

ЛЕКЦИЯ 30. ВЫДЕЛЕНИЕ. ФУНКЦИИ ПОЧЕК.

30. 1. ЗНАЧЕНИЕ ВЫДЕЛЕНИЯ ДЛЯ ОРГАНИЗМА, РОЛЬ РАЗЛИЧНЫХ ОРГАНОВ В ВЫПОЛНЕНИИ ВЫДЕЛИТЕЛЬНОЙ ФУНКЦИИ. СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧКИ: ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ЕДИНИЦА ПОЧКИ, ОСОБЕННОСТИ ЕЕ КРОВΟΣНАБЖЕНИЯ, ФУНКЦИИ ПОЧЕК.

Выделением называется процесс выведения из организма ненужных для метаболизма, роста или функции клеток и органов веществ. Круг этих веществ достаточно широк. Это могут быть конечные или промежуточные продукты обмена, чужеродные вещества, различные продукты, которые эскретируются клетками в процессе их деятельности, а также вода и неорганические соли. Органами выделения являются легкие, почки, кожа и потовые железы, желудочно-кишечный тракт.

Выделительная функция кожи. Выделительная функция кожи обеспечивается деятельностью потовых желез и, в меньшей степени, сальных желез. С потом из организма выводятся вода и соли, некоторые органические вещества, в частности мочевины, а при напряженной мышечной работе — молочная кислота. Продукты выделения сальных и молочных желез — кожное сало и молоко — имеют самостоятельное физиологическое значение — молоко как продукт питания для новорожденных, а кожное сало — для смазывания кожи. С потом из организма выносятся до одной трети эскретируемой воды, 5–10% всей мочевины; кроме того, в нем содержится мочевая кислота, креатин, хлориды, калий, натрий и кальций.

Выделительная функция печени и желудочно-кишечного тракта.

Слюнные и желудочные железы выделяют тяжелые металлы, ряд лекарственных препаратов (морфий, хинин, салицилаты) и чужеродных органических соединений.

Экскреторную функцию выполняет печень, удаляя из крови ряд продуктов азотистого обмена. Выделительная функция печени обеспечивается секрецией желчи. Объем желчи, секретиромой печенью, достигает 2,0 л/сут, большая часть объема желчи реабсорбируется в желчном пузыре и кишечнике. С желчью из организма удаляются конечные продукты обмена гемоглобина и других порфиринов в виде желчных пигментов, конечные продукты обмена холестерина – в форме желчных кислот. Обратному всасыванию в кишечнике подвергается только часть этих веществ, остальные удаляются из организма вместе с фекальными массами. В составе желчи удаляются из организма тироксин, мочевины, кальций, фосфор, а также ксенобиотики – лекарственные препараты, ядохимикаты.

В составе желудочного сока удаляются мочевины, лекарственные препараты, токсические вещества, такие как ртуть и другие. Поджелудочная железа и кишечные железы экскретируют тяжелые металлы, лекарственные вещества.

Выделительная функция кишечника складывается из трех процессов:

- выделении продуктов распада пищевых веществ, не всосавшихся в кровь, представляющих для организма излишние или вредные вещества;
- экскреции веществ, поступивших в просвет кишечника с пищеварительными соками и желчью, часть этих веществ расщепляются в кишечнике и с калом выделяются их метаболиты;
- стенка кишечника способна захватывать из крови ряд веществ, среди них особое значение имеет экскреция белков плазмы.

Выделительная функция легких.

За счет газообмена легкие обеспечивают удаление из организма летучих метаболитов и веществ экзогенного происхождения – углекислого газа, аммиака, ацетона этанола и других. Легкие выводят из организма CO₂, воду, некоторые летучие вещества, например пары эфира и хлороформа при наркозе, пары алкоголя при опьянении. За счет мерцательного эпителия удаляются продукты обмена самой ткани легких и эпителия воздухоносных путей, среди них продукты деградации сурфактанта.

Через слизистую оболочку дыхательных путей из организма выводится значительное количество воды – около 400 мл в покое, до 1000 мл и более при усиленном дыхании.

Почки и их функции.

Почки выполняют ряд гомеостатических функций в организме человека и высших животных. К функциям почек относятся следующие:

- 1) участие в регуляции объема крови и внеклеточной жидкости (волюморегуляция);
- 2) регуляция концентрации осмотически активных веществ в крови и других жидкостях тела (осморегуляция);
- 3) регуляция ионного состава сыворотки крови и ионного баланса организма (ионная регуляция);
- 4) участие в регуляции кислотно-основного состояния (стабилизация pH крови);
- 5) участие в регуляции артериального давления, эритропоэза, свертывания крови, модуляции действия гормонов благодаря образованию и выделению в кровь биологически активных веществ (инкреторная функция);
- 6) участие в обмене белков, липидов и углеводов (метаболическая функция);
- 7) выделение из организма конечных продуктов азотистого обмена и чужеродных веществ, избытка органических веществ (глюкоза, аминокислоты и др.), поступивших с пищей или образовавшихся в процессе метаболизма (экскреторная функция).

Таким образом, роль почки в организме не ограничивается только выделением конечных продуктов обмена и избытка неорганических и органических веществ. Почка является гомеостатическим органом, участвующим в поддержании постоянства основных физико-химических констант жидкостей внутренней среды, в циркуляторном гомеостазе, стабилизации показателей обмена различных органических веществ.

Почки очищают плазму крови от некоторых веществ, концентрируя их в моче. Таковыми веществами, подлежащими удалению из организма, являются мочевины, мочевая кислота, креатинин и некоторые другие. Кроме веществ естественного происхождения почки способны выводить ксенобиотики, т.е. чужеродные вещества, включая лекарственные препараты.

В состав мочи входят вещества, необходимые организму для жизнедеятельности – K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , NO_4^- и H_2O . Объем экскреции этих веществ регулируется гормонально. Таким образом, почки непосредственно принимают участие в регуляции ионного гомеостаза, рН внутренней среды и осмотического давления. Следовательно, главная задача почек состоит в избирательном удалении различных веществ с целью поддержания относительного постоянства химического состава плазмы крови и межклеточной жидкости.

Кроме того, почки обладают гормонообразующей способностью. В них образуются два гормона – ренин, косвенно участвующий в поддержании артериального давления и объема циркулирующей крови, и эритропоэтин. Эти вещества синтезируются юктагломерулярным аппаратом.

Строение нефрона.

Паренхиматозное вещество почки делится на два основных отдела – корковое вещество (наружный) и мозговое вещество (внутренний). Структурно-функциональной единицей почек является нефрон. В каждой почке у человека содержится около 1 млн нефронов, в которых происходит образование мочи. Каждый нефрон начинается почечным, или мальпигиевым, тельцем — двустенной капсулой клубочка (капсула Шумлянскогo—Боумена), внутри которой находится клубочек капилляров. Следующий отдел нефрона — тонкая нисходящая часть петли нефрона (петли Генле). Нисходящая часть петли может опускаться глубоко в мозговое вещество, где каналец изгибается на 180° , и поворачивает в сторону коркового вещества почки, образуя восходящую часть петли нефрона. Конечный отдел нефрона — короткий связующий каналец, впадает в собирательную трубку. Начинаясь в корковом веществе почки, собирательные трубки проходят через мозговое вещество и открываются в полость почечной лоханки.

Диаметр капсулы клубочка около 0,2 мм, общая длина канальцев одного нефрона достигает 35—50 мм.

Кровоснабжение почки

. В обычных условиях через обе почки, масса которых составляет лишь около 0,43% от массы тела здорового человека, проходит от $1/5$ до $1/44$ крови, поступающей из сердца в аорту. Кровоток по корковому веществу почки достигает 4—5 мл/мин на 1 г ткани; это наиболее высокий уровень органного кровотока. Особенность почечного кровотока состоит в том, что в условиях изменения системного артериального давления в широких пределах (от 90 до 190 мм рт. ст.) он остается постоянным. Это обусловлено специальной системой саморегуляции кровообращения в почке.

Короткие почечные артерии отходят от брюшного отдела аорты, разветвляются в почке на все более мелкие сосуды, и одна приносящая (афферентная) артериола входит в клубочек. Здесь она распадается на капиллярные петли, которые, сливаясь, образуют выносящую (эфферентную) артериолу, по которой кровь оттекает от клубочка. Диаметр эфферентной артериолы уже, чем афферентной. Вскоре после отхождения от клубочка эфферентная артериола вновь распадается на капилляры, образуя густую сеть вокруг проксимальных и дистальных извитых канальцев.

Таким образом, большая часть крови в почке дважды проходит через капилляры — вначале в клубочке, затем у канальцев. Отличие кровоснабжения юкстамедуллярного нефрона заключается в том, что эфферентная артериола не распадается на околоканальцевую капиллярную сеть, а образует прямые сосуды, спускающиеся в мозговое вещество почки. Эти сосуды обеспечивают кровоснабжение мозгового вещества почки; кровь из околоканальцевых капилляров и прямых сосудов оттекает в венозную систему и по почечной вене поступает в нижнюю полую вену.

Методы изучения функции почек.

Для исследования деятельности почек у человека и животных применяют различные методы, с помощью которых определяют объем и состав выделяющейся мочи, оцениваются характер работы клеток почечных канальцев, изменения в составе крови, оттекающей от почки.

Современные представления о функции почки во многом основаны на данных применения методов микропункции и микроперфузии отдельных почечных канальцев. В настоящее время с помощью методов микропункции, микроперфузии, микроэлектродной техники исследуют роль каждого из отделов нефрона в мочеобразовании. Применение микроэлектродов и ультрамикрoанализа жидкости, извлеченной микропипеткой, позволяет изучать механизм транспорта веществ через мембраны клеток канальцев.

При исследовании функции почек человека и животных используют метод «очищения» (клиренса): сопоставление концентрации определенных веществ в крови и моче позволяет рассчитать величины основных процессов, лежащих в основе мочеобразования. Этот метод получил широкое применение в клинике. Для изучения роли почки в синтезе новых соединений сопоставляют состав крови почечной артерии и вены.

Двусторонняя нефректомия или острая почечная недостаточность в течение 1-2-х недель приводит к смертельной уремии (ацидоз, повышение концентрации ионов Na, K, P, аммиака и др.). Компенсировать уремию можно пересадкой почки или экстракорпоральным диализом (подключением искусственной почки).

30-2. Мочеобразование. Механизмы клубочковой фильтрации, реабсорбции и секреции.

Механизм образования мочи включает в себя три процесса: 1) клубочковая фильтрация; 2) канальцевая секреция; 3) канальцевая реабсорбция. В процессах образования мочи участвуют все факторы физического переноса - диффузия и осмос по градиентам концентрации, а также активные специфические транспортные системы, работающие против этого градиента.

Содержание вещества в конечной моче равно количеству его, поступившему в фильтрат, плюс секреция, минус реабсорбция. Одни вещества только фильтруются (инулин), другие фильтруются и секретируются клетками канальцев (гиппуровая кислота, аммиак), третьи после фильтрации или (и) секреции подвергаются полной или частичной реабсорбции (глюкоза, некоторые соли и белки), четвертые попадают в мочу только в составе секретов канальцевого эпителия (антибиотики).

Клубочковая фильтрация

. Фильтрация - это физический процесс. Главным фактором, который обуславливает фильтрацию, является разность гидростатического давления по обе стороны фильтра (фильтрационное давление). В почках оно равно:

$P_{\text{фильтрационное}} = P_{\text{в клубочке}} - (P_{\text{онкотическое}} + P_{\text{тканевое}})$

30 мм

70 мм

20 мм

20 мм

Кроме фильтрационного давления, имеют значение величина молекулы (молекулярный вес), растворимость в жирах, электрический заряд. В состав клубочкового фильтра входит 20-40 капиллярных петель, окруженных внутренним листком боуменовой капсулы. Эндотелий капилляра имеет фенестры (дырки). Подоциты боуменовой капсулы имеют широкие щели между отростками. Таким образом, проницаемость определяется структурой основной мембраны. Промежутки между коллагеновыми нитями этой мембраны равны 3-7,5 нм.

Величина пор в фильтрующей поверхности капилляра и капсулы Боумена позволяет свободно проходить через почечный фильтр веществам с молекулярной массой не более 70 000. Более крупные молекулы проникают с трудом. По данным некоторых ученых, альбумины с молекулярной массой около 69 000 практически все фильтруются в почках и обратно всасываются в канальцах. По-видимому, 80 000 - абсолютный предел проницаемости через поры капсулы и клубочка нормальной почки. Содержание веществ с молекулярной массой не более 55000 в фильтрате такое же, как и в плазме крови. По мере возрастания молекулярной массы прохождение веществ через поры мембран затрудняется, т. е. происходит молекулярное просеивание. Например, фильтруемость гемоглобина, имеющего молекулярную массу 64500, составляет не более 3%. Таким образом, фильтрат почти не содержит макромолекул.

У мужчин скорость клубочковой фильтрации достигает 125 мл/мин, у женщин – 110 мл/мин. За сутки образуется около 180 л фильтрата. Поскольку объем плазмы равен примерно 3л, видно, то его фильтрация осуществляется всего за 25 минут, а за сутки плазма очищается почками 60 раз. Соответственно межклеточная жидкость подвергается очистке за сутки 12 раз.

Скорость клубочковой фильтрации (СКФ) поддерживается практически на постоянном уровне за счет миогенных реакций гладкой мускулатуры приносящих и выносящих сосудов, что обеспечивает постоянство эффективного фильтрационного давления. Ночью СКФ на 25% ниже. СКФ определяют по клиренсу инулина.

В образовании мочи участвуют все отделы нефрона. По мере прохождения крови через клубочки из них путем фильтрации образуется первичная моча. Фильтрат проходит через канальцы в собирательные трубочки. При этом его состав существенно изменяется в результате трансканальцевого транспорта воды и растворенных веществ. Этот транспорт происходит в двух направлениях. Если он направлен в каналец, то его называют канальцевой секрецией, если он направлен из канальца – канальцевой реабсорбцией.

В экскреции некоторых веществ, таких как K^+ , мочевая кислота и мочевины, участвуют все три механизма, только фильтрация и секреция – парааминогиппуровая кислота, только фильтрация и реабсорбция – глюкоза, только фильтрация – инулин.

Понятие о почечном клиренсе. Для того, чтобы объяснить различия в скорости выведения почками веществ, необходимо количественно оценить интенсивность их фильтрации в клубочках и переноса в канальцах. Такая оценка стала возможна после введения понятия клиренс. Почечный клиренс отражает скорость очищения плазмы от данного вещества.

Почечный клиренс какого-либо вещества V (C_v) равен отношению скорости выделения этого вещества с мочой к его концентрации в плазме крови.

$$C_v = M_v V / P_v \text{ мл в минуту,}$$

где M_v - содержание V в моче, P_v - содержание в плазме, а V - объем мочи за минуту.

Из этой формулы следует, что $C_v \times P_v = M_v \times V$, т.е. количество вещества, удаляемого из плазмы за единицу времени, равно количеству вещества, выделяемого за это время с мочой. Клиренс какого-либо вещества количественно равен объему плазмы, полностью очищаемого от этого вещества почками за 1 минуту.

Однако, известны только два вещества, от которых определенный объем плазмы действительно очищается полностью. Эти два вещества и служат основой для общей оценки функции почки.

1. Клиренс инулина соответствует скорости клубочковой фильтрации, т.е. той части почечного плазматока, который фильтруется в клубочках.
2. Клиренс парааминогиппуровой кислоты (ПАГ) практически равен величине общего почечного плазматока, т.к. она выделяется как с фильтрацией, так и с секрецией полностью.

Для оценки функции почек не обязательно определять клиренс всех выводимых почками веществ. Достаточно оценить скорость клубочковой фильтрации (по инулину) и почечный плазматок (по ПАГ). Если оба эти показателя отчетливо снижены, то снижены и показатели очищения крови от других веществ. Обычно при этом повышена концентрация их в крови. Так, повышение содержания в крови небелкового азота свидетельствует о почечной недостаточности, если клиренс инулина снижен.

У взрослого человека весом 70 кг скорость кровотока в обеих почках равна 1300 мл/мин, что составляет 25% МОК. Такая высокая интенсивность кровотока необходима для обеспечения достаточного объема клубочковой фильтрации. У человека почечный кровоток (ПКТ) определяется методом измерения клиренса ПАГ, который равен почечному плазматому (ППТ).

$$\text{ПКТ} = \text{ППТ} / (1 - \Gamma_{\text{п}}),$$

где $\Gamma_{\text{п}}$ - гематокритный показатель.

Особенностью почечного кровотока является его ауторегуляция. Она проявляется в том, что изменение величины среднего артериального давления от 80 до 180 мм рт. ст. не отражается на скорости почечного кровотока. Важнейшее значение этого явления состоит в поддержании постоянства скорости клубочковой фильтрации.

Содержание вещества в конечной моче равно его количеству, профильтровавшемуся в клубочках и поступившему в фильтрат при канальцевой секреции, за вычетом реабсорбированного.

Канальцевая секреция и реабсорбция.

В обычных условиях в почке человека за сутки образуется до 180 л фильтрата, а выделяется 1,0—1,5 л мочи, остальная жидкость всасывается в канальцах. Роль клеток различных сегментов нефрона в реабсорбции неодинакова. В проксимальном сегменте нефрона практически полностью реабсорбируются аминокислоты, глюкоза, витамины, белки, микроэлементы, значительное количество ионов Na^+ , Cl^- , HCO_3^- .

В последующих отделах нефрона всасываются преимущественно электролиты и вода. Секреция и реабсорбция могут быть пассивными и активными, т.е. без расхода энергии или происходить с затратой свободной энергии, вырабатываемой в реакциях метаболизма. Активная реабсорбция и секреция происходят главным образом в проксимальной части канальца. В более дистальных отделах нефрона осуществляется тонкая регуляция содержания сильных электролитов, воды и H^+ .

Реабсорбция воды и электролитов.

При нормальном потреблении воды с мочой выделяется 1% или менее фильтрата, образующегося в единицу времени. Следовательно, профильтрованная вода на 99% или более реабсорбируется в канальцах. Чрезмерное потребление воды сопровождается усилением мочеотделения в виде водного диуреза, при котором мочеотделение достигает 15% от скорости фильтрации. В этом случае выделяются большие объемы мочи гипотонической по отношению к крови. У человека 80% воды реабсорбируется в проксимальной части канальца.

Ионы K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , HPO_4^- , Cl^- , Mg^{2+} , HCO_3^- , реабсорбируются, главным образом, как и вода, в проксимальной части нефрона. Реабсорбция натрия и хлора представляет собой наиболее значительный по объему и энергетическим тратам процесс. В проксимальном канальце в результате реабсорбции большинства профильтрованных веществ и воды объем первичной мочи уменьшается, и в начальный отдел петли нефрона поступает около 30% профильтрованной в клубочках жидкости. Из всего количества натрия, поступившего в нефрон при фильтрации, в петле нефрона всасывается до 25%, в дистальном извитом канальце — около 9%, и менее 1% реабсорбируется в собирательных трубочках или экскретируется с мочой.

Факультативная реабсорбция воды зависит от осмотической проницаемости канальцевой стенки, величины осмотического градиента и скорости движения жидкости по канальцу.

Для характеристики всасывания различных веществ в почечных канальцах существенное значение имеет представление о пороге выведения.

Непороговые вещества выделяются при любой их концентрации в плазме крови (и соответственно в ультрафильтрате). Такими веществами являются инулин, маннитол.

Порог выведения практически всех физиологически важных, ценных для организма веществ различен. Так, выделение глюкозы с мочой (глюкозурия) наступает тогда, когда ее концентрация в клубочковом фильтрате (и в плазме крови) превышает 10 ммоль/л. Глюкоза беспрепятственно проходит через клубочковый фильтр, но во вторичной моче она отсутствует или присутствует в ничтожном количестве. Иначе говоря, глюкоза полностью возвращается в кровь с помощью реабсорбции. При этом пороговый уровень реабсорбции составляет примерно 1,8 г/л (10 ммоль/л). Реабсорбция аминокислот и глюкозы происходит в проксимальной части канальца. Она сопряжена с транспортом Na^+ . В моче присутствуют только следы аминокислот, а реабсорбция носит активный характер. Мочевина реабсорбируется пассивно, т.е. только в силу разности концентраций.

Механизмы канальцевой реабсорбции.

Обратное всасывание различных веществ в канальцах обеспечивается активным и пассивным транспортом. Если вещество реабсорбируется против электрохимического и концентрационного градиентов, процесс называется активным транспортом. Различают два вида активного транспорта — первично-активный и вторично-активный. Первично-активным транспорт называется в том случае, когда происходит перенос вещества против электрохимического градиента за счет энергии клеточного метаболизма. Примером служит транспорт ионов Na^+ , который происходит при участии фермента Na^+ , K^+ -АТФазы, использующей энергию АТФ. Вторично-активным называется перенос вещества против концентрационного градиента, но без затраты энергии клетки непосредственно на этот процесс; так реабсорбируются глюкоза, аминокислоты. Из просвета канальца эти органические вещества поступают в клетки проксимального канальца с помощью специального переносчика, который обязательно должен присоединить ион Na^+ . Этот комплекс (переносчик + органическое вещество + Na^+) способствует перемещению вещества через мембрану щеточной каемки и его поступлению внутрь клетки. Движущей силой переноса этих веществ через апикальную плазматическую мембрану служит меньшая по сравнению с просветом канальца концентрация натрия в цитоплазме клетки. Градиент концентрации натрия обусловлен непрерывным активным выведением натрия из клетки во внеклеточную жидкость с помощью Na^+ , K^+ -АТФазы, локализованной в латеральных и базальной мембранах клетки.

Реабсорбция воды, хлора и некоторых других ионов, мочевины осуществляется с помощью пассивного транспорта — по электрохимическому, концентрационному или осмотическому градиенту. Примером пассивного транспорта является реабсорбция в дистальном извитом канальце хлора по электрохимическому градиенту, создаваемому активным транспортом натрия. По осмотическому градиенту транспортируется вода, причем скорость ее всасывания зависит от осмотической проницаемости стенки канальца и разности концентрации осмотически активных веществ по обеим сторонам его стенки. В содержимом проксимального канальца вследствие всасывания воды и растворенных в ней веществ растет концентрация мочевины, небольшое количество которой по концентрационному градиенту реабсорбируется в кровь.

Аминокислоты почти полностью реабсорбируются клетками проксимального канальца. Имеется не менее 4 систем транспорта аминокислот из просвета канальца в кровь, осуществляющих реабсорбцию нейтральных, двуосновных, дикарбоксильных аминокислот и иминокислот. Небольшое количество профильтровавшегося в клубочках белка реабсорбируется клетками проксимальных канальцев. Выделение белков с мочой в норме составляет не более 20—75 мг в сутки, а при заболеваниях почек оно может возрастать до 50 г в сутки. Увеличение выделения белков с мочой (протеинурия) может быть обусловлено нарушением их реабсорбции либо увеличением фильтрации.

В отличие от реабсорбции электролитов, глюкозы и аминокислот, которые, проникнув через апикальную мембрану, в неизменном виде достигают базальной плазматической мембраны и транспортируются в кровь, реабсорбция белка обеспечивается принципиально иным механизмом. Белок попадает в клетку с помощью пиноцитоза. Молекулы профильтровавшегося белка адсорбируются на поверхности апикальной мембраны клетки, при этом мембрана участвует в образовании пиноцитозной вакуоли. Эта вакуоль движется в сторону базальной части клетки. В околоядерной области, где локализован пластинчатый комплекс (аппарат Гольджи), вакуоли могут сливаться с лизосомами, обладающими высокой активностью ряда ферментов. В лизосомах захваченные белки расщепляются и образовавшиеся аминокислоты, дипептиды удаляются в кровь через базальную плазматическую мембрану. Следует, однако, подчеркнуть, что не все белки подвергаются гидролизу в процессе транспорта и часть их переносится в кровь в неизменном виде.

Канальцевая секреция.

В выделении продуктов обмена и чужеродных веществ имеет значение их секреция из крови в просвет канальца против концентрационного и электрохимического градиентов. Секреция органических кислот (феноловый красный, ПАГ, диодраст, пенициллин) и органических оснований (холин) происходит в проксимальном сегменте нефрона и обусловлена функционированием специальных систем транспорта. Калий секретруется в конечных частях дистального сегмента и собирательных трубках.

Транспорт в нефроне K^+ характеризуется тем, что K^+ не только подвергается обратному всасыванию, но и секретруется клетками эпителия конечных отделов нефрона и собирательных трубок. При секреции K^+ поступает в клетку в обмен на Na^+ через эту же мембрану с помощью натрий-калиевого насоса, который удаляет Na^+ из клетки; тем самым поддерживается высокая внутриклеточная концентрация K^+ . При избытке K^+ в организме система регуляции стимулирует его секрецию клетками канальцев. Возрастает проницаемость для K^+ мембраны клетки, обращенной в просвет канальца, появляются «каналы», по которым K^+ по градиенту концентрации может выходить из клетки.

ЛЕКЦИЯ 31. ГОМЕОСТАТИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ ПОЧЕК.

31-1. Концентрация мочи в почках. Поворотно-противоточная система почки. Значение дистальных извитых канальцев и собирательных трубок нефрона в формировании конечной мочи. гормональный механизм регуляции этих процессов.

Способностью к образованию мочи с большей осмотической концентрацией, чем кровь, обладают лишь почки теплокровных животных. Образование осмотически концентрированной мочи обусловлено деятельностью поворотной-противоточной множительной системы в почке, которая представлена параллельно идущими коленами петли Генле и собирательными трубочками.

Моча двигается в этих канальцах в противоположных направлениях, а процессы транспорта веществ в одном колене системы усиливаются – «умножаются» – за счет деятельности другого колена. Важнейшую роль в противоточном механизме играет активный перенос Na^+ и Cl^- из просвета восходящего колена петли Генле в межклеточную жидкость. Принципиально, что восходящее колено по всей его длине непроницаемо для воды. Вследствие выхода NaCl жидкость в просвете восходящего колена становится гипотоничной, а межклеточная жидкость – гипертоничной.

Принцип противоточного обмена достаточно широко распространен в природе и используется в технике. Механизм работы такой системы рассмотрим на примере кровеносных сосудов в конечностях арктических животных. Во избежание больших потерь тепла кровь в параллельно расположенных артериях и венах конечностей течет таким образом, что теплая артериальная кровь согревает охлажденную венозную кровь, движущуюся к сердцу (рис. 54, А).

Функциональное значение различных отделов петли нефрона неоднозначно. Поступающая из проксимального канальца, в тонкий нисходящий отдел петли нефрона жидкость попадает в зону почки, в интерстициальной ткани которой концентрация осмотически активных веществ выше, чем в корковом веществе почки. Это повышение осмоляльной концентрации в наружной зоне мозгового вещества обусловлено деятельностью толстого восходящего отдела петли нефрона. Его стенка непроницаема для воды, а клетки транспортируют Cl^- , Na^+ в интерстициальную ткань. Стенка нисходящего отдела петли проницаема для воды. Вода всасывается из просвета канальца в окружающую интерстициальную ткань по осмотическому градиенту, а осмотически активные вещества остаются в просвете канальца. Концентрация осмотически активных веществ в жидкости, поступающей из восходящего отдела петли в начальные отделы дистантного извитого канальца, составляет уже около 200 мосмоль/кг H_2O , т. е. она ниже, чем в ультрафильтрате. Поступление Cl^- и Na^+ в интерстициальную ткань мозгового вещества увеличивает концентрацию осмотически активных веществ (осмоляльную концентрацию) межклеточной жидкости в этой зоне почки. На такую же величину растет и осмоляльная концентрация жидкости, находящейся в просвете нисходящего отдела петли. Это обусловлено тем, что через водопроницаемую стенку нисходящего отдела петли нефрона в интерстициальную ткань по осмотическому градиенту переходит вода, в то же время осмотически активные вещества остаются в просвете этого канальца.

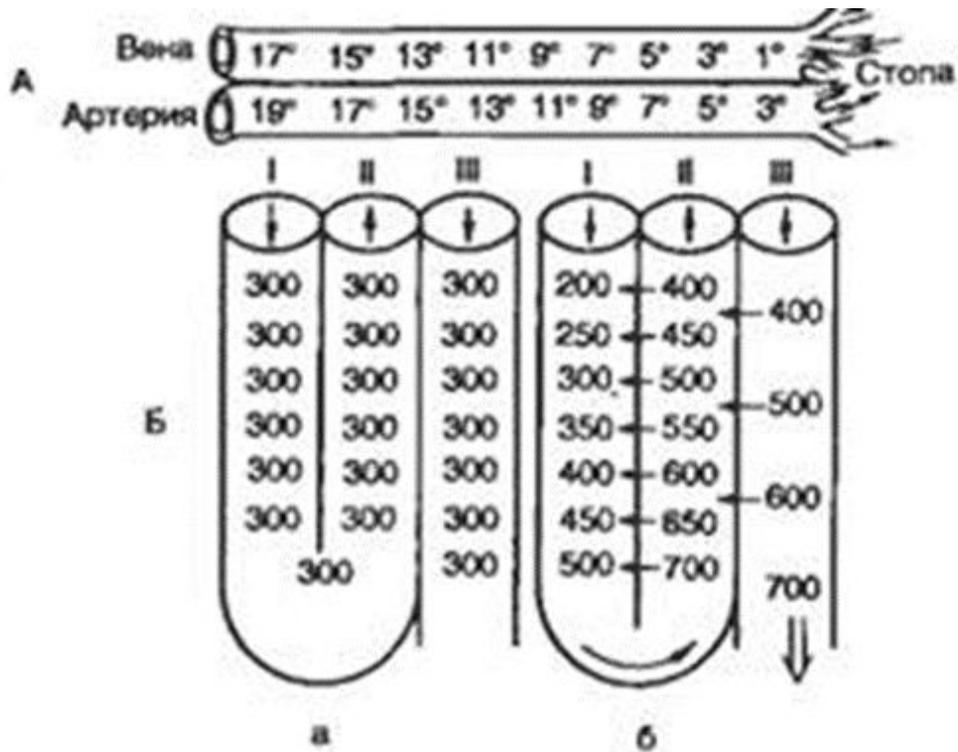


Рис. 54 Функционирование поворотно-противоточной системы (схема). А — теплообменник в сосудистой системе конечностей арктических животных; Б — модель поворотно-противоточной множительной системы в исходном состоянии (а) и в период эффективного концентрирования мочи (б).

Чем дальше от коркового вещества по длиннику почечного сосочка находится жидкость в нисходящем колене петли, тем выше ее осмоляльная концентрация. Таким образом, в каждом соседних участках нисходящего отдела петли имеется лишь небольшое нарастание осмотического давления, но вдоль мозгового вещества почки осмоляльная концентрация жидкости в просвете канальца и в интерстициальной ткани постепенно растет от 300 до 1450 мосмоль/кгH₂O.

На вершине мозгового вещества почки осмоляльная концентрация жидкости в петле нефрона возрастает в несколько раз, а ее объем уменьшается. При дальнейшем движении жидкости по восходящему отделу петли нефрона, особенно в толстом восходящем отделе петли, продолжается реабсорбция Cl⁻ и Na⁺, вода же остается в просвете канальца. В начальные отделы дистального извитого канальца всегда — и при водном диурезе, и при антидиурезе — поступает гипотоническая жидкость, концентрация осмотически активных веществ в которой менее 200 мосмоль/кг H₂O.

При уменьшении мочеотделения вызванном секрецией антидиуретического гормона (АДГ) нейрогипофизом при дефиците воды в организме, увеличивается проницаемость стенки конечных частей дистального сегмента и собирательных трубок для воды. Из гипотонической жидкости, находящейся в связующем канальце и собирательной трубке коркового вещества почки, вода реабсорбируется по осмотическому градиенту, осмоляльная концентрация жидкости в этом отделе увеличивается до 300 мосмоль/кг H₂O, т. е. становится изоосмотичной крови в системном кровотоке и межклеточной жидкости коркового вещества почки. Концентрирование мочи продолжается в собирательных трубках; они проходят параллельно канальцам петли нефрона через мозговое вещество почки.

При антидиурезе АДГ увеличивает проницаемость собирательных трубок мозгового вещества почки не только для воды, но и для мочевины, поэтому очищение от мочевины уменьшается при снижении мочеотделения.

Прямые сосуды мозгового вещества почки, подобно канальцам петли нефрона, образуют противоточную систему. Благодаря такому расположению прямых сосудов обеспечивается эффективное кровоснабжение мозгового вещества почки, но не происходит вымывания из крови осмотически активных веществ, поскольку при прохождении крови по прямым сосудам наблюдаются такие же изменения ее осмотической концентрации, как и в тонком нисходящем отделе петли нефрона. При движении крови по направлению к вершине мозгового вещества концентрация осмотически активных веществ в ней постепенно возрастает, а во время обратного движения крови к корковому веществу соли и другие вещества, диффундирующие через сосудистую стенку, переходят в интерстициальную ткань. Тем самым сохраняется градиент концентрации осмотически активных веществ внутри почки, и прямые сосуды функционируют как противоточная система. Скорость движения крови по прямым сосудам определяет количество удаляемых из мозгового вещества солей и мочевины и отток реабсорбируемой воды.

В случае водного диуреза функции почек отличаются от описанной ранее картины. Проксимальная реабсорбция не изменяется, в дистальный сегмент нефрона поступает такое же количество жидкости, как и при антидиурезе. Осмоляльность мозгового вещества почки при водном диурезе в три раза меньше, чем на максимуме антидиуреза, а осмотическая концентрация жидкости, поступающей в дистальный сегмент нефрона, такая же — приблизительно 200 мосмоль/кг H₂O. При водном диурезе стенка конечных отделов почечных канальцев остается водопроницаемой, а из протекающей мочи клетки продолжают реабсорбировать Na⁺. В итоге выделяется гипотоническая моча, концентрация осмотически активных веществ в которой может снижаться до 50 мосмоль/кг H₂O. Проницаемость канальцев для мочевины низкая, поэтому мочевина экскретируется с мочой, не накапливаясь в мозговом веществе почки.

Таким образом, деятельность петли нефрона, конечных частей дистального сегмента и собирательных трубок обеспечивает способность почек вырабатывать большие объемы разведенной (гипотонической) мочи — до 900 мл/ч, а при дефиците воды экскретировать всего 10—12 мл/ч мочи, в 4,5 раза более осмотически концентрированной, чем кровь. Способность почки осмотически концентрировать мочу исключительно развита у некоторых пустынных грызунов, что позволяет им длительное время обходиться без воды.

Количество, состав и свойства мочи.

С мочой могут выделяться большинство веществ, имеющих в плазме крови, а также некоторые соединения, синтезируемые в почке. Почки служат главным органом экскреции конечных продуктов азотистого обмена. У человека при распаде белков образуется мочевины, составляющая до 90 % азота мочи; ее суточная экскреция достигает 25—35 г. С мочой выделяется 0,4—1,2 г азота аммиака, 0,7 г мочевой кислоты (при потреблении пищи, богатой пуринами, выделение возрастает до 2—3 г). Креатин, образующийся в мышцах из фосфокреатина, переходит в креатинин; его выделяется около 1,5 г в сутки. В небольшом количестве в мочу поступают некоторые производные продуктов гниения белков в кишечнике — индол, скатол, фенол, которые в основном обезвреживаются в печени. Белки в нормальной моче выявляются в очень небольшом количестве (суточная экскреция не превышает 125 мг). Небольшая протеинурия наблюдается у здоровых людей после тяжелой физической нагрузки и исчезает после отдыха.

Глюкоза в моче в обычных условиях не выявляется. При избыточном потреблении сахара, когда концентрация глюкозы в плазме крови превышает 10 ммоль/л, при гипергликемии иного происхождения наблюдается глюкозурия — выделение глюкозы с мочой.

Цвет мочи зависит от величины диуреза и уровня экскреции пигментов. Цвет меняется от светло-желтого до оранжевого. Пигменты образуются из билирубина желчи в кишечнике, где билирубин превращается в уробилин и урохром, которые частично всасываются в кишечнике и затем выделяются почками. С мочой выделяются различные биологически активные вещества и продукты их превращения, по которым в известной степени можно судить о функции некоторых желез внутренней секреции. В моче обнаружены производные гормонов коркового вещества надпочечников, эстрогены, АДГ, витамины (аскорбиновая кислота, тиамин), ферменты (амилаза, липаза, трансаминаза и др.). При патологии в моче обнаруживаются вещества, обычно в ней не выявляемые, — ацетон, желчные кислоты, гемоглобин и др.

31. 2. **Невыделительные функции почек.** Роль почек в поддержании физиологических констант: осмотического давления, рН, объема жидкости в организме, содержания электролитов, артериального давления. Регуляция деятельности почек.

Почки кроме экскреторной функции выполняют и другие функции, являясь неременным исполнительным органом многих гомеостатических функциональных систем.

Гомеостатические функции почек. Для поддержания почками постоянства объема и состава внутренней среды и прежде всего крови существуют специальные системы рефлекторной регуляции, включающие специфические рецепторы, афферентные пути и нервные центры, где происходит переработка информации. Команды к почке поступают по эфферентным нервам или гуморальным путем. В целом перестройка работы почки, ее приспособление к непрерывно изменяющимся условиям определяются преимущественно влиянием на гломерулярный и канальцевый аппарат аргинин-вазопрессина [антидиуретического гормона (АДГ)], альдостерона, паратгормона и ряда других гормонов. Одной из важнейших гомеостатических функциональных систем, в деятельности которой почка играет ведущую роль, является функциональная система поддержания водно-солевого баланса (осмотического давления внутренней среды) - ФСОД).

Почки являются основным органом осморегуляции. Они обеспечивают выделение избытка воды из организма в виде гипотонической мочи при увеличенном содержании воды (гипергидратация) или экономят воду и экскретируют мочу, гипертоническую по отношению к крови, при обезвоживании организма (дегидратация). При нормальной жизнедеятельности осмолярность межклеточной жидкости может отклоняться в обе стороны от изотоничности. Она повышается при недостаточном поступлении воды в организм, поскольку потеря воды с потом и через легкие превышает выведение осмотически активных веществ. Т.е. гипертоничность внутренней среды вызывается недостатком воды.

Реакция организма на недостаток воды совершается следующим образом: усиливается секреция АДГ из нейрогипофиза и возникает чувство жажды. В результате диурез снижается, а возникшее чувство жажды приводит к потреблению воды, что в совокупности восстанавливает осмолярность.

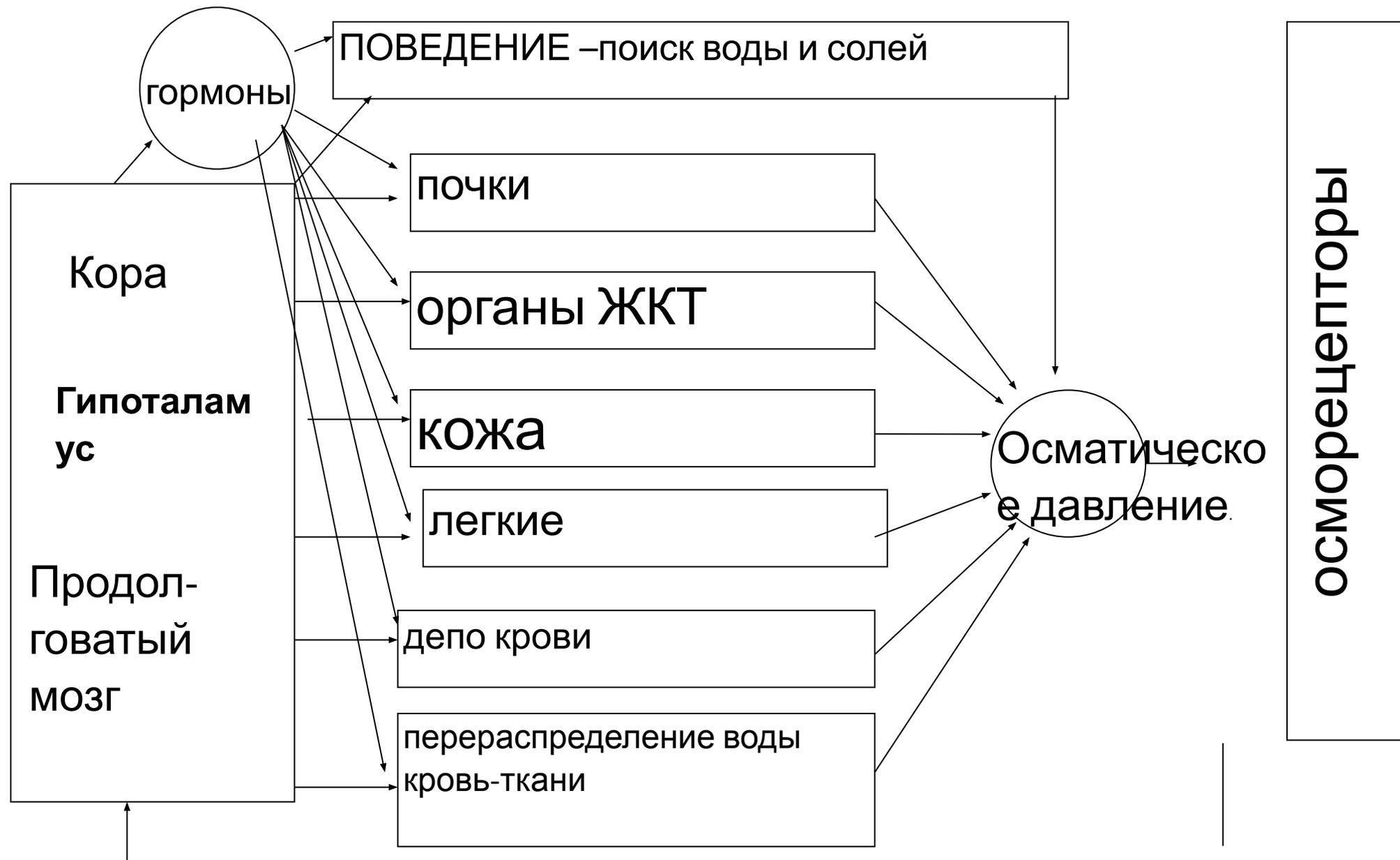


Рис. 55. Структура ФС поддержания осмотического давления

После питья воды или при ее избытке в организме снижается концентрация растворенных осмотически активных веществ в крови и падает ее осмоляльность. Это уменьшает активность центральных осморецепторов, расположенных в области супраоптического ядра гипоталамуса, а также периферических осморецепторов, имеющих в печени, почке и других органах, что приводит к снижению секреции АДГ нейрогипофизом и увеличению выделения воды почкой.

При обезвоживании организма или введении в сосудистое русло гипертонического раствора NaCl увеличивается концентрация осмотически активных веществ в плазме крови, возбуждаются осморецепторы, усиливается секреция АДГ, возрастает всасывание воды в канальцах, уменьшается мочеотделение и выделяется осмотически концентрированная моча. В эксперименте было показано, что, помимо осморецепторов, секрецию АДГ стимулируют натриорецепторы. При введении в область III желудочка мозга гипертонического раствора NaCl наблюдался антидиурез, если же вводить в то же место гипертонический раствор сахарозы, то мочеотделение не уменьшается.

Помимо осмо- и натриорецепторов, уровень секреции АДГ определяет активность волюморецепторов, воспринимающих изменение объема внутрисосудистой и внеклеточной жидкости. Ведущее значение в регуляции секреции АДГ имеют рецепторы, которые реагируют на изменение напряжения сосудистой стенки в области низкого давления. Прежде всего, это рецепторы левого предсердия, импульсы от которых передаются в ЦНС по афферентным волокнам блуждающего нерва. При увеличении кровенаполнения левого предсердия активируются волюморецепторы и угнетается секреция АДГ, что вызывает усиление мочеотделения. Поскольку активация волюморецепторов в отличие от осморецепторов обусловлена увеличением объема жидкости, т. е. возросшим содержанием в организме воды и солей натрия, возбуждение волюморецепторов приводит к увеличению экскреции почкой не только воды, но и натрия. Эти процессы связаны с секрецией натрийуретического гормона, уменьшением секреции ренина, ангиотензина, альдостерона, при этом снижается тонус симпатической нервной системы, в результате уменьшается реабсорбция натрия и возрастают натрийурез и мочеотделение. В конечном счете восстанавливается объем крови и внеклеточной жидкости.

Почки в случае необходимости удерживают воду или выделяют лишнюю, способствуя поддержанию необходимого объема крови.

Роль почек в регуляции ионного состава крови.

Почки являются эффекторным органом системы ионного гомеостаза. В организме существуют системы регуляции баланса каждого из ионов. Для некоторых ионов уже описаны специфические рецепторы, например натриорецепторы. Рефлекторная регуляция транспорта ионов в почечных канальцах осуществляется как периферическими, так и центральными нервными механизмами.

Регуляция реабсорбции и секреции ионов в почечных канальцах осуществляется несколькими гормонами. Реабсорбция натрия возрастает в конечных частях дистального сегмента нефрона и собирательных трубочках под влиянием гормона коркового вещества надпочечника альдостерона. Этот гормон выделяется в кровь при уменьшении концентрации натрия в плазме крови и уменьшении объема циркулирующей крови. В усилении выделения натрия почкой участвует натрийуретический гормон, одним из мест образования которого является предсердие. При увеличении объема циркулирующей крови, повышении объема внеклеточной жидкости в организме усиливается секреция в кровь этого пептидного гормона.

Секрецию калия в дистальном сегменте и собирательных трубочках усиливает альдостерон. Инсулин уменьшает выделение калия. Алкалоз сопровождается усилением выделения калия, а при ацидозе калийурез уменьшается.

При уменьшении концентрации кальция в крови паращитовидные железы выделяют паратгормон, который способствует нормализации уровня кальция в крови, в частности благодаря увеличению его реабсорбции в почечных канальцах и высвобождению из кости. При гиперкальциемии, а также под влиянием гастрина (или подобного ему вещества), вырабатываемого в пищеварительном тракте в процессе всасывания кальция, стимулируется выделение в кровь клетками щитовидной железы кальцитонина, который способствует уменьшению концентрации Ca^{2+} в плазме крови благодаря увеличению экскреции почкой и переходу Ca^{2+} в кость. В регуляции обмена Ca^{2+} участвуют образующиеся в почке активные формы витамина D₃. В почечных канальцах регулируется уровень реабсорбции Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , а также микроэлементов.

Роль почек в регуляции кислотно-основного состояния.

Являясь важным исполнительным органом функциональной системы поддержания рН, почки участвуют в поддержании постоянства концентрации H^+ в крови, экскретируя кислые продукты обмена. Активная реакция мочи у человека и животных может очень резко меняться в зависимости от состояния кислотно-основного состояния организма. Концентрация H^+ при ацидозе и алкалозе различается почти в 1000 раз, при ацидозе рН может снижаться до 4,5, при алкалозе — достигать 8,0. Это способствует участию почек в стабилизации рН плазмы крови на уровне 7,36.

При питании мясом образуется большее количество кислот, и моча становится кислой, а при потреблении растительной пищи рН сдвигается в щелочную сторону. При интенсивной физической работе из мышц в кровь поступает значительное количество молочной и фосфорной кислот и почки увеличивают выделение «кислых» продуктов с мочой.

Кислотовыделительная функция почек во многом зависит от кислотно-основного состояния организма. Так, при гиповентиляции легких происходит задержка CO_2 и снижается рН крови — развивается дыхательный ацидоз, при гипервентиляции уменьшается напряжение CO_2 в крови, растет рН крови — возникает состояние дыхательного алкалоза. Содержание ацетоуксусной и β -оксимасляной кислот может нарастать при нелеченом сахарном диабете. В этом случае резко снижается концентрация гидрокарбоната в крови, развивается состояние метаболического ацидоза. Рвота, сопровождающаяся потерей соляной кислоты, приводит к увеличению в крови концентрации гидрокарбоната, что приводит к метаболическому алкалозу. В конечном счете почки стабилизируют концентрацию гидрокарбоната в плазме крови на уровне 26—28 ммоль/л, а рН — на уровне 7,36.

Участие почек в регуляции системного артериального давления. При снижении кислородного снабжения ткани почек, клетки ЮГА вырабатывают гормон ренин, который через систему ангиотензин-альдостерон влияет на системное кровяное давление и кровоток в почках.

Инкреторная функция почек. В почках вырабатывается несколько биологически активных веществ, позволяющих рассматривать ее как инкреторный орган. Гранулярные клетки юкстагломерулярного аппарата выделяют в кровь ренин при уменьшении артериального давления в почке, снижении содержания натрия в организме. В почке синтезируется активатор плазминогена — урокиназа. В мозговом веществе почки образуются простагландины. Они участвуют, в частности, в регуляции почечного и общего кровотока, увеличивают выделение натрия с мочой, уменьшают чувствительность клеток канальцев к АДГ. Клетки почки извлекают из плазмы крови образующийся в печени прогормон — витамин D₃ и превращают его в физиологически активный гормон — активные формы витамина D₃. Этот стероид стимулирует образование кальцийсвязывающего белка в кишечнике, способствует освобождению кальция из костей, регулирует его реабсорбцию в почечных канальцах. Почка является местом продукции эритропоэтина, стимулирующего эритропоэз в костном мозге. В почке вырабатывается брадикинин, являющийся сильным вазодилататором.

Метаболическая функция почек.

Данная функция обусловлена участием почек в обеспечении постоянства концентрации в крови ряда физиологически значимых органических веществ. Почки участвуют в обмене белков, липидов и углеводов. В почечных клубочках фильтруются низкомолекулярные белки, пептиды. Клетки проксимального отдела нефрона расщепляют их до аминокислот или дипептидов и транспортируют через базальную плазматическую мембрану в кровь. Это способствует восстановлению в организме фонда аминокислот, что важно при дефиците белков в рационе. При заболеваниях почек эта функция может нарушаться.

Почки способны синтезировать глюкозу (глюконеогенез). При длительном голодании почки могут синтезировать до 50 % от общего количества глюкозы, образующейся в организме и поступающей в кровь. Для энерготрат почки могут использовать глюкозу или свободные жирные кислоты. При низком уровне глюкозы в крови клетки почки в большей степени расходуют жирные кислоты, при гипергликемии преимущественно расщепляется глюкоза.

31-3. Механизм мочевыведения. Функции мочевого пузыря. Нервная гормональная регуляция выделительной функции почек.

Мочеиспускание. Образующаяся в почечных канальцах моча выделяется в почечную чашечку, а затем в фазе систолы почечной чашечки происходит опорожнение ее в почечную лоханку. Последняя постепенно заполняется мочой, и по достижении порога раздражения возникают импульсы от барорецепторов, сокращается мускулатура почечной лоханки, раскрывается просвет мочеточника, и моча благодаря сокращениям его стенки продвигается в мочевой пузырь. Объем мочи в пузыре постепенно увеличивается, его стенка растягивается, но вначале напряжение стенок не изменяется и давление в мочевом пузыре не растет. Когда объем мочи в пузыре достигает определенного предела, круто нарастает напряжение гладкомышечных стенок и повышается давление жидкости в его полости. Раздражение механорецепторов мочевого пузыря определяется растяжением его стенок, а не увеличением давления. Если поместить мочевой пузырь в капсулу, которая препятствовала бы его растяжению, то повышение давления внутри пузыря не вызовет рефлекторных реакций. Существенное значение имеет скорость наполнения пузыря: при быстром растяжении мочевого пузыря резко увеличивается импульсация в афферентных волокнах тазового нерва. После опорожнения пузыря напряжение стенки уменьшается и быстро снижается импульсация.

В процессе мочеиспускания моча выводится из мочевого пузыря в результате рефлекторного акта. Наступают сокращение гладкой мышцы стенки мочевого пузыря, расслабление внутреннего и наружного сфинктеров мочеиспускательного канала, сокращение мышц брюшной стенки и дна таза; в это же время происходит фиксация грудной стенки и диафрагмы. В результате моча, находившаяся в мочевом пузыре, выводится из него.

При раздражении механорецепторов мочевого пузыря импульсы по центростремительным нервам поступают в крестцовые отделы спинного мозга, во II — IV сегментах которого находится рефлекторный центр мочеиспускания. Первые позывы к мочеиспусканию появляются у человека, когда объем содержимого пузыря достигает 150 мл, усиленный поток импульсов наступает при увеличении объема до 200—300 мл. Спинальный центр мочеиспускания находится под влиянием вышележащих отделов мозга, изменяющих порог возбуждения рефлекса мочеиспускания. Тормозящие влияния на этот рефлекс исходят из коры большого мозга и среднего мозга, возбуждающие — из заднего гипоталамуса и переднего отдела моста мозга.

Возбуждение центра мочеиспускания вызывает импульсацию в парасимпатических волокнах тазовых внутренностных нервов (nn. splanchnici pelvici), при этом стимулируется сокращение мышцы мочевого пузыря, давление в нем возрастает до 20—60 см вод. ст., расслабляется внутренний сфинктер мочеиспускательного канала. Поток импульсов к наружному сфинктеру мочеиспускательного канала уменьшается, его мышца — единственная поперечнополосатая в мочевыводящих путях, иннервируемая соматическим нервом — ветвью полового нерва (n. pudendus), — расслабляется, и начинается мочеиспускание.

Раздражение рецепторов при растяжении стенки пузыря рефлекторно по эфферентным волокнам тазовых внутренностных нервов вызывает сокращение мышцы мочевого пузыря и расслабление его внутреннего сфинктера. Растяжение пузыря и продвижение мочи по мочеиспускательному каналу ведет к изменению импульсации в n. pudendus, и наступает расслабление наружного сфинктера. Движение мочи по мочеиспускательному каналу играет важную роль в акте мочеиспускания, оно рефлекторно по афферентным волокнам полового нерва, стимулирует сокращение мочевого пузыря. Поступление мочи в задние отделы мочеиспускательного канала и его растяжение способствуют сокращению мышцы мочевого пузыря. Передача афферентных и эфферентных импульсов этого рефлекса осуществляется по подчревному нерву (n. hypogastricus).

Регуляция деятельности почек.

В ЦНС поступает информация о состоянии внутренней среды, происходит интеграция сигналов и обеспечивается регуляция деятельности почек при участии эфферентных нервов или эндокринных желез, гормоны которых регулируют процесс мочеобразования.

Работа почки, как и других органов, подчинена не только безусловно-рефлекторному контролю, но и регулируется корой большого мозга, т. е. мочеобразование может меняться условно-рефлекторным путем. Анурия, наступающая при болевом раздражении, может быть воспроизведена условно-рефлекторным путем. Механизм болевой анурии основан на раздражении гипоталамических центров, стимулирующих секрецию вазопрессина нейрогипофизом. Наряду с этим усиливаются активность симпатической части автономной нервной системы и секреция катехоламинов надпочечниками, что и вызывает резкое уменьшение мочеотделения вследствие как снижения клубочковой фильтрации, так и увеличения канальцевой реабсорбции воды.

Импульсы, поступающие по адренергическим волокнам, стимулируют транспорт натрия, а по холинергическим — активируют реабсорбцию глюкозы и секрецию органических кислот. Механизм изменения мочеобразования при участии адренергических нервов обусловлен активацией аденилатциклазы и образованием цАМФ в клетках канальцев. Афферентные нервы почки играют существенную роль как информационное звено системы ионной регуляции, обеспечивают осуществление рено-ренальных рефлексов.

Не только уменьшение, но и увеличение диуреза может быть вызвано условно-рефлекторным путем. Многократное введение воды в организм собаки в сочетании с действием условного раздражителя приводит к образованию условного рефлекса, сопровождающегося увеличением мочеотделения. Механизм условно-рефлекторной полиурии в данном случае основан на том, что от коры больших полушарий поступают импульсы в гипоталамус и уменьшается секреция АДГ.

Влияние гормонов на транспорт ионов и реабсорбцию воды в канальцах.

На деятельность почек влияют две группы гормонов, вырабатываемых надпочечниками – минералокортикоиды и глюкокортикоиды. Самым эффективным из первой группы является альдостерон. Под действием альдостерона увеличивается реабсорбция Na^+ и секреция K^+ и H^+ .

Действие альдостерона проявляется уже через 60 минут после однократного введения в организм. Физиологически это проявляется в задержке Na^+ в крови, т.е. уменьшении количества Na^+ выводимого с мочой и в закислении мочи. Угнетение функции надпочечников приводит к повышению выведения Na^+ и уменьшению выведения K^+ . При этом концентрация Na^+ снижается до 120 ммоль/л, концентрация K^+ повышается до 8 ммоль/л плазмы.

Глюкокортикоиды влияют на клубочковую фильтрацию. При недостатке глюкокортикоидов наблюдается задержка выведения воды почками после водной нагрузки.

Паратгормон - регулирует выведение P , снижая его канальцевую реабсорбцию. Кальцитонин - повышает секрецию Ca . Однако наибольшим действием на процессы мочеобразования обладает АДГ.

Антидиуретический гормон (АДГ, вазопрессин) сберегает воду путем уменьшения диуреза и увеличения концентрации мочи. АДГ повышает реабсорбцию воды в дистальных отделах нефрона путем увеличения проницаемости для воды эпителиального слоя дистального канальца и собирательной трубочки. При этом диурез снижается до 1 мл/мин или даже еще в большей степени. В отсутствие АДГ, наоборот, диурез может достигнуть 18 мл/мин или 25 л/сут. В отсутствие АДГ дистальные отделы нефрона почти непроницаемы для воды. При этом моча гипотонична и скорость ее выделения увеличен. Такой тип диуреза называется водным диурезом. Максимальная скорость экскреции мочи в этих условиях может достигать 15% СКФ, т.е. 25 л в сутки. Больные несхаранным диабетом (недостаток АДГ) постоянно пребывают в состоянии водного диуреза.

