

**Министерство здравоохранения Республики Беларусь  
Учреждение образования  
«Гомельский государственный медицинский университет»**

**Кафедра гистологии, цитологии и эмбриологии**

**МЕТОДИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА**

**для проведения занятия со студентами II курса лечебного факультета и ФИС  
по гистологии, цитологии и эмбриологии**

**Тема 12: «ГИСТОФИЗИОЛОГИЯ МОЧЕВЫДЕЛИТЕЛЬНОЙ  
СИСТЕМЫ»**

**Время – 4 а. ч.**

**Авторы:**

**зав. каф. к.м.н.**

**доцент, к.б.н.**

**доцент, к.м.н.**

**И. Л. Кравцова**

**Н. Г. Мальцева**

**Е. К. Солодова**

**Гомель, 2022 г.**

## МОТИВАЦИОННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕМЫ

Выделительная система-это система органов, предназначенных для выведения ненужных и вредных для организма веществ, участия в регуляции водно-солевого обмена (поддержание гомеостаза) и эндокринной функции (в почках вырабатываются гормоны эритропоэтин ренин). В случаях их заболеваний гомеостаз нарушается, при этом может произойти накопление воды в тканях (отеки), самоотравление его вредными продуктами азотистого обмена (уремия) и др.

С целью правильной диагностики и успешного лечения заболеваний органов мочевой системы в нефрологической и урологической практике широко используют методы лабораторного анализа, клинических проб и прижизненного взятия материала из органов для гистологического исследования. Все они основаны на твердых знаниях гистофизиологии здоровых (нормальных) органов мочевой системы.

## ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ

Изучить микроскопическое и ультрамикроскопическое строение и гистофизиологию почек и мочевыводящих путей.

Формирование научного мировоззрения и теоретической базы будущего врача на основе фундаментальных знаний и новейших достижений гистологии, цитологии и эмбриологии.

## ЗАДАЧИ

**Студент должен знать:**

- 1) Строение почек и их структурно-функциональной единицы – нефрона.
- 2) Строение юкстагломерулярного комплекса.
- 3) Особенности кровоснабжения почек.
- 4) Особенности строения различных органов мочевыводящих путей.

**Студент должен уметь:**

- 1) Определять под микроскопом в корковом и мозговом веществе почек различные части нефронов, собирательные трубки и кровеносные сосуды
- 2) Определять в составе нефронов структурные элементы, участвующие при мочеобразовании в процессах фильтрации и реабсорбции.
- 3) Определять структурные особенности основных частей нефрона.

## ТРЕБОВАНИЯ К ИСХОДНОМУ УРОВНЮ ЗНАНИЙ

Для освоения темы студенту требуются знания из цитологии, медицинской биологии и эмбриологии И анатомии.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ИЗ СМЕЖНЫХ ДИСЦИПЛИН

- 1) Анатомия и топография почек, мочеточников и мочевого пузыря.
- 2) Кровоснабжение и иннервация почек.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПО ТЕМЕ ЗАНЯТИЯ

1. Источники и основные этапы эмбрионального развития почек.
2. Общий план строения и тканевой состав почки.
3. Понятие о нефроне: морфо-физиологическая классификация его отделов.
4. Строение и функции почечного тельца.

5. Строение внутреннего листка капсулы. Подоциты.
6. Фильтрационный барьер почечного тельца.
7. Строение и функции проксимального отдела нефрона.
8. Тонкий каналец петли Генли.
9. Строение и функции дистального отдела нефрона.
10. Собирательные трубочки.
11. Юкстагломерулярный комплекс. Строение функции, характеристика клеток.
12. Простагландиновый аппарат.

## УЧЕБНЫЙ МАТЕРИАЛ

Мочевыделительная система представлена мочеобразующими органами – почками и мочевыводящими путями: мочеточником, мочевым пузырем и мочеиспускательным каналом.

Почки поддерживают постоянство внутренней среды и осуществляют следующие функции:

1. Образуют мочу.
2. Секрцию продуктов азотистого обмена и поддержание белкового гомеостаза.
3. Обеспечивают водно-солевой обмен.
4. Регулируют щелочно-кислотное равновесие.
5. Регулируют тонус сосудов.
6. Вырабатывают факторы, стимулирующие эритропоэз.

В течение эмбрионального развития закладывается 3 парных выделительных органа: головная почка или предпочка, первичная почка и постоянная или окончательная почка. Структурной и функциональной единицей почки является нефрон. Нефрон начинается почечным тельцем, состоящим из сосудистого клубочка и капсулы, проксимального отдела, петли нефрона и дистального отдела. Кортикальное вещество представлено почечными тельцами и извитыми канальцами проксимальной и дистальной части нефрона. В составе мозгового вещества находятся петли Генле нефрона, собирательные трубочки и интерстициальная ткань почки. Нефрон представлен двумя разновидностями: корковые нефроны – (80 %) имеют сравнительно короткую петлю Генле. Эти нефроны наиболее активно участвуют в мочеобразовании. У юкстамедуллярных или около мозговых нефронов – (20 %) петля Генле уходит в мозговое вещество, остальные части располагаются на границе коркового и мозгового вещества. Эти нефроны образуют более короткий и легкий путь, по которому проходит часть крови через почки в условиях сильного кровенаполнения.

Сосудистый клубочек нефрона образован кровеносными капиллярами. Эндотелиальные клетки капилляров являются первым элементом фильтрационного барьера, через который из крови в полость капсулы фильтруются составные части плазмы крови, образующие первичную мочу. Они располагаются на внутренней поверхности трехслойной мембраны. Со стороны полости капсулы располагаются эпителиальные клетки – подоциты. Таким образом, фильтрационный барьер нефрона представлен тремя элементами: эндотелием капилляров клубочка, подоцитами внутреннего листка капсулы и общей для них трехслойной мембраной.

Проксимальный отдел нефрона образован однослойным кубическим эпителием. В этом отделе осуществляется обратное всасывание, т. е. реабсорбция белков,

глюкозы, электролитов, воды из первичной мочи в кровь. Особенности эпителиальных клеток этого отдела: 1. Наличие щеточной каемки с высокой активностью щелочной фосфатазы. 2. Большое число лизосом с протеолитическими ферментами. 3. Наличие базальной исчерченности за счет складок цитолеммы и расположенных между ними митохондрий. Эти структуры обеспечивают пассивное обратное всасывание воды и некоторых электролитов. В результате реабсорбции в проксимальных отделах из первичной мочи полностью исчезает сахар и белок. Стенка дистального отдела образована цилиндрическим эпителием, участвующим в факультативной реабсорбции – обратное всасывание в кровь электролитов, что обеспечивает количество и концентрацию выделяемой мочи.

Кровоснабжение почки осуществляется почечной артерией, которая разветвляется вблизи почечных ворот. Сегментарные артерии проникают в паренхиму почки до кортико-медулярной зоны, где образуются дуговые артерии. Дальнейшее ветвление артерии обеспечивает раздельное кровоснабжение коркового (кортикальные и междольковые ветви), мозгового вещества (прямые артерии). В корковое вещество почки отходят междольковые артерии. От них начинаются приносящие артериолы, которые распадаются на капилляры сосудистого клубочка. Последние собираются в выносящие артериолы, диаметр которых в несколько раз меньше приносящих артериол. Это обуславливает высокое давление в капиллярах сосудистого клубочка (более 50 мм рт. ст.), обеспечивающее процессы фильтрации жидкости и веществ из плазмы крови в нефрон. Выносящие артериолы вновь распадаются на капилляры, оплетающие канальцы нефрона. Низкое (около 10—12 мм рт. ст.) давление крови в этих капиллярах способствует второй фазе мочеобразования – процессу обратного всасывания жидкости и веществ из нефрона в кровь. Венозная сеть начинается звездчатыми венами. В мозговое вещество почки отходят прямые артерии, они распадаются на капилляры, образующие мозговую перитубулярную капиллярную сеть. Капилляры мозгового вещества собираются в прямые вены, впадающие в дуговые. Вследствие этих особенностей кровоснабжения почки, околomозговые нефроны играют роль шунта, т. е. более короткого и легкого пути для крови в условиях сильного кровенаполнения.

Эндокринная система почки представлена юкстагломерулярным и простогландиновым аппаратами. ЮГА секретирует гормон ренин, который катализирует образование в организме ангиотензинов, оказывающих сосудосуживающее действие и стимулирует продукцию гормона альдостерона в надпочечниках. В состав ЮГА входят:

Юкстагломерулярные клетки, располагающиеся в стенке приносящих и выносящих артериол под эндотелием.

Плотное пятно – участок стенки дистального отдела нефрона в том месте, где проходит рядом с почечным тельцем между приносящей и выносящей артериолами.

Клетки Гурмагтга или юкставаскулярные, лежащие в треугольном пространстве между приносящей и выносящей артериолами и плотным телом.

Простогландиновый аппарат состоит из интерстициальных клеток и нефроцитов собирательных трубочек и оказывает антигипертензивное действие.

Мочевыводящие пути выделительной системы имеют общий план строения: слизистая, подслизистая основа, мышечная и наружная оболочка (адвентициальная или серозная).

## ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ ЗАНЯТИЯ

### Микропрепараты

Препарат № 1. ПОЧКА. Окраска: гематоксилин-эозин. При малом увеличении микроскопа рассмотреть препарат, обратив внимание на разделение среза органа на две части: более темное по периферии – корковое вещество и светлое в центре – мозговое вещество. Структурно-функциональной единицей почки является нефрон, представляющий собой сложно устроенную систему проксимальных, дистальных (прямых и извитых) и тонких канальцев, которые начинаются в почечных тельцах капсулой клубочка (Шумлянского-Боумана).

Почечные тельца нефрона, а также проксимальные и дистальные отделы большинства нефронов почки локализируются и формируют корковое вещество почки.

При изучении почечного тельца с использованием большого увеличения микроскопа видно, что оно состоит из сосудистого клубочка и окружающей его капсулы. Сосудистый клубочек почечного тельца представлен капиллярной сетью – первичной или «чудесная» капиллярная сеть, располагающаяся между приносящей и выносящей артериолами. Вблизи некоторых почечных телец просматривается поперечно срезанный участок дистального канальца, стенка которого образована высокими призматическими тесно прижатыми друг к другу клетками – клетки плотного пятна. Они являются «натриевыми рецепторами» и относятся к юстагломерулярному аппарату почек. Между почечными тельцами в корковом веществе расположены проксимальные и дистальные канальцы нефронов как в продольном, так и в поперечном сечении. На поперечном разрезе канальцев проксимального отдела нефрона видно, что их просвет мутный, имеет неправильную форму, границы между клетками трудно различимы, тогда как просвет канальцев дистального отдела светлый, хорошо выражен, правильной формы. Это связано с особенностями строения эпителия, выстилающего проксимальные и дистальные канальцы нефронов почек. Так, проксимальные канальцы нефронов почки выстланы однослойным призматическим эпителием, клетки которого на апикальной своей поверхности имеют множество микроворсинок, образующих щеточную каемку. Дистальные канальцы нефронов почек выстланы однослойным кубическим эпителием, клетки которого не имеют щеточной каемки.

Дистальная часть нефрона почки переходит в собирательную трубочку, которая начинает мочевыводящие пути. Собирательная трубочка локализуется в корковом веществе почки в составе мозговых лучей. Однако большая их часть локализуется в мозговом веществе, составляя главную его массу. Собирательные трубочки выстланы однослойным цилиндрическим эпителием и имеют значительно больший диаметр по сравнению с канальцами нефронов почек.

В мозговом веществе почек между поперечно и продольно срезанными собирательными трубочками расположены тонкие канальцы в составе петель Генле. Они выстланы однослойным плоским эпителием и имеют меньший диаметр, чем проксимальные и дистальные канальцы нефронов почек.

Между нефронами в почках расположена интерстициальная ткань – рыхлая волокнистая соединительная ткань с кровеносными сосудами. Зарисовать в виде сектора небольшой участок почки при малом увеличении микроскопа. На рисунке обозначить: 1) корковое вещество почки, 2) мозговое вещество почки, 3) почечное

тельце, 4) плотное пятно, 5) сосудистый клубочек, 6) проксимальный каналец, 7) тонкий каналец, 8) дистальный каналец, 9) собирательную трубочку, 10) кровеносный сосуд.

Препарат № 2. МОЧЕТОЧНИК. Окраска: гематоксилин-эозин. На малом увеличении виден поперечный срез органа. Стенка мочеточника представлена четырьмя оболочками: слизистой, подслизистой, мышечной и адвентициальной. Просвет мочеточника неровный из-за наличия складок образованных слизистой и подслизистой оболочками органа. Слизистая оболочка мочеточника имеет два слоя – эпителий и собственную пластинку слизистой. На границе с просветом виден переходный эпителий слизистой оболочки мочеточника. Под ним расположена рыхлая волокнистая соединительная ткань собственной пластинки слизистой. Ближе к мышечной оболочке органа расположена тонкая подслизистая основа, также представленная рыхлой волокнистой соединительной тканью. В нижней трети мочеточника в ней содержатся концевые отделы желез. Мышечная оболочка в верхней трети органа состоит из двух слоев мышц (внутреннего продольного и наружного циркулярного), а в нижней трети мочеточника включает три слоя гладкой мышечной ткани, как в мочевом пузыре. Наружная адвентициальная оболочка представлена рыхлой волокнистой соединительной тканью с сосудами и нервами. При малом увеличении микроскопа зарисовать в виде сектора небольшую часть стенки мочеточника. На рисунке обозначить: 1) переходный эпителий слизистой оболочки, 2) собственную пластинку слизистой оболочки, 3) мышечную оболочку, 4) адвентициальную оболочку.

Препарат № 3. МОЧЕВОЙ ПУЗЫРЬ. Окраска: гематоксилин-эозин. Мочевой пузырь, как и все полостные органы, имеет оболочечное строение. При малом увеличении микроскопа отчетливо можно рассмотреть слизистую оболочку, представленную переходным эпителием и собственной пластинкой слизистой, образованной рыхлой волокнистой соединительной тканью с сосудами. Подслизистая оболочка также образована рыхлой волокнистой соединительной тканью и как бы сливается с собственной пластинкой слизистой.

Мышечная оболочка мочевого пузыря хорошо выражена и построена из трех нерезко отграниченных слоев гладкой мускулатуры (внутренний и наружный имеют продольное направление, средний – циркулярное). При большом увеличении отчетливо видно, что гладкие миоциты собраны в пучки, срезанные как продольно, так и поперечно. Между пучками просматриваются элементы рыхлой волокнистой соединительной ткани с сосудами и нервами.

Наружная адвентициальная оболочка имеет обычное строение, представлена рыхлой волокнистой соединительной тканью с сосудами и нервами и обилием жировой ткани. Только дно мочевого пузыря покрыто серозной оболочкой. При малом увеличении микроскопа зарисовать небольшой участок стенки мочевого пузыря. На рисунке обозначить: 1) слизистую оболочку: а) переходный эпителий; б) собственную пластинку слизистой, 2) подслизистую оболочку, 3) мышечную оболочку: а) внутренний продольный слой; б) средний циркулярный слой; в) наружный продольный слой, 4) серозную оболочку.

## ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

1. Составить и заполнить таблицу 1.

Таблица 1 – Строение почки

Вещество почки	Отделы нефрона
Корковое вещество	
Мозговое вещество	

2. Составить таблицу, указать структуры, где фильтруется первичная моча

Таблица 2 – Фильтрация мочи в почечном тельце

Отдел нефрона	Структуры почечного фильтра	Функция

3. Составить таблицу 3, указать какой эпителий выстилает различные отделы канальцев нефрона и собирательных трубок.

Таблица 3 – Эпителии канальцев нефрона

Название канальцев почки	Вид эпителия	Функция

## ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ

1. Эмбриональное развитие почек – ввести обозначения и указать производные и указать производные метанефритического дивертикула закрасив зеленым цветом на схеме (задание 1 в практикуме).

2. Схема строения почки – ввести (задание 2 в практикуме).

3. Схема строения и кровоснабжения нефрона – ввести обозначения и перечислить особенности кровоснабжения юкстагломерулярных нефронов (задание №3 в практикуме).

4. Фильтрационный барьер почечного тельца – ввести обозначения (задание №5 в практикуме).

5. Юкстагломерулярный комплекс ввести обозначения (задание №6

6. Микроскопирование и зарисовка в альбом гистологических препаратов (задания №4, 7, 8 в практикуме).)

## САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ УПРАВЛЯЕМАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

Реферативная работа, изготовление учебных, учебно-методических пособий, таблиц, гистологических препаратов.

## ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ УПРАВЛЯЕМОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

1. Особенности кровоснабжения почек.

2. Типы нефронов.

3. Мочевыводящие пути.

4. Особенности строения мужской и женской уретры.
5. Изменения почки в постнатальном онтогенезе

## ГИСТОФИЗИОЛОГИЯ МОЧЕВЫДЕЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Мочевыделительная система состоит из почек – мочеобразующего органа – и мочевыводящих путей: почечных лоханок и чашечек, мочеточников, мочевого пузыря и мочеиспускательного канала.

### Функции почек

1. Мочеобразование и мочевыделение.
2. Поддержание кислотно-щелочного гомеостаза.
3. Регуляция водно-солевого обмена.
4. Регуляция артериального давления.
5. Эндокринная функция.
6. Участие в обмене веществ, в первую очередь в обмене белков и углеводов.
7. Участие в выработке свертывающей-противосвертывающей системы [1].

### Развитие почек

В эмбриональном периоде зародыша человека последовательно формируется и развивается три почки: *предпочка* (pronephros), *первичная почка* (mesonephros) и *окончательная почка* (metanephros).

Источником развития всех трех почек является мезодерма, а точнее нефротом (сегментная ножка). Сегментные ножки соединяют сегментированную часть мезодермы, предсатвленную сомитами с несегментированной мезодермой – спланхнотомом. У зародыша человека нефротом сегментирован только в головном и туловищном отделе. В каудальном отделе он не разделен на сегменты и называется нефрогенной тканью.

Предпочка развивается в организме человека на 3-ей неделе внутриутробного развития на уровне первых 8-10 головных сомитов. Клетки нефротомы активно пролиферируют, в результате чего формируются трубочки протонефридии. Одним концом протонефридии открываются в целом, а другим в сторону сомитов, где соединяясь принимают участие в образовании мезонефрального (Вольфов) протока, который открывается в клоаку. Предпочка как орган мочеобразования у зародыша человека не функционирует. Она подвергается атрофии и постепенно рассасывается. Однако, образование предпочки является важным, так как ее протонефридии инициируют образование мезонефрального протока, из которого впоследствии образуются органы мочевыделительной системы.

Первичная почка образуется 2-м месяце эмбриогенеза на уровне 25 пар туловищных сомитов. Пролиферация клеток нефротомы приводит к образованию трубочек – мезонефридий. Мезонефридии одним концом впадают в мезонефральный проток, а другой их конец формирует капсулу, в которую врастают сосуды дорзальной аорты, в результате чего формируются почечные тельца. Первичная почка функционирует в течение 5-и месяцев беременности, а затем редуцируется, однако в муж-



ском организме часть канальцев ее используется для образования некоторых структур яичка [2 – 6].

Окончательная почка (тазовая) начинает образовываться на 2-ом месяце эмбриогенеза и к 5-у месяцу начинает функционировать. Она образуется из нефрогенной ткани и мезонефрального протока, который у места впадения в клоаку образует утолщение – метанефрический дивертикул. Из нефрогенной ткани образуются все части нефрона, а из метанефрических дивертикулов – эпителий собирательных трубочек, сосочковых каналов, лоханок, чашечек, мочеточников.

### Строение почек

Почки – паренхиматозный орган. Снаружи покрыты капсулой из плотной волокнистой соединительной ткани и серозной оболочкой. От капсулы вглубь органа отходят соединительнотканые прослойки. Почка состоит из коркового вещества, расположенного снаружи и мозгового вещества, расположенного в центре. Корковое вещество проникает в мозговое в виде колонок Бертини, а мозговое в корковое – в виде мозговых лучей Феррейна. На срезе мозговое вещество почки имеет более светлую окраску и образовано мозговыми пирамидами (их около 20). Широкие основания пирамид обращены в сторону коркового вещества, а верхушки, называемые сосочками, обращены в почечные чашечки.

### Гистофизиология нефрона

Нефрон – структурно-функциональная единица почки. В каждой почке содержится около 1 млн. нефронов. В зависимости от локализации выделяют 3 типа нефронов:

1. Подкапсулярные (1%) – целиком лежат в корковом веществе почки.
2. Промежуточные корковые (80%) – большая часть нефрона располагается в корковом веществе, лишь петли Генле спускаются в наружную зону мозгового вещества.
3. Околomозговые (юкстамедуллярные) (20%) – почечные тельца, проксимальные и дистальные отделы их лежат на границе между корковым и мозговым веществом, а петли Генле уходят глубоко в мозговое вещество.

В нефроне выделяют следующие части: капсулу, проксимальный извитой и прямой канальцы, тонкий каналец, дистальный прямой и извитой канальцы.

Капсула нефрона имеет вид двустенной чаши, в которую входят капилляры первичной капиллярной сети (сосудистый клубочек), образуя почечное тельце Мальпиги. Первичная капиллярная сеть лежит между приносящей и выносящей артериолами и поэтому является чудесной артериальной сетью. Диаметр выносящей артериолы в промежуточных корковых нефронах в два раза меньше диаметра приносящей артериолы. В результате в первичной капиллярной сети создается высокое фильтрационное давление – 70-90 мм рт. ст., за счет которого осуществляется первая фаза образования мочи путем фильтрации жидкости и веществ из плазмы крови в полость капсулы нефрона. За сутки путем фильтрации в почках образуется 100-180 л первичной мочи. Первичная моча содержит все составные части плазмы крови, кроме крупномолекулярных белков и форменных элементов крови. Отсутствие их в первичной моче связано с наличием в составе почечных телец почечного фильтра называемого **фильтрационным барьером**. В состав фильтрационного барьера входят:

1. Фенестрированные эндотелиальные клетки капилляров сосудистого клубочка;
2. Гломерулярная базальная мембрана;
3. Подоциты – клетки внутреннего листка капсулы нефрона.

Гломерулярная базальная мембрана является общей для эндотелия капилляров сосудистого клубочка и подоцитов. Подоциты прикрепляются к ней с помощью мелких отростков – цитоподий, которые отходят от более крупных отростков подоцитов – цитотрабекул. Между цитоподиями подоцитов находятся фильтрационные щели.

Гломерулярная базальная мембрана фильтрационного барьера является трехслойной. Наружный и внутренний ее слои – светлые, а средний слой – темный. В темном слое базальной мембраны находятся микрофибриллы, формирующие сеть с диаметром ячеек около 7 нм. Через эти ячейки могут проникать только мелкие белковые молекулы диаметр которых не превышает 7 нм. При патологии размер ячеек может увеличиваться, и в моче появляются крупные молекулы белка (протеинурия) и эритроциты (гематурия). Кроме низкомолекулярных белков почечный фильтр пропускает воду, соли, глюкозу.

Наружный листок капсулы нефрона представлен однослойным плоским эпителием, который переходит в эпителий проксимального отдела нефрона, а полость капсулы – в полость проксимального канальца [5 – 11].

**Канальцы нефрона.** В проксимальном канальце выделяют извитую часть, которая затем переходит в прямую. *Проксимальный каналец* имеет слабо выраженный, мутный просвет, так как эпителий проксимального канальца однослойный призматический каемчатый. Щеточная каемка образована многочисленными микроворсинками, увеличивающими поверхность всасывания клеток в 30-40 раз. В базальной части эпителиальных клеток проксимальных канальцев нефрона находится базальная исчерченность – инвагинации цитолеммы, в складках которой располагается большое количество митохондрий.

Функция канальцев нефрона заключается в обратном всасывании (реабсорбции) ряда веществ из первичной мочи. Реабсорбция – вторая фаза образования мочи. Осуществляется за счет низкого давления (10-12 мм рт. ст.) в капиллярах вторичной капиллярной сети, которая образуется из выносящей артериолы, распадающейся на многочисленные капилляры, густо оплетающие канальцы нефрона.

В проксимальных канальцах нефрона осуществляется: облигантное (обязательное) обратное всасывание из первичной мочи в кровь белков и глюкозы; факультативное всасывание воды и минеральных веществ; а также экскреция некоторых экзогенных веществ (например введенной краски). Белки реабсорбируются путем пиноцитоза с образованием в эпителиальных клетках проксимальных канальцев многочисленных пиноцитозных пузырьков. Макромолекулы белков расщепляются до аминокислот ферментами лизосом, которые также содержатся в эпителиальных клетках проксимальных канальцев в большом количестве. Реабсорбция глюкозы осуществляется за счет высоко активной фосфотазы – фермента щеточной каемки нефроцитов проксимальных канальцев нефрона. Цитолемма нефроцитов в области базальной складчатости отличается высокой активностью натриевого насоса, за счет которого осуществляется транспорт Na из мочи в интерстициальное пространство, что в свою очередь имеет значение для пассивного обратного всасывания ча-

сти воды. Т.о. в результате реабсорбции в проксимальных отделах нефрона из первичной мочи полностью исчезают сахар и белок.

*Тонкий каналец* нефрона выстлан однослойным плоским эпителием. В промежуточных корковых нефронах тонкий каналец имеет только нисходящую часть, а в юкстамедуллярных нисходящую и восходящую. Совместно с прямым дистальным канальцем тонкий каналец формирует петлю Генле. В нисходящей части тонкого канальца осуществляется пассивная реабсорбция воды, а в восходящей части – диффузия NaCl.

*Дистальный отдел* нефрона имеет прямую и извитую части. Стенка дистальных канальцев образована однослойным кубическим эпителием, в клетках которого хорошо развита базальная складчатость с высокой активностью Na, K – АТФазы и СДГ (сукцинатдегидрогеназа – фермент митохондрий), благодаря чему в дистальных канальцах происходит реабсорбция электролитов из мочи в интерстиций, а затем в сосуды вторичной капиллярной сети. Для воды стенка дистальных канальцев не проницаема. А так как дистальные канальцы лежат рядом с тонкими канальцами, то повышение концентрации ионов в интерстициальной РВСТ ведет к пассивному выходу воды из тонких отделов в интерстиций, а затем кровь.

Из дистального отдела нефрона моча попадает в **собирательные трубочки**, которые начинают **мочевыводящие пути**. Собирательные трубочки выстланы однослойным кубическим эпителием в корковом веществе и цилиндрическим – в мозговом. Среди его клеток выделяют два типа – светлые и темные. Темные клетки принимают участие в выработке HCl, которая закисляет мочу, придает ей антисептические свойства. Светлые клетки завершают пассивную реабсорбцию воды, в результате ее количество снижается до 1,5-2 л. Проницаемость собирательных трубочек для воды усиливается под влиянием АДГ, который способствует задержке воды в организме и превращению мочи из изотонической в гипертоническую. Недостаточность АДГ приводит к усиленной потере воды (несахарный диабет). Альдостерон в собирательных трубочках и в дистальном отделе нефрона стимулирует реабсорбцию ионов Na [4 – 8].

### **Особенности кровоснабжения и функции юкстамедуллярных нефронов**

Юкстамедуллярные нефроны в отличие от промежуточных корковых не столь активно участвуют в образовании мочи, особенно в процессе ее фильтрации. Это связано с особенностями их кровоснабжения. Так, диаметр приносящей и выносящей артериол в юктагломерулярных нефронах примерно одинаковый, в результате в капиллярах первичной капиллярной сети не создается достаточно высокого давления, необходимого для первой фазы образования мочи. Поэтому юкстамедуллярные нефроны играют роль шунта при физической работе. Выносящая артериола не распадается сразу на вторичную капиллярную сеть, а идут в мозговое вещество и распадаются на прямые артериолы, от которых отходят веточки перитубулярной капиллярной сети, оплетающие канальцы юкстамедуллярных нефронов. Прямые артериолы на различных уровнях мозгового вещества поварачивают обратно и переходят в прямые венулы и вены. Прямые артериолы и венулы являются частью противоточно-множительной системы.

### **Противоточно-множительная система**

Благодаря притивоположно направленному току жидкости в канальцах нефрона происходит умножение одиночного эффекта, приводящее к концентрированию мочи. Из восходящего колена петли Генле реабсорбируются в интерстиций ионы Na. Вследствие этого по законам осмоса из нисходящего отдела петли в интерстициальную ткань откачивается вода. Поэтому на верхушке петли Генле моча становится более гипертоничной, а в конце восходящего отдела петли Генле более гипотоничной по отношению к плазме крови. Т.о. в петле Генле происходит умножение «одиночного» эффекта – приводящее к концентрированию жидкости в одном колене, за счет разбавления в другом. Собирательная трубочка лежит рядом с прямым дистальным канальцем. Под влиянием гиперосмолярности интерстиция, за счет активного поступления в него ионов Na из прямых дистальных канальцев, в собирательных трубочках из мочи в интерстиций и далее в сосуды диффундирует вода.

Прямые артериолы и вены, подобно канальцам петли нефрона, также образуют противоточную систему. При движении крови вниз по прямым артериолам она обогащается осмотически активными веществами и отдает тканям воду. При движении крови вверх по прямым венам она отдает межклеточной жидкости осмотически активные вещества и захватывает воду. Т.о., противоточная система прямых сосудов представляет собой шунт для воды (забирает воду из мочи в интерстициальную РВСТ и затем кровь) [7, 11].

### **Эндокринная система почек**

К эндокринной системе почек относятся юкстагломерулярный аппарат и простагландиновый аппарат.

Юкстагломерулярный аппарат – сложное структурное образование, регулирующее кровяное давление посредством ренин-ангиотензиновой системы. Этот аппарат вырабатывает фермент с гормоноподобным действием – ренин, который необходим для образования ангиотензина – II – самого сильного сосудосуживающего вещества. Ренин также стимулирует продукцию в клубочковой зоне коры надпочечников альдостерона, который усиливает реабсорбцию натрия и воды в дистальных канальцах и собирательных трубочках. Это ведет к увеличению объема циркулирующей крови и в конечном счете – также к повышению АД. Юкстагломерулярный аппарат включает три элемента:

1. Плотное пятно
2. Юкстагломерулярные клетки
3. Юкставаскулярные клетки (Гурмактига)

**Плотное пятно** – участок дистального канальца, лежащий между приносящей и выносящей артериолами вблизи почечного тельца. Плотное пятно состоит из 20-40 специализированных высоких узких эпителиальных клеток плотно прижатых друг к другу. От клеток отходят отростки, которые проникают между *юкставаскулярными* и *юкстагломерулярными* клетками и контактируют с ними. Клетки плотного пятна являются осморецепторами: передают на юкстагломерулярные и юкставаскулярные клетки информацию о содержании в моче дистальных канальцев ионов натрия.

*Юкстагломерулярные клетки* – видоизмененные гладкомышечные клетки стенки приносящей и выносящей артериол. Они продуцируют ренин, содержащийся в многочисленных гранулах. При падении системного АД ниже уровня, необходимого для поддержания фильтрационного давления, юкставаскулярные клетки секретир-

руют ренин в кровь. Ренин отщепляет от белка крови ангиотензиногена полипептидную цепь и превращает его в ангиотензин I. Ангиотензин I с помощью специального фермента легких превращается в ангиотензин II, который вызывает сокращение гладких миоцитов артерий и повышает АД. Одновременно ангиотензин II стимулирует выработку альдостерона.

Юкставаскулярные клетки лежат в треугольном пространстве между приносящей, выносящей артериолами и клетками плотного пятна и переходят в мезангий, представленный мезангиальными клетками, лежащими между петлями капилляров первичной капиллярной сети в почечном тельце. Считают, что юкставаскулярные и мезангиальные клетки способны вырабатывать ренин при истощении юктагломерулярных клеток.

*Простагландиновый аппарат* относится к гипотензивной системе почек. В него входят интерстициальные клетки и светлые клетки собирательных трубочек. Интерстициальные клетки лежат в мозговом веществе почек, имеют отростчатую форму. Отростки их охватывают капилляры вторичной капиллярной сети и каналы нефрона. Интерстициальные клетки вырабатывают простагландины, регулирующие общий и почечный кровоток, и мощный вазодилататор – брадикинин. Светлые клетки собирательных трубочек также вырабатывают простагландины [8 – 11].

### **Мочевыводящие пути**

К мочевыводящим путям относятся почечные чашечки, лоханки, мочеточники, мочевой пузырь, мочеиспускательный канал. Эти органы имеют 4 оболочки: слизистую, подслизистую, мышечную и серозную (адвентициальную). В слизистой оболочке мочевыводящих путей 2 слоя – переходный эпителий и собственная пластинка слизистой, представленная РВСТ. Подслизистая основа – РВСТ – в лоханке и чашечках отсутствует, но хорошо выражена в мочеточниках и мочевом пузыре. Мышечная оболочка в органах мочевого вывода представлена гладкой мышечной тканью. В лоханках и чашечках мышечная оболочка тонкая и представлена в основном циркулярным слоем; в верхних двух третях мочеточников в мышечной оболочке два слоя – внутренний продольный и наружный циркулярный, а в нижней трети мочеточников и мочевом пузыре в мышечной оболочке появляется третий наружный продольный слой. Наружная оболочка мочеточников и мочевого пузыря – адвентициальная. Лишь на задней и боковой поверхностях мочевого пузыря покрыт серозой [1 – 7].

### **Список использованных источников:**

1. Гистология, эмбриология, цитология: учебник для студентов учреж. высш. проф. Образования, обучающихся по специальностям 06010165 «Лечебное дело», 06010565 «Мед.-профил. дело». 06010365 «Педиатрия» [Электронный ресурс] / под ред. Ю. И. Афанасьева Ю. И. Афанасьев, Н. А. Юриной. – 7-е изд., перераб. и доп. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2022. – 832 с. – Режим доступа: <https://www.rosmedlib.ru/book/ISBN9785970468234.html> – Дата доступа: 25.01.2022.

2. Гистология, эмбриология, цитология: учебник для студентов учреж. высш. проф. Образования, обучающихся по специальностям 06010165 «Лечебное дело», 06010565 «Мед.-профил. дело». 06010365 «Педиатрия» [Электронный ресурс] / под ред. Ю. И. Афанасьева Ю. И. Афанасьев, Н. А. Юриной. – 6-е изд., перераб. и доп. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2018. – 798 с. – Режим доступа:

<http://www.studmedlib.ru/ru/book/ISBN9785970447802.html> – Дата доступа: 25.01.2022.

3. Гистология, цитология и эмбриология : учебник для студентов учреждений высш. образования по спец. "Лечебное дело" "Педиатрия" [Электронный ресурс] / С. М. Зиматкина [и др.]. – Минск : Вышэйшая школа, 2018. – 476 с. – <https://www.rosmedlib.ru/book/ISBN9789850630025.html> – Дата доступа: 25.01.2022.

4. Зиматкин, С. М. Гистология, цитология и эмбриология. Атлас учебных препаратов = Histology, Cytology, Embryology. Atlas of practice preparations : учебное пособие [Электронный ресурс] / С. М. Зиматкин. – 2-е изд., испр. – Минск : Вышэйшая школа, 2020. – 87 с. – Режим доступа: <https://www.rosmedlib.ru/book/ISBN9789850632029.html> – Дата доступа: 25.01.2022.

5. Китель, В. В. Цитология. Эмбриология. Ткани : практикум для студентов стоматол. фак. и мед. фак. иностр. учащихся обучающихся по специальности "Стоматология" [Электронный ресурс] / В. В. Китель ; УО "БГМУ", Каф. морфологии человека. – Минск : БГМУ, 2019. – 54, [2] с. : – Режим доступа: <http://rep.bsmu.by/handle/BSMU/25657> – Дата доступа: 25.01.2022.

6. Данилов, Р. К. Гистология, эмбриология, цитология : учебник [Электронный ресурс] / Р. К. Данилов, Т. Г. Боровая. – Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2018. – 520 с. : – Режим доступа: <http://www.studmedlib.ru/ru/book/ISBN9785970445105.html> – Дата доступа: 25.01.2022.

7. Быков, В. Л. Гистология, цитология и эмбриология. Атлас : учебное пособие [Электронный ресурс] / Быков В. Л. , Юшканцева С. И. – Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2015. – 296 с. – Режим доступа: <http://www.studmedlib.ru/ru/book/ISBN9785970432013.html> – Дата доступа: 25.01.2022.

8. Гистология. Атлас для практических занятий / Н. В. Бойчук [и др.]. – Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2014. – 160 с. – Режим доступа: <http://www.studmedlib.ru/ru/book/ISBN9785970428191.html> – Дата доступа: 25.01.2022.

9. Материалы для подготовки к текущим лабораторным, итоговым занятиям и курсовому экзамену по гистологии, цитологии и эмбриологии : учеб.-метод. пособие : для студентов учреждений высш. образования, обучающихся по специальности 1-79 01 01 "Лечебное дело", 1-79 01 07 "Стоматология" [Электронный ресурс] / О. Д. Мяделец [и др.] ; М-во образования Республики Беларусь, УО "Витебский гос. мед. ун-т" ; под ред. О. Д. Мядельца. – Витебск : [ВГМУ], 2021. – 341 с. : ил. – Библиогр.: с. 339-340. – Режим доступа: <https://elib.vsmu.by/handle/123/23701> – Дата доступа: 25.01.2022.

10. Novel hemodynamic structures in the human glomerulus [Electronic resource] / С. R. Neal [et alp.] // American Journal of Phisiology. – 2018. - №315. –Р. 1370 – 1384. – Режим доступа: <https://journals.physiology.org/doi/epdf/10.1152/ajprenal.00566.2017> – Дата доступа: 25.01.2022.

11. Hommos, M. S. Structural and Functional Changes in Human Kidneys with Healthy Aging [Electronic resource] / M. S. Hommos, R. J. Glassock, A. D. Rule // Journal of the American Society of Nephrology. – 2017.– №28 (10). – P. 2838 – 2844. – Режим доступа: <https://jasn.asnjournals.org/content/28/10/2838> – Дата доступа: 25.01.2022.