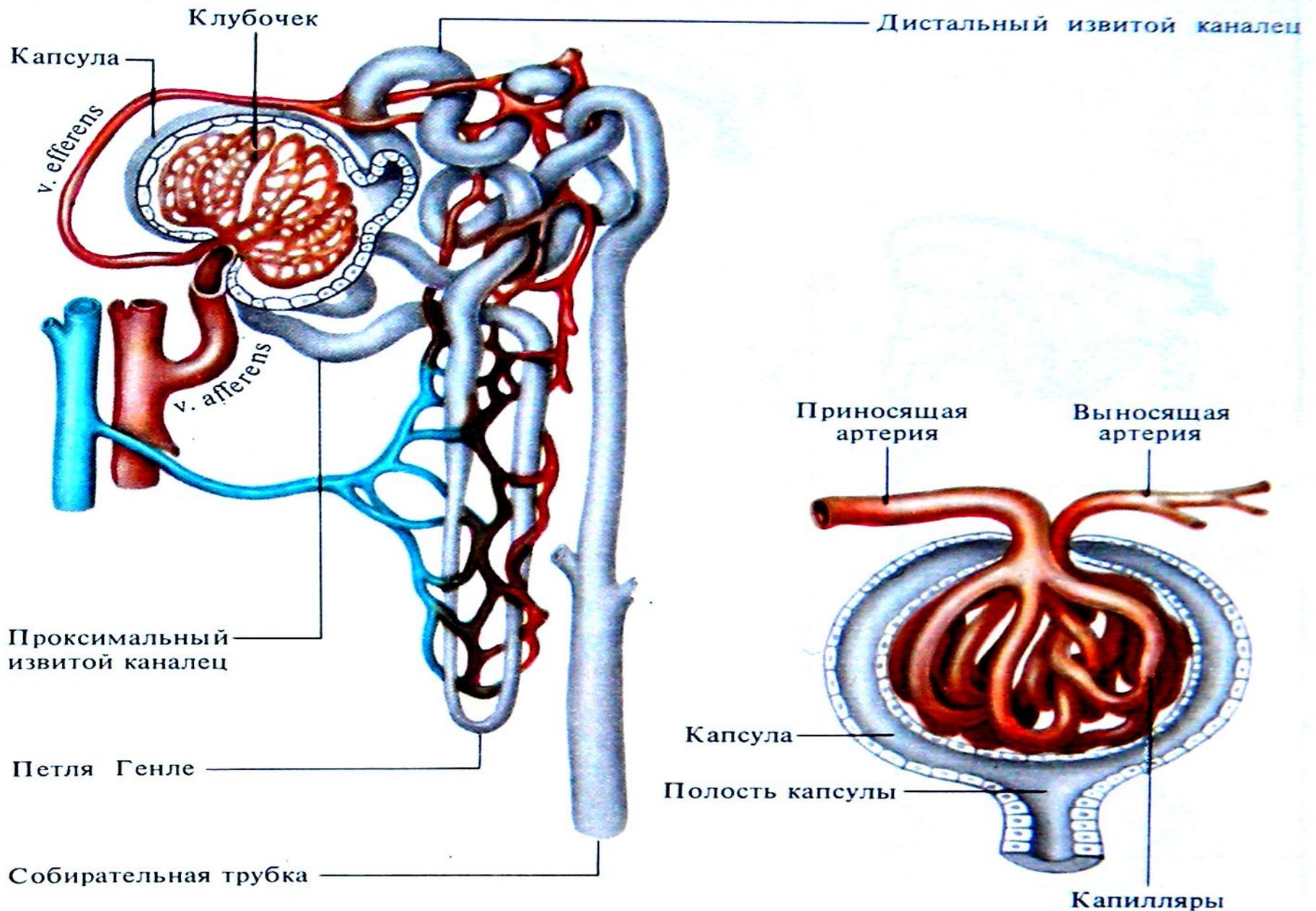


Скелетотопия:  
левой почки-  
 $1/2Th_{XI} - L_{II}$   
позвонки,  
правой почки-  
 $Th_{XI} - 1/2 L_{II}$   
**обе почки**  
**=**  
**0,43% от**  
**m(человека)**

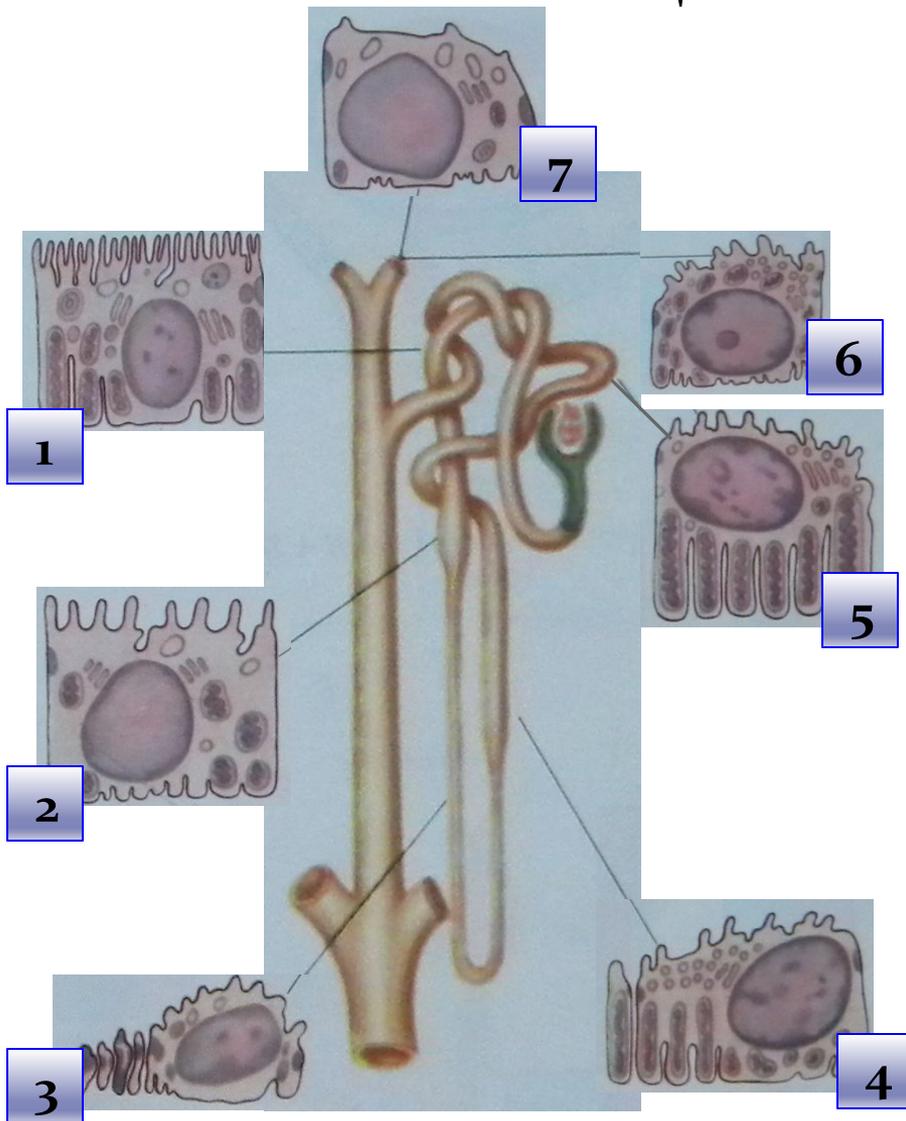
# Функции почки:

- **Экскреторная (фильтрационно-реабсорбционно-секреторная теория мочеобразования)**
- **Участвует в регуляции различных показателей гомеостаза (рН, осмотического давления, объема крови, артериального давления, постоянства ионного состава плазмы крови, продуктов азотистого обмена)**
- **Участвует в метаболических процессах организма (глюконеогенез, обмен липидов, обмен белков)**
- **Продуцирует биологически активные вещества: ренин, урокиназа, тромбопластин, тромбоксан, простаглицлин, эритропоэтин, тромбопоэтин, аденозин, серотонин, простаглицлины, брадикинин. Превращает Вит. D в D<sub>3</sub> (кальцитриол) →**
- **Защитная (обезвреживает благодаря SH-группе трипептид глутатиол, чужеродные яды, ядовитые веществ)**

Нефрон-  
структурно-  
функциональная  
единица почки



# Ультраструктура отдельных клеток эпителия канальцев почек

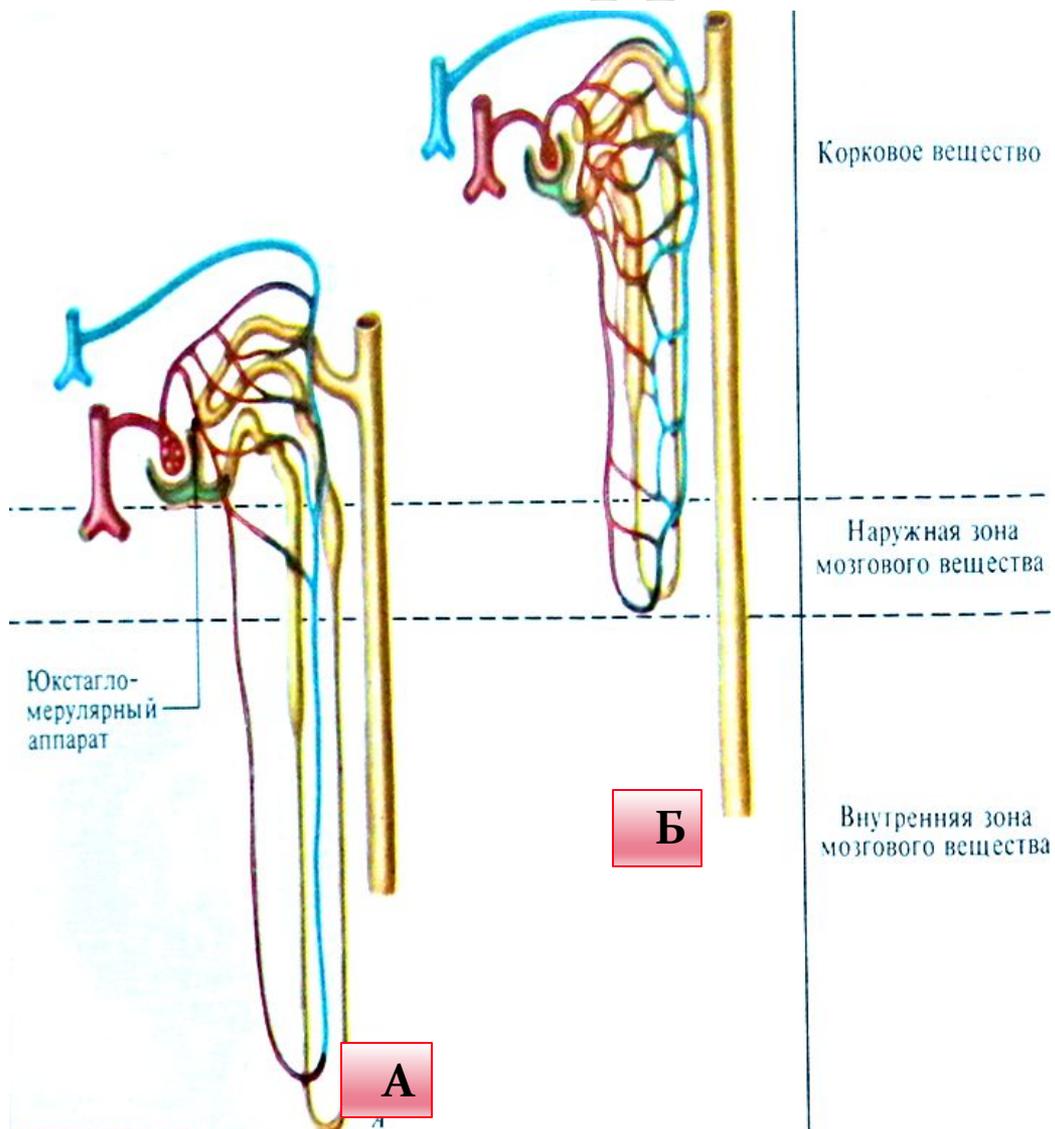


- 1 – клетка проксимального извитого канальца
- 2 – клетка проксимального прямого канальца
- 3 – клетка нисходящего тонкого колена петли Генле
- 4 – клетка толстого восходящего колена петли Генли
- 5 – клетка дистального извитого канальца
- 6 – «темная» клетка связующего канальца и собирательной трубки
- 7 – «светлая» клетка связующего канальца

# Типы нефронов:

1. Суперфициальные
2. Интракортикальные
3. Юкстамедуллярные

# Типы нефронов:

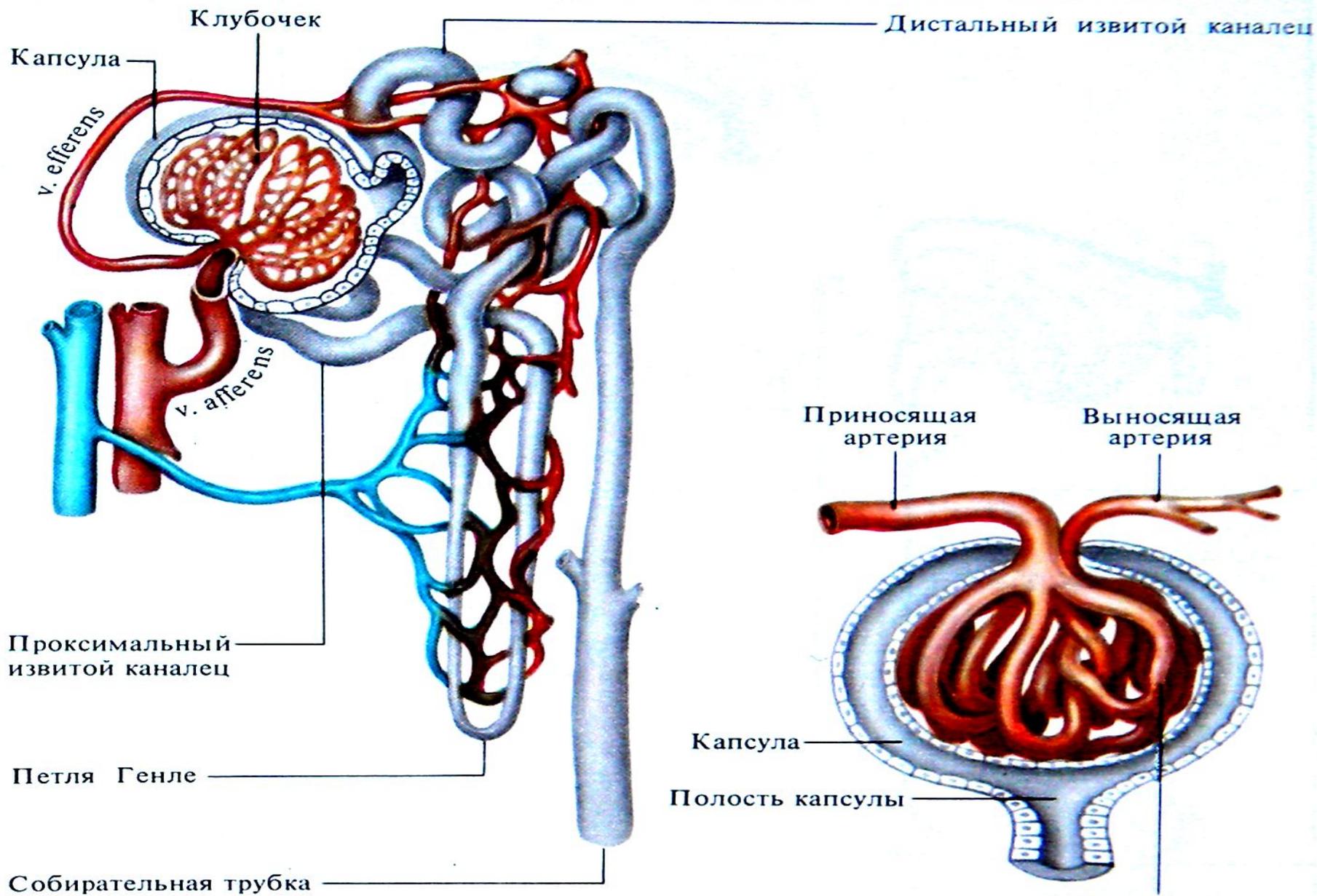


А - Юкстамедуллярный нефрон  
(выносящая артериола не распадается на околоканальцевую капиллярную сеть, а образует прямые сосуды, кровоснабжающие мозговое вещество)

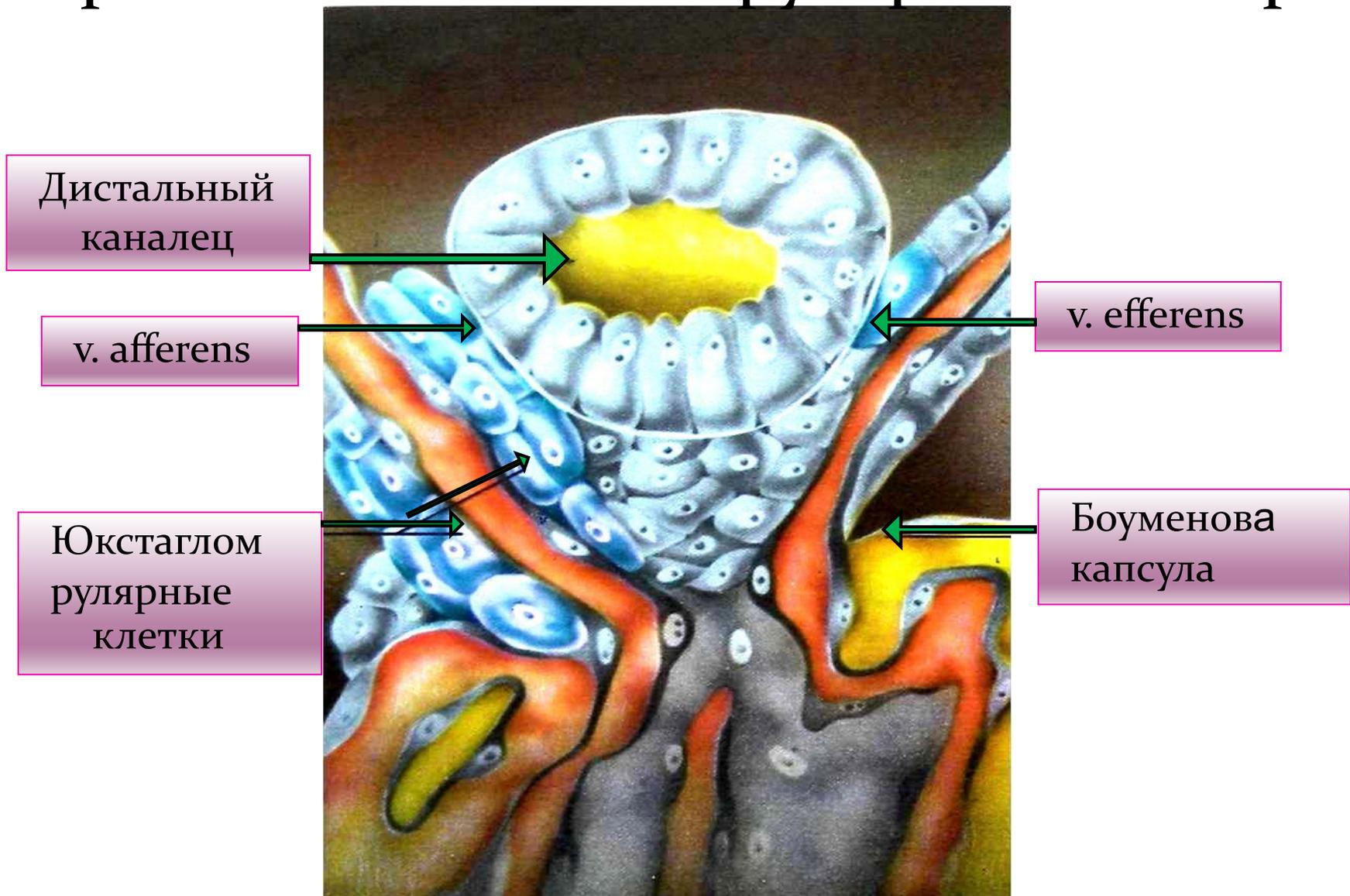
Б - Кортикальный нефрон

# Особенности кровообращения нефрона

1. Высокая интенсивность кровотока (4-5 мл/мин на 1г ткани)
2. Наличие двух капиллярных сетей: первичная- в клубочке, вторичная- вокруг канальцев нефрона.
3. Диаметр afferентной артериолы в четыре раза больше, чем эфферентной.



# Строение юкстагломерулярного аппарата



# Процессы мочеобразования

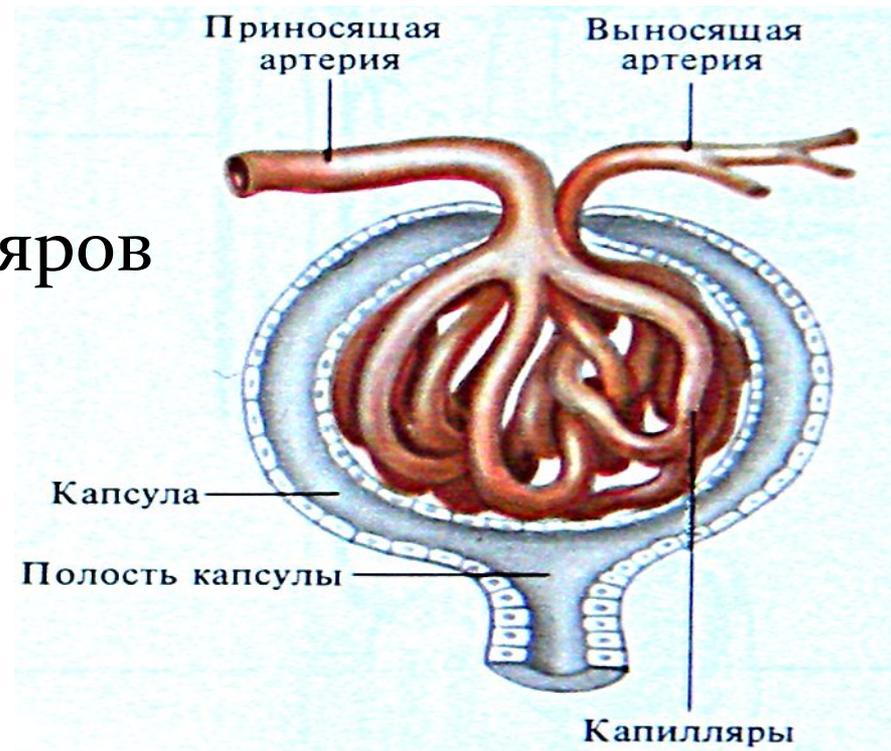
- Клубочковая фильтрация
- Канальцевая реабсорбция
- Канальцевая секреция

# Клубочковая фильтрация

Фильтрация – пассивный транспорт безбелковой жидкости из плазмы крови в капсулу почечного клубочка.

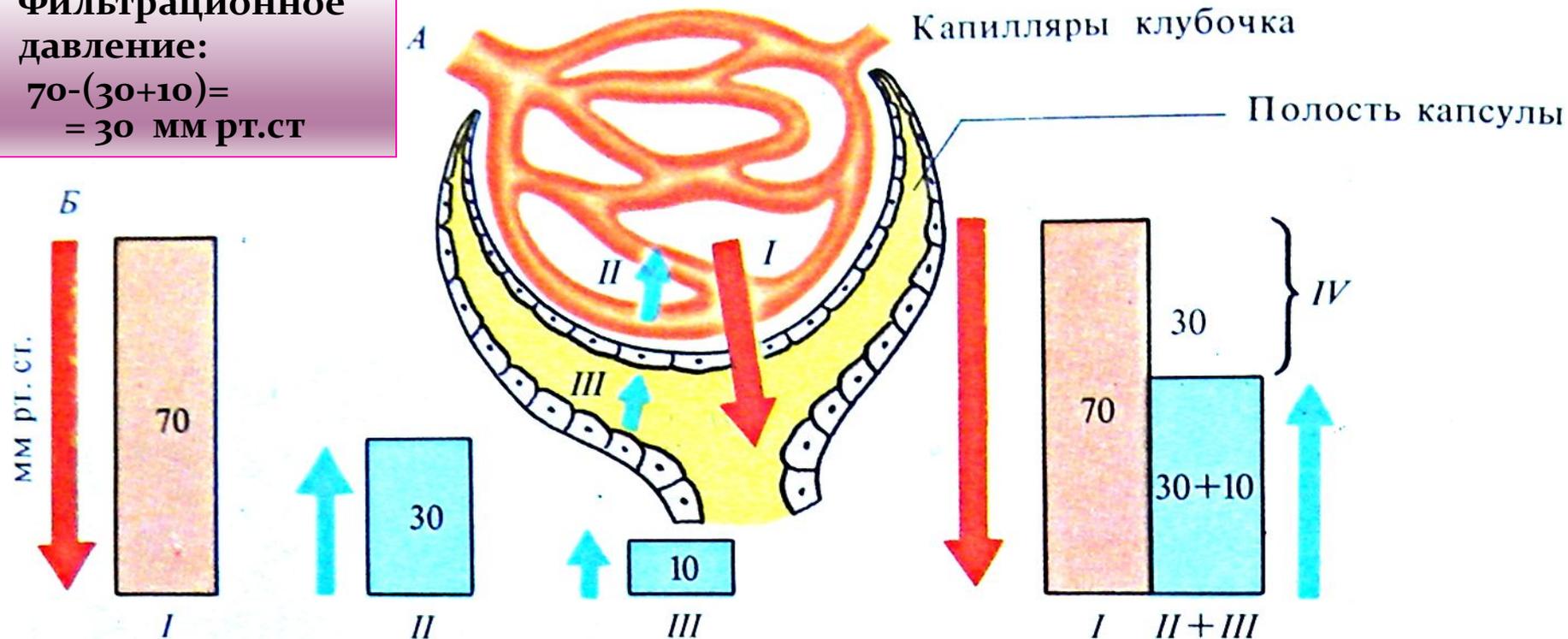
Фильтрационный барьер:

1. Эндотелиоциты капилляров
2. Базальная мембрана
3. Подоциты (щелевые мембраны)



# Клубочковый диурез:

Фильтрационное давление:  
 $70 - (30 + 10) =$   
 $= 30 \text{ мм рт.ст}$



А-взаимодействие давлений, участвующих в фильтрации мочи:  
I-гидростатическое, II- онкотическое, III- внутривнепочечное (20 мм рт. ст);

Б- представление о фильтрационном давлении (IV)

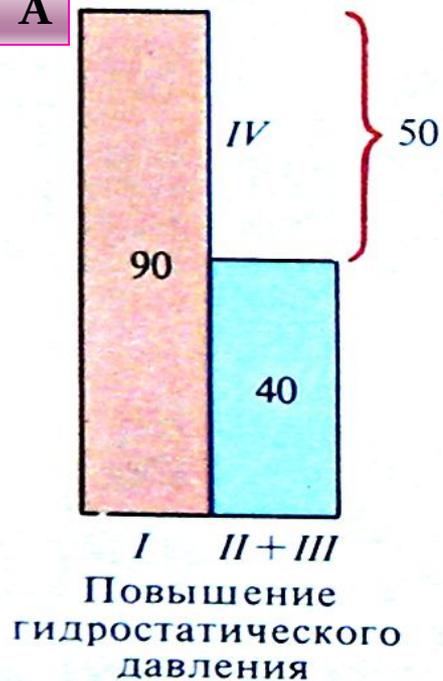
# Фильтрационное давление

Это результирующая движущая сила фильтрации – разность между давлением, способствующем фильтрации (гидростатическое давление в капиллярах) и сумме давлений, препятствующим фильтрации (онкотическое давление крови и давление ультрафильтрата в капсуле)

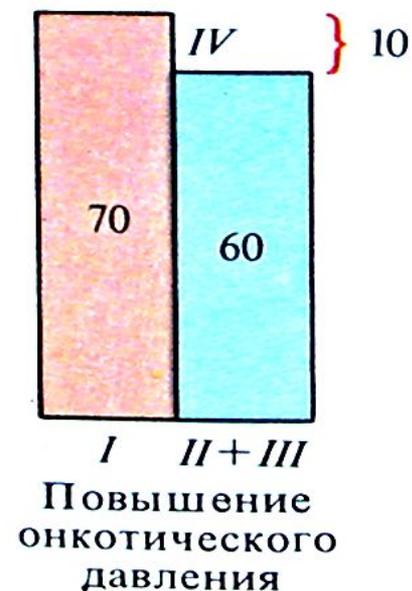
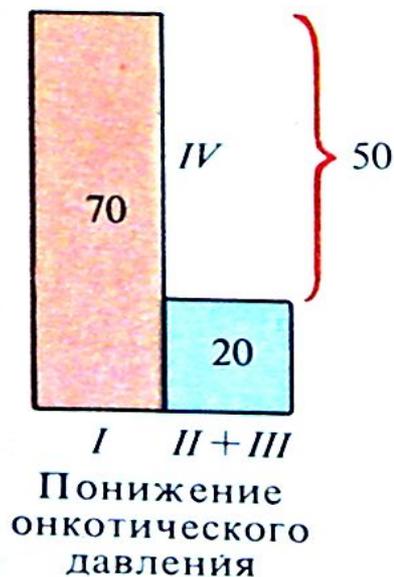
$$\text{Ф.Д.} = P_{\text{гидр.}} - (P_{\text{онк.}} + P_{\text{капсулы}})$$

# Факторы, изменяющие фильтрационное давление

А



Б



А- повышение; Б- понижение клубочкового диуреза:

I- гидростатическое давление крови, II- онкотическое давление крови,  
III- внутрипочечное давление, IV- фильтрационное давление

# Результат фильтрации

- В результате фильтрации образуется первичная моча – безбелковая плазма, количество – 150-180 л в сутки (100-130 мл в мин.)
- Фильтрационная фракция – 20% плазмы

# Канальцевая реабсорбция

Реабсорбция – процесс обратного всасывания профильтровавшихся веществ и воды.

**Механизмы:**

## 1. **Активный транспорт**

(против электрохимического и концентрационного градиентов)



**первично-активный**

(за счет энергии клеточного метаболизма)

транспорт  $\text{Na}^+$  при участии  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  -АТФазы, используя АТФ



**вторично-активный**

(без затраты энергии клетки)

**глюкоза, аминокислоты**

## 2. Пассивный транспорт

(по электрохимическому, концентрационному или осмотическому градиенту)

По **электрохимическому** градиенту

транспортируется **хлор**

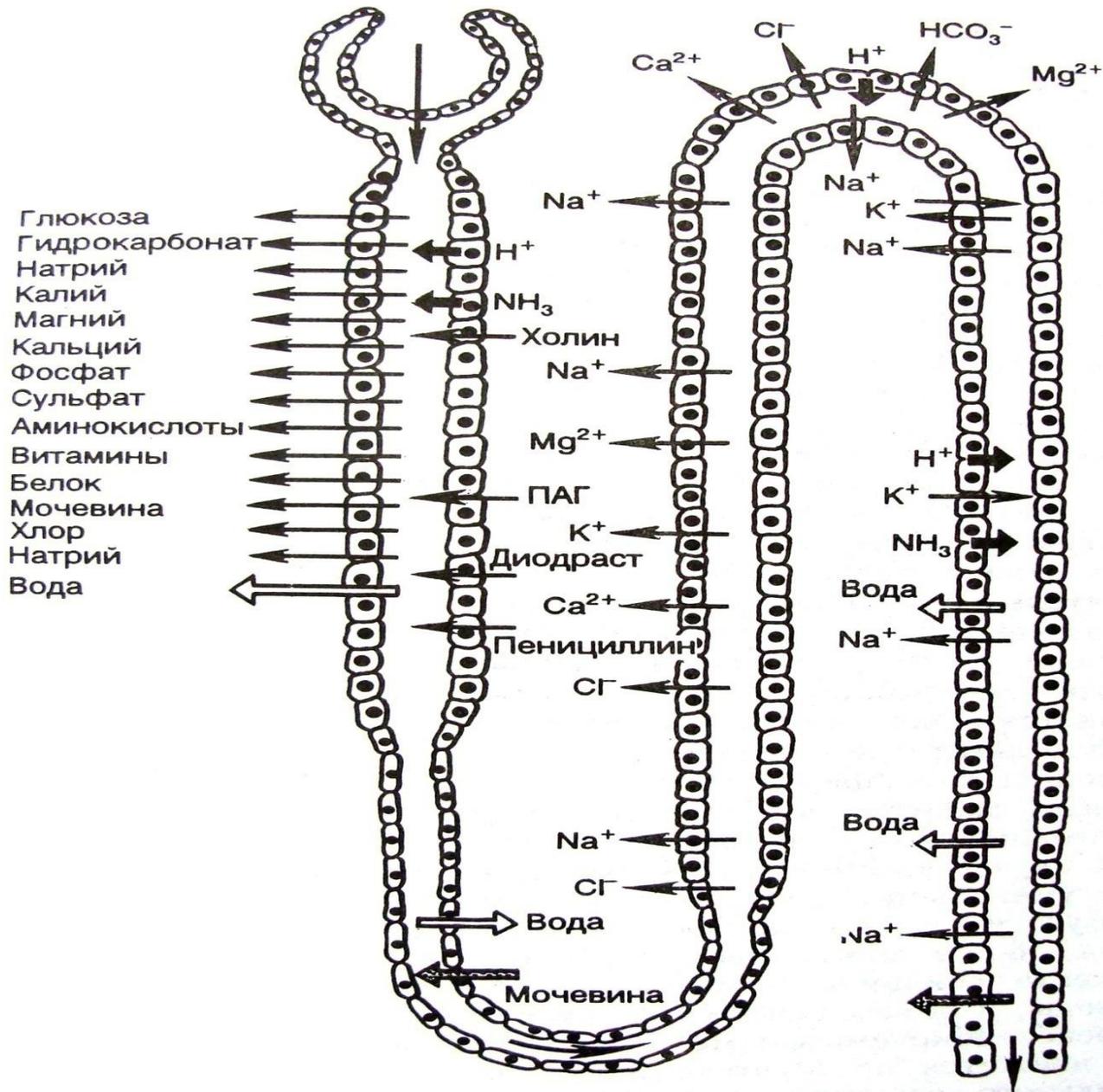
По **концентрационному** градиенту

транспортируется **мочевина**

По **осмотическому** градиенту

транспортируется **вода**

**В проксимальном канальце образуется изотоническая жидкость**

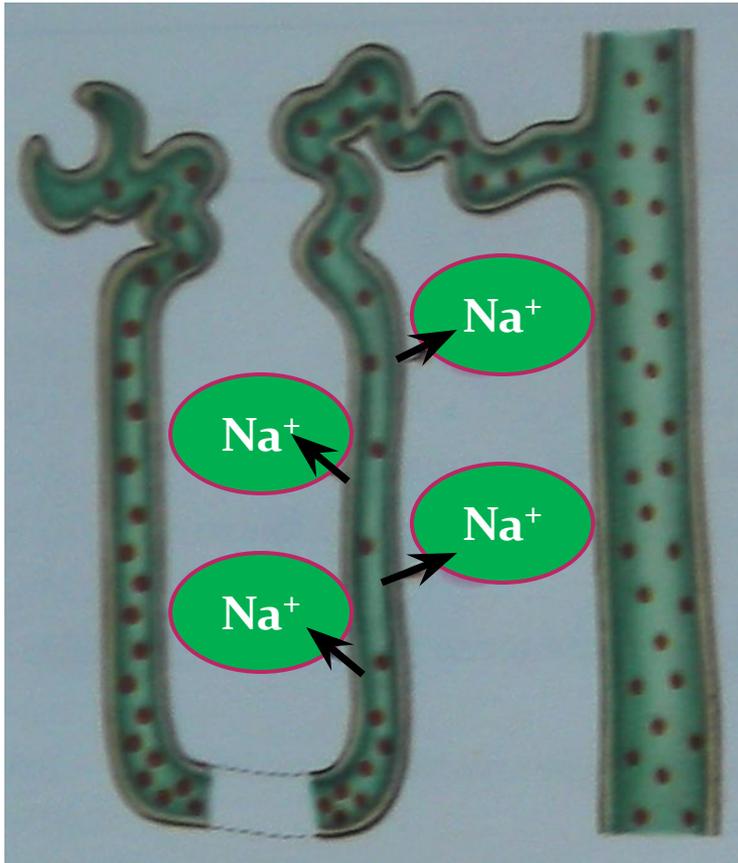


# Петля Генле

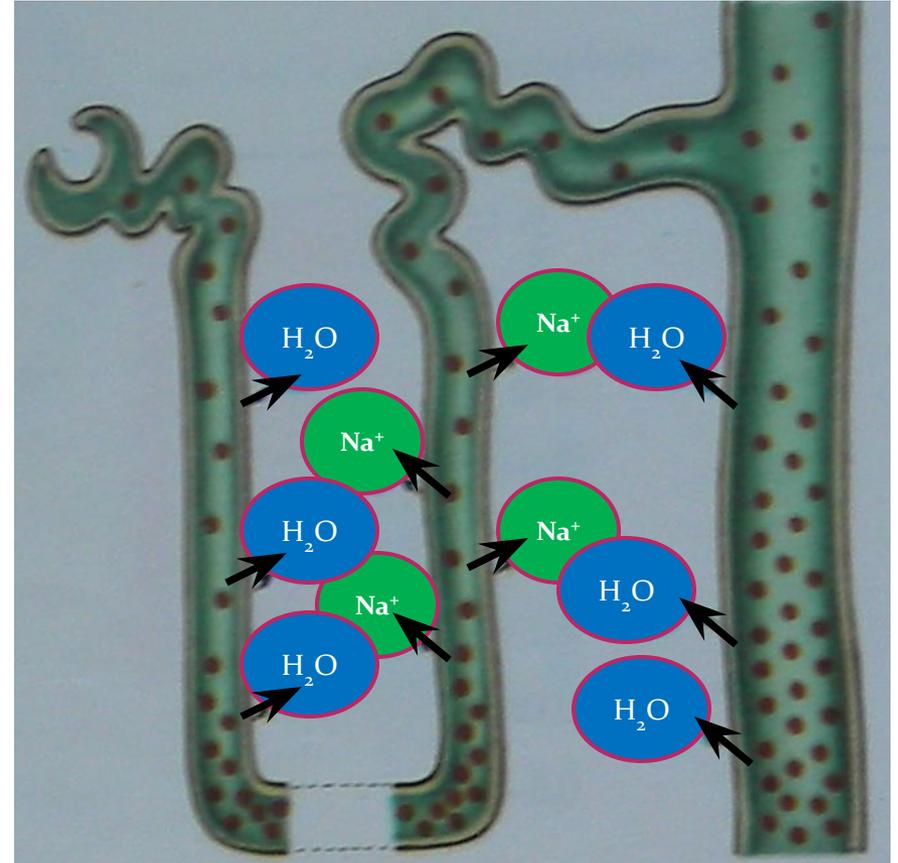
Восходящее колено – реабсорбция Na, эпителий непроницаем для воды (разведение мочи, жидкость гипотоническая)

Нисходящее колено – всасывание воды (по осмотическому градиенту), происходит концентрирование мочи, жидкость гипертоническая

Деятельность противоточного механизма в почках  
(густота точек отражает концентрацию электролитов)

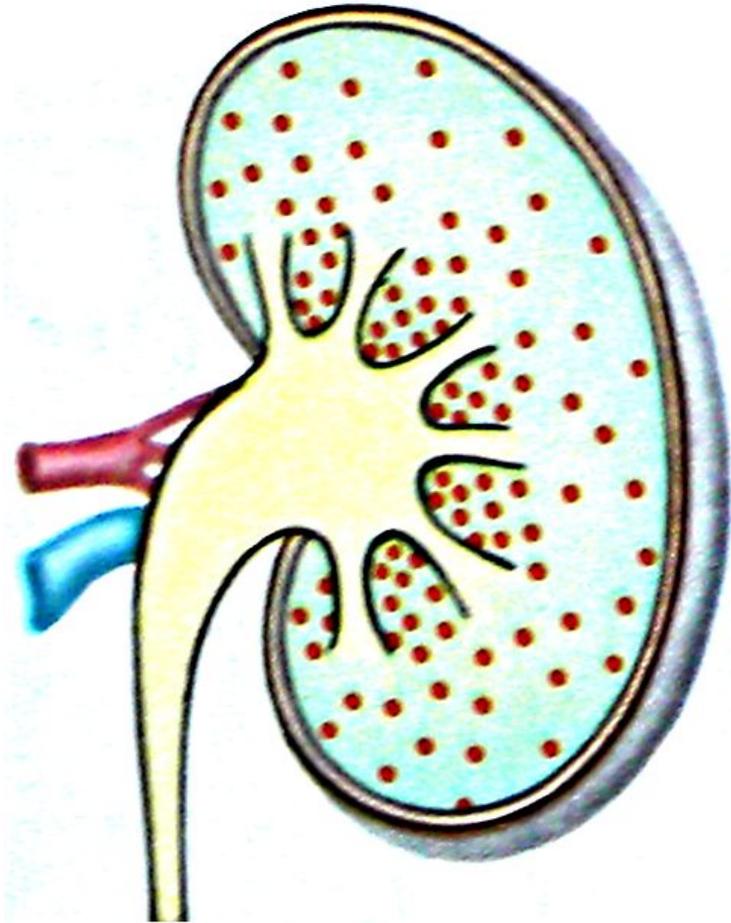


Реабсорбция  $\text{Na}^+$



Реабсорбция  $\text{H}_2\text{O}$  вслед  
за  $\text{Na}^+$

## Результат деятельности противоточной системы



Формирование осмотического градиента

Неравномерная концентрация электролитов в почке (густота точек отражает концентрацию электролитов)

# Канальцевая секреция

**Секреция** – выделение веществ из крови  
в просвет канальца

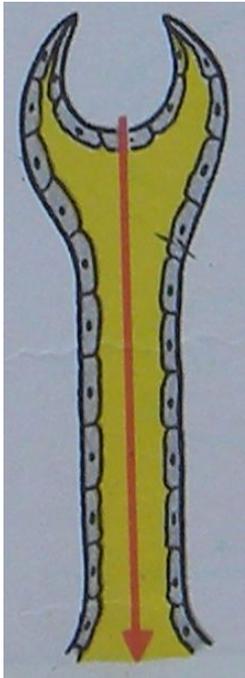
# Канальцевая секреция

осуществляется двумя процессами:

- 1) Клетки почечных канальцев захватывают из плазмы и межтканевой жидкости вещества и выделяют в просвет канальцев следующие вещества: парааминогиппуровая кислота, йодсодержащие вещества, пенициллин, калий (в обмен на  $\text{Na}^+$  под действием  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  -АТФазы).
- 2) Клетки почечных канальцев секретируют и выделяют в просвет канальца вещества: аммиак, гиппуровую кислоту.

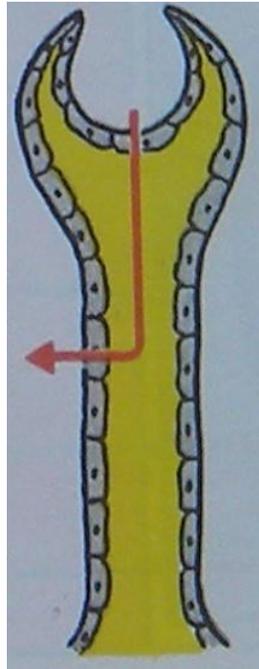
# Процессы, происходящие в канальцах при происхождении по ним различных компонентов мочи

фильтрация



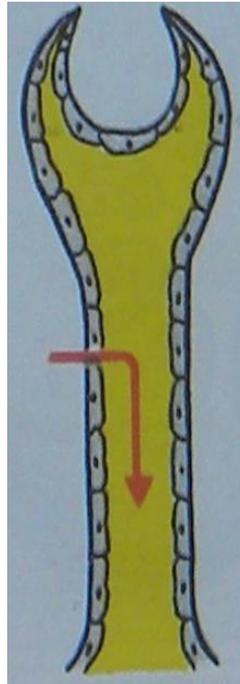
инулин

реабсорбция



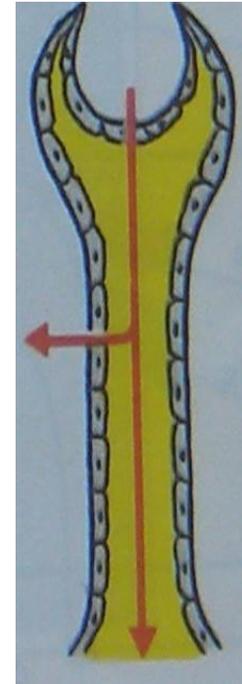
глюкоза  
(в норме)

секреция



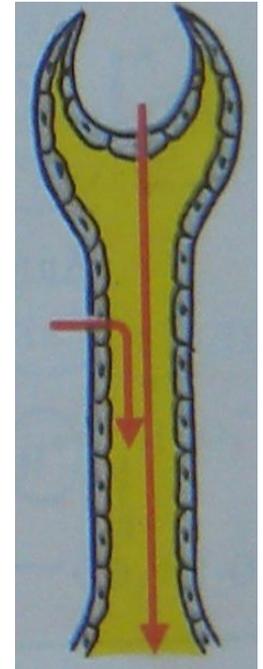
ионы  $K^+$

фильтрация и  
реабсорбция



мочевина

фильтрация  
и секреция



диодраст

## Состав мочи человека, г/сут (из расчета на 1200-1500 мл)

Неорганические вещества		Органические вещества	
$\text{Cl}^-$	5-11	Мочевина	20-35
$\text{SO}_4^{2-}$	1,8-3,6	Мочевая кислота	0,3-1,2
$\text{PO}_4^{3-}$	2-6,7	Пуриновые основания	0,015-0,045
$\text{Na}^+$	3,0-5,2	Креатинин	1,5-2,4
$\text{K}^+$	2,0-3,5	Гиппуровая кислота	0,1-2,0
$\text{Ca}^{2+}$	0,2-0,3	Парные эфирно-серные кислоты	0,007-0,85
$\text{Mg}^{2+}$	0,06-0,2	Индикан	0,001-0,0038
$\text{NH}_4^+$	0,6-1,3	Стеркобилиноген	0,020-0,035
		Урохром	0,2-0,9
		Ацетон+ацетоуксусная кислота	0,009
		Белок	0,003-0,09

# Оценка экскреторной функции почек

**Клиренс**(от англ. «clearance»-очищение)- коэффициент очищения.

**Клиренс вещества X ( $C_x$ )**-параметр, показывающий какой объем плазмы очищается от вещества X за 1 минуту, выражается в мл/мин.

$$C_x = V_x \cdot U_x / P_x$$

$V_x$ -объем экскретированной мочи;  $U_x$  - концентрация вещества X в моче;  $P_x$  - концентрация вещества X в плазме крови;

# Клиренс определяют по:

❖ Инулину (полимер фруктозы)

$C_{и} = 125 \text{ мл/мин на } 1,73 \text{ м}^2$

$C_{и} = 110 \text{ мл/мин на } 1,73 \text{ м}^2$

❖ Креатинину

❖ Маннитулу

❖ Полиэтиленгликолю-400

Непороговые  
вещества

**Непороговые вещества**-вещества, выведение которых не зависит от их концентрации в крови, не реабсорбируется и не секретирется (сульфаты, мочевины).

**Пороговые вещества**-вещества, для которых существует порог выведения-концентрация вещества в крови, при которой вещество не может полностью реабсорбироваться и выводится с конечной мочой (глюкоза, хлориды, Na, K, Ca, мочевины)

Величину реабсорбции определяют:

$$R_x = F \times P_x - V \times U_x$$

$F$  - клубочковая фильтрация

$P_x$  - концентрация вещества  $X$  в плазме крови

$V$  - объем экскретированной мочи

$U_x$  - концентрация вещества  $X$  в моче

# Канальцевая секреция

**Секреция** – выделение в просвет канальца молекул, синтезированных в клетках канальцев.

**Величину секреции определяют:**

$$S_X = V \times U_X - F \times P_X$$

$F$  - клубочковая фильтрация

$P_X$  - концентрация вещества  $X$  в плазме крови

$V$  - объем экскретированной мочи

$U_X$  - концентрация вещества  $X$  в моче