

КАЗАНСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНСТИТУТ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ МЕДИЦИНЫ И БИОЛОГИИ
Кафедра морфологии и общей патологии

А.С. ПЛЮШКИНА, А.А. ГУМЕРОВА, Д.И. АНДРЕЕВА,
Г.Р. БУРГАНОВА, А.П. КИЯСОВ

МОЧЕВАЯ СИСТЕМА

Учебно-методическое пособие

Казань – 2018

УДК 611.61; 611.62

ББК 28.06

Печатается по решению Учебно-методической комиссии

Института фундаментальной медицины и биологии КФУ

Протокол № 3 от 13 апреля 2018 г.

заседания кафедры морфологии и общей патологии

Протокол №5 от 19 декабря 2017 г.

Рецензенты:

кандидат медицинских наук,
доцент кафедры морфологии и общей патологии КФУ **Ф.Г. Биккинеев**;
кандидат медицинских наук,
доцент кафедры топографической анатомии и оперативной хирургии
Казанского ГМУ, **С.А. Обыдённов**

**Плюшкина А.С., Гумерова А.А., Андреева Д.И., Бурганова Г.Р.,
Киясов А.П.**

Мочевая система / А.С. Плюшкина, А.А. Гумерова, Д.И. Андреева,
Г.Р. Бурганова, А.П. Киясов. – Казань: Казан. ун-т, 2018. – 40 с.

В настоящем учебно-методическом пособии представлен методический материал по теме «Мочевая система». В пособии излагаются фундаментальные представления о морфологии органов мочевой системы, даны необходимые иллюстрации и подробные описания изучаемых гистологических препаратов, а также практические задачи.

Учебно-методическое пособие предназначено для аудиторной и самостоятельной работы студентов по специальности 31.05.01 Лечебное дело, 31.05.03 Стоматология, 30.05.01 Медицинская биохимия, 30.05.02 Медицинская биофизика, 30.05.03 Медицинская кибернетика.

© Плюшкина А.С., Гумерова А.А., Андреева Д.И.,
Бурганова Г.Р., Киясов А.П., 2018

© Казанский Федеральный Университет, 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОЧЕВОЙ СИСТЕМЫ	4
ПОЧКИ	4
МОЧЕВЫВОДЯЩИЕ ПУТИ	25
РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАБОТЕ С ГИСТОЛОГИЧЕСКИМИ ПРЕПАРАТАМИ	27
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ	34
ЗАДАЧИ	38
ЛИТЕРАТУРА	39

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОЧЕВОЙ СИСТЕМЫ

Этот раздел гистологии рассматривает следующие вопросы:

- Функции органов мочевой системы
- Особенности строения и функции почек
- Нефрон, его строение и процессы, происходящие в каждом отделе
- Юкстагломерулярный аппарат, его компоненты и функции
- Влияние антидиуретического гормона и альдостерона на функцию почек
- Мужской и женский мочеиспускательный канал, их строение, функция, локализация сфинктеров

К органам мочевой системы относятся почки, которые образуют мочу и выполняют ряд других функций, и мочевыводящие пути.

ПОЧКИ

Почка – Парный орган бобовидной формы. Располагается забрюшинно на задней стенке брюшной полости. Почка имеет бобовидную форму, размером около 11 ×6 см, покрыта капсулой из плотной волокнистой соединительной ткани и окружена жировой тканью. При разрезе во фронтальной плоскости почки определяются структуры, представленные на рисунке 1.

На медиальном крае почки находятся **ворота почки**, которые продолжают в пространство внутри почки – **почечную пазуху**. В ворота почки входят почечная артерия и нервы, выходят почечная вена, лимфатические сосуды и мочеточник. В почечной пазухе находятся **почечная лоханка**, сосуды, нервы и жировая ткань.

Паренхима почки на фронтальном срезе представлена поверхностно расположенным **корковым веществом** почки и лежащим кнутри от него

мозговым веществом. Кортиковое вещество – это участок паренхимы почки, лежащий под капсулой. В корковом веществе располагаются почечные тельца, проксимальные и дистальные извитые каналы, перитубулярные капилляры и мозговые лучи – участки мозгового вещества, вдающиеся в корковое вещество. Участки коркового вещества, проникающие в мозговое, называются **почечными столбами (Бертиниевы колонны)**, внутри которых проходят **междольевые сосуды**.



Рис. 1. Строение почки.

Скопировано с сайта <http://www.tryphonov.ru/tryphonov2/terms2/kidpic03.htm#04>

Мозговое вещество состоит из 8-18 почечных (мозговых) пирамид, основание которых обращено к корковому веществу, а вершина (почечный сосочек) направлен в сторону почечной пазухи. В мозговом веществе располагаются собирательные трубочки и сосочковые протоки, петля Генле и прямые сосуды. Сосочковые протоки открываются на вершине почечного

сосочка, которую чашеобразно охватывает **малая чашечка**, в которую собирается моча из каждой доли. Из соединения нескольких малых чашечек образуется **большая чашечка**. Из слияния нескольких больших чашечек формируется расширенная полость – почечная лоханка, которая продолжается в **мочеточник**.

Каждая **доля почки** состоит из одной пирамиды мозгового вещества, прилежащего к ней участка коркового вещества, и ограничена по бокам почечными столбами.

Почечная доля состоит из множества **почечных долек**, каждая из которых включает мозговой луч в середине (содержит собирательные трубочки и прямые канальцы нефрона), **нефроны** по бокам и ограничена **междольковыми сосудами**. Здесь происходит фильтрация крови и образование мочи, её выведение по системе собирательных трубочек и сосочковых протоков в малые чашечки.

Кровоснабжение почки

Кровь в почку поступает по **почечной артерии** (ветвь брюшной части аорты, входит в почку через ворота). Почечная артерия делится на **переднюю** и **заднюю ветви**, те, в свою очередь, на несколько **сегментарных артерий**. Все эти сосуды находятся в пазухе почки (рис. 2).

Сегментарные артерии на уровне мозгового вещества делятся на **междольковые артерии** (проходят между пирамидами в почечных столбах). Междольковые артерии соединяются друг с другом **дуговыми артериями**, которые проходят на границе между мозговым и корковым веществом. От дуговых артерий в корковое вещество отходят **междольковые артерии**, они поступают в корковое вещество между мозговыми лучами и залегают между соседними дольками.

От каждой междольковой артерии отходят множество **приносящих артериол**. Приносящие артериолы делятся, формируя **первичную капиллярную сеть (капиллярный клубочек)** в корковом веществе. Кровь из

капиллярного клубочка поступает в **выносящую артериолу**, которая снова делится и образу-

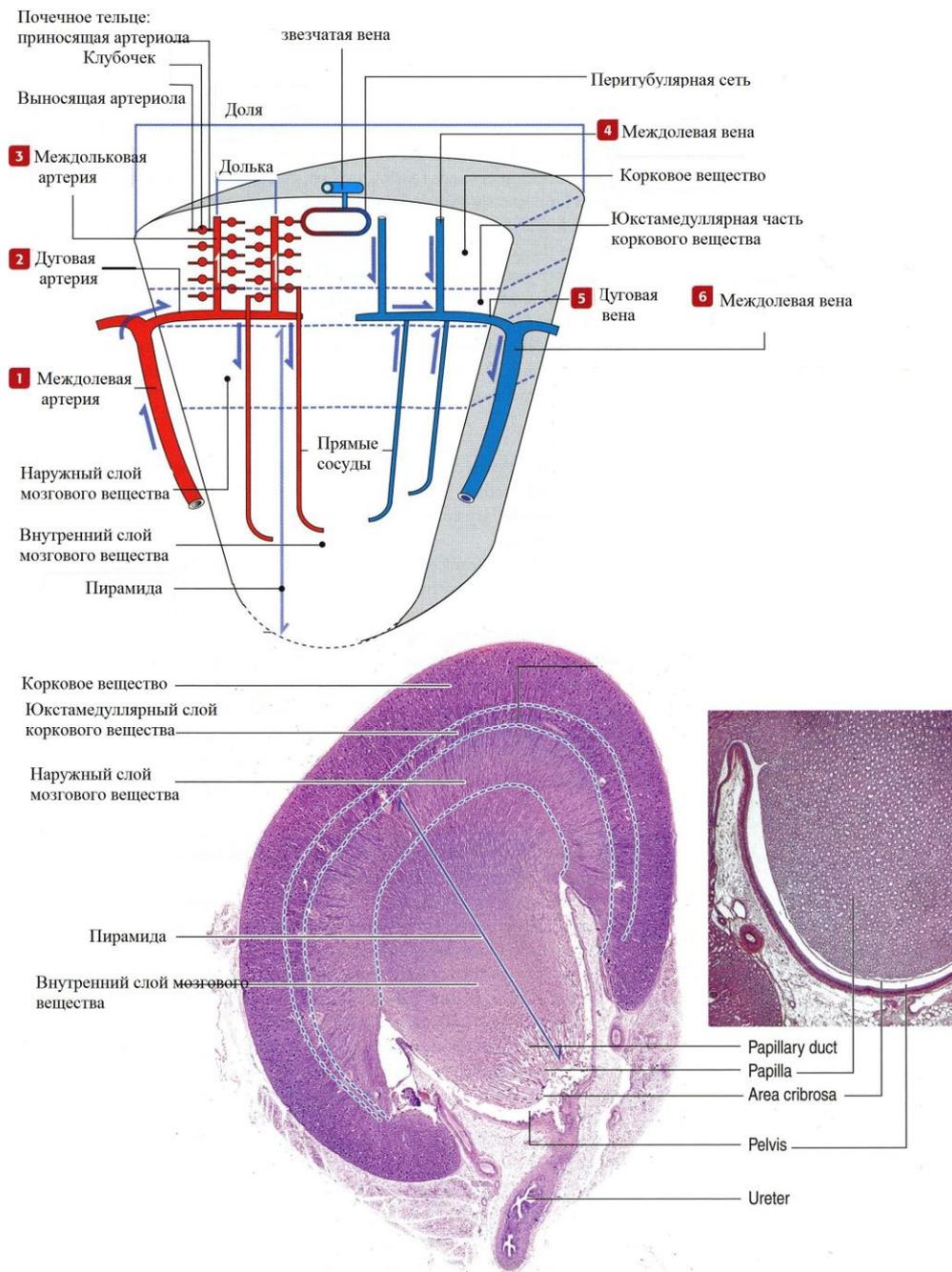


Рис. 2. Кровообращение в почке. Воспроизведено с изменениями из Abraham L. Kierszenbaum. Histology and cell biology.

An introduction to pathology. – Third Edition – New York, 2012.

ет **вторичную капиллярную сеть**: выносящие артериолы **корковых нефронов** ветвятся и образуют **перитубулярную сеть капилляров**, в которые из канальцев почки выводятся реабсорбированные вещества (затем

перитубулярные капилляры сливаются и формируют **звездчатые вены**); выносящие артериолы **юкстамедуллярных нефронов** дают начало множеству прямых капиллярных петель (**прямые сосуды**), которые спускаются в мозговое вещество и впадают в **прямые венулы**. Капилляры вторичной капиллярной сети, помимо выполнения специфических функций почки, питают ткань почки.

Имея представление о ветвлении почечной артерии, можно понять процесс поступления крови в капилляры, которые играют важную роль в механизме образования мочи. Отток крови из капилляров вторичной капиллярной сети происходит в звездчатые вены (корковые нефроны) или прямые венулы (юкстамедуллярные нефроны), затем в междольковые вены – дуговые вены – междольковые вены – сегментарные вены – почечную вену – нижнюю полую вену.

Мочевыводящие пути

Мочеточники, мочевой пузырь и мочеиспускательный канал образуют мочевыводящие пути. За исключением определенной части мочеиспускательного канала, мочевыводящие пути выстланы переходным эпителием.

Функции мочевой системы

В почках происходит:

- очищение крови от азотистых и других продуктов метаболизма путем **фльтрации** крови и **экскреции** (выведения) **водорастворимых** продуктов метаболизма;
- **реабсорбция** питательных веществ (аминокислоты, глюкоза и пептиды), а также ионов (Na^+ , Cl^- , Ca^{2+} , PO_4^{3-}) и воды для поддержания гомеостаза крови;
- поддержание **кислотно-основного равновесия и водного баланса**;
- регуляция артериального давления (АД) путем выработки **ренина**. Ренин вырабатывается при снижении кровотока через почки и способствует

преобразованию **ангиотензиногена** (белка плазмы крови) в активный **ангиотензин II, повышающий АД;**

- секреция **эритропоэтина, гормона,** который стимулирует образование эритроцитов в красном костном мозге;
- активация стероидного прогормона **витамина Д3** в активную форму гормона (необходим для всасывания кальция в кишке).

Результатом деятельности почек является образование мочи, с которой удаляются из организма токсичные продукты метаболизма. Начальным этапом образования мочи является фильтрация крови в почечном тельце – образуется первичная моча. Далее происходит реабсорбция (обратное всасывание) из первичной мочи ионов, мелких белковых молекул, питательных веществ и воды путем их возвращения в кровь из канальцев нефрона. Некоторые вещества попадают в мочу путем секреции из капилляров вторичной капиллярной сети в канальцы нефрона. В результате реабсорбции и секреции из первичной мочи образуется вторичная моча, которая выносится из почек по мочеточникам, собирается в мочевом пузыре, и далее по уретре выводится наружу.

НЕФРОН

Нефрон – структурно-функциональная единица почки. Каждый нефрон состоит из почечного тельца, проксимального извитого канальца, петли Генле и дистального извитого канальца (рис. 3).

Почечное тельце

Каждое почечное тельце состоит из **капиллярного клубочка,** покрытого **капсулой Боумена-Шумлянского.** Эти структуры формируют фильтрационный барьер. Также в почечном тельце различают мочевой и сосудистый полюс (рис. 4).

- **Капиллярный клубочек.** Это сеть фенестрированных капилляров, образовавшихся в результате деления приносящей артериолы. Фенестры

капилляров покрыты тонкой диафрагмой, между петлями залегают **мезангиальные клетки**.

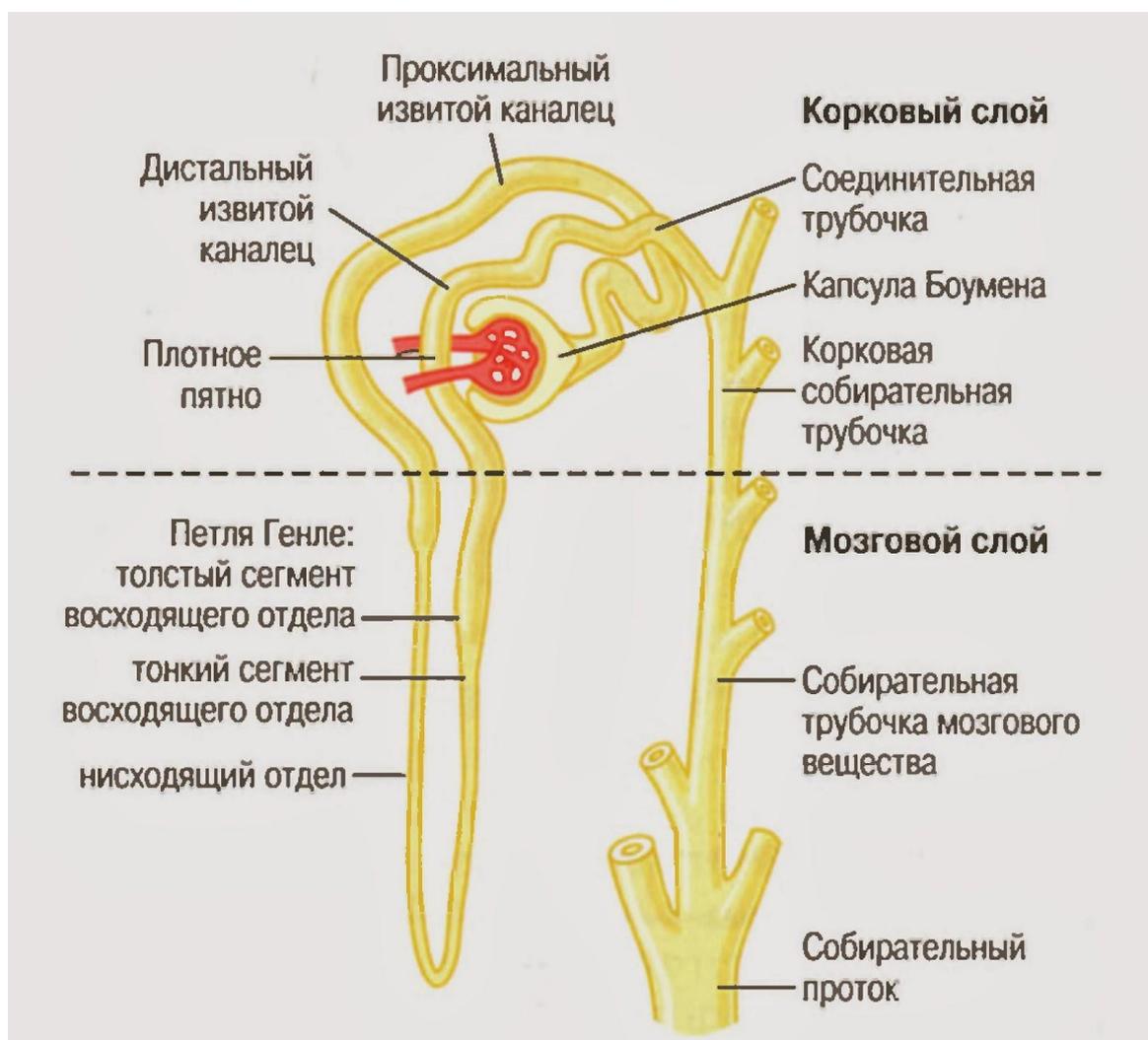


Рис. 3. Нефрон.

Скопировано с сайта <http://lab-koala-med.blogspot.ru/2013/12/blog-post.html>

- **Капсула Боумена-Шумлянскогo** – двустенная эпителиальная капсула, которая в эмбриональном периоде развития образуется в результате расширения слепого конца проксимального извитого канальца. Её внутренняя стенка (**висцеральный листок**) образована эпителиальными клетками – **подоцитами**. Клетки имеют длинные **первичные отростки (трабекулы)**, дающие начало вторичным отросткам – **ножкам** подоцита. Последние охватывают капилляры клубочка, наподобие пальцев,

охватывающих рукоятку метлы, и плотно прилегают к базальной мембране клубочка. Наружная стенка (**париетальный листок**) представлен однослойным плоским эпителием. Висцеральный и париетальный листки переходят один в другой в месте перехода приносящей и выносящей артериол в капиллярный клубочек (сосудистый полюс). Пространство между висцеральным и париетальным листками известно как **мочевое (Боуменово) пространство** и содержит ультрафильтрат крови (первичную мочу). Мочевое пространство в области мочевого полюса продолжается в проксимальный извитой каналец нефрона.

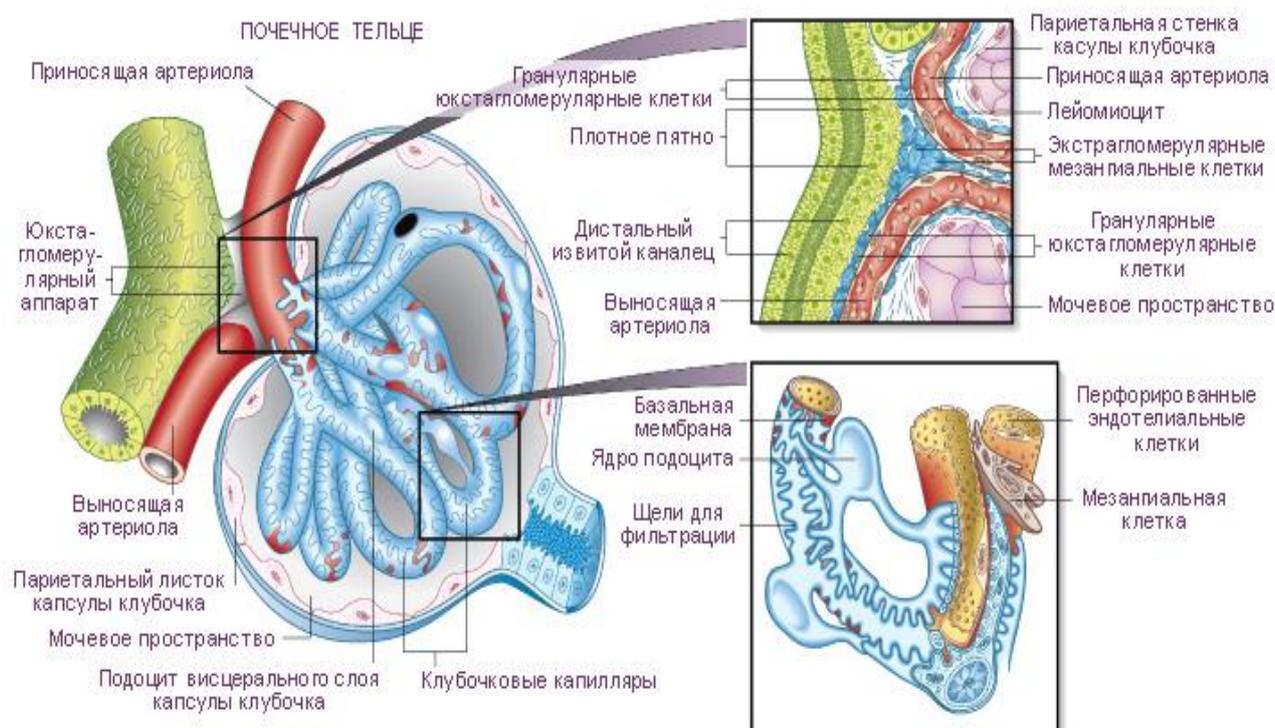


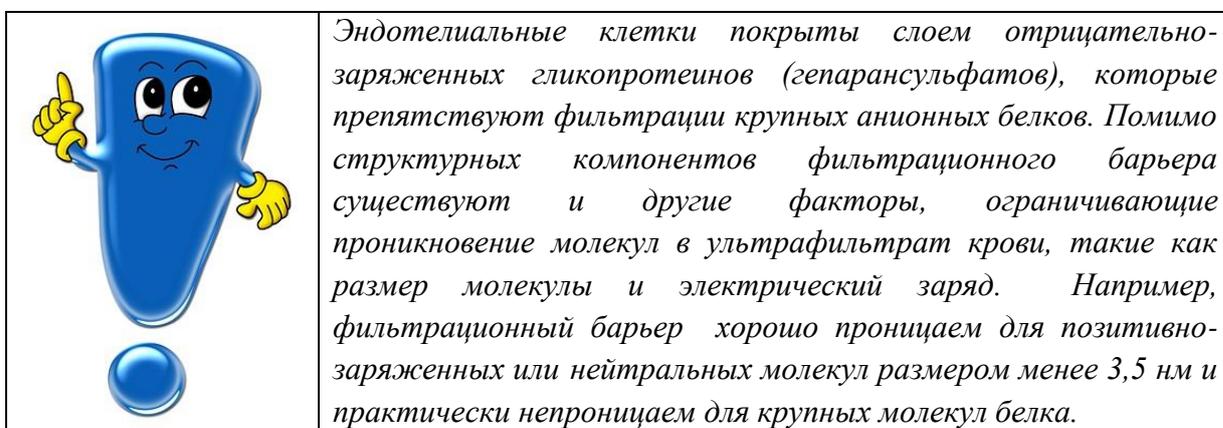
Рис. 4. Строение почечного тельца.

Скопировано с сайта <http://lab-koala-med.blogspot.ru/2013/12/blog-post.html>

- **Сосудистый полюс** – место, где к почечному тельцу подходит питающий сосуд (приносящая артериола), и выходит дренирующий (отводящий) сосуд (выносящая артериола). На противоположной стороне от

сосудистого полюса выделяют **мочевой полюс** – место, от которого начинается проксимальный извитой каналец. К сосудистому полюсу почечного тельца всегда прилежит дистальный извитой каналец этого же нефрона, эпителиальные клетки прилежащей стенки извитого каналца называют **плотным пятном** (см. ниже).

- **Фильтрационный барьер.** Состоит из структур, разделяющих просвет капилляра и мочевое пространство. К ним относятся: **фенестрированный эндотелий капилляров**; прилегающая **базальная мембрана**, общая для эндотелиальных клеток и подоцитов, и **фильтрационные щели** между ножками подоцитов, покрытые диафрагмой (рис. 5). Фильтрационный барьер проницаем для воды, натрия, мочевины, глюкозы и мелких молекул белка и практически непроницаем для крупных белковых молекул. Таким образом, фильтрационный барьер препятствует попаданию в мочу форменных элементов крови и крупных молекул белка.



Механизм клубочковой фильтрации

Кровь поступает в почечный клубочек по **приносящей артериоле**. Фильтрация крови из капилляра клубочка через фильтрационный барьер происходит под давлением, **фильтрат (первичная моча)** поступает в мочевое пространство капсулы Боумена. Каждый компонент фильтрационного барьера (фенестры, диафрагмы, базальная мембрана, фильтрационные щели) участвуют в

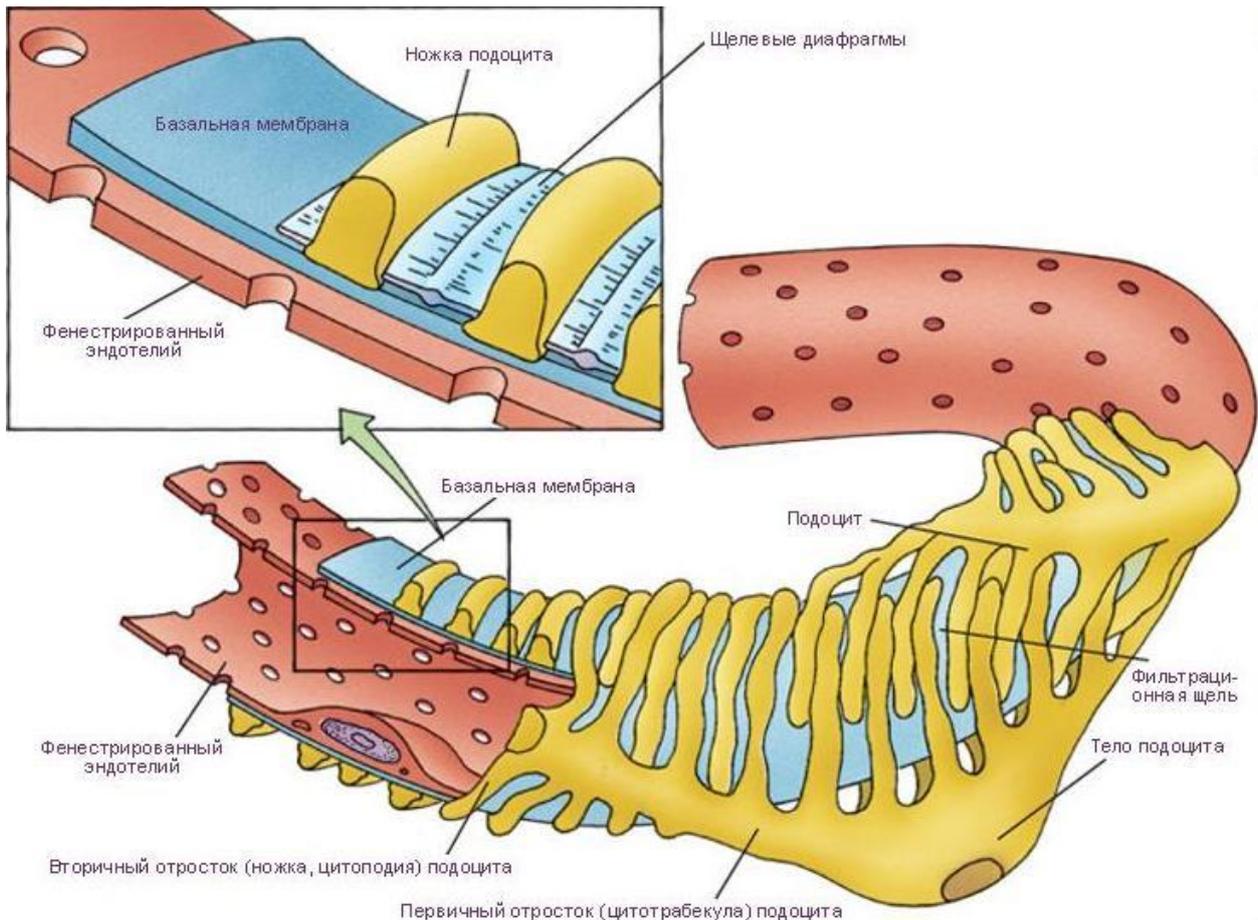
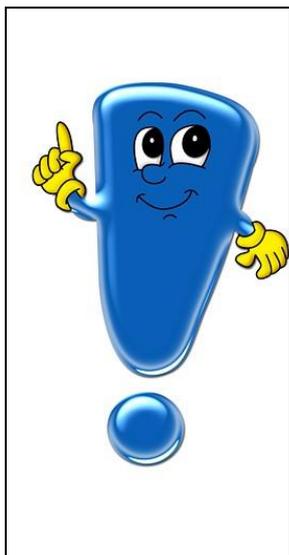


Рис. 5. Строение фильтрационного барьера почки.

Скопировано с сайта <https://lecheniepochki.ru/anatomiya/pochechnyj-filtr.html>

фильтрации и препятствуют попаданию клеток крови и крупных белковых молекул в мочевое пространство. Молекулы, непрошедшие через фильтрационный барьер и осевшие на базальной мембране, периодически удаляются мезангиальными клетками путем фагоцитоза. Оставшийся объем крови выносится из клубочка по более узкому сосуду, **выносящей артериоле**. Фильтрат из мочевое пространство поступает в проксимальный извитой каналец для дальнейшего процесса мочеобразования. В результате клубочковой фильтрации в сутки у взрослого человека образуется 150-180 литров первичной мочи.



При некоторых заболеваниях, например при гломерулонефрите (аутоиммунном поражении почечных клубочков), сахарном диабете происходят нарушения в работе фильтрационного барьера и его проницаемость повышается. В результате барьер становится проницаем для крупных белковых молекул и даже клеток крови (главным образом, эритроцитов). При лабораторном исследовании мочи в этих случаях определяется протеинурия (белок в моче) и гематурия/эритроцитурия (кровь/эритроциты в моче). Также фильтрация нарушается (снижается, это называется олигурия) при снижении АД, а при АД ниже 60 мм.рт.ст. клубочковая фильтрация прекращается (анурия).

Мезангий

Между капиллярами клубочка располагается мезангий, который состоит из двух компонентов: **мезангиальных клеток** и **мезангиального матрикса** (основное вещество). Мезангиальные клетки являются специализированными **перипитами** с характеристиками гладких миоцитов и макрофагов. Мезангиальные клетки, располагающиеся за пределами капиллярного клубочка между приносящей и выносящей артериолами и дистальным извитым канальцем, получили название **экстрагломерулярные мезангиальные клетки**.

Мезангиальные клетки обладают **сократительной активностью**, способностью к **фагоцитозу** и **пролиферации**. Они синтезируют **коллаген** и **другие белки матрикса**, секретируют **биологически-активные вещества** (простагландины и эндотелины). Эндотелин вызывает сокращение приносящей и выносящей артериолы.

Мезангиальные клетки также принимают непосредственное участие в процессе фильтрации, поскольку они:

- обеспечивают механическую поддержку капилляров клубочка;
- контролируют обновление базальной мембраны капилляров клубочка за счет фагоцитарной и синтетической активности;
- регулируют ток крови в капиллярах клубочка за счет сократительной активности;

- секретируют простагландины и эндотелины;
- чувствительны к ангиотензину II.

Проксимальный извитой каналец

Проксимальный извитой каналец (рис. 6) представляет собой трубку, которая является продолжением париетального листка капсулы Боумена и выстлана однослойным кубическим эпителием. **Кубические эпителиальные**

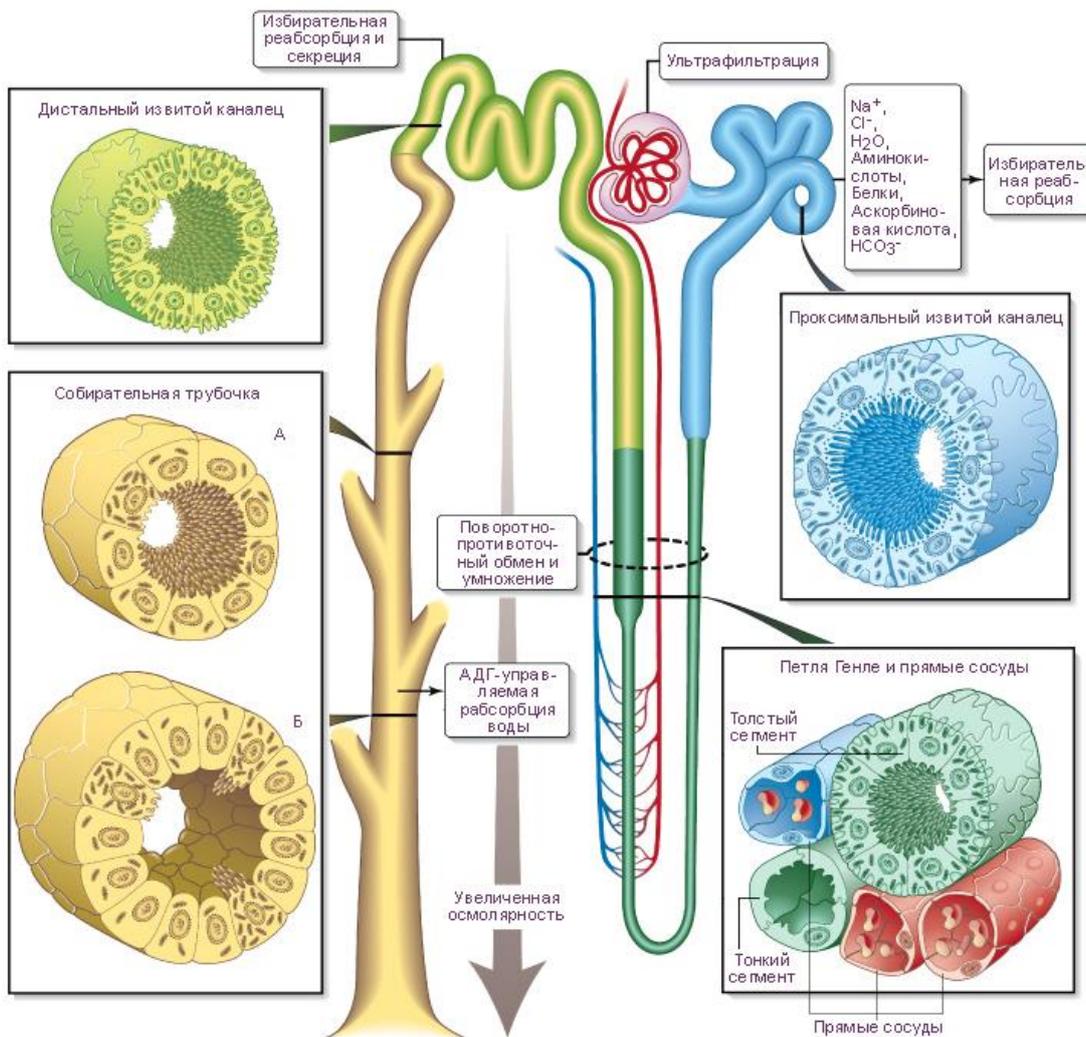


Рис. 6. Микроструктура элементов нефрона и собирательной трубочки.

Скопировано с сайта <http://www.tryphonov.ru/tryphonov2/terms2/kidpic04.htm#01>

клетки, выстилающие стенку каналца, имеют на апикальной поверхности многочисленные длинные микроворсинки, формирующие **щеточную каемку**, что увеличивает поверхность всасывания. В проксимальных извитых каналцах

всасывается глюкоза, аминокислоты, витамины, соли, вода (85 % от всего объема реабсорбции). Всасывание воды происходит пассивно, уменьшая объем фильтрата примерно в той же пропорции (две трети). Вся глюкоза (за исключением случаев присутствия ее в больших количествах), аминокислоты, ацетоацетат, витамины реабсорбируются с помощью облегченной диффузии. Реабсорбция белка происходит путем пиноцитоза. Клетки канальца содержат большое количество митохондрий, необходимых для энергозатратного процесса реабсорбции, и являются ацидофильными. Митохондрии располагаются между складками базальной цитолеммы и обеспечивают работу калий-натриевых насосов, необходимых для активного транспорта ионов натрия через базальную поверхность клетки. Свернутая часть извитого канальца залегает в корковом веществе и продолжается в прямую часть (также называемую нисходящей частью (коленом) петли Генле и имеющую ту же морфо-функциональную характеристику). Длина проксимального извитого канальца, его свернутой и прямой части, составляет 14 мм. Это самая длинная и наиболее часто встречающаяся на гистологических препаратах часть нефрона в корковом веществе.

Петля Генле

Структура. Петля Генле является продолжением проксимального извитого канальца, сначала располагается в корковом веществе, затем спускается в мозговое вещество и возвращается обратно в корковое вещество, где продолжается в дистальный извитой каналец. Он представляет собой U-образную эпителиальную трубку, состоящую из тонкого и толстого отдела, **нисходящего и восходящего колена.** Резкий переход толстой части в тонкую часть петли Генле отражается и на изменении эпителия – кубический эпителий сменяется плоским, а затем опять переходит в кубический.

Функции. Восходящая часть петли Генле обеспечивает осмотический градиент в интерстициальном пространстве мозгового вещества почки (рис. 7).

Моча в петле Генле мозгового вещества изотоническая и становится гипертонической ближе к почечному сосочку.

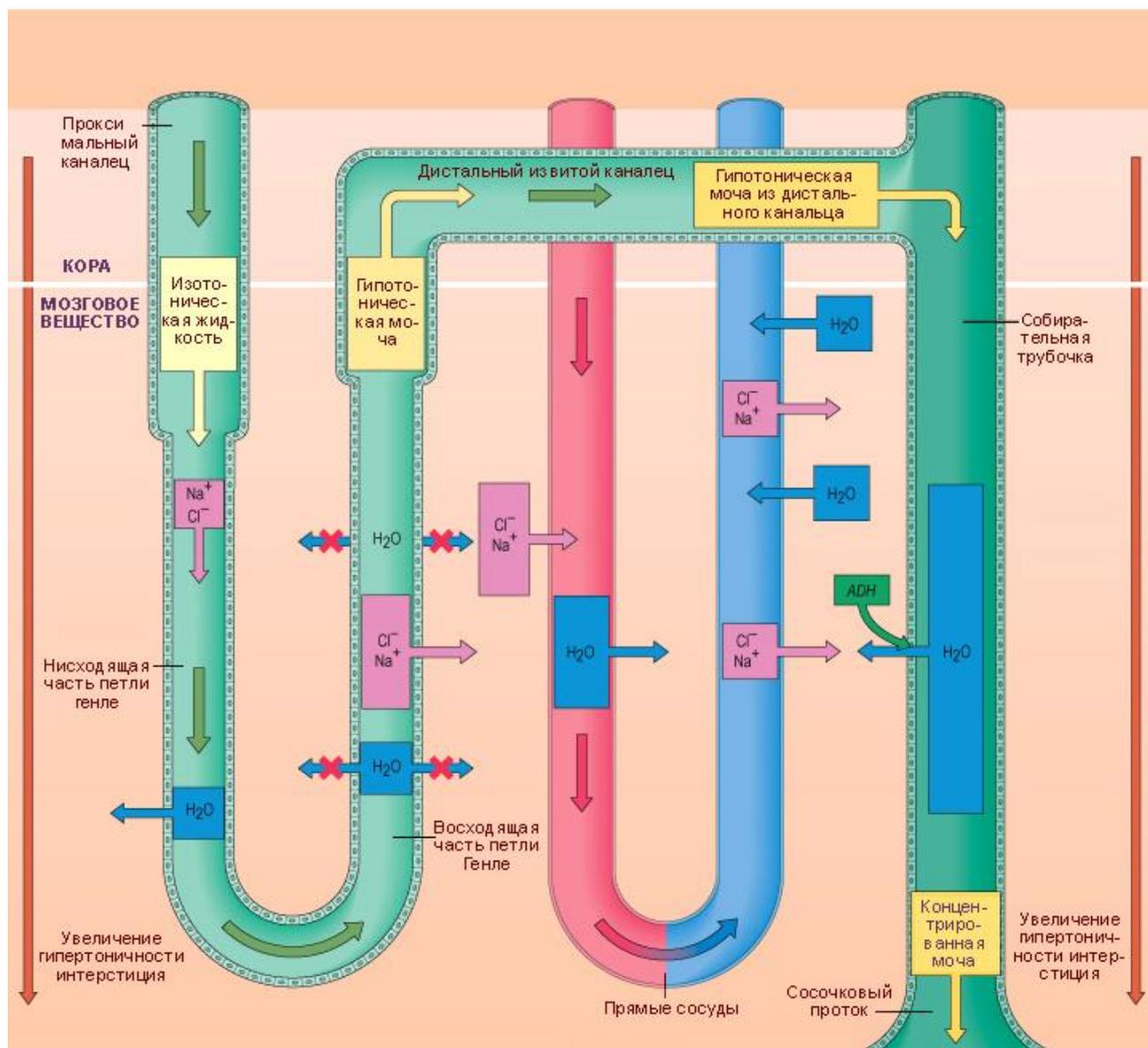


Рис. 7. Движение воды и ионов в процессе образования мочи.

Скопировано с сайта <http://www.tryphonov.ru/tryphonov2/terms2/kidpic04.htm#01>

- Нисходящая часть** – это начальная часть петли Генле, которая пассивно поддерживает градиент. Из толстого отдела нисходящей части в тонкий отдел поступает изотонический фильтрат (первичная моча). Нисходящая часть проницаема воды и непроницаема для ионов натрия. По мере прохождения фильтрата по нисходящей части петли Генле вода уходит по осмотическому градиенту концентрации в интерстициальное

пространство. Фильтрат становится более гипертоническим, и объем его уменьшается.

- **Восходящая часть** петли Генле активно участвует в установлении градиента. Восходящая часть непроницаема для воды. Эпителиальные клетки, выстилающие толстый отдел восходящей части напоминают клетки дистального извитого канальца. Они содержат $\text{Na}^+/\text{K}^+/\text{Cl}^-$ насос, который непрерывно выталкивает в интерстициальную жидкость вокруг канальцев

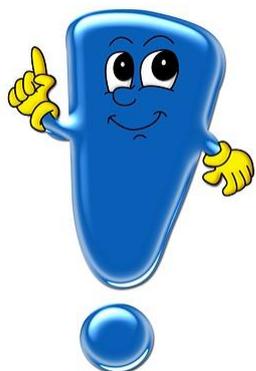
эти ионы в пропорции 1:1:2. Таким образом, насос увеличивает концентрацию солей (осмолярность) в интерстиции. Вода не может проникнуть в интерстиций вместе с солями и растворить их, поскольку эта часть петли непроницаема для воды. По мере продвижения фильтрата по направлению к дистальным извитым канальцам, происходит удаление солей (но не воды) клетками, выстилающими эту часть, в результате чего фильтрат становится изо- или гипотоническим. Важность осмотического градиента в образовании гипертонической мочи становится понятной после ознакомления с процессами, происходящими в собирательных трубочках (см. ниже).

Кортикальные и юкстамедуллярные нефроны

Почечные тельца располагаются на всем протяжении коркового вещества. Большинство нефронов являются **кортикальными** (корковыми), а 15 % , расположенных ближе к мозговому веществу, называются **юкстамедуллярными нефронами**. У последних толстый отдел нисходящей части петли Генле короткий, а тонкий отдел – длинный, и проникает глубоко в мозговое вещество. Юкстамедуллярные нефроны играют важнейшую роль в создании осмотического градиента в интерстиции мозгового вещества.

Значение прямых сосудов. От выносящих артериол юкстамедуллярных нефронов отходят преимущественно прямые сосуды. Нисходящие прямые сосуды несут изотоническую кровь в мозговое вещество. В отличие от петли

Генле, избирательно проницаемой для солей и воды на разных участках, и нисходящие, и восходящие прямые сосуды одинаково проницаемы для солей и воды на всем протяжении. Пассивный обмен солями и водой между прямыми сосудами и интерстицием называется **механизмом обратного обмена**. При вступлении нисходящего прямого капилляра в мозговое вещество из плазмы крови вследствие прогрессирующего повышения осмотического давления интерстиция выходит путем осмоса вода, а обратно входят путем диффузии хлористый натрий и мочевины. В восходящей части прямого капилляра происходит обратный процесс. Благодаря этому механизму осмотическая концентрация плазмы, выходящей из почек, остается стабильной независимо от концентрации плазмы, поступающей в них. Поскольку все перемещения растворенных веществ и воды происходят пассивно, противоточный обмен в прямых сосудах происходит без затрат энергии.



Диуретики, такие как фуросемид (лазикс), оказывают угнетающее действие на работу $Na^+/K^+/Cl^-$ насоса, вследствие чего снижается реабсорбция $NaCl$ и увеличивается его выведение с мочой.

Поскольку это снижает осмолярность интерстиция мозгового вещества, в результате увеличивается выведение воды с мочой.

Дистальный извитой каналец

Конечный отдел нефрона залегает в корковом веществе. Эпителиальные клетки, выстилающие дистальные извитые каналцы, кубической формы, не имеют микроворсинок, поэтому создается впечатление более широкого просвета этих каналцев на гистологическом препарате. Ядра клеток смещены к апикальной поверхности за счет многочисленных митохондрий, связанных с инвагинациями базальной мембраны (данная особенность указывает на участие их в транспорте ионов). Эти клетки – более базофильные по сравнению с эпителиальными клетками проксимальных каналцев. Как было сказано

выше, дистальный извитой каналец обязательно подходит к сосудистому полюсу почечного тельца своего нефрона, прилежащие к почечному тельцу клетки дистального извитого канальца расположены очень плотно друг к другу и формируют диск – **плотное пятно**. Клетки плотного пятна чувствительны к содержанию ионов натрия и объему воды в просвете дистального извитого канальца и способны передавать сигнал о высоком содержании натрия юкстагломерулярным клеткам, которые в ответ начинают секрецию **ренина** (см. «**юкстагломерулярный аппарат**»). Клетки могут также регулировать рН путем секреции ионов водорода и аммония в просвет канальца.

Собирательные трубочки и сосочковые протоки

Структура. На разрезе легко можно отличить собирательные трубочки и сосочковые протоки от проксимальных и дистальных извитых канальцев. Клетки, выстилающие стенку собирательных трубочек, кубические, а сосочковых протоков – столбчатые. Они выглядят прозрачными или бледными вследствие слабого окрашивания цитоплазмы.

Функция. В располагающиеся в корковом веществе собирательные трубочки поступает гипотоническая или изотоническая моча, которая далее следует в сосочковые протоки. Последние проникают в мозговое вещество и открываются на верхушке сосочка в маленькую чашечку. В собирательных трубочках происходит заключительный этап образования гипертонической мочи: **предсердный натрийуретический фактор** повышает выведение (экскрецию) натрия, под действием **альдостерона** (гормона коркового вещества надпочечников) происходит реабсорбция натрия и секреция калия. Под действием гормона задней доли гипофиза – **антидиуретического гормона** гипофиза (АДГ, или вазопрессин), собирательные трубочки становятся проницаемыми для воды, в результате здесь происходит пассивная диффузия воды в сторону гипертонического интерстиция мозгового вещества. Осмолярность мочи повышается, она становится гипертонической, объем мочи уменьшается. Без АДГ собирательные трубочки непроницаемы для воды, и

образуется большое количество гипо- или изотонической мочи. Без гипертонического градиента в интерстиции мозгового вещества, создаваемого восходящей частью петли Генле, даже в присутствии АДГ, избыток воды не удалялся бы из мочи в собирательных трубочках.

Интерстициальные клетки

Интерстициальные клетки почки располагаются в пространстве между почечными канальцами и сосудами; представлены в основном фибробластами коркового и мозгового вещества, которые поддерживают структуру органа. Среди них также различают секреторные интерстициальные клетки, которые вырабатывают эритропоэтин, простагландины и простаглицлин.

Юкстагломерулярный аппарат (ЮГА)

Располагается в области сосудистого полюса между приносящей и выносящей артериолой и играет важнейшую роль в регуляции кровотока через почку и артериального давления в целом (рис. 8).

Юкстагломерулярный аппарат образован:

- **юкстагломерулярными клетками** – видоизмененные гладкомышечными клетками (ГМК) стенки приносящей артериолы и секретируют ренин;
- **клетками плотного пятна дистальных извитых канальцев;**
- **экстрагломерулярными мезангиальными клетками.**

Клетки плотного пятна регистрируют концентрацию ионов натрия в просвете извитого канальца. При снижении концентрации натрия и в дистальном извитом канальце клетки плотного пятна заставляют расширяться приносящие артериолы и передают сигнал к секреции ренина юкстагломерулярным клеткам. Кроме того, активация симпатической нервной системы стимулирует выделение ренина через активацию бета-1-рецепторов.

Также юкстагломерулярные клетки, как барорецепторы, реагируют на снижение кровяного давления в приносящей артериоле и в ответ на это начинают секретировать **ренин** (рис. 9).

Ренин (фермент) гидролизует ангиотензиноген крови, в результате чего образуется **ангиотензин I**. В легких под действием ангиотензин-превращающего фермента ангиотензин I преобразуется в **ангиотензин II**. Ангиотензин II – мощный вазоконстриктор, он повышает кровяное давление и стимулирует выработку **альдостерона** корковым веществом надпочечников, вследствие чего усиливается реабсорбция натрия в дистальных извитых канальцах, **вазопрессина**, усиливающего реабсорбцию воды в собирательных трубочках и вызывающего спазм сосудов, а также вызывает **чувство жажды**. Задержка в организме натрия и воды увеличивает объем циркулирующей крови и в итоге повышает артериальное давление. Повышенное кровяное давление приводит к расширению приносящей артериолы, соответственно юкстагломерулярные клетки растягиваются и выработка ренина прекращается. Функция экстрагломерулярных мезангиальных клеток до конца неизвестна. Таким образом, снижение артериального давления является стимулом для активации ЮГА, что приводит к расширению приносящих артериол, увеличивая скорость клубочковой фильтрации из-за большего притока крови к клубочку, и высвобождению ренина, который через систему ренин-ангиотензин вызывает сужение выносящих артериол, что в конечном итоге увеличивает гидростатическое давление в клубочках. Весь механизм, таким

Ренин-ангиотензин-альдостероновая система

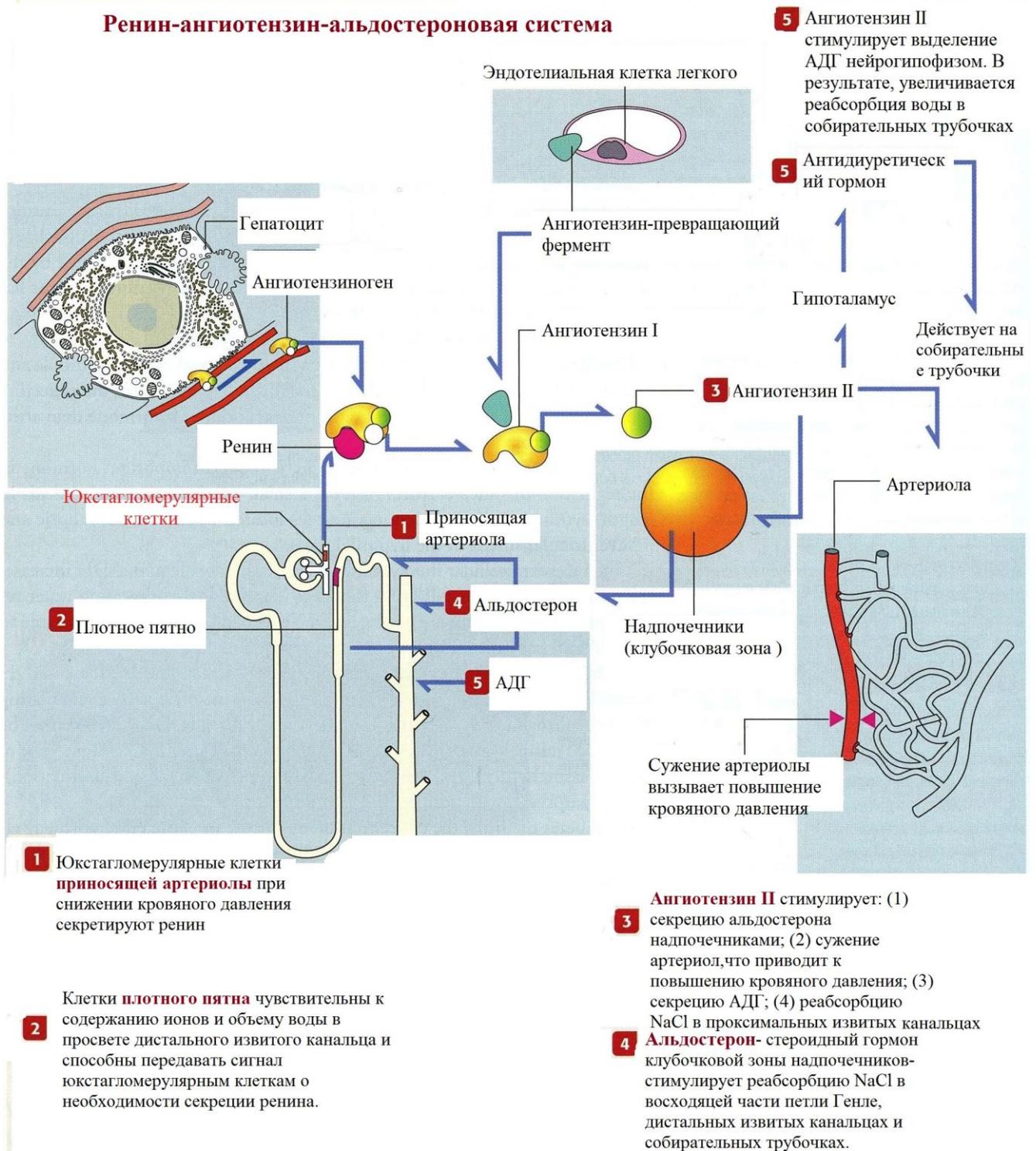


Рис. 9. Ренин-ангиотензин-альдостероновая система.

Воспроизведено с изменениями из Abraham L. Kierszenbaum. Histology and cell biology.

An introduction to pathology. – Third Edition – New York, 2012.

образом, обеспечивает поддержание постоянной скорости клубочковой фильтрации.

Краткое резюме. По артериальным сосудам кровь поступает в клубочек почечного тельца. В почечном тельце происходит фильтрация крови с образованием первичного фильтрата. Далее фильтрат направляется в проксимальные извитые каналы, где происходит реабсорбция глюкозы, аминокислот, ацетоацетата, мелких белковых молекул, витаминов, натрия и воды. Затем жидкость поступает в петлю Генле. Этот отдел нефрона устанавливает осмотический градиент мозгового вещества. Из петли Генле фильтрат перемещается в дистальные извитые каналы. Здесь устанавливается водно-солевой баланс между кровью и мочой и благодаря клеткам плотного пятна в процесс включается ЮГА. Далее, под действием антидиуретического гормона собирательные протоки становятся проницаемыми для воды, а под влиянием альдостерона усиливается реабсорбция ионов натрия. После выхода лишней воды в интерстиций мозгового вещества, образовавшаяся гипертоническая моча поступает в малые чашечки. В результате за сутки из 180 литров первичной мочи образуется 1,5-2 литра конечной (вторичной) мочи.

МОЧЕВЫВОДЯЩИЕ ПУТИ

Почечные чашечки и лоханка

Стенка почечной чашечки и почечной лоханки образована слизистой, мышечной и адвентициальной оболочками. Подслизистая основа отсутствует. Эпителий слизистой оболочки – переходный.

Мочеточники

Мочеточники выводят мочу из почечных лоханок в мочевой пузырь. Строение стенки такое же, как и у почечной лоханки. Мышечная оболочка мочеточника в верхней части состоит из двух слоев: продольного и кругового, а в нижней части, при впадении в мочевой пузырь, добавляется третий продольный слой.

Мочевой пузырь

Представляет собой растяжимый мышечный мешок, выстланный переходным эпителием. Строение стенки мочевого пузыря сходно со строением стенки мочеточника, почечной лоханки и чашечек, но мышечная оболочка здесь более выраженная. Гладкомышечные волокна имеют различное направление, а в области отверстия уретры формируют **непроизвольный внутренний сфинктер мочеиспускательного канала**.

Мочеиспускательный канал

Представлен трубкой, которая служит для выведения мочи из мочевого пузыря наружу. Мужской мочеиспускательный канал отличается от женского длиной, выстилающим эпителием и функцией.

Мужской мочеиспускательный канал: длина около 20 см, выводит мочу и сперму. Имеет три части:

- **Предстательная часть:** верхняя часть, выходящая из шейки мочевого пузыря. Проходит через предстательную железу; выстлана переходным эпителием. Продолжается в перепончатую часть мочеиспускательного канала. В предстательную часть открываются протоки предстательной железы и семявыбрасывающие протоки.
- **Перепончатая часть:** самая короткая часть мочеиспускательного канала. Проходит через мочеполовую диафрагму, где окружающие ее поперечно-полосатые мышечные волокна формируют произвольный **наружный сфинктер мочеиспускательного канала**. Перепончатая часть выстлана многослойным и псевдомногослойным столбчатым эпителием. Продолжается в губчатую часть мочеиспускательного канала.
- **Губчатая часть:** проходит через губчатое тело и выстлана псевдомногослойным цилиндрическим эпителием. В области луковицы полового члена в эту часть канала открываются протоки бульбоуретральных желез. В области головки полового члена мочеиспускательный канал расширяется, образуя **ладьевидную ямку**. Здесь псевдомногослойный столбчатый эпителий сменяется

многослойным плоским неороговевающим эпителием. В губчатую часть открываются протоки расположенных здесь многочисленных слизистых желез Литтре. Мужской мочеиспускательный канал заканчивается наружным **отверстием мочеиспускательного канала** на головке полового члена.

Женский мочеиспускательный канал: длина около 4 см, выводит только мочу; выстлан переходным и многослойным цилиндрическим эпителием. В слизистой имеются уретральные железы и лакуны. Ближе к отверстию мочеиспускательного канала эпителий переходит в многослойный плоский неороговевающий. Нижняя часть женского мочеиспускательного канала окружена наружным произвольным сфинктером мочеиспускательного канала, образованным поперечно-полосатыми мышцами мочеполовой диафрагмы.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАБОТЕ С ГИСТОЛОГИЧЕСКИМИ ПРЕПАРАТАМИ

Перечень гистологических препаратов по теме «Мочевая система»

1. Почка
2. Мочеточник
3. Мочевой пузырь
4. Уретра

Препарат 1. Почка

Необходимо уметь различать на микроскопическом уровне корковое и мозговое вещество почки, основные отделы нефрона, собирательные трубочки.

На малом увеличении необходимо изучить общий план строения почки. Найти капсулу почки, корковое и мозговое вещество (рис. 2). Корковое вещество располагается на периферии почки под капсулой сплошным слоем, в

котором определяются почечные тельца, а также проксимальные и дистальные извитые каналцы нефрона. В более светлом мозговом веществе располагаются петли Генле, собирательные трубочки.

На большом увеличении (рис. 10, 11) в почечных тельцах можно различить капиллярный клубочек, полость капсулы Боумена- Шумлянского, её внут-

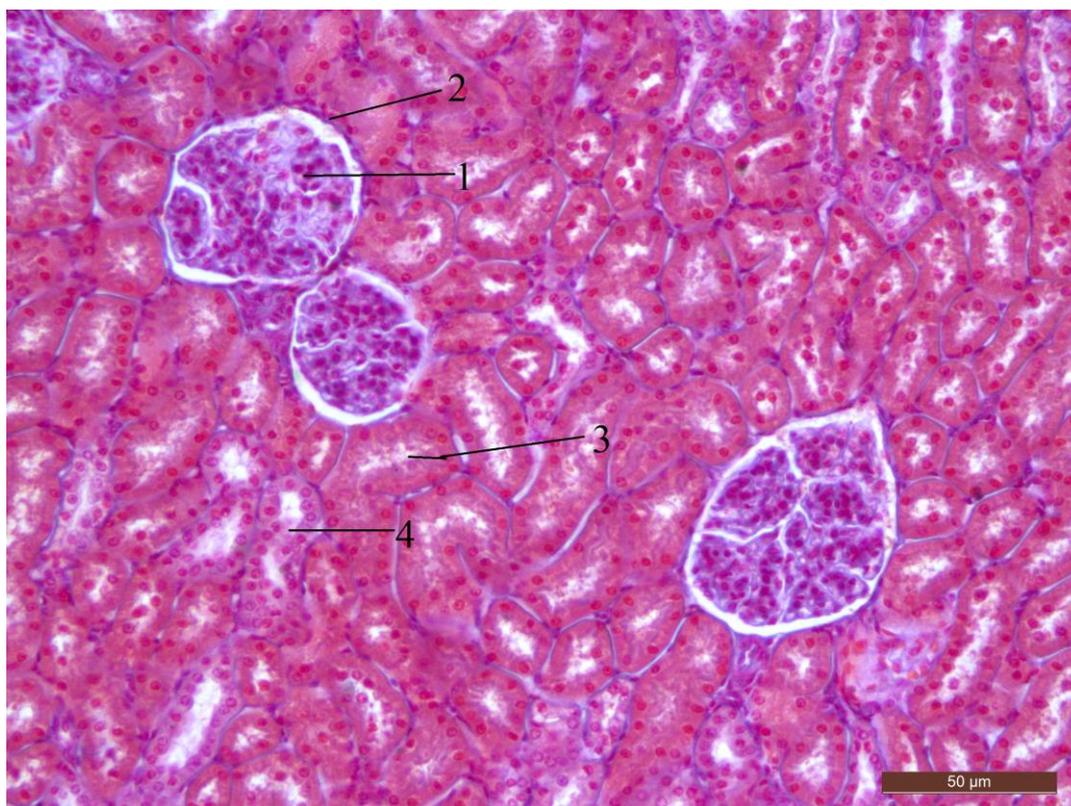


Рис. 10. Микропрепарат почки. Кортикальное вещество.

1. Капиллярный клубочек.
2. Капсула Боумена - Шумлянского (париетальный листок).
3. Проксимальный извитой каналец.
4. Дистальный извитой каналец.

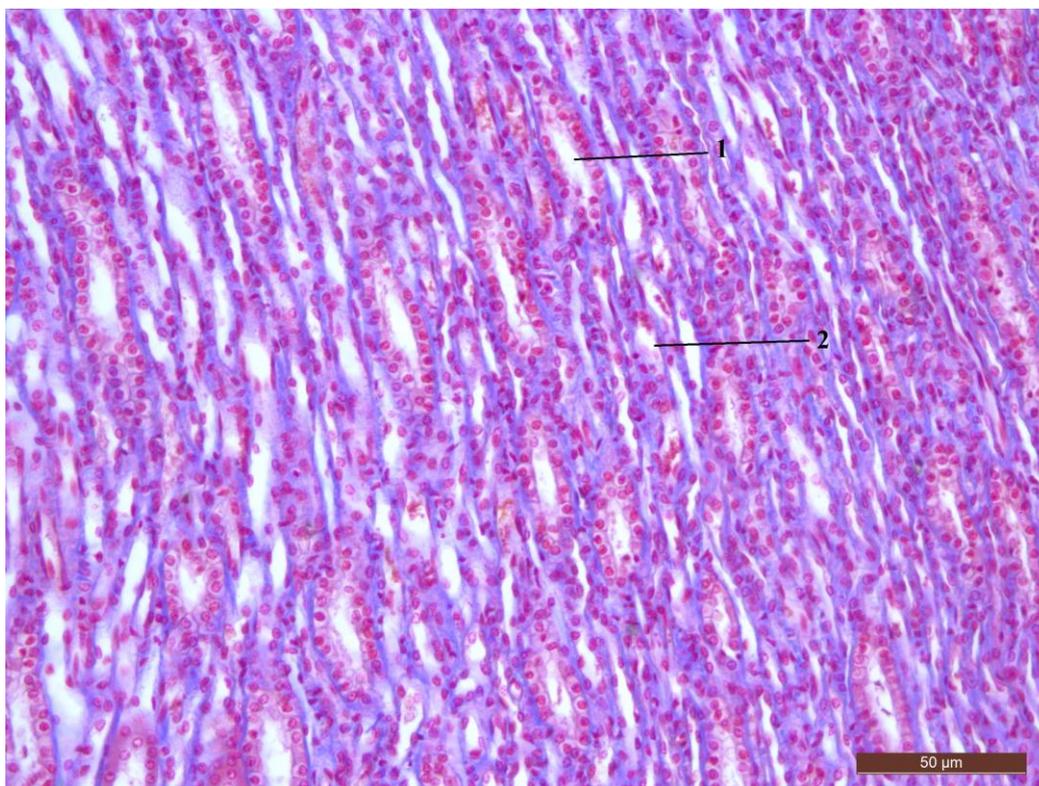


Рис. 11. Микропрепарат почки. Мозговое вещество.
1. Собирательные трубочки. 2. Тонкая часть петли Генле.

ренний и наружный листки. Большую площадь коркового вещества занимают проксимальные извитые каналцы. Они имеют узкий просвет, оксифильную цитоплазму, щеточную каемку на апикальной поверхности клеток и базальную исчерченность в базальной части клеток. Дистальные извитые каналцы определяются по прозрачной цитоплазме, более широкому просвету и отсутствию щеточной каемки. В мозговом веществе почки располагается преимущественно тонкая часть петли Генле и собирательные трубочки. Просвет тонкой части петли Генле менее выраженный, чем у проксимальных извитых канальцев, выстлан однослойным плоским эпителием. Собирательные трубочки характеризуются широким просветом и кубическим эпителием.

Препарат 2. Мочеточник

Необходимо уметь различать на микроскопическом уровне слизистую, подслизистую, мышечную и адвентициальную оболочки.

На малом увеличении (рис. 12) необходимо изучить общий план строения мочеточника. Просвет органа имеет звездчатый вид. Слизистая оболочка образует глубокие складки благодаря наличию подслизистой основы.

На большом увеличении необходимо изучить слизистую оболочку, которая состоит из переходного эпителия и собственной пластинки слизистой, представленной рыхлой волокнистой соединительной тканью. Мышечная пластинка слизистой отсутствует. Подслизистая основа также образована рыхлой волокнистой соединительной тканью. В мышечной оболочке различают два слоя гладкой мышечной ткани: внутренний продольный и наружный циркулярный. У места впадения мочеточника в мочевой пузырь появляется третий продольный мышечный слой. Адвентициальная оболочка представлена рыхлой волокнистой соединительной тканью.

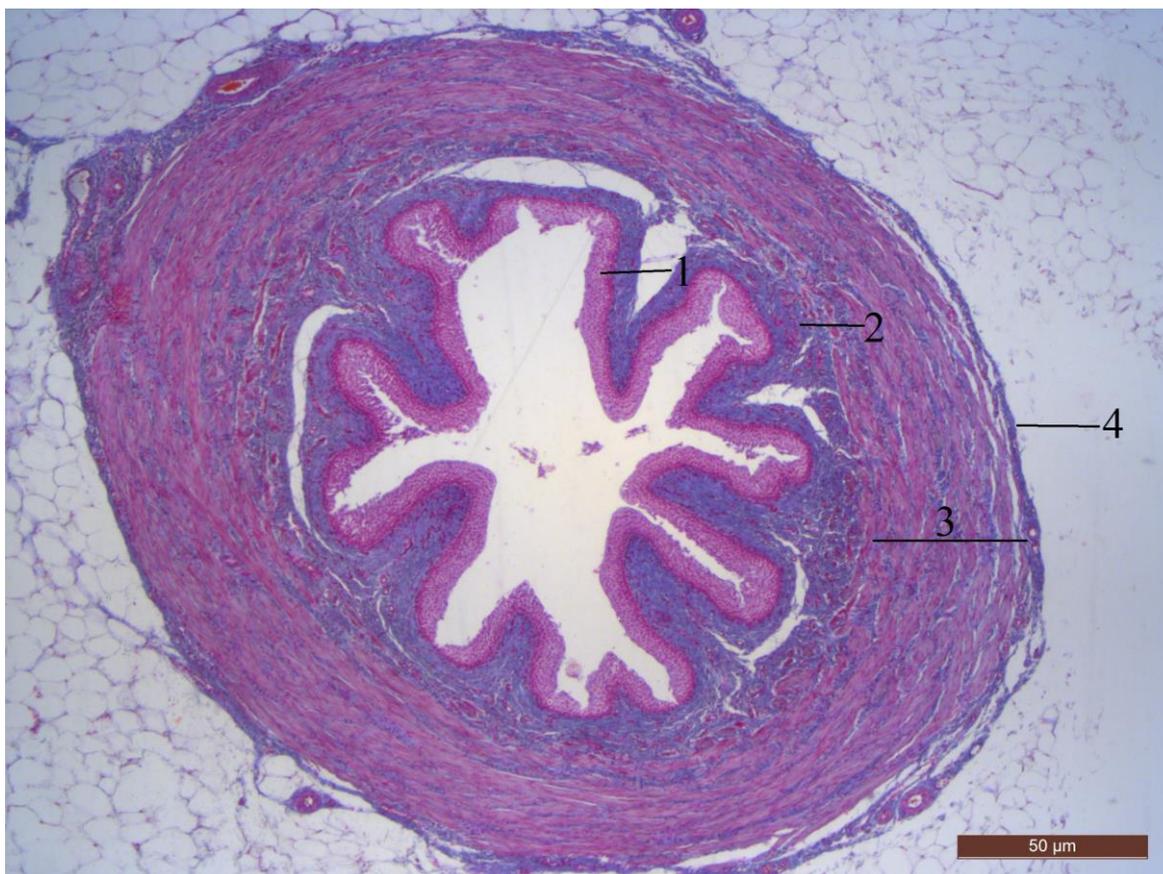


Рис. 12. Микропрепарат мочеточника. 1. Переходный эпителий слизистой оболочки. 2. Подслизистая основа. 3. Мышечная оболочка. 4. Адвентиция.

Препарат 3. Мочевой пузырь

Необходимо уметь различать на микроскопическом уровне слизистую, подслизистую, мышечную и наружную адвентициальную или серозную оболочки. На малом увеличении (рис. 13) необходимо изучить общий план

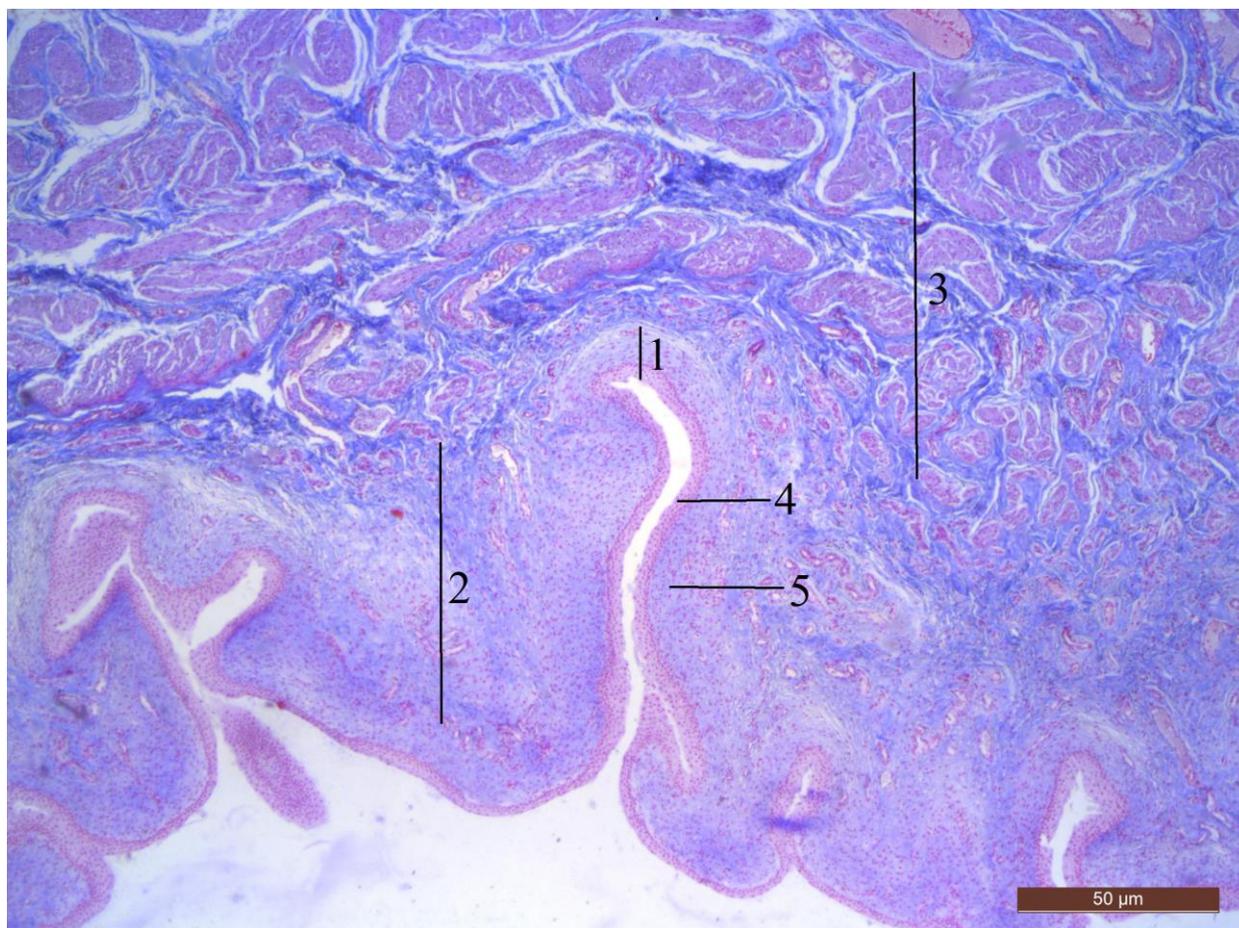


Рис. 13. Микропрепарат мочевого пузыря. 1.Слизистая оболочка. 2. Подслизистая основа.3. Мышечная оболочка. 4. Переходный эпителий. 5. Собственная пластинка слизистой.

строения стенки мочевого пузыря.

На большом увеличении (рис. 14) изучить слизистую оболочку с переходным эпителием и собственной пластинкой слизистой, представленной рыхлой волокнистой соединительной тканью. Слизистая оболочка собирается в складки. Подслизистая основа представлена рыхлой волокнистой соединительной тканью, которая отсутствует в области мочепузырного треугольника. Мышечная оболочка, в отличие от мочеточника, состоит из трёх

слоев гладкой мышечной ткани: внутренний – продольный, средний – циркулярный и наружный – продольный. Серозная оболочка покрывает заднюю стенку и вершину мочевого пузыря. Она образована рыхлой волокнистой соединительной тканью, покрытой мезотелием. Остальную поверхность органа покрывает адвентиция.

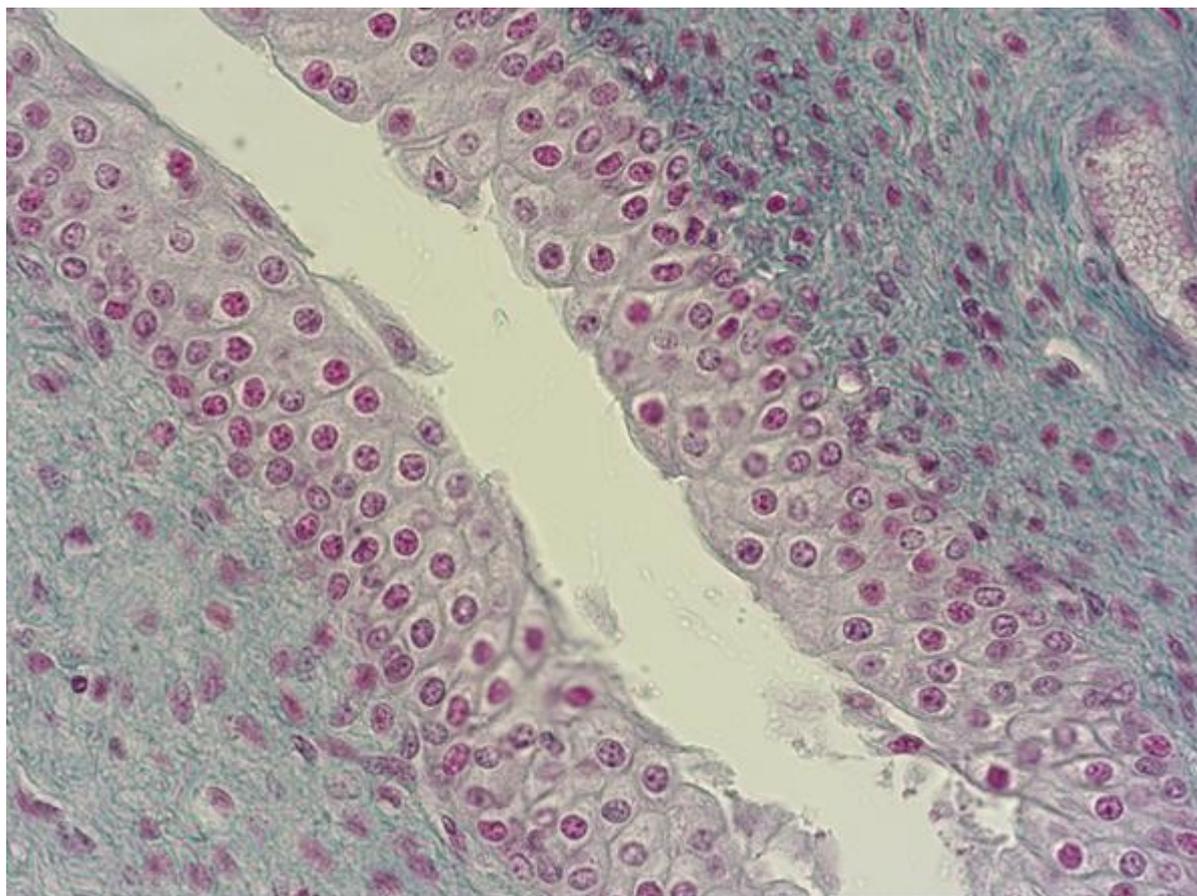


Рис. 14. Переходный эпителий мочевого пузыря.

Препарат 4. Уретра (предстательная часть)

Необходимо уметь различать на микроскопическом уровне слизистую оболочку, выстланную переходным эпителием. Под слизистой оболочкой уретры располагается мышечно-соединительнотканная строма. Простатическая часть уретры тесно связана с предстательной железой. На препарате отчетливо определяются собственные железы простаты.

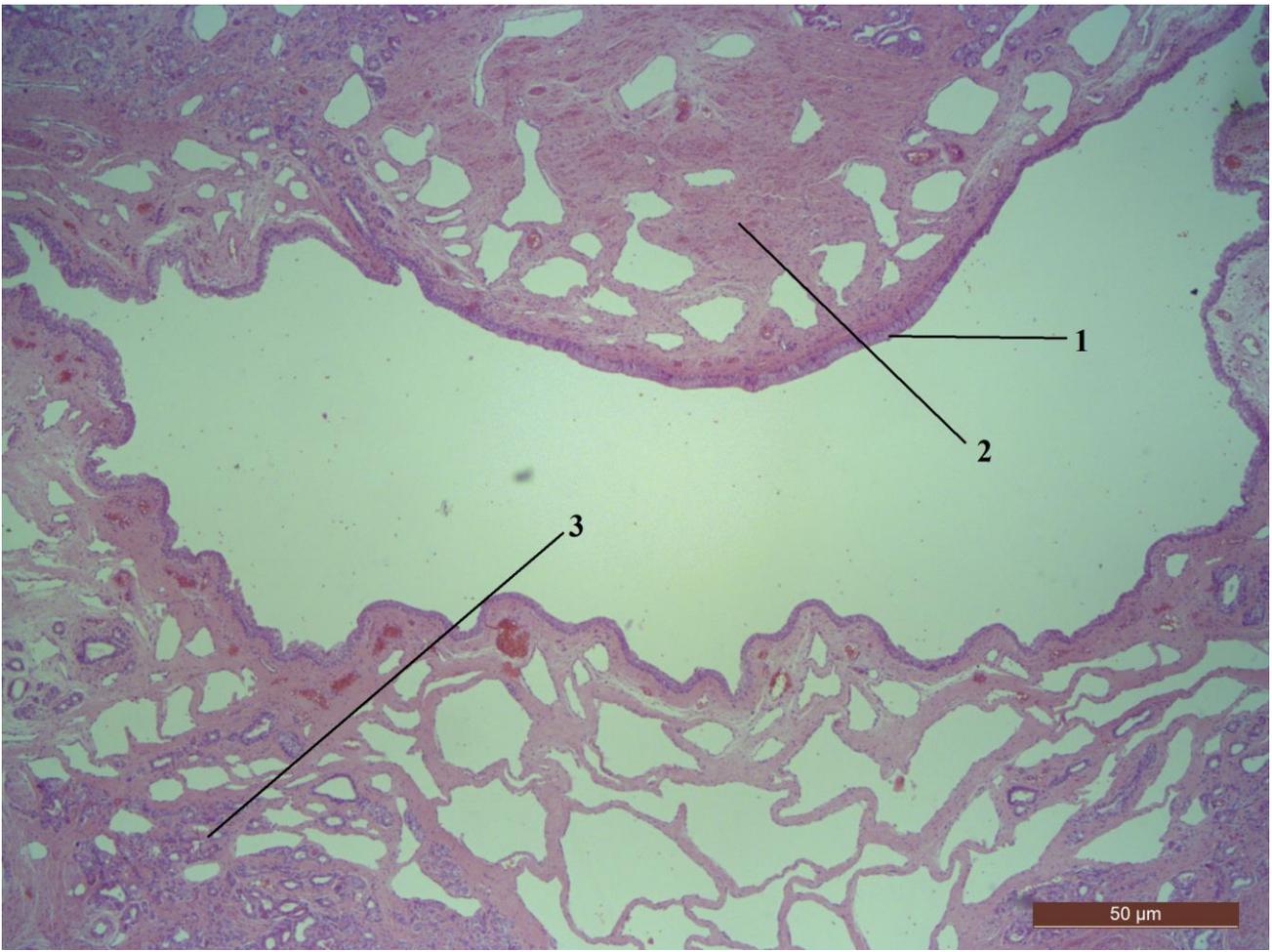


Рис. 15. Микропрепарат уретры. 1. Слизистая оболочка. 2. Мышечно-соединительнотканная строма. 3. Собственные железы предстательной железы.

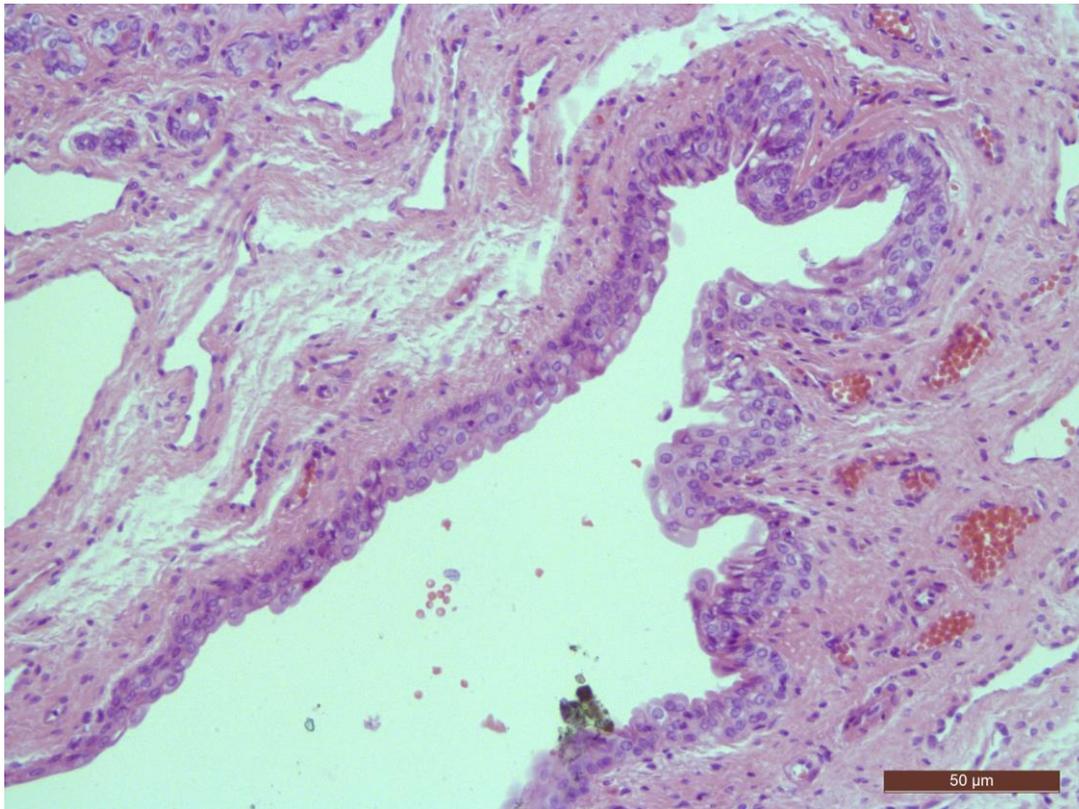


Рис. 16. Переходный эпителий простатической части уретры.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ

1. Нарисуйте схему строения мочевой системы, укажите названия и функции органов, дайте характеристику типам эпителия.
2. Нарисуйте схематично фронтальный срез почки и обозначьте на рисунке:
 - a. Капсулу
 - b. Кортикальное вещество
 - c. Мозговое вещество
 - d. Пирамиды
 - e. Мозговые лучи
 - f. Почечные столбы
 - g. Большие чашечки
 - h. Малые чашечки
 - i. Почечные сосочки
 - j. Лоханку

- k. Синус почки
 - l. Ворота почки
 - m. Почечные артерию и вену
 - n. Дуговые артерии и вены
 - o. Междольковые артерии и вены
 - p. Долю почки
 - q. Дольку почки
3. Нарисуйте схематично нефрон, обозначьте его структурные компоненты, укажите компоненты, лежащие в корковом и мозговом веществе.
4. Нарисуйте почечное тельце и обозначьте:
- a. Клубочек
 - b. Капсулу клубочка
 - c. Висцеральный листок капсулы
 - d. Parietalный листок капсулы
 - e. Полость капсулы
 - f. Приносящую и выносящую артериолы
 - g. Сосудистый полюс клубочка
 - h. Мочевой полюс клубочка
 - i. Проксимальный извитой каналец
 - j. Мезангиальные клетки
5. Нарисуйте фильтрационный барьер и обозначьте:
- a. Просвет капилляра клубочка
 - b. Эндотелиальные клетки клубочка
 - c. Фенестры эндотелия
 - d. Слившиеся базальные пластинки
 - e. Ножки подоцитов
 - f. Фильтрационные щели
 - g. Полость капсулы

6. Опишите структуру мезангиальных клеток и их роль в поддержании целостности фильтрационного барьера.
7. Сравните проксимальный и дистальный извитые каналцы в отношении:
 - a. Локализации в почке
 - b. Эпителиальной выстилки (высота эпителия, наличие микроворсинок, количество митохондрий, ацидофилия, интердигитации базальной клеточной мембраны, интердигитации латеральной мембраны)
 - c. Диаметр просвета
 - d. Вещества, реабсорбируемые или секретируемые в фильтрат
8. Опишите основную функцию петли Генле. Сравните восходящее и нисходящее колена петли Генле в отношении:
 - a. Наличия толстой части, напоминающей проксимальный извитой каналец
 - b. Наличия толстой части, напоминающей дистальный извитой каналец
 - c. Эпителиальной выстилки тонкой части
 - d. Проницаемости для воды
 - e. Проницаемости для натрия
9. Сравните кортикальные и юкстамедуллярные нефроны в отношении:
 - a. Количества
 - b. Длины тонкой части петли Генле
 - c. Относительной важности в создании гиперосмолярности мозгового вещества
 - d. Путей оттока крови
10. Сравните собирательные трубочки и сосочковые протоки с извитыми каналцами в отношении:
 - a. Локализации
 - b. Эпителия (высота, интенсивность окрашивания цитоплазмы, видимость межклеточных краев)

11. Опишите юкстагломерулярный аппарат:
 - a. Локализация
 - b. Компоненты в стенке приносящей артериолы
 - c. Компоненты в стенке дистального извитого канальца
 - d. Клеточный тип, отвечающий за продукцию ренина
12. Перечислите по порядку артериальные сосуды от почечной артерии до капилляров клубочка.
13. Сравните *vasa recta* и тонкую часть петли Генле юкстамедуллярных нефронов в отношении:
 - a. Локализации
 - b. Содержимого
 - c. Толщины и типа эпителия
14. Сравните альдостерон и АДГ:
 - a. Место синтеза и секреции
 - b. Стимулы для секреции
 - c. Клетки-мишени в почке
 - d. Роль в функции почки
15. Опишите причины, стимулирующие секрецию ренина, каскад реакций, который он запускает и его результат.
16. Опишите путь, который проходит моча от просвета капсулы до лоханки (называя по порядку все трубочки, через которые она протекает).
17. Опишите изменения в составе мочи (появляющиеся и исчезающие компоненты), ее объеме, осмолярности, которые происходят при ее движении по трубочкам от капсулы нефрона до лоханки.
18. Опишите структурные признаки стенки чашечек, лоханки, мочеточника, мочевого пузыря:
 - a. Слизистая (эпителий, собственная пластинка)
 - b. Наличие подслизистой
 - c. Ориентация ГМК в мышечной оболочке

19. Назовите по порядку части мужской уретры и эпителий в каждой части.
20. Сравните мужскую и женскую уретры (длина, функция, эпителий).
21. Сравните внутренний и наружный сфинктеры уретры:
 - a. Локализация
 - b. Тип мышечных волокон и их ориентация
 - c. Произвольность/непроизвольность

ЗАДАЧИ

1. В урологическое отделение ЦРБ поступил больной, который в течение суток выделяет до 10 литров мочи. Функция каких отделов нефрона мочевыделительной системы нарушена? Чем может быть вызвано нарушение мочевыделения?
2. В стенке дистального извитого канальца наблюдается скопление ядер, отсутствует базальная мембрана. Каналец расположен между приносящей и выносящей артериолами клубочка. В стенке артериол в этом участке выявляются видоизмененные гладкие миоциты. Как называются эти клетки? Какую функцию они выполняют? К какому аппарату они относятся?
3. У больного обнаружено повышенное содержание ренина. Отразится ли это состояние на функции почек и каков будет результат? Для решения необходимо ответить на вопросы:
 - 1) Какой орган вырабатывает ренин?
 - 2) Чем представлен юкстагломерулярный аппарат и где локализован?
 - 3) С какими веществами взаимодействует ренин и какие действия он оказывает?
 - 4) Какие функции выполняют почки?
 - 5) Какие этапы различают в процессе мочеобразования?
 - 6) Какие функции почек зависят от физиологических эффектов ренина?

4. В моче больного обнаружено повышенное количество белка. В каком отделе мочевыделительной системы имеется патология? Какой этап процесса мочеобразования нарушен? Для решения задачи необходимо ответить на вопросы:
- 1) Какой орган образует мочу?
 - 2) Какие этапы выделяют в мочеобразовании?
 - 3) Как называются структурно-функциональные единицы почки, их отделы?
 - 4) В каких отделах происходит фильтрация плазмы и образование первичной мочи?
 - 5) В каких отделах происходит реабсорбция и образование вторичной мочи?
 - 6) Что является фильтрационным барьером почки, его строение?
 - 7) Какие вещества в норме не пропускает фильтрационный барьер?
 - 8) В каком отделе нефрона наблюдается нарушение, если в моче обнаружены белки?

ЛИТЕРАТУРА

1. Улумбеков, Э.Г., Чельшев, Ю.А. Гистология, эмбриология, цитология: учебник для вузов. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2012. - 408 с.
2. Афанасьев, Ю. И.; Юрина, Н. А.; Винников, Я. А.; Радостина, А. И.; Ченцов, Ю. С. Гистология, эмбриология, цитология. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014. -800 с.
3. Бойчук, Н. В., Исламов, Р. Р., Кузнецов, С. Л., Чельшев, Ю. А. Гистология. Атлас для практических занятий : учебное пособие. М. : ГЭОТАР-Медиа, 2014. - 158 с.
4. Жункейра, Л. К., Карнейро, Ж. Гистология : атлас : учебное пособие / пер. с англ. под. ред. В. Л. Быкова. М. : ГЭОТАР-Медиа, 2009. - 576 с.

5. Paulsen, D. F. Basic histology: examination & board review. Third edition. Stamford : Appleton & Lange, 1996. - 379 p.

6. Ross, M. H., Pawlina, W. Histology: a text book and atlas: with correlated cell and molecular biology. Sixth edition. Philadelphia : Lippincott Williams & Wilkins, 2011.- 974 p.

7. Abraham, L. Kierszenbaum. Histology and cell biology. An introduction to pathology. Third Edition. Elsevier, 2012. - 701 p.