

Нефрология домашних животных

Зуева Н.М., к.б.н., ветеринарная клиника «Центр», Москва

Содержание курса «Нефрология домашних ЖИВОТНЫХ»

Функции почек

Анатомия и топография органов мочевыделительной системы собак и кошек

Нефрон – функциональная единица почки

Физиология мочеобразования

Диагностика заболеваний органов МВС

Болезни почек, почечная недостаточность. Лечение.

Болезни мочевыводящих путей. Лечение.

Функции почки

1. выделение продуктов обмена и чужеродных веществ, лекарственных препаратов и продуктов переработки гормонов
2. регуляция водного и электролитного баланса;
3. регуляция осмолярности жидких сред и концентрации электролитов;
4. регуляция артериального давления;
5. регуляция кислотно-щелочного равновесия;
6. секреция, переработка и выделение гормонов;
7. глюконеогенез.

Выделение продуктов обмена и чужеродных веществ, лекарственных препаратов и продуктов переработки гормонов

- мочевины (обмен аминокислот),
- креатинин (источник — креатин мышечной ткани),
- мочевая кислота (источник — нуклеиновые кислоты),
- конечные продукты расщепления гемоглобина (например, билирубин)
- различные продукты метаболизма гормонов
- токсины эндогенного и экзогенного происхождения (например, пестициды, лекарственные препараты, пищевые добавки)

Регуляция водного и электролитного баланса - поддержания гомеостаза .

Регуляция осмолярности жидких сред и концентрации электролитов

- контролируют соответствие поступления и выведения воды и электролитов
- контролируют объем и электролитный состав внеклеточной жидкости,
- активирует гормональные реакции и другие компенсаторные механизмы для поддержания гомеостаза
- основными электролитами являются натрий, хлориды, калий, кальций, протоны, магний, фосфат-ион.

Регуляция артериального давления

- долговременная регуляция артериального давления путём изменения выделения натрия и воды
- быстрая регуляция артериального давления путем секреции факторов и веществ, влияющих на сосуды (например ренина, приводящего к образованию ангиотензина II).

Регуляция кислотно-щелочного равновесия

- выделение кислых продуктов и регуляции буферной емкости жидких сред
- почки принимают участие в регуляции кислотно-щелочного равновесия совместно с дыхательной системой.
- почки являются единственными органами, выделяющими определенные виды кислот, например серную и фосфорную, образовавшихся в результате обмена белков.

Секреция, переработка и выделение гормонов

- эритропоэтин - почки вырабатывают в ответ на гипоксию; стимулирует образование эритроцитов.
- практически весь выделяемый в кровоток эритропоэтин приходится на долю почек
- при тяжёлых почечных патологиях или после нефрэктомии в результате недостатка эритропоэтина развивается тяжелая анемия.
- синтез активной формы витамина D (кальцитриол), необходимом для процесса депонирования кальция в костях и его реабсорбции в пищеварительном тракте.
- кальцитриол играет важную роль в регуляции содержания кальция и фосфатов

Глюконеогенез.

- заключается в выработке почками глюкозы из аминокислот и других веществ
- активизируется в ответ на длительное голодание
- глюконеогенез также происходит в печени

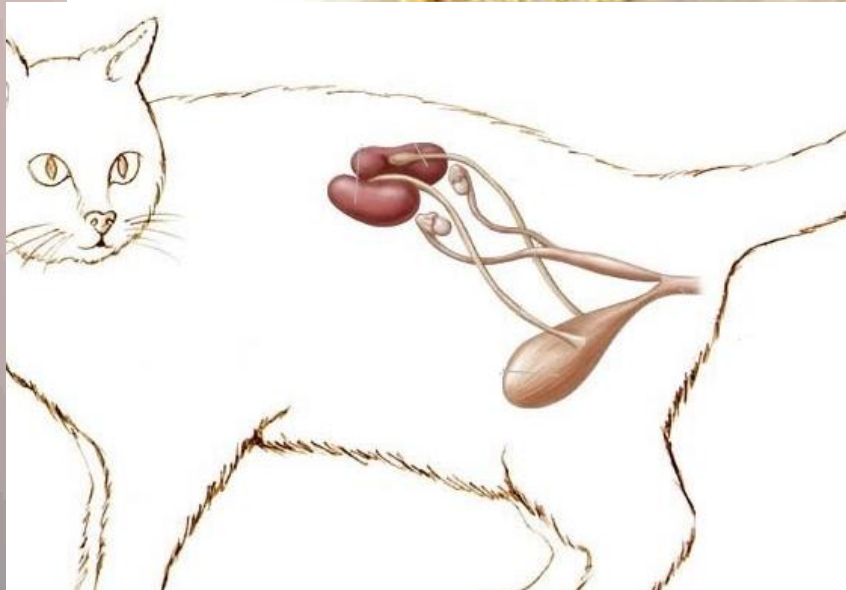
При хронической почечной патологии перечисленные гомеостатические функции нарушаются, при этом быстро возникают тяжелые нарушения объема и состава жидких сред организма.

В терминальной стадии почечной недостаточности калий, кислоты, жидкость и другие вещества в большом количестве накапливаются в организме в течение нескольких дней.

Интенсивная терапия и диализ помогают частично восстановить баланс жидкости и электролитов.

Анатомия и физиология почек и выводящих путей

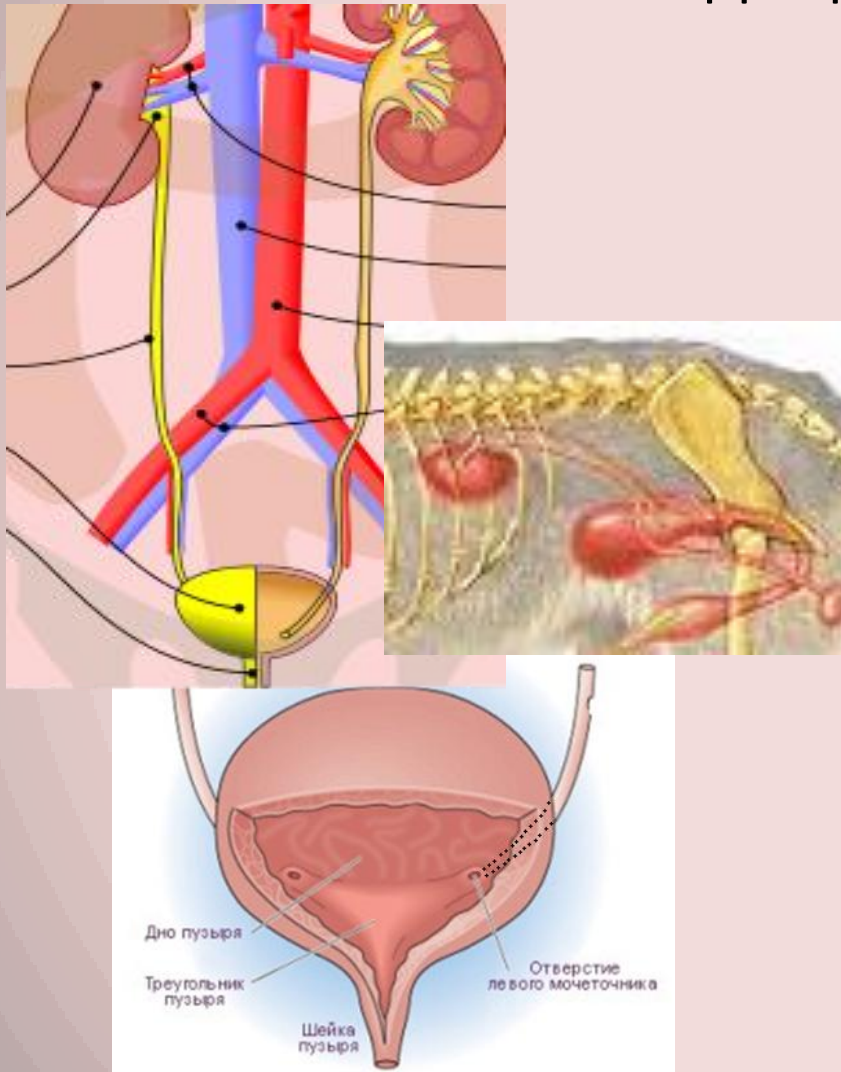
Анатомия, топография и физиология почек и выводящих путей



Почки

- Поясничная область мезогастрия
- Непосредственно под позвоночником
- В ретроперитонеальном пространстве
- Правая почка граничит с хвостатой долей печени
- Левая почка граничит с селезёнкой и желудком

Анатомия, топография и физиология почек и выводящих путей



Мочеточники

- Вдоль саггитальной плоскости
- Рядом с КПВ и БАо, каудальнее направляются вентрально, к мочевому пузырю
- В толщине стенки мочевого пузыря
- Впадают на дорсальной стенке мочевого пузыря (треугольник Льебо)

Анатомия, топография и физиология почек и выводящих путей



Мочевой пузырь - полый, мышечно-мембранный орган., расположен в области малого таза или гипогастрии .

Вентрально мп прикреплѐн к белой линии живота и лобковому сочленению (срединной связкой), контактирует с большим сальником

Дорсально мочевой пузырь контактирует с тощей кишкой и подвздошной кишкой, с нисходящей ободочной кишкой, у самок - с телом и рогами., у самцов - с семявыносящими протоками

Анатомия, топография и физиология почек и выводящих путей



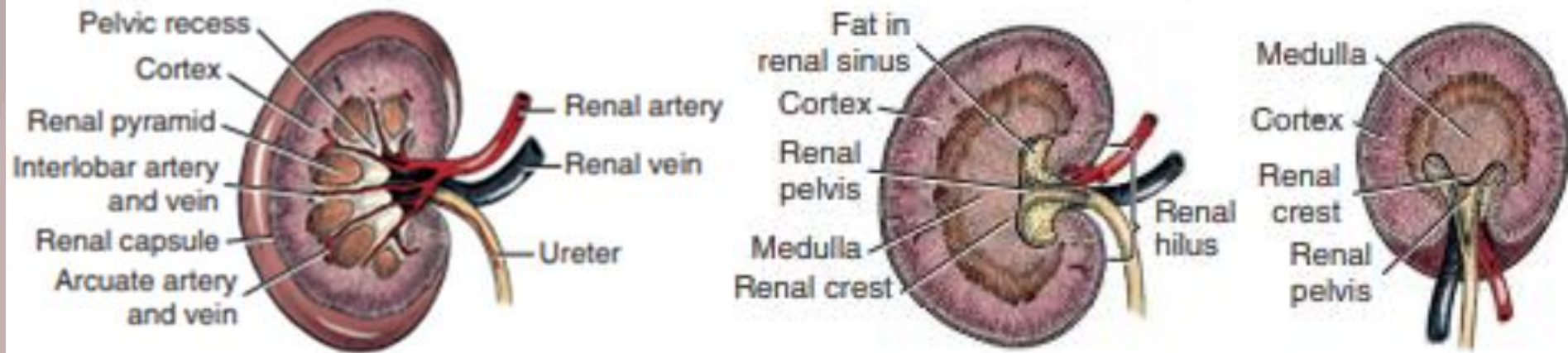
Уретра или мочеиспускательный канал - конечная часть мочевыводящих путей. Это узкий, тонкостенный канал, через который проходит моча, накопленная в пузыре. У самцов уретра является также частью половой системы и выводит семя.



- у самок прямая, короче и шире, чем у самцов, открывается на вентральной стенке влагалища
- у самцов делает С-образный изгиб на уровне промежности (более выражен у кобелей, чем у котов), длиннее и уже, чем у самок, открывается отверстием мочеиспускательного канала на головке полового члена

Анатомия физиология почек и выводящих путей

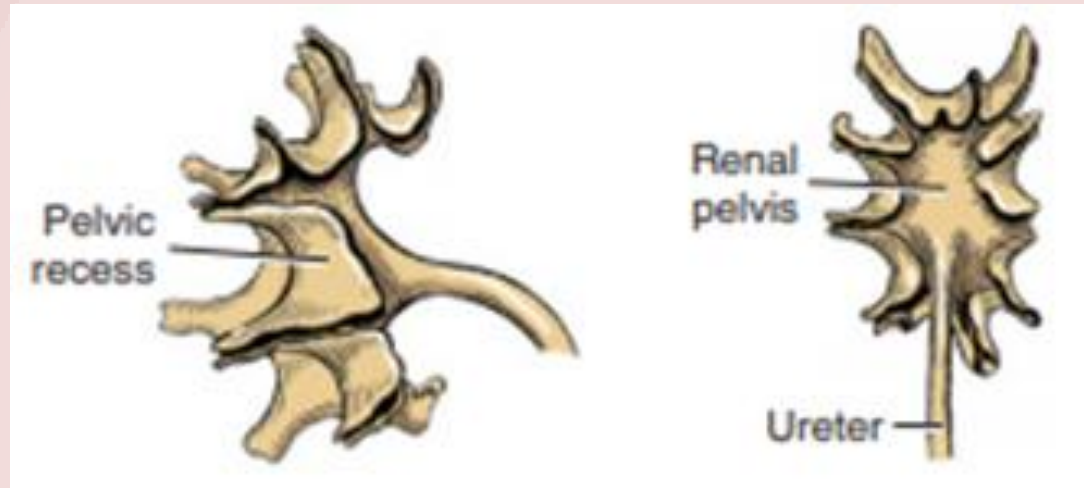
Строение почки



- Форма – бобовидная, различают латеральную и медиальную, вентральную и дорсальную области, краниальный и каудальный полюс
- Ворота почки: почечная артерия, почечная вена, мочеточник
- Почечный синус: почечная лоханка, жир
- Медуллярный слой образует пирамидки, направленные основанием к кортикальному слою, а вершинами - к почечному гребню
- Кортикальный слой – расположен по периферии почки
- Капсула – окружает почку, содержит жир, сосуды, нервные волокна
- Почечная артерия делится на сегментарные, медуллярные, дуговые и далее распадается на более мелкие ветви.

Анатомия и физиология почек и выводящих путей

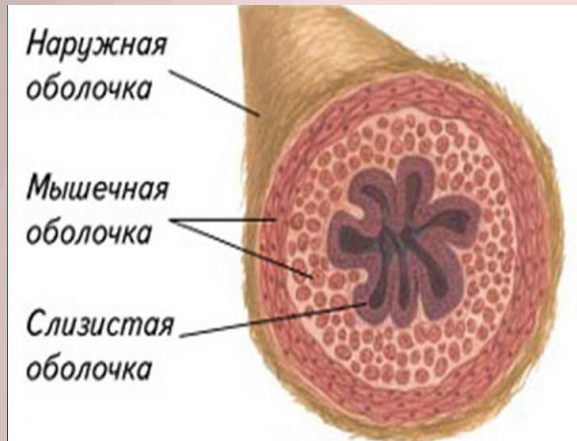
Строение почечной лоханки



- Почечная лоханка: соединительнотканная структура, образующая множественные карманы, направленные в паренхиму почки
- Собирает мочу по собирательным трубкам и транспортирует её в мочеточник

Анатомия и физиология почек и выводящих путей

Мочеточники



Мочетóчник — полый трубчатый орган, соединяющий почку с мочевым пузырём. Его функция — транспорт мочи от почки в мочевой пузырь.

Диаметр мочеточника составляет 0,6 - 0,9 см при растяжении.

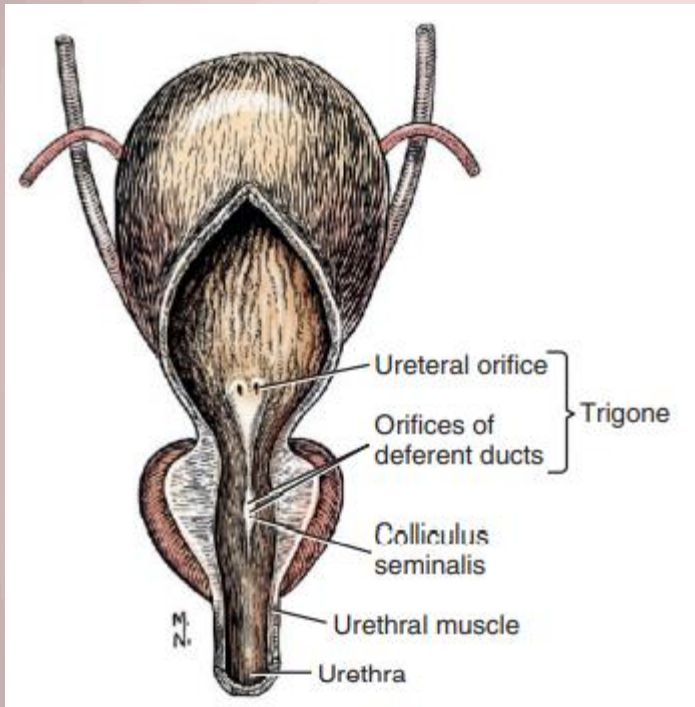
Различают абдоминальную , тазовую и пузырную части

В стенке мочеточника различают

- наружную серозную оболочку
- мышечную оболочку (внешний продольный, средний круговой и внутренний продольный слои; на стыке мочеточника с мочевым пузырём присутствуют только продольные волокна)
- слизистую оболочку

Анатомия и физиология почек и выводящих путей

Мочевой пузырь и уретра



Мочевой пузырь

Условно выделяют

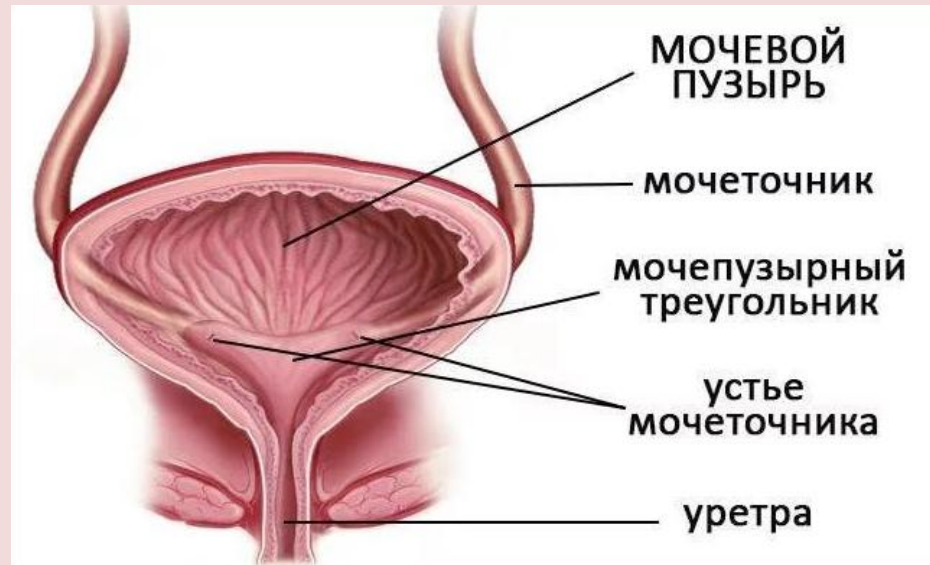
- шейку (cervix vesicae),
- тело (corpus vesicae)
- верхушку (купол) (apex vesicae).

Стенка мочевого пузыря

- мышечная оболочка (детрузор): три слоя гладкомышечных волокон - наружный и внутренний продольные, и относительно толстый средний круговой слой
- слизистая оболочка: переходный эпителий

Анатомия и физиология почек и выводящих путей

Мочевой пузырь и уретра



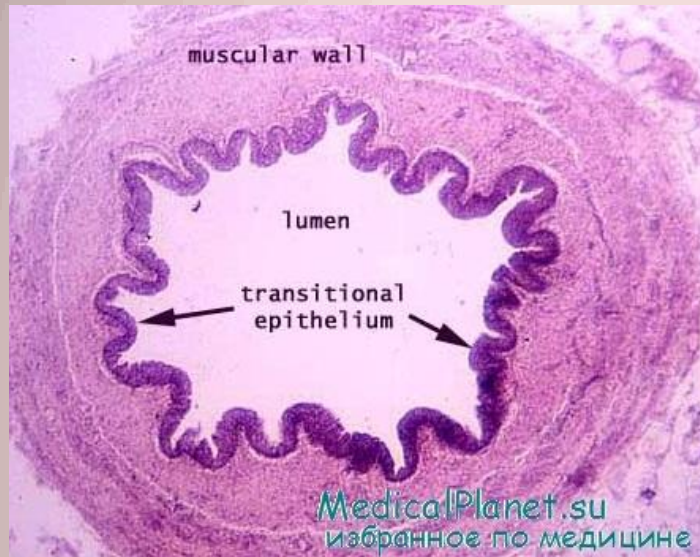
Мочевой треугольник (треугольник Льебо)

Вершина находится в устье уретры, а основание – на линии, соединяющей отверстия впадения мочеточников. Продольные складки, идущие от устьев мочеточника к уретре, обозначают границы треугольника.

Эта область свободна от характерных складок слизистой оболочки, в отличие от других частей мочевого пузыря.

Анатомия и физиология почек и выводящих путей

Мочевой пузырь и уретра



Уретра или мочеиспускательный канал

- различают внутреннее и наружное отверстие.
- у самцов различают простатическую часть и С-образный изгиб

Стенка

- наружная соединительнотканная оболочка.
- мышечный слой: наружный круговой слой и внутренний продольный слой мышечных волокон
- слизистая оболочка - многослойный плоский или призматический эпителий

Выделением мочи управляют два сфинктера:

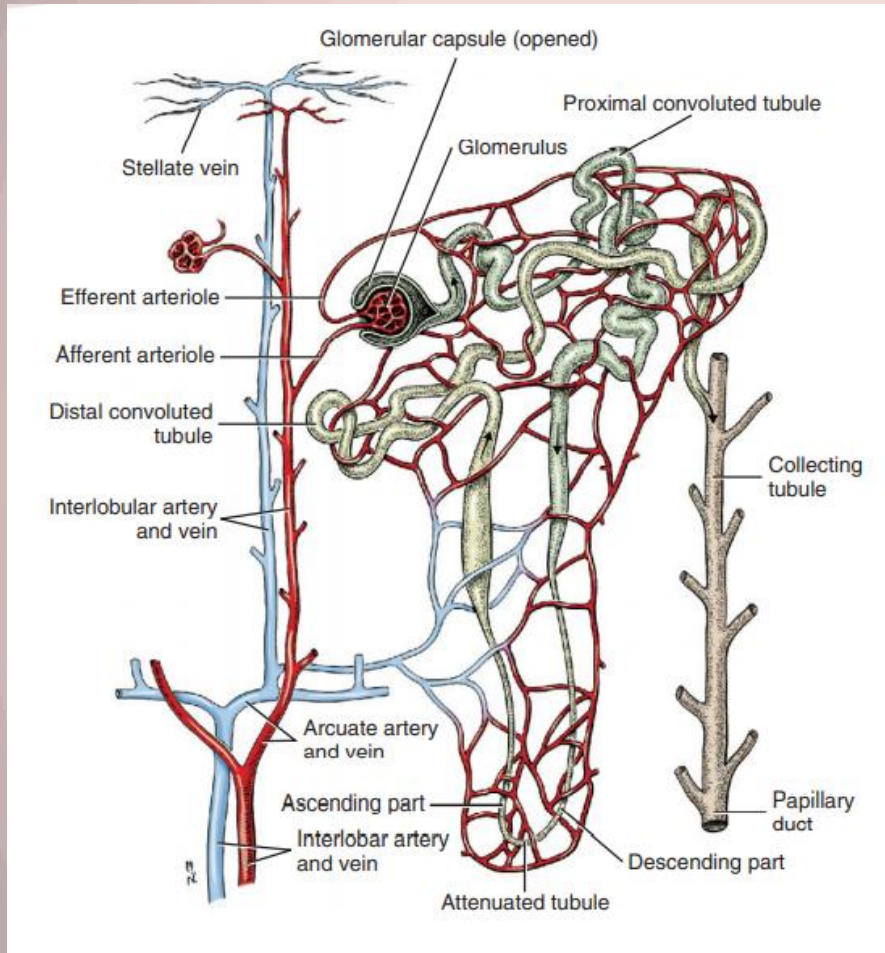
- внутренний - это мышца в форме кольца, расположенная в начале мочеиспускательного канала, сжимается и расслабляется независимо от сознания.
- внешний - состоит из мышц дна таза, натянутых между костями таза в виде перевернутого зонта, позволяет сознательно контролировать выделение мочи.

Физиология почек

Нефрон

Физиология почек

Микростроение почки и физиология мочеобразования



Структурной функциональной единицей почки является **нефрон**.

Он служит для выработки мочи и регулирования объема и состава внеклеточной жидкости.

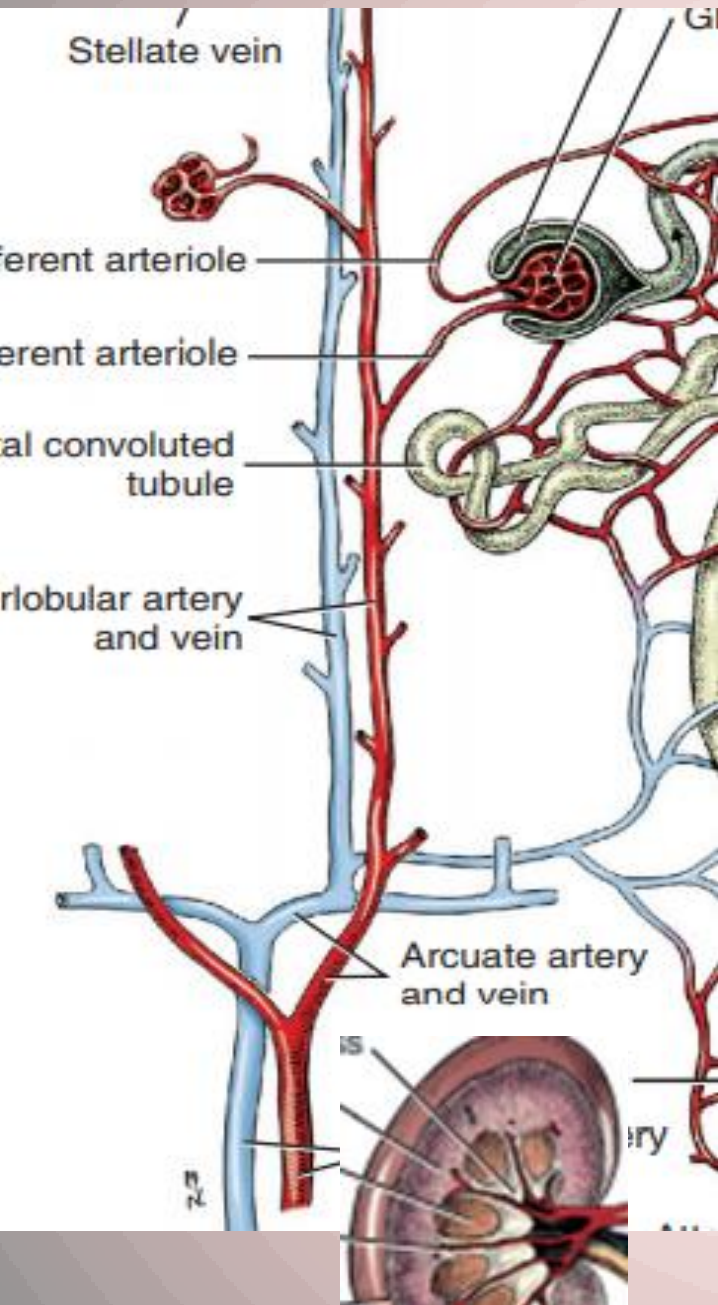
Каждый нефрон состоит из **почечного тельца** и **канальцев** (прямых и извитых)

В почке собаки до 500000 нефронов

В почке кошки около 400000 нефронов

В почке человека до 1 млн нефронов

Микростроение почки и физиология мочеобразования



междольковые артерии

- дуговые артерии

- междольковые артерии

- **афферентные (приносящие)** артериолы

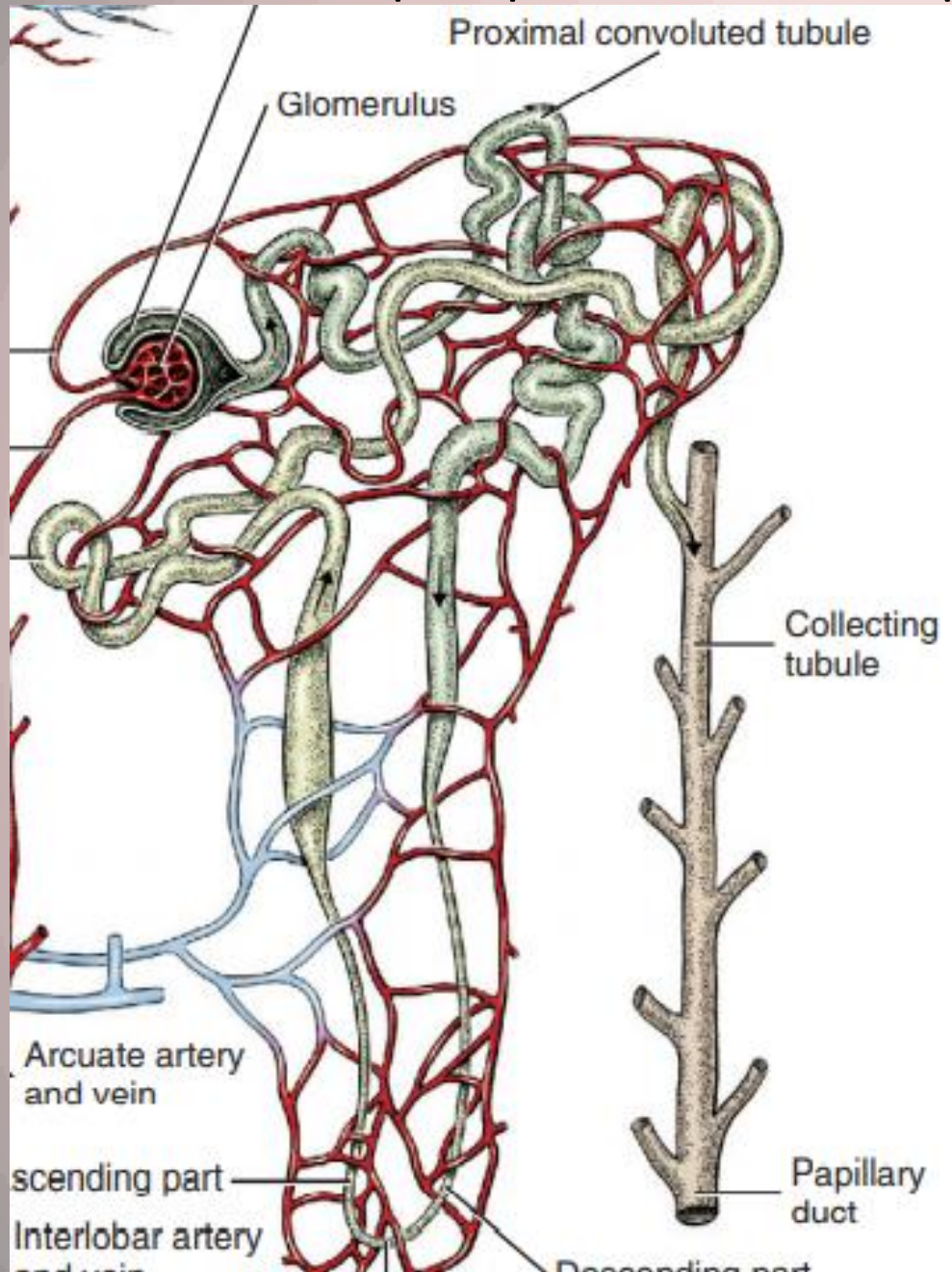
- почечный клубочек



Почечный клубочек окружён двухслойной капсулой (capsula glomeruli), капсулой Боумена-Шумлянського.

Капсула и сосудистый клубок формируют **почечное тельце**. Они расположены только в коре почек.

Микростроение почки и физиология мочеобразования

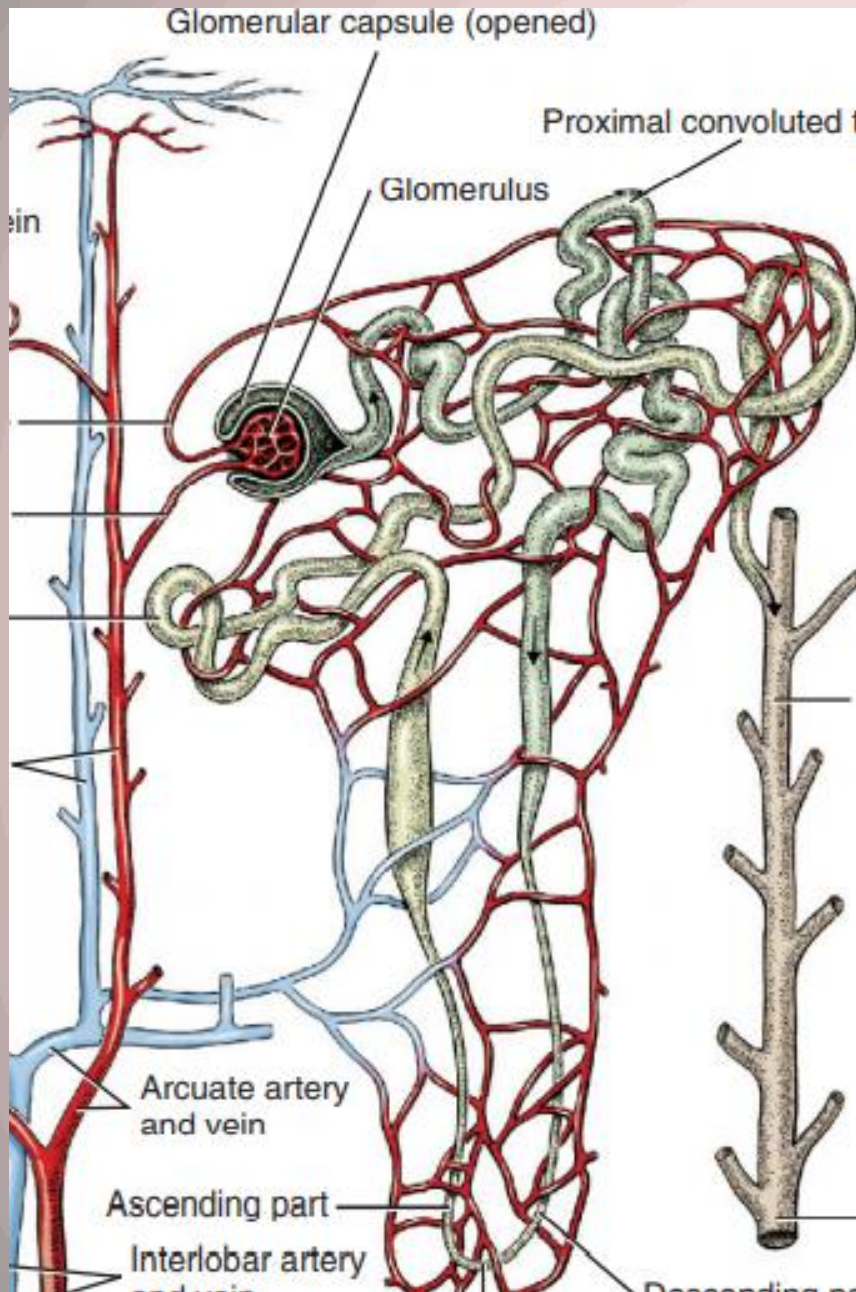


- извитой проксимальный каналец
- прямой проксимальный каналец
- прямой дистальный каналец (плотное пятно)
- извитой дистальный каналец

Коллекторная система:
собирающие трубочки
папиллярные протоки медулярного
слоя

Прямые каналцы нефрона и
собирающие трубочки
расположены в медулярном слое

Микростроение почки и физиология мочеобразования

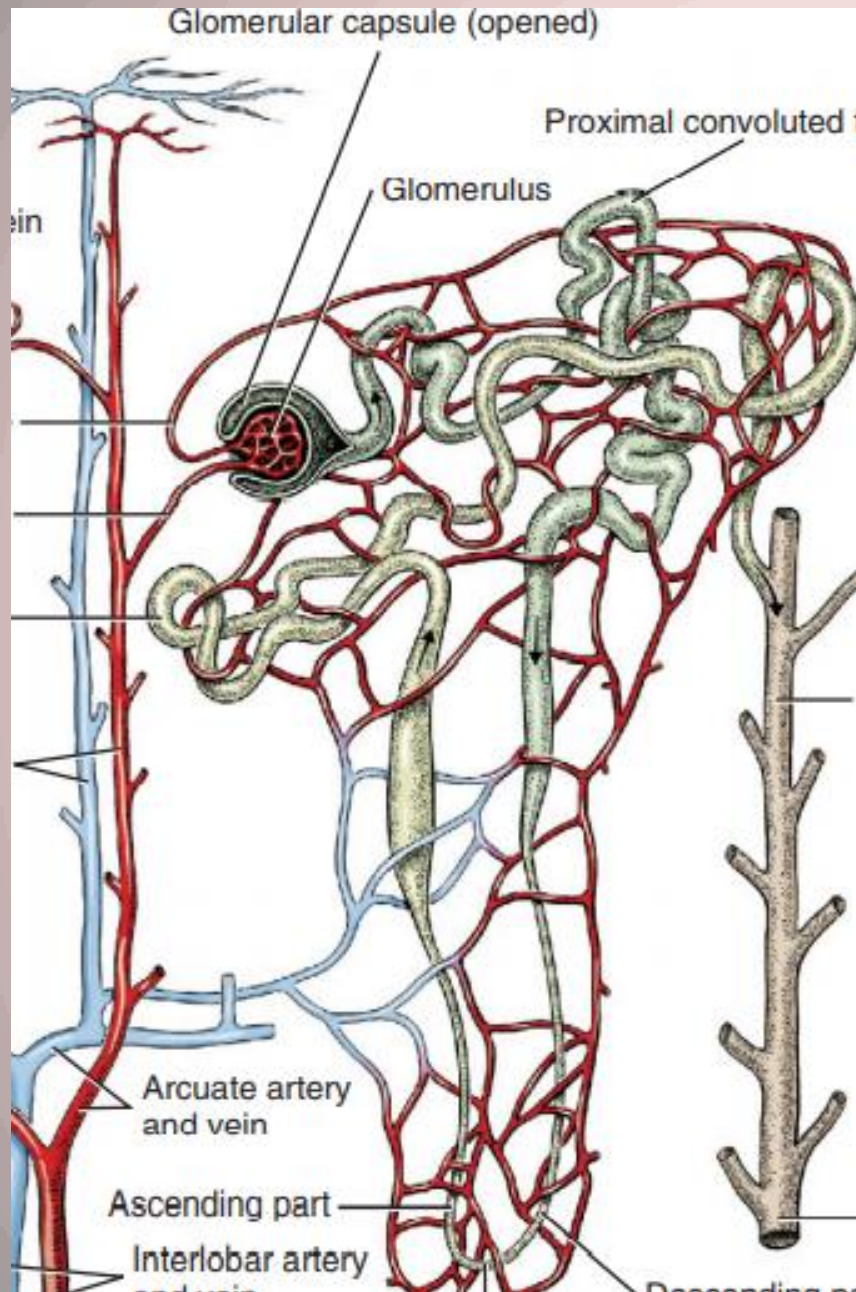


- ветви почечной артерии
- междольковых артерий почки, **aa.. interlobares renis**:
 - дуговые артерии, **aa.. arcuatae**,
 - в мозговое вещество прямые артериолы, **arteriolae rectae**, и в корковое вещество — междольковые артерии, **aa.. interlobulares**.
- приносящие артериолы,, **vas afferens**
- клубочек, **glomerulus**
- выносящая артериола,, **vas efferens**.
- вторично распадается на сеть капилляров, оплетающую мочевые канальцы и дающую начало венозной системе.

Микростроение почки и физиология мочеобразования

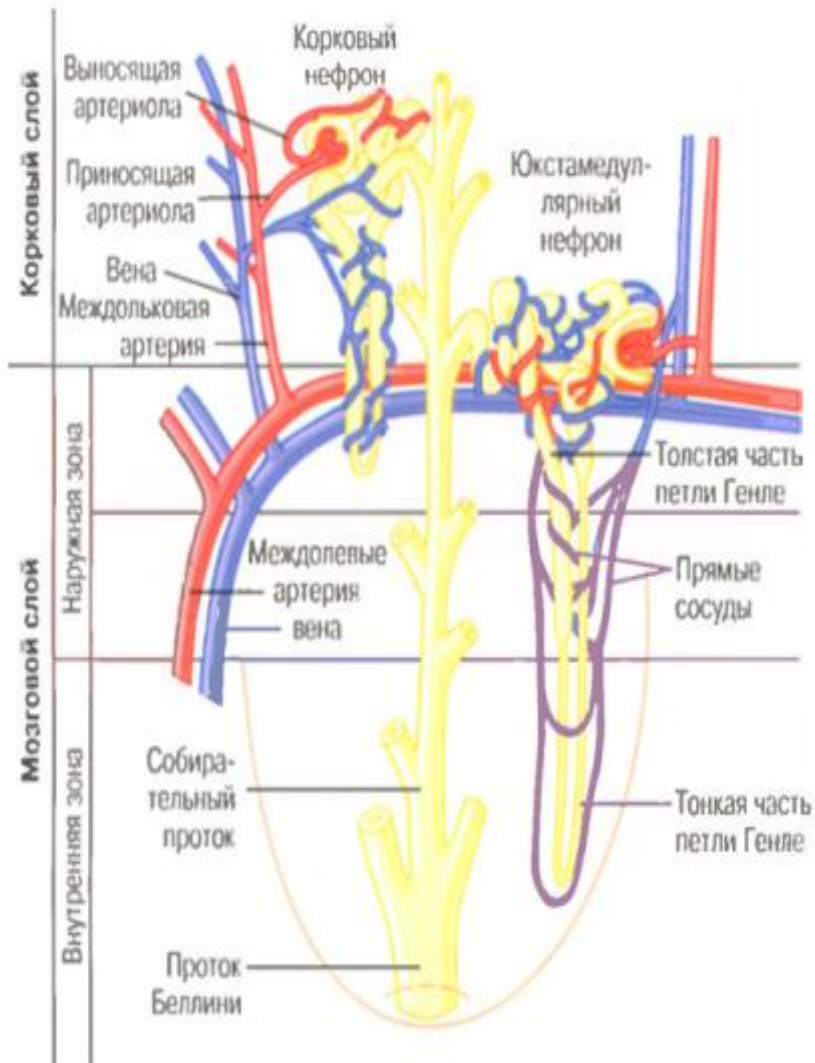
- Кровоснабжение почек в норме составляет 22% сердечного выброса
- Две последовательно расположенные сосудистые сети (клубочковых и перитубулярных капилляров), отделенных друг от друга выносящими сосудами, позволяют регулировать гидростатическое давление в обеих капиллярных сетях.
- Высокое (около 60 мм рт. ст.) гидростатическое давление в капиллярах клубочка способствует быстрой фильтрации жидкости, тогда как более низкое давление в перитубулярных капиллярах (около 13 мм рт. ст.) позволяет жидкости быстро реабсорбироваться.
- Изменяя сопротивление приносящего и выносящего сосудов, почки способны регулировать гидростатическое давление в обеих капиллярных сетях (клубочковой и перитубулярной), изменяя скорости клубочковой фильтрации, канальцевой реабсорбции или сразу оба параметра в ответ на гомеостатические запросы организма.
- Перитубулярные капилляры несут кровь в вены, которые идут параллельно артериальным сосудам, постепенно собираясь в междольковые, междолевые и почечные вены, покидая почку рядом с почечной артерией и мочеточником.

Микростроение почки и физиология мочеобразования



Вены в паренхиме почки повторяют ход артерий: из мозгового вещества кровь собирают прямые венулы, *venulae rectae*, впадающие в дуговые вены, **vv. arcuatae**. В корковом слое проходят междольковые вены, **vv. interlobulares**, формируемые из так называемых звездчатых вен, **vv. stellatae** и вливаемые в дуговые вены. Дуговые вены, в свою очередь, образуют междольковые вены, **vv. interlobares**, которые следуют через почечные столбы вместе с междольковыми артериями. В окружности сосочков **vv. interlobares** сливаются в почечную вену, **v. renalis**, которая впадает в нижнюю полую вену, **v. cava inferior**.

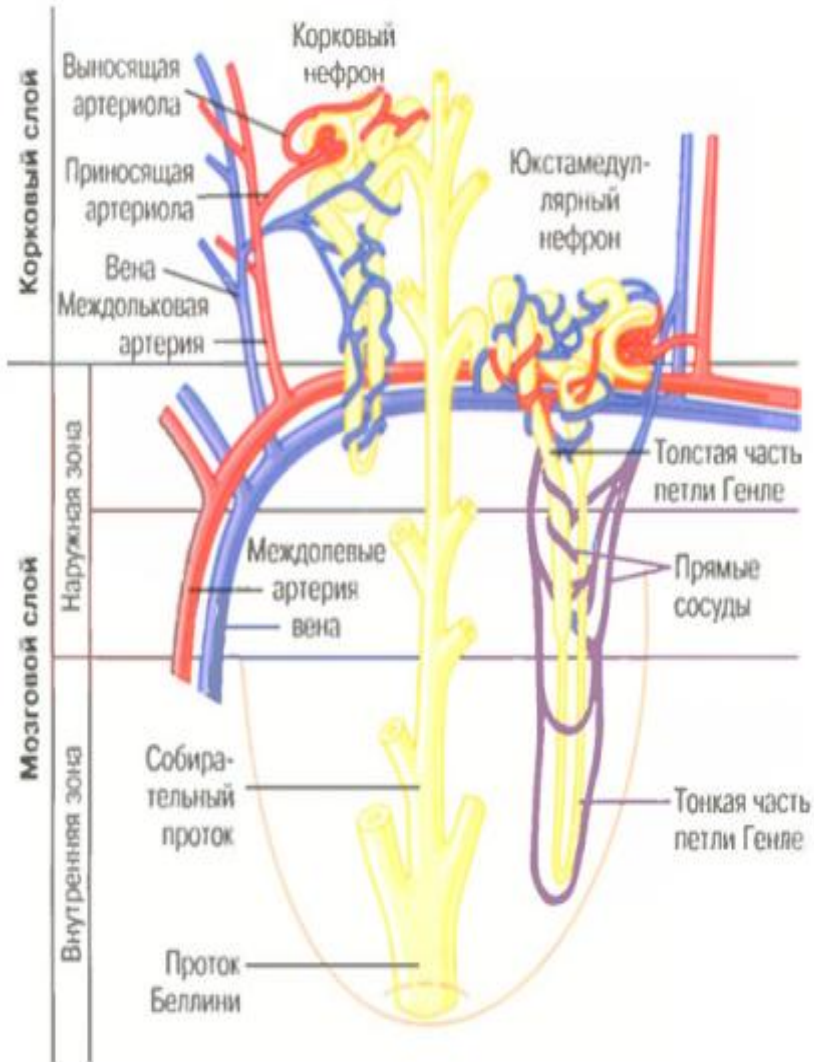
Корковые и юкстамедуллярные нефроны.



Корковые нефроны

- их клубочки находятся в наружной части коркового слоя,
- у них короткая петля Генле, проникающая только в поверхностные структуры мозгового слоя

Корковые и юкстамедуллярные нефроны.

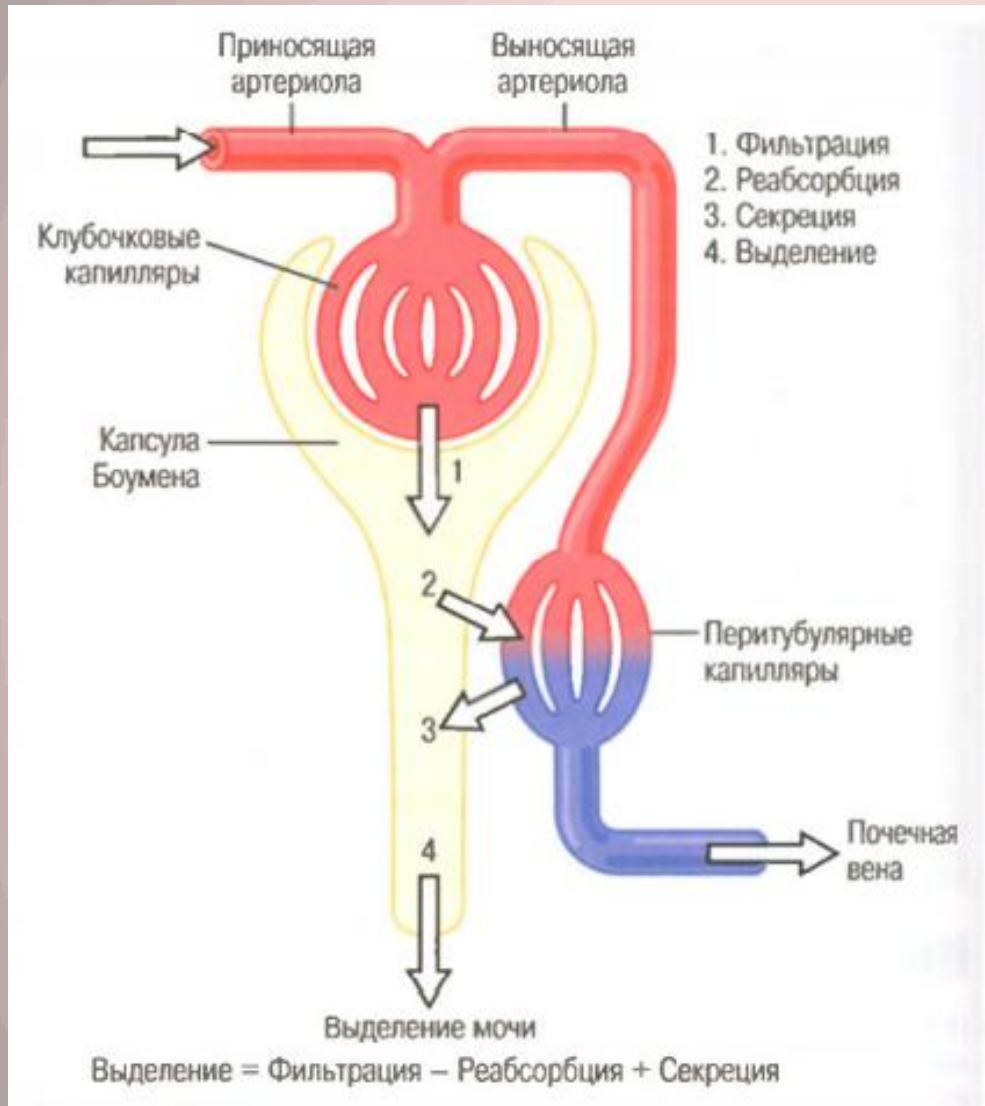


Юкстамедуллярные нефроны

- расположены в глубине кортикального слоя
- составляют 20 – 30% от всех нефронов
- у них длинная петля Генле, проникающая глубоко в мозговой слой, иногда на всю его глубину
- кровоснабжение юкстамедуллярных нефронов: прямые перитубулярные капилляры, отходящие от выносящих артериол, проходят рядом с петлёй Генле, разбиваясь на сеть перитубулярных капилляров, и возвращаются в корковый слой, где собираются в вены. Эта особая капиллярная сеть мозгового слоя играет ведущую роль в образовании концентрированной мочи

Фильтрация мочи

Фильтрация мочи

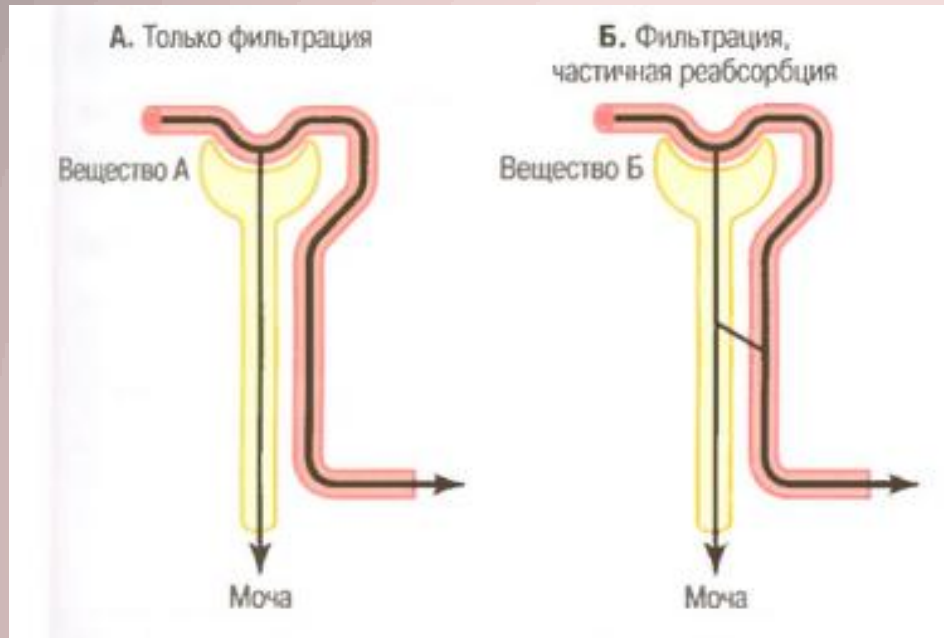


Скорость, с которой различные вещества выделяются в мочу, определяется суммой трех процессов :

1. клубочковой фильтрации;
2. реабсорбции веществ из канальцев в кровь;
3. секреции веществ из крови в канальцы

Каждый из этих процессов регулируется в зависимости от потребностей организма

Фильтрация мочи



Варианты функциональной активности почек на примере четырёх гипотетических веществ:

А . Вещество свободно фильтруется, но не реабсорбируется.

выделение = фильтрация

Пример: продукты метаболизма: креатинин

Б. Вещество свободно фильтруется и частично реабсорбируется обратно в кровь: скорость выделения ниже скорости фильтрации

выделение = фильтрация – реабсорбция

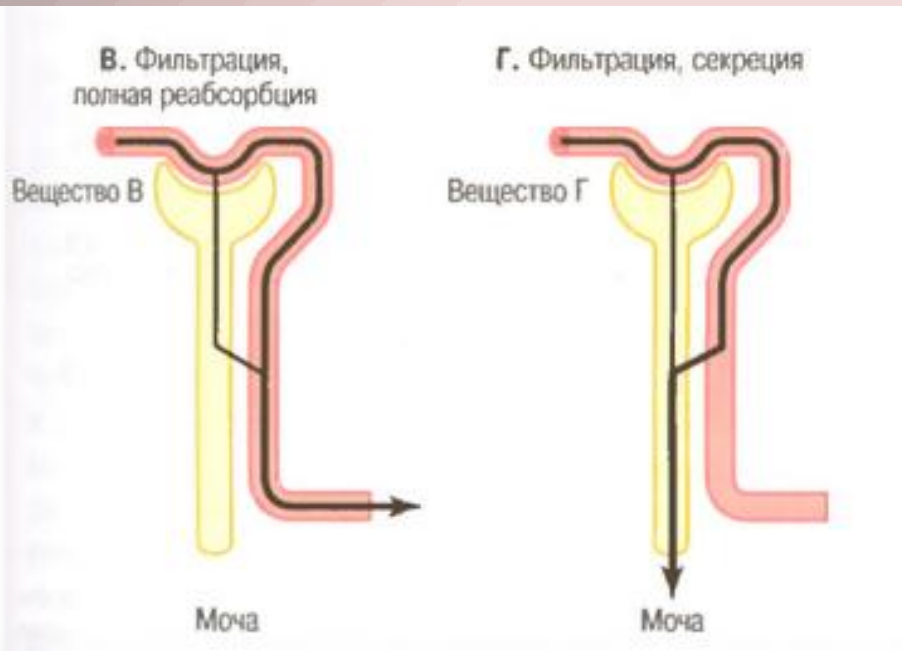
Характерно для большинства электролитов

Фильтрация мочи

Варианты функциональной активности почек на примере четырёх гипотетических веществ:

В. Вещество свободно фильтруется, но с мочой не выделяется, поскольку полностью реабсорбируется из канальцев в кровь.

Пример: некоторые питательные вещества, такие как глюкоза и аминокислоты

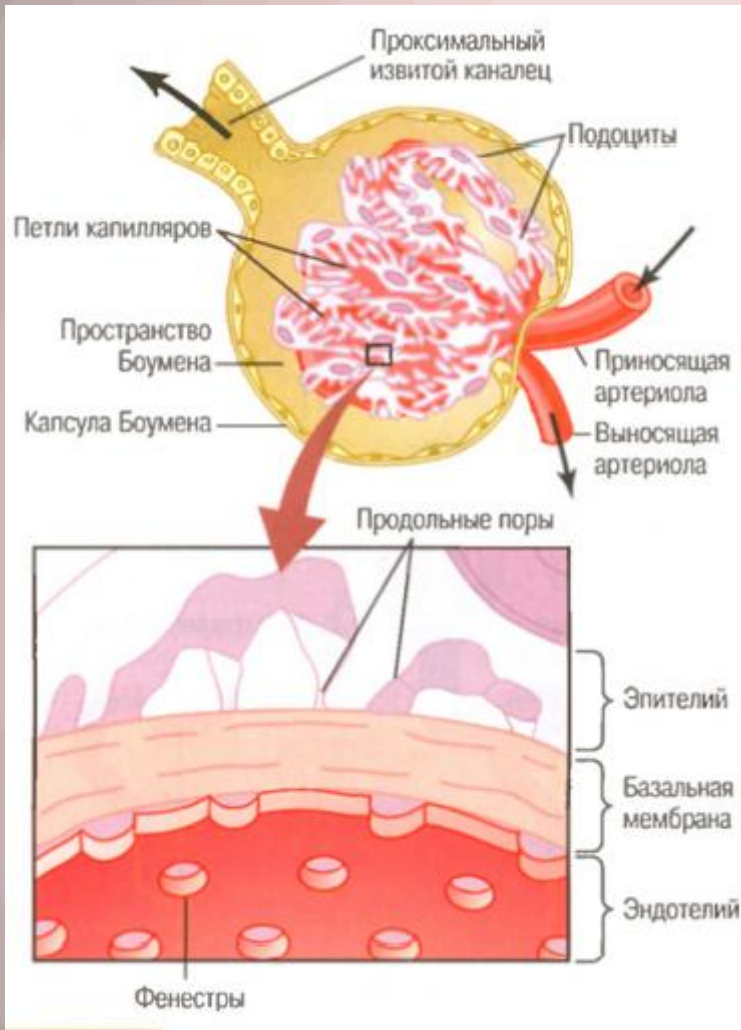


Г. Вещество свободно фильтруется и не реабсорбируется, но секретируется в просвет канальцев в мочу из перитубулярных капилляров


выделение = фильтрация + канальцевая секреция

Пример: органические кислоты и основания позволяя крови быстро от них очищаться, выделяясь в большом количестве с мочой

Фильтрация мочи



Клубочковая фильтрация – первый этап образования мочи.

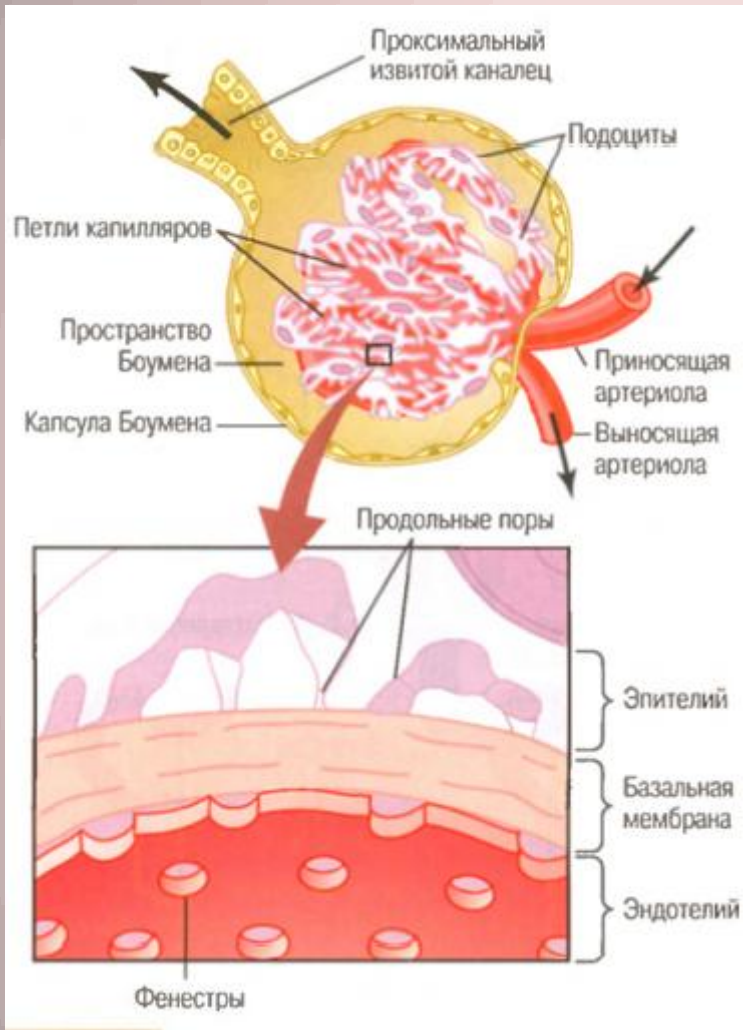
капилляры клубочков  капсула Боумена

Не фильтруются

- белки
- клеточные элементы
- кальций (связан с белками плазмы)
- жирные кислоты (связаны с белками плазмы)

Профильтрованная жидкость называется первичной мочой. Концентрации других составляющих первичной мочи, включая большинство солей и органических молекул, схожи с содержанием этих веществ в плазме.

Фильтрация мочи



Строение мембраны капилляра клубочка

- (I) эндотелия капилляра;
- (II) базальной, мембраны;
- (III) слоя эпителиальных клеток (подоцитов),

Почему не проходит белок (строение фильтрационного барьера)

1. Эндотелиоциты фенестров имеют отрицательный заряд
2. Базальная мембрана имеет отрицательный заряд за счёт фибрилл коллагена и протеогликанов, образующих сеть для проникновения воды и мелких молекул
3. Клетки эпителия также имеют отрицательный заряд

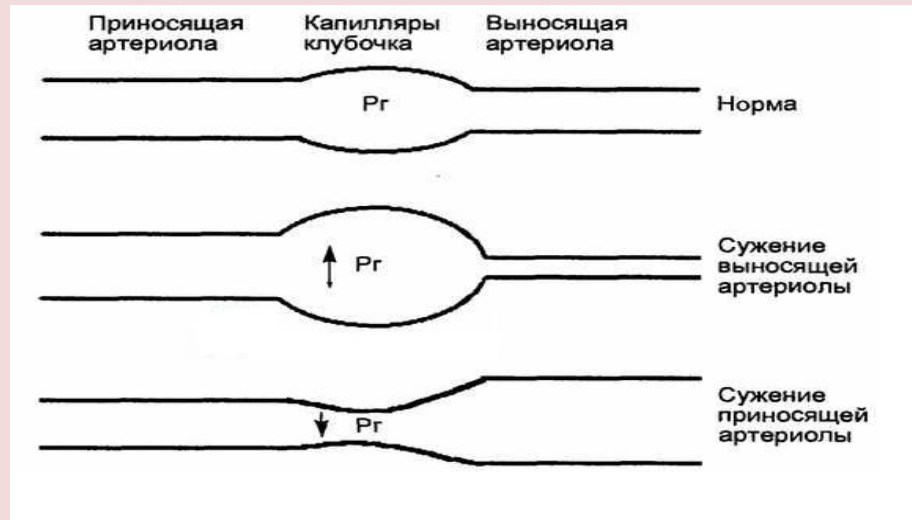
Фильтрация мочи

Скорость клубочковой фильтрации составляет около 20% почечного плазматоча и зависит от

1. Результирующего фильтрационного давления (соотношения гидростатического и онкотического давления, действующего на обе стороны мембран клубочка)
2. Коэффициента фильтрации в капилляре – величины, учитывающей проницаемость и площадь поверхности капилляров клубочка. В среднем, эта величина в капиллярах клубочков в 400 раз выше, чем в других капиллярах.

Фильтрация мочи

Коэффициент фильтрации в капилляре – не является основополагающим фактором в СКФ. Но при АГ и сахарном диабете за счёт утолщения базальной мембраны стенки капилляра КФ снижается.



Гидростатическое давление зависит от состояния приносящей и выносящей артериолы:

- сужение приносящей артериолы снижает СКФ
- незначительное сужение выносящей артериолы увеличивает СКФ
- значительное сужение выносящей артериолы снижает СКФ

Физиологический контроль клубочковой фильтрации и почечного кровотока осуществляется

- симпатической регуляцией: снижение СКФ при активации симпатической н.с. (например, при оборонительной реакции, централизации кровообращения, ишемии)

- гормонами

- вазоконстрикторными веществами

- механизмом саморегуляции

- **норадреналин, адреналин и эндотелин** – сужают приносящие и выносящие артериолы, незначительно снижают почечный кровоток и СКФ

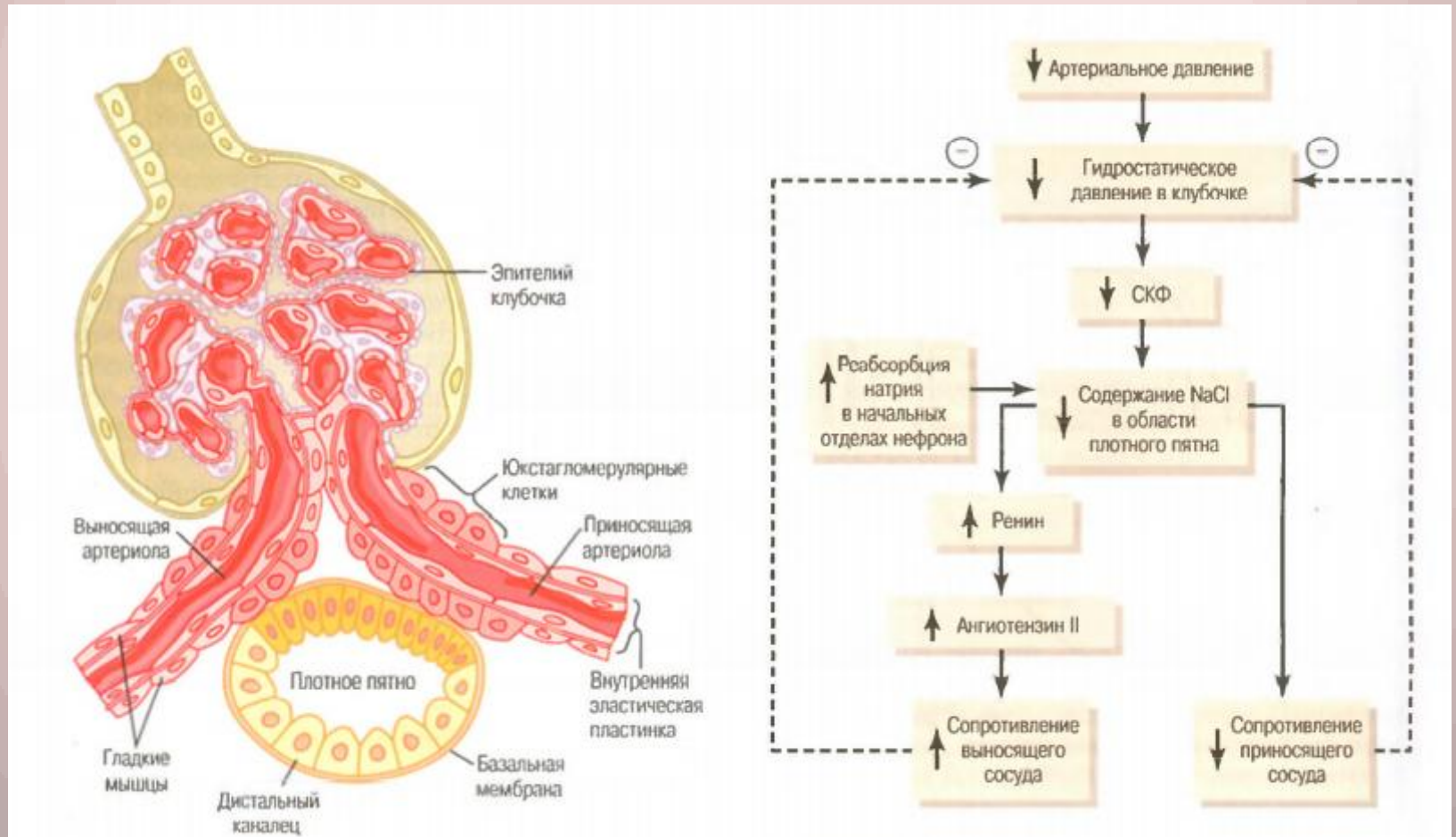
- **ангиотензин II**- вазоконстриктор, сужает выносящую артериолу и выносящий сосуд, помогает поддерживать СКФ при падении АД или снижении ОЦК,

- **оксид азота эндотелиального происхождения** – способствует вазодилатации сосудов почки и позволяет выделять нормальное кол-во натрия и воды

- **простогландины и брадикинин** - вызывают расширение сосудов, увеличение почечного кровотока и СКФ

Саморегуляция СКФ и кровотока в почке

Осуществляется с помощью гломерулотубулярного механизма обратной связи через юкстагломерулярный комплекс (клетки плотного пятна, расположенные в начальном отделе дистального канальца + юкстагломерулярные клетки выносящих и приносящих артериол)



Саморегуляция СКФ и кровотока в почке

Миогенный механизм.

Основан на способности сосудов сопротивляться чрезмерному растяжению при повышении АД благодаря сокращению сосудистой гладкой мускулатуры. Очевидно, эта система играет незначительную роль в регуляции СКФ

Канальцевая реабсорбция и секреция

Канальцевая реабсорбция и секреция

Это 2 и 3 этапы формирования мочи (1 этап – клубочковая фильтрация и образование первичной мочи).

На всём протяжении канальцев одни вещества избирательно реабсорбируются в кровь через перитубулярные капилляры, другие выделяются (секретируются)

Интенсивность выделения веществ из организма в большей степени определяется канальцовой реабсорбцией, а не секрецией. Исключение составляет K^+ и Na^+

Почки благодаря избирательной реабсорбции различных веществ регулируют их выделение независимо друг от друга. Это является важной функцией, посредством которой осуществляется точный контроль состава жидких сред организма.

Канальцевая реабсорбция и секреция

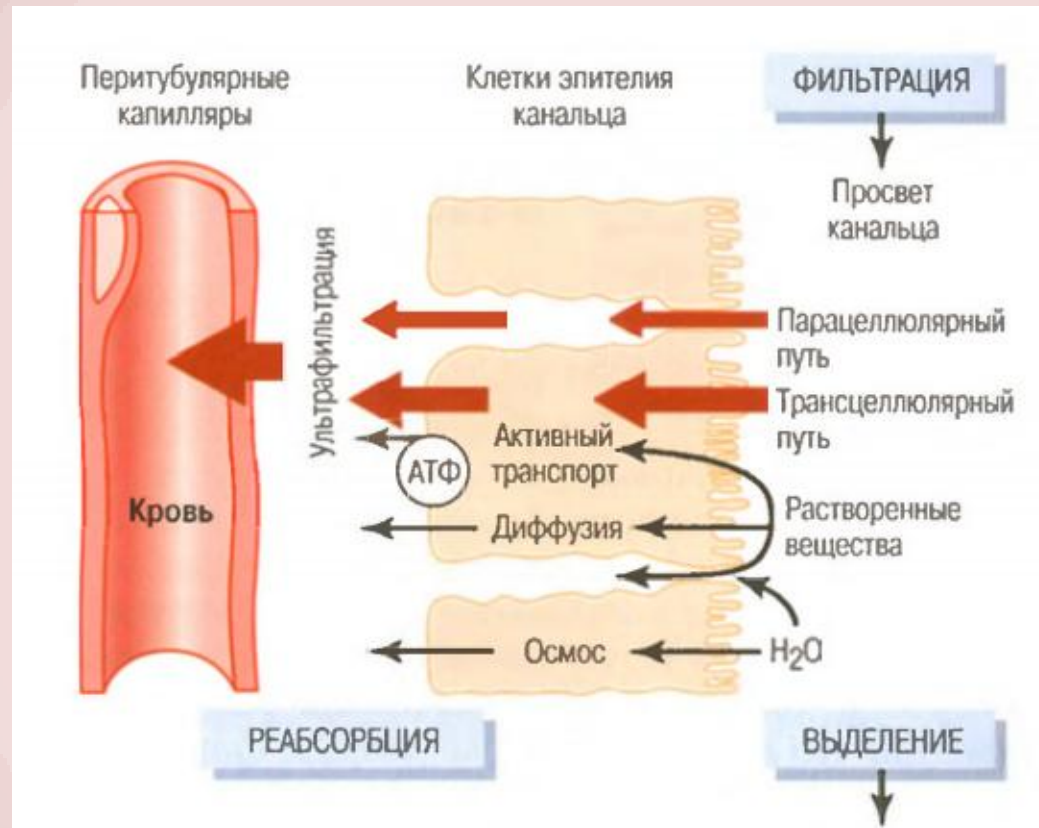
Реабсорбция отличается высокой избирательностью (в отличие от фильтрации)

- глюкоза и аминокислоты – почти полностью реабсорбируются и не попадают во вторичную мочу
- натрий, хлор, бикарбонаты – реабсорбция зависит от потребностей организма
- мочевины, креатинин – плохо реабсорбируются и попадают во вторичную мочу

Фильтрация, реабсорбция и выделение почками различных веществ

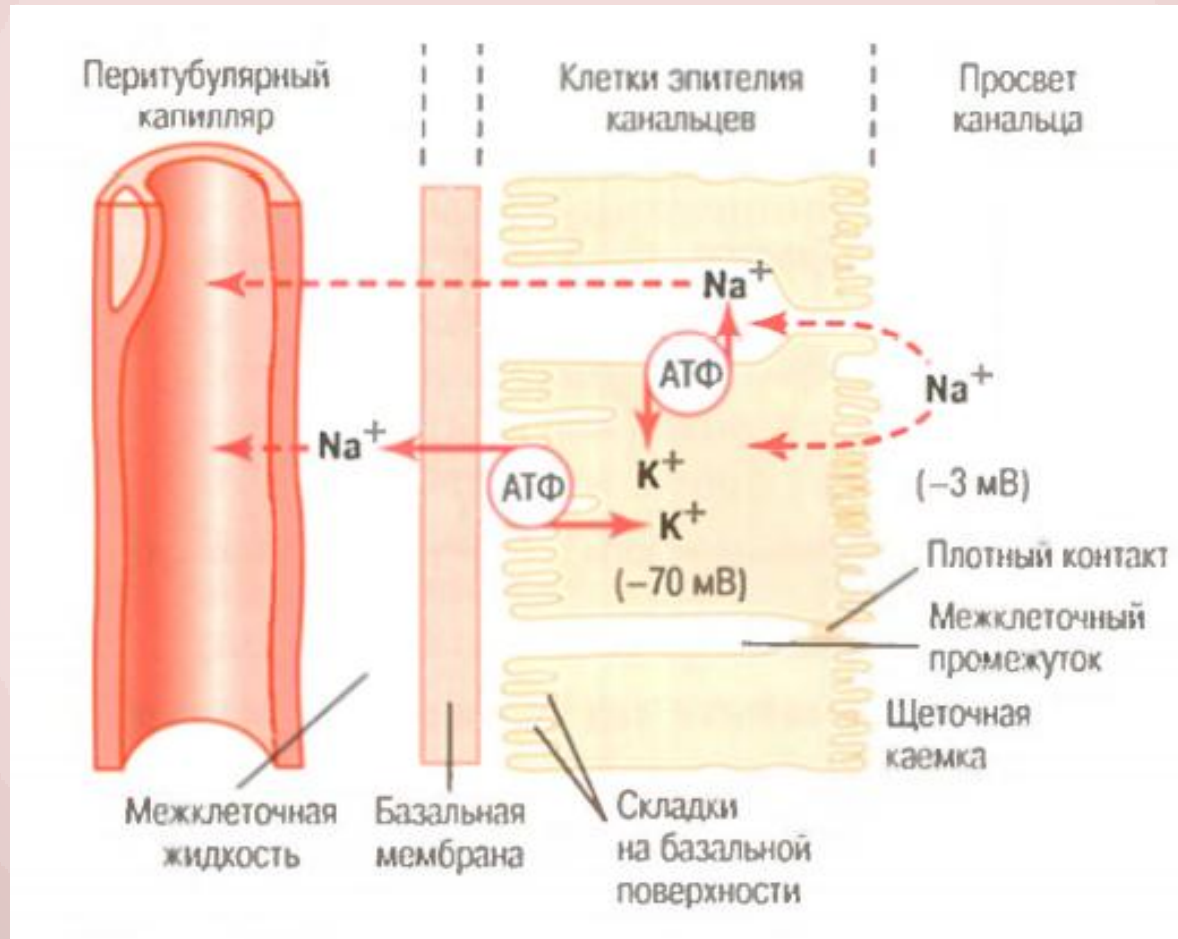
	Профильтровано	Реабсорбировано	Выделено	Процент реабсорбции
Глюкоза (г/сут)	180	180	0	100
Бикарбонаты (мэкв/сут)	4320	4318	2	>99,9
Натрий (мэкв/сут)	25560	25410	150	99,4
Хлор (мэкв/сут)	19440	19260	180	99,1
Калий (мэкв/сут)	756	664	92	87,8
Мочевина (г/сут)	46,8	23,4	23,4	50
Креатинин (г/сут)	1,8	0	1,8	0

Вещество, подлежащее реабсорбции, должно 1 - переместиться через эпителиальную выстилку канальца в межклеточную жидкость, а затем 2 - через мембраны перитубулярных капилляров — в кровь.

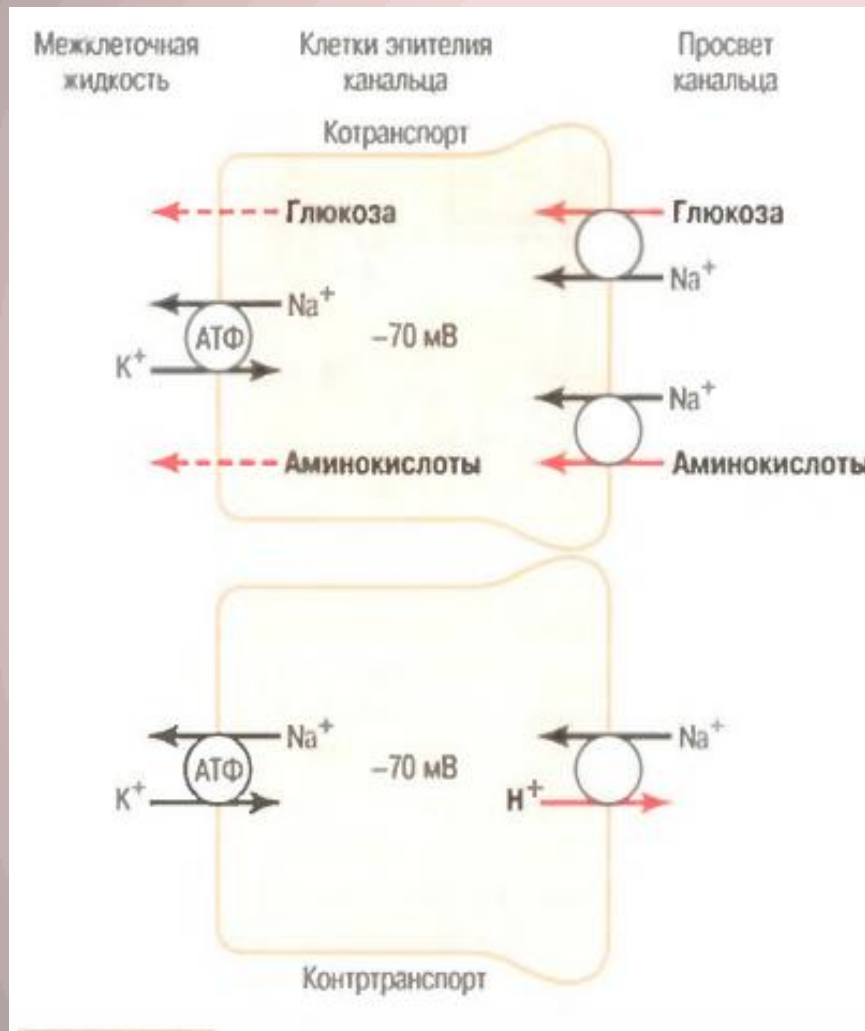


Реабсорбция и секреция осуществляется за счёт активных и пассивных механизмов

Первично активный транспорт веществ связан с затратами АТФ. Позволяет переносить вещества против электро-химического градиента.
Типичный пример - K^+ / Na^+ насос



Канальцевая реабсорбция и секреция



Вторично активный транспорт веществ Na⁺ диффундирует по электрохимическому градиенту. Молекула глюкозы или аминокислоты «цепляется» за Na⁺ и переноситься вместе с ним.

Канальцевая реабсорбция и секреция

Для большинства веществ, которые реабсорбируются или секретируются, существует количественное ограничение – *максимальный транспорт* - полная загруженность транспортных систем, вовлечённых в перенос вещества, когда его концентрация в просвете канальца превышает возможности транспортных белков и ферментов, участвующих в переносе.

Например, при сахарном диабете концентрация глюкозы в первичной моче превышает возможности реабсорбции и глюкоза появляется в моче.

Канальцевая реабсорбция и секреция

Пиноцитоз - активный механизм реабсорбции белка.

Пиноцитоз наблюдается в некоторых отделах канальцевой системы нефрона, особенно проксимальных.

Механизм обеспечивает транспорт крупных молекул

Белок прикрепляется к мембране щеточной каемки, мембрана в этом месте инвагинируется в клетку вплоть до смыкания краев и формирования пузырька, содержащего молекулу белка. Оказавшись внутри пространства, окруженного мембраной, молекула белка расщепляется до аминокислот, которые затем через базолатеральную мембрану попадают в межклеточную жидкость.

Поскольку пиноцитоз требует затрат энергии, его относят к активному транспорту.

Канальцевая реабсорбция и секреция

Пассивная реабсорбция.

Интенсивность переноса вещества зависит от

- электро-химического градиента
- проницаемости мембраны для вещества
- временем нахождения вещества в просвете канальцев

Такой транспорт называется градиент-времязависимым. поскольку его интенсивность определяется электрохимическим градиентом и временем, в течение которого вещество находится в канальце, что, в свою очередь, зависит от объема жидкости, протекающей по канальцу. Максимальный транспорт для этих веществ не характерен.

Пассивная реабсорбция наблюдается при транспорте воды, ионов хлора, мочевины.

Канальцевая реабсорбция и секреция

Особенности реабсорбции натрия.

Натрий - активно реабсорбируемое вещество, для которого максимальный транспорт не характерен

Чем выше становится концентрация натрия в проксимальном канальце и чем меньше объемная скорость жидкости в его просвете, тем интенсивнее он реабсорбируется.

В более дистальных частях нефрона проницаемость через межклеточные пространства эпителиоцитов значительно снижается и реабсорбция ионов Na^+ определяется максимальным транспортом, схожим с активным механизмом реабсорбции других веществ.

Этот максимальный транспорт может возрастать в ответ на влияние таких гормонов, как альдостерон

Канальцевая реабсорбция и секреция

Пассивная реабсорбция воды с помощью осмоса

Зависит от реабсорбции натрия .

Перемещение зависит от концентрации соединений по градиенту концентрации

Вода и некоторые ионы (натрий, хлор, калий, кальций и магний) диффундируют в клетку – происходит перетягивание веществ с помощью осмоса

Проксимальные канальцы – высоко проницаемы для воды.

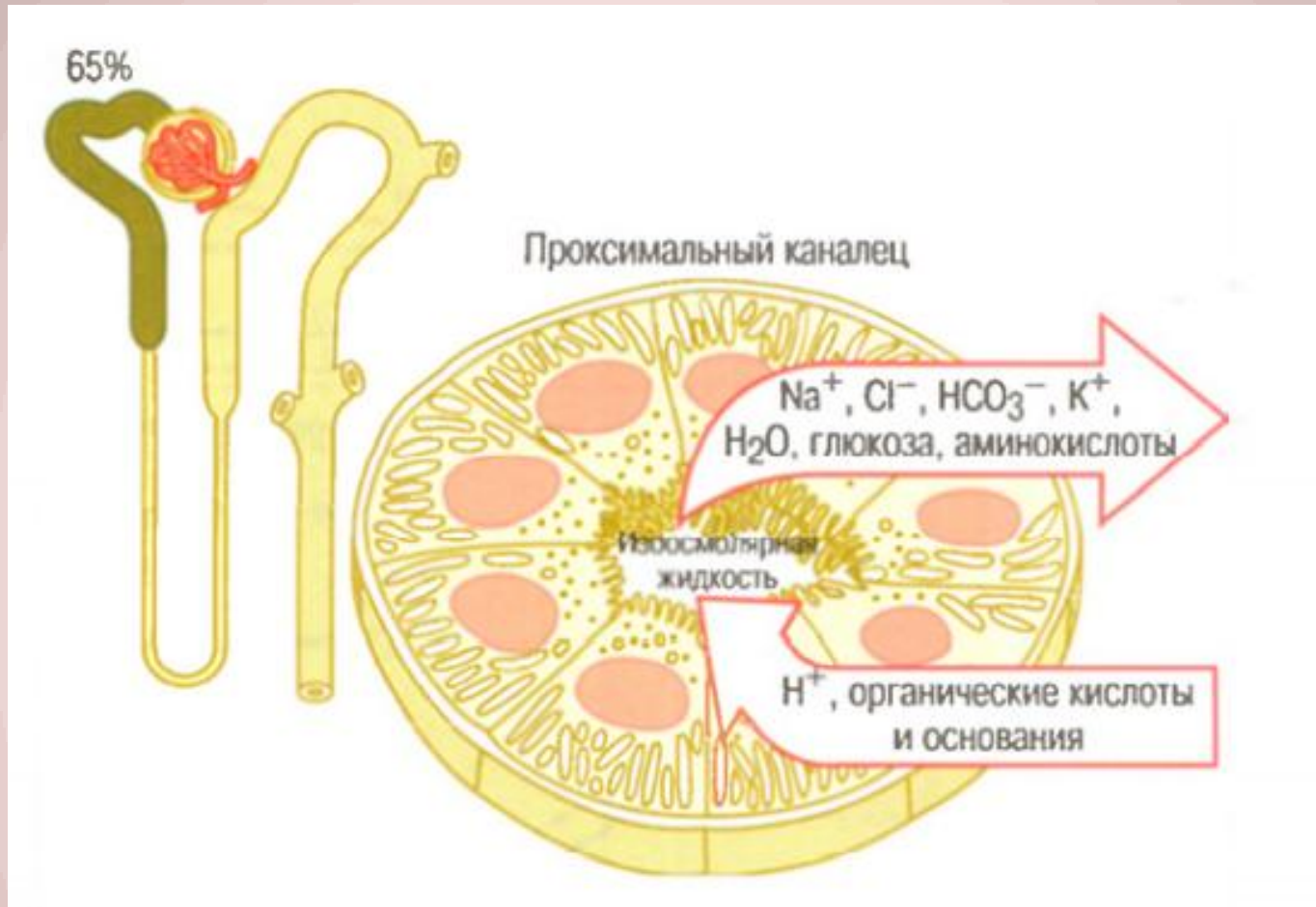
Петля Генле и дистальные канальцы -хуже проницаемы для воды,

Дистальные канальцы, собирательные трубочки – реабсорбция воды зависит от уровня антидиуретического гормона

Канальцевая реабсорбция и секреция

реабсорбция ионов хлора , мочевины и других растворенных веществ осуществляется путём диффузии и сопряжена с транспортом ионов натрия и воды

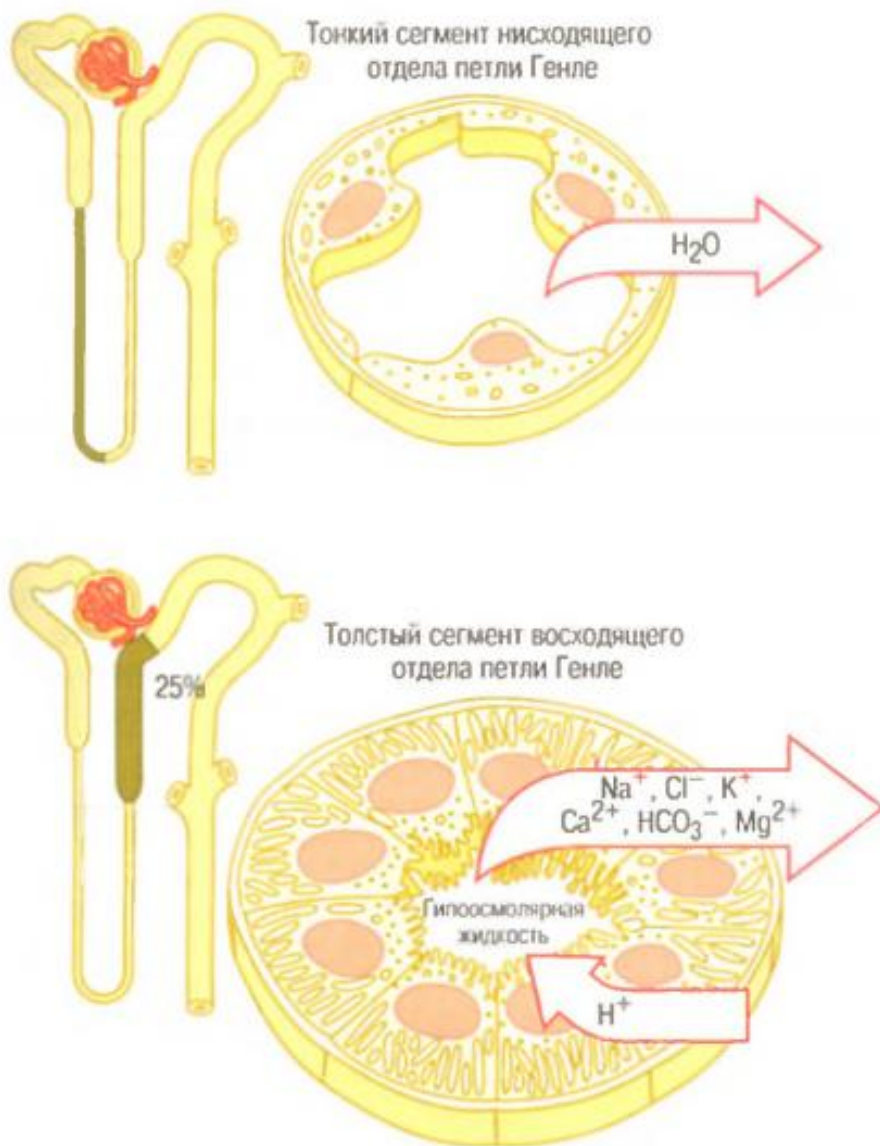
Транспорт веществ в проксимальном канальце.



Проксимальные канальцы реабсорбируют около 65% натрия, хлора, бикарбонатов, калия, а также почти всей глюкозы и аминокислот, попавшие в первичную мочу.

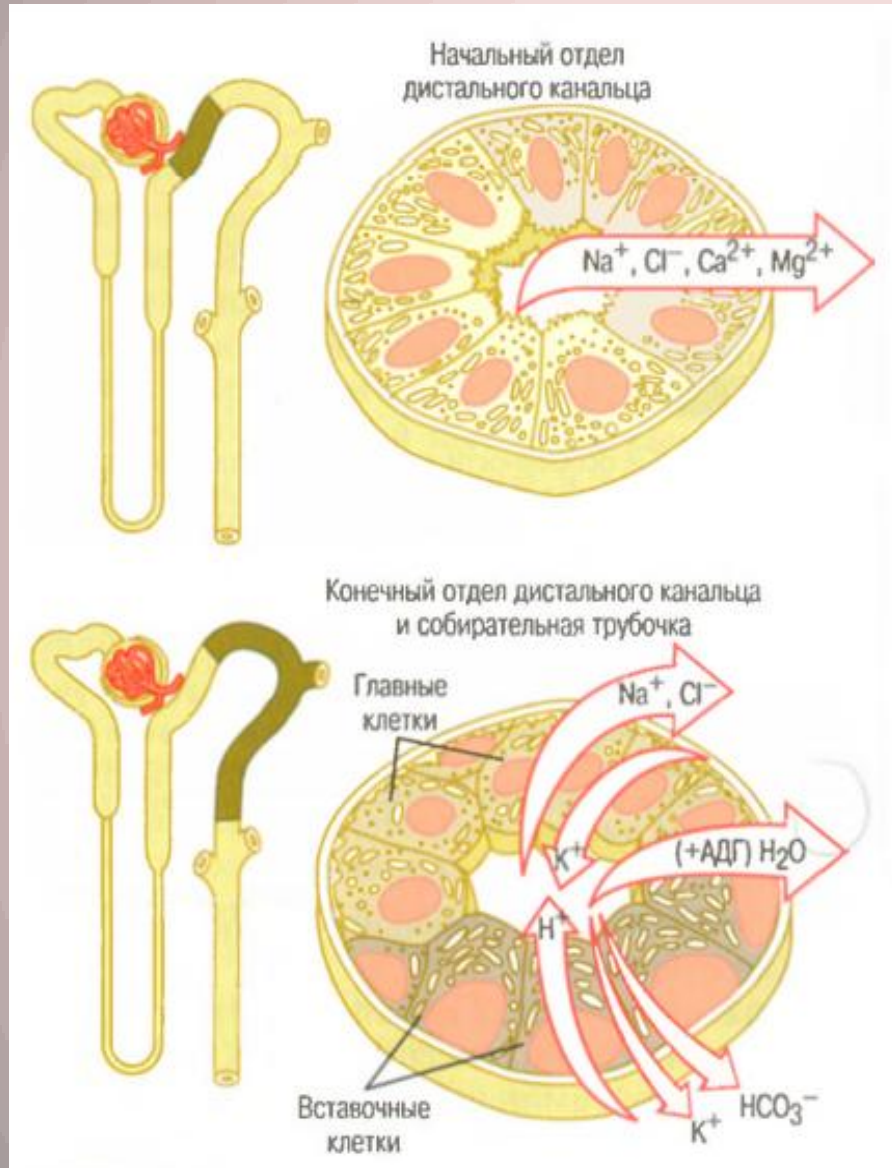
Здесь также происходит секреция в просвет канальцев органических кислот, оснований и протонов

Транспорт веществ в петле Генле.



Нисходящая часть тонкого сегмента п. Генле высокопроницаема для воды (реабсорбируется до 20%) и умеренно проницаема для большинства растворенных веществ, включая мочевины и натрия. Это позволяет веществам путем простой диффузии проникать через стенки. В толстой части восходящего отдела п.Генле происходит активная реабсорбции ионов Na^+ , Cl^- и K^+ , кальция, бикарбонатов и магния. (около 25% их общего количества).

Транспорт веществ в дистальном отделе канальца.

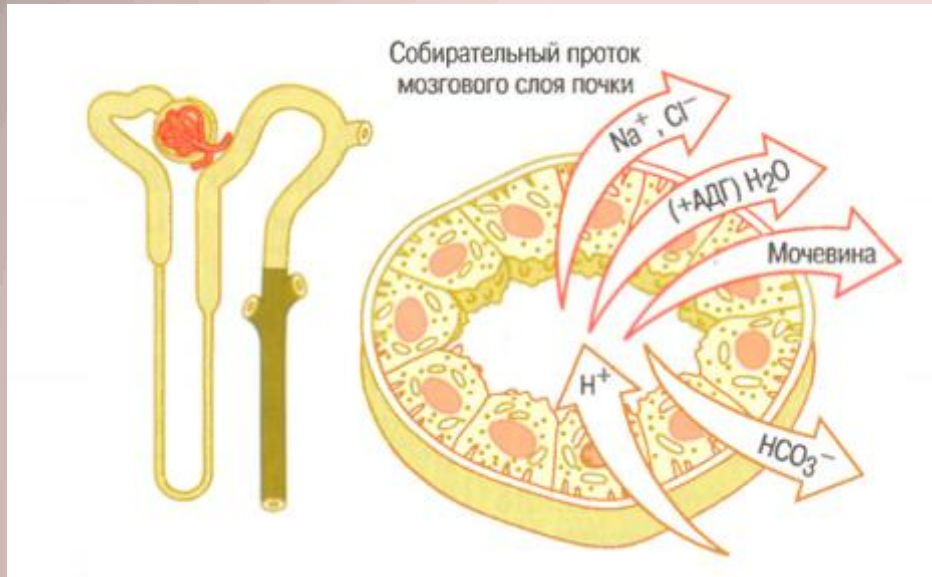


В начальном отделе дистального канальца активно реабсорбируются ионы Na^+ , Cl^- , Ca^{2+} и Mg^{2+} . Данные отделы практически непроницаемы для воды и мочевины.

Вторая половина дистального канальца и корковый отдел собирательной трубочки реабсорбируют натрий и воду, а также секретируют ионы K^+ в просвет канальцев. Вставочные клетки реабсорбируют калий и бикарбонаты, секретируя в просвет канальца протоны.

Реабсорбция воды в данном сегменте регулируется антидиуретическим гормоном: повышение его уровня проницаемость мембран для воды повышается

Транспорт веществ в собирательном протоке мозгового слоя.



1. Проницаемость собирательных протоков мозгового слоя для воды регулируется уровнем АДГ: при высоком его содержании вода интенсивно реабсорбируется в межклеточную жидкость, уменьшая конечный объем мочи и повышая концентрацию растворенных в ней веществ.

2. В отличие от корковых собирательных трубочек собирательные протоки мозгового слоя проницаемы для мочевины. Реабсорбция небольшого количества мочевины в глубине мозгового слоя способствует увеличению осмолярности в этой зоне, внося определенный вклад в способность почек формировать концентрированную мочу.

3. Клетки собирательного протока, как и эпителий коркового отдела собирательного канальца, способны выделять протоны, преодолевая высокий градиент концентрации. Следовательно, данному сегменту также принадлежит важная роль в регуляции кислотно-щелочного равновесия

Регуляция реабсорбции в канальцах.

Гломерулотубулярное равновесие — способность канальцев увеличивать интенсивность реабсорбции в ответ на увеличение фильтрации .

Изменение реабсорбции в перитубулярных капиллярах — регулируется гидростатическим (зависит от АД и сопротивления выносящей артериолы) и коллоидно-осмотическим (определяется системным онкотическим давлением плазмы крови) давлением в этих капиллярах, Изменения реабсорбции в этих капиллярах способны, в свою очередь, повлиять на гидростатическое и коллоидно-осмотическое давление в межклеточной жидкости почечной ткани и в итоге — на реабсорбцию воды и растворенных веществ из канальцевой системы почки.

Повышение системного АД усиливает натрийурез и диурез (прессорные натрийурез и диурез).

Гуморальная регуляция

Гуморальная регуляция канальцевой реабсорбции

Альдостерон. Выделяется клубочковой зоной коры надпочечников, воздействует на главные клетки корковых собирательных трубочек., увеличивает реабсорбцию натрия и секрецию калия почечными канальцами.

Ангиотензин II. Концентрация увеличивается при снижении артериального давления или уменьшении объема внеклеточной жидкости. Ангиотензин II усиливает реабсорбцию натрия и воды в канальцах, способствуя подъёму АД и задержке жидкости в организме.

АДГ (антидиуретический гормон) усиливает реабсорбцию воды за счёт увеличения проницаемости эпителия дистальных канальцев, собирательных трубочек и протоков. Действие гормона способствует сохранению запасов воды в организме, например при обезвоживании.

Предсердный натрийуретический пептид вырабатывается эндокринными клетками предсердий в ответ на увеличение объема плазмы и перерастяжение камер сердца. Пептид снижает реабсорбцию натрия и воды, увеличивая их выделение с мочой. Это приводит к возвращению объема крови к нормальной величине.

Гуморальная регуляция канальцевой реабсорбции

Паратиреоидный гормон усиливает реабсорбцию кальция, особенно в дистальных канальцах, а также, по-видимому, и в петле Генле.

Паратиреоидин влияет также и на другие процессы, включая торможение проксимальными канальцами реабсорбции фосфатов и стимулирование реабсорбции магния в петле Генле

Активация симпатического отдела автономной нервной системы

Вызывает сужение просвета почечных артериол и как следствие — уменьшение СКФ. В ответ уменьшается выделение натрия и воды.

Также симпатическое влияния увеличивают реабсорбцию натрия в проксимальном канальце, толстом восходящем отделе петли Генле и, возможно, в более дистальных частях канальцевой системы.

Также стимуляция симпатического отдела увеличивает выделение в кровь ренина и способствует образованию ангиотензина II, который дополнительно усиливает реабсорбцию в канальцах и уменьшает выделение натрия почкой.

В результате усиливается реабсорбция натрия.

Мочеиспускание

Мочеиспускание

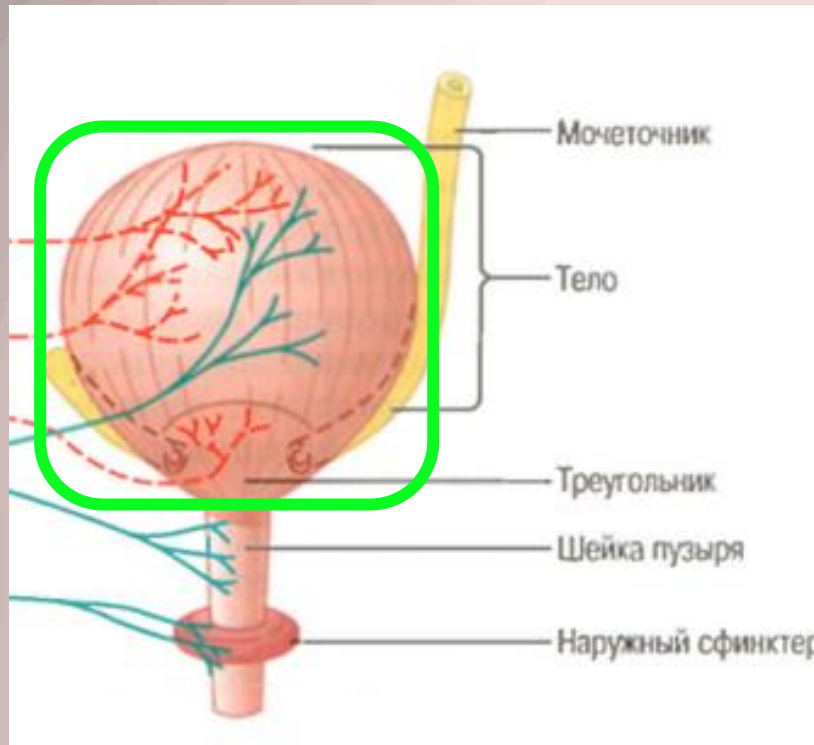
Мочеиспускание — процесс, в результате которого опорожняется наполненный мочевой пузырь.

Процесс состоит из двух этапов

1— постепенное наполнение мочевого пузыря до тех пор, пока напряжение его стенок не достигнет предельного уровня, что приводит ко второму этапу,
2 - благодаря рефлексу мочеиспускания происходит опорожнение мочевого пузыря или возникает осознанный позыв к мочеиспусканию.

Несмотря на то, что рефлекс мочеиспускания регулируется автономной нервной системой с центрами в спинном мозге, он может быть заторможен или активирован под влиянием корковых или стволовых структур

Физиологическая анатомия и нервные связи мочевого пузыря



Полый гладкомышечный орган

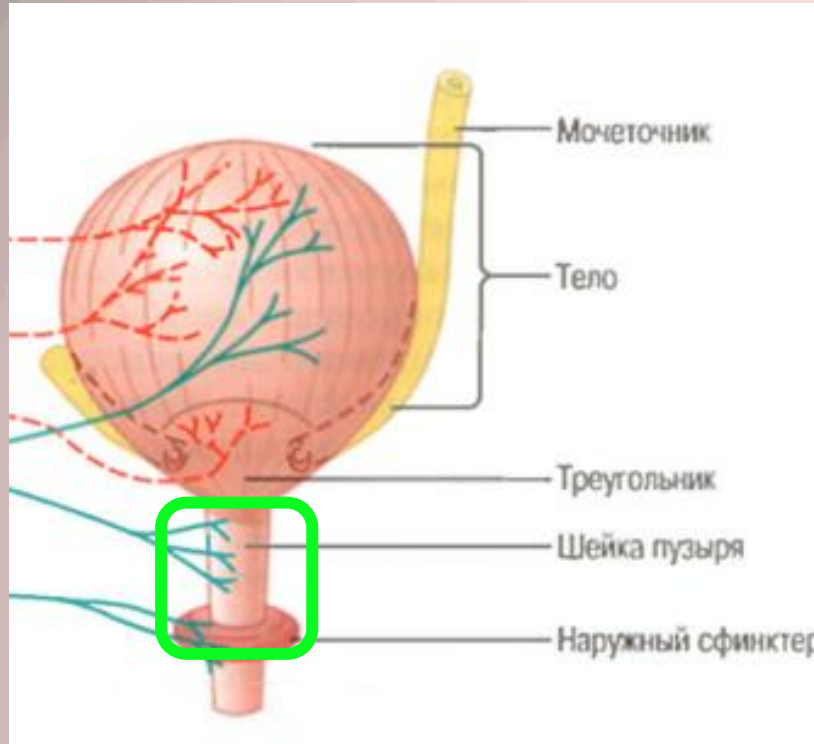
Различают:

- тело - резервуар для мочи
- шейку – переход тела в область треугольника Льебо и далее - в уретру

Сокращения детрузора (мышечной стенки) при сокращении создаёт давление в пузыре от 40 до 60 мм рт. ст. , поэтому он является главным фактором опорожнения пузыря.

Мышцы детрузора создают между собой электрические контакты с низким сопротивлением, поэтому потенциал действия способен распространяться по детрузору от клетки к клетке, вызывая затем одновременное сокращение всего органа целиком.

Физиологическая анатомия и нервные связи мочевого пузыря



Шейка пузыря

- стенка состоит из мышечных волокон детрузора, переплетенных с большим количеством эластических волокон
- образует **внутренний сфинктер**.
- тонические сокращения внутреннего сфинктера в норме не позволяют моче находиться в шейке, предотвращая таким образом опорожнение мочевого пузыря до тех пор, пока давление в нем не достигнет критической величины.

В начале уретры расположен **наружный сфинктер уретры**. Эта мышца — поперечнополосатая, ее сокращения — произвольные (в отличие от других отделов мочевого пузыря). Мускулатура наружного сфинктера находится под контролем нервной системы, подчиняясь сознанию. Такой осознанный контроль способен подавить непроизвольную попытку опорожнить мочевой пузырь

Иннервация мочевого пузыря

Парасимпатическая регуляция

Осуществляется в основном за счёт тазовых нервов крестцового сплетения спинного мозга (на уровне S2 и S3) . Включает чувствительные и двигательные волокна

растяжение детрузора

↓
чувствительные
волокна

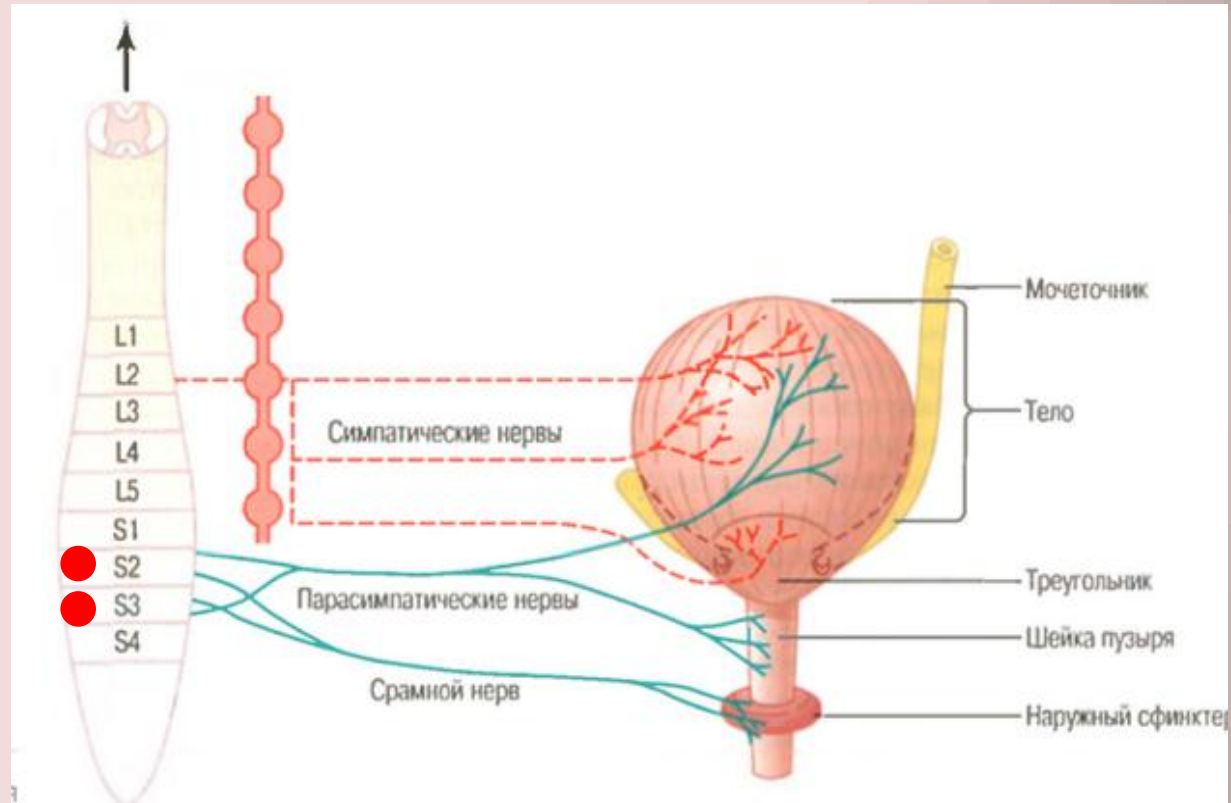
↓
S2 S3

↓
двигательные
парасимпатические
волокна тазовых нервов

↓
ганглии стенки м.п.



↓
постганглионарные волокна,
иннервирующие детрузор.



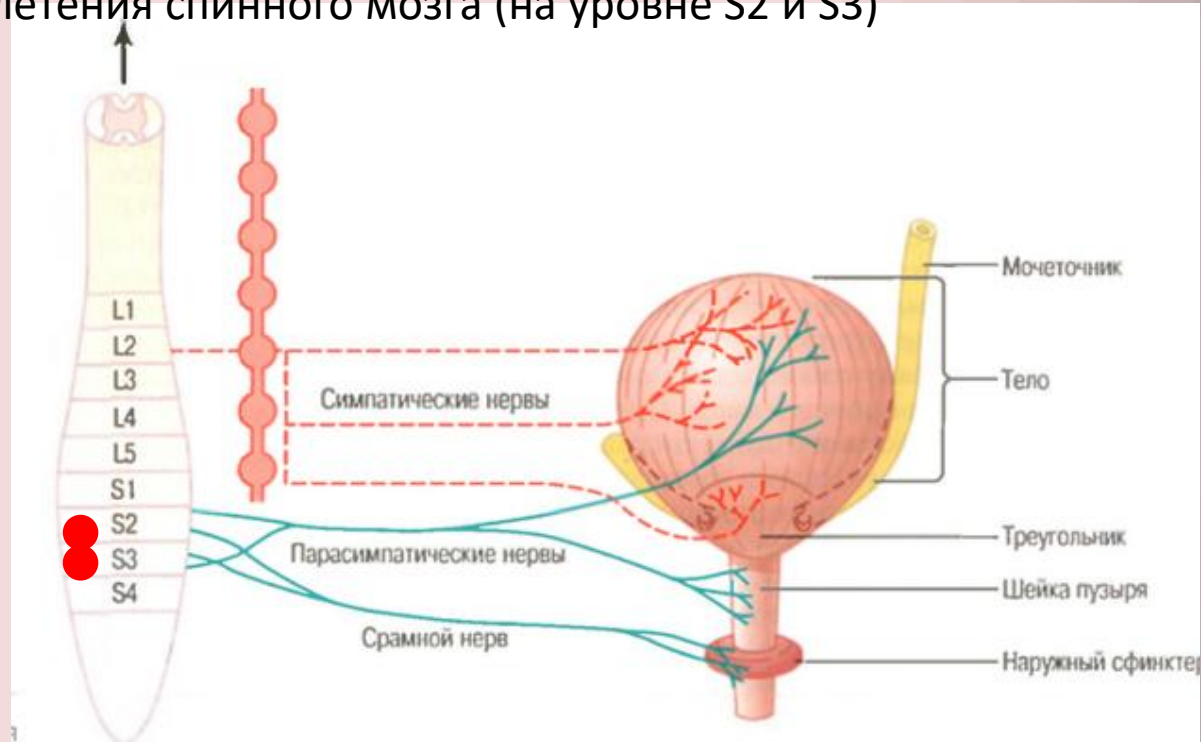
Иннервация мочевого пузыря

Соматические двигательные волокна срамного нерва иннервируют наружный сфинктер уретры, контролируя мочеиспусканию (оказывая тормозное действие, способствуют мочеиспусканию) за счёт нервов крестцового сплетения спинного мозга (на уровне S2 и S3)

срамной нерв



произвольная скелетная
мускулатура наружного
сфинктера м.п.



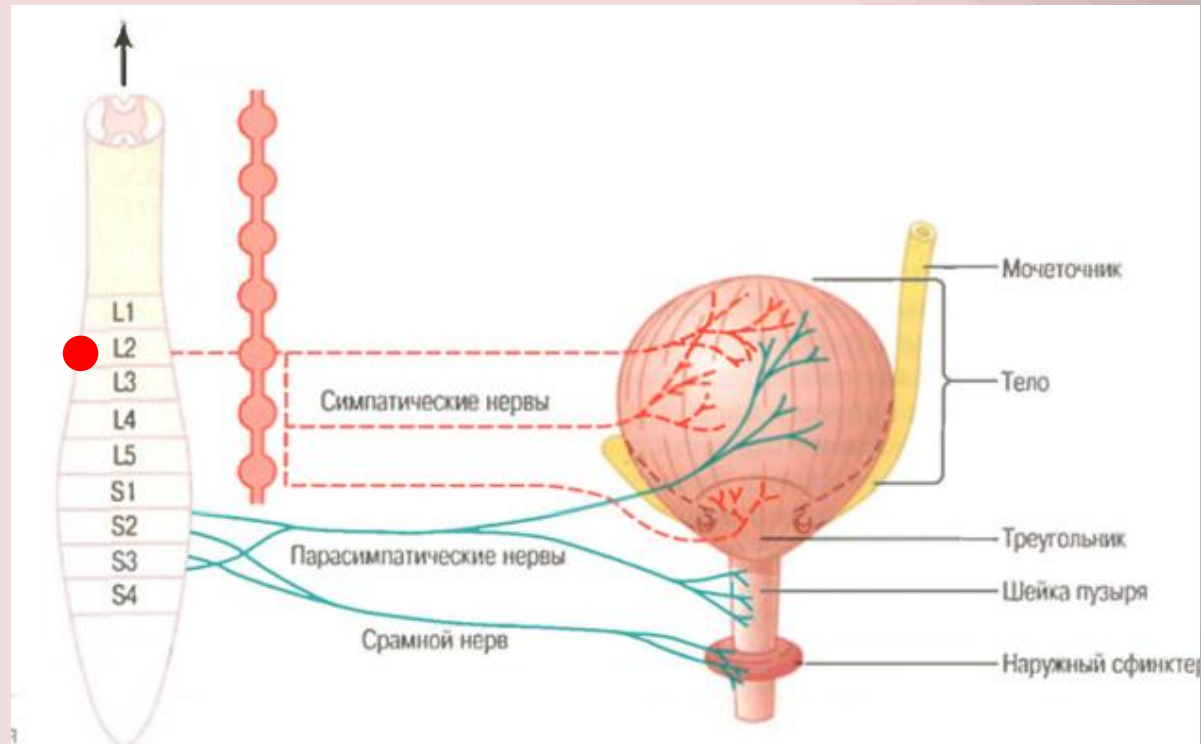
Иннервация мочевого пузыря

Симпатическая иннервация от подчревного нерва (сегмент L2 спинного мозга)

Иннервация сосудов мочевого пузыря.

Мало влияет на сокращение

Чувствительные волокна симпатических нервов отвечают за ощущение переполнения м.п. и в некоторых случаях - боль



Иннервация мочеточников

Мочеточники принимают активное участие в продвижении мочи от лоханки к мочевому пузырю за счёт перистальтики.

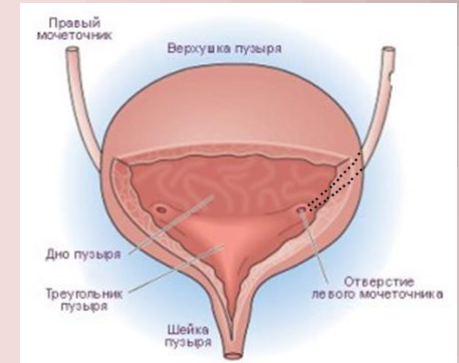
Сигналом к усилению перистальтики мочеточников служит расширение почечной лоханки

Стенки мочеточников содержат гладкие мышцы, иннервируемые симпатическими и парасимпатическими нервами, а также интрамуральными нервными сплетениями, распространяющимися по всей длине мочеточников.

стимуляция парасимпатических волокон усиливает, а симпатических — тормозит перистальтику мочеточников.

Физиологическая анатомия и нервные связи мочевого пузыря

Мочеточники впадают в мочевой пузырь, прободая детрузор в области мочевого треугольника, проходя небольшое расстояние в подслизистом слое стенки м.п. Детрузор, находясь в тоническом сокращении, сдавливает мочеточник, закрывая вход в него. Это предотвращает заброс мочи по направлению к почке во время мочеиспускания или при сдавлении мочевого пузыря. Просвет пузырной части мочеточника раскрывается под влиянием перистальтической волны и моча проходит в полость мочевого пузыря.



Пузырно-мочеточниковый рефлюкс – заброс мочи из мочевого пузыря в мочеточник:

- дилатация мочеточника
- повышение давления в почечной лоханке и дилатация лоханки
- нарушение выделительной функции почек, развитие более тяжёлых нарушений
- восходящая инфекция

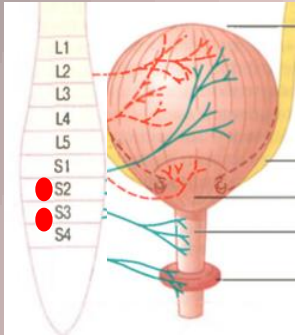
Ощущения боли в мочеточниках и

мочеточниково-почечный рефлекс

Мочеточники обильно снабжены нервными волокнами, проводящими болевую чувствительность.



Рефлекс мочеиспускания



Мочевой пузырь всегда находится в определённом тонусе, независимо от степени наполнения (за исключением полностью опорожнённого).

По мере наполнении мочевого пузыря возникают волны быстрого и значительного подъёма давления (от нескольких сантиметров до 100 см вод.ст) – возникают мочеиспускательные волны (с периодичностью от нескольких секунд до 1 и более минут)

Почему это происходит

активация рецепторов
растяжения стенки м.п.

распространение
импульсов по тазовым
нервам в S2 и S3

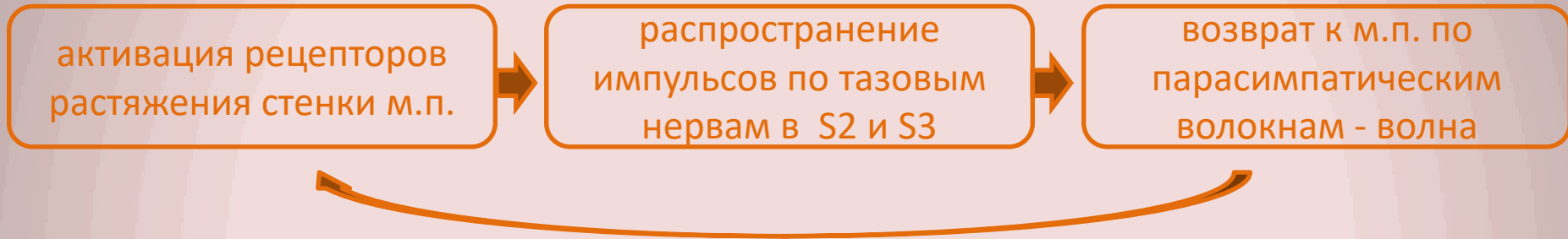
возврат к м.п. по
парасимпатическим
волокнам - волна

Мочеиспускательные сокращения при частичном заполнении пузыря в течение нескольких секунд обычно самопроизвольно приводят к расслаблению детрузора, и давление возвращается к исходному уровню

Самоподдерживаемый рефлекс мочеиспускания -

Продолжающееся наполнение мочевого пузыря –

увеличение мочеиспускательных волн по силе и частоте-
самоподдерживаемый рефлекс мочеиспускания



Возникнув однажды, рефлекс мочеиспускания становится самоподдерживаемым, т.е. первичное сокращение пузыря активирует рецепторы растяжения, поток чувствительной импульсации от пузыря нарастает, усиливая рефлекторное сокращение стенки. Цикл повторяется вновь, пока мочевой пузырь не достигнет высокой степени сокращения. Затем через несколько секунд (иногда проходит более 1 мин) самоподдерживаемый рефлекс мочеиспускания угасает, позволяя пузырю расслабиться

Рефлекс мочеиспускания

рефлекс мочеиспускания является завершенным циклом реакций, состоящим из следующих периодов:

- (I) постепенно и быстро возрастающего давления;
- (II) стойкого поддержания давления;
- (III) возврата давления к обычному тону мочевого пузыря.

Рефлекс мочеиспускания, возникнув и не завершившись изгнанием мочи, затормаживается на нескольких минут - один и более час, вплоть до наступления следующего цикла.

Поскольку мочевой пузырь наполняется все сильнее, частота и выраженность рефлекса мочеиспускания возрастают все больше.

Став достаточно сильным, рефлекс мочеиспускания запускает другую рефлекторную реакцию, которая реализуется с помощью тормозного влияния срамных нервов на наружный сфинктер уретры.

Рефлекс мочеиспускания

Если торможение будет преобладать над произвольными сигналами ЦНС, увеличивающими тонус наружного сфинктера, произойдет мочеиспускание. В противном случае мочевой пузырь будет наполняться до тех пор, пока рефлекс мочеиспускания не станет более выраженным



Функция мозга в регуляции мочеиспускания

Рефлекс мочеиспускания, относится к вегетативным рефлексам спинного мозга.

Однако его можно подавить или усилить с помощью высших отделов головного мозга, которые включают:

- (I) столовые центры, вызывающие стойкое возбуждение и торможение, расположены преимущественно в мосте;
- (II) несколько центров, расположенных в коре и в основном выполняющих тормозную функцию, иногда способных оказывать и возбуждающее действие

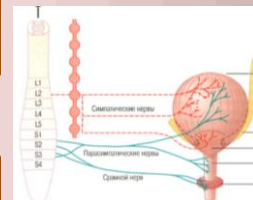
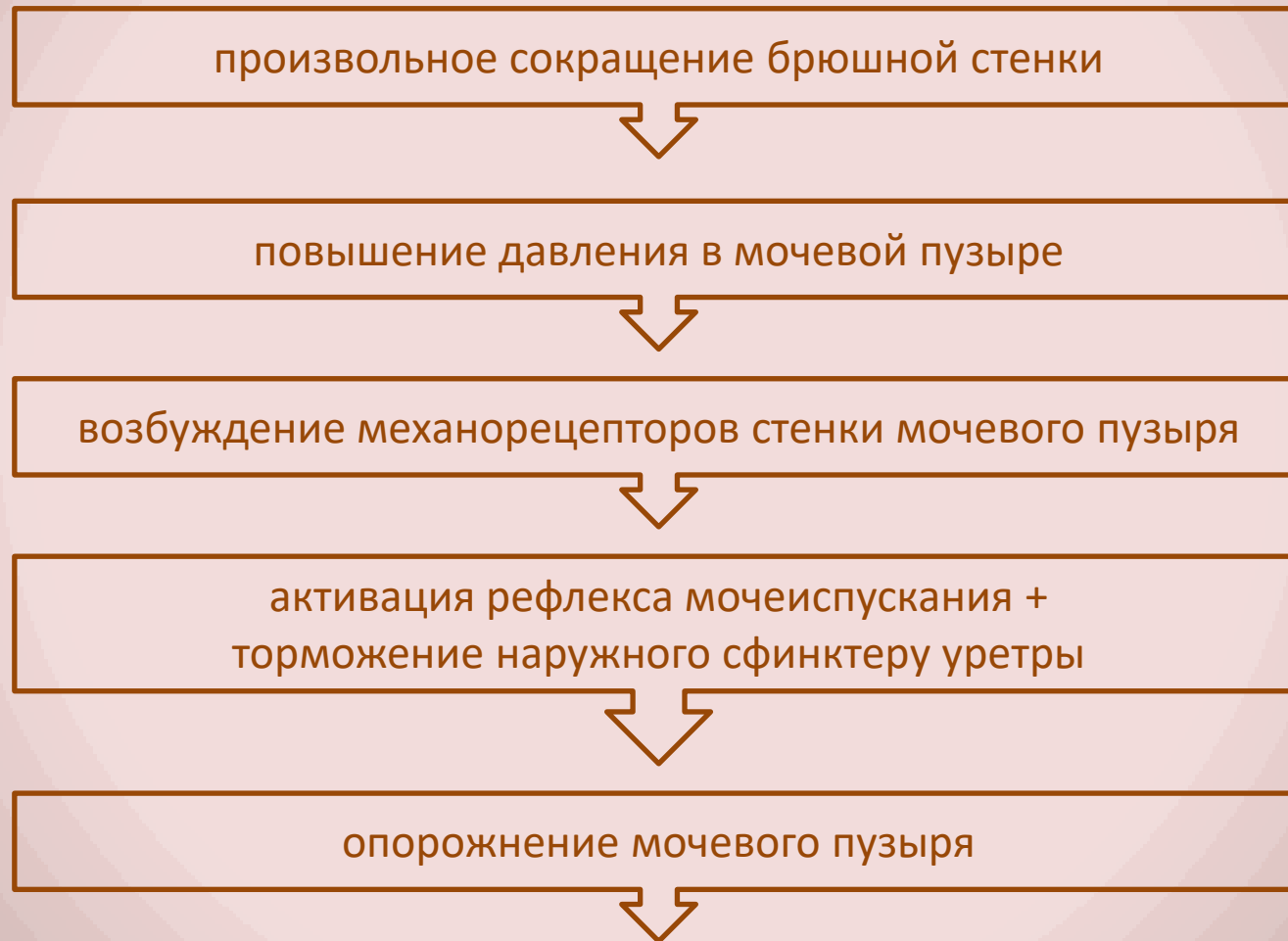
Влияние ЦНС на мочеиспускание

Постоянное слабое торможение рефлекса мочеиспускания.
Торможение прекращается лишь при осознанном желании помочиться

Остановка мочеиспускание даже при начавшемся опорожнении пузыря посредством тонического сокращения наружного сфинктера, которое продолжается вплоть до подходящего момента, когда мочеиспускание может быть вновь продолжено

Центры, расположенные в коре г.м., могут активировать центра мочеиспускания, расположенного в крестцовом отделе позвоночника, и одновременно с ним тормозить сокращение наружного сфинктера уретры, что может привести к мочеиспусканию наполненного пузыря.

Произвольное мочеиспускание обеспечивается цепью следующих процессов



Таким образом, сам рефлекс мочеиспускания обеспечивает процесс сокращения стенки мочевого пузыря и его опорожнение, а ЦНС позволяет сделать этот процесс контролируемым с помощью сознания.

Нарушение мочеиспускания

- Атония пузыря
- Непроизвольный мочевой пузырь
- Нейрогенно-расторможенный мочевой пузырь

Нарушение мочеиспускания. Атония

норма

растяжение детрузора

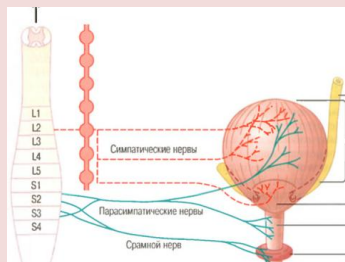
↓
чувствительные
волокна

↓
S2 S3

↓
двигательные
парасимпатические
волокна тазовых нервов

↓
ганглии стенки м.п.

↓
постганглионарные волокна,
иннервирующие детрузор.



атония

растяжение детрузора

↓
чувствительные
волокна
↓
S2 S3

↓
двигательные
парасимпатические
волокна тазовых нервов

↓
ганглии стенки м.п.

↓
постганглионарные волокна,
иннервирующие детрузор.



выраженное
переполнение м.п.

↓
выделение мочи по
каплям
(недержание)

Причины:

1. Травма крестцового отдела сп.м.
2. Другие причины

Нарушение мочеиспускания. Непроизвольный мочевой пузырь.

Состояние, возникающее вследствие повреждения спинного мозга с полным нарушением проводимости выше крестцового отдела., при этом крестцовые сегменты не повреждены

- обычные рефлекс мочеиспускания могут сохраняться.
- НО! контроль их осуществления с помощью головного мозга становится невозможен.

Период от первых дней до нескольких недель после травмы рефлекс мочеиспускания подавлены из-за спинального шока, вызванного потерей активирующих влияний от ствола и переднего мозга.

В этот период важно проводить периодическое опорожнение мочевого пузыря, предотвращая его перерастяжение (с помощью мочевого катетера).

Тогда рефлекс мочеиспускания будет постепенно усиливается, вплоть до полного восстановления.

Затем возникают и периодические опорожнения пузыря, носящие непредсказуемый характер.

Нарушение мочеиспускания.

Нейрогенно-расторможенный мочевой пузырь .

Состояние, вызванное недостатком тормозных сигналов от головного мозга.

Это нарушение выражается в частом неконтролируемом мочеиспускании.

Данное состояние возникает при повреждении путей, ответственных за проведение тормозных влияний, и встречается при частичном перерыве спинного мозга или повреждениях ствола.

Благодаря сохраненным активирующим влияниям возбудимость нервных центров крестцового отдела остается повышенной, и даже небольшое скопление мочи в пузыре вызывает рефлекс мочеиспускания, способствуя его частому опорожнению.