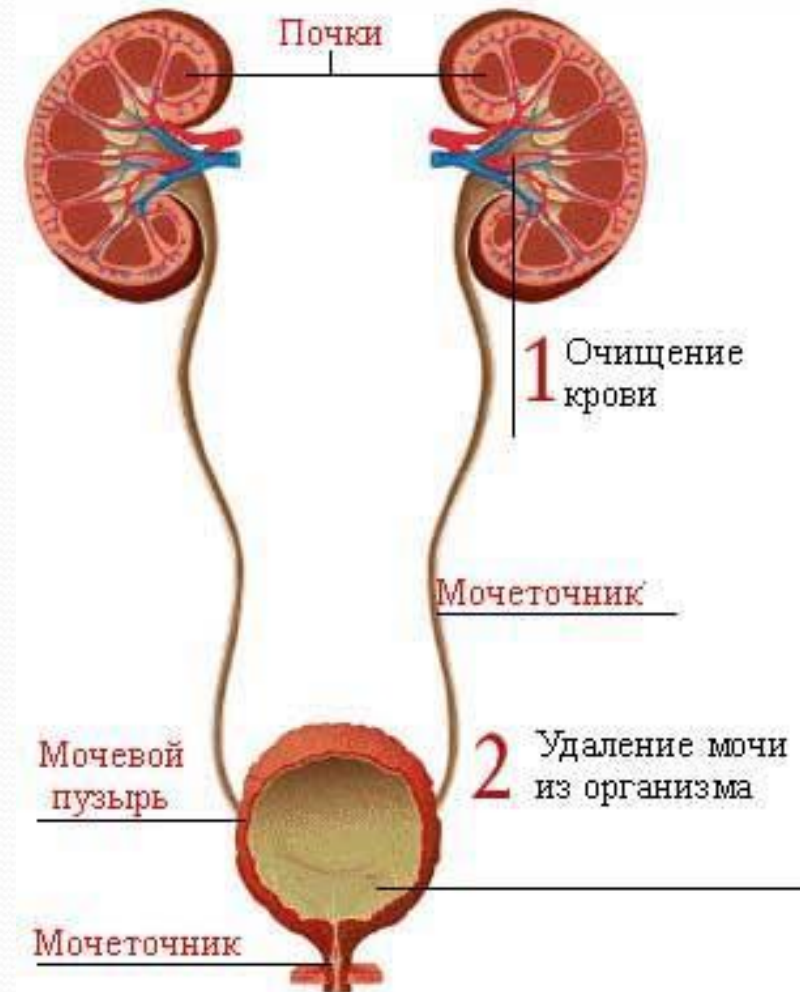


Лекция на тему:

**«ФИЗИОЛОГИЯ
ВЫДЕЛЕНИЯ»**

Выделение

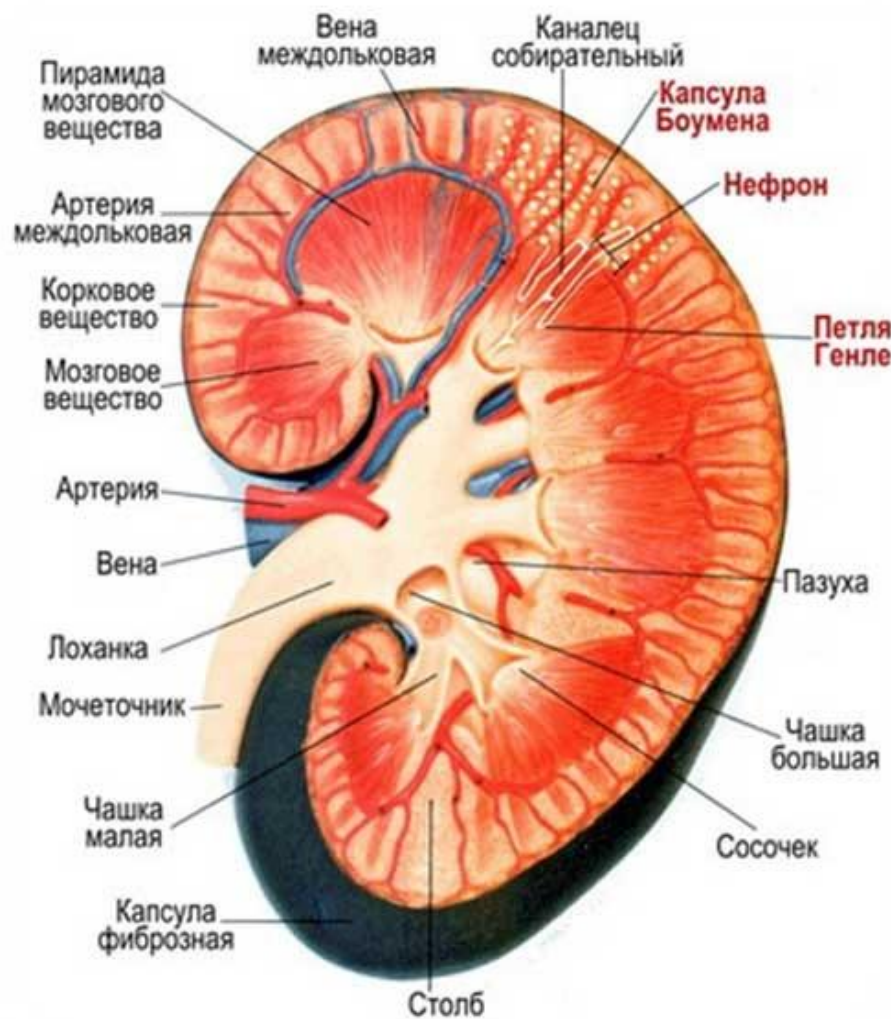
● *Выделение* - это освобождение организма от конечных продуктов обмена, избытка питательных веществ и чужеродных веществ. Это последний этап совокупности процессов обмена веществ, конечными продуктами которых являются H_2O , CO_2 , NH_3 .



Строение почек

Нефрон является структурно – функциональной единицей почки. У человека общее число нефронов в почке достигает в среднем 1 млн.

Нефрон начинается с почечного (мальпигиева) тельца – клубочка. Мальпигиево тельце представляет собой клубочек капилляров, окутанный капсулой Шумлянского – Боумена. Капилляры клубочка являются разветвлениями приносящей артериолы. Они соединяются между собой и выходят из клубочка в виде выносящей артериолы. Капсула Шумлянского – Боумена двухслойная. Внутренний слой капсулы покрывает капилляры клубочка. Наружная стенка капсулы образует небольшую полость вокруг клубочка и переходит в проксимальный извитой каналец. Продолжением проксимального извитого канальца является петля нефрона, имеющая нисходящую и восходящую части. Восходящая часть петли нефрона поднимается до уровня клубочка своего же нефрона, где она продолжается в виде дистального извитого канальца, впадающего в собирательную трубку (конечный отдел нефрона).



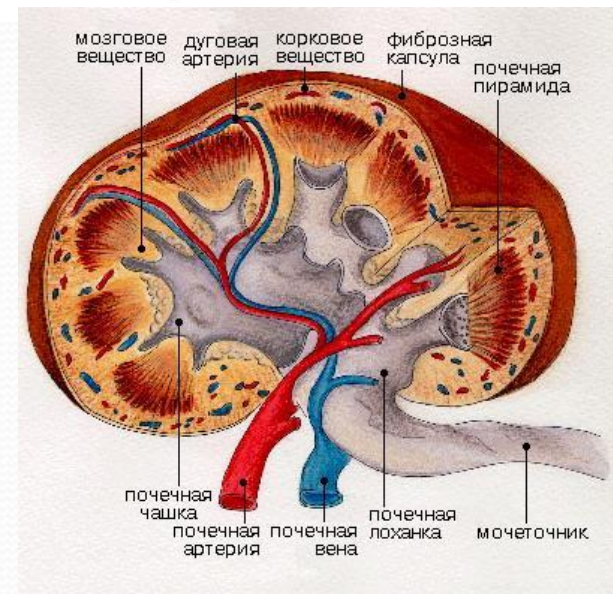
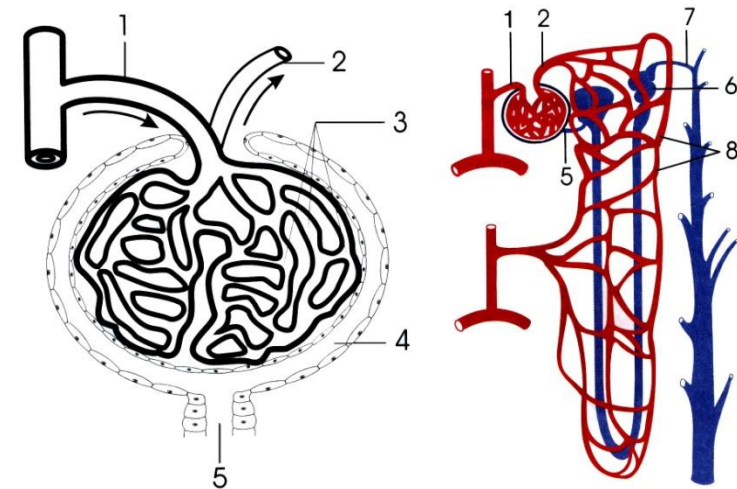
Особенности кровоснабжения почек

- - В почке самый большой удельный кровоток, то есть примерно в 60 раз больше, чем во всём теле. В минуту через обе почки проходит около 1,3 л крови, а минутный выброс крови сердцем равен около 5 л. Обильное кровоснабжение почки связано с тем, что в сутки образуется до 180 л первичной мочи.

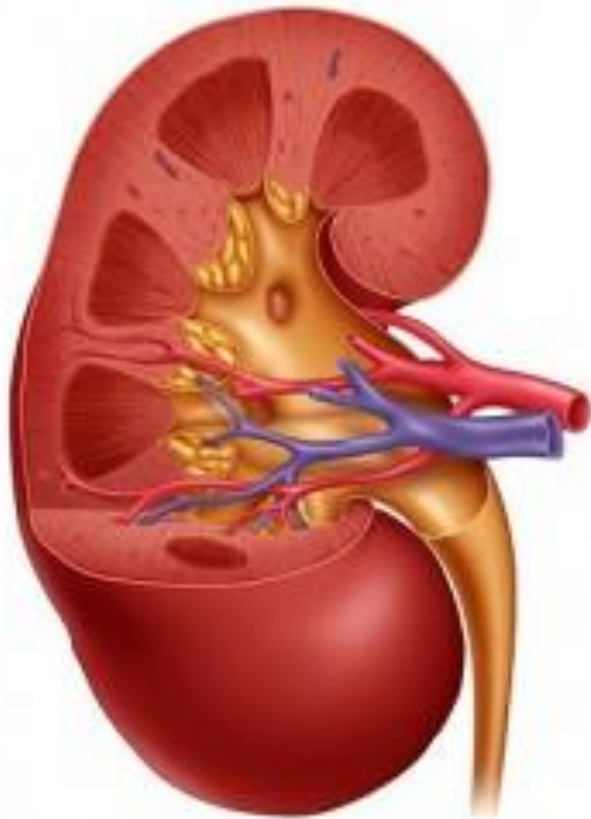
- - В клубочковых капиллярах высокое кровяное давление – около 50 мм. рт. ст. Это объясняется широким просветом приносящей артериолы.

- - В почечных клубочках стабильны капиллярное давление и кровоток, даже при значительных колебаниях АД – от 80 до 180 мм. рт. ст. , что обеспечивается миогенным механизмом его регуляции.

- - В корковом слое имеются две системы капилляров: первичная – в почечных клубочках и вторичная – околоканальцевая. Клубочковые капилляры обеспечивают образование первичной мочи, а вторичная сеть капилляров – реабсорбцию веществ из первичной мочи, питание и доставку кислорода к тканям почки. Выносящие артериолы мозгового слоя не распадаются на вторичную капиллярную сеть, а образуют прямые (артериальные) сосуды, спускающиеся в мозговой слой и поворачивающиеся на 180°C , переходя в венозные прямые сосуды.



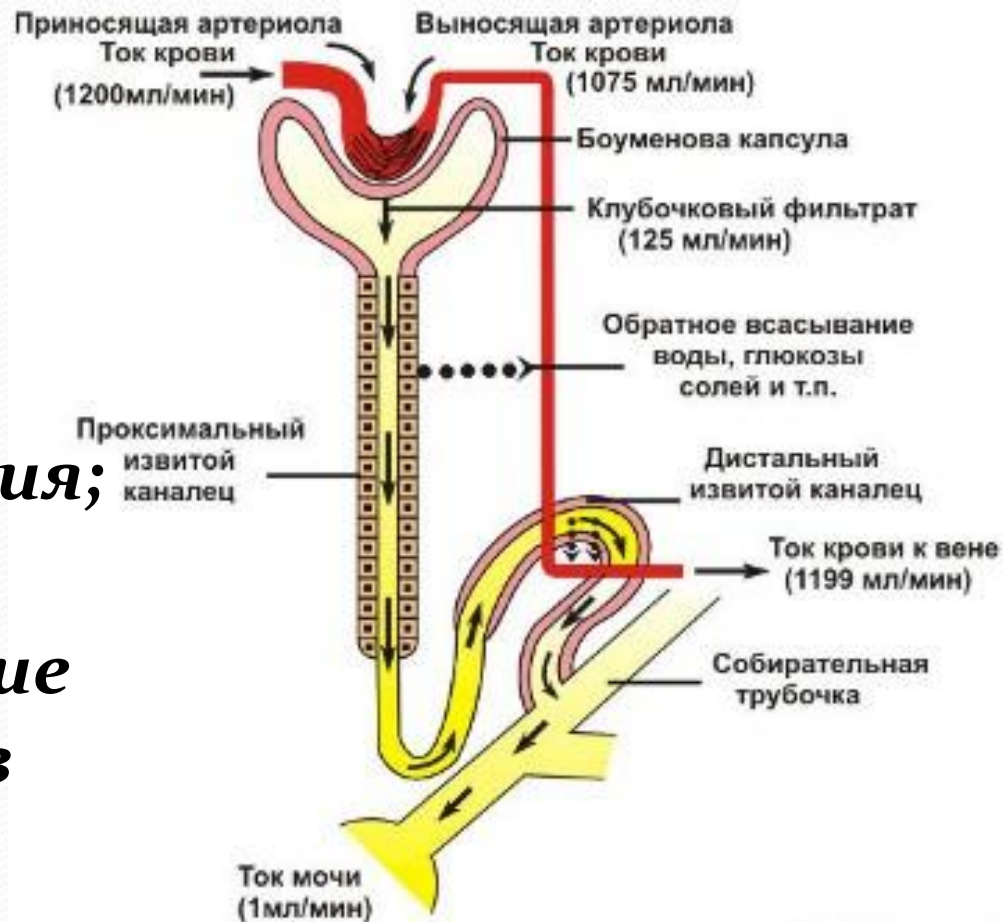
Функции почек



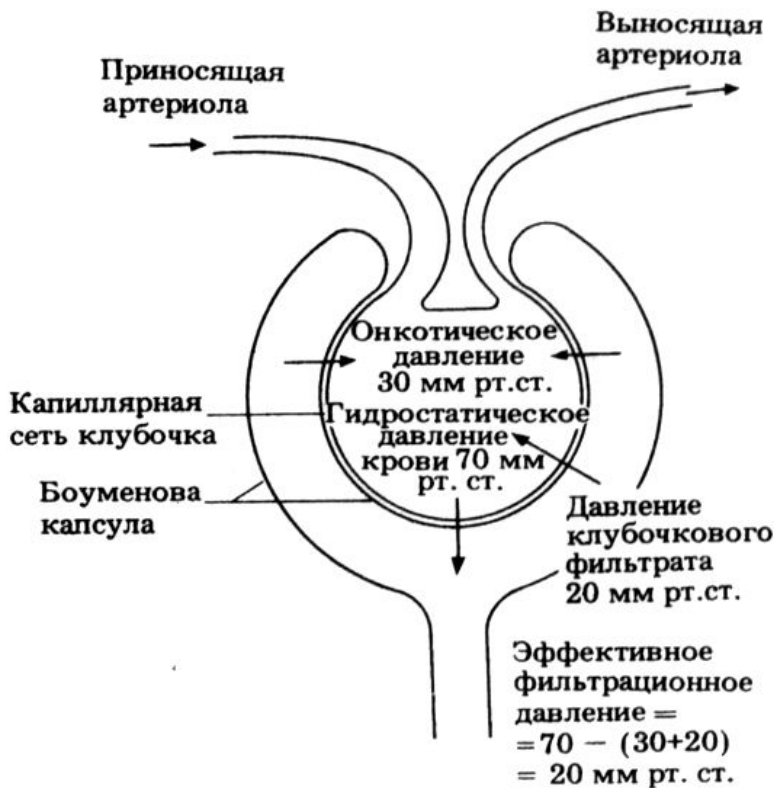
- **Осморегулирующая** – обеспечивает постоянство осмотического давления, стабильность осмоляльности крови.
- **Волюморегулирующая** – обеспечивает поддержание постоянства объёма внутрисосудистой и внеклеточной жидкости, сохранение жидкости в организме или выведение её избытка.
- **Ионорегулирующая** – стоит на страже стабильности концентрации каждого из ионов в плазме крови, включая ионы кальция, магния, калия.
- **Почка участвует в обеспечении постоянства pH крови**, способствует стабилизации кислотно – основного равновесия.
- **Экскреторная** – удаление ненужных, токсичных веществ, либо избытка органических или неорганических соединений.
- **Метаболическая функция** – обеспечивает участие почек в обмене белков, жиров и углеводов в организме.

Процесс мочеобразования

- 1) Клубочковая фильтрация;
- 2) Канальцевая реабсорбция;
- 3) Канальцевая секреция;
- 4) Синтез новых веществ и поступление их либо в кровь, либо в просвет канальца и экскреция их с мочой.



Фильтрация



● **Фильтрация** - переход веществ из крови клубочковых капилляров в капсулу Шумлянского - Боумена под действием фильтрационного давления, создаваемого за счёт деятельности сердца.

Она осуществляется за счёт разности между гидростатическим давлением в просвете почечных капилляров и онкотическим давлением белков плазмы крови. Ультрафильтрация жидкости происходит через *три* слоя: *эндотелий капилляров, базальную мембрану и эпителиальные клетки (подоциты)*, обращённые в сторону просвета капсулы клубочков. *Эндотелий капилляров* препятствует прохождению форменных элементов и макромолекул. *Базальная мембрана* состоит из трёх слоёв: центрального электронно-плотного и двух периферийных электронно-прозрачных (не проходят белки с молекулярной массой больше 35 000 Да). *Щелевые мембраны между ножками подоцитов*, образующие слой эпителия висцерального листка капсулы Боумена, не пропускают белков. В итоге в норме за сутки у человека выделяется с мочой менее 100 мг белка.

● Результат клубочковой фильтрации – *поступление в капсулу почечного клубочка безбелковой жидкости, ультрафильтрата плазмы крови.*

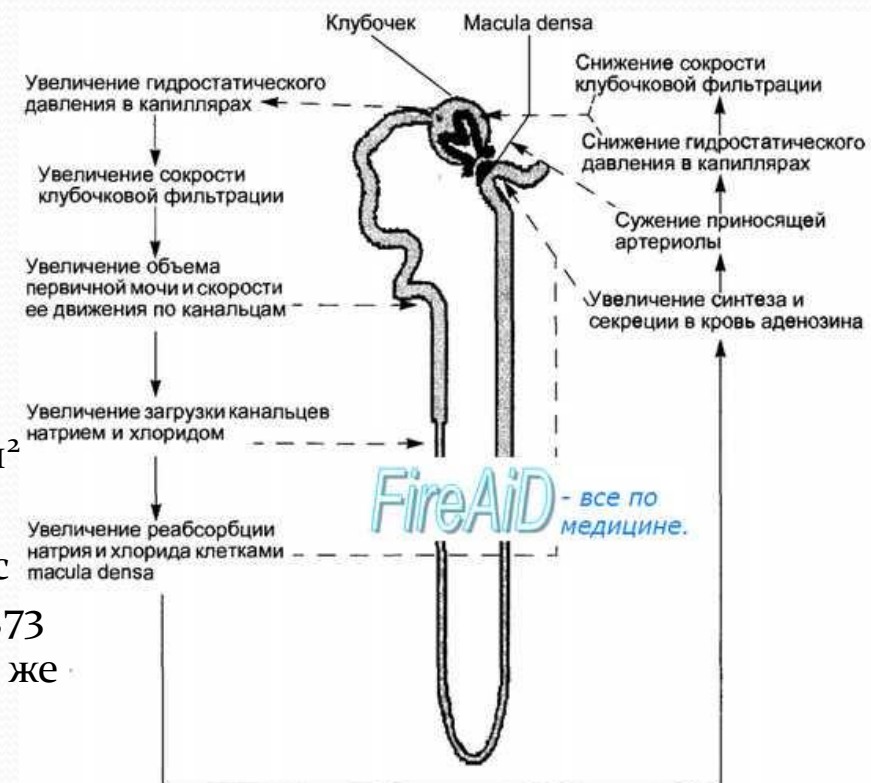
Скорость клубочковой фильтрации

$$C_{In} = (U_{In} * V) / P_{In}, \text{ где}$$

C_{In} - скорость клубочковой фильтрации, клиренс для инулина, V - мочеотделение в минуту, U_{In} - концентрация в моче инсулина, P_{In} - концентрация инулина в плазме крови.

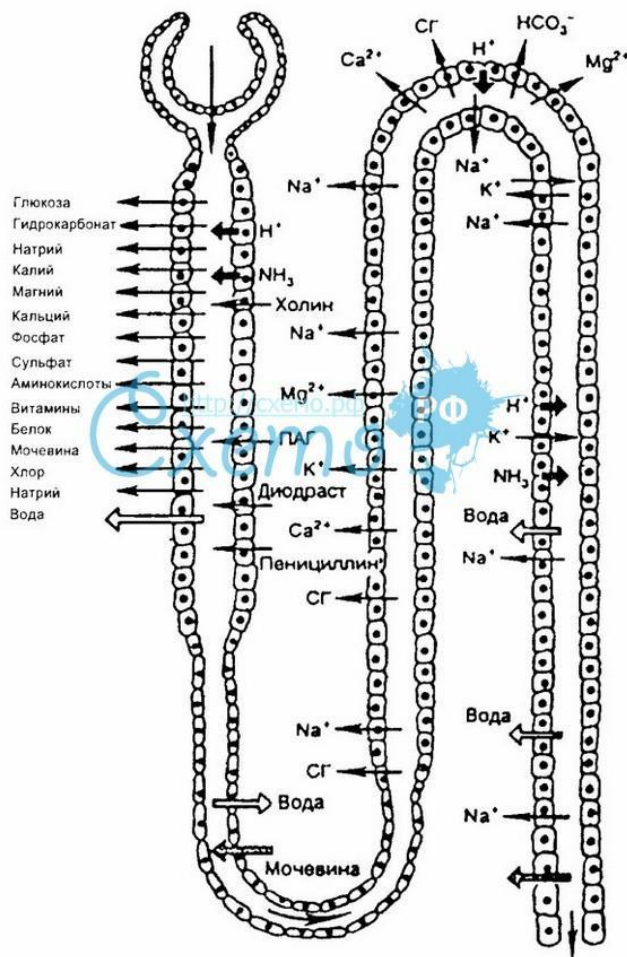
Эта величина рассчитывается в мл/мин на $1,73 \text{ м}^2$ площади поверхности тела.

Величина клубочковой фильтрации: у мужчин с массой тела 70 кг и площадью поверхности тела $1,73 \text{ м}^2$ составляет 120-125 мл/мин, а у женщин при той же массе тела - около 110 мл/мин.



Реабсорбция

КАНАЛЬЦЕВАЯ РЕАБСОРБЦИЯ ВЕЩЕСТВ



Реабсорбция – это возврат веществ из канальцев в интерстиций и кровь, обеспечивающая сохранение необходимых организму веществ. Реабсорбция обеспечивается с помощью диффузии, осмоса, следования за растворителем (вторично - активных механизмов), а также с помощью первичного активного транспорта веществ.

В почечных канальцах происходит обратное всасывание из первичной мочи в кровь воды, глюкозы, части солей и небольшого количества мочевины. Образуется при этом **конечная (вторичная) моча, которая по своему составу резко отличается от первичной. В ней нет глюкозы, аминокислот, некоторых солей и резко повышена концентрация мочевины.** За сутки выделяется 1-1,5 л конечной мочи.

Активная реабсорбция характерна для глюкозы, аминокислот, фосфатов, солей натрия. Пассивная реабсорбция происходит без затраты энергии (активная – с затратой энергии) за счёт диффузии и осмоса. Большая роль в этом принадлежит разнице онкотического и гидростатического давления в капиллярах канальцев. За счёт пассивной реабсорбции осуществляется обратное всасывание воды, хлоридов, мочевины. Удаляемые вещества проходят через стенку канальцев только тогда, когда концентрация их в просвете достигает определённой пороговой величины. Пассивной реабсорбции подвергаются вещества, которые выводятся из организма, и они всегда встречаются в моче (мочевина).

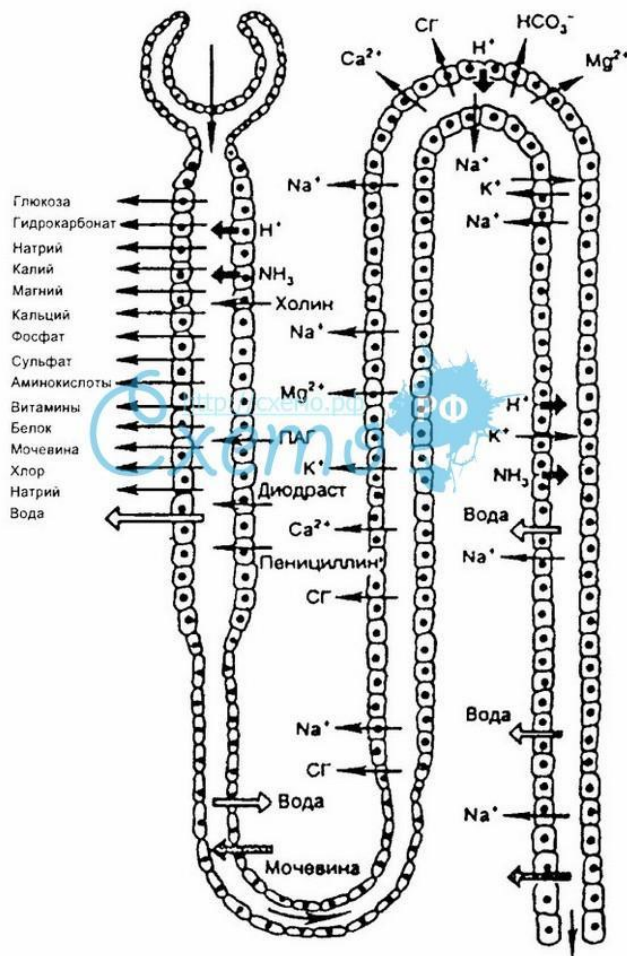
Канальцевая реабсорбция

КАНАЛЬЦЕВАЯ РЕАБСОРБЦИЯ ВЕЩЕСТВ

Проксимальный отдел

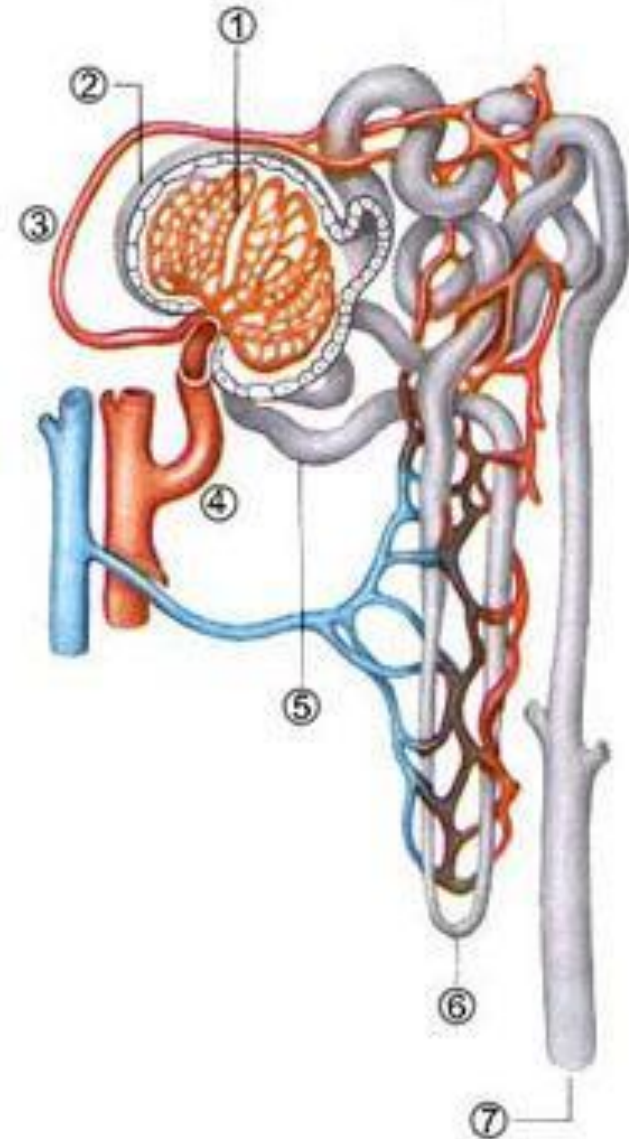
Главной функцией проксимальных канальцев является реабсорбция из первичной мочи необходимых организму веществ, в том числе и большого объема воды – реабсорбируется фактически та же плазма крови, лишённая белков, которая профильтровалась в капсулу Шумлянско-Боумена. Это есть обязательная реабсорбция. Не реабсорбируются лишь вещества, подлежащие удалению из организма – чужеродные вещества (лекарства), продукты обмена. Здесь реабсорбируется до 70% объема всего фильтрата: полностью реабсорбируются белки (попадает в фильтрат лишь%), аминокислоты, глюкоза, витамины, микроэлементы, почти полностью реабсорбируются фосфаты, сульфаты, бикарбонаты. Здесь реабсорбируется значительная часть ионов хлора, 50% мочевины, до 70% натрия. Так как в этом отделе реабсорбируется достаточное количество натрия, вслед за ним по осмотическому градиенту движется в кровоток вода. Вследствие того, что реабсорбируется 2/3 объема ультрафильтрата, объем мочи уменьшается и одновременно увеличивается во столько же раз концентрация растворённых в ней веществ.

Процессы реабсорбции веществ и воды сбалансированы, поэтому моча, выходящая из проксимальных канальцев, изотонична плазме крови.

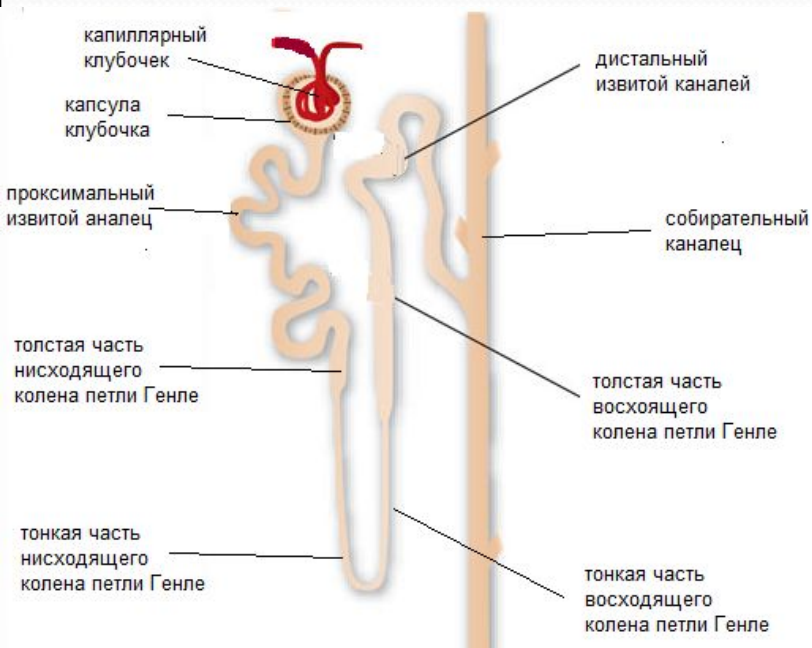


Реабсорбция в петле Генле

В петле Генле реабсорбируется около 1/4 профильтрованной воды (в нисходящей части петли) и около 1/3 профильтрованного натрия хлорида (в толстой восходящей части петли, стенка которой непроницаема для воды). На мембране клеток толстой восходящей части петли, обращенной в просвет канальца, имеется белок – переносчик, который осуществляет одновременную реабсорбцию Na^+ , K^+ , 2Cl^- (механизм вторичного активного транспорта). Работа этого переносчика может быть заторможена диуретиками, например, фуросемидом. Наряду с Na-K-АТФазой этот переносчик реабсорбирует ионы натрия и хлора, поэтому моча канальца оказывается гипотоничной по отношению к плазме крови, тогда как интерстициум становится гипертоничным. Положительный в просвете канальца трансэпителиальный потенциал обеспечивает пассивную межклеточную реабсорбцию ионов натрия, калия, кальция, магния.



Дистальный отдел



Начальный отдел подобен толстой части восходящего колена петли нефрона: он непроницаем для воды и не регулируется АДГ, а конечный - подобен собирательной трубке и регулируется АДГ.

Альдостерон регулирует функции всех отделов канальца нефрона. В дистальных извитых канальцах величина обратного всасывания изменчива и зависит от их уровня в крови (факультативная реабсорбция). Здесь практически заканчивается реабсорбция натрия (10%), а вслед за натрием реабсорбируется вода. Часть этой воды идёт в интерстиций независимо от натрия, так как поступающая в дистальный каналец вторичная моча гипотонична, и эта часть канальца непроницаема для воды. Здесь начинается концентрирование конечной мочи - от гипотоничной до изотонической.

Помимо натрия, в этом отделе осуществляется дальнейшее всасывание ионов калия и других веществ.

Собираательные трубочки

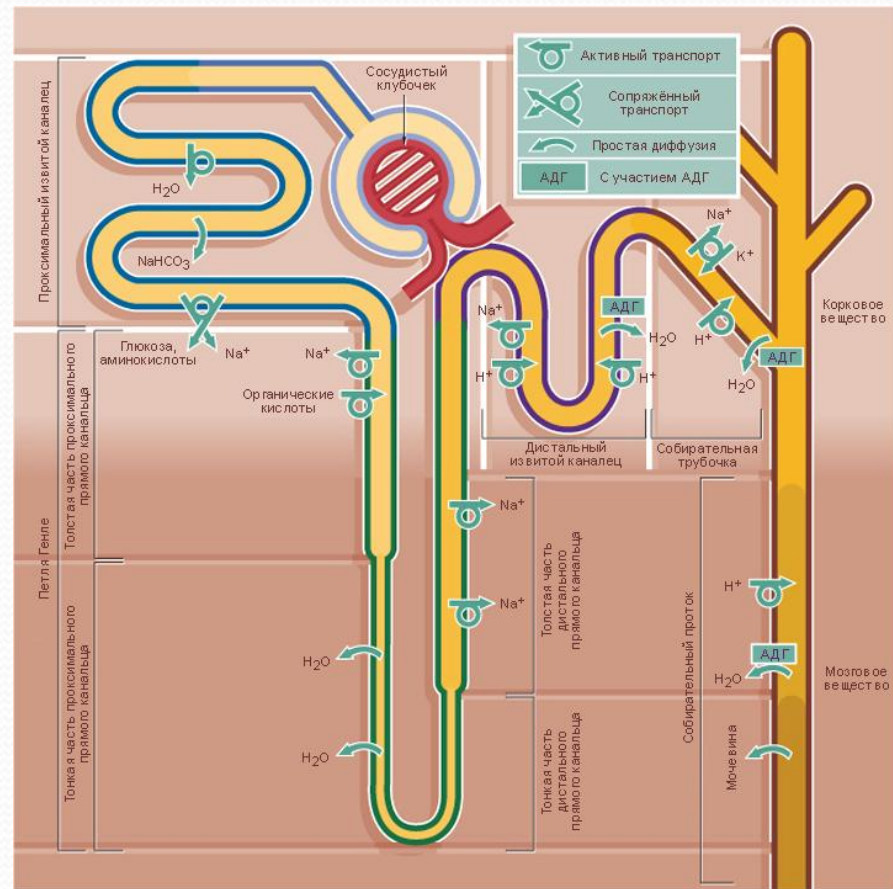
- В трубках происходит сильное концентрирование мочи, что обеспечивается работой петли нефрона. Здесь осуществляется:

- - *реабсорбция воды*: вода из собирательных трубок переходит в интерстиций мозгового слоя почки с высоким осмотическим давлением, а оттуда – в капилляры и уносится с током крови. Моча течёт медленно по собирательным трубкам, которые проходят параллельно петлям нефрона в мозговом слое в направлении почечной лоханки в области с постепенно возрастающим осмотическим давлением;

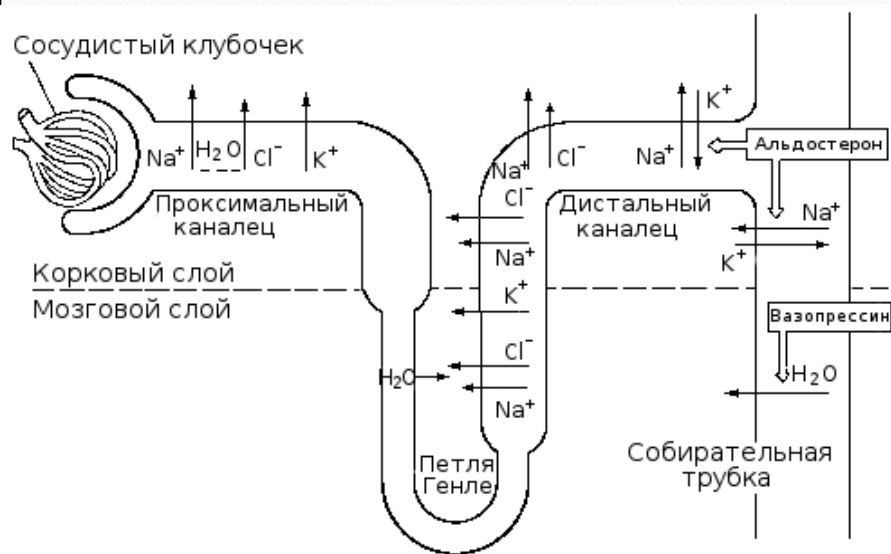
- - *реабсорбция менее 1% натрия, хлора*;

- - *реабсорбция мочевины* – играет важную роль в сохранении высокого осмотического давления в мозговом слое почки, поскольку мочевина уходит в интерстиции с водой в пропорциональных количествах и она циркулирует между собирательной трубкой и восходящим коленом петли Генле.

- Из собирательных трубок конечная моча попадает в почечные лоханки, а из них по мочеточникам – в мочевой пузырь. Всего в нефроне реабсорбируется 50% профильтровавшейся мочевины.



Канальцевая секреция



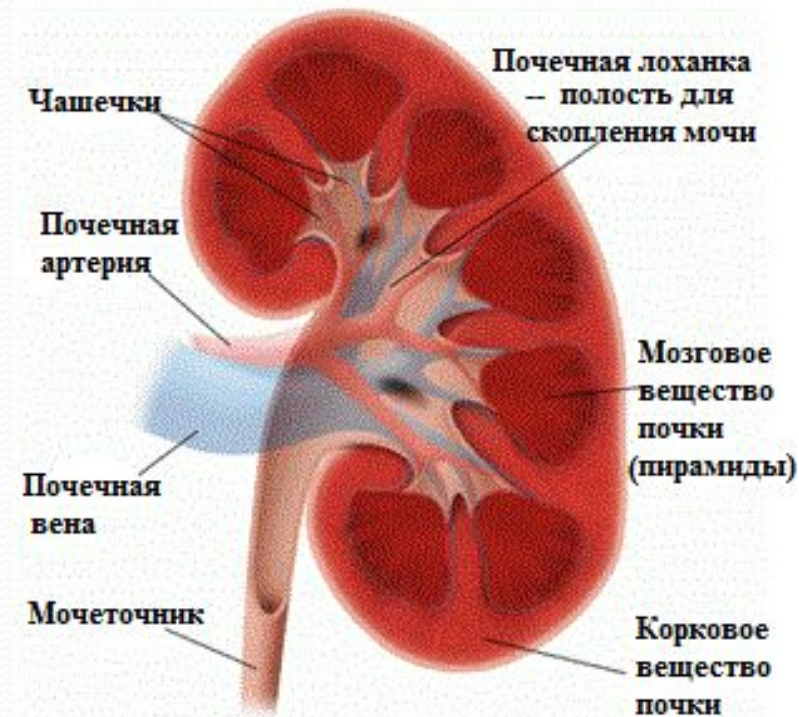
Секреция – транспорт веществ из интерстиция клетками эпителия канальцев в их просвет – идёт по всему канальцу нефрона. *Основное назначение* – выведение из организма ненужных или токсичных веществ.

Обязательная секреция происходит в проксимальных извитых канальцах, а факультативная – в дистальных канальцах.

Секреция мочи – это активный, с помощью ферментов и расхода АТФ, выход из крови в мочу веществ: H^+ , NH_4 , холин, парааминогиппуровая кислота, лекарственные вещества. Секреция осуществляется посредством транспорта с переносчиком или без него с непосредственной затратой энергии. Максимальная канальцевая секреция определяется с помощью парааминогиппуровой кислоты или диодраста.

Роль почек в регуляции КОС

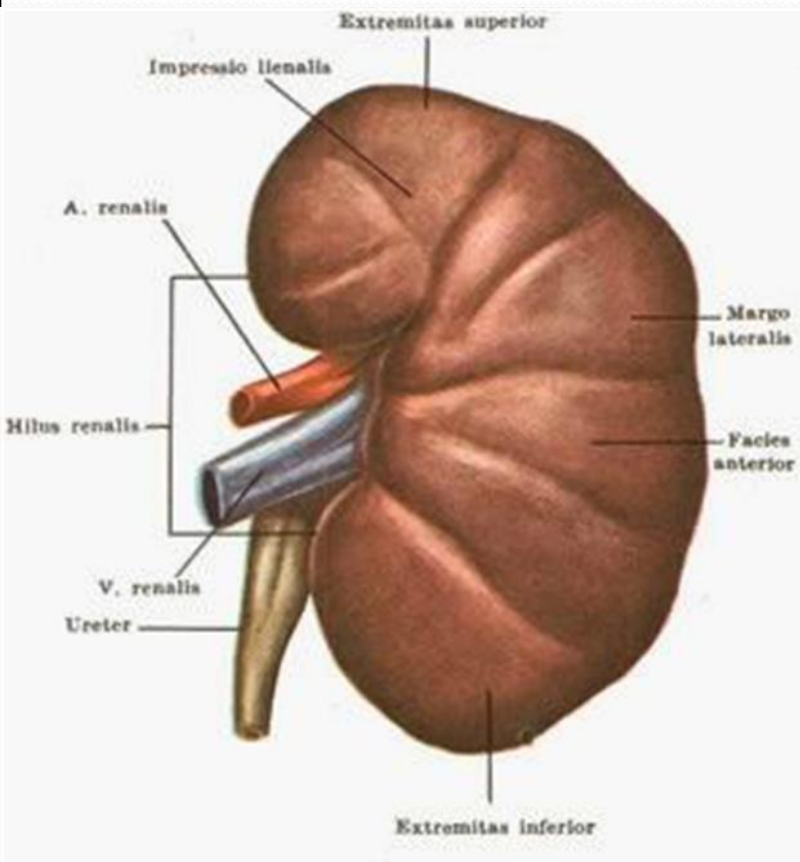
- Почки обеспечивают выведение H^+ , равное их образованию в организме из нелетучих кислот (серной, фосфорной) – 60 – 100 ммоль/сут. В клетках канальцев почек происходит реакция гидратации CO_2 и диссоциации угольной кислоты на H^+ и бикарбонат. Ионы водорода секретируются из клеток канальцев в мочу в обмен на реабсорбцию натрия. Сопряжённо с этим происходит переход бикарбоната из клеток канальцев в плазму крови (H^+ - в мочу, HCO_3^- - в кровь).
- Секретированные ионы водорода в первичной моче взаимодействуют с профильтрованными из плазмы крови HCO_3^- . В результате образуется H_2CO_3 , которая карбоангидразой разлагается на углекислый газ и воду, переходящие в клетки канальца. При этом на каждый секретлируемый H^+ и разрушенный HCO_3^- мочи в кровь из клеток канальцев поступает такое же количество HCO_3^- .
- Таким образом, почки возвращают в кровь то количество HCO_3^- (около 3500 ммоль/сут), которое фильтруется из плазмы.
- Также секретированные H^+ в канальцевой моче взаимодействуют с профильтрованным щелочным фосфатом ($\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$) с образованием кислого фосфата (H_2PO_4^-) и закислением мочи до pH 4,5.



Регуляция функций почки

Нервная регуляция

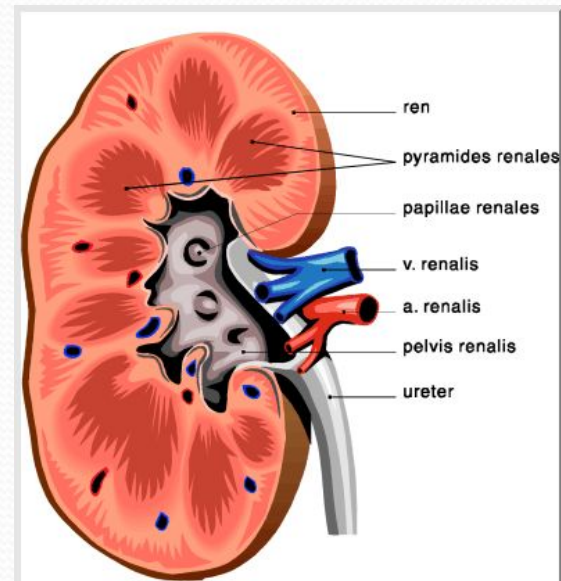
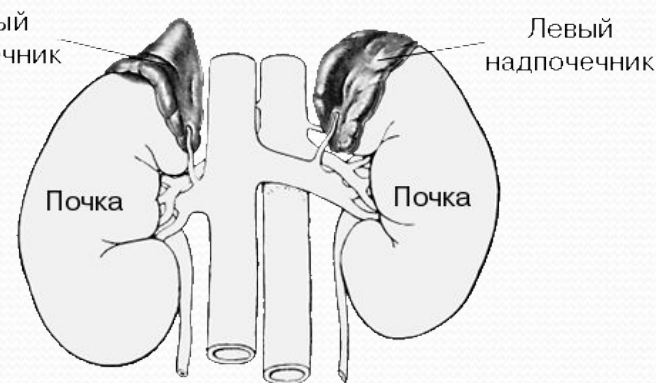
Нервная система при участии эфферентных нервов почек влияет на кровоток и функции клеток канальцев. Симпатические волокна увеличивают реабсорбцию воды, натрия, глюкозы. Парасимпатические волокна в составе блуждающего нерва усиливают реабсорбцию глюкозы и секрецию органических кислот.



Регуляция функций почки

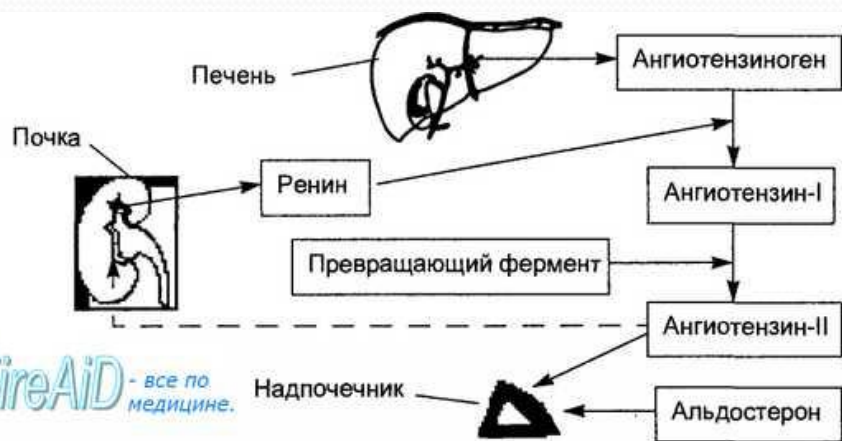
Гуморальная регуляция

Ангиотензин влияет на транспорт натрия в собирательных трубках; **АДГ** способствует реабсорбции воды в дистальных канальцах и собирательных трубках; **альдостерон** активирует реабсорбцию натрия и секрецию калия в дистальных канальцах; **адреналин** в небольших дозах суживает просвет выносящей артерии, повышает гидростатическое давление в почке и способствует фильтрации, а в больших дозах вызывает спазм как приносящих, так и выносящих артериол нефрона и уменьшает диурез; **избыток тироксина и недостаток инсулина** увеличивают диурез за счёт повышения осмотического давления первичной мочи; **паратгормон** усиливает реабсорбцию кальция в дистальных извитых канальцах и собирательных трубках и выводит из организма фосфаты; **кальцитонин** тормозит реабсорбцию кальция и увеличивает его выделение с мочой.



Ренин-ангиотензин-альдостероновая система

Ренин превращает ангиотензиноген в ангиотензин I, который превращается в ангиотензин II. Ангиотензин II суживает сосуды и стимулирует выброс альдостерона, который увеличивает реабсорбцию натрия, задерживает воду в организме, увеличивает объём плазмы, что приводит к повышению АД.



Почечная недостаточность

Острая почечная недостаточность (ОПН) может быть вызвана причинами за пределами почек (ишемия) или причинами, действующими в самих почках (токсины и др.). При обусловленном ишемией повреждении почек в первые 1 – 2 дня резко снижается выведение мочи (олигоурия). Полное восстановление функции почек достигается лишь через несколько недель, при этом наблюдается чрезмерное выведение солей, воды и т. д. (полиурия). Хроническая почечная недостаточность (ХПН) развивается после ОПН или медленно развивается при различных заболеваниях почек. Компенсаторные механизмы являются причиной того, что полная картина почечной недостаточности (уремия) обнаруживается лишь тогда, когда около 90% нефронов оказываются выключенными.



Искусственная почка (диализ)



Кровь пациента через мембрану с большой поверхностью вступает в контакт с диализирующей жидкостью. При быстром гемодиализе (искусственная почка) роль мембраны выполняет искусственная мембрана, которая подключается к системе кровоснабжения. Через мембрану происходит перенос тех или иных веществ из крови пациента в диализирующую жидкость и, наоборот. Движущая сила диффузии обеспечивается за счёт разности концентраций веществ по обе стороны мембраны.

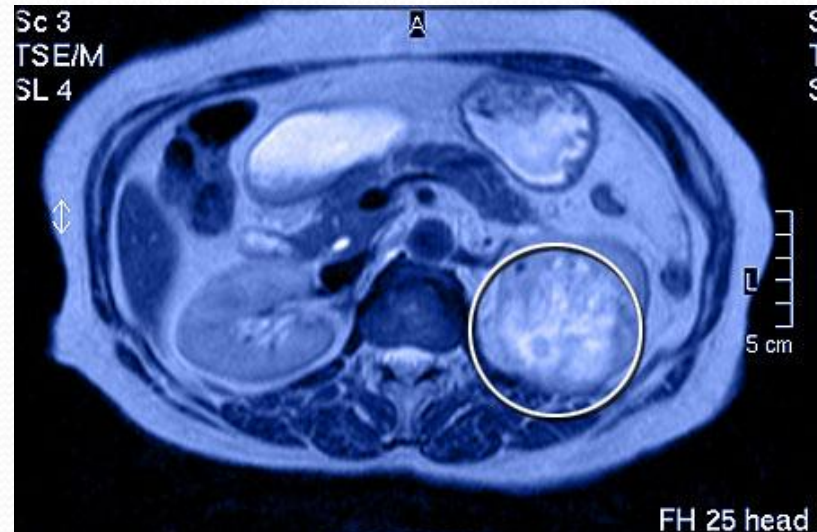
Методы исследования функции почек

Важным показателем для оценки мочеобразовательной функции почек являются:

1) **Объём первичной мочи** – определение объёма мочи с помощью исследования клиренса какого – либо вещества можно сделать, если вещество не только свободно фильтруется, но обратно не реабсорбируется, не секретируется и не вызывает физиологических эффектов;

2) **Почечный кровоток** - определение почечного кровотока с помощью исследования клиренса какого – либо вещества можно осуществить в том случае, если вещество свободно фильтруется, а остальная его часть, поступающая во вторичную сеть капилляров, секретируется в канальцы и обратно не реабсорбируется.

То есть их можно рассчитать, определив почечный клиренс (объём плазмы крови в мл, полностью очищенной от какого – то вещества за 1 мин).



Спасибо за внимание!