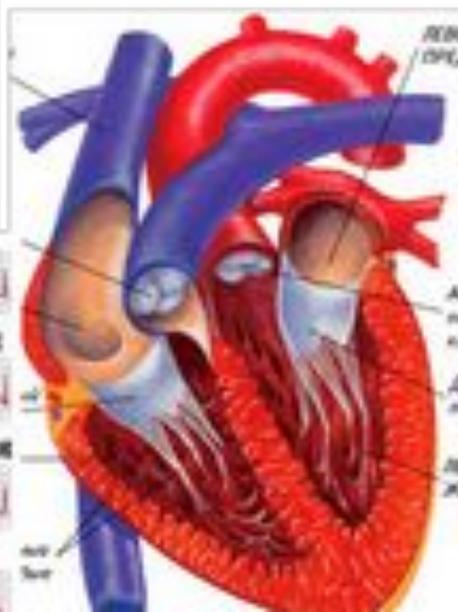
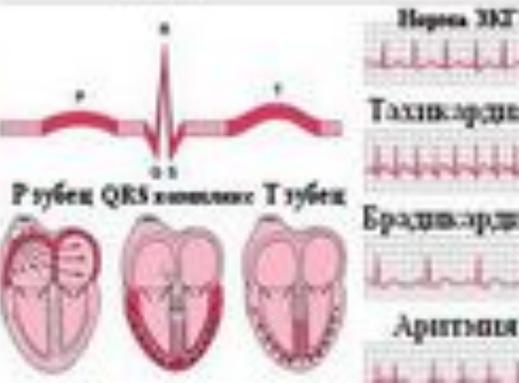
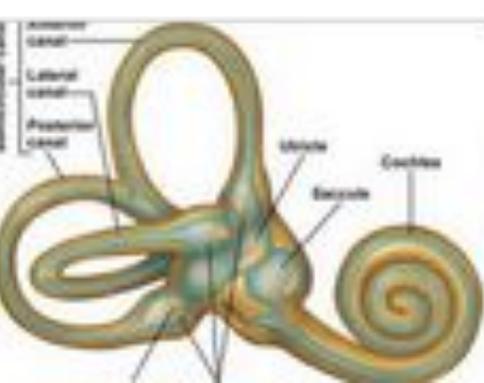
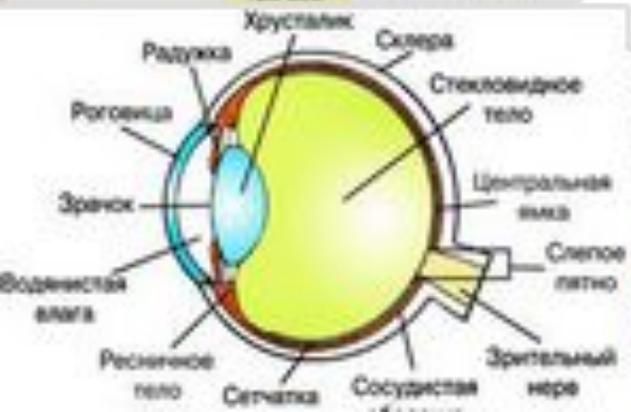
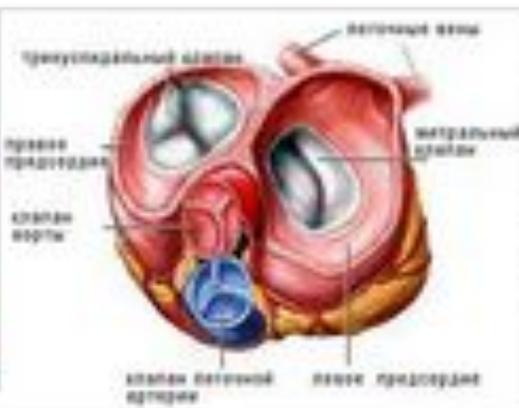
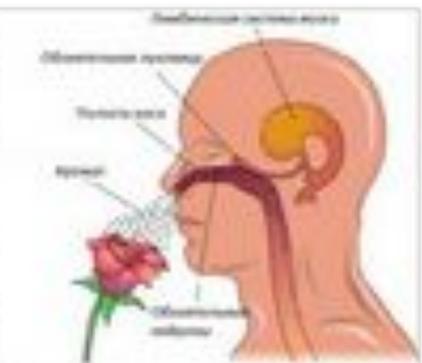
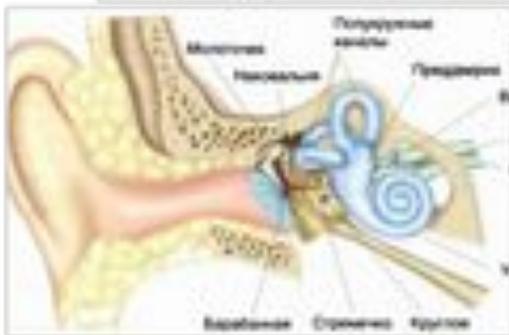
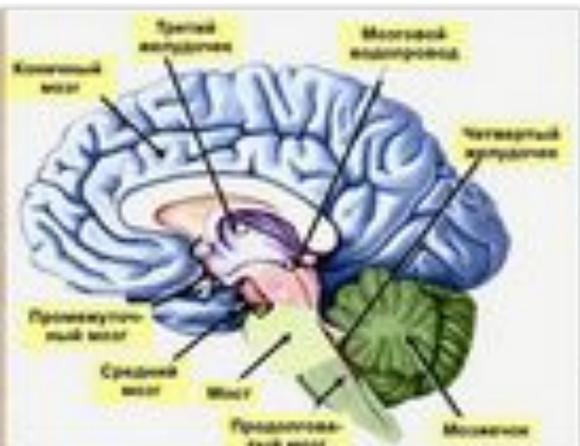
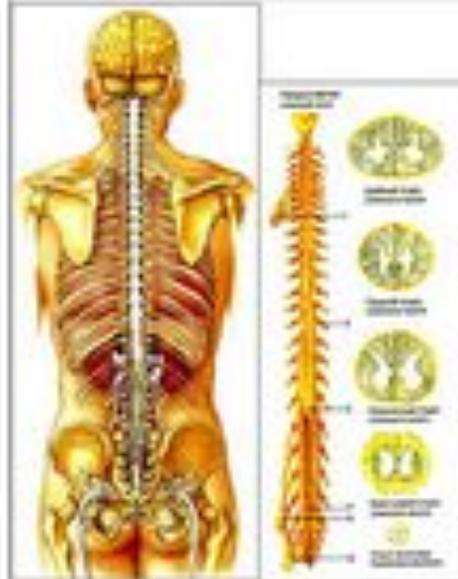
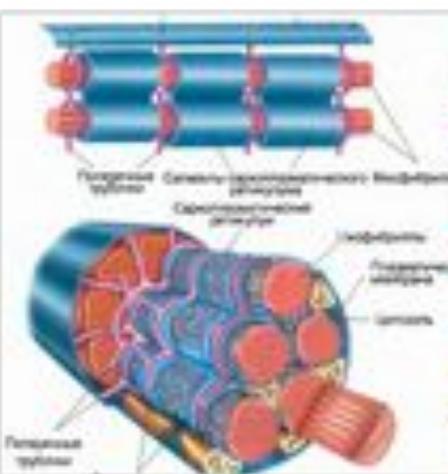
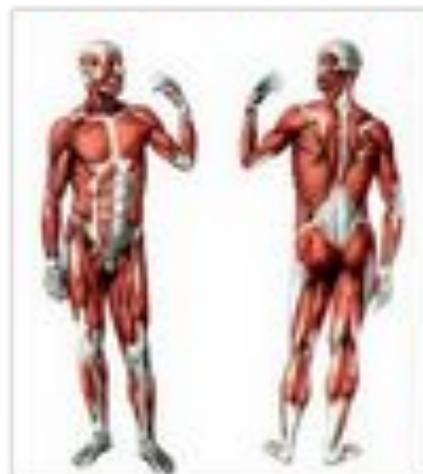
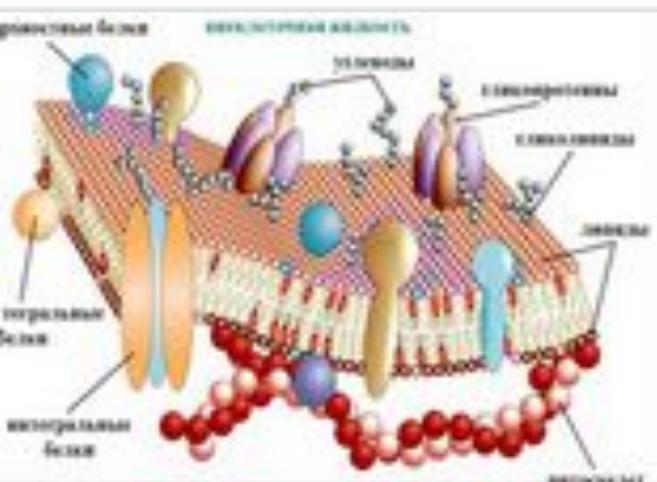


Физиология с основами анатомии



План лекции

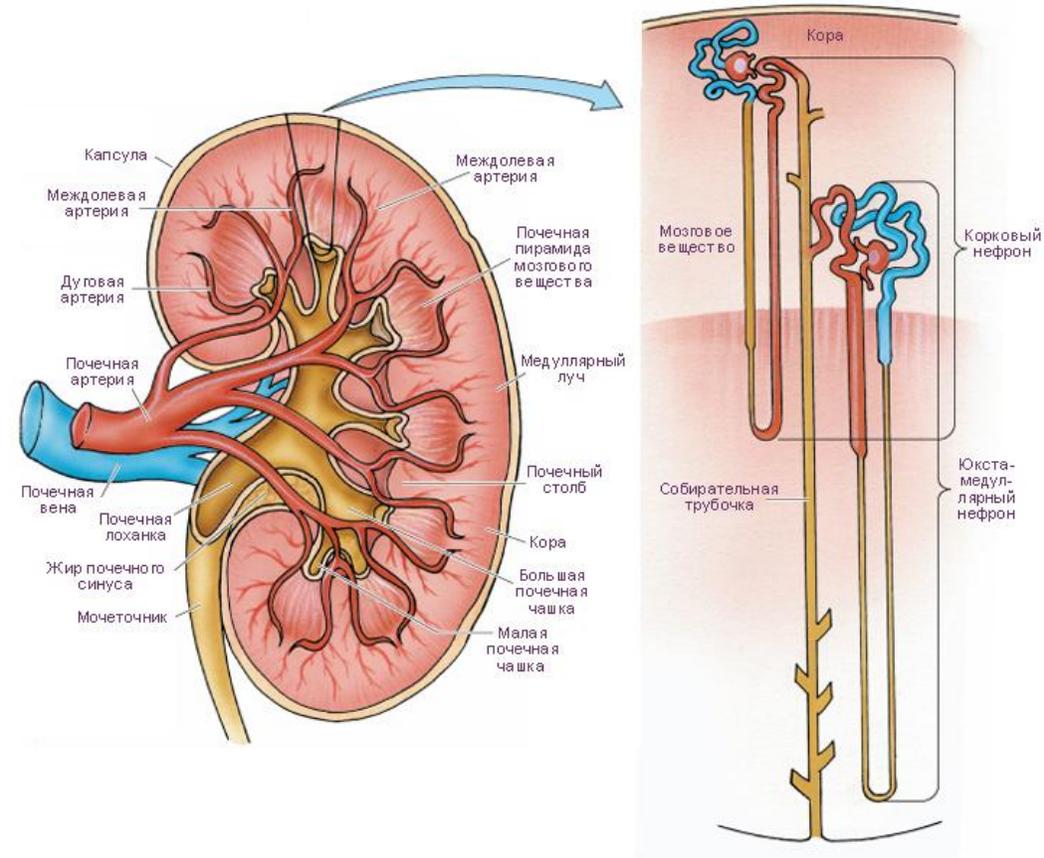
Тема 8. Система выделения.

Тема 8.1. Строение и функции выделительной системы. Механизмы мочеобразования и мочевыделения.

Морфо-функциональная характеристика нефрона, особенности его кровоснабжения.

Механизм клубочковой фильтрации, реабсорбции и секреции. Поворотнo-противоточный механизм концентрации мочи.

Вторичная моча.



- ✓ **Выделение**- это освобождение организма от конечных продуктов обмена, избытка питательных веществ и чужеродных веществ.
- ✓ **Выделение**- последний этап совокупности процессов обмена веществ, конечными продуктами которых являются H_2O , CO_2 , NH_3 .
- ✓ Аммиак образуется только при окислении белков и выделяется в основном в виде мочевины.
- ✓ Вода и CO_2 образуются при окислении белков, жиров, и углеводов и выделяются в свободном виде. Небольшая часть CO_2 выделяется почками в виде карбонатов.
- ✓ Почки выделяют практически все азотсодержащие вещества, больше половины воды, минеральные соли, чужеродные вещества (продукты распада микроорганизмов, лекарственные вещества), избыток питательных веществ.

Органы выделения:

Почки

Легкие

Кожа (потовые и сальные железы)

ЖКТ

Слизистые оболочки

Слюнные железы

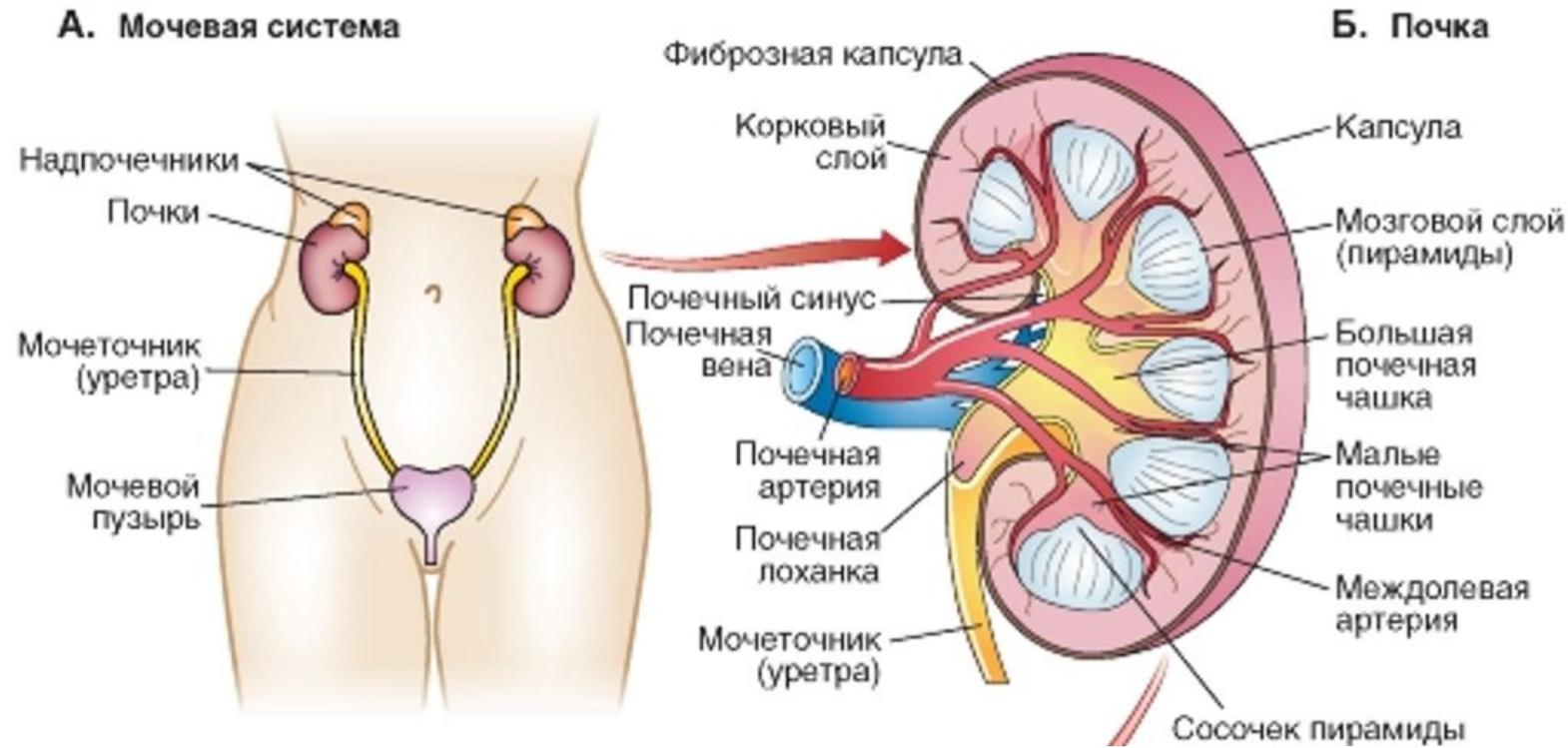
Функции почек

Участвуют в регуляции:

- ✓ 1) объема крови и других жидкостей внутренней среды;
- ✓ 2) постоянства осмотического давления крови и других жидкостей тела;
- ✓ 3) ионного состава жидкостей внутренней среды и ионного баланса организма;
- ✓ 4) кислотно-основного равновесия;
- ✓ 5) экскреции конечных продуктов азотистого обмена и чужеродных веществ;
- ✓ 6) экскреции избытка органических веществ, поступивших с пищей или образовавшихся в ходе метаболизма (глюкозы, аминокислоты и др.):
- ✓ 7) метаболизма белков, липидов, углеводов;
- ✓ 8) артериального давления;
- ✓ 9) эритропоэза;
- ✓ 10) свертывания крови;
- ✓ 11) секреции ферментов и физиологически активных веществ (ренин, брадикинин, простагландины, урокиназа, витамин D3)

Структура выделительной системы

- ✓ В организме человека имеются две **почки**.
- ✓ Они расположены по обеим сторонам позвоночного столба на уровне XI грудного и III поясничного позвонков.
- ✓ **Правая почка** расположена несколько ниже **левой почки**, поскольку сверху она граничит с печенью.
- ✓ Почки имеют бобовидную форму.
- ✓ Размеры одной почки составляют примерно 10-12 см в длину, 5-6 см в ширину и 3 см в толщину.
- ✓ Масса почки взрослого человека составляет примерно 120-300 г.

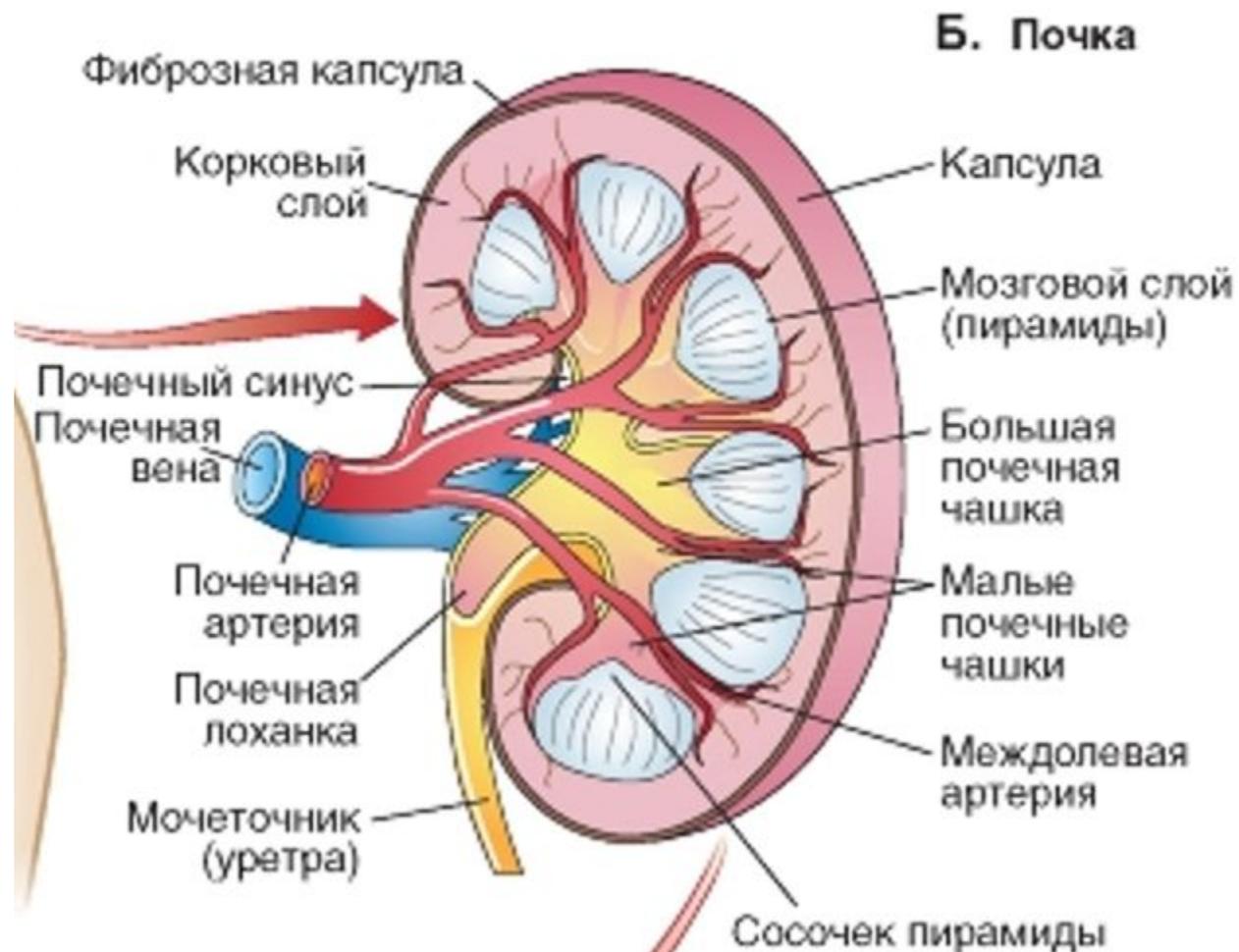


✓ **Почка** состоит из прочной капсулы, паренхимы (ткани почки) и системы накопления и выведения мочи.

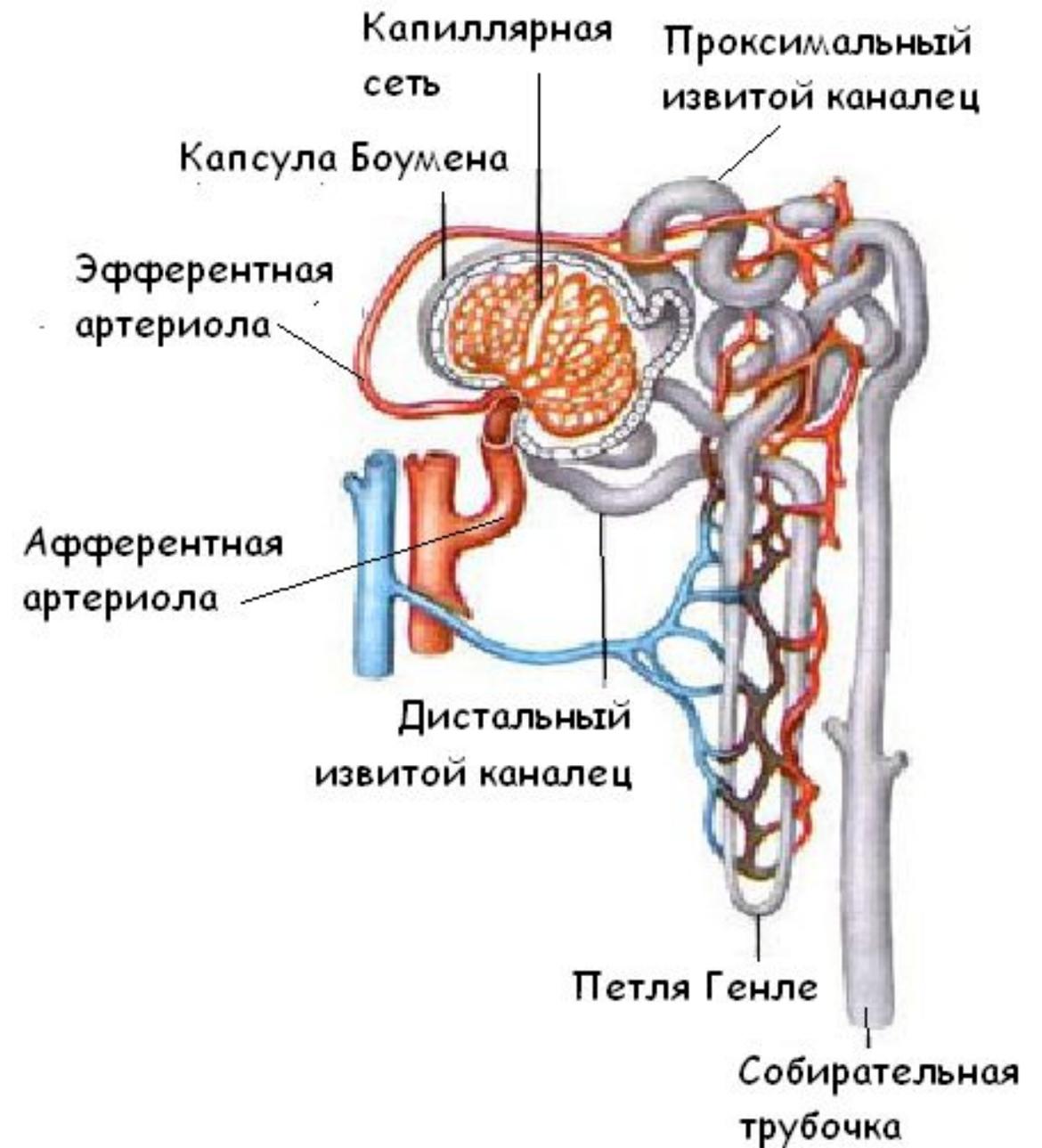
✓ Капсула почки представляет собой плотный чехол из соединительной ткани, покрывающий почку снаружи.

✓ Паренхима почки представлена внешним слоем **коркового вещества** и внутренним слоем **мозгового вещества**, составляющим внутреннюю часть органа.

✓ Система накопления мочи представлена **почечными чашечками**, которые впадают в **почечную лоханку**. Почечная лоханка переходит непосредственно в **мочеточник**. Правый и левый мочеточники впадают в **мочевой пузырь**.



- Морфофункциональной единицей почки является **нефрон** - специфическая структура, выполняющая функцию мочеобразования.
- В каждой почке насчитывается более 1 млн нефронов.
- Каждый нефрон состоит из нескольких частей: **клубочка, капсулы Шумлянско-го- Боумена** и системы последовательных **канальцев**.
- Клубочек представляет собой скопление капилляров по которым протекает кровь.
- Петли капилляров, составляющих клубочек, погружены в полость **капсулы Шумлянско-го- Боумена**.
- Капсула имеет двойные стенки, между которыми имеется полость. Полость капсулы переходит непосредственно в полость канальцев.



Большая часть нефронов расположена *в корковом веществе почки*.

Только 15% от всех нефронов расположены на границе между корковым и мозговым веществом почки.

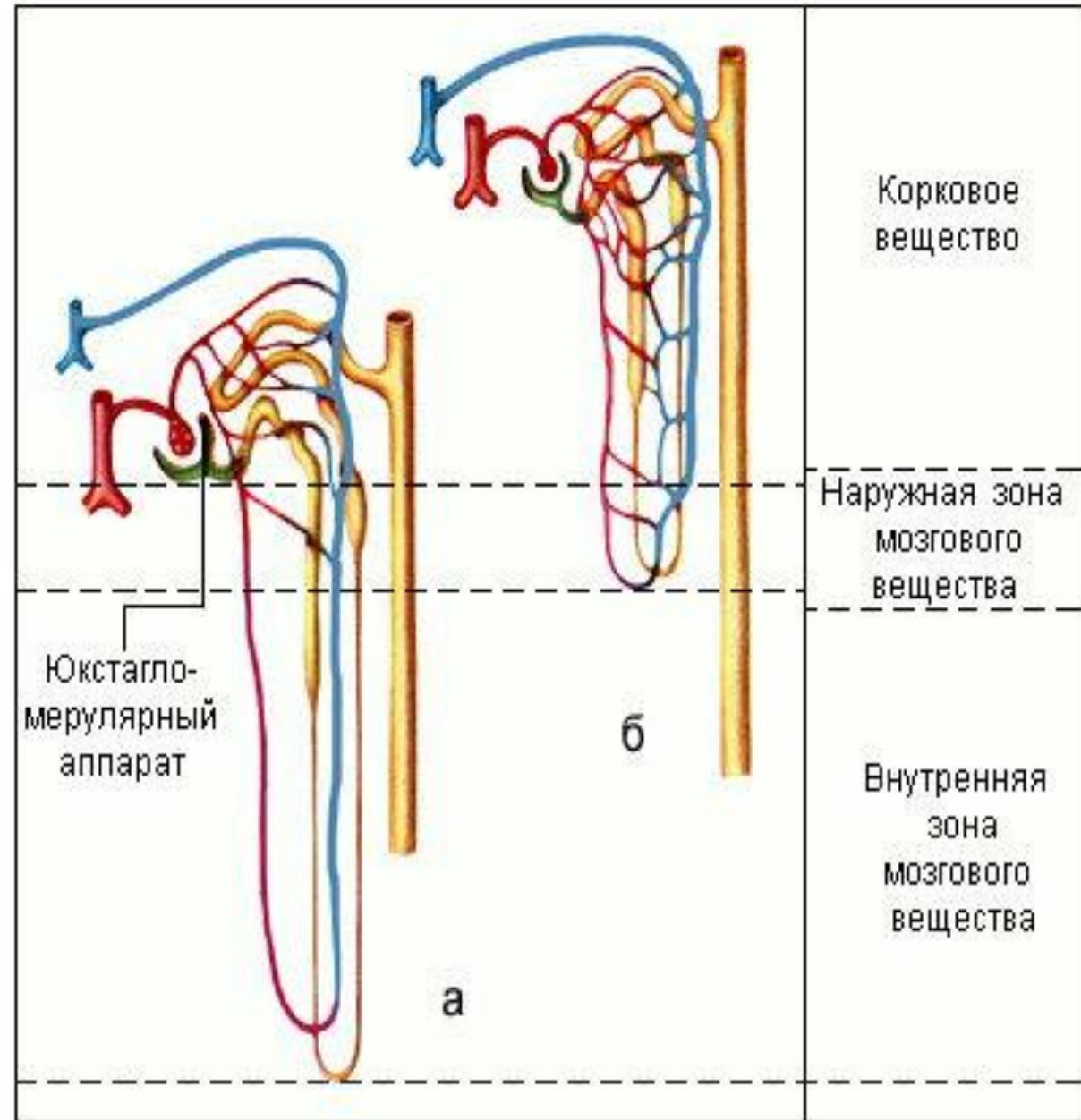
Таким образом корковое вещество почек состоит из нефронов, кровеносных сосудов и соединительной ткани.

Канальцы нефронов образуют петлю, которая проникает из коркового вещества в мозговое.

Также в мозговом веществе расположены выводящие канальцы, по которым моча, образовавшаяся в нефроне, выводится в почечные чашечки.

Мозговое вещество образует так называемые пирамиды, вершины которых заканчиваются сосочками, впадающими в чашечки.

На уровне сосочков происходит объединение всех почечных канальцев, по которым выводится моча.



Различают - **кортикальные (корковые) нефроны** (~85%) и **юкстамедуллярные нефроны** (~15%).

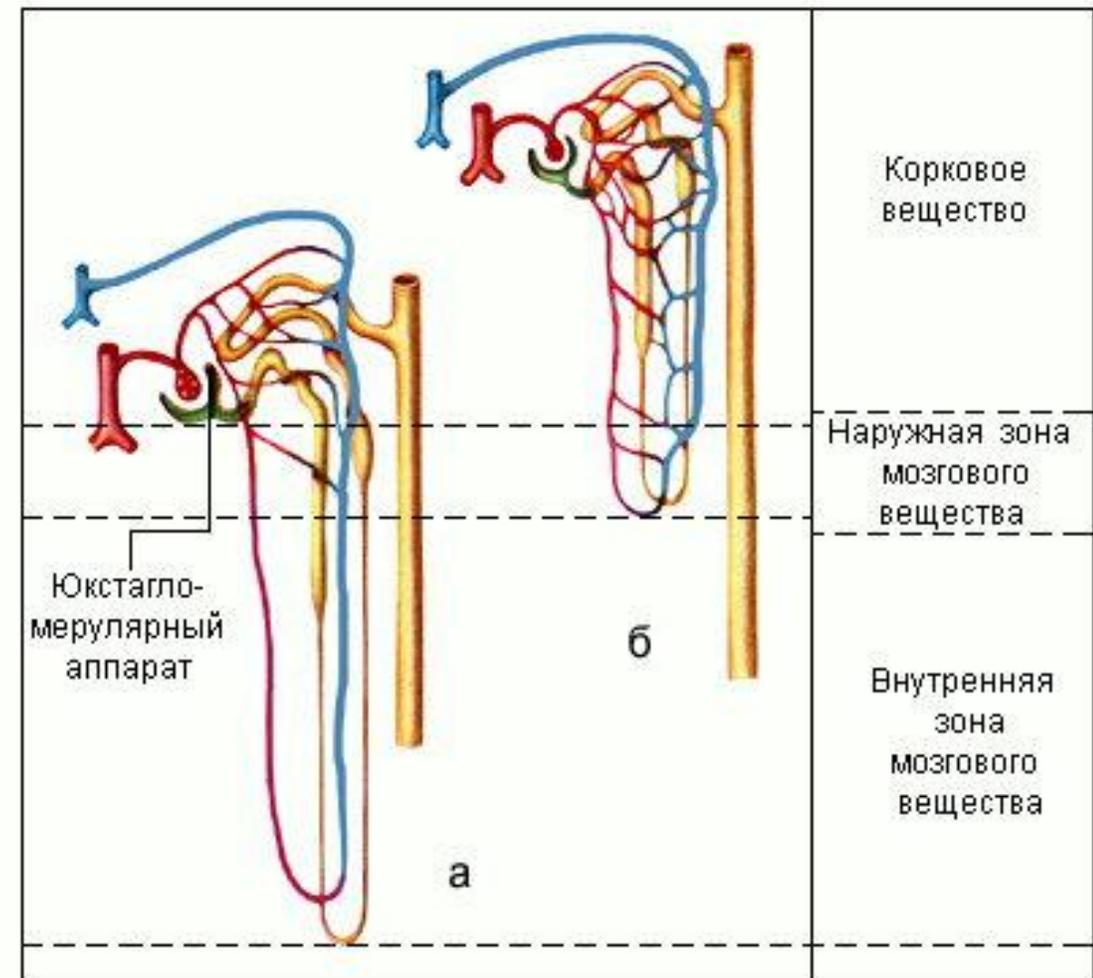
Почечное тельце кортикального нефрона расположено в наружной части коркового вещества почки.

Петля Генле у большинства кортикальных нефронов имеет небольшую длину и располагается в пределах внешнего мозгового вещества почки.

Почечное тельце юкстамедуллярного нефрона расположено в юкстамедуллярной коре, около границы коры почки с мозговым веществом. Большинство юкстамедуллярных нефронов имеют длинную петлю Генле, которая проникает глубоко в мозговое вещество и иногда достигает вершечек пирамид.

Главную роль в мочеобразовательной функции почки играют **корковые нефроны** (от них зависит объем выводимой мочи), при нарушении их функции может возникнуть анурия (прекращение мочеобразования).

Главное назначение **юкстамедуллярных нефронов** – создание высокого осмотического давления в мозговом слое почки.



Особенности кровоснабжения почек

□ Высокий уровень кровоснабжения:

1л/мин (20% от величины сердечного выброса)

□ Высокий уровень ауторегуляции:

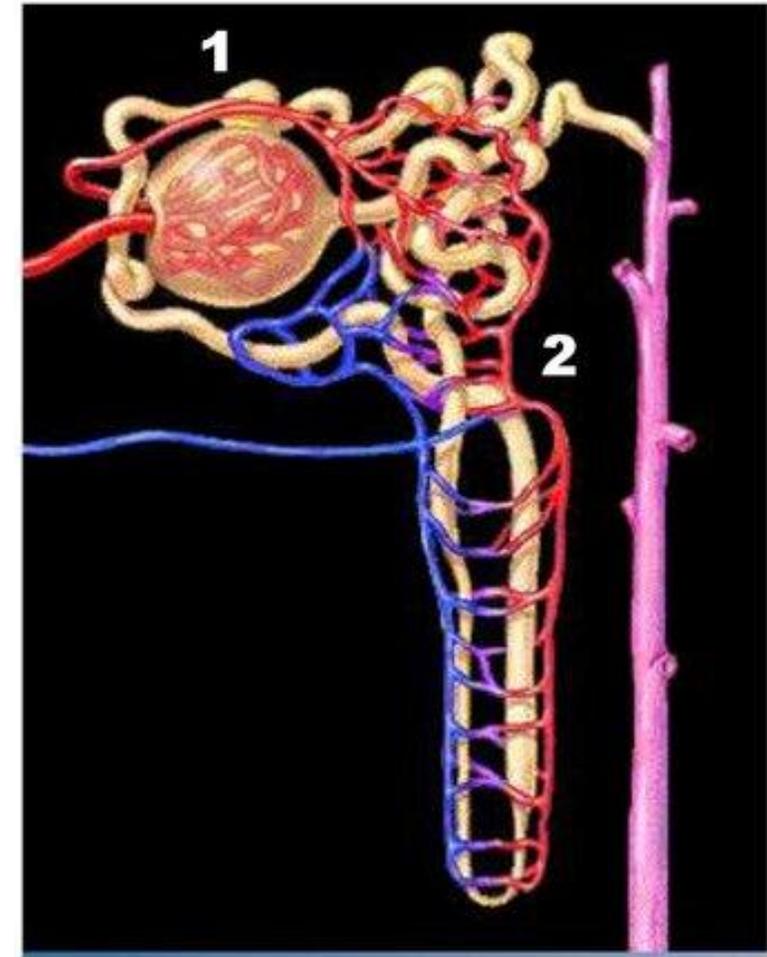
Почечный кровоток не меняется при изменении среднего АД от 80 до 180 мм.рт.ст.

□ Наличие двух капиллярных сетей:

1. В капиллярах почечного клубочка, расположенных между двумя артериолами, давление крови высокое (50-70 мм.рт.ст.), так как диаметр выносящих артериол меньше, чем приносящих.

Эти капилляры приспособлены только для фильтрации жидкости, газообмен в них не происходит. Т.е. они обеспечивают образование первичной мочи.

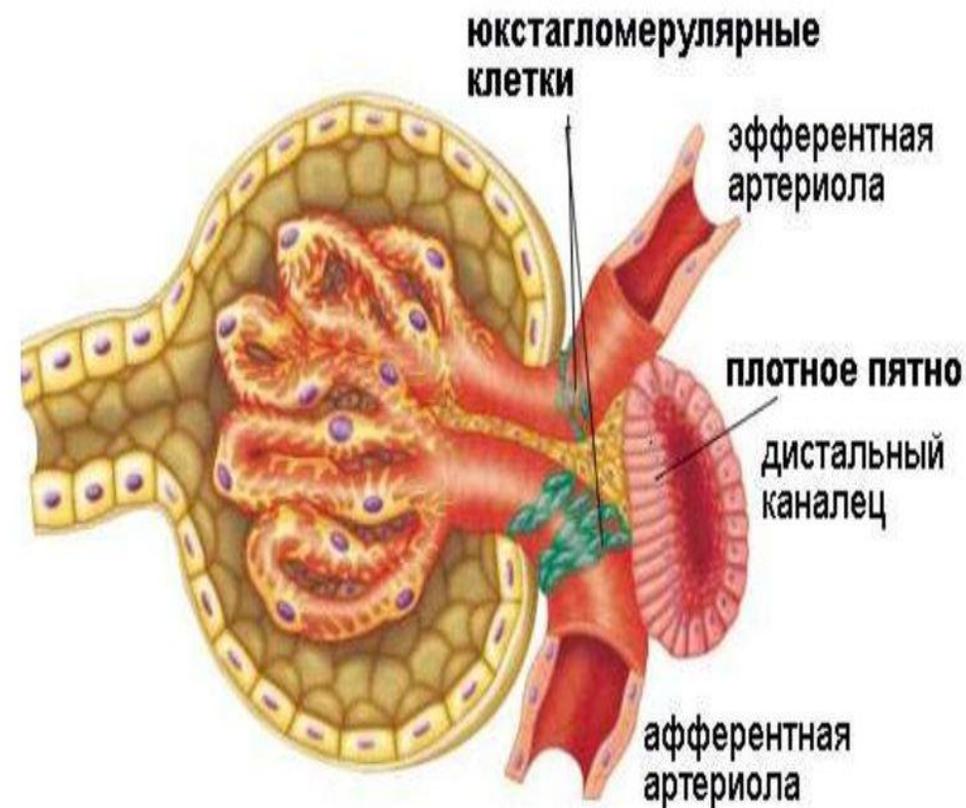
2. В околоканальцевых капиллярах давление крови низкое (8-12 мм.рт.ст.). Эти капилляры максимально приспособлены для реабсорбции. Они обеспечивают питание и доставку O_2 к тканям почки, секрецию веществ в конечную мочу.



Юкстамедуллярные нефроны не имеют вторичной капиллярной сети.

Юкстагломерулярный аппарат (ЮГА)

- ✓ Это образование морфологически напоминает треугольник, две стороны которого представлены **афферентной** и **эфферентной** артериолами, а основание – **клетки плотного пятна** дистального канальца.
- ✓ **ЮГА** активируется при уменьшении кровенаполнения приносящей артериолы и его клетки секретируют фермент **ренин**.
- ✓ Ренин приводит к образованию в плазме крови активного гормона **ангиотензина**.
- ✓ У ангиотензина двойное действие - "закручивает кран" - сужает просвет приносящей артериолы; под его действием выделяется минералокортикоид **альдостерон**.



Составляющие процесса мочеобразования

Клубочковая фильтрация

В почечных клубочках происходит начальный этап мочеобразования- **фильтрации** из плазмы крови в капсулу почечного клубочка (Шумлянско-Боумена) безбелковой жидкости (первичной мочи).

Канальцевая реабсорбция

Затем жидкость движется по канальцам, где вода и растворенные в ней вещества с разной скоростью подвергаются обратному всасыванию (**канальцевая реабсорбция**).

Канальцевая секреция

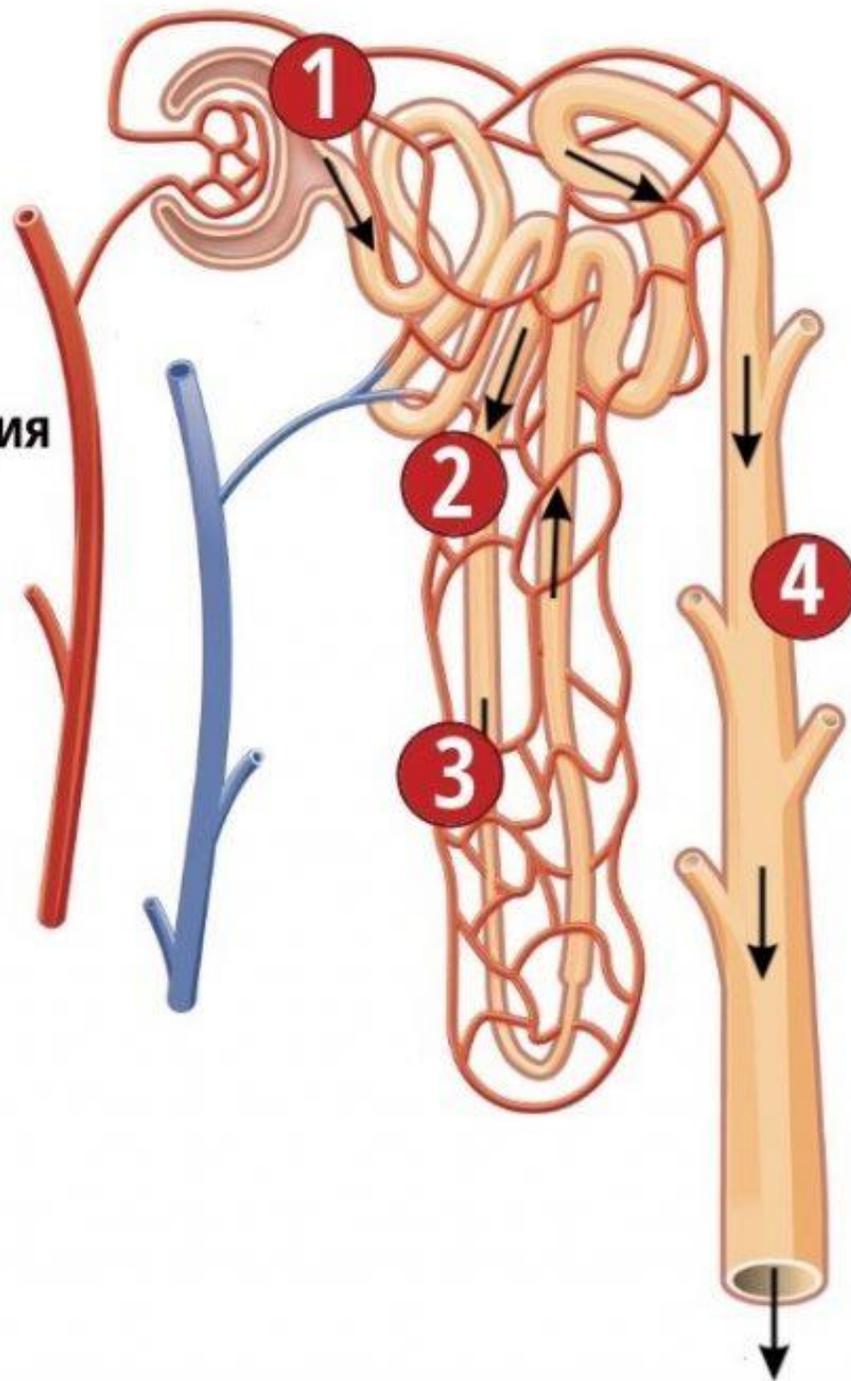
Третий процесс- **канальцевая секреция** – состоит в том, что клетки эпителия нефрона захватывают некоторые вещества из крови и межклеточной жидкости и переносят их в просвет канальца. Другой вариант **канальцевой секреции** заключается в выделении в просвет канальца новых органических веществ, синтезированных в клетках нефрона, а также NH_4^+ и H^+ .

1 Фильтрация

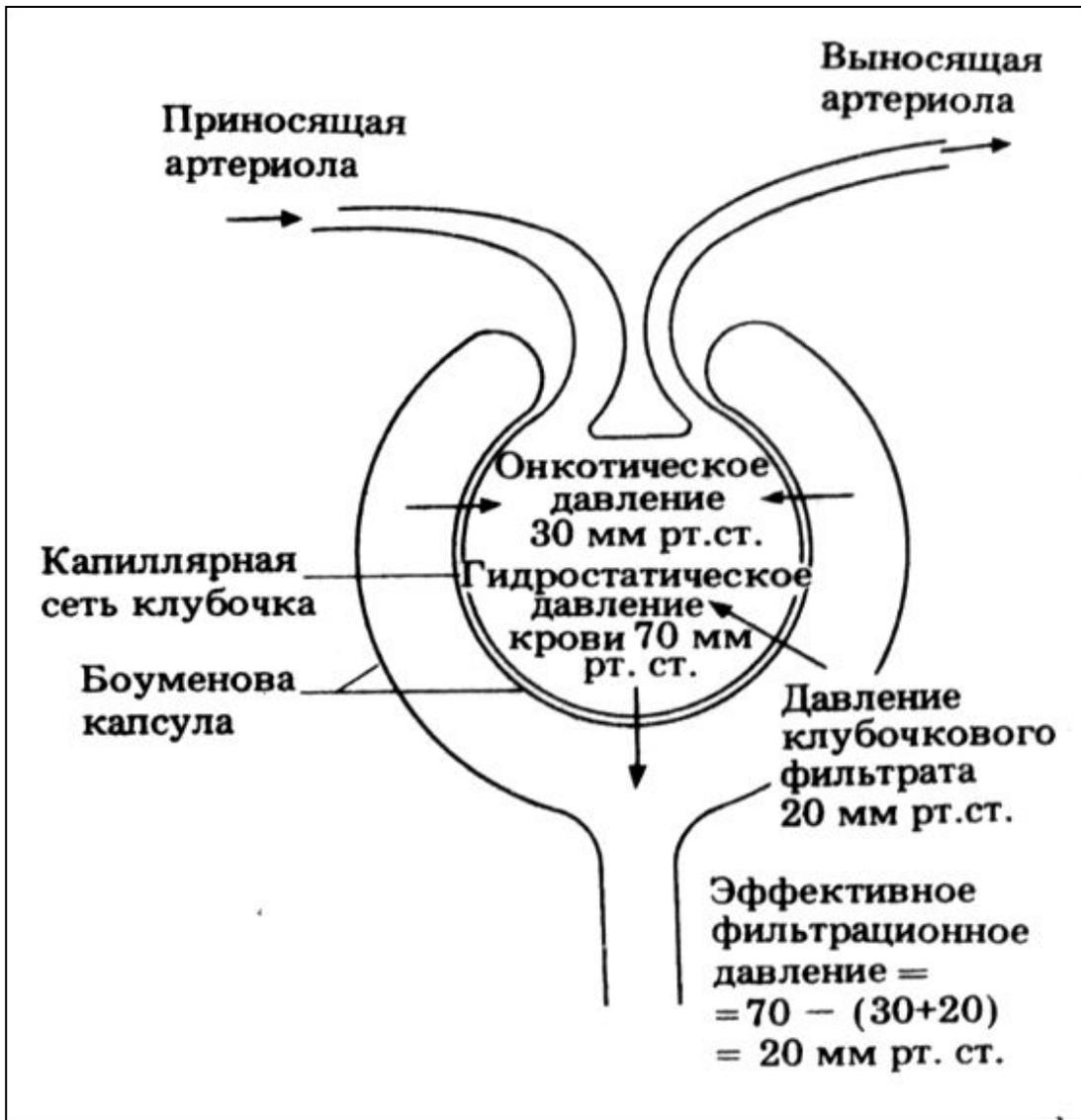
2 Реабсорбция

3 Канальцевая секреция

4 Выход мочи в выводной проток



Фильтрация



- ✓ **Фильтрация** происходит из-за высокого давления в капиллярах мальпигиевых телец.
 - ✓ Давление постоянно даже при значительных колебаниях артериального давления.
 - ✓ Кровяная плазма без белков попадает в просвет капсулы. Состав фильтрата тот же, что и состав плазмы, за исключение высокомолекулярных белков.
 - За сутки у человека образуется до **180 л фильтрата (первичной мочи)**. **Фильтрующая поверхность равна 5-6 м²**.
 - ✓ **Фильтрационное давление**, под действием которого плазма выходит из капилляров – равнодействующая трех видов давления:
Гидростатическое давление – (онкотическое давление + гидростатическое давление клубочкового фильтрата).
- Онкотическое давление – давление, которое обеспечивают белки плазмы крови, которые не фильтруются.

Роль почечного фильтра

Состоит из трех слоев:

1. Прерывистого эндотелия капилляров.
2. Пористой базальной мембраны
3. Отверстий между подоцитами.

Фильтруются

низкомолекулярные вещества,
иногда альбумины,
чужеродные белки, с низкой мол. массой
(яичный белок, желатин).

Крупномолекулярные белки с молекулярным
массой более 160000 не фильтруются
(например глобулины).



Для расчета величины объема клубочковой фильтрации и других показателей процесса мочеобразования используют методы, основанные на принципе очищения (**клиренс**).

Для измерения клубочковой фильтрации применяют физиологически инертные вещества, нетоксичные и не связанные с белком в плазме крови, свободно проникающие через поры мембран.

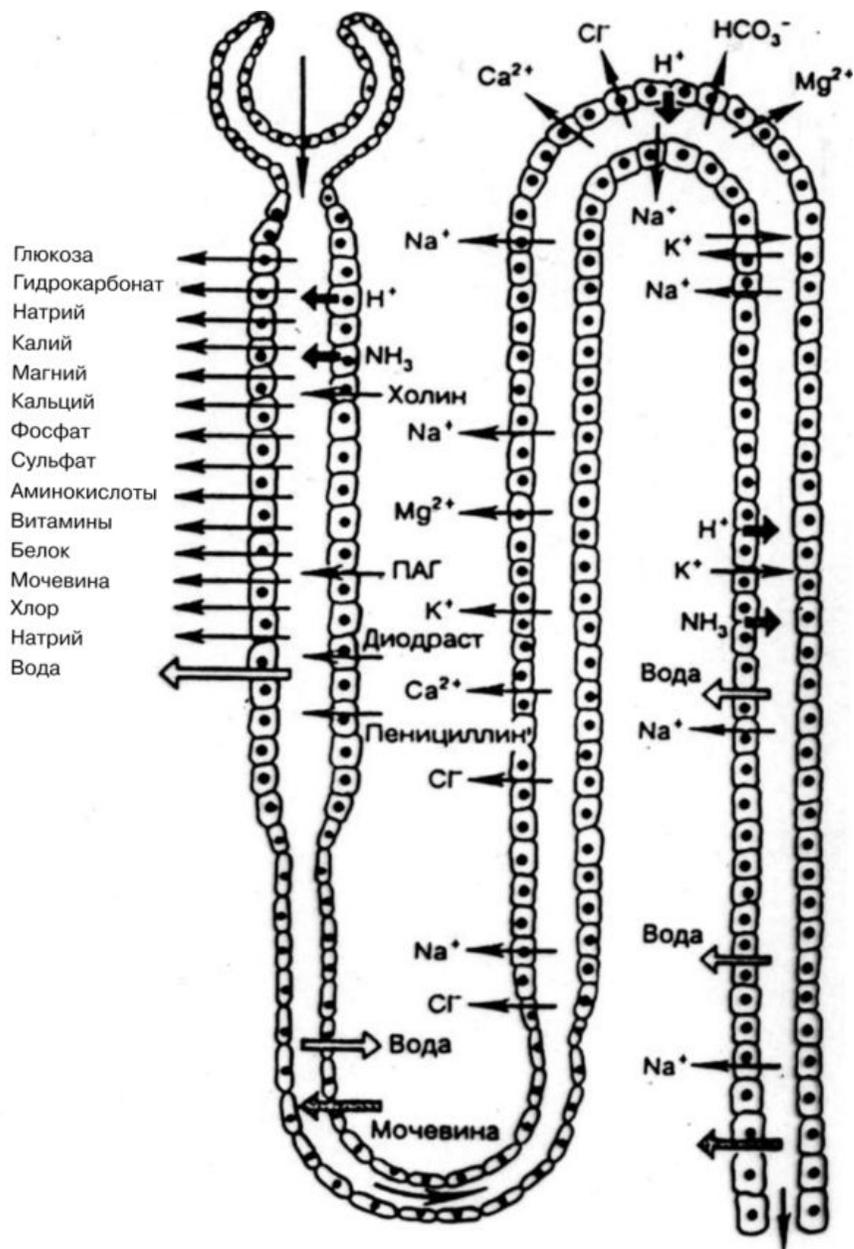
- ✓ **Инулин**
- ✓ **Маннитол**
- ✓ **Полиэтилен гликоль**
- ✓ **Креатинин**

Эти вещества не должны реабсорбироваться и секретироваться в почечных канальцах, т.е. с мочой должны выделяться полностью и только путем фильтрации.

Клиренс определяется как объем плазмы, который освобождается от данного вещества в 1 минуту.

1. Если клиренс какого-либо вещества **равен** клиренсу инулина, то оно только **фильтруется**.
2. Если клиренс вещества **меньше** клиренса инулина, то вещество после фильтрации частично **реабсорбируется** в канальцах.
3. Если клиренс вещества **больше** клиренса инулина, то вещество фильтруется и дополнительно **секретируется** в просвет канальцев.

Реабсорбция



Реабсорбция происходит в почечных канальцах. В канальце различают: **проксимальный участок, нисходящий и восходящий участки петли Генле, дистальный участок.**

В **проксимальном** сегменте нефрона полностью реабсорбируются:

аминокислоты, глюкоза, витамины, микроэлементы, Na⁺, Cl⁻, бикарбонат .

В последующих отделах нефрона всасываются только **ионы и вода.**

Жидкость, образовавшаяся после реабсорбции, поступает в собирательные трубочки и направляется в почечную лоханку.

Канальцевая секреция

1. Секреция (выведение):

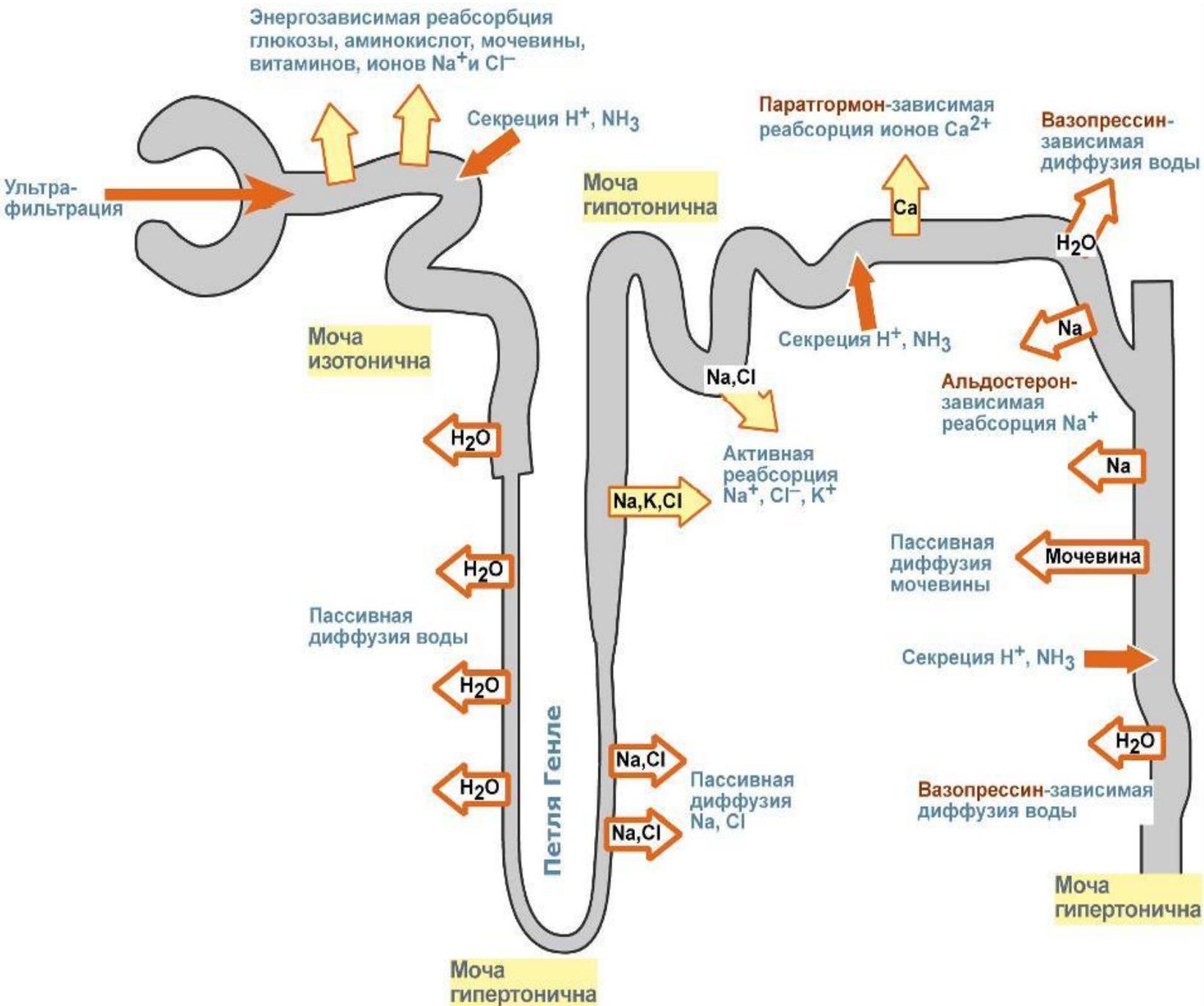
Органические кислоты (феноловый красный, парааминогиппуровая кислота, диодраст, пенициллин) **и основания** в проксимальном отделе

Ионы (K^+) в конечных частях дистального отдела и собирательных трубочек.

Чужеродные вещества (антибиотики, и др.)

2. Секреция (синтез):

Органических оснований (гуанидина, тиамина, холина, пиперидина) в проксимальном отделе нефрона



Регуляция мочеобразования

-Вазопрессин (АДГ) повышает реабсорбцию воды, увеличивает реабсорбцию Na^+ в восходящем отделе петли Генле.

Альдостерон – повышает реабсорбцию Na , секрецию K^+ .

Витамин D_3 – регулирует реабсорбцию Ca^{2+}

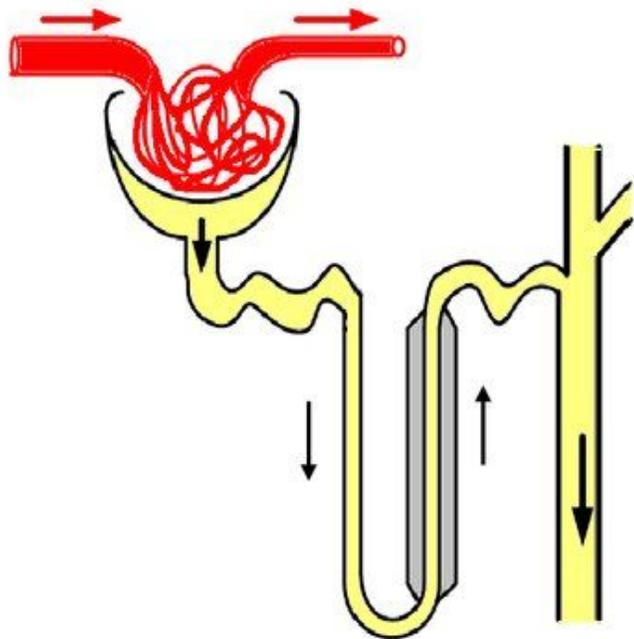
Кальцитонин – снижает реабсорбцию Ca^{2+}

Паратгормон – повышает реабсорбцию Ca^{2+} , снижает реабсорбцию фосфатов, снижает реабсорбцию бикарбонатов и секрецию H^+

Инсулин – увеличивает реабсорбцию K^+

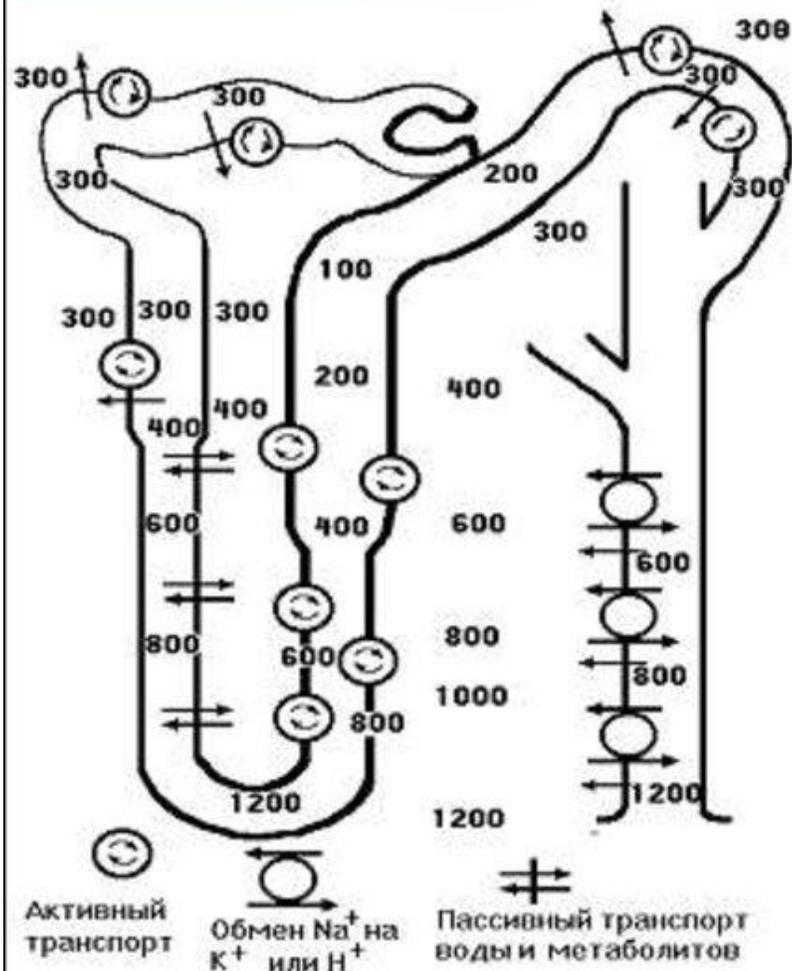
Натрийуретический гормон – уменьшает реабсорбцию Na^+

ПЕТЛЯ ГЕНЛЕ – ПОВОРОТНО-ПРОТИВОТОЧНАЯ МНОЖИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА

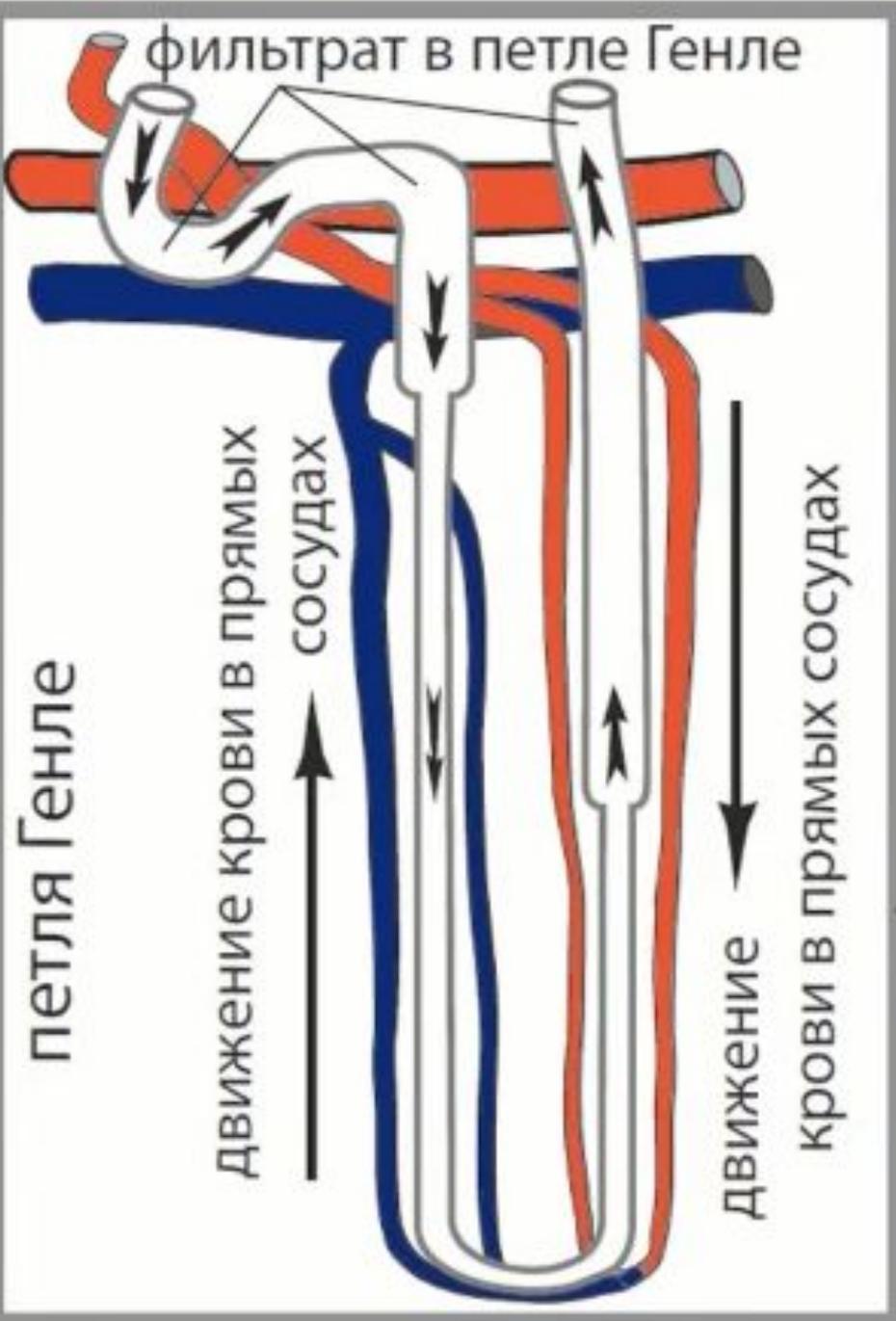


- **Нисходящая часть петли Генле высоко проницаема для воды и натрия (пассивная диффузия).**
- **Восходящая часть петли Генле НЕПРОНИЦАЕМА ДЛЯ ВОДЫ (!!!) Здесь происходит АКТИВНАЯ РЕАБСОРБЦИЯ НАТРИЯ.**
- **Поэтому за счёт активной реабсорбции натрия (без воды!) создаётся **высокое осмотическое давление в мозговом веществе почки.****

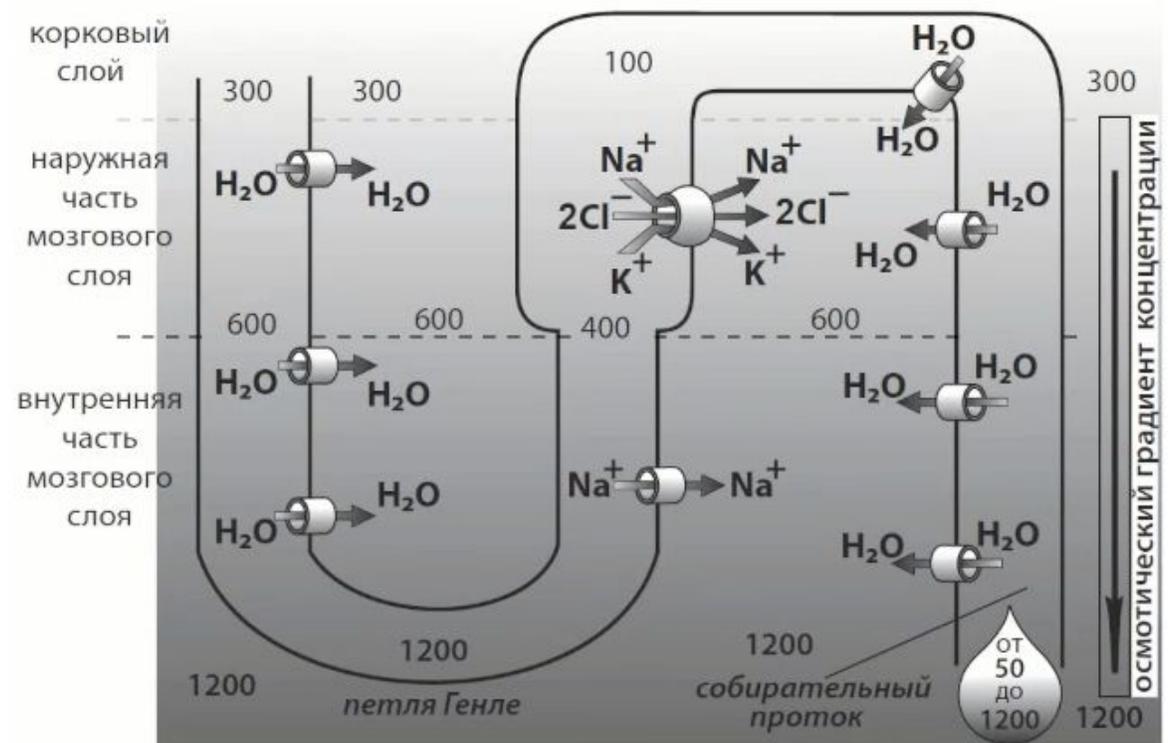
* Поворотно-противоточный механизм

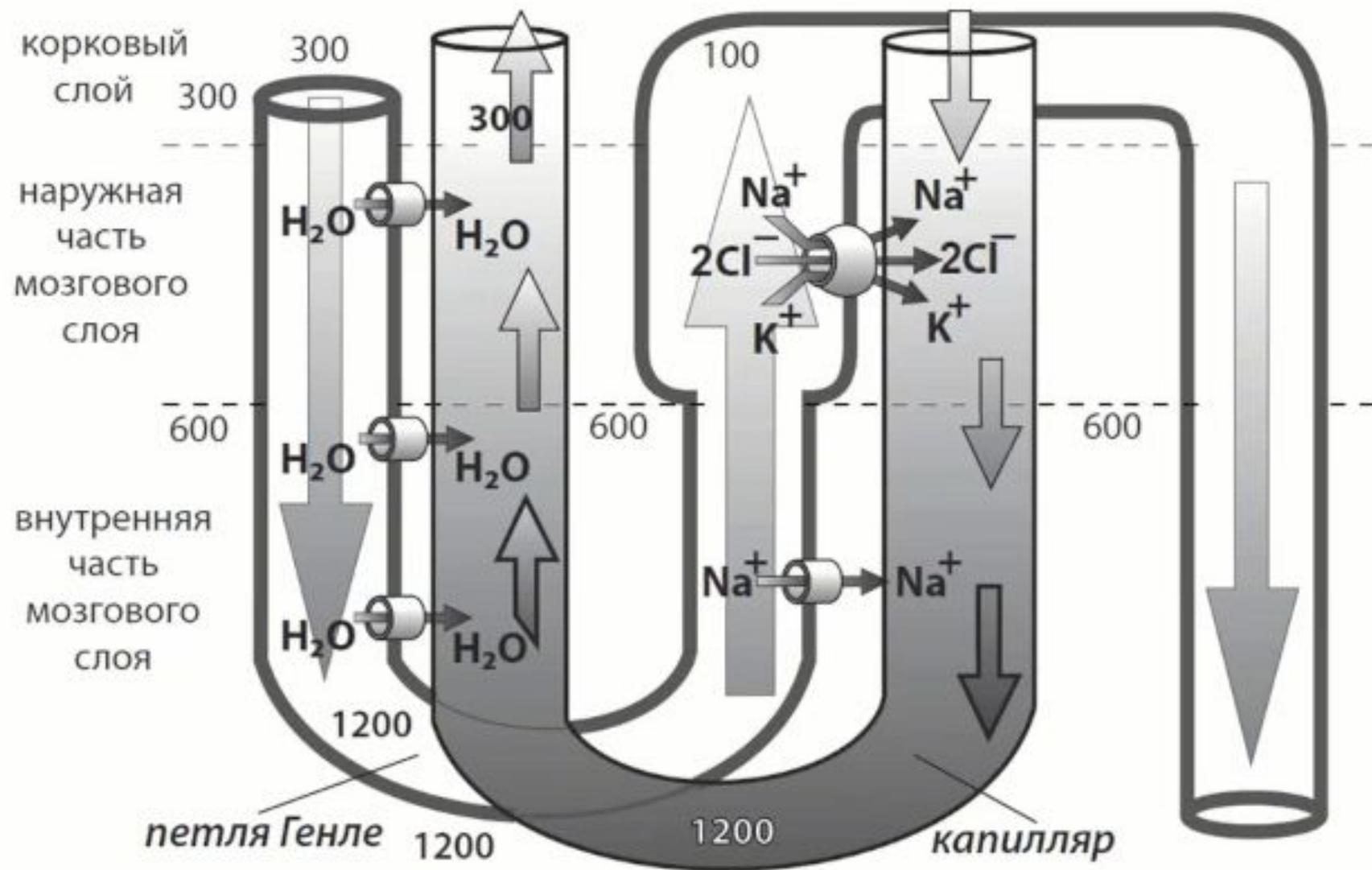


- * Вода покидает фильтрат на всем протяжении нисходящего колена, что обеспечивает реабсорбцию здесь около 15-20% ее объема от первичной мочи.
- * В связи с выходом воды осмотическое давление мочи постепенно повышается, и своего максимума оно достигает в области поворота петли.
- * Гиперосмотическая моча поднимается по восходящему колену, где активно теряет ионы Na^+ и Cl^- , выводимые работой транспортных систем.



1. Капилляры проходящие рядом с каналцем петли Генле называются прямые сосуды.
2. В прямых сосудах кровь движется в направлении противоположном движению фильтрата в канале петли Генле.
3. В нисходящей части происходит концентрирование фильтрата.
4. В восходящей части Na^+ выходит в интерстиций.
5. В толстой восходящей части происходит активный транспорт электролитов из фильтрата в интерстиций.
6. Все что выходит в интерстиций всасывается в прямые сосуды.





Сравнительный состав плазмы крови, первичной и вторичной мочи

Вещества	Плазма крови, %	Первичная моча, %	Вторичная моча, %
Белки, жиры, гликоген	7—9	—	—
Глюкоза	0,1	0,1	—
Натрий (в составе солей)	0,3	0,3	0,4
Хлор (в составе солей)	0,37	0,37	0,7
Калий (в составе солей)	0,02	0,02	0,15
Мочевина	0,03	0,03	1,8
Мочевая кислота	0,004	0,004	0,2

Признак	Первичная моча	Вторичная моча
Количество	180-200 литров	1,5 – 2 литра
Состав	Минеральные соли, глюкоза, аминокислоты, витамины, вредные продукты обмена.	Избыток минеральных солей, вредные продукты обмена, избыток глюкозы