Лекция 19

**МОЧЕВЫДЕЛИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА**

К мочевыделительной системе относятся почки и мочевыносящие пути: чашечки, лоханки, мочеточники, мочевой пузырь и мочеиспускательный канал.

СТРОЕНИЕ ПОЧКИ

Почка располагается за брюшиной (ретроперитониально), имеет бобовидную форму, покрыта соединительнотканной капсулой, под которой располагается корковое вещество, толщина которого составляет примерно 1/2 толщины почки. Глубже лежит мозговое вещество, которое подразделяется на периферическую зону, прилежащую к корковому веществу, и внутреннюю зону.

Корковое вещество имеет темно-красный цвет, мозговое вещество более светлое. Из коркового вещества в мозговое проникают колонки Бертини, из мозгового вещества в корковое – мозговые лучи, состоящие из собирательных трубочек.

Стромой почек является рыхлая соединительная ткань, в составе которой есть ретикулярные волокна и ретикулярные клетки. Паренхимой почки являются нефроны.

**Нефрон.** Это структурно-функциональная единица почки. Он состоит из капсулы капиллярного клубочка (капсулы Шумлянского-Боумена) и почечных канальцев. От капсулы отходит проксимальный извитой каналец, который переходит в прямой проксимальный каналец. Оба этих канальца составляют проксимальный отдел нефрона. Прямой проксимальный каналец переходит в тонкий каналец, который является нисходящей частью петли нефрона. Тонкий каналец продолжается в прямой дистальный каналец, который является восходящим коленом петли нефрона. Прямой дистальный каналец переходит в извитой дистальный каналец, впадающий в собирательную трубочку.

**Типы нефронов.** В почке различают три типа нефронов: 1) наружные корковые нефроны, их количество 15%, они полностью располагаются в корковом веществе; 2) промежуточные корковые нефроны составляют 70%, их почечные тельца, извитые дистальные и извитые проксимальные канальцы располагаются в корковом веществе, их тонкий каналец доходит до границы между наружной и внутренней зонами мозгового вещества и переходит в прямой дистальный каналец; 3) юкстамедуллярные нефроны составляют 15%, их почечные тельца, извитые проксимальные и дистальные канальцы локализованы в корковом веществе вблизи границы с мозговым веществом, тонкий каналец достигает внутренней зоны мозгового вещества, делает петлю и на границе между наружной и внутренней зоной мозгового вещества переходит в прямой дистальный каналец.

**Кровоснабжение почки.** В ворота почки поступает почечная артерия, которая разделяется на междолевые артерии, направляющиеся к границе между корковым и мозговым веществом, и делятся на дуговые артерии. От дуговых артерий в сторону коркового вещества отходят междольковые артерии, которые проходят по границе между двумя соседними дольками. От междольковых артерий отходят внутридольковые артерии.

В том случае, если внутридольковые артерии направляются к корковым нефронам, то эти сосуды относятся к кортикальной системе кровоснабжения. В том случае, если внутридольковые артерии направляются к почечным тельцам юкстамедуллярных нефронов, то эти артерии относятся к юкстамедуллярной системе кровоснабжения почек.

***Кортикальная система кровоснабжения*** начинается внутридольковыми артериями, которые подходят к почечным тельцам корковых нефронов. От этих артерий отходят приносящие артериолы, которые разветвляются на капиллярные клубочки внутри капсулы. От капиллярных клубочков отходят выносящие артериолы. Таким образом, между приносящими и выносящими артериолами образуется чудесная сеть.

Диаметр выносящих артериол меньше диаметра приносящих артериол, поэтому внутрикапиллярное давление в капиллярах клубочков выше 50 мм рт. ст. Такое высокое внутрикапиллярное давление способствует фильтрации компонентов плазмы крови из капилляров в капсулу клубочка. Из этих компонентов плазмы формируется первичная моча.

Выносящие артериолы разветвляются на капилляры вторичной капиллярной сети. Эти капилляры оплетают канальцы нефронов, поэтому называются перитубулярными. Их внутрикапиллярное давление составляет 10-12 мм рт. ст.

На периферии коркового вещества перитубулярные капилляры впадают в звездчатые вены, которые несут кровь в междольковые вены. В средней части коркового вещества перитубулярные капилляры впадают непосредственно в междольковые вены.

Междольковые вены впадают в дуговые вены, кровь из которых вливается в междолевые вены, впадающие в почечную вену.

Благодаря высокому внутрикапиллярному давлению в клубочках, корковые нефроны выполняют мочеобразовательную функцию.

***Юкстамедуллярная система кровоснабжения*** начинается от внутридольковых артерий, которые подходят к почечным тельцам юкстамедуллярных нефронов. Особенность этой системы кровоснабжения заключается в том, что диаметр приносящих артериол меньше диаметра выносящих артериол. По этой причине внутрикапиллярное давление в капиллярном клубочке низкое и поэтому мочеобразовательная функция юкстамедуллярных нефронов ограничена.

Выносящие артериолы частично разветвляются на перитубулярные капилляры, оплетающие прямые канальцы, частично – на прямые сосуды, направляющиеся в мозговое вещество, и на разных уровнях образуют петли, которые возвращаются к границе с корковым веществом. Благодаря этому формируется противоточная система кровотока, особенность которой состоит в том, что по нисходящему колену артериальная кровь направляется в сторону мозгового вещества, по восходящему – в сторону коркового вещества.

От прямых сосудов тоже отходят перитубулярные капилляры, которые впадают в прямые вены, несущие кровь в дуговые вены.

*Функциональное значение юкстамедуллярной системы кровоснабжения* характеризуется тем, что её структура способствует снижению мочеобразовательной функции. Эта система выполняет роль шунта, т.е. она образует самый короткий и легкий путь перехода крови из артерий в вены.

**Гистофизиология нефронов, или процесс мочеобразования.** Образование мочи складывается из 2-х фаз: 1) фазы фильтрации и 2) фазы реабсорбции или обратного всасывания.

***Фаза фильтрации*** осуществляется в почечном тельце. Оно состоит из капиллярного клубочка, включающего около 50 капиллярных петель, выстланных фенестрированным эндотелием. Эндотелий лежит на трехслойной базальной мембране. Капсула клубочка имеет форму чаши и состоит из 2-х листков: наружного и внутреннего.

*Наружный листок* выстлан уплощенным или кубическим эпителием, который переходит в эпителий проксимального отдела нефрона.

*Внутренний листок* капсулы образует глубокие складки, которые охватывают каждую петлю капиллярного клубочка. В тех местах, куда не проникают складки внутреннего листка, находится мезангиальная ткань, состоящая из макрофагических транзиторных *(моноцитов из тока крови)* мезангиоцитов и клеток гладкомышечного типа. Клетки гладкомышечного типа выполняют 2 функции: секретируют компоненты матрикса мезангия и способны к сокращению. Макрофагические мезангиоциты выполняют защитную функцию и относятся к иммунологической системе почек. Внутренний листок выстлан эпителиоцитами уплощенной формы, которые называются подоцитами.

*Подоциты* содержат ядро, в котором имеются инвагинации. От тела подоцита отходят большие отростки – цитотрабекулы, от которых, в свою очередь, отходят много мелких отростков – цитоподий. Цитоподии располагаются на той же трехслойной базальной мембране, к которой, на противоположной её поверхности прилежат эндотелиоциты капиллярных клубочков. На плазмолемме подоцитов имеются рецепторы к иммуноглобулинам и комплементу. То есть, эти клетки участвуют в иммунных реакциях. На гранулярной ЭПС подоцитов вырабатываются компоненты трехслойной базальной мембраны и вещества, регулирующие кровоток в капиллярном клубочке, и факторы, угнетающие пролиферацию мезангиоцитов.

Между цитоподиями, прикрепленными при помощи ламининов к трехслойной базальной мембране, имеются щели, которые сходятся к границе между соседними подоцитами и через межклеточные пространства между этими клетками сообщаются с просветом капсулы клубочка. Вход/выход в щели, расположенные между цитоподиями, закрыт фильтрационной мембраной.

*Трехслойная базальная мембрана* включает слои: наружный и внутренний – светлые рыхлые, средний – плотный, темный.

В среднем слое имеется сеть, состоящая из тонких коллагеновых фибрилл. Диаметр петель этой сети составляет 4-7 нм. Поэтому, через трехслойную базальную мембрану не могут проходить крупномолекулярные белки и форменные элементы крови. В базальной мембране находятся протеогликаны, благодаря которым в ней возникает отрицательный заряд, нарастающий от внутреннего слоя к наружному и к подоцитам.

Таким образом, в почечном тельце сформирован фильтрационный барьер, который включает 3 компонента: 1) фенестрированные эндотелиоциты капилляров; 2) трехслойная базальная мембрана; 3) подоциты внутреннего листка капсулы нефрона. Через фильтрационный барьер в норме проходят следующие компоненты плазмы крови: вода, низкомолекулярные белки, электролиты, продукты азотистого обмена и глюкоза. Все эти составные части плазмы крови, профильтрованные в капсулу клубочка, представляют собой первичную мочу.

*(В течение суток в почках образуется более 100 л первичной мочи. Количество окончательной мочи за сутки составляет всего 1,5-2 л. Куда же девались 98 литров? Они реабсорбировались, т. е. всосались обратно в кровь в результате 2-й фазы мочеобразования).*

***Фаза реабсорбции*** происходит в почечных канальцах. (*В каждой почке содержится около 1 миллиона нефронов. Длина канальцев каждого нефрона составляет около 50 мм, а длина канальцев всех нефронов – около 100 км).* Реабсорбция начинается в проксимальном отделе нефрона.

*Проксимальный отдел* состоит из извитого проксимального канальца и прямого проксимального канальца нефрона, имеет диаметр около 60 мкм, выстлан нефроцитами кубической формы. Эти клетки имеют мутную цитоплазму, на их апикальной поверхности имеется исчерченная каемка, на базальной поверхности – базальная исчерченность (складки плазмолеммы, между которыми располагаются митохондрии). В цитоплазме содержится много митохондрий, в которых имеется СДГ, есть лизосомы и пиноцитозные пузырьки.

В проксимальном отделе нефрона реабсорбируется полностью глюкоза за счет ЩФ в исчерченной каемке; также белки; часть воды и часть электролитов.

Белки поступают в нефроциты путем пиноцитоза, расщепляются ферментами лизосом до аминокислот, которые затем поступают в капилляры перитубулярной сети, разносятся с током крови по всему организму, для синтеза новых белков. (*Таким образом, почки не только выполняют мочеобразовательную функцию, но и участвуют в обновлении белков организма)*.

Электролиты реабсорбируются за счет СДГ митохондрий, Na+-, К+-, Са2+--АТФазы принудительным путем. Вода реабсорбируется за счет базальной исчерченности. Из проксимального отдела остатки первичной мочи поступают в тонкий каналец.

*Тонкий каналец* имеет диаметр 13-15 мкм, выстлан уплощенными нефроцитами, которые бедны органеллами, со слабо окрашенной цитоплазмой. В нем реабсорбируется вода. Из тонкого канальца, который образует нисходящую часть петли нефрона, остатки первичной мочи поступают в прямой дистальный каналец, образующий восходящее колено петли, потом – в извитой дистальный каналец. Прямой и извитой дистальные канальцы образуют дистальный отдел нефрона.

*Дистальный отдел нефрона* имеет диаметр 20-50 мкм, выстлан нефроцитами кубической формы со светлой цитоплазмой. На апикальной поверхности этих нефроцитов нет исчерченной каемки, но на базальной поверхности сохраняется базальная исчерченность, в которой содержатся активные Na+-, К+- и Са2+-АТФаза и СДГ митохондрий. В цитоплазме нефроцитов содержится фермент калликреин.

В прямом дистальном канальце и в прилежащей к нему части извитого дистального канальца реабсорбируются электролиты. Эти электролиты накапливаются в строме почки вокруг канальцев и создают здесь высокое осмотическое давление. В первичной моче, протекающей по дистальному канальцу и теряющей электролиты, снижается осмотическое давление. Поэтому, когда эта моча поступает во 2-ю половину извитого дистального канальца, вода реабсорбируется в соединительнотканную строму, расположенную вокруг канальца. Такой способ поступления воды из канальца в окружающую соединительную ткань называется *факультативной реабсорбцией*. Из извитого дистального канальца остатки мочи с высокой концентрацией азотистых продуктов и солей поступают в собирательную трубочку.

*Собирательные трубочки* в пределах коркового вещества выстланы нефроцитами кубической формы, в пределах мозгового вещества – нефроцитами призматической формы. Есть 2 разновидности нефроцитов: 1) темные, вырабатывающие соляную кислоту, которая подкисляет мочу, и 2) светлые, реабсорбирующие воду и секретирующие простагландины.

Реабсорбция воды из собирательных трубочек и второй половинки извитых дистальных канальцев зависит от концентрации антидиуретического гормона гипоталамуса, или вазопрессина. Если этот гормон отсутствует, то вода из собирательных трубочек и дистальной части извитых дистальных канальцев не реабсорбируется. Из собирательных трубочек окончательная моча поступает последовательно в сосочковые канальцы, чашечки, лоханки, мочеточники, мочевой пузырь, мочеиспускательный канал. Подкисление мочи соляной кислотой считается 3-й фазой мочеобразования.

**Эндокринная система почек.** Складывается из 3-х аппаратов: 1) юкстагломерулярного (ЮГА); 2) простагландинового; 3) калликреин-кининового.

***Юкстагломерулярный аппарат*** включает: а) юкстагломерулярные клетки; б) плотное пятно и в) юкставаскулярные клетки.

*Юкстагломерулярные клетки* располагаются в стенке приносящей и выносящей артериол, имеют кубическую форму, светлую цитоплазму, содержат синтетический аппарат и секреторные гранулы.

*Функция* юкстагломерулярных клеток заключается в выделении ренина. Под его влиянием происходит синтез ангиотензина I и превращение его в ангиотензин II, способствующий повышению артериального давления. Ренин стимулирует секрецию альдостерона из клубочковой зоны коры надпочечников. Под влиянием альдостерона повышается реабсорбция натрия и хлора в дистальных канальцах.

*Плотное пятно* располагается в той части стенки дистального канальца, которая проходит рядом с капиллярным клубочком между приносящей и выносящей артериолой. Клетки плотного пятна узкие, высокие, лежат на тонкой базальной мембране.

*Функция* плотного пятна заключается в рецепции натрия в протекающей по дистальному канальцу моче. Если в моче много натрия, то клетки плотного пятна воздействуют на юкстагломерулярные клетки, из которых выделяется ренин; под влиянием ренина образуются ангиотензин I и II и секретируется альдостерон корой надпочечников. В результате этого повышается артериальное давление и внутрикапиллярное давление в капиллярах клубочков, усиливается фильтрация компонентов плазмы крови (образование первичной мочи) и реабсорбция натрия (под влиянием альдостерона). Это приводит к уменьшению содержания натрия в первичной моче, прекращению возбуждения плотного пятна, прекращению воздействия плотного пятна на юкстагломерулярные клетки и снижению секреции ренина.

*Юкставаскулярные клетки* располагаются в треугольнике между приносящей и выносящей артериолами и капиллярным клубочком. Эти клетки называются клетками Гурмагтига. Отростки клеток Гурмагтига проходят между петлями капиллярного клубочка и контактируют с мезангиальными клетками. Клетки Гурмагтига и мезангиальные клетки способны вырабатывать ренин в том случае, если истощаются юкстагломерулярные клетки.

***Простагландиновый аппарат*** представлен интерстициальными клетками мозгового вещества почек, светлыми клетками собирательных трубочек, способными вырабатывать простагландины.

*Интерстициальные клетки* имеют веретеновидную форму и отростки. Одни их отростки контактируют с перитубулярными капиллярами, другие – с прямыми канальцами. В этих клетках имеется синтетический аппарат и гранулы простагландина, который снижает артериальное давление и реабсорбцию натрия из канальцев почек. Поэтому в моче увеличивается количество натрия.

***Калликреин-кининовый аппарат*** представлен нефроцитами дистальных канальцев. Из плазмы крови в цитоплазму нефроцитов поступают предшественники кининогенов. При воздействии калликреина, содержащегося в нефроцитах, на кининогены в их цитоплазме образуется кинин, который активирует секрецию простагландинов из клеток простагландинового аппарата. В результате этого снижается артериальное давление и реабсорбция натрия и воды из почечных канальцев, что приводит к повышению содержания натрия в окончательной моче и увеличению диуреза.

**Иннервация.** Почки иннервируются эфферентными (симпатическими и парасимпатическими) волокнами и афферентными (чувствительными) нервными волокнами. Эфферентные нервные волокна заканчиваются на кровеносных сосудах почки и на почечных канальцах.

*Функции* почек: 1) мочеобразовательная; 2) сохранение водно-солевого равновесия; 3) сохранение кислотно-щелочного равновесия; 4) выведение шлаков из организма; 5) обеспечение гомеостаза организма; 6) эндокринная функция, в результате которой осуществляется саморегуляция мочеобразования; кроме того, в юкстагломерулярном аппарате почек вырабатывается эритропоэтин, стимулирующий эритропоэз.

МОЧЕВЫВОДЯЩИЕ ПУТИ

Представлены чашечками, лоханками, мочеточниками, мочевым пузырем и мочеиспускательным каналом. Стенка мочевыводящих путей имеет общий план строения.

**Стенка чашечек и лоханок** включает 4 оболочки: слизистую, подслизистую, мышечную и адвентициальную. Слизистая оболочка представлена переходным эпителием и собственной пластинкой. Подслизистая основа состоит из рыхлой соединительной ткани. Мышечная оболочка состоит из пучков миоцитов, расположенных спирально. Адвентициальная оболочка сформирована из рыхлой соединительной ткани.

**Стенка мочеточников** состоит из 4 оболочек: слизистой, подслизистой, мышечной и адвентициальной. Слизистая оболочка, образующая 10-12 продольных складок, представлена 2 слоями: переходным эпителием и собственной пластинкой. Рыхлая соединительная ткань слизистой оболочки без резкой границы переходит в соединительную ткань подслизистой основы. В подслизистой основе имеются концевые отделы слизистых желез, выводные протоки которых открываются на поверхности слизистой оболочки. Мышечная оболочка в верхней части представлена 2 слоями: внутренним продольным и наружным циркулярным; в нижней половине – тремя слоями: внутренним и наружным продольными и средним циркулярным. Адвентициальная оболочка состоит из рыхлой соединительной ткани. По ходу мочеточника имеется 3 (иногда 4) секции: верхняя, средняя и нижняя. Между секциями находятся сфинктеры. Эти сфинктеры образованы циркулярно расположенными кавернозными кровеносными сосудами. При наполнении сосудов кровью сфинктеры закрываются, при выходе крови из сосудов – открываются. При открытии сфинктера моча из верхнего отсека переходит в нижний и далее – в мочевой пузырь.

**Стенка мочевого пузыря** также состоит из 4-х оболочек: слизистой, подслизистой основы, мышечной и серозной или адвентициальной.

***Слизистая оболочка*** в пустом мочевом пузыре образует складки. Она состоит из 2-х слоев: переходного эпителия и собственной пластинки. В треугольнике между местом впадения мочеточников и выходом мочеиспускательного канала слизистая оболочка складок не образует, здесь в собственной пластинке имеются мелкие слизистые железы. В этом треугольнике отсутствует подслизистая основа.

***Подслизистая основа*** представлена рыхлой соединительной тканью.

***Мышечная оболочка*** состоит из 3-х слоев: внутреннего и наружного продольных и среднего циркулярного. Из циркулярного слоя образуется сфинктер мочевого пузыря.

***Серозная оболочка*** покрывает крышу, задне-верхнюю и вехне-боковые поверхности; вся остальная часть мочевого пузыря покрыта *адвентициальной* оболочкой, представленной рыхлой соединительной тканью.