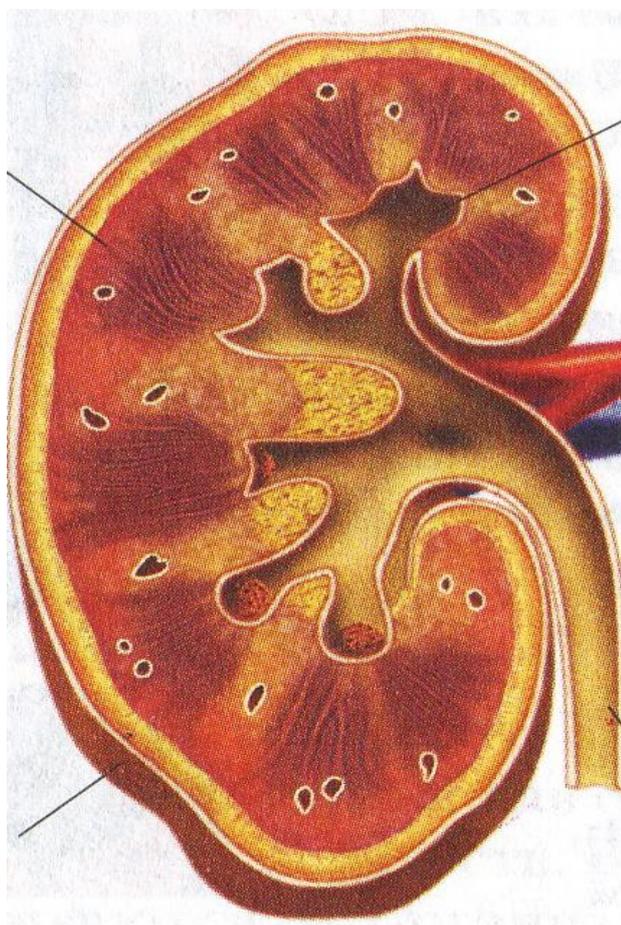


**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО - ОСЕТИНСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
МЕДИЦИНСКАЯ АКАДЕМИЯ»
Министерства здравоохранения Российской Федерации**

КАФЕДРА БИОЛОГИИ И ГИСТОЛОГИИ

**МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ
МОЧЕВЫДЕЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ.**

ВОЗРАСТНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ



**Учебно-методическое пособие для студентов лечебного,
педиатрического, медико-профилактического и стоматологического
факультетов**

СОСТАВИТЕЛИ :

- доцент Л.А.Акоева
- доцент Л.С. Таболова
- старший преподаватель Л.А. Гиреева

Методическое пособие предназначено для подготовки к практическим занятиям и самостоятельной работы студентов лечебного, и педиатрического, стоматологического, медико-профилактического факультетов. Структура и содержание пособия соответствуют типовой и рабочей программам по гистологии, цитологии и эмбриологии, полностью отражают объем требований при изучении дисциплины.

Рецензенты:

Заведующий кафедрой патологической физиологии, д.м.н., профессор
Джиоев И.Г.;

Главный внештатный специалист по судебной медицине МЗ РСО-А,
врач высшей категории, к.м.н., доцент Олейник Н.Г.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Развитие выделительной системы и ее специфика на разных этапах онтогенеза	5
Органы мочеобразования. Почка	12
Топография почек.	12
Морфология почки.	14
Структурно-функциональная единица почки	16
Гемоциркуляторное русло почек.	18
а. Макрогемоциркуляторное русло почек.	18
б.Околосанкательцевая гемокапиллярная сеть коркового вещества почки.	20
в.Околосанкательцевая гемокапиллярная сеть мозгового вещества почки.	21
Лимфатическая система почки. Нервы почки	22
Типы нефронов	23
Почечное тельце нефрона	23
Мочевой каналец нефрона	27
Канальцевая петля нефрона	29
Дистальный отдел	31
Юкстагломерулярный аппарат нефрона	32
Собирательные трубочки	36
Функции почек.	37
А.функция мочеобразования	38
1. Ультрафильтрация	38
2. Реабсорбция	39
3. Секреция	43
Регуляция основных процессов мочеобразования	46
Б. Участие почек в регуляции водно-солевой и кислотно-щелочного равновесия	47
Метаболические особенности почек	49
Возрастные особенности почки	51
Органы мочевыведения	54
Мочеточник. Анатомия мочеточника.	54
Гистология мочеточников	57
Мочевой пузырь. Анатомия	60
Гистология мочевого пузыря	62
Мочеиспускательный канал	65
Механизмы выведения мочи и мочеиспускания	66
Возрастные изменения	67
Ситуационные задачи. Тестовые задания	69
Литература	75

Введение

Мочевыделительная система - это сложная система организма, представляющая собой две частные последовательно взаимодействующие системы: **система мочеобразования** и **система мочевыведения**.

В процессе жизнедеятельности в организме человека образуются значительные количества продуктов обмена, которые уже не используются клетками и должны быть удалены из организма. Кроме того, организм должен быть освобожден от токсичных и чужеродных веществ, от избытка воды, солей, лекарственных препаратов.

Выделение - это процесс освобождения организма от продуктов обмена, которые не могут использоваться организмом, чужеродных и токсических веществ, избытка воды, солей, органических соединений.

К органам выделения относятся почки, легкие, потовые железы, желудочно-кишечный тракт. Легкие выделяют углекислый газ, пары воды, некоторые летучие вещества: пары эфира, алкоголя. Слюнные железы, железы желудка и кишечника способны выделять тяжелые металлы при попадании их в организм, лекарственные вещества, например, салицилаты, чужеродные органические соединения; роль этих желез возрастает при снижении функции почки.

Особое место среди органов выделения занимает почка.

Почка является истинным органом выделения - благодаря ее деятельности происходит экскреция конечных продуктов азотистого обмена и чужеродных веществ: мочевины, мочевой кислоты, креатинина, аммиака.

Почка осуществляет экскрецию лекарственных и избытка органических веществ, поступивших с пищей или образовавшихся в ходе метаболизма, например, глюкозы, аминокислот.

Почка является одновременно и органом регуляции - за счет механизмов мочеобразования регулируются объемы циркулирующей крови, внутри - и внеклеточной воды, постоянство осмотического давления и ионного состава плазмы и других жидкостей организма, осуществляется регуляция кислотно-щелочного равновесия (КЩР).

За счет продукции биологически активных веществ и гормонов, почка участвует в регуляции системного артериального давления, эритропоэза, гемокоагуляции.

Выпадение или резкое нарушение функций общих почек у человека при некоторых патологических состояниях ведет к смертельному исходу в результате уремии.

Развитие выделительной системы и ее специфика на разных этапах онтогенеза

На ранних стадиях внутриутробного развития становление и тканевая дифференциация почек протекают весьма сложно. У зародыша человека развитие выделительной системы характеризуется последовательной сменой трех форм: предпочки (pronephros), первичной почки (mesonephros) и окончательной почки (meta-nephros).

Материалом для образования почечных канальцев служат специальные зачатки - сегментные ножки, или нефротомы, которые вначале являются плотными образованиями. В передних и средних сегментах тела материал нефротомов сегментируется, самые каудальные их отделы остаются несегментированными (метанефрогенный тяж). Строение канальцев усложняется по мере перехода от предпочки к первичной почке и далее к постоянной, окончательной почке. Последняя включает в себя ряд черт, характерных для предыдущих стадий.

Предпочка (pronephros, головная почка). Характерными чертами предпочки являются локализация в области наиболее краниальных сегментов тела, малое число канальцев (7-8). У зародыша человека канальцы предпочки образуются в самых передних сегментных ножках уже в конце 3-й недели внутриутробного развития. Сегментные канальцы остаются недоразвитыми, они не связаны с целомом и не имеют клубочков. Предпочка представляет собой рудиментарное образование: клеточные группы, составляющие предпочку, редуцируются в течение очень короткого срока и не выполняют выделительной функции.

Первичная почка (mesonephros, туловищная почка, вольфово тело). Это парное образование, располагающееся по обеим сторонам дорсальной брыжейки, продольно по длине задней целомической полости. Оно состоит из одного ряда гломерул с прилежащими изогнутыми канальцами, сообщающимися с мезонефротическим протоком, идущим продольно и открывающимся в мочеполовой синус.

Первичная почка появляется позднее предпочки, но до того, как канальцы последней дегенерируют. Первые канальцы первичной почки появляются примерно в середине 4-й недели развития. В этот период развития зародыша виден вольфов проток и толстостенные трубочки с узкими щелевидными просветами, открывающиеся в этот проток. Клубочки развиты очень слабо. Канальцы первичной почки 5-6 недель появляются на уровне 6-7-го шейного сегмента (эмбрион длиной 10 мм) и достигают своего наиболее каудального положения на уровне 3-4-го поясничного сегментов.

Вначале головная часть мезонефрогенного тяжа разделяется на несколько сферических клеточных масс - мезонефрогенные шары, в центре которых появляется полость и образуются мезонефротические везикулы. У эмбриона 23 сомитов (24-25-й день развития) такие везикулы обнаруживаются в I—III грудных сегментах, т. е. происходит перекрытие каудальной части

предпочки.

Образующиеся везикулы постепенно приобретают грушевидную форму. В результате роста стенок везикул формируются каналцы. Почечный каналец прodelывает несколько изгибов. Начальная часть почечного каналца - капсула клубочка построена однотипно у всех каналцев в каждый период эмбрионального развития. Вначале оба листка построены из многоядерного высокого эпителия, позднее эпителий обоих листков становится однорядным, принимая кубическую форму у висцерального листка капсулы и плоскую у париетального. Почечные каналцы, служащие продолжением капсулы, в своей краниальной части состоят из высоких эпителиальных клеток, содержащих в цитоплазме зернистые включения. Свободный край этих клеток снабжен щеточной каемкой, в которой выявляется активность щелочной фосфатазы. На базальной стороне клеток выражены инвагинации мембран. Дистальные почечные каналцы построены из эпителиальных клеток, без включений в цитоплазме. Эти каналцы имеют широкий просвет, лишены кутикулы. Проксимальные каналцы своими концами в окружающей мезенхиме контактируют с сосудистыми клубочками, которые образованы артериальными веточками, отходящими от аорты. В каждом сегменте имеется пара таких артериальных веточек. На ранних ступенях эмбрионального развития сосудистые клубочки еще не выражены, сформирован лишь одиночный сосудистый ствол. Постепенно количество петель капилляров увеличивается. У эмбриона 12-13 нед внутриутробного развития (82 мм) имеется уже настоящее сосудистое сплетение.

Согласно одним представлениям, веточки артерии образуют клубочек почечного тельца, который затем обрастает выпяченными стенками каналца. По другим представлениям, наоборот, первично возникает капсула клубочка, которая заполняется капиллярами. Очевидно, эти процессы взаимосвязаны и протекают взаимозависимо. Из клубочковых капилляров кровь собирается в вены, лежащие большей частью на периферии или вокруг первичной почки.

Каналцы первичной почки своими другими концами открываются в специальную пару длинных каналов - каналы первичной почки (вольфовы протоки), которые направляются к заднему концу тела, где справа и слева впадают в клоаку. Наряду с представлением ряда ученых о том, что вольфов проток возникает в результате слияния дистальных концов каналцев предпочки, существует и другое, очевидно, более правильное представление, согласно которому каналцы впадают в уже сформированный проток, который, пролиферируя, достигает клоаки в результате свободного терминального роста.

Наибольшего размера первичная почка достигает на 2-м месяце развития, представляя собой объемное образование, содержащее большое число каналцев и почечных телец. Внешняя форма почки в виде продолговатого тела одинакового диаметра характерна только для ранних ступеней эмбриогенеза. На более поздних стадиях наиболее широкой представляется

центральная часть первичной почки, так как здесь сосредоточена основная масса почечных телец и канальцев. Верхние и нижние концы почек более узки, канальцы разграничены большими прослойками зародышевой соединительной ткани. Наиболее периферические отделы первичных почек представлены только этой тканью.

Передние канальцы первичной почки по мере формирования других канальцев в каудальном отделе уже претерпевают дегенеративные изменения. В результате новообразования новых каудальных канальцев и дегенерации более краниальных в период 4-8 недель почка сохраняет более или менее одинаковое число канальцев - 30-34 на каждой стороне. Затем на 3-м месяце развития канальцы быстро регрессируют, и у плода 4-5 месяцев первичная почка морфологически перестает существовать.

Остатки каудальных мезонефротических канальцев сохраняются и становятся частью выводной системы семенника, образуя его выносящие канальцы, а при формировании плода женского пола контактируют с яичниками. Характерным отличием первичной почки от окончательной является отсутствие юкстагломерулярного аппарата.

Первичная почка у человека функционально активна. Период экскреторной деятельности первичной почки перекрывает начало функции вторичной, окончательной почки.

В настоящее время известно, что высокодифференцированные канальцы первичной почки выделяют азотистые продукты обмена. Основным продуктом экскреции является мочевая кислота. Активность гипоксантиндегидрогеназы является показателем функционального состояния, ибо это основной фермент в синтезе мочевой кислоты. С уменьшением размеров первичной почки закономерно падает активность этого фермента. В боуеновой капсуле происходит неизбирательная фильтрация, обеспечивающая прохождение большого количества жидкости. Клетки эпителия канальцев адсорбируют соли и сахар и возвращают их в кровь вместе с большим количеством воды. Процесс образования мочи длительный, что, очевидно, связано с низким кровяным давлением плода. Отсутствие нисходящей петли нефрона, возможно, обуславливает сильную гипотонию мочи.

Таким образом, для первичной почки характерны следующие черты: локализация в области туловищных сегментов, большое количество сегментов, в которых образуются канальцы, и ветвление этих канальцев, непосредственная связь с кровеносной системой, функционирование, дальнейшее развитие некоторых ее структурных элементов в качестве компонентов половой системы.

Окончательная почка (metanefros, тазовая, вторичная почка) характеризуется локализацией в наиболее каудальных сегментах туловища, большим количеством канальцев и кровеносных клубочков, отсутствием сегментарности в строении почечной паренхимы и в ангиоархитектонике (остаточные признаки сегментированности проявляются в дольчатости

почек, сохраняющейся до рождения, а иногда и в постнатальном периоде).

Элементы вторичной почки закладываются у зародыша человека в конце первого месяца эмбриональной жизни, однако структурные преобразования почек продолжаются и после рождения вплоть до 12 лет.

Развитие окончательной почки начинается в то время, когда процесс развития первичной почки еще продолжается. Окончательные почки возникают каудально у самого конца тела эмбриона. На протяжении первых 3 месяцев развивающаяся окончательная почка (которая первоначально закладывается каудальнее первичной) поднимается и располагается краниальнее первичной. Перемещение в краниальном направлении связано с быстрым ростом нижних отделов тела плода. Окончательная почка формируется из двух зачатков: из материала метанефрогенной ткани, которая представляет собой несегментированную часть мезодермы - нефротомов нескольких каудальных сегментов туловища, и из материала вольфовых протоков, которые недалеко от места их впадения в клоаку образуют выросты, проникающие в метанефрогенную ткань.

У зародыша конца 4-й - начала 5-й недели развития (приблизительно длиной 5-6 мм) прослеживается выпячивание задней медиальной стенки метанефротического протока (дивертикул) в виде полого выроста. По мере роста этот вырост превращается в вытянутый проток, вокруг которого, а особенно вокруг его дистального конца, собирается мезодерма из части нефрогенного тяжа (нефрогенная бластема), расположенного ниже канальцев первичной почки. Дивертикул увеличивается в размерах, меняет свою форму, разделяется на краниальную и каудальную части (формируя впоследствии сначала большие, а затем и малые чашечки), из которых возникает большое число выростов. Эти выросты, внедряясь в массу нефрогенной ткани, образуют первичные прямые собирательные канальцы (трубки), которые уже на 7-8-й неделе эмбрионального развития активно формируются. Этот процесс продолжается до конца 5-го месяца эмбриональной жизни, в результате чего имеет место 11-13 генераций трубок.

Параллельно в нефрогенной ткани протекает процесс образования мочевых канальцев и соединительной ткани. Этот процесс идет очень быстро при очень высокой митотической активности клеток. Одновременно дифференцируются два типа клеток. Одни из них впоследствии образуют составные части нефрона. Клетки этого рода группируются вокруг растущего конца выроста мочеточника, формируя округлой формы скопления. Эти компактные массы состоят из клеток с выступающим овальным ядром, бедны цитоплазмой. В этот период, когда на концах собирательных канальцев образуется ампула (ампула собирательных трубок), вокруг нее из компактного нефрогенного зачатка возникает двухслойная масса клеток. Клетки все больше отделяются друг от друга, и возникают пузырьковидные структуры, которые затем преобразуются в трубочки и впоследствии в канальцы. От пузырька выделяются два выпячивания: одно направлено к периферии почки, другое вглубь. Оба выроста дугообразно изогнуты,

поэтому вся структура имеет вид S-образного слепого канальца. Первая генерация нефронов обнаруживается у эмбрионов длиной свыше 14 мм, вторая - свыше 20 мм, третья - свыше 30 мм четвертая - свыше 60 мм, пятая - восьмая - у плодов длиной свыше 120. Сначала развиваются полярные канальцы, затем центральные. Обычно каждому прямому собирательному канальцу (формирующемуся из материала дивертикула) соответствует 4 метанефротических канальца.

Параллельно идет дифференцировка второго типа клеток - клеток с нечеткими границами, большим ядром. Они дифференцируются постепенно в соединительнотканную строму, окружающую формирующиеся канальцы.

Постепенно канальцы метанефроса приобретают более сложную извитую форму. После слияния канальца метанефроса с собирательным образовалась S-образная фигура. Оба конца этой фигуры представляются относительно фиксированными. Дальнейший рост касается частей, расположенных между концами, что приводит к извитости. В нижнем изгибе эпителий вначале однослойный кубический. Сливается основная пластинка капилляров и базальная мембрана эпителия внутреннего листка, нарастает ее толщина (что продолжается до 3 лет). В эндотелии капилляров появляются многочисленные микропиноцитозные пузырьки и поры. У зародыша 9 недель хорошо видно пространство боуеновой капсулы, формируется 6-8 капилляров, фибриллярные структуры базальной мембраны появляются раньше других волокон соединительной ткани. Характер базальной мембраны с ростом канальца меняется. Верхняя часть S-образной фигуры впоследствии образует извитой каналец, средняя - петлю Генле, нижняя - проксимальный отдел, наружный и внутренний листки капсулы клубочка.

При развитии боуеновой капсулы сначала образуется ложковидное расширение, куда входят капилляры клубочка.

У ранних плодов такие примитивные клубочки очень многочисленны. Во время развития базальная мембрана клубочка и капсулы утолщается. Эндотелий сосудов полностью формируется только после рождения.

К 9—10-й неделе эмбриональной жизни основные черты структуры будущей почки уже намечены. С ростом канальцев уже на 8-9-й неделе развития появляются отличия в строении проксимального и дистального отделов, обозначается петля Генле, наблюдается отчетливая разница в ядерно-плазматических отношениях восходящих и нисходящих колен. На 14-16-й неделе полностью формируются все отделы нефрона. У эмбрионов (длиной до 60 мм) приблизительно до 11-й недели развития почечные тельца и канальцы напоминают таковые первичной почки у более крупных плодов.

С 8-й недели развития в процессе последующего роста канальцев и дифференцировки его клеток возникают клетки неодинаковой формы и размеров. В проксимальном отрезке канальца они крупные. В листках капсулы почечного клубочка и в эпителии проксимального отдела появляются включения гликогена. Нарастает активность ферментов во всех отделах канальца. Возрастает количество митохондрий, формируется

щеточная каемка.

На начальных этапах развития почечного тельца клетки париетального и висцерального листков капсулы не имеют различий. В дальнейшем эпителий париетального листка уплощается быстрее, чем клетки висцерального листка, в котором формируются педикулярные отростки. В ходе формирования вторичной почки из метанефрогенной ткани возникает несколько генераций мочевых канальцев, поэтому в одной и той же почке встречаются нефроны на разных ступенях развития. Каждый новый нефрон повторяет в основных чертах развитие предыдущих.

К 4-5-му месяцу развития в почке уже сформированы нефроны, имеющие все составные элементы с типичными морфологическими характеристиками.

К 5-му месяцу внутриутробной жизни уже 30% клубочков сформировано. Сосудистые клубочки имеют небольшое число капилляров, клубочек покрыт высоким кубическим эпителием капсулы. Относительная высокая активность ферментов по локализации совпадает с таковой в почках взрослого человека и указывает на наличие выделительной функции почки в очень ранние сроки.

Первая функциональная деятельность почки - поступление в чашечки лоханки жидкости, не содержащей белка, отмечается на 11—12-й неделе эмбрионального периода. Моча плода имеет очень низкое осмотическое давление, содержит малое количество калия, мочевины, фосфатов, но относительно большое количество натрия и хлоридов. Низкая фильтрационная способность эмбриональной почки обусловлена незрелостью клубочка, низким артериальным давлением в нем.

У плодов млекопитающих и человека моча через мочевой пузырь попадает в амниотический мешок (в случае атрезии уретры мочевой пузырь и мочеточники сильно расширяются и даже могут разорваться). Благодаря реабсорбции моча в амниотическом мешке частично концентрируется, частично проглатывается. Фактически плод не нуждается в функции почки для выведения своих конечных продуктов. Эта функция практически выполняется плацентой. Свидетельство этому - рождение нормальных детей с полным отсутствием почек.

Уже у примитивных нефронов почек плодов и новорожденных хорошо гистологически определяется *macula densa* (Potter, Osathanondh.). Сегмент будущей *macula densa* выявляется раньше, чем другие сегменты нефрона. Он сохраняет свое место и на более поздней стадии, когда развивается основание полукруга первичного почечного сосуда, создавая дефинитивный гломерулярный полюс, к которому приближаются эфферентные и афферентные кровеносные сосуды.

В почках плодов человека у сосудистого полюса примитивных клубочков, а также вдоль сосудистых пространств кортикальной бластемы найдены клетки, содержащие гранулы. Полагают, что это и есть те зернистые клетки юкстагломерулярного аппарата, которые четко выявляются в более зрелых клубочках в мышечной стенке сосудов.

В процессе развития выделительной системы у человека существует один

выделительный орган, а названия пронефрос, мезонефрос и метанефрос отражают лишь различные стадии его развития. Этот орган в процессе развития имеет отличные морфологические черты, усложняется, заканчивая развитие только после рождения.

Полностью разделить развивающуюся систему выделения на независимые самостоятельные части (предпочку, первичную и постоянную почки) невозможно, так как нельзя с уверенностью сказать, на каких сегментах тела заканчиваются элементы одной и начинаются другой. Очевидно, поэтому отмечена разная локализация пронефроса.

Закладка, развитие и дифференцировка структуры почки происходят на протяжении почти всего туловища: сначала в головных сегментах тела, потом в следующих по направлению к каудальному концу (поэтому не во всех сегментах тела одновременно существуют отделы выделительной системы). Процесс атрофии также последователен. Первыми атрофируются и замещаются соединительной тканью канальцы головного отдела, затем большая часть туловищных. Сохраняются как постоянные только тазовые отделы, формирующие постоянную почку - метанефрос.

Разделение на три почки и морфологически несколько искусственно. Нефрогенный материал, возникая из одного и того же источника, обладает идентичными потенциями на всем протяжении от краниальной до каудальной части. Кроме того, существует определенное сходство во всех структурах почек. Обе временные и окончательная почки состоят из варьирующего количества канальцев.

Процесс развития каждой формы почки (участка) независимо от будущей сложности ее организации происходит однотипно: в недифференцированном нефрогенном зачатке появляются скопления клеток в виде плотных компактных образований; в ходе дифференцировки клетки этих образований становятся более высокими и принимают более ориентированное положение, формируя параллельно расположенные ряды эпителиальных клеток, между которыми появляется щель; позднее в результате прогрессирующего размножения клеток и роста меняется форма клеточных рядов - возникает подобие двухслойной чаши.

В процессе эмбриогенеза почки может быть выделено несколько периодов.

Первый (5-15-я неделя) характеризуется:

- а) активным ветвлением и ростом собирательных трубок;
- б) индукцией ампулами собирательных трубок закладок нефронов;
- в) прикреплением зачатков нефронов в области зоны роста ампул собирательных трубок;
- г) дегенерацией единичных нефронов.

втором периоде (15-22-я неделя):

- а) почти прекращается ветвление собирательных трубок;
- б) усиленно растут, вытягиваясь в длину, слепые концы собирательных трубок, индуцируя своими ампулами развитие новых нефронов;

в) зачатки новых нефронов прикрепляются ниже зоны роста трубок, у основания ампулы, на границе ее с собирательной трубкой, при этом новые нефроны прикрепляются у основания старых. Вследствие отставания смещения нефронов от продвижения ампулы растущей собирательной трубки формируются аркады почки.

В третьем периоде (от 20 до 36 недель) происходит:

- а) остановка деления ампул собирательных трубок;
- б) прикрепление вновь индуцируемых нефронов к основанию ампул;
- в) исчезновение ампул.

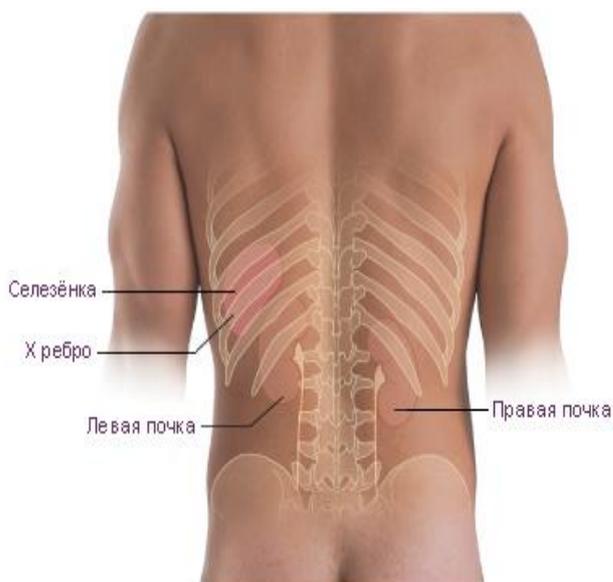
В четвертом периоде (после 36 недель) ни деления собирательных трубок, ни новообразования нефронов не происходит

ОРГАНЫ МОЧЕОБРАЗОВАНИЯ

Почки - это главный орган системы выделения, объект управления системы мочеобразования, основной функцией которых является образование мочи и выведение ее из организма. Почка бобовидной формы, темно-красного цвета, плотной консистенции. Размеры почки у взрослого человека составляют: длина 10 — 12 см, ширина 5 — 6 см, толщина 4 см. Масса почки колеблется от 120 до 200 г. Поверхность почки у взрослого человека гладкая. Различают более выпуклую переднюю поверхность и менее выпуклую заднюю поверхность, верхний конец, а также выпуклый латеральный край и вогнутый медиальный край. В среднем отделе медиального края имеется углубление — почечные ворота. В почечные ворота входят почечная артерия и нервы, выходят из них мочеточник, почечная вена, лимфатические сосуды. Кровеносные сосуды и нервы образуют так называемую почечную ножку. Почечные ворота переходят в обширное углубление, вдающееся в вещество почки и называемое почечной пазухой. В почечной пазухе находятся малые и большие почечные чашки, почечная лоханка, кровеносные и лимфатические сосуды, нервы и жировая ткань.

Топография почек.

Почки расположены в поясничной области по обе стороны от позвоночного столба, на внутренней поверхности задней брюшной стенки и лежат забрюшинно (ретроперитонеально). Верхние концы почек приближены друг к другу до 8 см, а нижние концы отстоят друг от друга на 11 см. Продольная ось правой и левой почек вверху пересекаются под углом, открытым книзу. Левая почка располагается несколько выше, чем правая, которая лежит непосредственно под печенью. Верхний конец левой почки находится на уровне середины XI грудного позвонка, а верхний конец правой почки соответствует нижнему краю этого позвонка. Нижний конец левой почки лежит на уровне верхнего края III поясничного позвонка, а нижний конец правой почки находится на уровне его середины. По отношению к



ребрам почки располагаются следующим образом: XII ребро пересекает заднюю поверхность левой почки почти на середине ее длины, а правую - примерно на границе ее верхней и средней третей. Имеются индивидуальные особенности топографии почек. Различается высокое и низкое их расположение. У 11 % женщин нижний конец обеих почек касается гребня подвздошных костей.

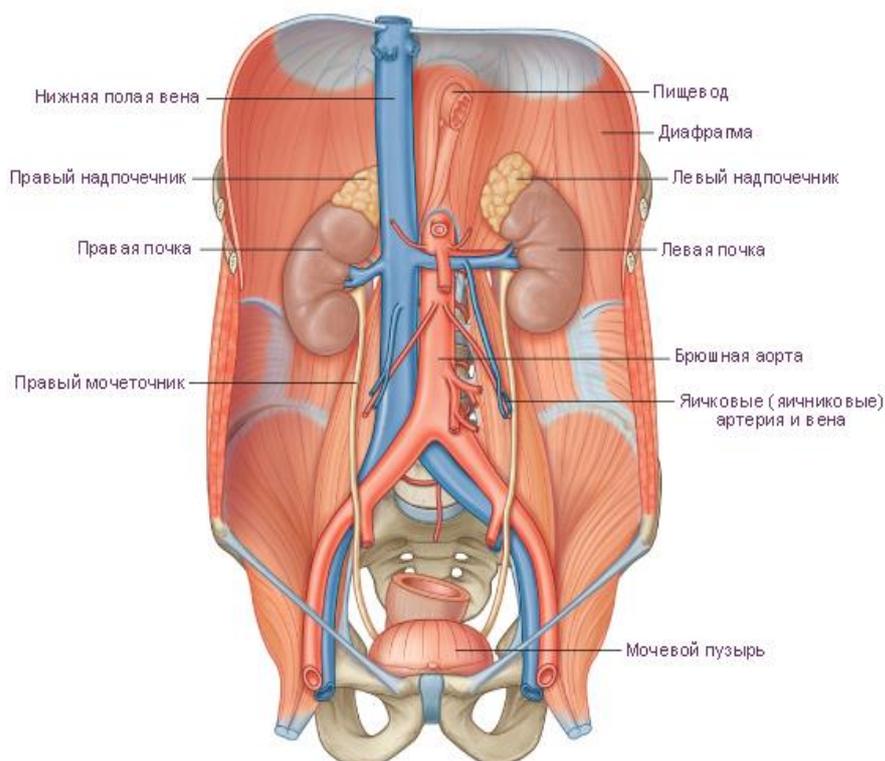
Почки находятся в сложных взаимоотношениях с соседними

органами. Задняя поверхность почки вместе с ее оболочками прилежит к поясничной части диафрагмы, квадратной мышце поясницы, поперечной мышце живота и большой поясничной мышце, которые образуют для почки углубление — почечное ложе. Верхний конец почки соприкасается с надпочечником. Передняя поверхность почек на большем своем протяжении покрыта листком париетальной брюшины и соприкасается с некоторыми внутренними органами. К верхним двум третям передней поверхности правой почки прилежит печень, а к нижней трети — правый изгиб ободочной кишки. К медиальному краю правой почки прилежит нисходящая часть двенадцатиперстной кишки. Передняя поверхность левой почки в верхней трети соприкасается с желудком, в средней — с поджелудочной железой, а в

нижней — с петлями тощей кишки.

Латеральный край левой почки прилежит к селезенке и левому изгибу ободочной кишки.

Нормальное топографическое расположение почек обеспечивается ее фиксирующим аппаратом, к которому относятся почечное ложе, «почечная ножка»,



оболочки почки (особенно почечная фасция). Большое значение имеет внутрибрюшное давление, поддерживаемое сокращением мышц брюшного пресса.

Почки могут иметь различные аномалии развития и положения. Особенно вариативно положение правой почки, связанное с опусканием толстой кишки. Иногда вместо двух имеется одна почка, залегающая в тазу. В некоторых случаях наблюдается дугообразная или подковообразная почка, представляющая собой две почки, сросшиеся нижними концами.

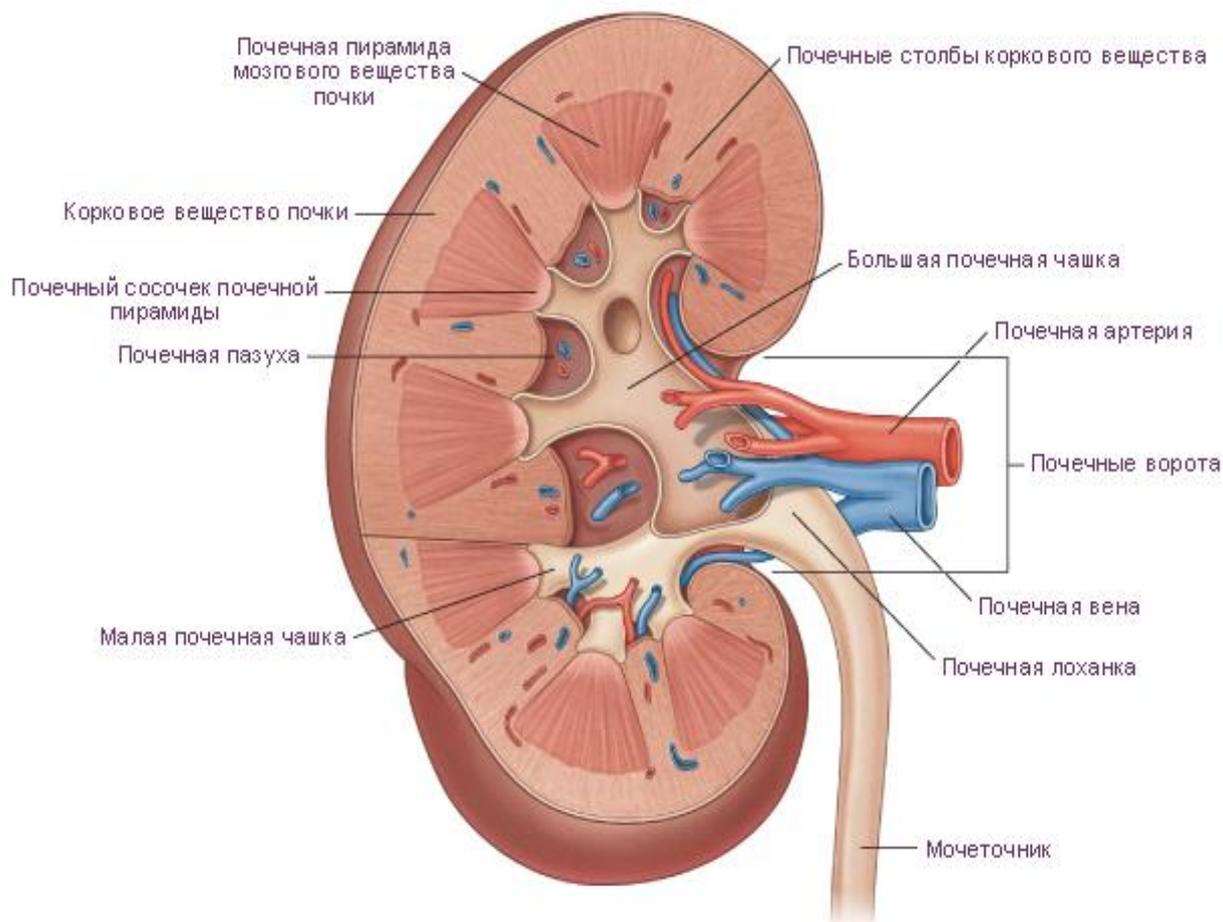
Морфология почки

Снаружи почка покрыта тонкой соединительнотканной пластинкой фиброзной капсулой, которая может быть легко отделена от вещества почки. Кнаружи от фиброзной капсулы располагается значительной толщины жировая капсула, проникающая через почечные ворота в почечную пазуху. Жировая капсула наиболее выражена на задней поверхности почки, где образуется своеобразная жировая подушка — околопочечное жировое тело. При быстром уменьшении толщины жировой капсулы (при быстром похудании) почка может стать подвижной (блуждающая почка).

Кнаружи от жировой капсулы почка охватывается (в виде открытого книзу мешка) почечной фасцией, состоящей из двух листков — предпочечного и позадипочечного. Иредпочечный листок покрывает спереди левую почку, почечные сосуды, брюшную часть аорты, нижнюю полую вену и продолжается впереди позвоночника на правую почку. Позадипочечный листок почечной фасции слева и справа прикрепляется к боковым отделам позвоночного столба. Нижний край пред- и позадипочечного листка почечной фасции не соединяются между собой. Почечная фасция посредством тяжелой волокнистой соединительной ткани, которые пронизывают жировую капсулу, соединяется с фиброзной капсулой почки. Впереди от предпочечного листка почечной фасции находится париетальный листок брюшины.

Паренхима почки состоит из двух слоев, мозгового вещества и коркового вещества. Мозговое вещество плотнее коркового. Мозговое вещество занимает центральную часть органа, корковое - его периферию.

Корковое вещество почки имеет толщину 5 - 7 см. Оно окаймляет выпуклое основание пирамид и отростками проходит между пирамидами. Эти отростки называют - почечными столбами, столбы Бертини. Почечные столбы направлены к центру почки. В корковом веществе различают два слоя. Наружный слой, расположен непосредственно под фиброзной капсулой почки, и называется наружной корой. Внутренний слой расположен около мозгового вещества и поэтому называется юкстамедуллярная кора.



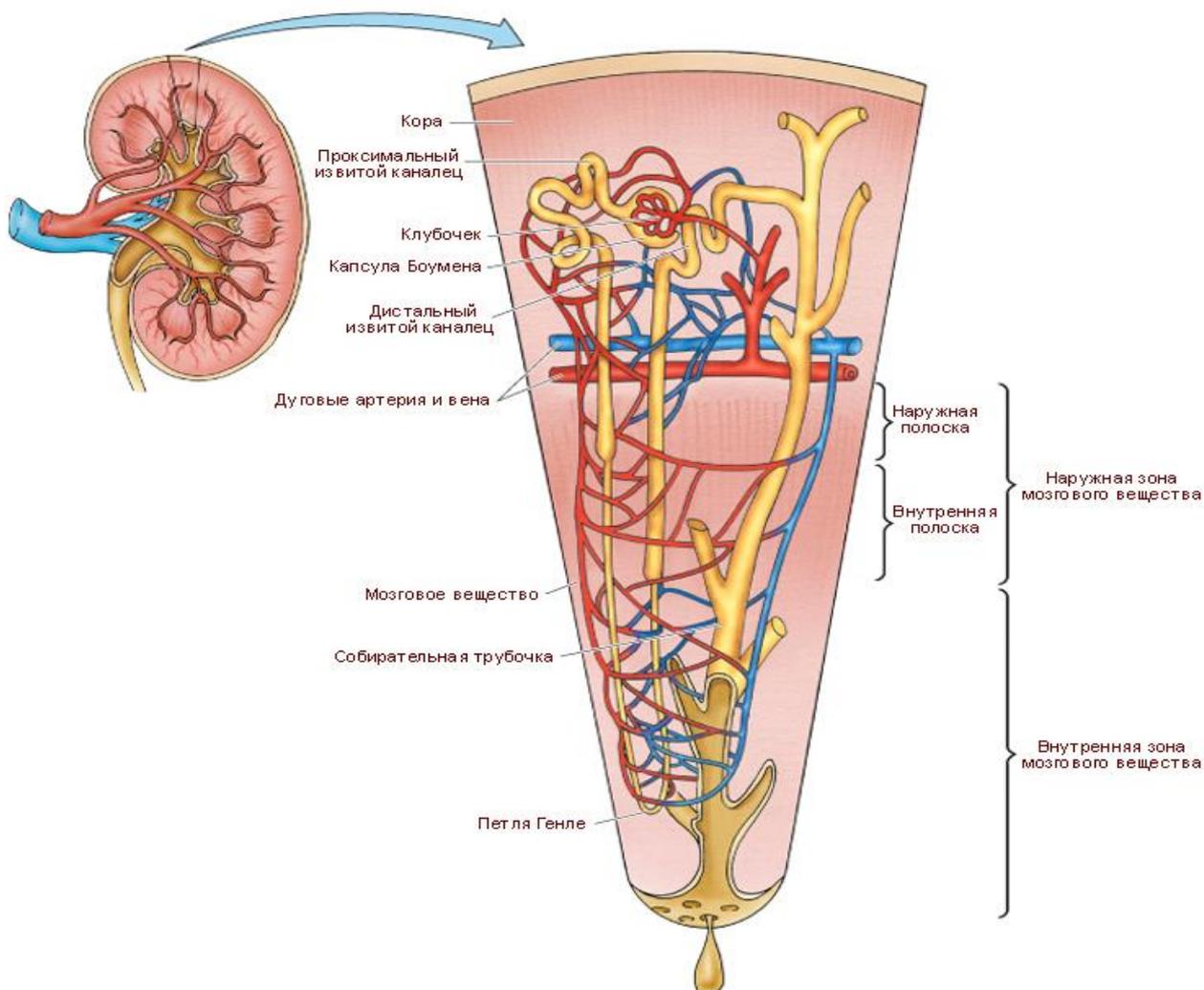
В эмбриональном периоде и в раннем детском возрасте на разрезе почки отчетливо видны так называемые почечные доли. Они представляют собой пирамиды с окружающим их корковым веществом. В указанные периоды развития почка выглядит дольчатой. С возрастом границы между дольками сглаживаются, но все же корковое вещество еще имеет признаки дольчатости. У взрослого человека пирамида мозгового вещества вместе с частью коркового вещества, покрывающего основание пирамиды, составляет долю почки (почечная доля). Почка состоит из 8 - 18 долей. В каждой доле в корковое вещество внедряются лучи мозгового вещества. Мозговой луч вместе с прилежащими кортикальными структурами образует корковую дольку почки.

Мозговое вещество почки неоднородно. Оно образовано конусообразными почечными пирамидами. Количество пирамид 10 - 15. Основание каждой из пирамид обращено к наружной поверхности почки, а вершина пирамиды в виде почечного сосочка направлена в сторону пазухи. Мозговое вещество в виде небольших пирамидных отростков внедряется в прилегающее корковое вещество. Эти отростки мозгового вещества, направленные к периферии и расположенные среди коркового, называют лучами мозгового вещества. Почечная пирамида состоит из прямых канальцев, образующих петли нефронов, и из проходящих через мозговое

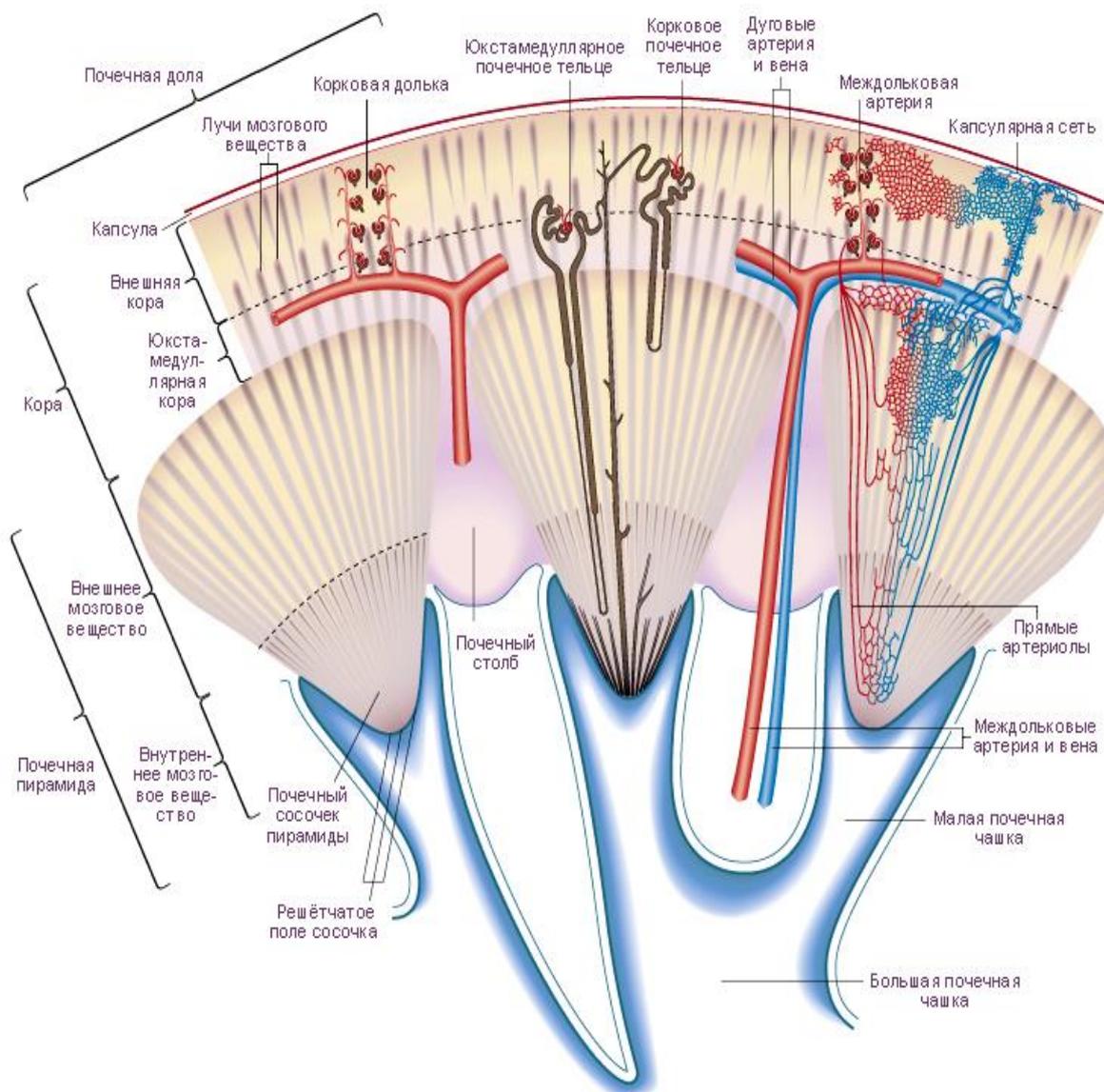
вещество собирательных трубочек. Эти трубочки постепенно сливаются друг с другом и образуют в области почечного сосочка 15 — 20 коротких сосочковых протоков. Последние открываются в малые почечные чашки на поверхности сосочка сосочковым и отверстиями. Благодаря наличию этих отверстий вершина почечного сосочка имеет как бы решетчатое строение и называется решетчатым полем. Каждый почечный сосочек на верхушке пирамиды охватывает воронкообразная малая почечная чашка. Иногда в одну малую почечную чашку обращено несколько (2-3) почечных сосочков. Из соединения двух-трех малых почечных чашек образуется большая почечная чашка. При слиянии друг с другом двух-трех больших почечных чашек образуется расширенная общая полость — почечная, напоминающая по форме уплощенную воронку. Постепенно суживаясь книзу, почечная лоханка в области ворот почки переходит в мочеточник. Малые и большие почечные чашки, почечная лоханка и мочеточник составляют мочевыводящие пути.

Структурно-функциональная единица почки

Структурно-функциональной единицей почки является нефрон. Начальный элемент нефрона расположен в корковом веществе слепым мешочком, который в форме капсулы - капсула Боумена – Шумлянско-го, напоминающей двустенный бокал, окружает сосудистый клубочек.



Сосудистый клубочек вместе с капсулой называется почечным тельцем. Капсула почечного тельца переходит в эпителиальную трубку - мочевой почечный каналец. Мочевые каналцы в корковом веществе почки различным образом извиваются и изгибаются, образуя извитые почечные каналцы. Извитые почечные каналцы выходят за пределы коркового вещества в мозговое вещество. В мозговом веществе почки мочевые каналцы располагаются относительно прямо, образуя прямые почечные каналцы. Прямые почечные каналцы в мозговом веществе соединяются между собой группами и впадают в сосочковые ходы, или собирательные трубочки.

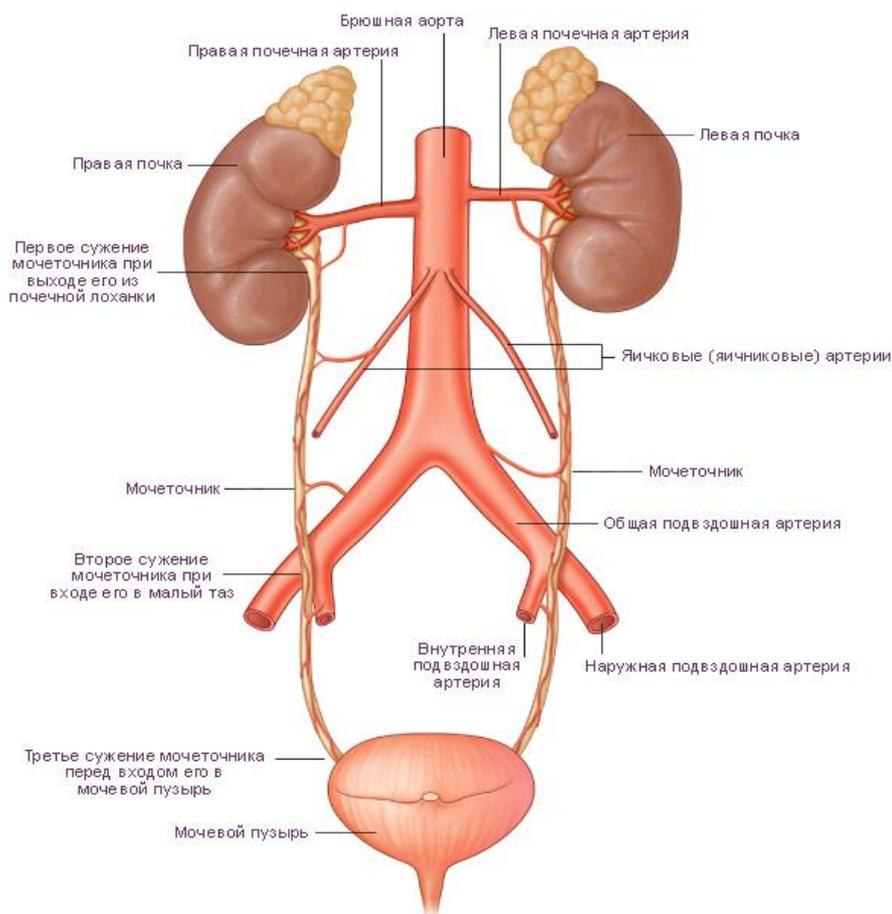


Собирательные трубочки не являются частью нефрона и имеют отличающееся от нефрона происхождение. Вместе с тем, собирательные трубочки являются продолжением нефрона, начальной частью системы мочевыведения, активно взаимодействующей с нефроном в мочеобразовании и мочевыведении. Собирательные трубочки открываются отверстиями на вершине почечных сосочков. Так полость собирательной трубочки соединяется с полостью малой почечной чашечки. Интерстиций в виде

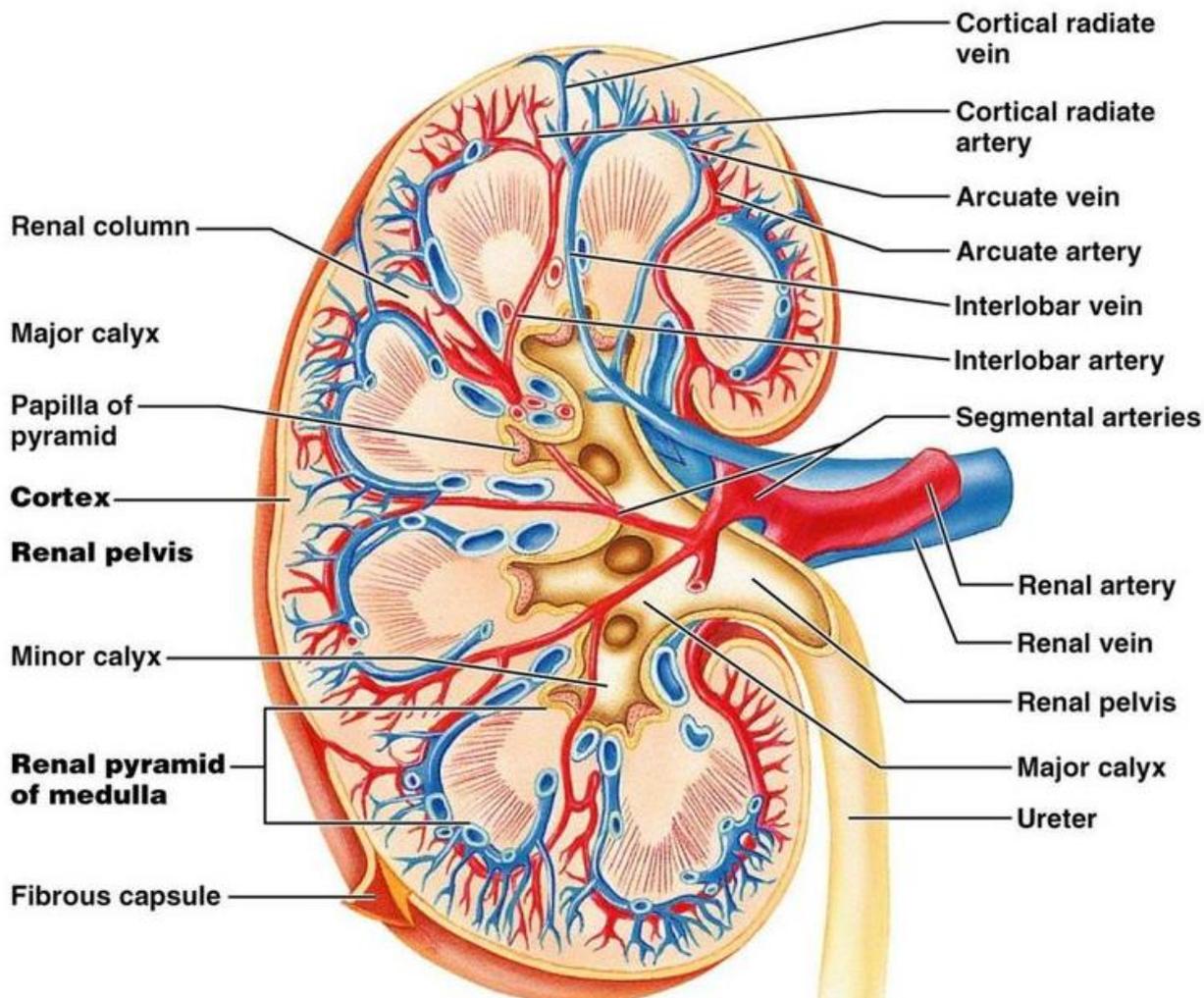
тонких прослоек окружает основные структуры почки, содержит фибробласты, гистиоциты, лимфоцитоподобные клетки. В мозговом веществе интерстиций содержит особые веретенообразные клетки, лежащие перпендикулярно ходу мочевых канальцев нефронов и кровеносных сосудов и охватывающие основные структуры своими ветвящимися отростками. В их цитоплазме расположены липидные капли и сократительные микрофиламенты. Предполагают, что эти клетки вырабатывают простагландины и брадикинин. Эти гормоны, участвуют в регулировании общего (системного) и регионарного (почечного) кровотока. В интерстиции почек вырабатывается гликопротеидный гормон эритропоэтин, регулирующий эритропоэз. Эритропоэтин способствует пролиферации и дифференцировке клеток эритроидного ряда. Кровеносные сосуды почек, в совокупности составляющих гемодинамическое русло почек - это сложнейшая динамическая система параллельно и последовательно соединенных кровеносных сосудов, по которым осуществляется кровоток в почках. Сеть кровеносных сосудов почки состоит из макрогемодинамического русла почек и микрогемодинамического русла почек. Макрогемодинамическое русло включает артерии и вены, а микрогемодинамическое русло, расположенное между артериями и венами, состоит из артериол, капилляров и венул.

а. Макрогемодинамическое русло почек.

Почечные артерии являются началом макрогемодинамического русла почек. Эти артерии отходят от аорты на уровне I-II поясничных позвонков.



Артерии направляются латерально к воротам почек. Правая почечная артерия проходит позади нижней полой вены. Ветви (сегментарные артерии почек) почечной артерии проникают из почечной пазухи в ткань почки. Здесь ветви артерии располагаются радиально между пирамидами в виде междольковых артерий почки. Они проходят по границам почечных долей. Ближе к границе коркового и мозгового вещества почки, каждая междольковая артерия делится на две дуговые артерии. Дуговые артерии вступают в соседние доли и располагаются там над основанием почечных пирамид. Дуговые артерии посылают в мозговое вещество почки прямые артериолы, а в корковое вещество почки - междольковые, или радиальные артерии.

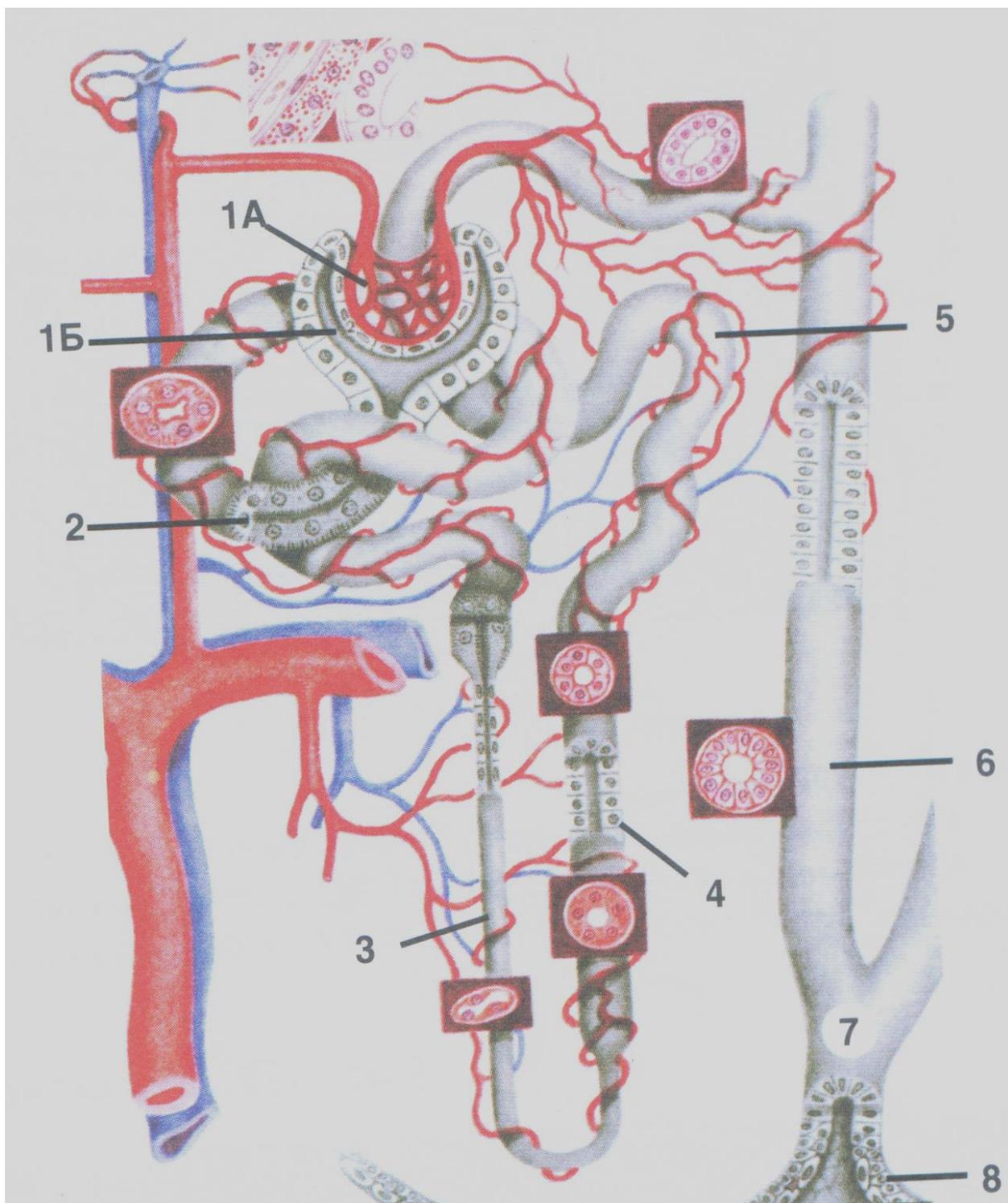


Междольковые артерии проходят по границам корковых долек почки, центральную часть которых составляют мозговые лучи. От междольковых артерий отходят артериолы, которые называются приносящими клубочковыми артериолами. Каждая приносящая артериола входит в почечное тельце и распадается на сетевидный клубочек капилляров. Каждый клубочек в почечном тельце окружен двустенной капсулой. Полость этой капсулы клубочка продолжается полостью мочевого канальца. Капиллярная сеть клубочка является чисто артериальной. Эта капиллярная сеть ответвляется от начальной артериолы и собирается в конечную артериолу. Конечная артериола выходит за пределы капсулы почечного тельца и

называется выносящей клубочковой артериолой. Капиллярная сеть, ответвляющаяся от начальной артериолы и собирающаяся в конечную артериолу, носит название первичной капиллярной сети. Выносящая артериола за пределами капсулы вновь распадается на микрогемодиализаторную сеть капилляров, которая называется вторичной капиллярной сетью. Это артериоларно-веноулярная сеть, начинающаяся артериолами и завершающаяся венолами. Она расположена как в корковом, так и в мозговом веществе почек. Кровь из первичной капиллярной сети поступает во вторичную капиллярную сеть из выносящих артериол. В образовании вторичной гемодиализаторной сети мозгового вещества почек также участвуют выносящие артериолы юкстамедуллярных нефронов. Вторичная гемодиализаторная сеть образует прямые кровеносные сосуды, питающие кровью мозговое вещество почек. Эти артериолы переходят в прямые сосуды, залегающие в мозговом веществе. Они проходят параллельно канальцам нефронов и собирательным трубочкам, отчего и получили название прямые сосуды. Прямые сосуды образуют гемодиализаторы, оплетающие канальцы петли Генле. Капилляры вторичной (перитубулярной) сети оплетают мочевые канальцы нефронов. В эти капилляры осуществляется реабсорбция веществ из просвета канальцев. Кроме того, из вторичной капиллярной сети осуществляется питание ткани почки.

б. Околососудовая гемодиализаторная сеть коркового вещества почки.

Околососудовые (перитубулярные) гемодиализаторные сети коркового вещества почки образованы короткими кровеносными сосудами, которые являются продолжением первичных (гломерулярных) гемодиализаторных сетей нефронов, расположенных в наружном (внешнем) слое и в среднем слое коркового вещества почки. Диаметр перитубулярных гемодиализаторов очень изменчив, но в среднем он немного больше диаметра гломерулярных гемодиализаторов. Эндотелиоциты перитубулярных гемодиализаторов очень тонкие. Их цитоплазма сконцентрирована в основном около ядра. Эндотелиоциты имеют многочисленные фенестры, перекрытые тонкой диафрагмой. Средний диаметр фенестр перитубулярного эндотелия приблизительно в 10 раз меньше пор гломерулярного эндотелия и составляет 20 нм. Эндотелий расположен на базальной мембране, имеющей нерегулярные разрывы. Толщина базальной мембраны составляет всего лишь 50 нм. Гломерулярные гемодиализаторные сети почечных телец юкстамедуллярных нефронов продолжают короткими и длинными нисходящими прямыми сосудами. Короткие прямые сосуды образуют перитубулярные гемодиализаторные сети, подобные перитубулярным сетям наружного слоя коркового вещества почки. Длинные прямые сосуды образуют перитубулярные гемодиализаторные сети внешнего мозгового вещества почки.



в. Околососудистая гемокapиллярная сеть мозгового вещества почки.

Нисходящие прямые сосуды являются промежуточными кровеносными сосудами между первичным (гломерулярным) и вторичным (перитубулярным) микрогемодинамическими руслами. Их стенка содержит гладкомышечные клетки и способные к сокращению перicyты. Нисходящие прямые сосуды ответвляются от эфферентных артериол юкстамедуллярных

нефронов и направляются в мозговое вещество почек. Их диаметр приблизительно вдвое меньше диаметра исходных эфферентных артериол и составляет чаще всего 12-18 мкм. Изредка диаметр некоторых из них может достигать 20 мкм. Нисходящие прямые сосуды от места ответвления проходят через внешнюю прослойку наружного мозгового вещества и во внутренней прослойке наружного мозгового вещества почки образуют первые ветви. Кровь из капилляров мозгового вещества поступает в прямые вены, дающие начало системе венозных кровеносных сосудов. В паренхиме почки вены проходят вместе с артериями. Из мозгового вещества кровь собирают прямые вены, которые впадают в дуговые вены. В корковом веществе вместе с междольковыми артериями проходят междольковые вены. Они формируются из мелких кровеносных сосудов поверхностного слоя коркового вещества, из так называемых звездчатых вен. В последующем, в междольковые вены впадают вены из вторичной капиллярной сети, оплетающей мочевые каналы. Междольковые вены впадают в дуговые вены. Дуговые вены двух соседних долей, сливаясь, образуют междольковые вены. Междольковые вены следуют через почечные столбы вместе с междольковыми артериями. В окружности почечных сосочков междольковые вены выходят из паренхимы почки в почечную пазуху. Здесь междольковые вены сливаются между собой, образуют почечную вену. Почечная вена впадает в нижнюю полую вену.

Лимфатическая система почки представлена сетью капилляров, окружающих каналы коркового вещества и почечные тельца. В сосудистых клубочках лимфатических капилляров нет. Лимфа из коркового вещества оттекает через футлярообразную сеть лимфатических капилляров, окружающих междольковые артерии и вены, в отводящие лимфатические сосуды 1-го порядка, которые в свою очередь окружают дуговые артерии и вены. В эти сплетения лимфатических сосудов впадают лимфатические капилляры мозгового вещества, окружающие прямые артерии и вены. В остальных участках мозгового вещества они отсутствуют. Лимфатические сосуды 1-го порядка образуют более крупные лимфатические коллекторы 2-го, 3-го и 4-го порядка, которые вливаются в междольковые синусы почки. Из этих сосудов лимфа поступает в регионарные лимфатические узлы.

Нервы почки отходят от чревного сплетения, узлов симпатического ствола (симпатические волокна) и от блуждающих нервов (парасимпатические волокна). Вокруг почечных артерий образуется почечное сплетение, отдающее волокна в вещество почки. Аfferентная иннервация осуществляется из нижнегрудных и верхнепоясничных спинномозговых узлов. Распределение нервов в почке различное. Одни из них имеют отношение к сосудам почки, другие — к почечным канальцам. Почечные канальцы снабжаются нервами симпатической и парасимпатической систем. Их окончания локализуются под мембраной эпителия. Однако, по некоторым данным, нервы могут проходить через

базальную мембрану и оканчиваться на эпителиальных клетках почечных канальцев. Описаны также поливалентные окончания, когда одна веточка нерва заканчивается на почечном канальце, а другая — на капилляре.

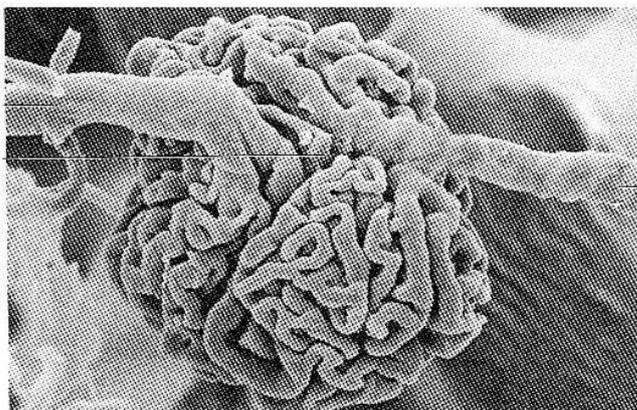
Типы нефронов

По особенностям локализации клубочков в коре почек, строения канальцев и особенностям кровоснабжения различают три типа нефронов: *суперфициальные, интракортикальные и юкстамедуллярные.*

Суперфициальные нефроны имеют поверхностно расположенные в коре клубочки, наиболее короткую петлю Генле, их 20-30%. Интракортикальные нефроны, клубочки которых расположены в средней части коры почки, наиболее многочисленны (60-70%) и выполняют основную роль в процессах ультрафильтрации мочи. Юкстамедуллярных нефронов значительно меньше (10-15%), клубочки их расположены у границы коркового и мозгового вещества почки, выносящие артериолы шире приносящих, петли Генле самые длинные и спускаются почти до вершины сосочка пирамид.

Почечное тельце нефрона

Почечное (Мальпигиевое) тельце - структура круглой или овальной формы диаметром 200-250 мкм, в которой различают: **сосудистый клубочек почечного тельца** и капсула почечного тельца. петлями гемокapилляров находится особая соединительная ткань – мезангий.



ЭЛЕКТРОНОГРАММА
ПОЧЕЧНОГО ГЛОМЕРУЛУСА

СТЕНКА
ФЕНЕСТРИРОВАННОГО
КАПИЛЛЯРА

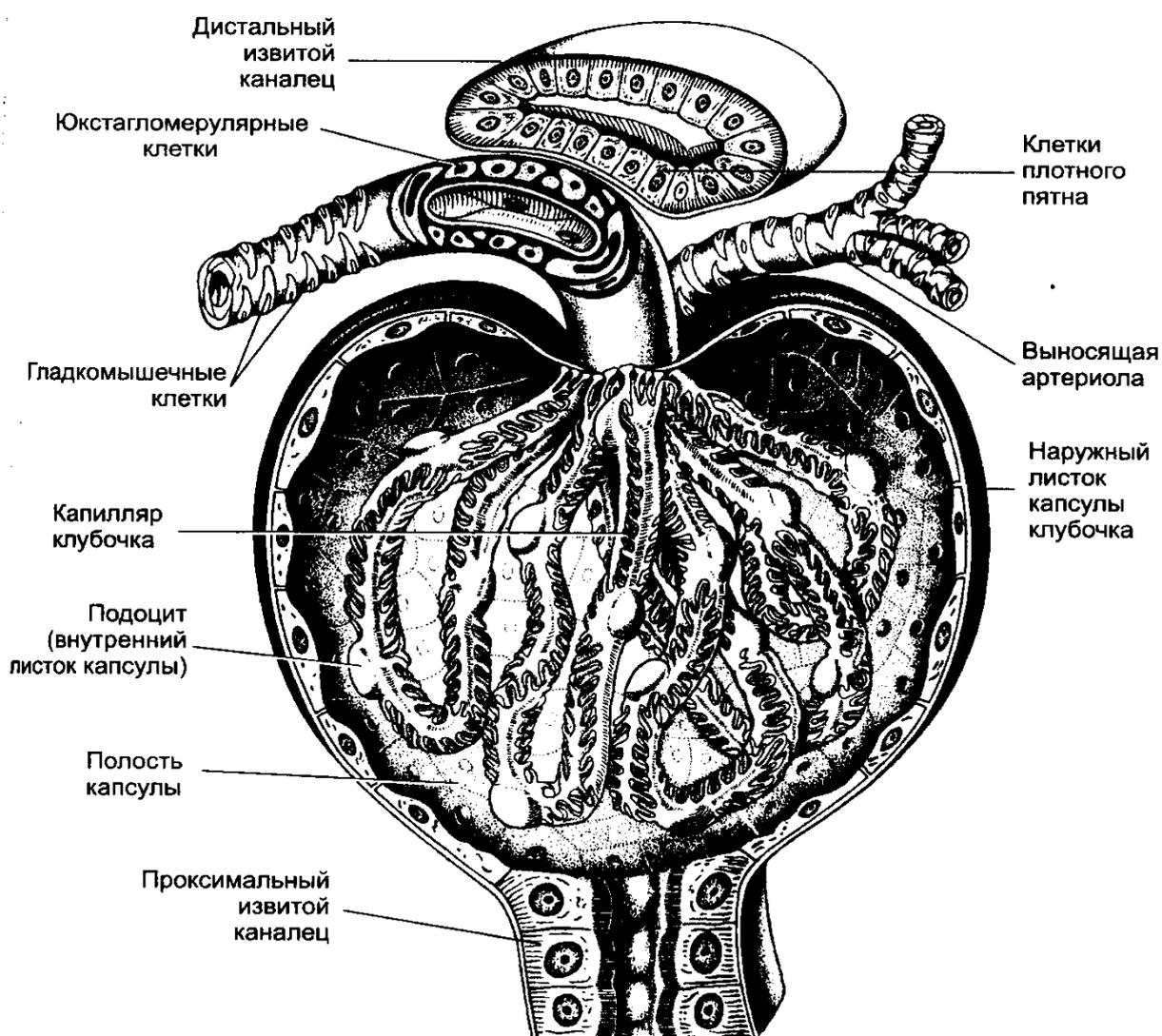
Гликокаликс эндотелиоцита фенестрированного капилляра имеет отрицательный заряд



СКАНИРУЮЩАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ
МИКРОСКОПИЯ

Сосудистый клубочек почечного тельца, или гломерулярная гемокапиллярная сеть состоит из 20÷50 гемокапиллярных петель. Между

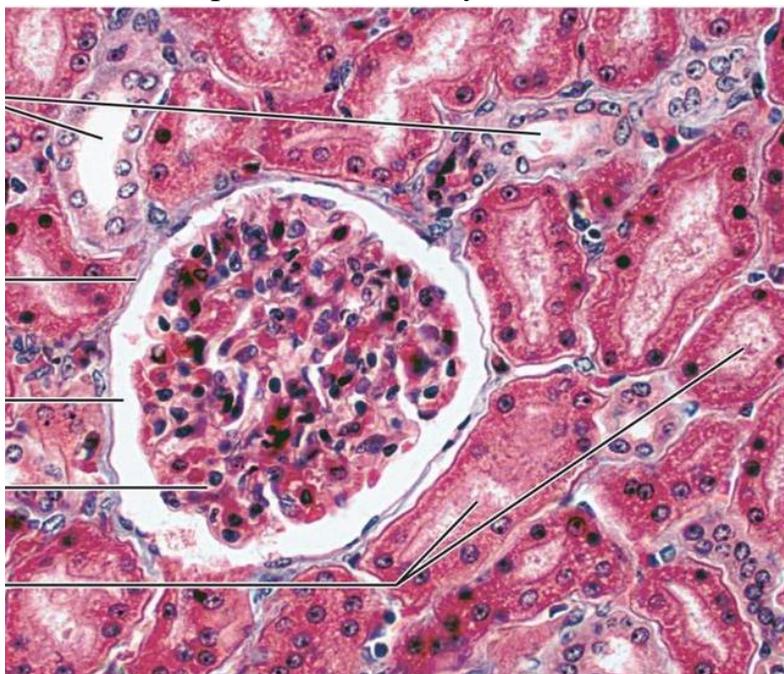
Стенки капилляров клубочка образованы фенестрированным эндотелием. Поверхность клеток эндотелия, обращенная в полость капилляра покрыта гликокаликсом, имеющим отрицательный электрический заряд. Около 13% поверхности всех клеток занимают крупные не покрытые диафрагмами поры диаметром 50÷100 нм. Поры являются ячейками фильтра и не пропускают частицы большего размера, чем размер пор. В частности, через эти фенестры не могут проходить клетки крови и крупномолекулярные белки. Общая площадь внутренней поверхности капилляров клубочков составляет 1,5м². Эндотелий располагается на базальной мембране. Базальная мембрана толщиной 300 нм является структурой, общей с эпителиальными клетками висцерального листка капсулы почечного тельца.



Соединительная ткань между петлями капилляров клубочка состоит из мезангиальных клеток и межклеточного вещества(межклеточный матрикс) и переходит в юктавааскулярную ткань. Мезангиальные клетки - это отростчатые клетки, с плотным ядром, хорошо развитыми органеллами, большим количеством микрофиламентов (в том числе сократительных) в

периферических участках цитоплазмы. Различают две группы мезангиальных клеток. Это экстрагломерулярные мезангиальные клетки, расположенные вне сосудистого клубочка, в области сосудистого полюса и периполюсные интрагломерулярные мезангиальные клетки, расположенные внутри сосудистого клубочка. Эти клетки являются поддерживающими элементами, могут регулировать кровоток в клубочке (благодаря наличию в плазмалемме биохимических рецепторов для ангиотензина II, вазопрессина и сократительной способности клеток), обладают фагоцитарными свойствами (поглощают макромолекулы, накапливающиеся при фильтрации, участвуют в обновлении базальной мембраны), вырабатывают матрикс мезангия (содержит глюкозаминогликаны, фибронектин ламинин), синтезируют фактор активации тромбоцитов.

Сосудистый клубочек почечного тельца покрыт капсулой почечного тельца, образованной двумя эпителиальными листками, разделенными



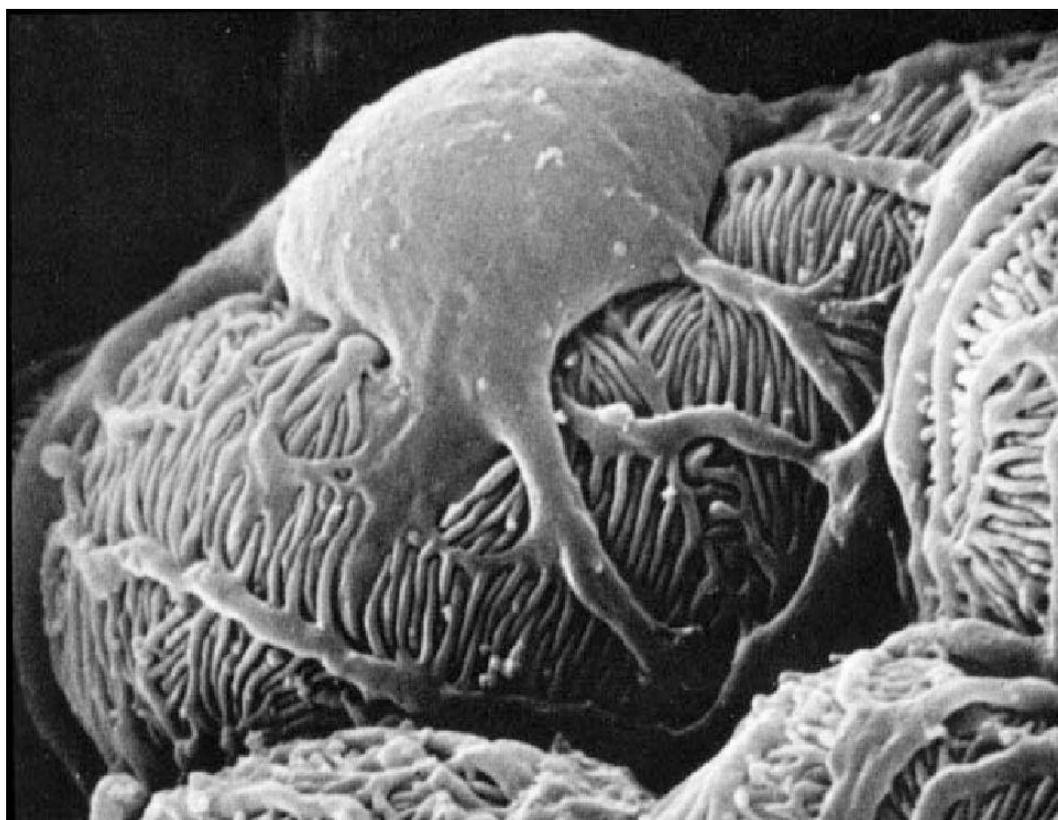
щелевидной полостью. В почечном тельце происходит фильтрация жидкой части (10% объёма) крови и капилляров сосудистого клубочка почечного тельца в полость капсулы почечного тельца. Объём ультрафильтрата (первичной мочи) составляет 180 л/сут.

Капсула почечного тельца по форме напоминает чашу бокала, окружает сосудистый клубочек. Стенка чаши (капсулы)

образована двумя переходящими друг в друга листками: наружным (париетальным) и внутренним (висцеральным). Между листками капсулы расположена полость (Боуменова полость). В эту полость из крови капилляров почечного клубочка фильтруется первичная моча. Полость капсулы почечного тельца соединяется с полостью проксимального мочевого извитого канальца нефрона. Париетальный (наружный) листок капсулы состоит из однослойного плоского эпителия. Он ограничивает полость капсулы снаружи. В области сосудистого полюса почечного тельца париетальный листок капсулы переходит в её висцеральный (внутренний) листок. В области мочевого полюса париетальный листок переходит в эпителий проксимального мочевого канальца.

Внутренний листок капсулы является частью сложной трехслойной фильтрационной структуры, отделяющей полость капсулы от полости капилляров клубочка. Через эту трехслойную структуру осуществляется

фильтрация первичной мочи из крови капилляров в полость капсулы. Крупные отростчатые эпителиальные клетки внутреннего листка капсулы называют подоцитами. Они содержат эксцентрично расположенное ядро неправильной формы с глубокими инвагинациями, шероховатый эндоплазматический ретикулум, хорошо развитый комплекс Гольджи, большое количество свободных рибосом, микротрубочки и филаменты, которых особенно много в отростках клеток. От тел подоцитов, выступающих в полость капсулы почечного тельца, отходят длинные и широкие первичные отростки (цитотрабекулы). Эти первичные отростки разветвляются на вторичные, а затем и третичные отростки. Все отростки образуют многочисленные выросты (цитоподии, клеточные ножки), которые переплетаются с подобными выростами отростков того же или другого подоцита. Цитоподии покрыты толстым слоем гликокаликса. Концы цитоподий прикрепляются к базальной мембране на расстоянии 25 -60 нм друг от друга.

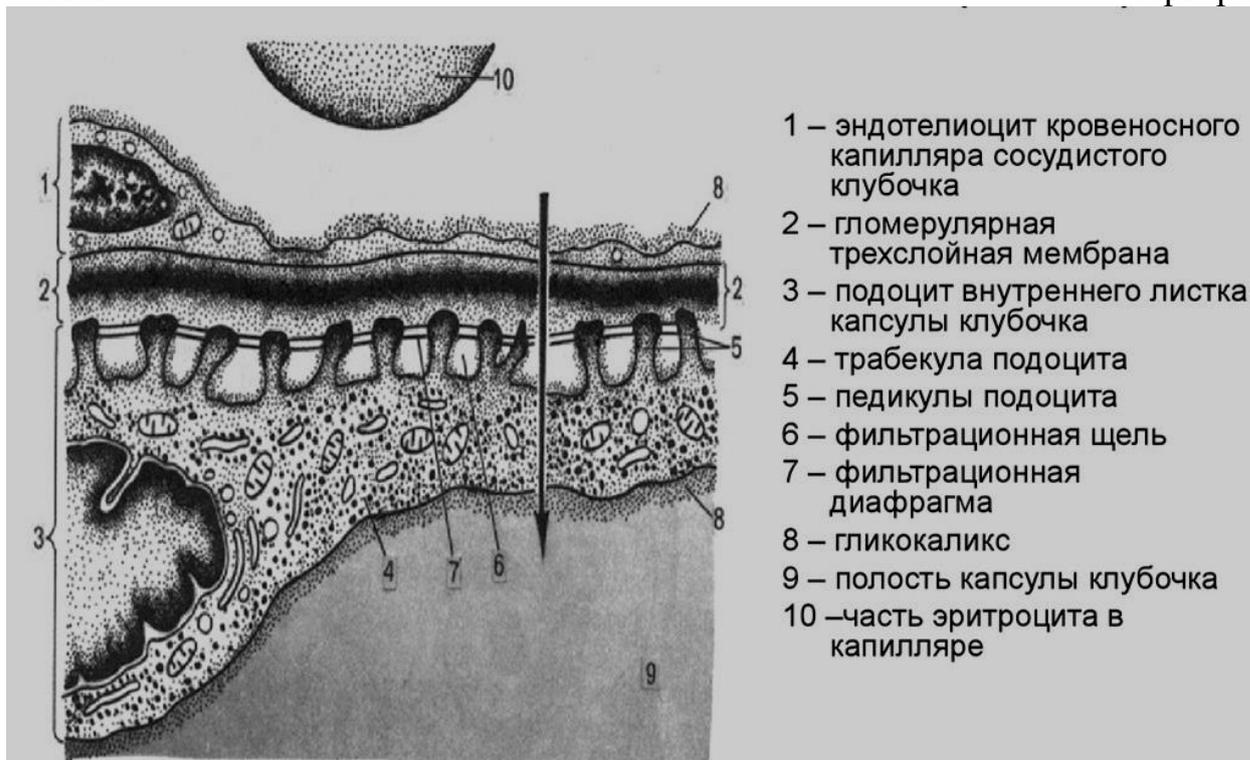


Таким образом, тело подоцита слегка приподнято на ножках над базальной мембраной. Между ножками находятся фильтрационные щели. Эти щели

закрываются тонкими щелевыми диафрагмами. Щелевые диафрагмы представляют собой фильтрационную сеть из волокнистых структур с диаметром ячеек 10 нм. Крупные молекулы веществ, которые при фильтрации задерживаются в щелях, фагоцитируются подоцитами. Ножки подоцитов могут изменять свой диаметр. Это определяет ширину фильтрационных щелей.

Базальная мембрана синтезируется подоцитами. Это центральная структура, с которой взаимодействуют с одной стороны эндотелий капилляров сосудистого клубочка почечного тельца, а с другой - подоциты внутреннего листка капсулы почечного тельца. Толщина базальной

мембраны 300 нм. Базальная мембрана является непрерывной структурой в составе барьера.



Она представляет собой трехслойную волокнистую структуру, состоящую из тонких (диаметром 2-5 нм) нитей коллагена, погруженных в гомогенный гликопротеиновый матрикс. Средний слой этой волокнистой структуры толщиной 100 нм более плотный, имеет более мелкие фильтрационные ячейки, чем периферические слои. Два периферических слоя базальной мембраны менее плотные, имеют сравнительно более крупные фильтрационные ячейки. Максимальный размер ячеек (пор) базальной мембраны составляет 4 нм. Вещества с меньшим размером частиц проходят через фильтр базальной мембраны свободно. Таким образом, трехчастная структура (эндотелий - базальная мембрана - подоциты), отделяющая полость капсулы почечного тельца от полости капилляров сосудистого клубочка почечного тельца является фильтрационным барьером почечного тельца.

Мочевой каналец нефрона

Мочевой каналец - это часть нефрона, являющийся непосредственным продолжением капсулы почечного тельца. Мочевой каналец представляет собой эпителиальную трубку, длиной до 50 мм, а всех нефронов в среднем около 100 км. Он состоит из следующих друг за другом частей:

- проксимальный извитой и прямой каналец нефрона;
- петля Генле;
- дистальный прямой и извитой каналец нефрона.

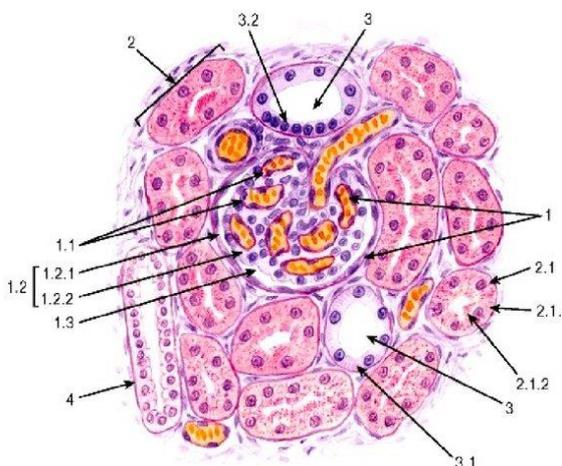
В проксимальном отделе канальца нефрона осуществляется обратное всасывание (реабсорбция) веществ из первичной мочи в кровь капилляров, оплетающих мочевые каналцы (вторичная капиллярная сеть). Здесь

реабсорбируется более 80% объёма первичного ультрафильтрата. Из просвета канальца в кровь происходит активный транспорт ионов натрия, который сопровождается пассивным переносом хлора и воды. Также реабсорбируются аминокислоты, белки, глюкоза. В то время как полезные вещества всасываются и удерживаются в организме, конечные продукты метаболизма и вредные вещества не реабсорбируются - выводятся и накапливаются в моче (мочевина, мочевая кислота, креатинин). Выведение ненужных веществ осуществляется не только посредством выборочной реабсорбции, но и путем секреции веществ клетками канальцев в направлении из крови капиллярной сети в жидкость мочевого канальца. В частности, в проксимальном отделе канальца секретируются в мочу канальца органические кислоты и основания, а также некоторые вещества экзогенного происхождения.

**Почка.
Участок коркового вещества**

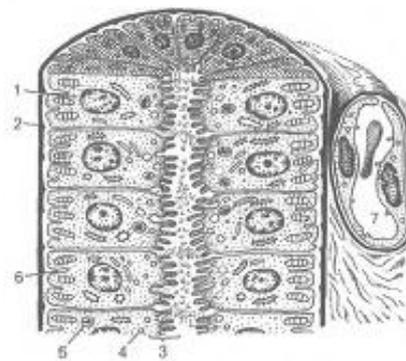
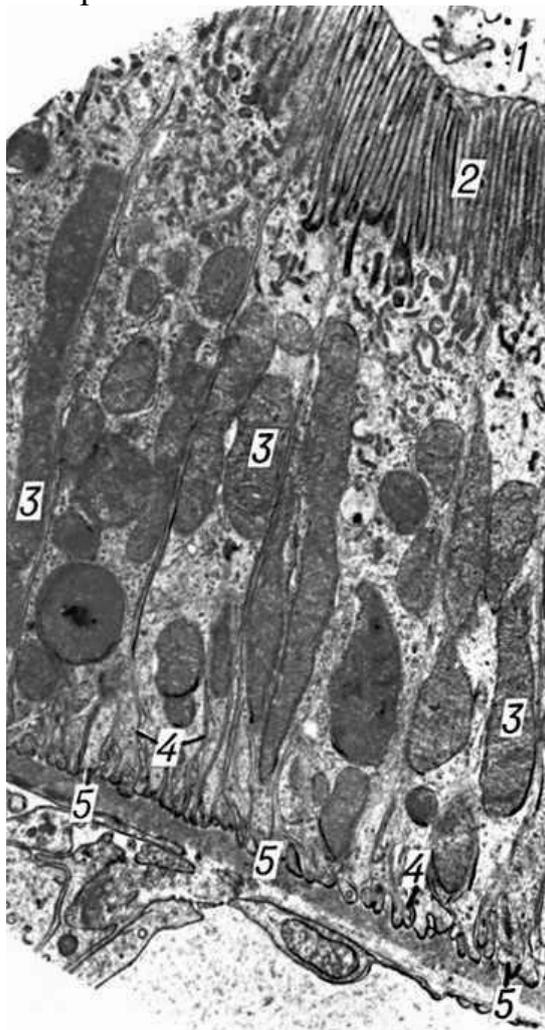
Окраска: гематоксилин

- 1 - почечное тельце:
 - 1.1 - сосудистый клубочек,
 - 1.2 - капсула клубочка,
 - 1.2.1 - наружный листок,
 - 1.2.2 - внутренний листок,
 - 1.3 - полость капсулы;
- 2 - проксимальный каналец нефрона:
 - 2.1 - кубические эпителиоциты,
 - 2.1.1 - базальная исчерченность,
 - 2.1.2 - микроворсинчатая (щеточная) каемка;
- 3 - дистальный каналец:
 - 3.1 - базальная исчерченность,
 - 3.2 - плотное пятно;
- 4 - собирательный проток



Стенка проксимального отдела канальца состоит из однослойного кубического каёмчатого эпителия. Клетки этого эпителия окрашиваются оксифильно и содержат хорошо развитые органеллы. Щёточная кайма образована многочисленными микроворсинками. В базальной части эпителиоциты образуют отростки, переплетающиеся друг с другом и с отростками соседних эпителиоцитов. В местах боковых контактов соседних эпителиоцитов и в контактах их отростков имеются межклеточные каналцы. Структуру, образованную этими отростками в совокупности называют базальным лабиринтом. Внутри отростков перпендикулярно базальной мембране располагаются удлинённые митохондрии, образующие «базальную исчерченность». Плазмолемма эпителиоцитов по их латеральным поверхностям и в области базального лабиринта имеет очень высокую активность натриевого насоса, транспортирующего ионы натрия из канальцевой жидкости в кровь вторичной капиллярной сети. Апикальная

поверхность клеток эпителия покрыта длинными микроворсинками.



Ультрамикроскопическое строение проксимального канальца нефрона

1-эпителиоциты, 2 - базальная мембрана, 3 - щеточная каемка, 4 - пиноцитозные пузырьки, 5- лизосомы, 6 - базальная исчерченность.

Ультраструктура клетки проксимального отдела нефрона
(электронная микрофотография):

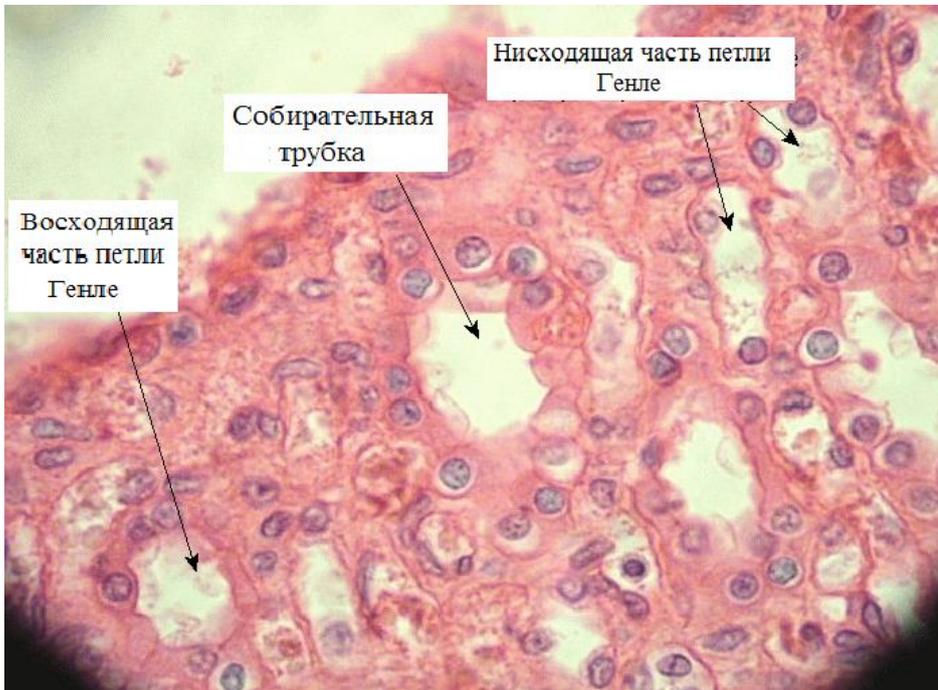
1 — просвет канальца; 2 — щёточная каёмка; 3 — митохондрия; 4 — складка базальной плазматической мембраны; 5 — базальная мембрана.

На каждом эпителиоците расположено несколько тысяч микроворсинок длиной $3\div 6$ мкм. Наличие микроворсинок увеличивает площадь поверхности мочевого канальца в $20\div 30$ раз. Кроме того, площадь поверхности увеличивается многократно за счет того, что каждая микроворсинка покрыта гликокаликсом. Между микроворсинками расположены многочисленные ямки, которые могут превращаться в пиноцитозные пузырьки, транспортирующие макромолекулы (преимущественно белки) в цитоплазму эпителиоцитов. Там пузырьки сливаются друг с другом и образуют внутриклеточные вакуоли, содержимое которых переваривается лизосомами.

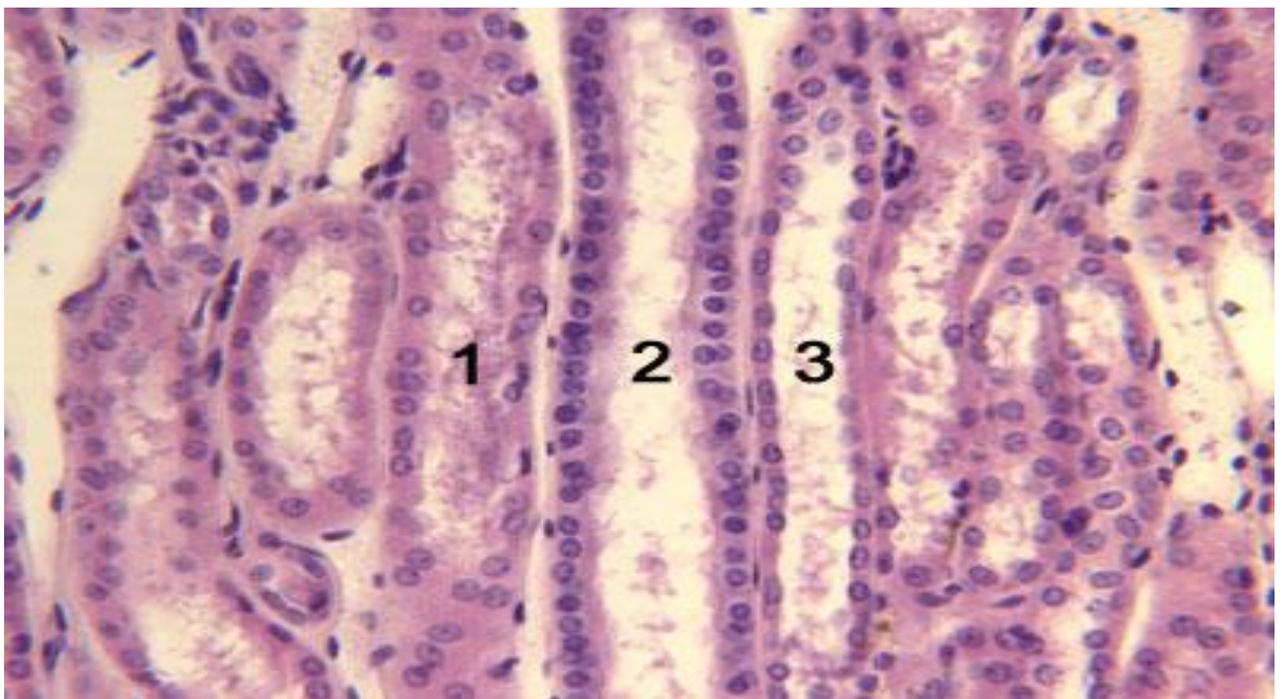
Канальцевая петля нефрона.

Канальцевая петля нефрона, или петля Генле осуществляет концентрирование мочи. Петля Генле представляет собой U-образную

трубочку. Через стенку нисходящей части канальца петли из просвета канальца в интерстициальное пространство, а затем и в кровь вторичной капиллярной сети пассивно переходит вода. Стенка восходящей части канальца петли непроницаема для воды. Стенка этой части канальца построена из плоских эпителиальных клеток с небольшим количеством органелл и коротких микроворсинок. Часть клетки, где расположено её ядро, выступает в просвет канальца. Через стенку этой восходящей части канальца



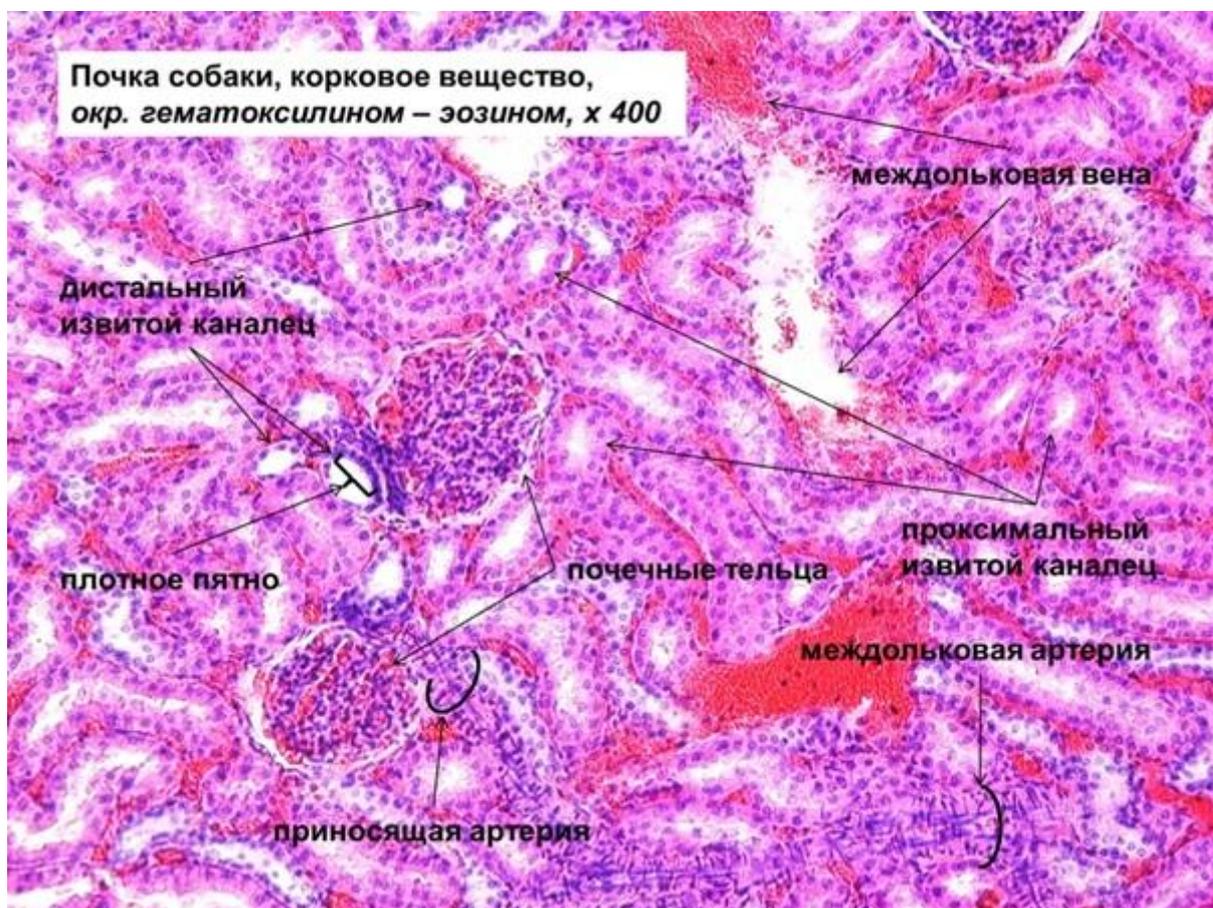
осуществляется диффузия ионов Na^+ и Cl^- из жидкости канальца в интерстициальное пространство.



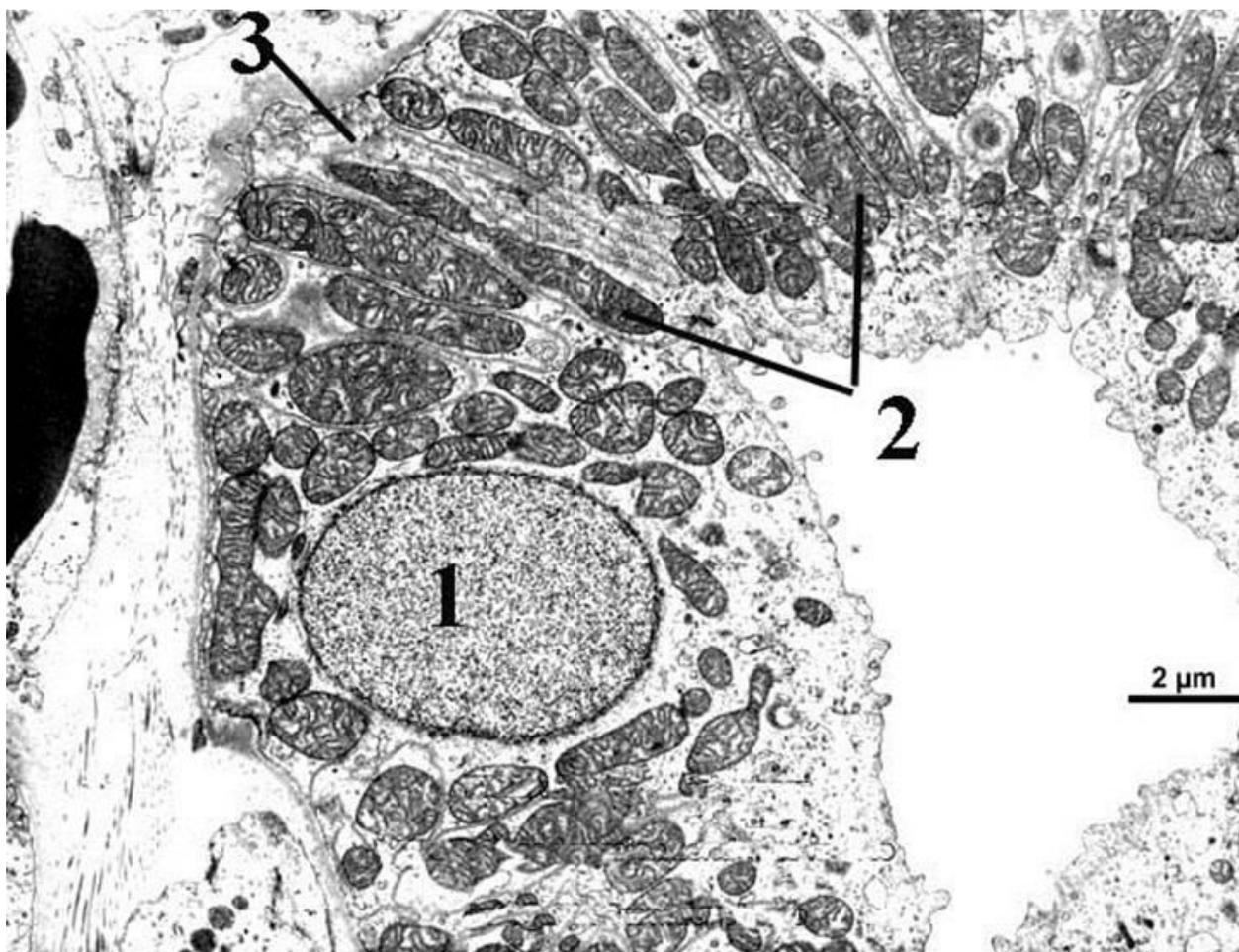
1 – Толстая нисходящая часть петли,
2 - Собирательная трубка,

3 - Толстая восходящая часть петли.

Дистальный отдел канальца короче и тоньше (средний диаметр $30 \div 50$ мкм) проксимального отдела. Стенка канальца построена из клеток однослойного кубического эпителия со светлой цитоплазмой, небольшим количеством



пиноцитозных пузырьков и лизосом. В базальной части эпителиоциты образуют отростки, переплетающиеся друг с другом и с отростками соседних эпителиоцитов. В местах боковых контактов соседних эпителиоцитов и в контактах их отростков имеются межклеточные каналы. Дистальный отдел канальца возвращается к почечному тельцу того же нефрона. В области сосудистого полюса этого нефрона каналец образует так называемое плотное пятно (Macula densa) – часть юкстагломерулярного аппарата. В дистальном отделе мочевого канальца осуществляется избирательная реабсорбция веществ, транспорт электролитов, ионов Na^+ и Cl^- из жидкости канальца в интерстициальное пространство. Этот процесс регулируется посредством альдостерона. Увеличение концентрации альдостерона в крови ведет к усилению удержания в организме натрия и усилению выведения из организма с мочой калия. Дистальный отдел мочевого канальца в начальной своей части проницаем для NaCl , но непроницаем для воды.



Дистальный каналец нефрона почки. Электронная микрофотография
1 – ядро; 2 – митохондрии; 3 – складки плазмолеммы.

Юкстагломерулярный аппарат нефрона

Юкстагломерулярный аппарат, или окологломерулярный комплекс – это структура, расположенная в области сосудистого полюса почечного тельца нефрона. Юкстагломерулярный аппарат принимает участие в регулировании регионарного и системного кровотока и кровяного давления.

Юкстагломерулярный аппарат содержит три типа клеток:

1. Клетки плотного пятна, участка стенки дистального мочевыводящего канальца, расположенного в промежутке между приносящей и выносящей артериолами у сосудистого полюса почечного тельца. Клетки плотного пятна - это 15-40 специализированных высоких эпителиальных клеток, располагающихся на прерывистой базальной мембране. Клетки напоминают конусы с усеченными вершинами, обращенными в просвет мочевыводящего канальца. Ядра клеток смещены к их вершинам, поэтому на поперечном сечении канальца видно, что ядра клеток лежат ближе друг к другу («плотнее»), чем в других частях канальца.

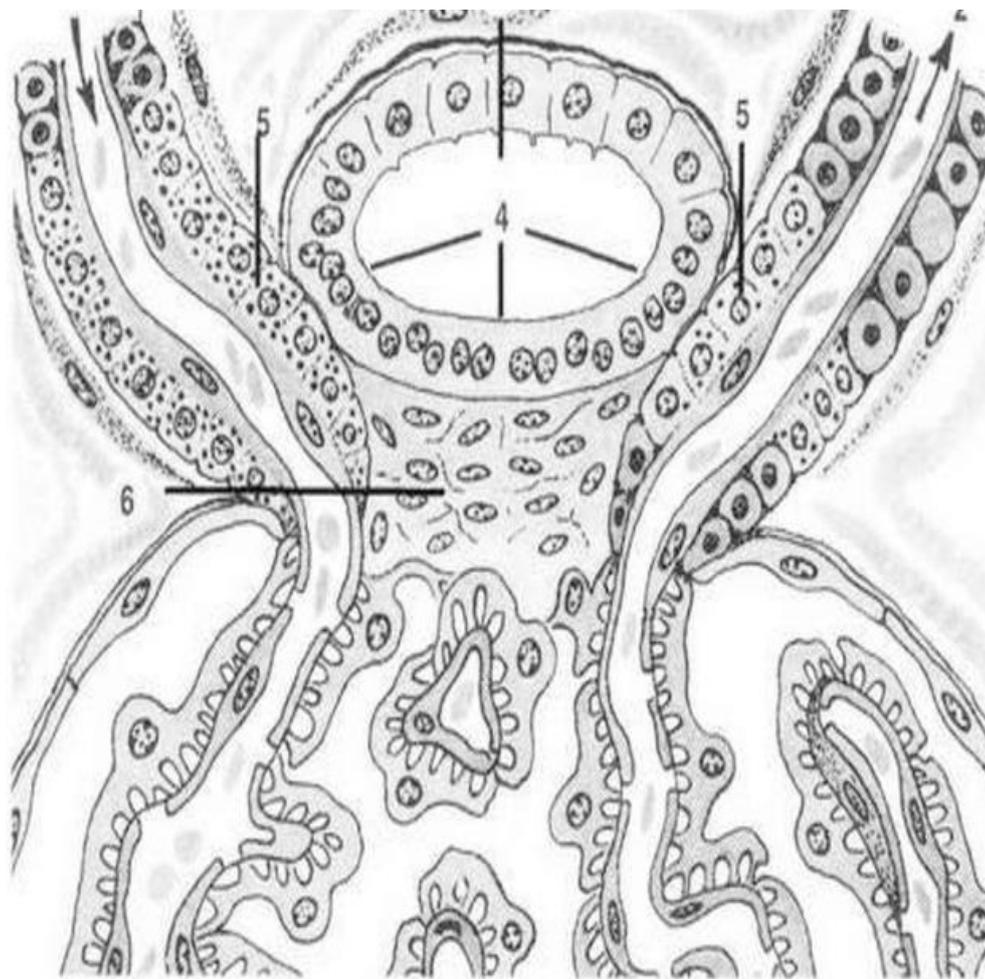


Рис. Почечное тельце с юкстагломерулярным аппаратом (ЮГА) (схема)

Юкстагломерулярный аппарат включает:

- а) юкстагломерулярные клетки (5);
- б) плотное пятно (4);
- в) юкставаскулярные клетки (6).

Клетки плотного пятна имеют умеренно развитые органеллы. В этом участке канальца отсутствует базальная мембрана. Базальные отростки клеток плотного пятна непосредственно контактируют с двумя другими типами клеток юкстагломерулярного аппарата: юкстагломерулярными клетками и юкставаскулярными клетками. Клетки плотного пятна являются осморорецепторами. Они воспринимают информацию об изменениях концентрации ионов натрия в жидкости дистального канальца и передают её к соседним юкстагломерулярным клеткам.

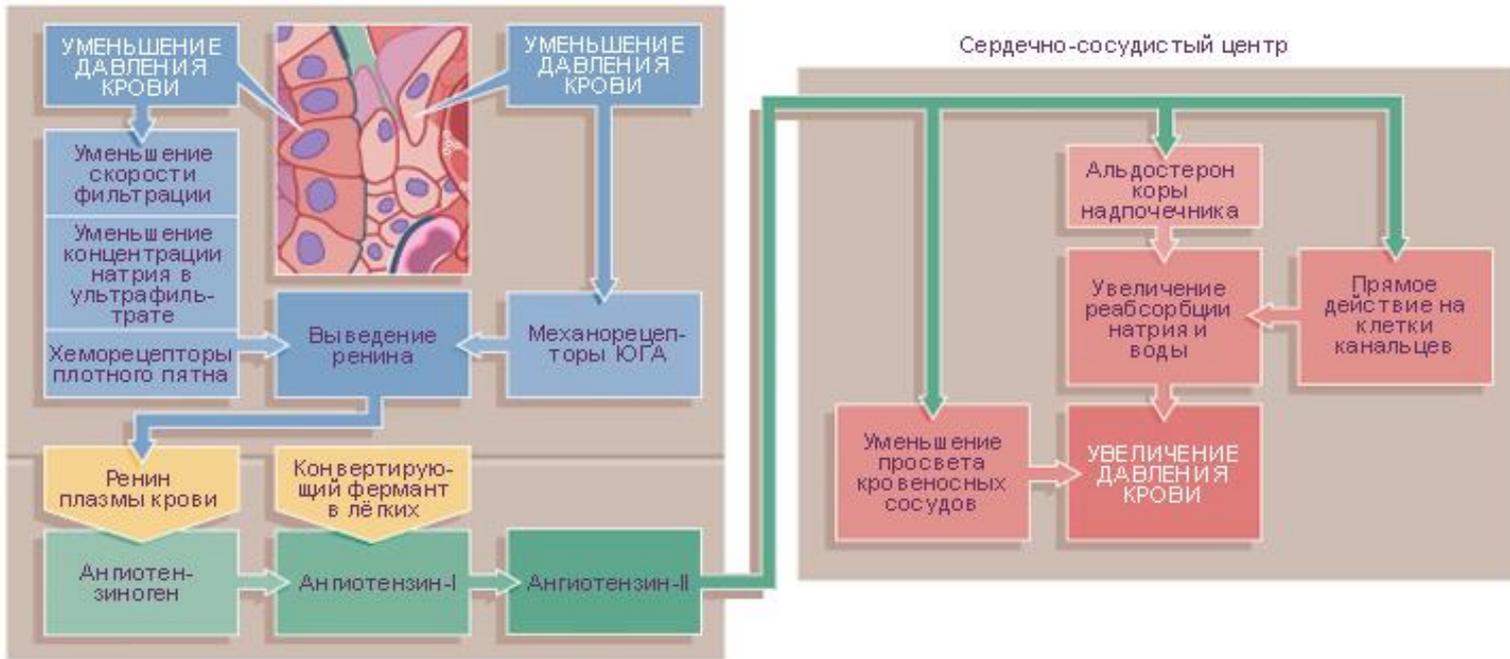
2. Юкстагломерулярные клетки - это модифицированные гладкомышечные клетки средней оболочки артериол сосудистого полюса клубочка нефрона. Они имеют полигональную форму и округлое, а не вытянутое, как у гладкомышечных клеток, ядро. В большем количестве они содержатся в стенке приносящей артериолы и в меньшем количестве в стенке выносящей артериолы. Юкстагломерулярные клетки являются барорецепторами и

воспринимают изменения кровяного давления. При уменьшении давления крови зернистые клетки выделяют, синтезированный и резервированный ими в виде крупных плотных гранул, фермент ренин. Клетки имеют умеренно развитые органеллы. За счет отростков клетки образуют контакты с интимой артериол и с клетками плотного пятна. К юкстагломерулярным клеткам подходят многочисленные адренергические нервные волокна.

3. Юкставаскулярные клетки (клетки Гурмагтига) образуют скопление (полюсную подушку) в пространстве треугольной формы между плотным пятном и клубочком почечного тельца (в углублении между приносящей и выносящей артериолами) и переходят в мезангий. Клетки полюсной подушки имеют неправильную форму, бледное ядро, филаменты в цитоплазме. Многочисленные длинные отростки этих клеток образуют сеть, взаимодействующую с юкстагломерулярными клетками и клетками плотного пятна. Функция юкставаскулярных клеток точно не установлена. Предполагают, что они передают информацию от клеток плотного пятна артериолам. В некоторых условиях эти клетки могут вырабатывать ренин.

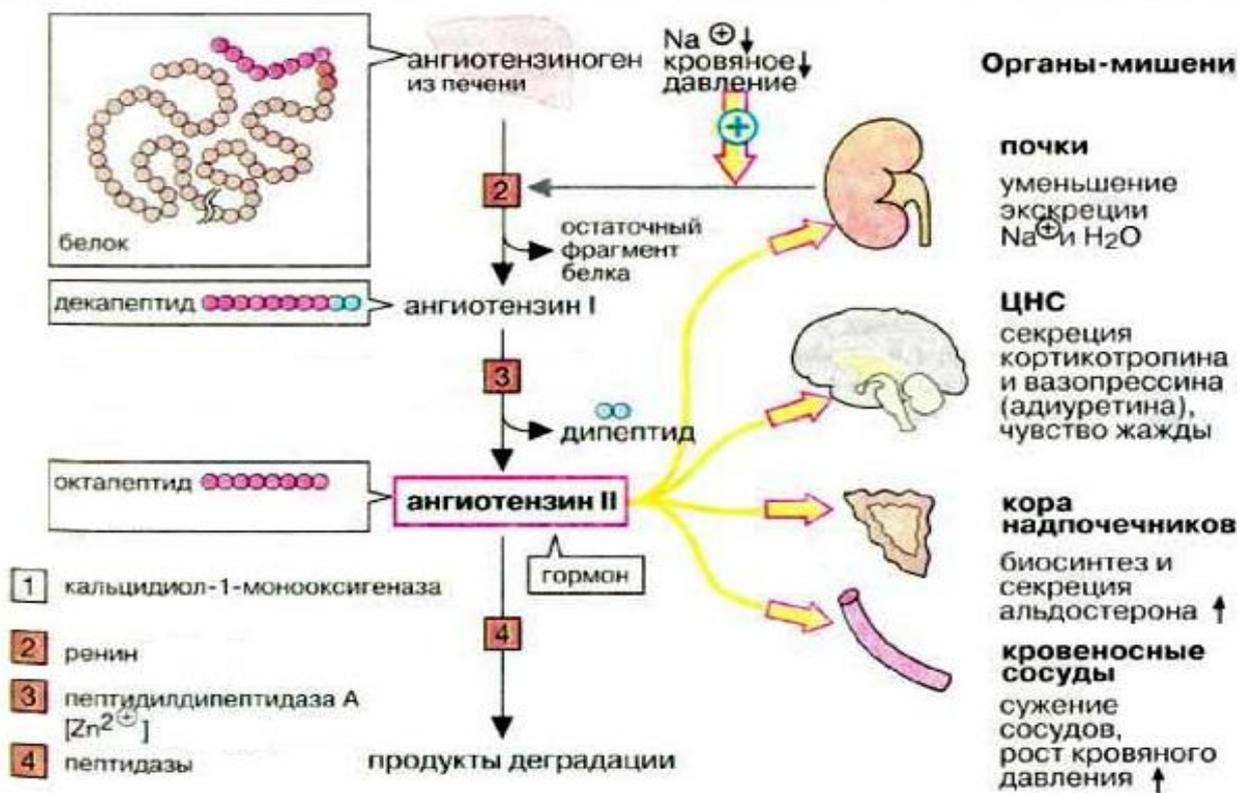
Ренин - это протеаза, гидролитический фермент, расщепляющий белок плазмы крови ангиотензиноген (α -2-глобулин - ангиотензин-образующий фермент, синтезируется в печени). В результате гидролиза ангиотензиногена он превращается в ангиотензин I. Во многих тканях и, особенно, в ткани лёгких присутствует фермент пептидил-дипептидаза А. При участии фермента пептидил-дипептидазы А бионеактивный ангиотензин I превращается в ангиотензин II. Ангиотензин II обладает выраженным сосудосуживающим действием. Ангиотензин II вызывает сокращение гладкомышечных клеток артериол, что ведет к сужению артериол. Сужение артериол клубочка почечного тельца под действием ангиотензина II ведет к уменьшению кровотока в почках и к повышению давления крови. При уменьшении кровотока в почках уменьшается уровень клубочковой фильтрации и, соответственно, к понижению концентрации ионов натрия в дистальных извитых канальцах. Хеморецепторы юкстагломерулярного аппарата (клетки плотного пятна) участвуют в управлении секрецией ренина. При избыточном содержании ионов натрия (и возрастании осмотического давления в канальце) секреция ренина юкстагломерулярными клетками уменьшается. Ангиотензин II также стимулирует секреторную активность клеток клубочковой зоны коры надпочечников, вырабатывающих гормон альдостерон. Повышение в плазме крови концентрации альдостерона ведет к усилению реабсорбции натрия в дистальном отделе канальца нефрона. Следствием задержки в организме натрия является задержка в организме воды и, следующее за этим, увеличение объёма крови. Увеличение объёма крови способствует повышению артериального давления.

Ангиотензин II - не единственный метаболит ангиотензиногена, обладающий биоактивностью. В частности, при отделении от ангиотензина II двух терминальных аминокислот образуется ангиотензин IV, который связывается со специальным типом биохимических рецепторов.



Юкстагломерулярный аппарат, ЮГА

Ангиотензин IV уменьшает реабсорбцию натрия в проксимальных и дистальных мочевых канальцах и способствует выведению из организма натрия. Действие определенных эндопептидаз на ангиотензин I или



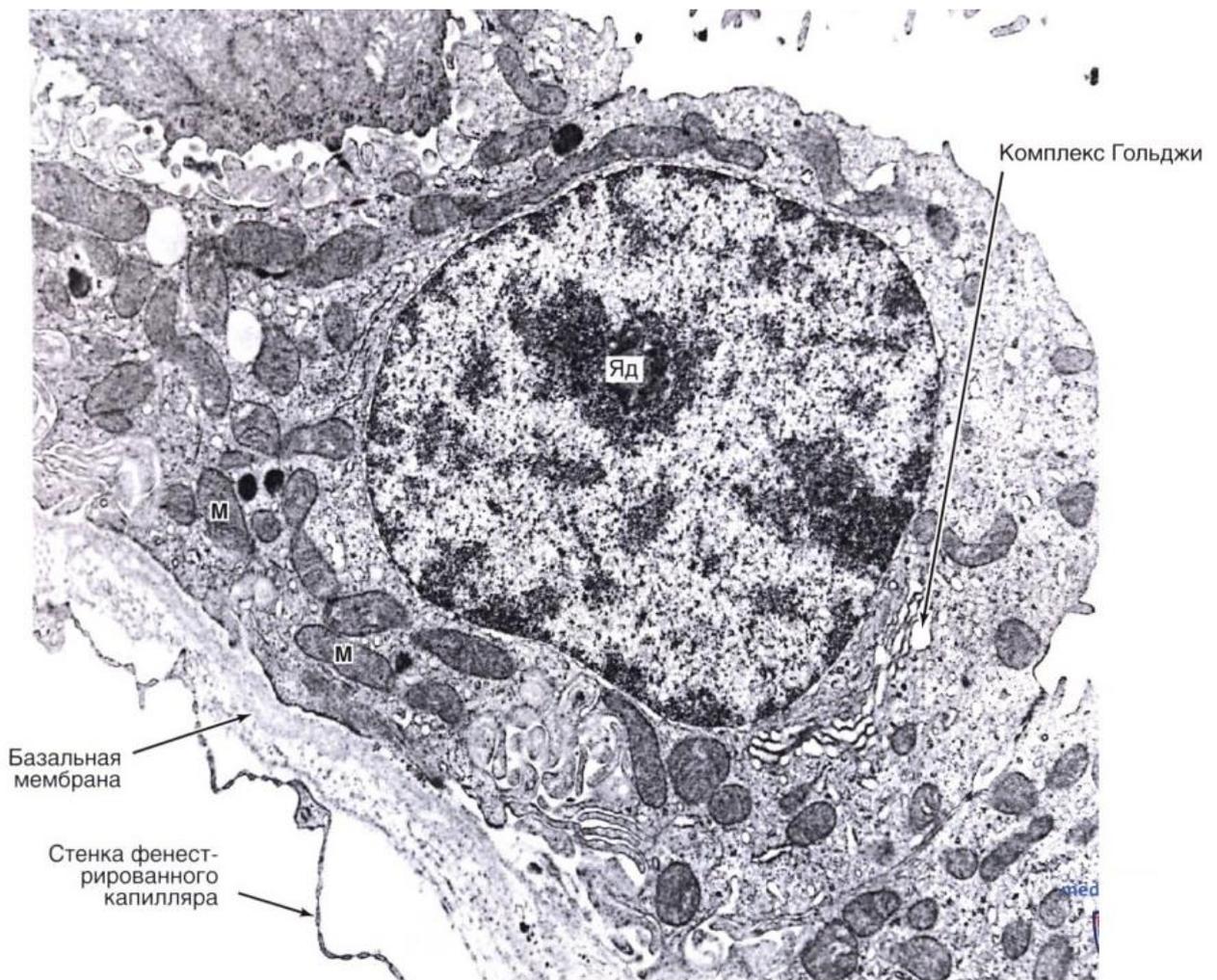
Б. Система ренин-ангиотензин

ангиотензин II ведет к образованию еще одного активного метаболита - ангиотензина 1-7. Ангиотензин 1-7 является опосредованным

сосудорасширяющим веществом (вазодилататором). Он способствует образованию окиси азота, простагландинов и других хемокинов. Уровень концентрации ангиотензина 1-7 в почках приблизительно такой же, как и уровень концентрации ангиотензина II. Различные исследования показывают, что он может обладать как диуретическим, так и антидиуретическим влиянием.

Собирательные трубочки образуют разветвленную систему в корковом и мозговом веществе почки. Стенка собирательной трубочки выстлана кубическим эпителием в корковом веществе и призматическим эпителием мозговом веществе. Эпителий собирательной трубочки содержит два основных типа клеток. Количественно преобладают светлые (главные) клетки. Их цитоплазма имеет слабо развитые органеллы. На сравнительно гладкой апикальной поверхности светлых клеток расположена единичная длинная ресничка. Стенка собирательной трубочки становится проницаемой для воды только в присутствии вазопрессина. В этом случае, по мере продвижения мочи по собирательным трубочкам вглубь мозгового вещества, в котором нарастает осмотическое давление из-за всасывания натрия в восходящем колене петли Генле, все больше воды пассивно уходит в гиперосмотичный интерстиций и моча становится все более концентрированной. Под влиянием вазопрессина происходит пассивный выход мочевины из собирательных трубочек в окружающее пространство. Мочевина интерстициальной жидкости по концентрационному градиенту диффундирует в просвет тонкой восходящей части петли Генле и вновь поступает с током мочи в дистальные каналцы и собирательные трубочки. Так осуществляется кругооборот мочевины в каналцах, сохраняющих высокий уровень ее концентрации в мозговом веществе. Описанные процессы протекают в основном в юкстамедуллярных нефронах, имеющих наиболее длинные петли Генле, спускающиеся глубоко внутрь мозгового вещества почки. Другой тип - темные клетки. Их базальная и апикальная поверхности покрыты складками. У темных клеток плотная гиалоплазма, содержащая большое количество митохондрий, внутриклеточных каналцев и тубулярно-везикулярных структур подобных тем, что находятся в париетальных клетках желудка. Темные клетки секретируют соляную кислоту и этим закисляют мочу.

Стенка крупных медуллярных собирательных трубочек выстлана высокими призматическими эпителиальными клетками с выпуклыми апикальными полюсами. Латеральная поверхность клеток покрыта многочисленными микроворсинками, обращенными в межклеточные каналцы. Просвет каналцев увеличивается под влиянием антидиуретического гормона. За счет этого увеличивается проницаемость собирательных трубочек для воды. При этом вода реабсорбируется из мочи собирательных трубочек и задерживается в организме.



.Стенка собирательной трубочки. М — митохондрии. Яд — ядрышко. Электронная микрофотография

В собирательных трубочках моча из изотонической превращается в гипертоническую. Альдостерон стимулирует реабсорбцию ионов натрия и секрецию ионов калия в собирательных трубочках так же, как и в дистальных отделах мочевых канальцев нефрона.

Функции почек

Функции мочеобразования и мочевыведения являются непосредственным или опосредованным результатом ряда других сопряжённых функций систем организма.

1. Экскреция - в соответствии с потенциальными и актуальными потребностями организма, выведение с мочой:

- негазообразных конечных продуктов метаболизма, которые не могут быть использованы в организме,
- избытка воды в организме,
- избытка минеральных компонентов плазмы крови и других жидкостей организма,
- чужеродных и токсических веществ.

2. Регулирование гомеостаза - вероятностной устойчивости характеристик внутренней среды для клеток и субклеточных структур организма:

- регулирование метаболизма белков, углеводов, липидов и их содержания в организме.
- регулирование метаболизма минеральных веществ и их содержания в организме.
- регулирование содержания воды в организме.
- регулирование осмотической концентрации веществ в жидкостях организма.
- регулирование кислотно-щелочного равновесия в жидкостях организма.

3. Регулирование функций основных систем, специализированных для исполнения жизненно важных физических функций организма:

- регулирование объёма крови и внеклеточной жидкости.
- регулирование давления крови в организме.
- регулирование эритропоэза в организме.
- регулирование функций других систем.

Функция мочеобразования

Механизм мочеобразования складывается из трех основных процессов:

- 1) клубочковой ультрафильтрации из плазмы крови воды и низкомолекулярных компонентов с образованием *первичной мочи*;
- 2) канальцевой реабсорбции (обратного всасывания в кровь) воды и необходимых для организма веществ из первичной мочи;
- 3) канальцевой секреции ионов, органических веществ эндогенной и экзогенной природы.

1. УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИЯ

В процессе ультрафильтрации происходит образование первичной мочи. Фильтрация определяется, с одной стороны, величиной гидростатического давления, способствующего выходу жидкости из капилляра, а с другой стороны, величиной онкотического давления, создаваемого растворенными в плазме крупномолекулярными белками, которые препятствуют выходу жидкости из капилляров.

Кровь, двигаясь по сосудам почки, фильтруется в полости клубочка через фильтр, который состоит из 3-х слоев. 1-й слой - эндотелий кровеносных капилляров, который имеет поры большого размера. Через эти крупные поры проходят все компоненты крови, кроме форменных элементов и высокомолекулярных белков. 2-й слой - базальная мембрана, которая построена из коллагеновых нитей (фибрилл), образующих молекулярное "сито". Диаметр пор - 4нм. Базальная мембрана не пропускает белки с молекулярной массой выше, чем 50кДа. 3-й слой - эпителиальные клетки капсулы, мембраны которых заряжены отрицательно, что не дает

возможности отрицательно заряженным альбуминам плазмы крови проникать в первичную мочу. Форма трехслойных пор сложная и не соответствует форме белковых молекул плазмы крови. Это несоответствие предотвращает проникновение нормальных белковых молекул в первичную мочу. Если же структура, форма, заряд молекулы белка изменены по сравнению с нормальной белковой молекулой, то такой аномальный белок может пройти через фильтр и попасть в мочу. Это один из механизмов очистки плазмы крови от дефектных белков и восстановления ее нормального состава. Через фильтр проходят в полость капсулы неорганические ионы (свободные или связанные с низкомолекулярными соединениями), аминокислоты, глюкоза, мочевины, мочевая кислота, креатинин и другие вещества.

Таким образом, ультрафильтрат (первичная моча) в норме почти не содержит белков и пептидов (всего 3-4 г/л). Зато состав низкомолекулярных небелковых компонентов, содержание различных ионов в первичной моче такие же, как и в плазме крови. Поэтому первичную мочу иногда называют «безбелковым фильтратом плазмы крови». Количество образующегося ультрафильтрата зависит от величины движущей силы ультрафильтрации - гидростатического давления крови в сосудах клубочка (в норме оно составляет приблизительно 70 мм.рт.ст.). Движущей силе ультрафильтрации противодействует онкотическое давление белков плазмы крови (около 25 мм.рт.ст.) и гидростатическое давление ультрафильтрата в полости капсулы (около 15 мм.рт.ст.).

Таким образом, движущая сила ультрафильтрации составляет: $70 - (25+15) = 30$ (мм рт.ст.) и называется *эффективным фильтрационным давлением*. Энергия АТФ в процессе ультрафильтрации не затрачивается. В результате процесса ультрафильтрации образуется первичная моча. В сутки через почки человека проходит приблизительно 1500л крови, при этом образуется около 180 литров первичной мочи (125мл за 1 минуту). Первичная моча, содержащая все низкомолекулярные компоненты крови и небольшое количество низкомолекулярных белков, подвергается реабсорбции в проксимальном канальце.

2. РЕАБСОРБЦИЯ

Реабсорбция - это движение веществ из просвета канальца в кровь. Реабсорбции подвергаются почти все белки, попавшие в ультрафильтрат, и другие необходимые организму вещества. Поэтому суточные потери белково-пептидного компонента мочи не превышают 100-150 мг/сутки, хотя в первичную мочу может фильтроваться до 8-10 граммов белка в сутки. Так, натрий реабсорбируется на 99%, калий - на 90%, кальций - на 99%, магний - на 94%, хлор - на 99%, бикарбонаты - на 99%, фосфаты - на 90%, сульфаты - на 69%, глюкоза (если ее содержание не превышает норму) - на 100%, аминокислоты - на 90%, вода - на 99%, мочевины - на 53%. В итоге, объем конечной мочи достигает 1,0-1,5 л в сутки. Основная масса молекул реабсорбируется в проксимальном извитом канальце, и меньше - в петле

Генле, в дистальном извитом канальце и собирательных трубках. Реабсорбция веществ осуществляется с участием различных механизмов, главным из которых является активный транспорт.

Проксимальная реабсорбция обеспечивает полное всасывание ряда веществ первичной мочи - глюкозы, белка, аминокислот и витаминов. В проксимальных отделах всасывается 2/3 профильтровавшихся воды и натрия, большие количества калия, хлора, бикарбоната, фосфата, а также мочева кислота и мочевины. К концу проксимального отдела в его просвете остается только 1/3 объема ультрафильтрата. В проксимальных отделах мочевых канальцев всегда сохраняется изоосмия. Объем реабсорбируемой воды в проксимальном отделе определяется количеством реабсорбируемых там осмотически активных веществ. Всасывание воды происходит пассивно, по градиенту осмотического давления и зависит от реабсорбции натрия и хлорида. Реабсорбция натрия в проксимальном отделе осуществляется как активным, так и пассивным транспортом. В начальном участке канальцев это активный транспорт Na^+ из просвета канальца, другой - пассивная реабсорбция Na^+ вслед за активно транспортируемыми в кровь как ионами гидрогенокарбоната (бикарбоната), так и ионами Cl^- . В плазмалеммах эпителиоцитов мочевых канальцев могут размещаться несколько разновидностей ионных насосов. Одним из них является $\text{Na}^+ \text{K}^+$ -АТФ-аза. Этот фермент размещается в базальной и латеральных областях мембран эпителиоцитов и обеспечивает транспорт ионов Na^+ из эпителиоцита в кровь и поступление из крови в эпителиоцит ионов K^+ . В реабсорбции гидрогенокарбоната важная роль принадлежит ферменту карбоангидразе.

Проксимальная реабсорбция глюкозы и аминокислот осуществляется с помощью специальных переносчиков. Фильтруемая глюкоза почти полностью реабсорбируется клетками проксимального мочевых канальца, так что в норме за сутки с мочой выделяется незначительное количество глюкозы (не более 130 мг). Процесс реабсорбции глюкозы осуществляется против высокого концентрационного градиента посредством сопряженного (вторичного) активного транспорта. В апикальных участках плазмалемм эпителиоцитов мочевых канальцев глюкоза комбинируется с белком-переносчиком. Этот же переносчик комбинируется также с ионами Na^+ . После этого комплекс транспортирует через плазмалемму в цитоплазму эпителиоцита глюкозу и ионы Na^+ . Апикальная область плазмалеммы обладает односторонней проницаемостью и высокой селективностью. Она не пропускает обратно из цитоплазмы эпителиоцита в просвет канальца ни глюкозу, ни Na^+ . Эти вещества в цитоплазме эпителиоцита движутся к его основанию по градиенту концентрации. Перенос глюкозы из цитоплазмы эпителиоцитов в интерстициальное пространство и в кровь через базальные плазмалеммы осуществляется по механизму облегченной диффузии.

Аминокислоты почти полностью реабсорбируются эпителиоцитами проксимального канальца. Для реабсорбции нейтральных, двуосновных, дикарбоксильных аминокислот и иминокислот из жидкости мочевых

канальцев в кровь существует несколько разных механизмов транспорта. Каждый из механизмов относительно специфичен и обеспечивает реабсорбцию аминокислот одной группы. В частности, механизм реабсорбции двуосновных аминокислот участвует во всасывании лизина, аргинина, орнитина и, возможно, цистина. При введении в кровь одной из аминокислот указанной группы в кровь и создании избыточной её концентрации в плазме крови, начинается усиленная экскреция почкой аминокислот именно этой группы. Транспорт отдельных групп аминокислот управляется специфичными им генетическими механизмами.

Выведение с мочой слабых кислот и оснований зависит от их клубочковой фильтрации, канальцевой реабсорбции или секреции. Выведение этих веществ осуществляется в основном по механизму неионной диффузии. Наиболее интенсивно этот процесс осуществляется в дистальных мочевых канальцах и собирательных трубочках.

Слабые кислоты и основания могут существовать в зависимости от рН среды в двух формах - неионизированной и ионизированной. Клеточные мембраны более проницаемы для неионизированных веществ. Многие слабые кислоты с бóльшей скоростью экскретируются со щелочной мочой, а слабые основания, напротив, - с кислой. Степень ионизации оснований увеличивается в кислой среде, но уменьшается в щелочной. В неионизированном состоянии эти вещества через липиды мембран реабсорбируются в цитоплазмы эпителиоцитов, а затем в плазму крови. Если значение рН канальцевой жидкости сдвинуто в кислую сторону, то основания ионизируются, плохо всасываются и экскретируются с мочой. В частности, никотин (слабое основание), при рН 8,1 ионизируется на 50%. Он в 3 - 4 раза быстрее экскретируется с кислой мочой (рН ~5), чем со щелочной (рН 7,8) мочой.

Малые количества профильтровавшегося белка практически полностью реабсорбируются в проксимальных канальцах с помощью пиноцитоза. В гемокapиллярных клубочках почечных телец фильтруется незначительное количество белков. Все они реабсорбируются эпителиоцитами проксимальных мочевых канальцев. Выведение белков с мочой в норме составляет не более 20-75 мг в сутки.

В отличие от реабсорбции электролитов, глюкозы и аминокислот, которые, проникнув через апикальный участок мембрану в цитоплазму эпителиоцита мочевого канальца, в неизменном виде достигают базальной области плазмалеммы эпителиоцита и транспортируются в кровь, реабсорбция белка обеспечивается принципиально иным механизмом. Белок попадает в цитоплазму эпителиоцита посредством пиноцитоза. Вначале молекулы профильтровавшегося белка адсорбируются на поверхности апикальной области плазмалеммы эпителиоцита. Затем плазмалемма образует пиноцитозную вакуоль. Отшнуровавшаяся вакуоль движется по направлению к базальному участку плазмалеммы эпителиоцита. В околоядерной области, где локализован пластинчатый комплекс (аппарат Гольджи), вакуоли могут

сливаться с лизосомами, содержащими ряд высокоактивных ферментов. В лизосомах белки расщепляются протеолитическими ферментами. Образовавшиеся при этом дипептиды и аминокислоты транспортируются через базальную область плазмалеммы в интерстициальную жидкость и в кровь вторичной капиллярной сети. Небольшая часть белков не комбинируется с лизосомами, не гидролизуется и переносится из цитоплазмы эпителиоцита в кровь в неизменном виде.

Дистальная реабсорбция ионов и воды по объему значительно меньше проксимальной. Однако, существенно меняясь под влиянием регулирующих воздействий, она определяет состав конечной мочи и способность почки выделять либо концентрированную, либо разведенную мочу (в зависимости от водного баланса организма). В дистальном отделе нефрона происходит активная реабсорбция натрия, хлора, калия, кальция, фосфатов. В собирательных трубочках, главным образом юкстамедуллярных нефронов, под влиянием вазопрессина повышается проницаемость стенки для мочевины и она, благодаря высокой концентрации в просвете канальца, пассивно диффундирует в окружающее интерстициальное пространство. Под влиянием вазопрессина стенка дистальных извитых канальцев и собирательных трубочек становится проницаемой и для воды.

Имеются два механизма реабсорбции:

- 1) простая диффузия (по градиенту концентраций);
- 2) активный транспорт - происходит против градиента концентраций и требует затрат энергии (АТФ).

Ионы Na^+ реабсорбируются с участием натриевого насоса - мембранного фермента Na, K -зависимой АТФазы. Этот фермент имеет 2 центра связывания: для натрия и для калия. После связывания с натрием и калием АТФаза меняет свою конформацию, в результате происходит перенос обоих ионов через мембрану эпителия почечных канальцев. При этом используется энергия гидролиза АТФ. Многие вещества, например глюкоза и аминокислоты, реабсорбируются в комплексе с ионами Na , т.е. энергия для переноса этих соединений выделяется в результате действия АТФ-азы. Аналогично протекает реабсорбция ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} - в этом процессе участвует $\text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+}$ -зависимая АТФаза. Кроме АТФаз в процессах активного транспорта участвуют особые транспортные белки-переносчики, которые называются транслоказами - они похожи по своим свойствам на ферменты:

- обладают способностью к избирательному связыванию с веществом, которое реабсорбируется (абсолютная и относительная избирательность);

- имеют предел работоспособности - уровень насыщаемости белка (подобно V_{max} у ферментов). Он определяется не скоростью реабсорбции, а предельной концентрацией реабсорбируемого из первичной мочи вещества. Эта величина называется **ПОЧЕЧНЫМ ПОРОГОМ РЕАБСОРБЦИИ**.

За сутки реабсорбируется:

- около 179 л воды;

- примерно 1 кг NaCl;
- около 340 г NaHCO₃;
- около 170 г глюкозы и т.д.

3. СЕКРЕЦИЯ

Активная секреция органических анионов в проксимальных мочевых канальцах.

Эпителиоциты проксимального мочевого канальца секретируют в жидкость канальца большое количество различных эндогенных (соли жёлчных кислот, жирные кислоты, оксалаты, ураты) и экзогенных (хлоротиазид, фуросимид, пенициллин, салицилаты) анионов. Некоторые органические анионы, секретируемые в жидкость проксимальных мочевых канальцев. Многие из этих органических анионов уже содержатся в жидкости проксимальных мочевых канальцев. Они попадают туда в результате их фильтрации из плазмы крови капилляров почечного клубочка в полость капсулы Шумлянско-Боумена. Таким образом, количество органических анионов в проксимальном мочевом канальце и их экскреция зависят как от их фильтрации, так и от их секреции. Некоторые из органических анионов по большей части связаны с белками плазмы крови. Такие органические анионы фильтруются лишь в малой степени. Для них секреция является главным механизмом экскреции. Отсюда, максимальная их концентрация в моче может служить характеристикой секреции этих веществ.

Механизмы секреции органических анионов в проксимальных мочевых канальцах представляют собой активный транспорт веществ по направлению противоположный реабсорбции органических веществ из жидкости мочевых канальцев. На базолатеральных участках плазмалемм канальцевых эпителиоцитов расположены активные белки-переносчики для транспорта анионов из интерстициальной жидкости в цитоплазму эпителиоцитов. Эти белки-переносчики осуществляют транспорт анионов в цитоплазму эпителиоцитов. Транспорт из цитоплазмы эпителиоцитов через апикальные области плазмалемм в жидкость мочевых канальцев осуществляется путем облегчённой диффузии, а также путем активного трансмембранного транспорта. Такой транспорт может осуществляться посредством различных механизмов. Это может быть первичный активный транспорт или вторичный, сопряженный активный транспорт. Для секреции в мочевых канальцах типичным является сопряженный противонаправленный транспорт, зависящий от натрия. Через плотные соединения эпителиоцитов органические анионы (как и глюкоза) практически не транспортируются. Если концентрация определённых органических анионов в плазме крови слишком высока, они не будут эффективно удаляться почками из крови (один из способов удержания в крови необходимой концентрации назначенного медикамента). Относительная неспецифичность белков-переносчиков является причиной их способности удалять из организма большое количество многих экзогенных химических веществ и, в частности,

медикаментов. В такой экскреторной функции почки взаимодействуют с печенью. В печени многие экзогенные (и эндогенные) вещества в процессе метаболизма преобразуются и соединяются либо с глюкуронатом, либо с сульфатом. В результате таких преобразований образуются растворимые в воде вещества, удаляемые из плазмы крови путем секреции в мочевых канальцах.

Активная секреция органических катионов в проксимальных мочевых канальцах.

В проксимальных мочевых канальцах существует несколько механизмов транспорта органических катионов. Эти механизмы аналогичны механизмам транспорта органических анионов. Разнообразие транспортируемых эндогенных и экзогенных органических катионов соответствует разнообразию белков-переносчиков.

На начальном этапе секреции, с увеличением концентрации органических катионов пропорционально увеличивается скорость потока их секреции. Постепенно все молекулы белков-переносчиков насыщаются органическими катионами и их транспорт замедляется, а затем скорость потока их секреции остается постоянной, независимой (экспонента) от увеличивающейся концентрации органических катионов.

Механизмы секреции органических анионов в проксимальных мочевых канальцах представляют собой активный транспорт веществ по направлению противоположный реабсорбции органических веществ из жидкости мочевых канальцев. На базолатеральных участках плазмалемм канальцевых эпителиоцитов расположены активные белки-переносчики для транспорта катионов из интерстициальной жидкости в цитоплазму эпителиоцитов. Транспорт из цитоплазмы эпителиоцитов через апикальные области плазмалемм в жидкость мочевых канальцев осуществляется в основном путем активного трансмембранного транспорта.

Ураты.

Ураты – кислые соли мочевой кислоты и их анионы, являются органическими веществами, в регулировании содержания которых в жидкостях организма принимают непосредственное участие почки. Нарушение метаболизма пуринов может приводить к ряду заболеваний (подагра, мочекаменная болезнь, болезни иммунодефицита), сопровождающихся изменением нормальной концентрации мочевой кислоты и её солей в жидкостях организма. Ураты свободно фильтруются. Почти все они реабсорбируются в начальных отделах проксимальных канальцев. Вместе с тем в последующих отделах проксимальных канальцев ураты активно секретятся. Затем, в прямом проксимальном канальце они снова реабсорбируются. Общая скорость потока канальцевой реабсорбции уратов в норме много больше, чем скорость потока их канальцевой секреции. Отсюда массовая скорость потока экскреции составляет лишь небольшую часть массовой скорости потока фильтрации.

Существуют различные механизмы транспорта уратов, но преобладающим механизмом является сопряженный с другим органическим анионом противонаправленный транспорт. Несмотря на то, что реабсорбция уратов преобладает над их секрецией, при увеличении образования уратов (продукт метаболизма пуринов), доля секреции уратов в проксимальных мочевых канальцах увеличивается, что ведет к увеличению их экскреции.

При нарушении функций почек экскреция уратов может уменьшаться по трём причинам:

- 1). Уменьшение фильтрации уратов, обусловленное уменьшением объёмной скорости гемодиализации в капиллярах почечных клубочков,
- 2). Чрезмерная реабсорбция уратов в мочевых канальцах,
- 3). Уменьшение секреции уратов.

Зависимость пассивной реабсорбции и секреции от рН.

Многие вещества, содержащиеся в мочевых протоках почек, являются слабыми кислотами или слабыми основаниями. Каждое из этих веществ распределено в двух формах: неионизированной (нейтральной) форме и ионизированной форме. Разным значениям рН соответствуют разные доли (в совокупном распределении) неионизированной и ионизированной формы данного вещества. Многие слабые кислоты становятся неионизированными при низких значениях рН. При высоких значениях рН они диссоциируют на анион и протон, то есть переходят в ионизированную форму. Чем меньше рН, тем больше доля неионизированной формы слабой кислоты. И наоборот, Чем больше рН, тем меньше доля неионизированной формы слабой кислоты и больше доля ионизированной (диссоциированной) её формы (анионов). В общем, липидные плазмалеммы эпителиоцитов мочевых канальцев более проницаемы для неионизированных форм слабых кислот и слабых оснований, чем для их ионизированных форм. Поэтому неионизированные формы этих веществ посредством диффузии могут транспортироваться по концентрационному градиенту через стенку мочевых канальцев в любых направлениях. В то же время для ионизированных форм этих веществ стенка мочевых канальцев является препятствием для диффузии.

Мочевина.

Мочевина - это один из конечных продуктов метаболизма белков, химическое соединение, относящееся к группе амидов - веществ, содержащих амидную группу $-\text{CONR}_1\text{R}_2$, где R_1 и R_2 - углеводородные радикалы или атомы водорода. С мочой в составе различных веществ (конечных продуктов метаболизма) выводится из организма 10 - 18 г / сут азота. При потреблении смешанной пищи 80 - 90% азота выводится в составе мочевины.

Мочевина составляет бóльшую часть органических веществ мочи. За сутки с мочой взрослого человека выводится в среднем 30 г мочевины (12 - 36 г).



Количество выводимой с мочой мочевины обычно увеличивается при потреблении пищи, богатой белками, при заболеваниях, сопровождающихся усиленным распадом белков тканей (лихорадочные состояния, опухоли, гипертиреоз, диабет и т.д.), а также при приеме некоторых лекарственных веществ. Количество выводимой с мочой мочевины уменьшается при тяжелой патологии печени (основное место синтеза мочевины), при заболеваниях почек (ухудшение фильтрации в почечных тельцах), а также приеме некоторых лекарственных веществ.

Норма мочевины :

- у детей до 14 лет — 1,8—6,4 ммоль/л,
- у взрослых — 2,5—6,4 ммоль/л.
- у людей старше 60 лет норма мочевины в крови - 2,9—7,5 ммоль/л.

Повышение мочевины происходит после физической нагрузки, вследствие приема андрогенов, глюкокортикоидов.

Регуляция основных процессов мочеобразования

Регуляция основных процессов мочеобразования осуществляется как нервным, так и, в большей мере, гуморальным путем. Симпатические эффекты проявляются в виде активации процессов реабсорбции глюкозы, натрия, воды и фосфатов и реализуются через систему вторичных посредников. Основным фактором регуляции реабсорбции воды в дистальных отделах нефрона является гормон *вазопрессин*, называвшийся ранее *антидиуретическим гормоном*. Канальцевая реабсорбция электролитов, также как и воды, регулируется преимущественно гормональными, а не нервными влияниями.

На объем суточной мочи и содержание ионов в ней оказывают влияние гормоны альдостерон и вазопрессин.

АЛЬДОСТЕРОН - это стероидный гормон коры надпочечников из группы минералкортикоидов, который обеспечивает усиление реабсорбции натрия из дистальной части почечного канальца благодаря активному транспорту. Особенностью действия этого гормона является то, что он начинает активно секретироваться при значительном снижении концентрации натрия в плазме крови. В случае очень низких концентраций натрия в плазме крови под действием альдостерона может происходить практически полное удаление натрия из мочи. Усиление реабсорбции натрия влечет за собой и задержку воды в организме. Гиперсекреция альдостерона (первичный альдостеронизм) приводит к задержке натрия и воды - затем развивается отек и гипертония, вплоть до сердечной недостаточности. Недостаточность альдостерона приводит к состоянию, которое характеризуется значительной потерей натрия, хлоридов и воды и

уменьшению объема плазмы крови. Кроме того, в почках одновременно нарушаются процессы секреции H^+ и NH_4^+ и это может приводить к ацидозу.

ВАЗОПРЕССИН (АДГ) - пептидный гормон, синтезируемый в гипоталамусе и секретируемый из нейрогипофиза, имеет мембранный механизм действия. Этот механизм в клетках - мишенях реализуется через аденилатциклазную систему. Вазопрессин вызывает сужение периферических сосудов (артериол). В результате повышается артериальное давление. Но в почках вазопрессин повышает скорость реабсорбции воды из начальной части дистальных извитых канальцев и собирательных трубочек. В результате увеличивается относительная концентрация ионов Na, Cl, P_i и общего N . Секреция вазопрессина увеличивается при повышении осмотического давления плазмы крови. Например, при повышенном потреблении соли или при обезвоживании организма. Считается, что действие вазопрессина связано с фосфорилированием белков апикальной мембраны почки, в результате чего увеличивается ее проницаемость. При поражении гипофиза, в случае нарушения секреции вазопрессина наблюдается несахарный диабет - резкое увеличение объема мочи (до 4-5 л) с низким удельным весом.

ПАРАТГОРМОН - гормон паращитовидной железы белково-пептидной природы, (мембранный механизм действия, через цАМФ) также влияет на удаление солей из организма. В почках он усиливает канальцевую реабсорбцию Ca^{+2} и Mg^{+2} , увеличивает экскрецию K^+ , фосфата, HCO_3^- и уменьшает экскрецию H^+ и NH_4^+ . В основном это происходит благодаря снижению канальцевой реабсорбции фосфата. Одновременно в плазме крови увеличивается концентрация кальция. Гипосекреция паратгормона приводит к обратным явлениям - увеличению содержания фосфатов в плазме крови и к снижению содержания Ca^{+2} в плазме.

ЭСТРАДИОЛ - женский половой гормон. Стимулирует синтез 1,25-диоксивитамина D_3 , усиливает реабсорбцию кальция и фосфора в почечных канальцах.

Б. УЧАСТИЕ ПОЧЕК В РЕГУЛЯЦИИ ВОДНО-СОЛЕВОГО И КИСЛОТНО-ЩЕЛОЧНОГО РАВНОВЕСИЯ

Вода в организме распределена между двумя основными пространствами: внутриклеточным и внеклеточным. Распределение воды зависит от общего количества растворенных веществ, т.к. вода движется в направлении осмотического градиента. Почки участвуют в поддержании постоянного количества воды путем влияния на ионный состав внутри- и внеклеточных жидкостей.

Около 75 % ионов натрия, хлора и воды реабсорбируется из клубочкового фильтрата в проксимальном канальце благодаря упомянутому АТФазному механизму. При этом активно реабсорбируются только ионы натрия, анионы перемещаются благодаря электрохимическому градиенту, а вода реабсорбируется пассивно и изоосмотически.

Поддержание постоянного значения рН крови обеспечивается благодаря участию в этом процессе почек и буферных систем крови. Буферные системы крови не устраняют нарушений кислотно-щелочного равновесия в организме, хотя и регулируют рН крови в значительном диапазоне. Почки способны обеспечивать удаление кислотных или щелочных компонентов и тем самым нормализуют соотношение компонентов буферных систем.

Изменение рН крови и мочи может быть связано с особенностями питания человека. Пища животного происхождения, богатая анионами сильных кислот (сульфатами, фосфатами), приводит к образованию кисло-реагирующих компонентов плазмы крови. Это приводит к выделению из организма более кислой мочи. Пища растительного происхождения содержит сильные катионы (Na^+ , K^+) и может приводить к образованию мочи щелочного характера.

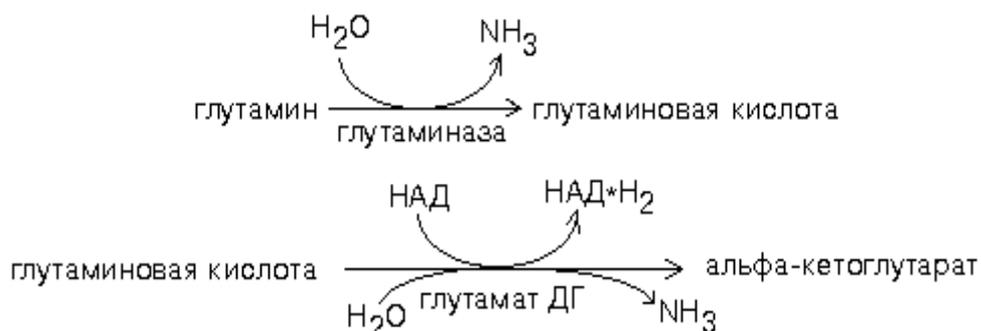
Поскольку для организма особую опасность представляет ацидоз, в почках имеются специальные механизмы борьбы с ним:

1) СЕКРЕЦИЯ H^+

Этот механизм включает в себя процесс образования CO_2 в метаболических реакциях, протекающих в клетках дистального канальца; затем образование H_2CO_3 под действием карбоангидразы; дальнейшую диссоциацию ее на H^+ и HCO_3^- и обмен ионов H^+ на ионы Na^+ . Затем натрий и бикарбонатные ионы диффундируют в кровь, обеспечивая ее подщелачивание. Этот механизм проверен в эксперименте - введение ингибиторов карбоангидразы приводит к усилению потерь натрия с вторичной мочой и прекращается подкисление мочи.

2) АММОНИОГЕНЕЗ

Активность ферментов аммонийогенеза в почках особенно высока в условиях ацидоза. К ферментам аммонийогенеза относятся глутаминаза и глутаматдегидрогеназа:



3) ГЛЮКОНЕОГЕНЕЗ

Протекает в печени и в почках. Ключевой фермент процесса - почечная пируваткарбоксилаза. Фермент наиболее активен в кислой среде - этим он отличается от такого же печеночного фермента. Поэтому при ацидозе в почках происходит активация карбоксилазы и кислореагирующие

вещества (лактат, пируват) более интенсивно начинают превращаться в глюкозу, не обладающую кислыми свойствами.

Этот механизм важен при ацидозе, связанном с голоданием (при недостатке углеводов или при общем недостатке питания). Накопление кетоновых тел, которые по своим свойствам являются кислотами - стимулирует глюконеогенез. А это способствует улучшению кислотно-щелочного состояния и одновременно снабжает организм глюкозой. При полном голодании до 50% глюкозы крови образуются в почках.

При алкалозе - тормозится глюконеогенез, (в результате изменения рН угнетается ПВК-карбоксилаза) тормозится секреция протонов, но одновременно усиливается гликолиз и увеличивается образование пирувата и лактата.

МЕТАБОЛИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЧЕК

1) *Образование активной формы витамина D₃.* В почках, в результате реакции микросомального окисления происходит заключительный этап созревания активной формы витамина D₃ - 1,25-диоксихолекальциферола. Предшественник этого витамина - витамин D₃, синтезируется в коже, под действием ультрафиолетовых лучей из холестерина, и затем гидроксилируется: сначала в печени (в положении 25), а затем в почках (в положении 1). Таким образом, участвуя в образовании активной формы витамина D₃, почки оказывают влияние на фосфорно-кальциевый обмен в организме. Поэтому при заболеваниях почек, когда нарушаются процессы гидроксирования витамина D₃, может развиваться **ОСТЕОДИСТРОФИЯ**.

2) *Регуляция эритропоэза.* В почках вырабатывается гликопротеин, названный почечным эритропоэтическим фактором (ПЭФ или **ЭРИТРОПОЭТИН**). Он является гормоном, который способен оказывать воздействие на стволовые клетки красного костного мозга, которые являются клетками-мишенями для ПЭФ. ПЭФ направляет развитие этих клеток по пути эритропоэза, т.е. стимулирует образование эритроцитов. Скорость выделения ПЭФ зависит от обеспечения почек кислородом. Если количество поступающего кислорода снижается, то увеличивается выработка ПЭФ - это ведет к увеличению количества эритроцитов в крови и улучшению снабжения кислородом. Поэтому при заболеваниях почек иногда наблюдается почечная анемия.

3) *Биосинтез белков.* В почках активно идут процессы биосинтеза белков, которые необходимы другим тканям. Здесь синтезируются некоторые компоненты:

- системы свертывания крови;
- системы комплемента;
- системы фибринолиза.

- в почках в клетках юкстагломерулярного аппарата (ЮГА) синтезируется **РЕНИН** - протеолитический фермент, который участвует в регуляции сосудистого тонуса, превращая ангиотензиноген в декапептид

при лечении некоторых форм артериальной гипертензии (например, препарат клофеллин).

Участие почек в регуляции артериального давления связано также с выработкой простагландинов, которые обладают гипотензивным эффектом, а образуются в почках из арахидоновой кислоты в результате реакций перекисного окисления липидов (ПОЛ).

4) *Катаболизм белков.* Почки участвуют в катаболизме некоторых белков, имеющих низкую молекулярную массу (5-6 кДа) и пептидов, которые фильтруются в первичную мочу. Среди них гормоны и некоторые другие БАВ. В клетках канальцев, под действием лизосомальных протеолитических ферментов эти белки и пептиды гидролизуются до аминокислот, которые поступают в кровь и реутилизуются клетками других тканей.

ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЧКИ

У новорожденных и детей грудного возраста почка округлая, поверхность ее бугристая за счет дольчатого строения, что связано с недостаточным развитием коркового вещества в этом возрасте. Дольчатое строение почки сохраняется до 2 — 3 лет. Длина почки у новорожденного составляет 4,2 см, а масса - 12 г. В грудном возрасте размеры почки увеличиваются примерно в 1,5 раза, а масса достигает 37 г.

В период первого детства длина почки равна в среднем 7,9 см, масса — 56 г. У подростков длина почки достигает уже 10,7 см, а масса почки составляет 120 г.

У новорожденных толщина коркового вещества почки равна примерно 2 мм, а мозгового — 8 мм; их отношение составляет 1:4. Толщина коркового вещества у взрослого человека по сравнению с таковой у новорожденного увеличивается примерно в 4 раза, мозгового — только в 2 раза.

Почка новорожденных в определенной степени сохраняет эмбриональное строение. Для нее характерны еще дольчатое строение, округлая форма. Ее вес при рождении 11-12 г, т. е. менее $\frac{1}{10}$ веса почки взрослого. В почке новорожденного соединительная ткань относительно лучше выражена, чем у взрослых, особенно под капсулой и около кровеносных сосудов, в то время как септы между канальцами тонки.

Корковый слой почки новорожденных и детей грудного возраста тонок - это тонкая полоска, пересеченная лучами мозгового вещества. Сосочки более узкие, чем у взрослого. Пирамиды и лучи сформированы нечетко. Короткие канальцы, расположены компактно. Почка недоношенных плодов несколько меньше по величине и весу, но по внешнему виду существенно не отличается от доношенных. Более выражены ее отличия в микроскопической картине: под капсулой много незрелых гломерул, в то время как зрелых гломерул только 8-9 рядов.

Наиболее слабо развиты наружные нефроны, у них еще очень короткие петли нефрона, колено которых проходит только в коре. В почках новорожденного клубочки расположены очень компактно, почечные тельца в

10-14 рядов, близко друг к другу. На единицу площади их в 3 раза больше, чем у годовалого, и в 5-7 раз больше, чем у взрослого. В поле зрения микроскопа у новорожденных определяется несколько десятков клубочков, между тем у взрослого нет и десятка. Почечные тельца у новорожденного непосредственно прилегают к капсуле. Отсутствует слой, свободный от них, как это имеет место у взрослого. Размер клубочков с возрастом увеличивается, в отличие от длины канальцев - у ребенка они короче. Почечные тельца распределены неравномерно, на периферии лежат в 3 раза компактнее, чем в центре. Эпителий висцерального листка высокий, кубический, париетального листка - плоский. Диаметры канальцев нефронов еще небольшие.

Незрелые клубочки в почке новорожденного расположены преимущественно в субкапсулярной зоне коркового вещества и состоят из недифференцированных эпителиальных клеток висцерального листка и нефункционирующих спавшихся кровеносных капилляров. Подоциты кубической или невысокой призматической формы, образуют наружную зону клубочков и отделены друг от друга узким просветом шириной 50-100 нм. Большинство подоцитов не имеют отростков и прилежат к базальной мембране, в них единичные митохондрии. В цитоплазме эндотелиальных клеток нет фенестр, нет пиноцитозных вакуолей

Другие клубочки, расположенные, как правило, в средней зоне коркового вещества, более дифференцированы и содержат от 2 до 5 функционирующих капилляров. Подоциты с короткими ветвящимися отростками или без них. В этот период жизни зрелые клубочки можно выделить лишь условно. Отростки их подоцитов короткие, слабо ветвятся, у отдельных их еще вообще нет.

Продолжается дифференцировка всех трех компонентов клубочкового фильтра: подоцитов, базальной мембраны и эндотелия клубочковых кровеносных капилляров.

Большинство исследователей полагает, что в определенной мере, особенно в первые недели жизни, число сосудистых клубочков продолжает нарастать.

В почках новорожденного клетки проксимальных канальцев в отличие от взрослого различны по структуре. В связи с особенностями нефрогенеза более дифференцированные проксимальные канальцы располагаются в средней и юкстагломерулярной зоне коркового вещества, а менее дифференцированные в субкапсулярных отделах. В клетках проксимальных и дистальных отделов формирующихся нефронов обнаруживаются многочисленные фигуры митоза, особенно в нефрогенной зоне.

Клетки дистального отдела характеризуются отсутствием щеточной каемки и наличием единичных коротких микроворсинок, слабо развитой цитоплазматической сетью, множеством мелких, диффузно расположенных митохондрий. Слабо выражены инвагинации базальной мембраны.

Рост почек происходит в основном на первом году жизни ребенка. В период с 5 — 9 лет и особенно в 16 — 19 лет размеры почки увеличиваются

за счет развития коркового вещества, которое продолжается вплоть до окончания пубертатного периода; рост мозгового вещества прекращается к 12 годам. Масса коркового вещества почек увеличивается благодаря росту в длину и ширину проксимальных и дистальных извитых канальцев и восходящей части петли нефрона. Почечные лоханки у новорожденного широкие, ампуловидные.

Фиброзная капсула почки становится хорошо заметной на 5-м году жизни ребенка, а к 10 — 14 годам по своему строению она близка к фиброзной капсуле взрослого человека. Листки почечной фасции у новорожденного очень тонкие, утолщаются постепенно по мере увеличения возраста ребенка. Жировая капсула почти отсутствует и начинает формироваться лишь к периоду первого детства, в дальнейшем она постепенно утолщается. К 40 — 50 годам толщина жировой капсулы почки достигает максимальных величин, а в пожилом и старческом возрасте она истончается, иногда исчезает.

С возрастом почка характеризуется тенденцией к фиброзу перерождению, большое количество почечных телец становятся нефункционирующими. Третья часть из них подвергается дегенерации. Однако функциональная потеря может в действительности не быть такой огромной, как кажется, ибо нормальные почки содержат известный резерв нефронов, функционально мало нагруженных.

Возрастные изменения в процессе старения связаны с нарушением внутриорганной гемодинамики, в частности, кровотока в клубочках. Общее количество почечных клубочков снижается. Характерна перестройка цитологической организации всех составных элементов фильтрующей мембраны. Утолщается базальная мембрана эндотелия, в которой накапливаются гликопротеиды и нейтральные мукополисахариды.

Соединительнотканная строма почки тесно связана с ее кровеносной системой и эпителиальными компонентами. С возрастом увеличивается количество ее волокнистых структур, развивается очаговый, а иногда и диффузный склероз почек. У людей в пожилом возрасте параллельно с утолщением коллагеновых и огрубением аргирофильных волокон происходит общее увеличение объема интерстициальной ткани.

Топография почек с возрастом изменяется в связи с их опусканием. У новорожденного верхний конец почки проецируется на уровне верхнего края XII грудного позвонка, а в грудном возрасте (до 1 года) — уже на уровне середины тела XII грудного позвонка. Нижний конец почки у новорожденного находится на уровне нижнего края IV поясничного позвонка, у годовалого ребенка на I позвонка выше, что связано с быстрым ростом позвоночного столба. После 5 — 7 лет положение почки относительно позвоночника приближается к таковому у взрослого человека.

В возрасте старше 50 лет, особенно у старых и истощенных людей, почки могут располагаться ниже, чем в молодом возрасте. Во все периоды жизни человека правая почка расположена несколько ниже левой.

У новорожденного обе почки в области верхнего конца и переднемедиальной поверхности (почти до ворот почки) соприкасаются с соответствующим надпочечником. К правой почке прилежат также печень, слепая кишка и червеобразный отросток. К левой почке прилежит на небольшом участке селезенка; медиальнее ворот находится хвост поджелудочной железы.

Продольная ось каждой почки у детей до 3 — 4 лет проходит параллельно позвоночнику, почечные ворота обращены несколько кпереди. К 5 — 6 годам продольные оси принимают наклонное (сходящееся кверху) направление.

По мере роста тела человека изменяются положения почки и относительная длина ее артерии и вены, составляющие «почечную ножку». У новорожденного «почечная ножка» относительно длинная, сосуды расположены косо. Начало почечной артерии и устье ее вены находятся выше почечных ворот. Затем «почечная ножка» постепенно принимает горизонтальное положение, а после 50 лет в связи с некоторым смещением почек вниз длина «почечной ножки» увеличивается и она направлена книзу.

ОРГАНЫ МОЧЕВЫВЕДЕНИЯ

Мочевыводящие пути или мочевыводящие органы - это объект управления мочевой системы, совокупность структур организма: почечные чашечки и лоханки почек, мочеточники, мочевого пузыря и мочеиспускательный канал. В соответствии с названием, их назначение - накопление мочи, образованной в почках и её выведение из организма.

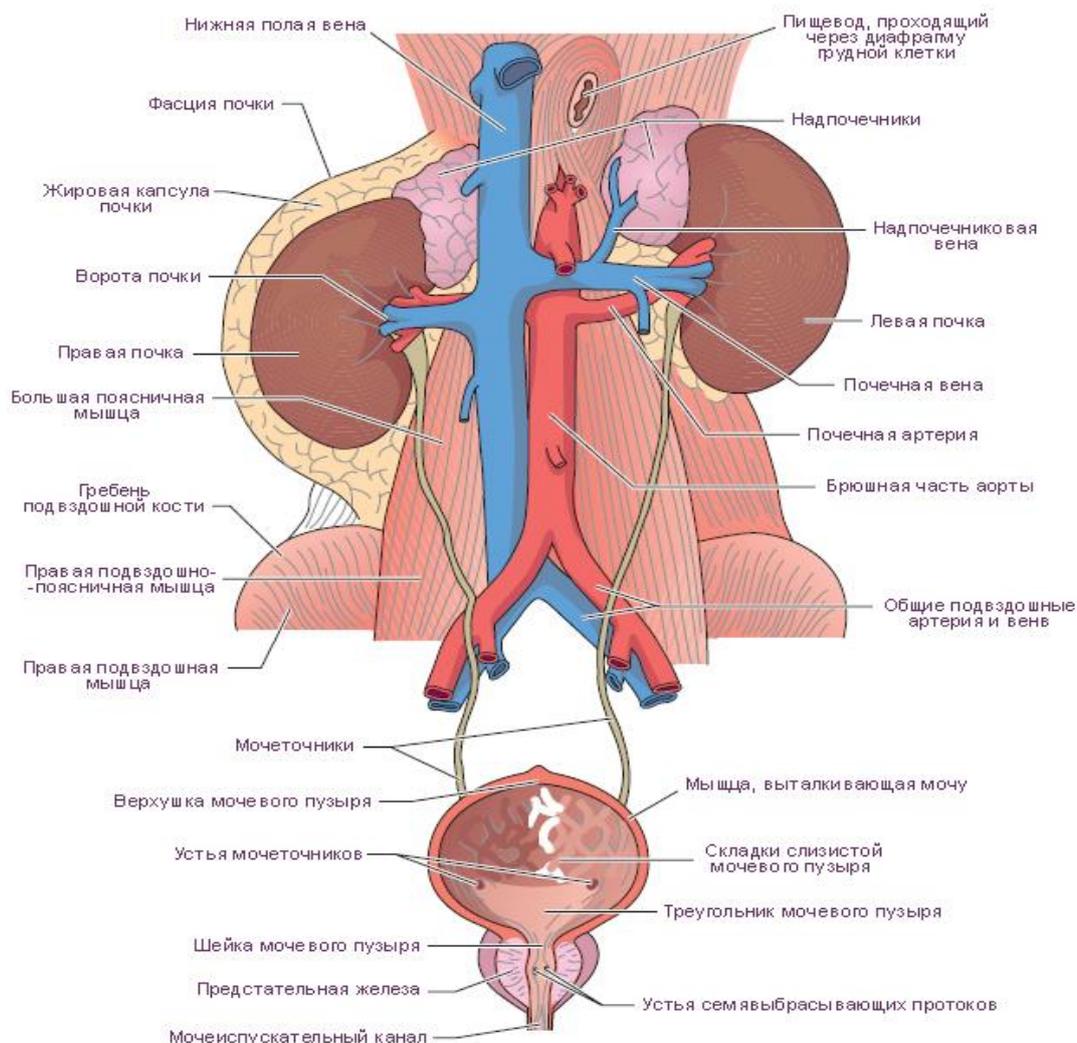
Почечные чашки. Почечная лоханка.

Малые чашки, *calyces renales minores*, числом около 8 — 9, одним концом охватывают один — два, реже три почечных сосочка, другим впадают в одну из больших чашек. Еще в синусе почки большие чашки сливаются в одну почечную лоханку, которая выходит через ворота позади почечных сосудов и, загибаясь вниз, переходит тотчас ниже ворот почки в мочеточник.

Мочеточник и мочевого пузыря

Развитие мочеточника и мочевого пузыря происходит из слепых выростов, которые закладываются у места впадения в клоаку обоих вольфовых протоков. Закладка к 7-й неделе выстлана многорядным эпителием. На 3-м месяце

эмбриогенеза уже формируются все 3 оболочки мочевого пузыря.



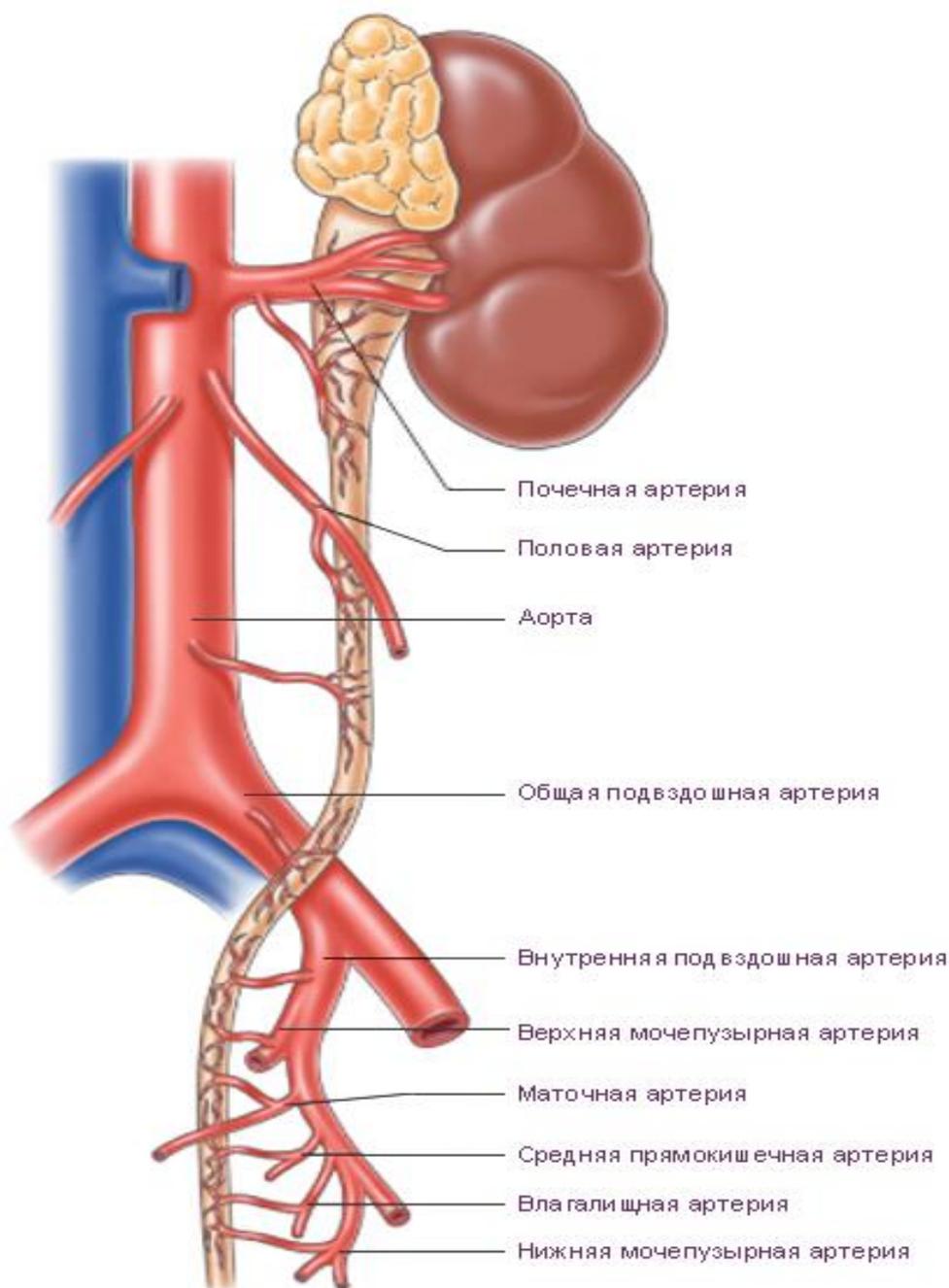
Мочеточник это парный трубчатый орган мочевой системы, расположенный забрюшинно в брюшной полости и в полости таза, отводящий мочу из лоханки почки в мочевой пузырь.

Анатомия мочеточника.

Мочеточник имеет форму трубки длиной 300-350мм, диаметр просвета 34 мм. Мочеточник имеет три сужения. Первое сужение расположено в месте выхода его из лоханки почки. Второе сужение расположено при пересечении пограничной плоскости перехода брюшной полости в полость таза. Третье сужение мочеточника расположено в месте впадения мочеточника в мочевой пузырь. В мочеточнике различают брюшную, тазовую и внутривентрикулярную части. Брюшная часть лежит на передней поверхности большой поясничной мышцы. Начало правого мочеточника находится позади нисходящей части двенадцатиперстной кишки. Начало левого мочеточника находится позади перехода двенадцатиперстной кишки в тощую кишку (двенадцатиперстно-тощий изгиб). Спереди от мочеточника располагаются яичковые (яичниковые) артерия и вена, а также листок париетальной брюшины. В области перехода в тазовую часть правый мочеточник лежит позади корня брыжейки сигмовидной ободочной кишки. Тазовая часть правого

мочеточника располагается впереди правых внутренних подвздошных артерии и вены. Тазовая часть левого мочеточника располагается впереди общих подвздошных артерии и вены. В полости малого таза каждый мочеточник лежит кпереди от внутренней подвздошной артерии и медиальное от запирающих артерии и вены. Просвет мочеточника в тазовой части сужен.

У женщин начальный отдел тазовой части мочеточника проходит позади яичника. Затем мочеточник с латеральной стороны огибает шейку матки и проходит между передней стенкой влагалища и мочевым пузырем.



У мужчин начальный отдел тазовой части мочеточника располагается кнаружи от семявыносящего протока. Затем мочеточник пересекает семявыносящий проток и несколько ниже верхнего края семенного пузырька входит в мочевой пузырь. Конечный отдел тазовой части мочеточника прободает стенки мочевого пузыря в косом направлении. Этот отдел называют внутривенечным отделом тазовой части мочеточника. Его длина 15 - 20 мм.

Кровеносные сосуды мочеточника.

Кровеносные сосуды мочеточника берут своё начало из нескольких источников. К верхней части мочеточника подходят мочеточниковые ветви из

почечной, яичниковой (яичковой) артерий. Средняя часть мочеточника снабжается артериальными мочеточниковыми ветвями из брюшной части аорты, от общей и внутренней подвздошных артерий.

К нижней части мочеточника подходят ветви средней прямокишечной артерии и нижней мочепузырной артерии. Соответствующие вены мочеточника впадают в поясничные и внутренние подвздошные вены.

Лимфатические сосуды мочеточника. Лимфатические сосуды мочеточника впадают в поясничные и внутренние подвздошные лимфатические узлы.

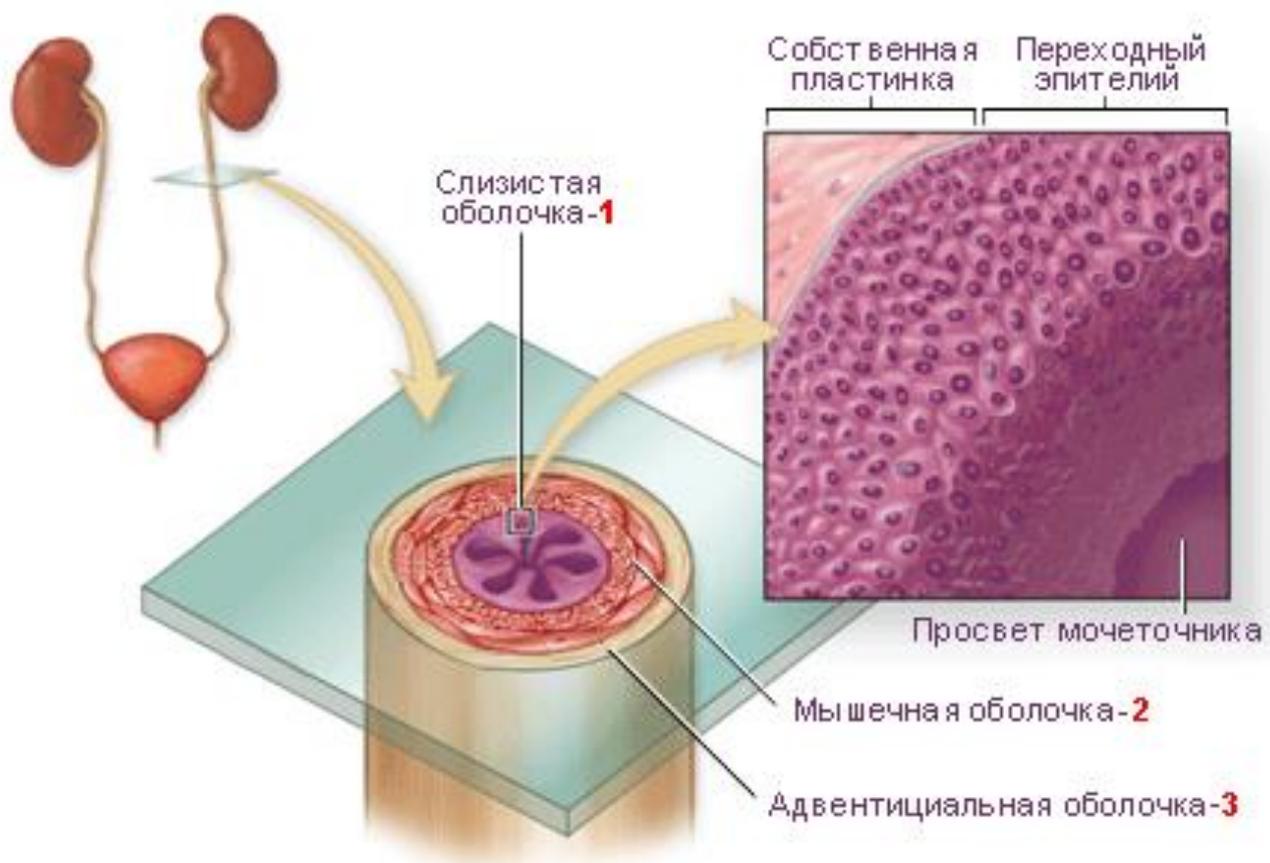
Иннервация мочеточника.

Нервы подходят к мочеточнику от почечного, мочеточникового и нижнего подчревного сплетений. Парасимпатические нервные волокна подходят к верхней части мочеточника от блуждающего нерва (через почечное сплетение), а к нижней части - из тазовых внутренностных нервов.

Гистология мочеточников.

Стенка мочеточника состоит из слизистой оболочки, подслизистой основы, мышечной оболочки и адвентициальной оболочки.

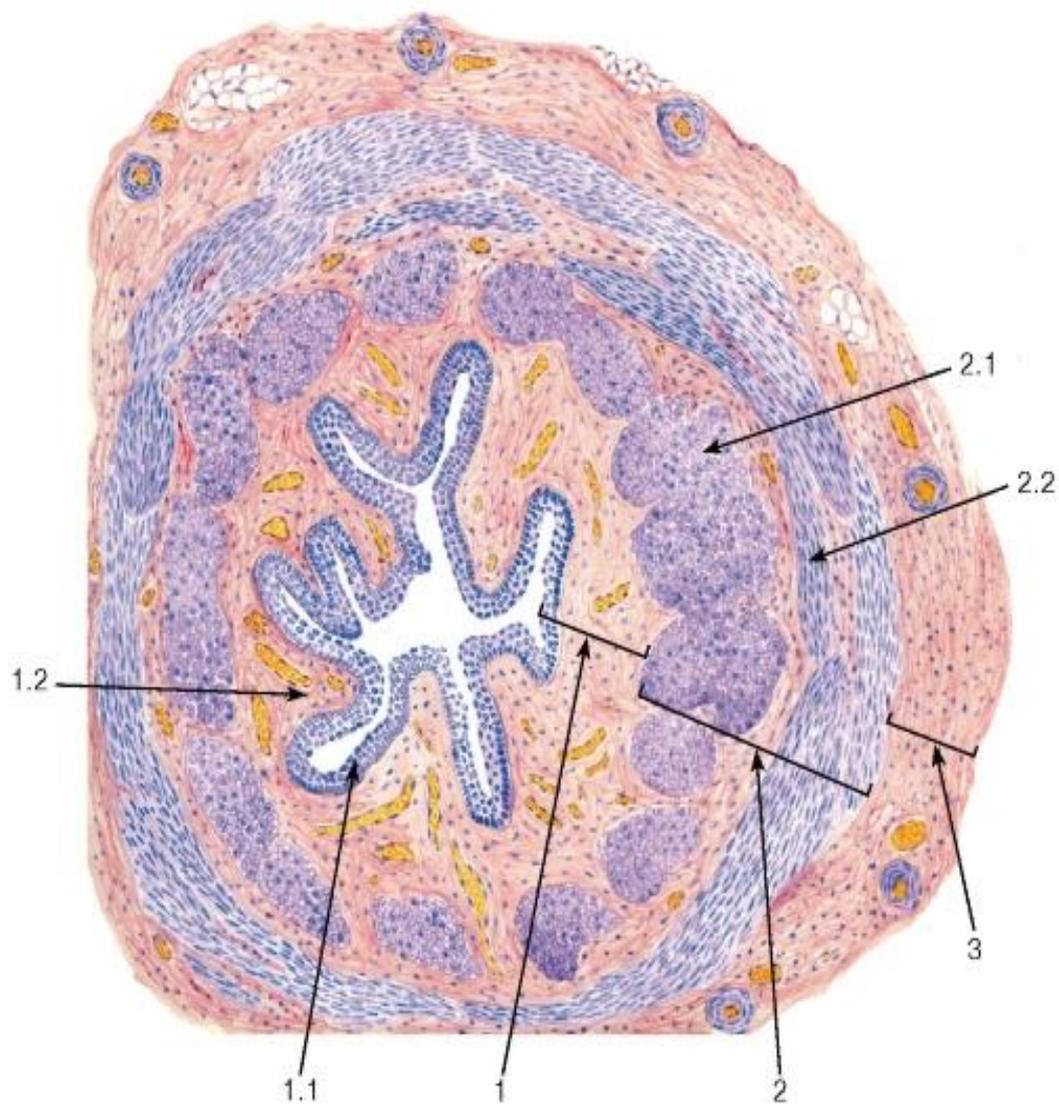
Слизистая оболочка мочеточника является непосредственным продолжением слизистой оболочки лоханки почки. Слизистая оболочка мочеточника состоит из переходного эпителия и тонкой собственной пластинки. Собственная пластинка образована рыхлой волокнистой соединительной тканью. Она нечётко переходит в соединительную ткань подслизистой основы, содержащей большее количество эластических волокон и еще более рыхлой, чем ткань собственной пластинки. Такое строение подслизистой основы обеспечивает наличие глубоких продольных складок слизистой оболочки и выраженной способности к растяжению.



слизистая оболочка: 1.1 - переходный эпителий, 1.2 - собственная пластинка; 2 - мышечная оболочка: 2.1 - внутренний продольный слой, 2.2 - наружный циркулярный слой; 3 адвентициальная оболочка

Мышечная оболочка состоит из двух (в проксимальном отделе) или трёх (в дистальном отделе) нерезко разграниченных тонких слоев спирально расположенных пучков гладких миоцитов. Они являются непосредственным продолжением мышечной оболочки почечных лоханок и также непосредственно переходят в мышечную оболочку мочевого пузыря. В той части, где мочеточник проходит через стенку мочевого пузыря, пучки гладких мышечных клеток проходят в виде петель. Сокращение этих петлевидных пучков мышечных волокон открывает входное устье мочеточника в мочевой пузырь. Открывающие мышечные петли мочеточников реципрокно согласуются с закрывающими устье мочеточника мышечными петлями мочевого пузыря.

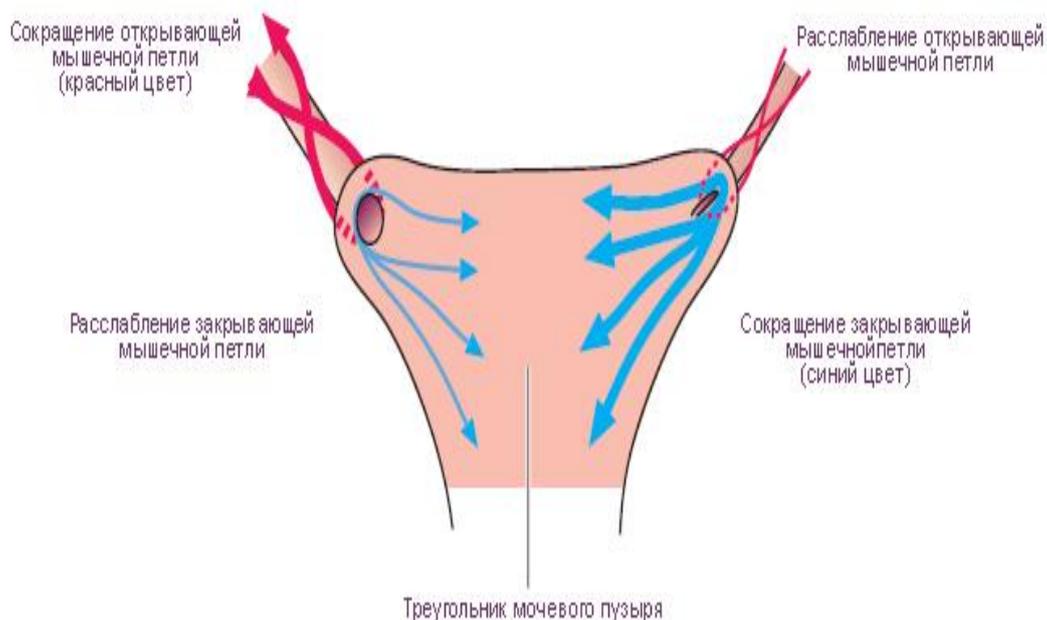
Открытие и закрытие выходного отверстия мочеточника. Спиральная ориентация мышечных пучков в мышечной оболочке указывает на порционный характер транспорта мочи по мочеточнику из почечной лоханки. Полагают, что мочеточник состоит из трех, реже из двух или четырёх секций. Между этими секциями в подслизистой и мышечной оболочках расположены кавернозноподобные образования из извивающихся кровеносных сосудов большой ёмкости. При наполнении сосудов кровью



просвет мочеточника закрывается, а при оттоке от них крови просвет мочеточника открывается. Таким образом, кавернозноподобные образования выполняют функцию последовательно срабатывающих сфинктеров. Кровенаполнение этих сфинктеров управляется нейрогенными механизмами, обеспечивающими односторонний поток мочи. Моча порциями продвигается из почечных лоханок по мочеточникам к мочевому пузырю. Наружная оболочка (адвентиция) мочеточников образована волокнистой соединительной тканью, которая без резких границ переходит в соединительную ткань, окружающую мочеточники.

Мочевой пузырь

Мочевой пузырь - это непарный полый орган, один из объектов управления системы выделения, главной функцией которого является накопление мочи, поступающей по мочеточникам из лоханок почек, удержание мочи и периодическое её выведение через мочеиспускательный канал.

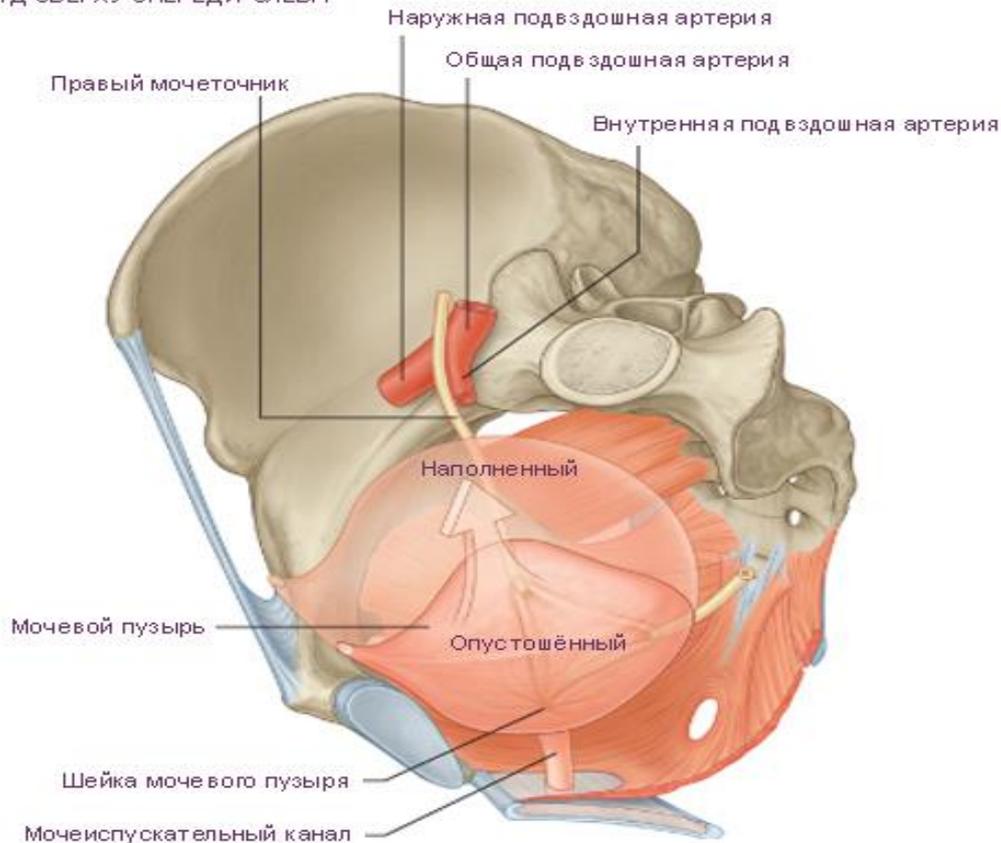


Форма и размеры мочевого пузыря зависят от наполнения его мочой. Наполненный пузырь имеет округлую форму. Ёмкость мочевого пузыря у взрослого человека 250 - 500 мл. В мочевом пузыре выделяют верхушку, тело, дно и воронкообразную шейку, переходящую в мочеиспускательный канал. Верхушка мочевого пузыря (передневерхняя его часть), обращена к передней брюшной стенке. От верхушки пузыря к пупку идет фиброзный тяж - срединная пупочная связка (остаток зародышевого мочевого протока). Верхушка пузыря плавно переходит в расширяющуюся часть - тело пузыря. Тело мочевого пузыря, продолжаясь кзади и вниз, переходит в дно мочевого пузыря. Нижняя часть мочевого пузыря суживается в виде воронки и продолжается мочеиспускательным каналом. Эта воронкообразная часть получила название шейки мочевого пузыря. В дистальной части шейки пузыря расположено внутреннее отверстие мочеиспускательного канала.

Анатомия мочевого пузыря.

Мочевой пузырь расположен в полости малого таза позади лобкового симфиза. Своей передней поверхностью мочевой пузырь прилежит лобковому симфизу. От лобкового симфиза мочевой пузырь ограничен слоем рыхлой клетчатки позади лобкового пространства. При наполнении мочевого пузыря мочой его верхушка выступает над лобковым симфизом и соприкасается с передней брюшной стенкой. У мужчин задняя поверхность мочевого пузыря прилежит к прямой кишке, к семенным пузырькам и к ампулам семявыносящих протоков, а дно мочевого пузыря прилежит к предстательной железе. У женщин задняя поверхность мочевого пузыря прилежит к передней стенке шейки матки и влагалища, а дно –

ВИД СВЕРХУ СПЕРЕДИ СЛЕВА

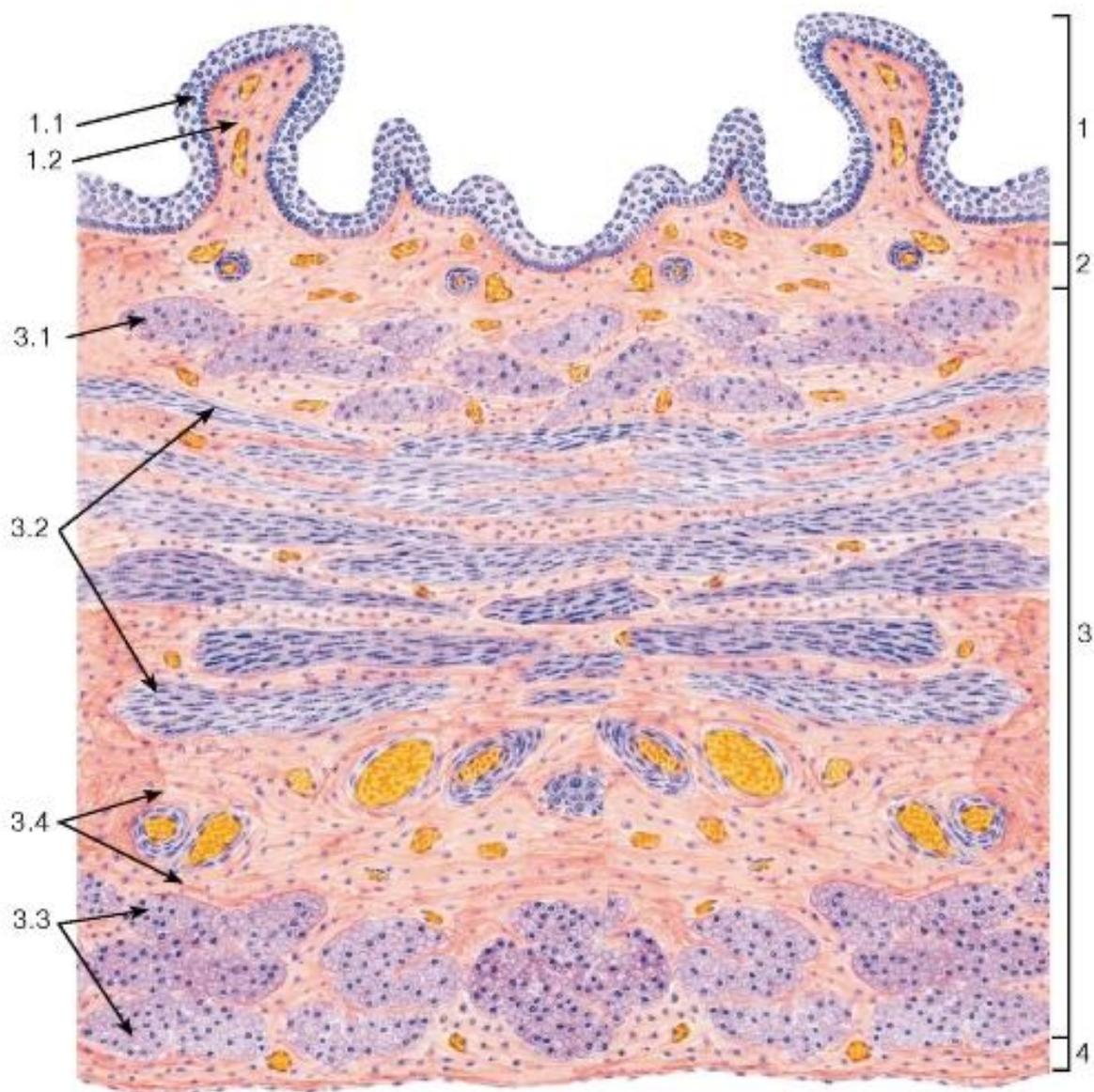


к мочеполовой диафрагме. Боковые поверхности мочевого пузыря у мужчин и женщин граничат с мышцей, поднимающей задний проход. К верхней поверхности мочевого пузыря у мужчин прилежат петли тонкой кишки, а у женщин - матка. Наполненный мочой мочевой пузырь расположен по отношению к брюшине мезоперитонеально. Опущенный, спавшийся мочевой пузырь расположен по отношению к брюшине ретроперитонеально. Брюшина рыхло соединяется со стенкой мочевого пузыря и покрывает его сверху, с боков и сзади. Затем, у мужчин брюшина переходит на прямую кишку (прямокишечно-пузырное углубление), у женщин - на матку (пузырно-маточное углубление). Мочевой пузырь фиксирован фиброзными тяжами на стенках малого таза и соединен фиброзными тяжами с соседними органами. Верхушка пузыря соединена с пупком срединной пупочной связкой. Нижняя часть мочевого пузыря прикреплена к стенкам малого таза и к соседним органам связками. Эти связки образованы соединительнотканными волокнами и пучками так называемой тазовой фасции. У мужчин имеется лобково-предстательная связка, а у женщин - лобково-пузырная связка. Кроме связок, мочевой пузырь также укреплен мышечными пучками. Они образуют лобково-пузырную мышцу и прямокишечно-пузырную мышцу. Прямокишечно-пузырная мышца имеется только у мужчин. Как у мужчин, так и у женщин мочевой пузырь в определенной степени фиксирован за счет начальной части

мочеиспускательного канала и концевых отделов мочеточников, а также за счёт предстательной железы у мужчин и мочеполовой диафрагмы у женщин.

Гистология мочевого пузыря

Стенка мочевого пузыря состоит из слизистой оболочки, подслизистой основы, мышечной оболочки и адвентиции. В местах, покрытых брюшиной, стенка мочевого пузыря имеет ещё и серозную оболочку. Растянутая стенка наполненного мочой пузыря имеет толщину 2 - 3 мм. Вдоль основания (задней границы) треугольника мочевого пузыря проходит межмочеточниковая складка. В каждом углу треугольника (на концах задней границы) расположены отверстия мочеточника (правое и левое). При опорожнении, за счёт сокращения мышечной оболочки, мочевой пузырь уменьшается в размерах, а толщина его стенки увеличивается. Стенка опустошённого мочевого пузыря имеет толщину 12 - 15 мм. Изнутри мочевой пузырь выстлан слизистой оболочкой.



1 - слизистая оболочка: 1.1 - переходный эпителий, 1.2 - собственная пластинка; 2 - подслизистая основа; 3 - мышечная оболочка: 3.1 - внутренний продольный слой, 3.2 - средний циркулярный слой, 3.3 - наружный продольный слой, 3.4 - соединительнотканые прослойки; 4 - серозная оболочка

Слизистая оболочка имеет розоватый цвет, она подвижна и при опорожнении мочевого пузыря легко собирается во множество складок. При наполнении мочевого пузыря складки слизистой оболочки полностью расправляются. Складки всегда отсутствуют на небольшом участке в области дна пузыря. Этот участок называют треугольником мочевого пузыря. Стенка мочевого пузыря в области треугольника лишена подслизистой основы, а её слизистая оболочка плотно сращена с мышечной оболочкой. Здесь, в собственной пластинке слизистой оболочки, заложены железы, подобные железам нижней части мочеточников. В передней части дна мочевого пузыря (у вершины треугольника) расположено внутреннее отверстие мочеиспускательного канала.

Подслизистая основа стенки мочевого пузыря хорошо развита. Благодаря ей слизистая оболочка может собираться в складки. В области треугольника мочевого пузыря подслизистая основа отсутствует, отсутствуют и складки. В области верхушки мочевого пузыря видна короткая складка. Кнаружи от подслизистой основы стенка мочевого пузыря имеет мышечную оболочку. Она состоит из трех нечетко отграниченных слоев. Слои образованы спирально ориентированными и пересекающимися крупными пучками гладкой мышечной ткани, разделёнными соединительной тканью. Мышечные слои объединены друг с другом по типу мышечного синцития. В наибольшей степени слоистость выражена по передней и задней поверхности основания мочевого пузыря, в наименьшей степени - в области тела мочевого пузыря и его краев. Наружный и внутренний (со стороны полости пузыря) слои мышечной оболочки имеют продольное направление, а средний, наиболее развитый слой, имеет циркулярное направление. В области шейки мочевого пузыря и внутреннего отверстия мочеиспускательного канала средний циркулярный слой наиболее выражен и образует мышечный сфинктер (внутренний сфинктер мочеиспускательного канала). Средний слой мышечной оболочки образует наиболее крупную мышцу мочевого пузыря - сжиматель мочевого пузыря. При сокращении этой мышцы давление мочи в полости мочевого пузыря увеличивается. Если вслед за этим открывается входное отверстие мочеиспускательного канала, моча из мочевого пузыря через мочеиспускательный канал вытекает наружу. Объём мочевого пузыря и давление мочи в его полости уменьшаются. В соответствии с этой функцией мышцы - сжимателя мочевого пузыря её называют мышцей, выталкивающей мочу. Мышца, выталкивающая мочу, может расслабляться (фаза наполнения) и сокращаться (фаза опорожнения), и в значительных пределах изменять ёмкость мочевого пузыря. Это обеспечивает накопление мочи в мочевом пузыре, её удержание и её выведение. Эти процессы

согласованы с функциями других мышц (сфинктеров) пузыря, скоординированы с функциями других отделов мочевой системы. Все эти функции управляются эндогенными и экзогенными нейрогуморальными механизмами в соответствии с актуальными и потенциальными потребностями организма. Внутренний мышечный слой расположен в области подслизистой основы. Он плотно прилежит к слизистой оболочке мочевого пузыря. По проксимальному краю треугольника мочевого пузыря внутренний мышечный слой формирует поперечное утолщение.

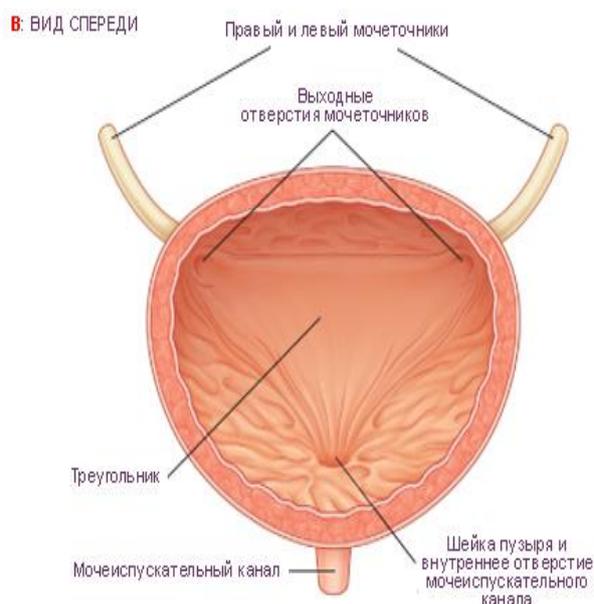
По латеральным краям треугольника мочевого пузыря видны продольные утолщения. Они направлены от выходных отверстий мочеточников к устью внутреннего отверстия мочеиспускательного канала. Своими проксимальными отделами эти мышцы способны смещать устья мочеточников книзу и медиально. При этом интрамуральный отдел мочеточников удлиняется, и просвет мочеточников уменьшается, чем предотвращается ретроградный поток мочи. При растяжении мочевого пузыря интрамуральный отдел мочеточников укорачивается и просвет мочеточников увеличивается. В результате динамическое сопротивление потоку мочи уменьшается. Наружная оболочка мочевого пузыря на верхнезадней и частично на боковых поверхностях мочевого пузыря образована листком брюшины (серозная оболочка). Остальные области мочевого пузыря снаружи покрыты адвентицией.

Сосуды и нервы мочевого пузыря.

К верхушке и к телу мочевого пузыря подходят верхние мочепузырные артерии - ветви правой и левой пупочных артерий. Стенка мочевого пузыря богато снабжена кровеносными и лимфатическими сосудами. Лимфатические сосуды мочевого пузыря впадают во внутренние подвздошные лимфатические узлы.

Мочевой пузырь иннервируется симпатическими нервными волокнами из нижнего подчревного сплетения, парасимпатическими нервными волокнами по тазовым внутренностным нервам и афферентными нервными волокнами крестцового сплетения (из половых нервов).

В мочевом пузыре, особенно у места входа мочеточников и выхода мочеиспускательного канала, обнаружено много нервных ганглиев и единичных нейронов вегетативного отдела нервной системы. В серозной, мышечной



и слизистой оболочках располагается множество различных сенсорных рецепторов.

Мочеиспускательный канал

Мочеиспускательный канал, или уретра - это непарный полый трубчатый орган, один из объектов управления мочеполовой системы. Общей функцией мочеиспускательного канала является выведение мочи из мочевого пузыря. Кроме того, у мужчин мочеиспускательный канал служит для выбрасывания семени.

Мужской мочеиспускательный канал (мужская уретра).

Мужской мочеиспускательный канал (мужская уретра) является продолжением шейки мочевого пузыря (внутреннее отверстие мочеиспускательного канала). Он имеет диаметр 5 - 7 мм, длину 160 - 220 мм и заканчивается наружным отверстием, расположенным на головке полового члена. В соответствии с топографией его разделяют на три последовательных отдела: предстательный отдел, перепончатый отдел и губчатый отдел. Предстательный отдел проходит через предстательную железу, перепончатый отдел проходит через мочеполовую диафрагму, а губчатый отдел проходит через губчатое тело полового члена. В соответствии со степенью подвижности мочеиспускательный канал разделяют на фиксированную часть и подвижную часть. Границей между этими частями является место прикрепления к половому члену пращевидной связки полового члена. Предстательный отдел мочеиспускательного канала имеет длину 30 мм. В середине этого отдела просвет мочеиспускательного канала расширен. На задней его стенке находится продолговатое возвышение. Его называют гребнем мочеиспускательного канала. Наиболее выступающая часть этого гребня носит название семенного холмика, или семенного бугорка. На его вершине расположено углубление - предстательная маточка. Она является рудиментом конечного отдела парамезонефральных протоков. По сторонам от предстательной маточки открываются устья семявыбрасывающих протоков (семявыносящих протоков). По окружности семенного холмика расположены отверстия выводных протоков предстательной железы.

Перепончатый отдел мочеиспускательного канала проходит от верхушки предстательной железы до луковицы полового члена. Этот отдел является самым коротким, 15 мм, и наиболее узким. В том месте, где перепончатый отдел проходит через мочеполовую диафрагму, мочеиспускательный канал окружен концентрическими пучками поперечнополосатых мышечных волокон. Эти концентрические пучки поперечно - полосатых мышечных волокон образуют произвольный сфинктер мочеиспускательного канала.

Губчатый отдел мочеиспускательного канала является самой длинной, 150 мм, частью. Диаметр этого отдела мочеиспускательного канала почти везде постоянен. Расширения имеются в участке, расположенном в луковице

полового члена и в конечном участке (ладьевидная ямка мочеиспускательного канала). Мочеиспускательный канал заканчивается наружным отверстием на головке полового члена. Поскольку здесь в стенке канала имеется фиброзно-эластическое кольцо, наружное отверстие мало растяжимо.

Мужской мочеиспускательный канал S-образно изогнут и имеет три последовательных сужения. Первое сужение расположено в области внутреннего отверстия мочеиспускательного канала мочевого пузыря. Второе сужение расположено в месте прохождения его через мочеполовую диафрагму. Третье сужение расположено у его наружного отверстия. Мочеиспускательный канал имеет три последовательных расширения: первое - в предстательном отделе, второе - в луковице полового члена, третье - в конечном отделе, в ладьевидной ямке.

Мочеиспускательный канал имеет хорошо выраженную слизистую оболочку. Эпителий предстательного отдела - переходный, в перепончатом отделе - многорядный призматический, а в губчатом отделе, начиная с области ладьевидной ямки, эпителий становится многослойным плоским и обнаруживает признаки ороговения. В многорядном эпителии встречаются многочисленные бокаловидные и немногочисленные эндокринные клетки. Под эпителием располагается собственная пластинка слизистой оболочки, богатая эластическими волокнами. В рыхлой волокнистой ткани этого слоя проходит сеть венозных сосудов, имеющая связь с полостями кавернозного тела уретры. В слизистой оболочке мочеиспускательного канала располагаются мелкие слизистые железы. В подслизистой основе имеется сеть широких венозных сосудов. Мышечная оболочка мочеиспускательного канала хорошо развита в его предстательном отделе. Здесь она состоит из внутреннего продольного и наружного циркулярного слоев гладких миоцитов. При переходе перепончатого отдела мочеиспускательного канала в его губчатый отдел, мышечные слои постепенно истончаются и сохраняются только одиночные пучки мышечных клеток. В слизистой оболочке мужского мочеиспускательного канала залегает большое количество желёз, открывающихся в просвет канала. В губчатом отделе имеются небольшие, слепо заканчивающиеся углубления - лакуны (крипты). Снаружи от слизистой оболочки стенка мужского мочеиспускательного канала состоит из подслизистой основы и мышечной оболочки, представленной продольными и циркулярными слоями гладких (неисчерченных) мышечных клеток.

Механизмы выведения мочи и мочеиспускания

Образовавшаяся в структурах нефрона моча поступает в почечные лоханки. По мере их заполнения и растяжения достигается порог раздражения механорецепторов, приводящий к рефлекторному сокращению мускулатуры лоханки и раскрытию мочеточника. За счет перистальтических сокращений их гладкой мускулатуры моча поступает в мочевой пузырь. Гладкие мышцы лоханки и мочеточников обладают значительной степенью автоматии, в

связи с чем их перистальтика вызывается растяжением объемом поступающей мочи. Заполняющая мочевой пузырь моча по мере накопления начинает растягивать его стенки, но при этом напряжение стенок пузыря не повышается до определенной величины растяжения, обычно соответствующей объему мочи в пузыре около 400 мл.

Появление напряжения стенки мочевого пузыря вызывает позывы к мочеиспусканию, так как раздражение механорецепторов ведет к поступлению афферентной информации в крестцовые отделы спинного мозга и формированию сложного рефлекторного акта. В этом акте участвуют не только спинальные, но и расположенные в головном мозге центральные структуры, позволяющие осуществлять произвольную задержку мочеиспускания или его начало.

Возрастные изменения.

У новорожденных мочеточник имеет очень незначительные отличия от взрослого. Вид и размеры варьируют, левый длиннее правого, что связано с более высоким стоянием левой почки.

У новорожденных и грудных детей почечная лоханка и мочеточник имеют относительно большие размеры. Постоянно имеет место поясничное расширение мочеточника, в то время как пузырное расширение наблюдается не всегда. Ход мочеточников извитой, их мышечный слой развит слабо, отсутствует эластический слой, поэтому возможна атония стенок мочеточников. Сужения по ходу мочеточника хорошо выражены. Переходный эпителий сформирован полностью. Соединительнотканые сосочки как у новорожденных, так и в более старшем возрасте не ярко выражены. С возрастом ребенка нарастает мышечный слой.

Мочевой пузырь у новорожденных и у маленьких детей расположен высоко и имеет веретенообразную форму. На 2-м году жизни эта форма сглаживается, и он становится круглым, принимая форму взрослого к 15-17 годам. Микроскопически регистрируется соотношение тканевых компонентов, отличное от взрослого. У новорожденных и грудных детей эпителий имеет уже дефинитивную структуру, в области треугольника пузыря встречаются несколько трубчатых неразветвленных желез. Продольный мышечный слой стенок пузыря более развит, чем циркулярный. Развитие мышечной оболочки более слабое, чем у взрослого, что, очевидно, обуславливает форму мочевого пузыря в период новорожденности. С развитием циркулярного слоя форма мочевого пузыря меняется. Соединительная ткань выражена хорошо и занимает большую часть стенки пузыря. Она бедна эластическими волокнами, количество которых увеличивается на границе с мышечным слоем. Мускулатура мочевого пузыря активно растет с 6-летнего возраста. Сфинктер достигает своего развития к 12 годам. Уретра новорожденных и маленьких детей не имеет складок в слизистой оболочке. Последняя бедна соединительной тканью и железами. Только к 10-16 годам появляются складки в уретре, и ее структура становится тождественной взрослой.

Согласно данным ряда исследователей, анатомические взаимоотношения между почками, лоханкой и мочеточниками, свойственные взрослым, устанавливаются только к 8 годам жизни ребенка.

Ситуационные задачи.

1. Воспалительным процессом поражены почечные тельца. Какие функции нефронов могут быть нарушены?
2. При некоторых патологических состояниях почки происходит отторжение микроворсинок эпителия, выстилающего проксимальный отдел нефрона. Какой процесс мочеобразования будет нарушен?
3. При изменении диаметра приносящей и выносящей артериол сосудистой системы нефрона обнаружено, что он практически одинаков. К какому типу нефронов относится данная сосудистая система?
4. Больной в течении суток выделяет до 10 л мочи. Функция каких отделов нефрона нарушена? Чем может быть вызвано отмеченное нарушение мочеотделения?
5. У больного наблюдается постоянная жажда и выделение сильно разбавленной мочи. Только ли с поражением мочевыделительной системы связана данная патология, если нет, то какое значение имеет эндокринная система?
6. В моче больного обнаруживается белок и форменные элементы крови. Какой процесс нарушен? В каком отделе нефрона?
7. В эксперименте у животного повысили активность кровообращения. Сосудистая система каких нефронов дополнительно включается в отток крови?
8. В моче у больного обнаружены свежие эритроциты. В каком отделе мочевыделительной системы имеется патология?

ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

Проверь себя:

1.К ЭНДОКРИННОМУ АППАРАТУ ПОЧКИ ОТНОСЯТСЯ:

- а. юкставаскулярные клетки
- б. клетки плотного пятна
- в. юстагломерулярные клетки
- г. интерстициальные клетки

2.В СОСТАВ ЮКСТАГЛОМЕРУЛЯРНОГО АППАРАТА ПОЧКИ ВХОДЯТ:

- а. клетки плотного пятна дистального канальца
- б. юкставаскулярные клетки
- в. юстагломерулярные клетки приносящих и выносящих артериол
- г. подоциты
- д. мезангиальные клетки

3.В СОСТАВ НЕФРОНА ВХОДИТ:

- а. капсула клубочка
- б. проксимальный каналец

- в. дистальный каналец
- г. тонкий каналец
- д. собирательная трубочка

4. ДЛЯ СТРОЕНИЯ СТЕНКИ МОЧЕВОГО ПУЗЫРЯ ХАРАКТЕРНО:

- а. покрыт изнутри многослойным плоским эпителием
- б. его стенка состоит из трех оболочек
- в. мышечная оболочка состоит из поперечнополосатых мышечных волокон

5. ДЛЯ ВТОРИЧНОЙ КАПИЛЛЯРНОЙ СЕТИ ПОЧЕК ХАРАКТЕРНО:

- а. находится между выносящими артериолами и звездчатыми (или собирательными) венами
- б. участвует в реабсорбции веществ из первичной мочи
- в. обеспечивает питание паренхимы
- г. обеспечивает процесс фильтрации в почках

6. УКАЖИТЕ, КАКИЕ ИЗ ПЕРЕЧИСЛЕННЫХ ВЕЩЕСТВ ПОСТУПАЮТ В ПЕРВИЧНУЮ МОЧУ:

- а. вода
- б. электролиты
- в. низкомолекулярные белки
- г. высокомолекулярные белки
- д. форменные элементы крови

7. КОРКОВОЕ ВЕЩЕСТВО ПОЧКИ СОСТОИТ ИЗ:

- а. почечных телец
- б. прямых нисходящих и восходящих частей петель нефрона
- в. проксимальных извитых канальцев
- г. дистальных извитых канальцев
- д. собирательных трубочек

8. МОЗГОВОЕ ВЕЩЕСТВО ПОЧКИ СОСТОИТ ИЗ:

- а. почечных телец
- б. прямых канальцев
- в. извитых канальцев
- г. собирательных трубочек
- д. сосочковых каналов

9. НЕФРОНЫ ПОЧКИ ПОДРАЗДЕЛЯЮТСЯ НА:

- а. корковые
- б. добавочные
- в. около мозговые
- г. поверхностные
- д. юкстагломерулярные
- е. главные

10. ВАЖНЫМ УСЛОВИЕМ ДЛЯ ПРОЦЕССА ФИЛЬТРАЦИИ (ПЕРВОЙ ФАЗЫ МОЧЕОБРАЗОВАНИЯ) ЯВЛЯЕТСЯ:

- а. диаметр выносящих артериол меньше диаметра приносящих артериол
- б. диаметр выносящих артериол больше диаметра приносящих артериол

- в. диаметр выносящих и приносящих артериол одинаков
- г. наличие фильтрационного барьера
- д. кровяное давление в капиллярах клубочков корковых нефронов выше 50 мм рт.ст.
- е. кровяное давление в капиллярах клубочков корковых нефронов низкое - около 10 мм рт.ст.

11. В СОСТАВ НЕФРОНА ВХОДЯТ:

- а. капсула клубочка
- б. проксимальный каналец
- в. дистальный каналец
- г. собирательная трубочка
- д. сосочковый канал
- е. почечная чашечка

12. СОСТАВ ФИЛЬТРАЦИОННОГО (ПОЧЕЧНОГО) БАРЬЕРА:

- а. эндотелий капилляров сосудистого клубочка
- б. трехслойная базальная мембрана
- в. клетки внутреннего листка капсулы (подоциты)
- г. клетки плотного пятна.
- д. наружный листок капсулы

13. ПЕРВИЧНАЯ МОЧА – ЭТО:

- а. форменные элементы крови
- б. низкомолекулярные белки
- в. вода
- г. электролиты
- д. высокомолекулярные белки

14. К МОЧЕВЫВОДЯЩИМ ПУТЯМ ОТНОСЯТСЯ:

- а. почечное тельце
- б. мочеточник
- в. почечная лоханка
- г. мочевой пузырь
- д. петля Генле

15. ПОЧЕЧНОЕ ТЕЛЬЦЕ СОСТОИТ ИЗ:

- а. сосудистого клубочка
- б. извитых канальцев
- в. капсулы клубочка
- г. полости капсулы
- д. проксимального канальца
- е. вторичной капиллярной сети

16. НАЗОВИТЕ КОМПОНЕНТЫ КРОВИ, КОТОРЫЕ НЕ МОГУТ ПРОЙТИ ЧЕРЕЗ ФИЛЬТРАЦИОННЫЙ БАРЬЕР:

- а. форменные элементы крови
- б. сахара (углеводы)
- в. фибриноген
- г. гамма-глобулин

- д. минеральные соли
- е. вода и липиды

17. МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ ПОЧКИ:

- а. это паренхиматозный зональный орган
- б. состоит из стромы и паренхимы
- в. граница коркового и мозгового вещества ровная
- г. функционально-структурной единицей почки является нефрон

18. ОТЛИЧИЯ ДИСТАЛЬНОГО ОТДЕЛА НЕФРОНА ОТ ПРОКСИМАЛЬНОГО:

- а. отсутствием щеточной каемки
- б. более низким эпителием
- в. отсутствием базальной исчерченности в нефроцитах
- г. более широким просветом

19. СТРУКТУРЫ ПОЧЕЧНОГО ТЕЛЬЦА:

- а. капсула
- б. капиллярный клубочек
- в. мезангиальные клетки
- г. фибробласты
- д. кубические эпителиоциты

20. УКАЖИТЕ ХАРАКТЕРНЫЕ СТРУКТУРЫ ЭПИТЕЛИОЦИТОВ ПРОКСИМАЛЬНЫХ КАНАЛЬЦЕВ ПОЧЕК:

- а. щеточная каемка
- б. базальная исчерченность
- в. лизосомы и транспортные вакуоли
- г. цитоподии

ОПРЕДЕЛИТЕ, ВЕРНЫ ИЛИ НЕВЕРНЫ УТВЕРЖДЕНИЯ И СВЯЗЬ МЕЖДУ НИМИ

Ответ	Утверждение I	Утверждение II	Связь
А	верно	верно	существует
Б	верно	верно	отсутствует
В	верно	неверно	отсутствует
Г	неверно	верно	отсутствует
Д	неверно	неверно	отсутствует

21. Интерстициальные клетки почек входят в состав юкстагломерулярного аппарата почек, *потому что* они вырабатывают простагландины.

22. В почках пассивная реабсорбция воды происходит только в юкстамедуллярных нефронах, *потому что* их длинный тонкий каналец петли глубоко проникает в мозговое вещество

23. В собирательных трубочках имеются светлые клетки, *потому что* они секретируют ренин.

24. При заболеваниях почек в моче обнаружены форменные элементы крови, *потому что* поражен фильтрационный барьер.
25. После гонадэктомии в аденогипофизе выявляются «клетки кастрации», *потому что* эта операция вызывает снижение в организме уровня половых гормонов.
26. В корковых нефронах образование первичной мочи происходит менее активно, чем в юкстамедуллярных, *потому что* у корковых нефронов приносящие артериолы сосудистых клубочков уже, чем выносящие артериолы.
27. В окончательной моче отсутствует белок, потому что эндотелий капилляров сосудистых клубочков не имеет фенестр и пор.
28. При снижении артериального давления и повышении концентрации натрия в моче дистального отдела происходит выброс ренина, *потому что* ренин необходим для активации ангиотензина и стимуляции выброса альдостерона.

ДОПОЛНИТЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ, ВСТАВЬТЕ ПРОПУЩЕННОЕ СЛОВО

29. В состав нефрона входят: _____, _____ отдел, петля Генле, _____ отдел. _____ частью нефрона не является.
30. Юкстамедуллярные нефроны составляют ____%. В них процессы _____ не происходят, поэтому они играют роль _____.
31. Приносящие и выносящие артериолы в _____ нефронах имеют одинаковый диаметр, поэтому они играют роль _____.
32. В базальной мембране фильтрационного барьера наиболее плотный _____ слой. В составе его _____, препятствующие прохождению через этот слой _____ и _____.
33. Внутренний листок капсулы клубочка в нефроне образуют клетки _____. От их тела отходят крупные отростки _____ и мелкие _____.
34. Югстагломерулярные клетки образуют _____, регулирующий артериальное давление. Они входят в состав _____ аппарата почки.
35. Между приносящей и выносящей артериолами ЮГА располагается клетки _____, которые улавливают изменения содержания натрия в моче.
36. В _____ канальце нефрона происходит реабсорбция белка и сахаров. Для этого канальца характерна базальная _____ и наличие _____ в апикальной части.

Ответы:

Ситуационные задачи:

1. Первые – корковые, вторые – юкстамедуллярные.
2. Фильтрация.
3. Реабсорбция.
4. Юкстамедуллярных.
5. Факультативная реабсорбция в дистальных канальцах нефрона.
6. Нарушена выработка гипоталамусом антидиуретического гормона, хранящегося в нейрогипофизе.
7. Фильтрация, разрушен фильтрационный барьер в почечном тельце.
8. Юкстамедуллярных.
9. Мочевыделения (мочевой пузырь, мочеиспускательный канал).

Тестовые задания:

1. а,б,в	2. а,б,в,д	3. а,б,в,г	4. а,б	5. а,б,в
6. а,б,в	7. а,в,г	8. б,г,д	9. а,в,г	10.а,г,д
11.а,б,в	12.а,б,в	13.б,в,г	14.б,в,г	15.а,в,г
16.а,в,г	17.а,б,в,г	18.а,б,г	19.а,б,в	20.а,б,в
21.г	22.г	23.в	24.а	25.а
26.д	27.в	28.б		

29	Капсула Боумена-Шумлянскогo, проксимальный, дистальный. Собирательная трубка
30	20%, мочеобразования, шунтов.
31	Юкстамедуллярных, шунтов
32	Средний, ячейки, форменных элементов, крупных белковых молекул .
33	подоциты , цитотрабекулы, цитоподии.
34	ренин , юктагломерулярного
35	плотного пятна,
36	В проксимальном, исчерченность, щеточной каемки

Литература

1. Афанасьев, Ю. И. Гистология, эмбриология, цитология : учебник / Ю. И. Афанасьев, Б. В. Алешин, Н. П. Барсуков [и др.] ; под ред. Ю. И. Афанасьева, Н. А. Юриной. - 7-е изд. , перераб. и доп. - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2022. - 832 с. - ISBN 978-5-9704-6823-4.
 2. Анатомия человека. Под ред. академика РАМН, профессора М.Р.Сапина. Москва «МЕДИЦИНА» 2001 г.
 3. Лысова, Н.Ф. Возрастная анатомия и физиология: Учебное пособие / Н.Ф. Лысова, Р.И. Айзман. - М.: Инфра-М, 2017. - 272 с.
 4. Брин, В. Б. Физиология человека в схемах и таблицах: учеб. пособие. — 4-е изд., стер. — СПб.: Издательство «Лань», 2017. — 608 с.
 5. Березов Т. Т., Коровкин Б. Ф. Биологическая химия 2004
 6. Нефрология. Национальное руководство] / Ю. Г. Аляев [и др.] ; гл. ред. Н. А. Мухин ; отв. ред. В. В. Фомин ; Науч. о-во нефрологов России, Ассоц. мед. о-в по качеству. - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009. 716 с.
 7. Детская нефрология практическое руководство Под редакцией Э. Лойманна, А.Н. Цыгина, А.А. Саркисяна Москва Издательство «Литтерра» 2010
 8. Патологическая физиология. Под ред. Н.Н. Зайко, Ю.В.Бытя. М., 2006.
- Сайты:
- 1). <http://www.tryphonov.ru/>
 - 2). <http://ru.wikipedia.org/>
 - 3). <http://www.orgzdravlife.ru>
 - 4). <http://histol.narod.ru>