

Новосибирский государственный аграрный университет
Институт ветеринарной медицины
и биотехнологии

О.В. Распутина

***МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ОРГАНОВ МОЧЕВОЙ
СИСТЕМЫ***

Учебное пособие

Новосибирск 2023

УДК 619:611.61/.62
ББК 28.669.51
Р 243

Рецензент

М.А. Бойкова, канд. вет. наук (Новосибирский ГАУ)

Распутина О. В.

Р 243 Морфофункциональные особенности органов мочевой системы: учебное пособие / О.В. Распутина; Новосибирский государственный аграрный университет, Институт ветеринарной медицины и биотехнологии. – Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2023. – 92 с.

В учебном пособии представлены материалы о структурно-функциональных особенностях органов мочевой системы животных.

Предназначено для студентов очной и заочной формы обучения по направлениям подготовки 36.05.01 – Ветеринария (специалитет), 36.03.01 – Ветеринарно-санитарная экспертиза (бакалавриат), 36.03.02 – Зоотехния (бакалавриат), 35.03.07. – Технология переработки и производства сельскохозяйственной продукции (бакалавриат), а также аспирантов и научных сотрудников, занимающихся исследованиями в данной области.

Утверждено и рекомендовано к изданию
ученым советом факультета ветеринарной
медицины НГАУ (протокол № 13 от 7 апреля 2023 г.)

© Распутина О. В., 2023
© Новосибирский ГАУ, 2023

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4-5
1. РАЗВИТИЕ И СТРОЕНИЕ ПОЧЕК	6-12
2. Анатомо-гистологические особенности почек	13-57
2.1. Типы почек	13-21
2.2. Строение почек	21-42
2.3. Видовые особенности почек	42-57
3. МОЧЕОТВОДЯЩИЕ ПУТИ	57-71
4. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ МОЧЕВЫХ ОРГАНОВ	72-81
4.1. Функции почек	72-73
4.2. Механизм образования мочи	73-79
4.3. Регуляция мочеобразования	79-81
Тесты для самоконтроля по теме «Мочевые органы»	82-86
Заключение	87-88
Библиографический список	89-92

ВВЕДЕНИЕ

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

Органы, выполняющие выделительные функции, называются выделительными, или экскреторными. К ним относят почки, легкие, кожу, печень и желудочно-кишечный тракт. Главное назначение органов выделения - это поддержание постоянства внутренней среды организма. Экскреторные органы функционально взаимосвязаны между собой. Сдвиг функционального состояния одного из них меняет активность другого. Известно, что при избыточном выведении жидкости через кожу при высокой температуре снижается объем диуреза. При нарушении выделительной функции почек через слизистую оболочку верхних дыхательных путей начинает выделяться мочевина. Нарушение процессов выделения сопровождается патологическими сдвигами гомеостаза и может привести к гибели организма.

Печень и желудочно-кишечный тракт выводят с желчью из организма ряд конечных продуктов обмена гемоглобина и других порфиринов, продукты распада пищевых веществ, воду, соли тяжелых металлов, некоторые лекарственные препараты и ядовитые вещества.

Кожа осуществляет выделительную функцию за счет деятельности потовых и в меньшей степени сальных желез. Потовые железы удаляют воду, мочевину, мочевую кислоту, креатинин, молочную кислоту, соли щелочных металлов, особенно натрия, органические вещества, летучие жирные кислоты, микроэлементы, пепсиноген, амилазу и щелочную фосфатазу. Роль потовых желез в удалении продуктов белкового обмена возрастает при заболеваниях почек, особенно при острой почечной недостаточности. С

секретом сальных желез из организма выделяются свободные жирные и неомыляемые кислоты, продукты обмена половых гормонов.

Почки являются сложными биологическими фильтрами и пропускают всю кровь, циркулирующую в организме. Экскретируя из внутренней среды чужеродные и вредные вещества, почки выполняют защитную функцию, поддерживая постоянство состава крови, внутритканевой жидкости, регулируя общий объем жидкости в организме, баланс солей натрия, калия, кальция, магния и хлора. В почках происходит глюконеогенез (биосинтез глюкозы из неуглеводных веществ), разрушаются различные гормоны, измененные белки. Важное значение для организма имеет синтез в почках фосфолипидов и биологически активных веществ (простагландины, витамин D₃, ренин, эритропоэтин), участвующих в регуляции артериального давления, обмена кальция. В почках синтезируются факторы свертывающе-противосвертывающей системы крови (фактор активации тромбоцитов, урокиназа).

У новорожденных животных в почках происходит окончательное расщепление белков, поступающих из желудочно-кишечного тракта. В желудочно-кишечном тракте они расщепляются до крупных олигопептидов, всасываются в кровь и в проксимальных почечных канальцах окончательно расщепляются до аминокислот.

Почки – это главные органы системы выделения и основная структурно-функциональная единица мочевых органов (*organa urinaria*), которые также называются органами мочевыделения (*organa uropoetica*). В состав органов мочевыделения входят парные почки (лат. *renes*, гр. *nephros*) и мочевыводящие пути: почечные лоханки (*pelvis renalis*), мочеточники (*ureteres*), мочевой пузырь (*vesica urinaria*) и мочеиспускательный канал (*urethra*).

1. РАЗВИТИЕ И СТРОЕНИЕ ПОЧЕК

В период эмбрионального развития последовательно закладываются три парных органа: предпочка - pronephros, первичная почка - mesonephros (вольфово тело), окончательная почка - metanephros. Источник развития – нефротом.

Предпочка образуется из 8-10 сегментов ножек, соответствующих головному концу зародыша. Предпочка имеется на ранних стадиях эмбрионального развития у всех позвоночных животных, но у зародышей высших позвоночных животных и человека предпочка не функционирует и быстро редуцируется. В последующем развивается парная первичная почка (вольфово тело). Каждая предпочка состоит из нескольких канальцев (протонефридий), которые открываются одним концом (воронкой) в полость тела, а другим – в парный протонефрический проток, преобразующийся в дальнейшем в мезонефральный (вольфов) проток. Вблизи воронок расположены сосудистые клубочки, в которых происходит фильтрация жидкости, поступающей в полость тела, а затем в просвет канальца. Оба протонефрических протока в хвостовом отделе тела открываются наружу или впадают в конечный отдел задней кишки (клоаку). Предпочка полностью развивается и функционирует как самостоятельный орган у личинок рыб и земноводных.

Первичная почка образуется сегментными ножками последующих туловищных сегментов. Они отделяются от сомита и подрастают к растущему вниз мезонефральному протоку. С другого конца к ним подрастают приносящие артериолы от аорты и формируются почечные тельца. Первичная почка функционирует как выделительный орган эмбрионального периода развития животного. Она сохраняется на всю жизнь только у круглоротых, некоторых рыб и амфибий. У высших позвоночных первичная почка и мезонефральный проток вскоре частично редуцируются, а из оставшихся отделов развиваются некоторые мочевые и половые органы.

Постоянная почка закладывается позднее и начинает функционировать во второй половине эмбрионального развития. Образуется из двух источников:

- нефрогенного зачатка - нерасчлененного на сегменты ножек участка мезодермы, находящегося в каудальной части зародыша. Из него формируются нефроны;
- мезонефрального протока - дает начало собирательным трубочкам, сосочковым канальцам, чашечкам, лоханкам, мочеточникам.

В филогенезе выделяют три этапа эволюции: предпочка – головная (пронефрос); первичная почка – туловищная (мезонефрос) и вторичная почка – тазовая (метанефрос). У низших животных в процессе эмбриогенеза закладываются два поколения почек: предпочка и первичная почка. Три почки последовательно закладываются при развитии зародыша высших позвоночных и человека. Основной структурно-функциональной единицей почки является нефрон.

Головная почка развивается и функционирует как самостоятельный орган у личинок рыб и земноводных. Она находится на переднем конце тела, состоит из 2—12 нефронов, воронки которых открыты в целом, а выводные канальцы впадают в пронефрический канал, который соединен с клоакой.

Органы выделения **ланцетника** представлены также *головной почкой*, структурно-функциональными единицами которой являются нефридии, имеющие вид трубочек, формирующихся из нефротомов передних сегментов тела. На внутреннем конце трубочки имеется воронка с мерцательными клетками по краям, открывающаяся в целом. Рядом с воронками нефридиев в стенку целома вдаётся сосудистый клубочек. Периферически концы трубочек сливаются по несколько штук и открываются в атриальную полость несколькими отверстиями. Атриальная полость окружает глотку, связана с ней жаберными щелями и открывается во внешнюю среду атриопором (отверстием на брюшной стенке в задней части тела перед анальным отверстием). Почка имеет сегментарное строение и обеспечивает фильтрацию целомической жидкости.

Миноги обладают *туловищной (промежуточной) почкой* (mesonephros). Почки имеют форму длинных лент, парные, компактные, подвешены на брыжейке в дорсальной части полости тела. На вентральном крае почки расположен первичный мочеточник. В каудальном направлении правый и левый мочеточники объединяются и образуют мочеполовой синус, который открывается на вершине мочеполового сосочка, расположенного на поверхности тела над анальным отверстием.

Миксины имеют более примитивную почку, с неполной сегментацией (по строению занимает промежуточное положение между головной и туловищной почкой). На каждый сегмент тела приходится по одному нефрону (с каждой стороны). Сосудистый клубочек не сегментирован и вытянут вдоль длинной почки. Мочеточники впадают в клоаку.

Рыбы имеют развитую туловищную почку (рис.1). Почки **хрящевых рыб** длинные, расположены каудально вдоль крыши полости тела. У самок протоком почки является вольфов канал, или вторичный мочеточник (отрастает от клоаки или конца вольфова протока и врастает в почку), или обе трубки вместе. Вольфов проток соединен с передней, а мочеточник с задней частью почки. У самок хрящевых рыб сохраняется и развивается проток головной почки (мюллеров), преобразующийся в яйцевод.

У самцов хрящевых рыб передняя часть почки выполняет функцию придатка семенника и соединена с последним выносящими канальцами семенника. Поэтому вольфов проток выполняет функцию как мочеточника, так и семяпровода. В каудальной части протоков могут формироваться небольшие расширения, напоминающие мочевой пузырь. У самок протоки впадают в клоаку на вершине мочевого сосочка, а у самцов – мочеполового сосочка.

У личинок **костных рыб** функционирует головная почка, у взрослых особей – туловищная. Выделительная система не связана с половой. Основная функция почек – регуляция осмотического давления путём усиленного выведения воды (пресноводные) или соли (морские).

Туловищные почки располагаются экстраперитонеально над полостью тела, с двух сторон, вдоль вентральной поверхности позвоночника, тесно соприкасаясь с ним. Протоками почек являются каудально сливающиеся вольфовы каналы. В участке слияния может формироваться мочевой пузырь как остаток редуцированной эмбриональной клоаки. Мочевыводящие пути открываются на поверхности тела самостоятельно, над анальным отверстием.

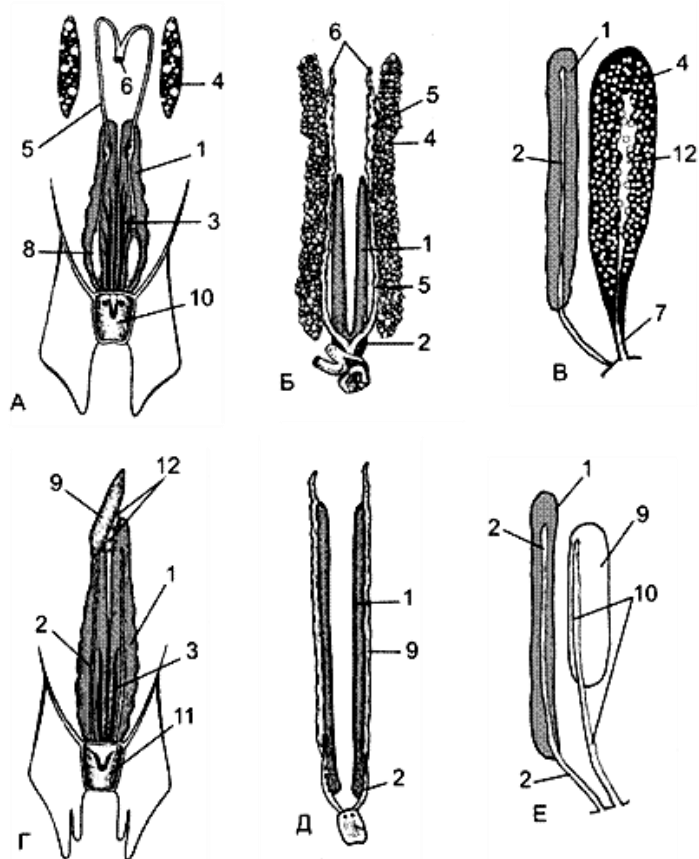


Рис. 1. Мочеполовая система рыб. А – самка хрящевой рыбы; Б – самка примитивной костной рыбы; В – самка костистой рыбы (вторая почка и яичник не обозначены); Г – самец хрящевой рыбы; Д – самец примитивной костной рыбы; Е – самец костистой рыбы (вторая почка и семенник не обозначены): 1 – почка; 2 – вольфов проток; 3 – вторичный мочеточник; 4 – яичник; 5 – яйцевод на основе мюллерова протока; 6 – воронка яйцевода; 7 – выводной проток яичника; 8 – яйцевая камера (матка); 9 – семенник; 10 – семяпровод на основе краевого канала семенника; 11 – клоака; 12 – семявыносящие канальцы (Панов В.П. и др., 2009)

Взрослые **амфибии** имеют туловищную почку, расположенную на короткой брыжейке в средней части полости тела. У личинок – головная почка (prophros). Туловищная почка делится на переднюю и заднюю части. Передняя часть выполняет функции придатка семенника, в неё от семенника входят выносящие канальцы. У безногих и хвостатых амфибий разделение

почки на части хорошо выражено, у бесхвостых почка более компактная, выполняет две функции. Вольфов проток у амфибий выполняет функцию мочеточника и семяпровода. У некоторых хвостатых амфибий появляется и вторичный мочеточник, соединяющий клоаку и заднюю часть почки. Мочевыводящие пути заканчиваются отверстиями на дорсальной стенке клоаки. В краниоventральной стенке клоаки имеется выпячивание – мочевой пузырь, не имеющий связи с выводными протоками почки. У многих амфибий мочевой пузырь служит для «высушивания» мочи (возвращения воды из мочи обратно в организм).

Рептилии, птицы и млекопитающие имеют *тазовую почку* (metanephros) (рис. 2). Почки рептилий компактные, несколько удлинённые, располагаются в каудальной части полости тела, частично прикрыты тазовыми костями. Имеют серозную оболочку, находятся на брыжейке в полости или непосредственно под позвонками. У птиц почки разделены на переднюю, среднюю и заднюю доли, расположены под крышей полости тела в углублении пояснично-крестцовой кости и в подвздошной яме подвздошной кости.

У рептилий и птиц мочеточники впадают в дорсальную часть клоаки. У большинства рептилий (кроме некоторых ящериц, змей и крокодилов) и некоторых птиц (африканский страус) имеется мочевой пузырь в виде мешковидного выроста дна клоаки. В основном он служит для «высушивания» мочи.

Почки млекопитающих компактные, бобовидной или округло-овальной формы, отличаются видовыми анатомо-гистологическими особенностями. Располагаются преимущественно в брюшной полости по бокам от позвоночного столба, под поясничными позвонками, иногда заходят в подреберье. Выделяют интраперитонеальное расположение почек (подвешены в полости на брыжейке), мезоперитонеальное (покрыты серозной оболочкой со всех сторон, брыжейка короткая или отсутствует) или экстра- (ретро-) перитонеальное (серозной оболочкой покрыты только

снизу). На разрезе почки хорошо видны две зоны: *корковая*, или *мочеотделительная*, образованная нефронами, и *мозговая*, или *мочеотводящая*, образованная собирательными трубочками и канальцами.

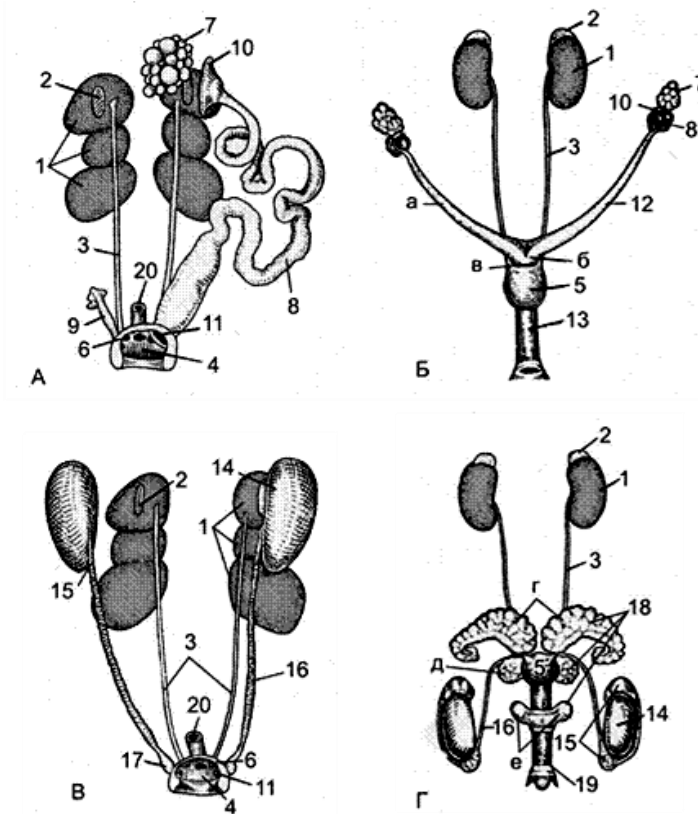


Рис. 2. Мочеполовая система птиц и млекопитающих. Птицы: А – самка; В – самец; млекопитающие: Б – самка; Г – самец. 1 – почка; 2 – надпочечник; 3 – мочеточник; 4 – полость клоаки; 5 – мочевой пузырь; 6 – мочевое отверстие; 7 – яичник; 8 – яйцевод; 9 – остаток редуцированного правого яйцевода у птицы; 10 – воронка яйцевода; 11 – половое отверстие; 12 – матка (а – рога, б – тело, в – шейка); 13 – влагалище; 14 – семенник; 15 – придаток семенника; 16 – семяпровод; 17 – семенные пузырьки; 18 – добавочные половые железы (г – пузырьковидные, д – предстательные, е – луковичные); 19 – половой член; 20 – конец прямой кишки (Панов В.П. и др., 2009)

Контрольные вопросы

1. Какие парные органы, дающие начало развитию мочевой системы, закладываются в период эмбрионального развития и каков их источник?
2. В какой период эмбрионального развития начинает функционировать постоянная почка?
3. Из каких источников образуется постоянная почка?

4. Какие три этапа эволюции выделяют в филогенезе мочевых органов?
5. Чем отличается филогенез мочевых органов у низших животных и высших позвоночных и человека?
6. Какие животные имеют туловищную почку?
7. Для каких животных характерна тазовая почка?

2. АНАТОМО-ГИСТОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЧЕК

2.1. Типы почек

По строению, в зависимости от степени обособленности или слияния коркового и мозгового слоев, различают шесть типов почек (рис. 3).

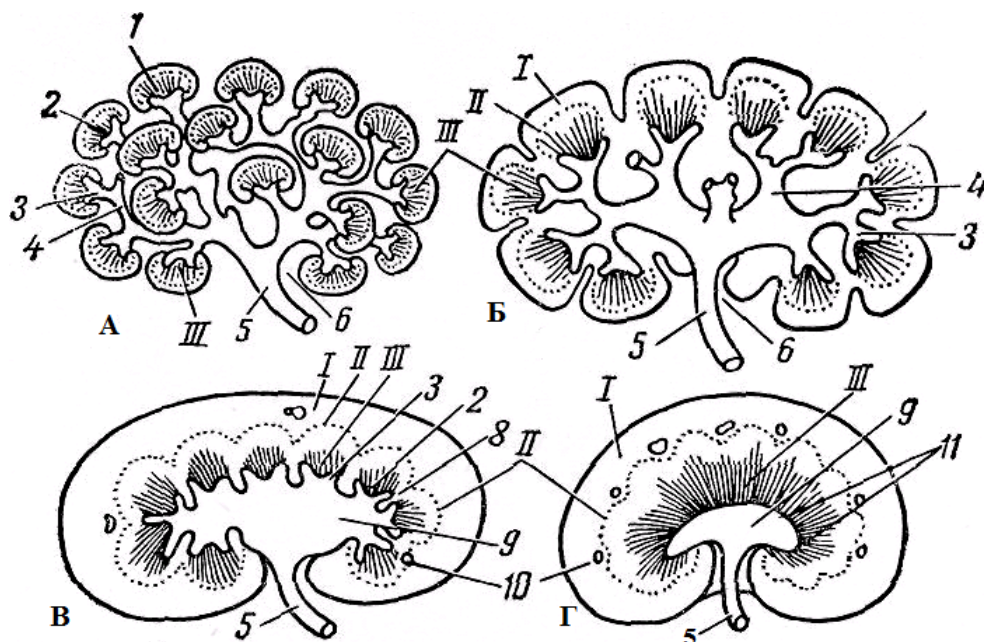


Рис. 3. Типы почек млекопитающих: А - множественная почка; Б - бороздчатая многососочковая почка; В - гладкая многососочковая почка; Г - гладкая однососочковая почка; 1 - маленькая почечка; 2 - почечный сосочек; 3 - почечная чашка; 4 - стбельки мочеточника; 5 - мочеточник; 6 - почечная ямка; 7 - почечные борозды; 8 - почечные столбики; 9 - лоханка; 10 - перерезанные дуговые сосуды; 11 - общий сосочек; I - мочеподделительная зона; II - пограничная линия; III - отводящая зона (Жеденов В.Н., 1958)

1. *Множественная раздельная (дискретная) почка* состоит из большого числа маленьких, полностью обособленных долек – почечек (от нескольких сотен до нескольких тысяч), каждая из которых функционирует как отдельная почка, построена по общему плану обычной почки и на разрезе имеет три зоны, сосочек и чашечку. Снаружи почка покрыта фиброзной капсулой и висцеральным листком брюшины, что придает ей бобовидную форму. Множественный дискретный тип почек имеют китообразные (дельфины, киты, касатки, морские свиньи), ластоногие (тюлени, морские

львы, моржи, байкальская нерпа), медведи (белый медведь, гризли, малайский медведь, губач), сирены, хоботные и куньи (выдра).

Строение множественной почки характеризуется следующими морфологическими признаками: от каждой почечки отходит отдельный каналец – стебелек, который, соединяясь с другими, образует крупные каналцы (ходы мочеточника), впадающие в общий мочеточник. В области выхода мочеточника имеется почечная ямка. Почечка, или долька, состоит корковой (периферической) и мозговой (центральной) зоны, между которыми расположена пограничная зона с большим количеством сосудов.

Периферическая зона располагается над центральной и содержит большое количество нефронов, являющихся структурно-функциональной единицей почек, в которой происходит образование мочи. Центральная зона имеет вид пирамидки с вершиной, называемой почечным сосочком. Пирамидка состоит из мочевыводящих каналцев, открывающихся на почечном сосочке многочисленными отверстиями. Почечный сосочек находится в почечной чашечке. Моча из чашечек поступает в стебельки и ходы мочеточника, мочеточник, далее в мочевой пузырь и мочеиспускательный канал.

Функциональное отличие множественных почек заключается в образовании мочи с повышенным содержанием соли. У тюленей и морских львов моча в 2,5-3 раза превышает по концентрации морскую воду и в 7-8 раз кровь.

На рис. 4-10 представлены множественные почки некоторых млекопитающих.

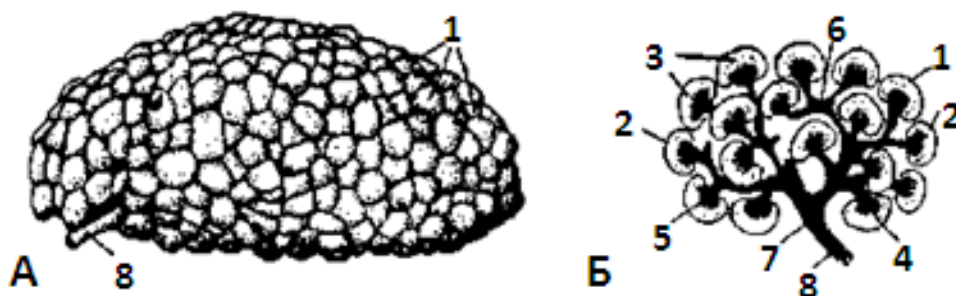


Рис. 4. Множественная почка дельфина. А – (общий вид); Б – схема строения: 1 – почечка; 2 – корковое вещество; 3 – пограничная зона; 4 – мозговое вещество; 5 – почечный сосочек; 6 – стембелек мочеточника; 7 – ходы мочеточника; 8 – мочеточник (Глаголев П.А., 1977).

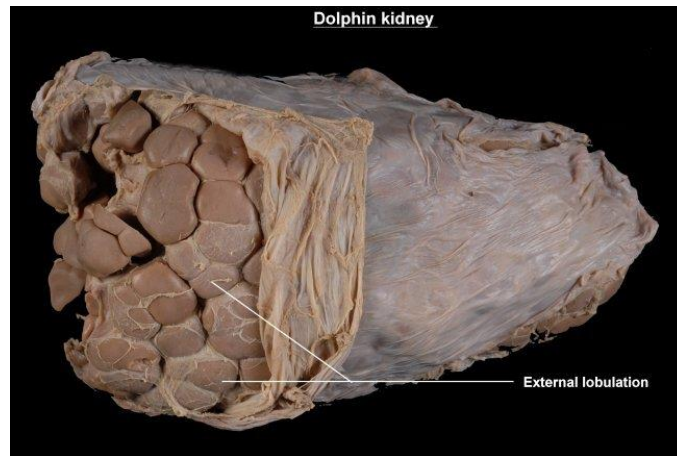


Рис. 5. Множественная почка дельфина (Pfeiffer C. J., 1997)



Рис. 6. Множественная почка и надпочечники морской свиньи: А – дорсальная поверхность; Б – продольный разрез (<http://www.mmapl.ucsc.edu/>)

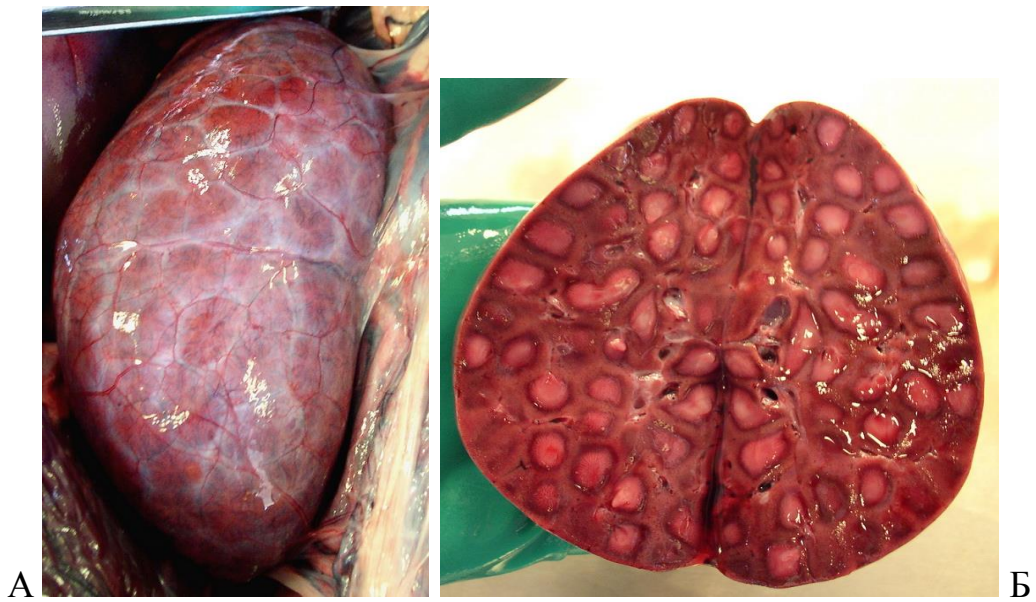


Рис. 7. Множественная почка морского калифорнийского льва. А – левая почка; Б – поперечный разрез (<http://www.mmpl.ucsc.edu>)



Рис. 8. Продольный (А) и поперечный (Б) разрез множественной почки моржа (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>)

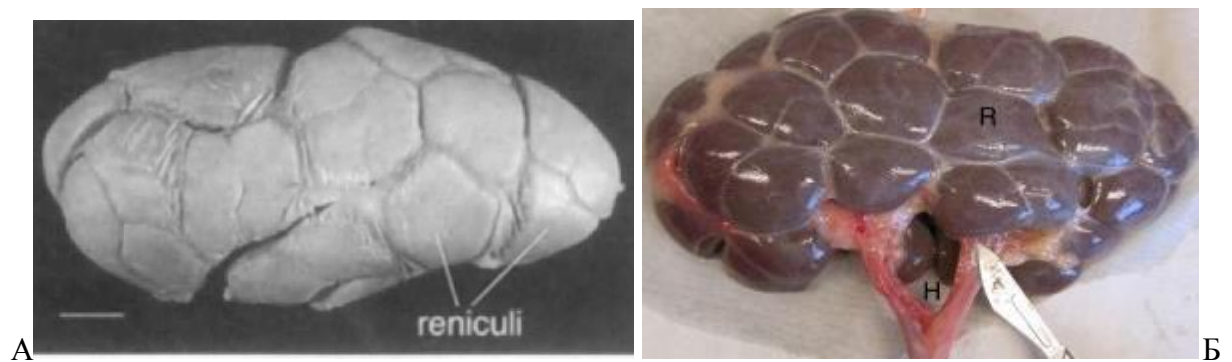


Рис. 9. Множественная почка выдры (А) под фиброзной капсулой (<http://what-when-how.com>) и белого медведя (Б): R – почечка; Н–ворота почки (Bechshøfta T.Ø., 2011)



Рис. 10. Множественная почка байкальской нерпы в возрасте 5 месяцев (Помойницкая Т.Е., Рядинская Н.И., 2022)

2. *Множественная компактная почка* представляет собой переходную форму почек, где наблюдается срастание почечек друг с другом (бегемот, некоторые ластоногие, носорог).

3. *Бороздчатые многососочковые почки* (рис. 11) характерны для крупного рогатого скота, хоботных животных (африканский и азиатский слон), некоторых обезьян. Бороздчатая многососочковая почка представляет собой частичное сращение крупных почечек, расположенных в один ряд. Почечки срастаются центральными участками (мозговой зоной). С поверхности почек заметны дольки, разделенные бороздами. На разрезе почка имеет многососочковую структуру, в которой определяются корковая, пограничная и мозговая зоны. У крупного рогатого скота в мозговой зоне расположены пирамиды в количестве 18–22 (иногда 16–35). Рядом лежащие сосочки пирамид могут сливаться в более крупные. Их вершины окружены

чашечками, открывающимися короткими стембельками (трубочками) в два основных хода, образующих мочеточник. Почечная лоханка отсутствует.



Рис. 11. Бороздчатые многососочковые почки крупного рогатого скота. Общий вид. А – правая почка, Б – левая почка

4. *Бороздчатые однососочковые почки* имеют на поверхности борозды, обозначающие границы между почечками, сосочки которых объединяются в единое целое. Имеются у гиен.

5. *Гладкие многососочковые почки* (рис. 12) характеризуются полным слиянием корковой зоны, состоят из многочисленных почечных долек. С поверхности гладкие, на разрезе видны почечные пирамиды. Каждая пирамида оканчивается сосочком, окруженным чашечкой. Почечные чашечки открываются в общую полость – почечную лоханку, из которой выходит мочеточник. Характерны для свиньи и человека.

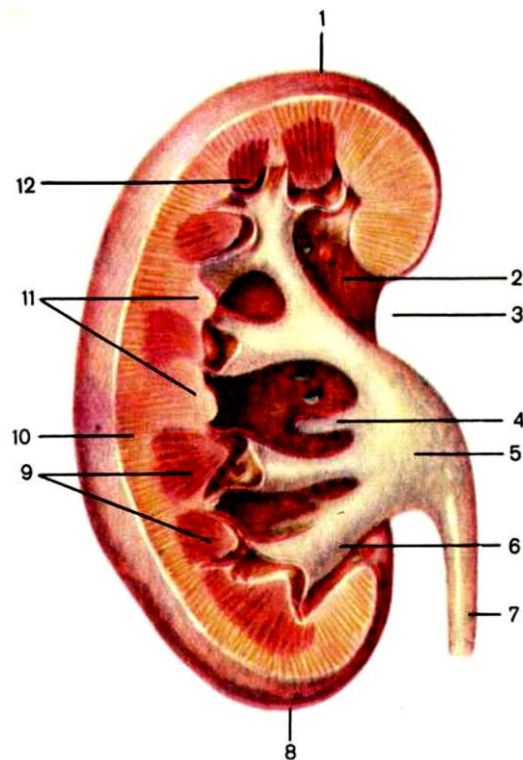


Рис. 12. Почка человека (в разрезе). 1 - верхний конец; 2 - почечная пазуха; 3 – почечные ворота; 4 - малая почечная чашка; 5 - почечная лоханка; 6 - большая почечная чашка; 7 - мочеточник; 8 - нижний конец; 9 - мозговое вещество почки; 10 - корковое вещество почки; 11 - почечные столбы; 12 - почечный сосочек

6. *Гладкие однососочковые почки* (рис. 13, 14) характеризуются полным слиянием не только корковых, но и мозговых зон. Один общий сосочек погружен в почечную лоханку. Однососочковая структура почек характерна для большинства млекопитающих (лошадь, верблюд, лама, олень, собака, кошка, мелкие жвачные, кролик, норка, крыса и др.).



Рис. 13. Почка собаки: 1 – латеральный край; 2 – краниальный конец; 3 – медиальный край; 4 – ворота; 5 – почечная артерия; 6 – почечная вена; 7 – мочеточник (Бой Дж., 1998)

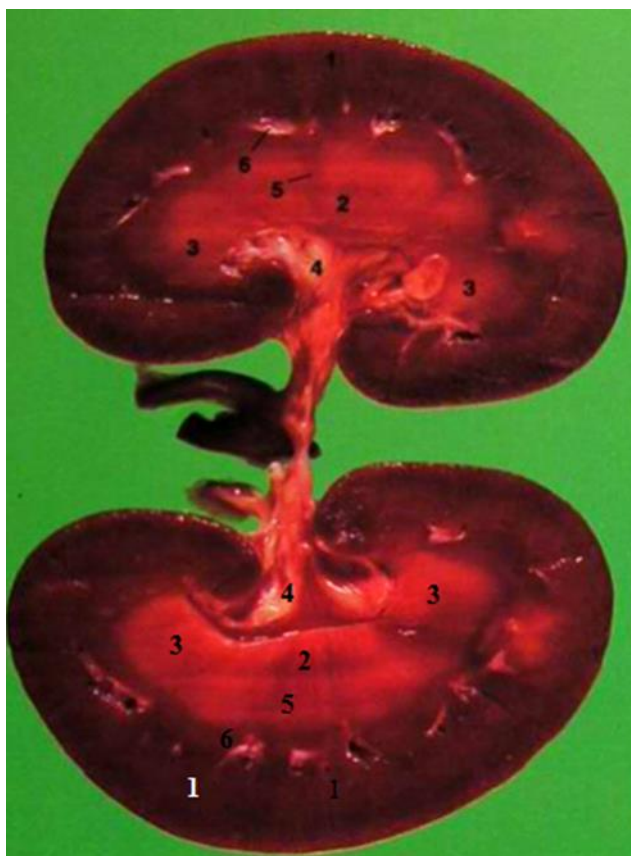


Рис. 14. Почка собаки в разрезе: 1 – корковое вещество; 2 – пирамида; 3 – мозговое вещество; 4 – жир (в синусе); 5 – междольковые сосуды; 6 – дугообразные сосуды (Бой Дж., 1998)

Контрольные вопросы

1. Перечислите типы почек, укажите основу их классификации.
2. Опишите строение множественных почек. Для каких животных характерен указанный тип почек?
3. Охарактеризуйте строение бороздчатой почки.
4. Опишите строение гладкой однососочковой и многососочковой почки. Назовите отличительные характеристики их строения.
5. В каких почках отсутствует лоханка?
6. Какой тип почек характеризуется полным слиянием корковой зоны?
7. Какое строение имеет множественная компактная почка? Какие виды животных имеют такую почку?

2.2. Строение почек

Почки (*ren*, гр. *nephros*) – парный паренхиматозный орган, преимущественно бобовидной формы. У некоторых животных форма правой и левой почки отличается: у лошади левая почка бобовидной, а правая сердцевидной формы; у крупного рогатого скота левая почка перекручена по оси. Масса почек имеет видовые особенности (табл. 1).

Таблица 1

Масса почек у некоторых млекопитающих (Жеденов В.Н., 1958, с дополнениями)

Вид животного	Масса правой и левой почки	
	абсолютная, г	относительная, %
Крупный рогатый скот	1000-1400	0,20-0,25
Лошадь	900-1500	0,14-0,20
Верблюд	1500-1800	0,17-0,20
Свинья	400-500	0,55
Як	494	0,21
Буйвол	305-1700	0,20-0,28
Северный олень	85-157	0,20-0,21
Марал	1000-1100	0,15-0,31
Собака	45-60	0,50-0,71
Кролик	18-24	0,60-0,70
Байкальская нерпа	130	0,12-0,13
Кошка	15-30	0,34
Американская норка (генотип Standard)		
самки	5,5-8	0,54-0,74
самцы	9-12	0,52-0,89
Человек	240-400	

Почки большинства животных располагаются в поясничной области под телами позвонков, иногда заходят в подреберье. Относительно стенок брюшной полости почки располагаются: интраперитонеально (подвешены в полости на брыжейке), мезоперитонеально (покрыты серозной оболочкой со всех сторон, но брыжейка короткая или отсутствует) или ретроперитонеально (лежат под позвонками, серозной оболочкой покрыты только с вентральной поверхности). Почка может смещаться, в том числе при дыхательных движениях (у собак на длину позвонка). У крупного рогатого скота левая почка висит на короткой брыжейке, называется блуждающей и при наполнении рубца отходит за уровень правой почки. У большинства животных почки лежат асимметрично, на разном уровне. Правая почка, как правило, несколько краниальнее левой почки.

Почка имеет несколько оболочек. Паренхима почки покрыта тонкой пластинкой – фиброзной капсулой (*capsula fibrosa*), которая может быть легко отделена от вещества почки за исключением участка, где она, образуя соединительнотканый остов почки, вдаётся в углубление, называемое воротами почки (*hilus renalis*), через которые входят артерии и нервы и выходят вены, мочеточник и лимфатические сосуды (рис. 15).



Рис. 15. Почка собаки

Кнаружи от фиброзной капсулы располагается значительной толщины жировая капсула (*capsula adiposa*), проникающая через почечные ворота в почечную пазуху. При быстром уменьшении толщины жировой капсулы почка может стать подвижной (блуждающая почка). У некоторых китообразных она отсутствует. С вентральной поверхности почка окружена серозной оболочкой (брюшиной).

На медиальной поверхности, в глубине ворот почек расположена расширенная полость – синус (*sinus renalis*) и почечная лоханка (*pelvis renalis*) (рис. 16). Вокруг основания каждого почечного сосочка в многососочковой почке прикрепляется почечная чашечка (*calix renalis*), которая короткой трубкой открывается в почечную лоханку (*pelvis renalis*). В однососочковой почке почечная лоханка прикрепляется непосредственно вокруг основания сосочка. Стенка лоханки состоит из слизистой оболочки с многослойным переходным эпителием, иногда содержащей железы (*gl. pelvis renalis* – у лошади), мышечной оболочки и адвентиции. От почечной лоханки берет начало мочеточник.

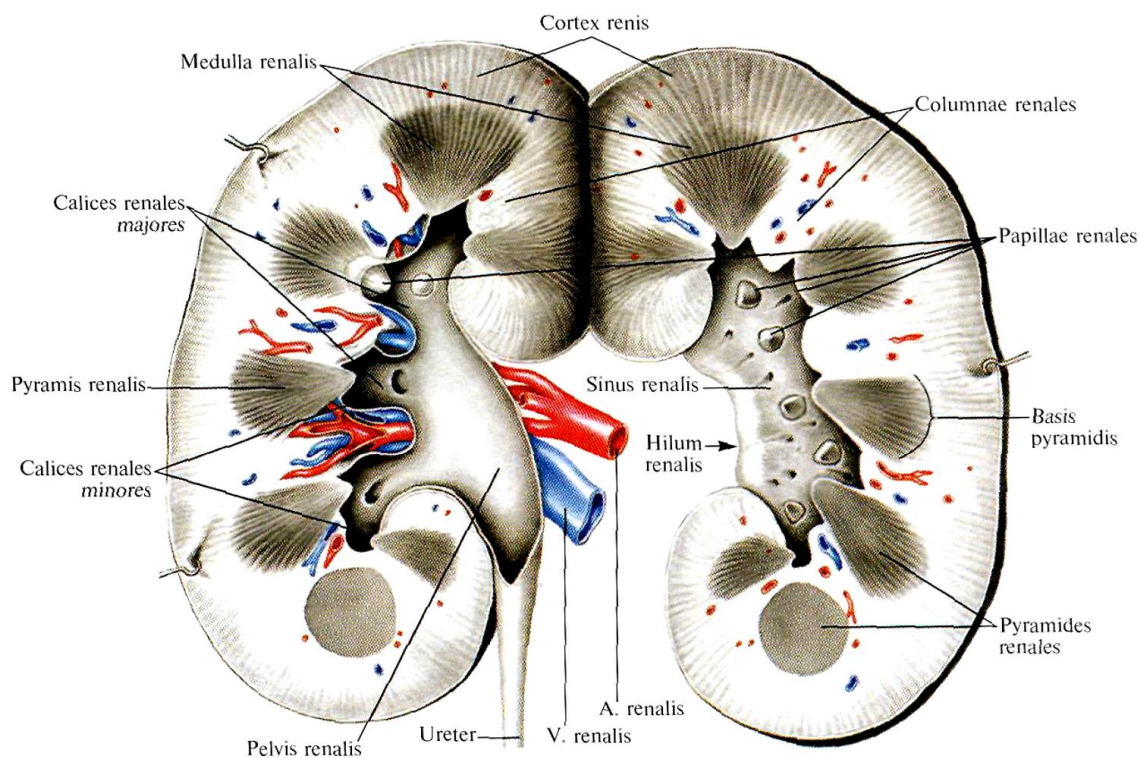


Рис. 16. Общая схема строения почки (Сапин М.Р., 2001)

На почках выделяют два края: латеральный и медиальный (*margo lateralis et medialis*), две поверхности: дорсальную и вентральную (*facies dorsalis et ventralis*) и два конца: краниальный и каудальный (*extremitas cranialis et caudalis*) (рис. 17).

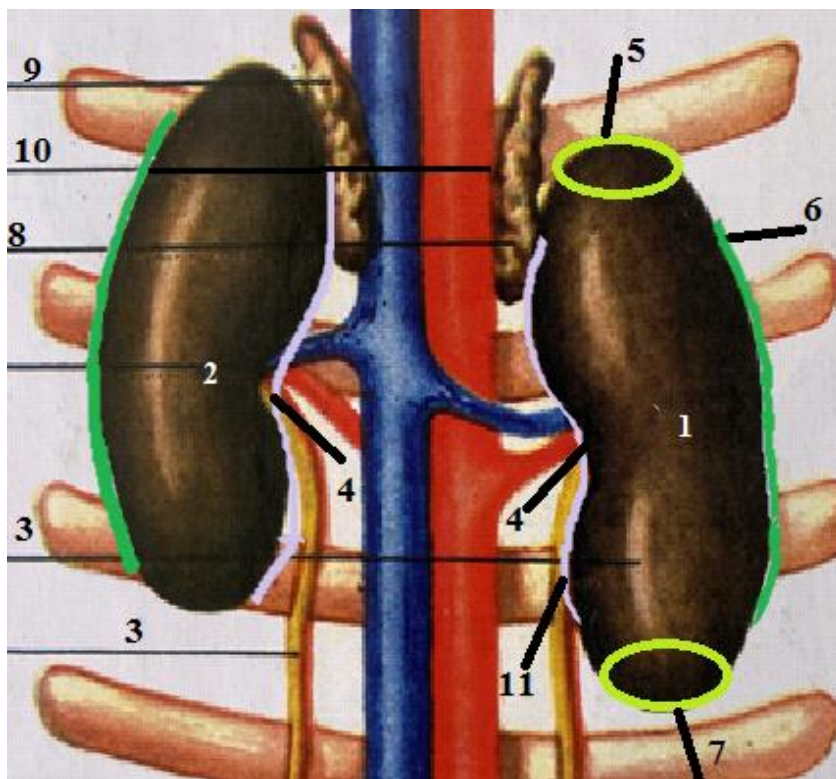


Рис. 17. Почки с вентральной поверхностью: 1 – левая почка; 2 – правая почка; 3 – мочеточники; 4 - ворота; 5 - краниальный конец; 6 - латеральный край; 7 – каудальный конец; 8 – левый надпочечник; 9 - правый надпочечник; 10 - сосуды; 11 – медиальный край (Осипов И.П., 2014)

Паренхима почки образует два слоя: мочеотделительный – кору почки и мочеотводящий – мозговой слой (см. рис. 16, рис. 18). Кора почки (*cortex renis*) или корковое вещество, находится по периферии почки, имеет темно-красный цвет и состоит из почечных телец, проксимальных и дистальных канальцев нефронов. Мозговой слой (*medulla renis*) расположен в центре почки, имеет более светлую окраску и содержит почечные пирамиды.

Мозговой слой. Почечная пирамида (*pyramides renalis*) своим широким основанием (*basis pyramidis*) направлена к наружной поверхности почки, а верхушкой – в сторону почечного синуса. Пирамида состоит из прямых

канальцев, образующих петли нефрона и собирательных трубочек. Верхушки пирамид самостоятельно или объединившись по 2 – 3 образуют почечный сосочек (*papilla renalis*) с многочисленными сосковыми отверстиями (*foramina papillaria*), формирующими решетчатое поле (*area cribrosa*). У лошади, мелких жвачных и хищных почечные сосочки, сливаясь вместе, образуют почечный гребень (*crista renalis*). Пирамиды отделены друг от друга почечными столбами (*columnae renales*) – узкими участками коркового вещества, в которых проходят кровеносные сосуды в окружении соединительной ткани.

Корковый слой состоит из светлых и темных участков. Светлые участки конусовидные. В виде лучей (*radii medullaris*) они отходят от мозгового вещества в корковое и образуют лучистую часть коры (*pars radiata*), в которой располагаются прямые почечные канальцы, продолжающиеся в мозговое вещество и начальные отделы собирательных трубочек.

Темные участки коры, расположенные между соседними лучистыми частями, составляют ее сверточную часть (*pars convoluta*). Обе части, объединяясь, образуют корковую дольку (*lobulus corticalis*), которая вместе с почечной пирамидой входит в состав почечной доли (*lobus renalis*) с ее характерным строением мочеподделительных и мочеподводящих структур (см. рис. 16,18, рис. 19).

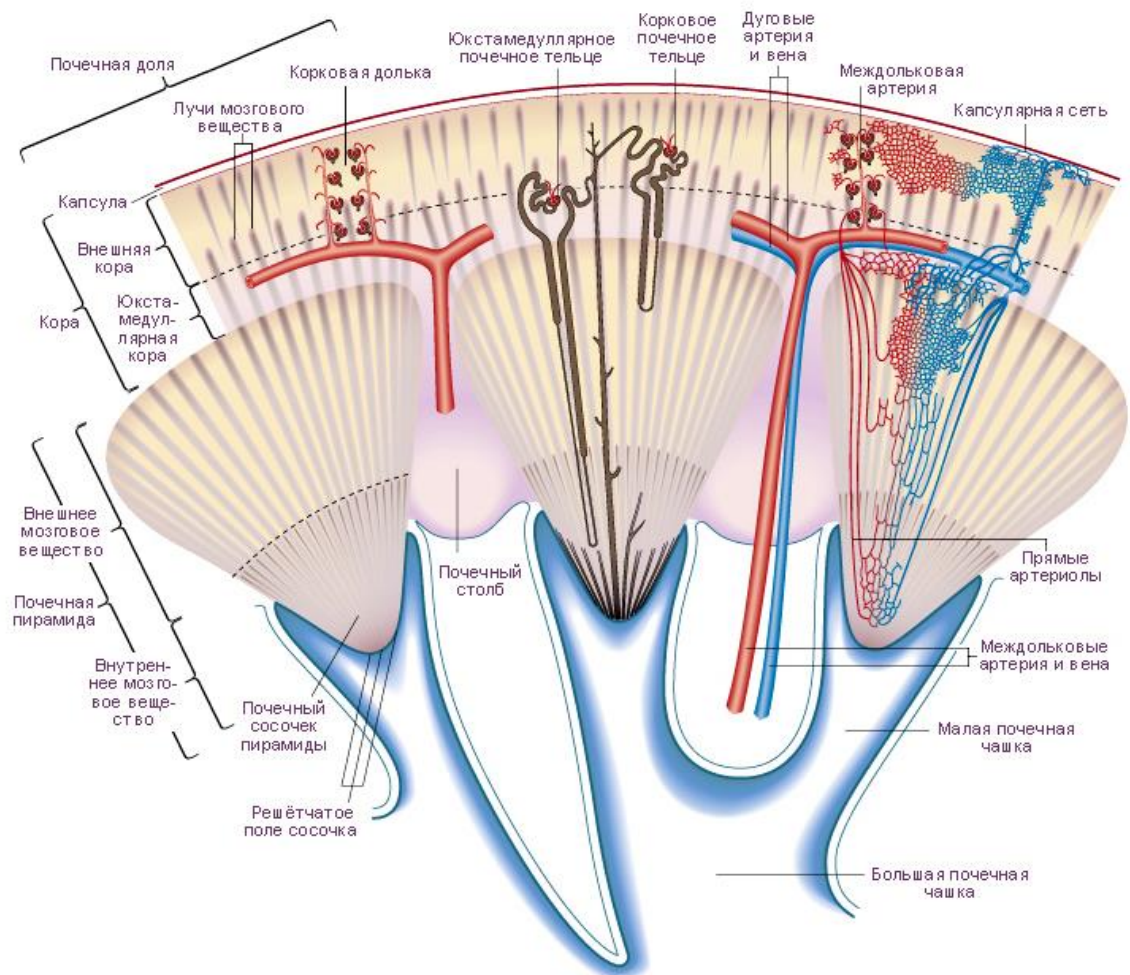


Рис. 19. Главные структуры коркового и мозгового вещества левой почки (Gray H., Standring S., 2008)

Основная морфофункциональная структурная единица почки – нефрон (nephron), который состоит из почечного тельца, или мальпигиева тельца, и системы мочевых канальцев. Количество нефронов в почке животных коррелирует с площадью наружной поверхности их тела и составляет в обеих почках: у быка домашнего – 4 млн, у овцы – 1 млн, у свиньи – 1,4 млн, у кошки – 400 тыс. Почечное тельце (corpuscula renis) состоит из сосудистого клубочка (glomerula) и двустенной капсулы (capsula glomeruli, капсула Шумлянско-Боумана). Сосудистый клубочек представляет собой «чудесную» капиллярную сеть, которая начинается приносящей клубочковой артериолой и заканчивается выносящей клубочковой артериолой (рис. 20, 21).

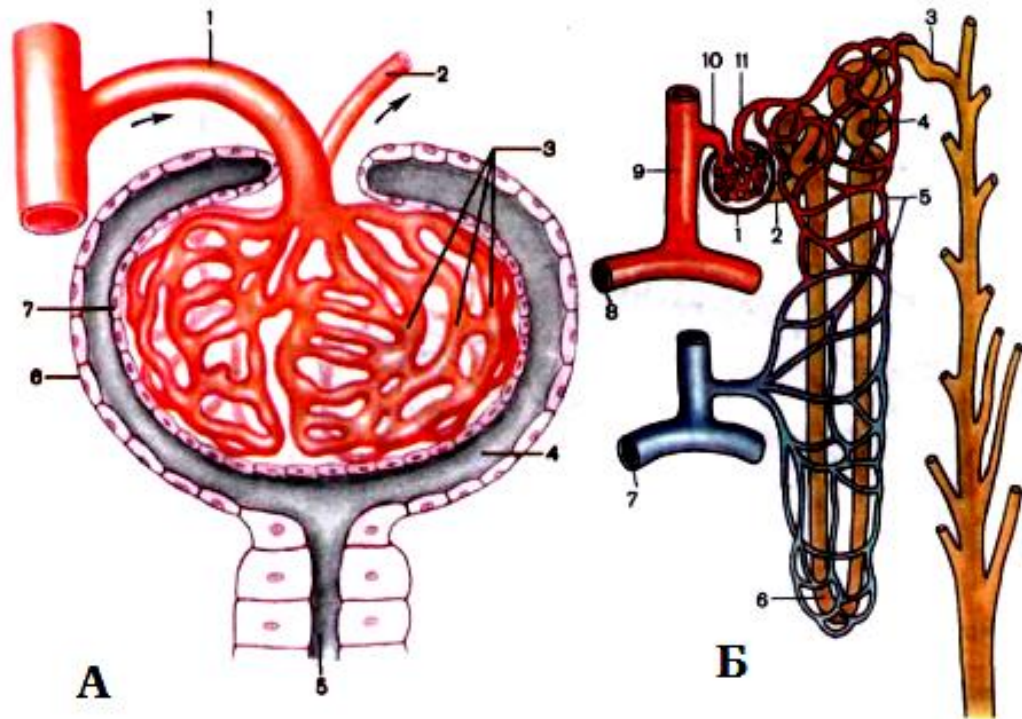


Рис. 20. А - строение почечного тельца (схема): 1 – приносящая клубочковая артериола (приносящий сосуд); 2 - выносящая клубочковая артериола (выносящий сосуд); 3 – сеть клубочковых капилляров; 4 – полость капсулы клубочка; 5 – проксимальный извитой каналец; 6 – наружная стенка капсулы клубочка; 7 – внутренняя стенка капсулы клубочка. Б – строение нефрона и его взаимоотношение с кровеносными сосудами (схема): 1 – почечное тельце; 2 - проксимальный извитой каналец; 3 – собирательная трубочка; 4 – дистальный извитой каналец; 5 – околоканальцевая капиллярная сеть; 6 – петля нефрона; 7 – дугообразная вена; 8 – дугообразная артерия; 9 – междольковая артерия; 10 - приносящая клубочковая артериола (приносящий сосуд); 11 - выносящая клубочковая артериола (выносящий сосуд) (Сапин М.Р., 2001)

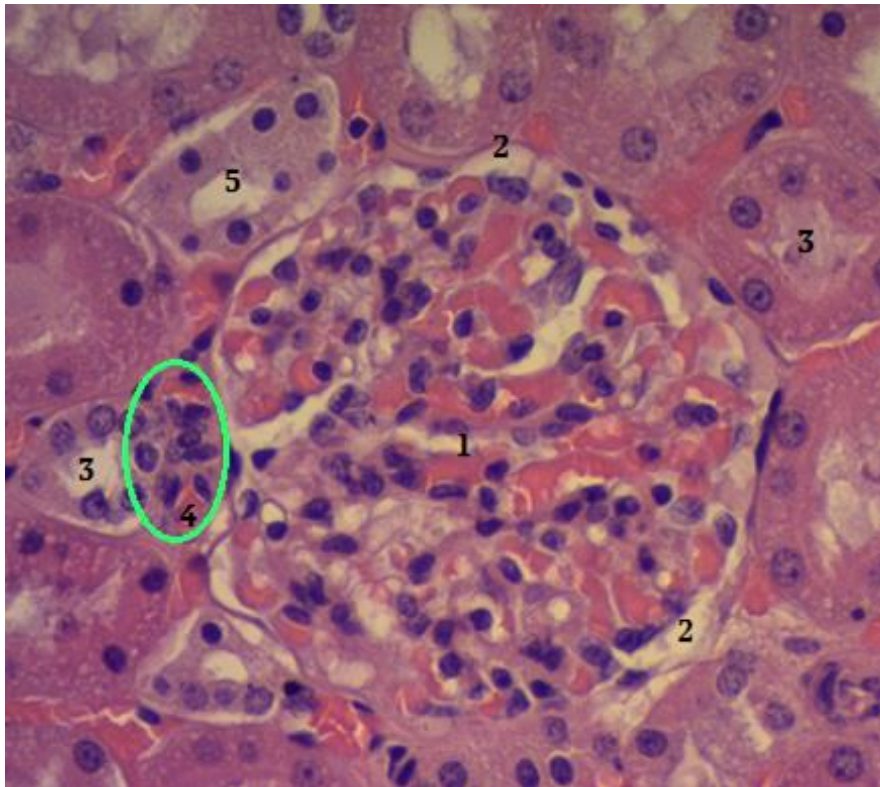


Рис. 21. Кортикальная зона почки американской норки. Почечное тельце: 1 – сосудистый клубочек; 2 – капсула; 3 – дистальный извитой каналец; 4 – сосудистый полюс (юкстагломерулярный аппарат); 5 – дистальный извитой каналец. Окраска гематоксилином и эозином. Об. 40, ок. 10 (Распутина О.В., 2023)

Двустенная капсула, окружающая сосудистый клубочек, служит началом мочевых канальцев (*tubuli renales*). Начальный отдел мочевых канальцев называется проксимальным канальцем (*tubulus proximalis*), состоящим из извитого и прямого сегментов (*tubulus contortus*, *tubulus rectus*). Проксимальный каналец переходит в петлю нефрона (*ansa nephroni*, петля Генле), в которой выделяют нисходящую часть - *pars descendens* и восходящую часть - *pars ascendens*. Петля Генле продолжается дистальным канальцем (*tubulus distalis*), состоящим из извитого и прямого сегментов (*tubulus contortus*, *tubulus rectus*) и впадающим в собирательную трубочку (*tubulus colligens rectus*). Она впадает в общий сосочковый проток (*ductus papillaris*), открывающийся самостоятельным отверстием (*foramen papillaris*) на вершине почечного сосочка. Вокруг основания каждого почечного сосочка в многососочковой почке прикрепляется почечная чашечка (*calix renalis*), которая с помощью короткой трубочки открывается в почечную

лоханку (*pelvis renalis*). В однососочковой почке к основанию сосочка непосредственно прикрепляется почечная лоханка.

Капсула Шумлянского-Боумена на разрезе имеет форму чаши, внутри которой расположен клубочек. Она состоит из двух листков (слоев) – внутреннего и наружного. Внутренний (висцеральный) листок клубочковой капсулы плотно прилегает к стенкам клубочковых капилляров и является одновременно наружным (эпителиальным) слоем стенки капилляра. Наружный (париетальный) листок капсулы несколько отстоит от внутреннего, в результате между ними образуется микроскопическая полость – полость капсулы Шумлянского-Боумена, куда после фильтрации поступает жидкая часть плазмы крови и где образуется ультрафильтрат, или первичная (превентивная) моча. Полость клубочковой капсулы непосредственно переходит в просвет, а наружный листок капсулы – в стенку канальца. Приносящая и выносящая артериолы клубочка образуют его сосудистый полюс, располагаются рядом и не покрыты капсулой Шумлянского-Боумена. На противоположной стороне от сосудистого полюса выделяют мочевой полюс – участок, от которого начинается проксимальный извитой каналец.

С помощью электронной микроскопии установлено, что стенка клубочковых капилляров состоит из трех слоев. Внутренний (эндотелиальный) слой представлен клетками эндотелия, которые не прилегают близко друг к другу, в результате между ними образуются микроскопические отверстия до 100-150 нм. В целом эндотелиальная пластинка имеет вид своеобразного сита и получила название *lamina fenestrata*. В норме пространства между клетками эндотелия заполнены межклеточным веществом, состоящим из основного вещества соединительной ткани, в которое входит и гиалуроновая кислота.

Наружный слой стенки клубочкового капилляра состоит из клеток эпителия – подоцитов, которые также являются внутренним листком капсулы (рис. 22). Подоцит имеет длинные протоплазматические отростки – трабекулы,

от которых почти перпендикулярно к ним отходят малые, или подошвенные, отростки – педикулы. Подоцит и его трабекулы не прилегают непосредственно к базальной мембране клубочкового капилляра, а опираются на нее педикулами. Между базальной мембраной и подоцитами, трабекулами, а также между педикулами образуется ультрамикроскопическое подподоцитарное пространство. Его сравнивают с субмикроскопической губкой, которая способствует процессу клубочковой фильтрации, отсасыванию жидкой части плазмы крови из просвета клубочковых капилляров в полость капсулы почечного клубочка.

Подоциты связаны между собой пучковыми (фибриллярными) структурами, наиболее выраженными между педикулами, где они образуют так называемую щелевидную диафрагму с порами диаметром 5-12 нм. Щелевидной диафрагме отводится важная роль в клубочковой фильтрации. Снаружи она покрыта гликокаликсом подоцитов, а внутри граничит с наружным слоем базальной мембраны (Серов В. В., 1983).

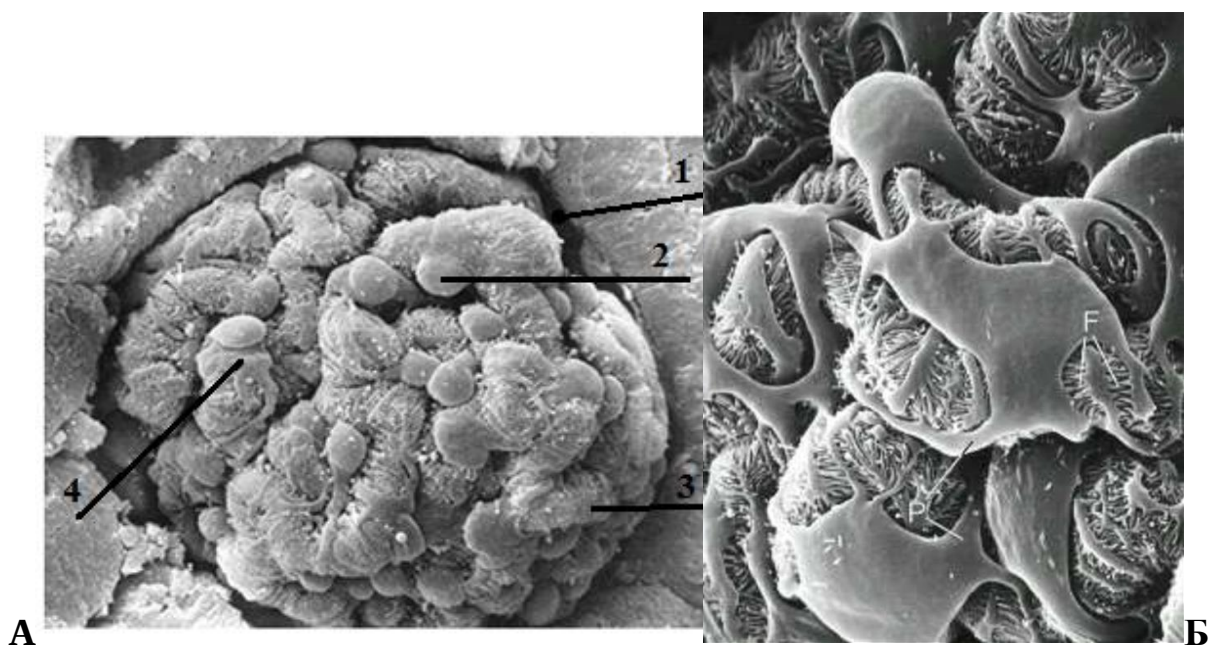


Рис. 22. А. Почечное тельце: 1 – капсула Шумлянско-Боумена; 2 – подоцит; 3 – клубочковый капилляр; 4 – трабекулы подоцита. Б. Подоциты на поверхности клубочковых капилляров: Р – трабекулы; F – педикулы (<https://ppt-online.org/290461>)

Функции подоцитов:

- участие в работе фильтрационного барьера;
- фагоцитоз и расщепление макромолекул, фильтрующихся из крови;
- биосинтез компонентов базальной мембраны;
- биосинтез эритропоэтина.

Средний слой стенки клубочкового капилляра составляет базальная мембрана толщиной 250-400 нм (рис. 23). Она представляет непрерывный барьер между кровью, циркулирующей в капиллярах, и полостью капсулы почечного клубочка. При электронной микроскопии в базальной мембране различают три слоя: центральный (*lamina densa*), наружный, или субэпителиальный (*lamina rara externa*), и внутренний, или субэндотелиальный (*lamina rara interna*). В ней имеются поры, средний радиус которых равен $2,9 \pm 1,0$ нм (Шюк О., 1975).

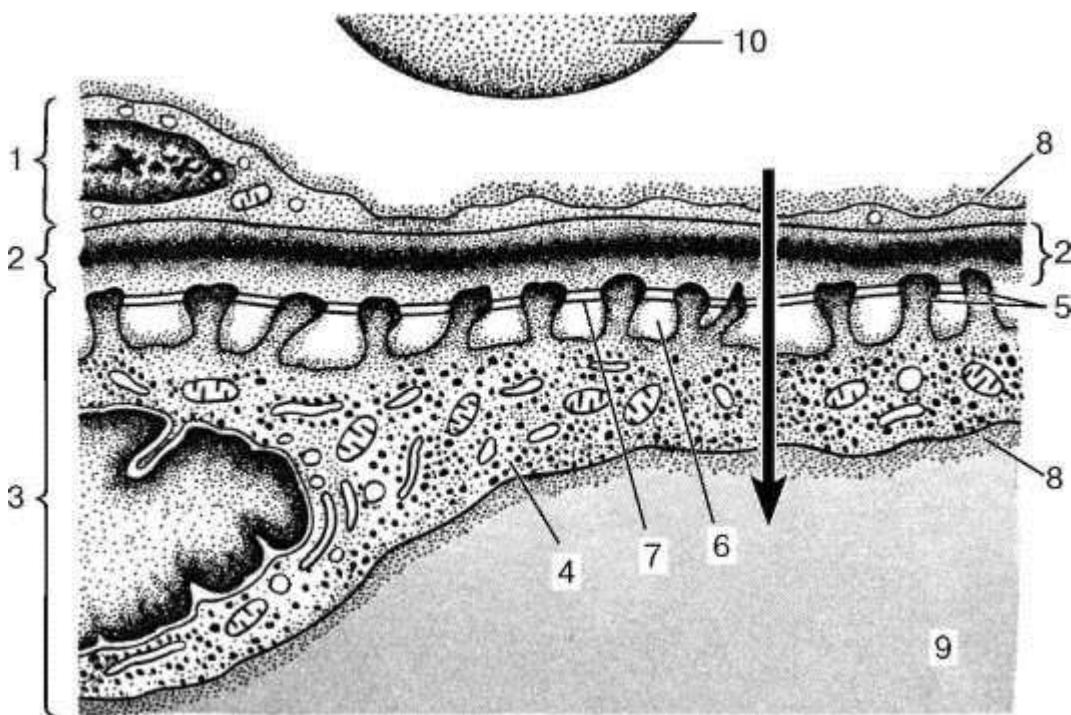


Рис. 23. Ультрамикроскопическое строение фильтрационного барьера почек (по Е. Ф. Котовскому): 1 - эндотелиоцит кровеносного капилляра сосудистого клубочка; 2 - гломерулярная базальная мембрана; 3 - подоцит внутреннего листка капсулы

клубочка; 4 - цитотрабекула подоцита; 5 - цитоподии подоцита; 6 - фильтрационная щель; 7 - фильтрационная диафрагма; 8 - гликокаликс; 9 - мочевое пространство капсулы; 10 - часть эритроцита в капилляре (Кузнецов С.Л., 2002)

Кроме клеток эндотелия (интракапиллярных) и подоцитов (экстракапиллярных), между петлями клубочковых капилляров расположены мезангиальные клетки, или мезангиоциты (рис. 24). Для них характерно наличие в цитоплазме тонких фибрилл, с чем связывают способность мезангиоцитов к сокращению и их участие в процессе гломерулярной фильтрации. Мезангиоциты окружены аморфным веществом – мезангиальным матриксом, который непосредственно соединен с базальной мембраной стенки клубочковых капилляров и обладает способностью продуцировать вещество базальной мембраны. Кроме того, мезангиоциты обладают фагоцитарной способностью, обеспечивают механическую поддержку капилляров клубочка, регулируют ток крови в капиллярах клубочка за счет сократительной активности, секретируют простагландины и эндотелины, чувствительны к ангиотензину II.

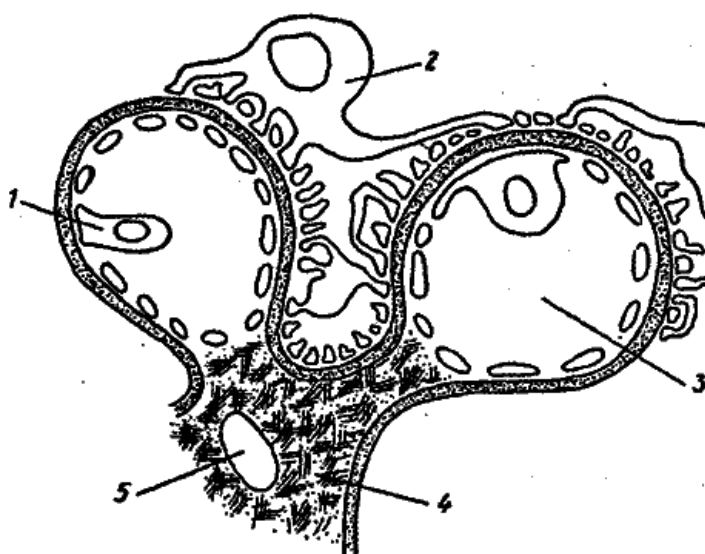


Рис. 24. Два просвета клубочковых капилляров: 1 - эндотелиальная клетка; 2 - эпителиальная клетка (подоцит); 3 - просвет капилляра; 4 - мезангиальный матрик; 5 - ядро мезангиальной клетки (по Е.Ф.Котовскому) (Кузнецов С.Л., 2002)

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).

Отделы канальцевой части нефрона существенно отличаются гистологическим строением выстилающих их внутреннюю поверхность клеток эпителия. Наиболее сложное строение у эпителия проксимального отдела канальца, клетки которого имеют кубическую форму. Для клеток эпителия этого отдела характерно наличие щеточной каемки, представляющей собой ультрамикроскопические ворсинки в виде пальцевидных выростов цитоплазмы, покрытых клеточной мембраной и гликокаликсом (Серов В. В., 1983). Просвет канальца узкий, неправильной формы. Число микроворсинок на одной клетке эпителия извитой части проксимального отдела канальца достигает 6500, благодаря чему рабочая поверхность каждой клетки увеличивается в 40 раз. Щеточная каемка является своеобразным приспособлением для выполнения строго дифференцированной работы по канальцевой реабсорбции в процессе образования мочи.

Внутри клеток эпителия находится большое количество митохондрий (в них вырабатывается энергия, обеспечивающая канальцевый транспорт веществ и канальцевую секрецию), внутриклеточных мембран, участвующих в процессах активного транспорта жидкости, и лизосом. В цитоплазме клетки содержатся высокоактивные ферменты – дегидрогеназы, липоамид-дегидрогеназа, гидролазы, а в щеточной каемке – щелочная фосфатаза АТФ-

аза, аминопептидазы и другие ферменты, обеспечивающие высокодифференцированный процесс реабсорбции глюкозы, аминокислот, белка, фосфатов и других веществ из канальцевой жидкости. В результате реабсорбции и секреции в проксимальных отделах первичная моча претерпевает значительные качественные изменения: из нее полностью исчезают сахар и белок. При заболевании почек эти вещества могут обнаруживаться в окончательной моче вследствие поражения клеток проксимальных отделов нефронов.

Эпителий нисходящей части петли Генле имеет в основном то же строение, что и эпителий проксимального отдела, однако ворсинки щеточной каемки встречаются реже, они короче, грубее; в клетке меньше митохондрий, внутриклеточных мембран и ферментов. Клетки тонкого сегмента петли Генле небольшие, без щеточной каемки, с цитоплазмой низкой ферментативной активности. Восходящий сегмент петли Генле и извитая часть дистального отдела канальца выстланы клетками эпителия, которые по строению сходны с клетками проксимального отдела, но лишены щеточной каемки. Просвет этих канальцев на препарате округлый, ровный (рис. 25-27).

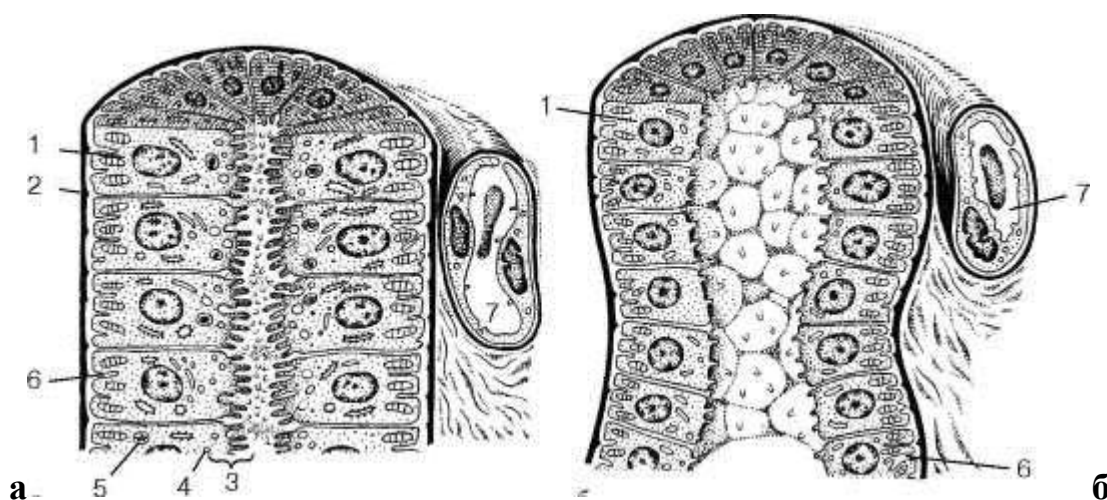


Рис. 25. Ультрамикроскопическое строение проксимального (а) и дистального (б) канальцев нефрона (по Е. Ф. Котовскому): 1 - эпителиоциты; 2 - базальная мембрана; 3 - микроворсинчатая каемка; 4 - митохондрии; 5 - лизосомы; 6 - базальная исчерченность; 7 - кровеносный капилляр (Кузнецов С.Л., 2002)

В цитоплазме этих клеток содержится много митохондрий, внутриклеточных мембран; в ней определяется высокая активность гидролитических, гликолитических ферментов и ферментов цикла Кребса, что свидетельствует о их сложной функции по факультативной реабсорбции воды, натрия и других веществ.

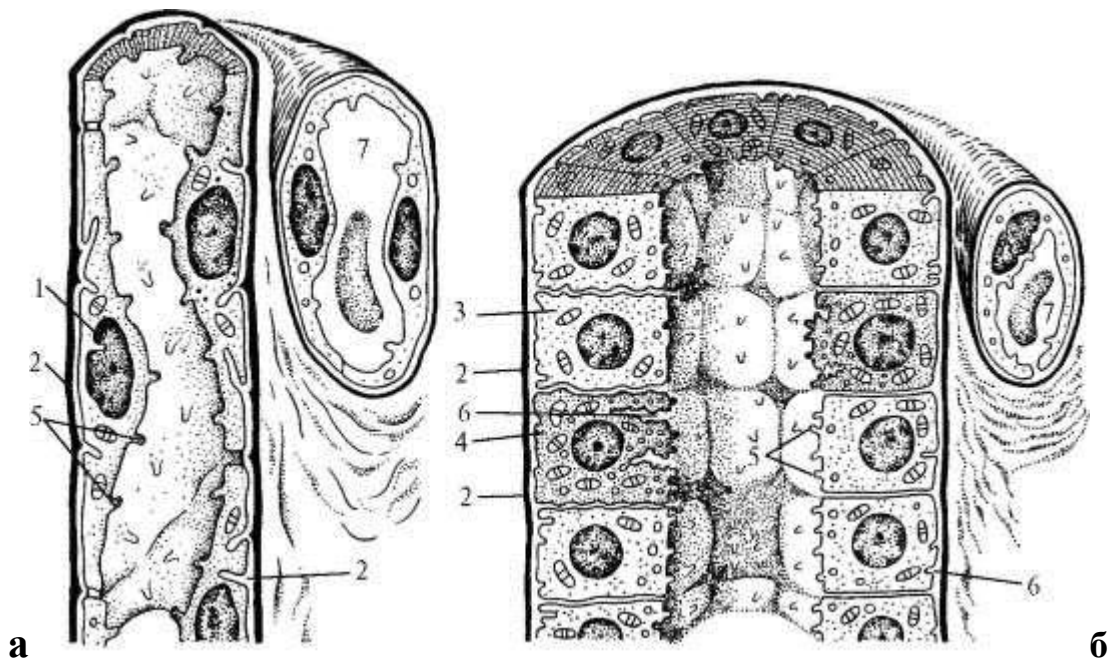


Рис. 26. Ультрамикроскопическое строение тонкого канальца петли нефрона (а) и собирательной трубочки (б) почки (по Е. Ф. Котовскому): 1 - эпителиоциты; 2 - базальная мембрана; 3 - светлые эпителиоциты; 4 - темные эпителиоциты; 5 - микроворсинки; 6 - инвагинации плазмолеммы; 7 - кровеносный капилляр (Кузнецов С.Л., 2002)

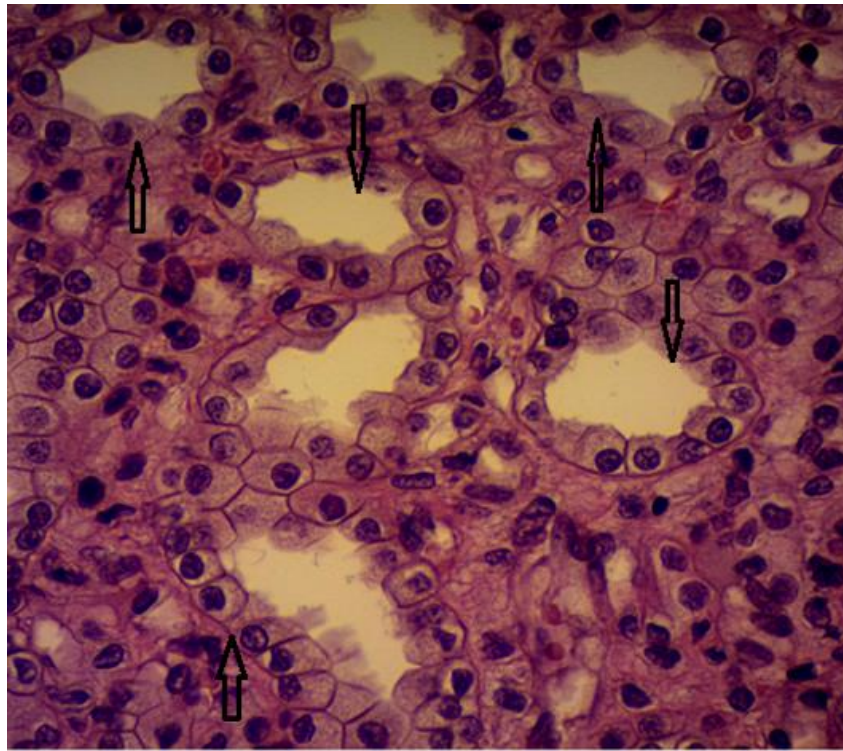


Рис. 27. Собирающие трубочки в мозговой зоне почки американской норки. Окраска гематоксилином и эозином. Об. 40, ок. 10 (Распутина О.В., 2023)

По локализации различают следующие нефроны:

- суперфициальные, или подкапсульные (около 1 %);
- корковые (85 %);
- юкстамедуллярные, или околomозговые (около 14 %).

В окол клубочковой зоне, между приносящей и выносящей клубочковыми артериолами расположен *юктагломерулярный аппарат (ЮГА)* почек (рис. 28).

В составе юктагломерулярного аппарата выделяют следующие виды клеток, выполняющих определенные функции:

- юктагломерулярные клетки - клетки средней оболочки приносящей и выносящей артериол, по происхождению - мышечные, по функции - секреторные. Они содержат белоксинтезирующий аппарат и гранулы ренина. Второй их особенностью является наличие барорецептивных свойств: клетки способны реагировать на падение системного артериального давления ниже уровня, необходимого для поддержания фильтрационного давления. Уловив это снижение, они секретируют в кровь ренин. Ренин отщепляет от белка крови ангиотензиногена

полипептидную цепь и превращает его в ангиотензин I. Ангиотензин I с помощью специального конвертирующего фермента (в основном это происходит в легких) превращается в ангиотензин II, который вызывает сокращение гладких миоцитов артерий и повышает артериальное давление. Одновременно ангиотензин II стимулирует выработку альдостерона, а он, в свою очередь, задерживает натрий и воду, что также повышает системное давление;

- клетки плотного пятна (*macula densa*) - клетки в количестве 20-40, находящиеся в участке стенки дистального канальца, лежащего между приносящейся и выносящей артериолами. Базальная мембрана в этом месте очень тонкая или полностью отсутствует. Клетки плотного пятна являются осморорецепторами: передают на юкстагломерулярный аппарат информацию о содержании в моче дистальных канальцев ионов натрия;
- юкставаскулярные клетки или клетки Гурмагтига, лежат в треугольном пространстве между приносящей, выносящей артериолами и клетками плотного пятна, формируя так называемую подушку. Они содержат запас гранул ренина;
- мезангиальные клетки, часть которых может секретировать ренин при истощении юкстагломерулярных клеток.

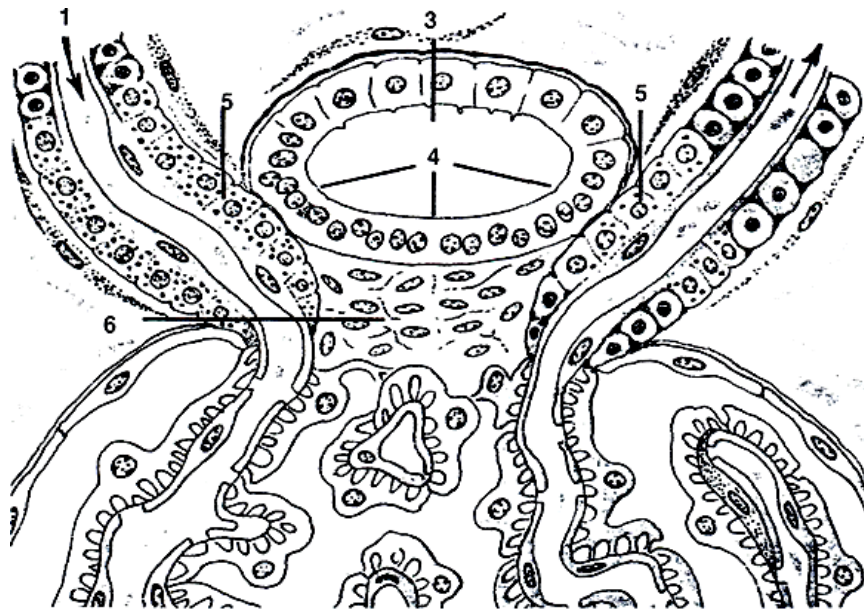


Рис. 28. Схема строения юкстагломерулярного аппарата (ЮГА) (по Е.Ф.Котовскому):
 1 - приносящая артериола (vas afferens); 2 - выносящая артериола (vas efferens). В стенке обеих артериол имеются барорецепторы, реагирующие на понижение давления крови.
 3 - дистальный извитой каналец: одной своей петлей обязательно касается почечного тельца, проходит между вышеназванными артериолами.

КОМПОНЕНТЫ ЮГА: а) Плотное пятно (macula densa) (4): тот участок стенки дистального извитого канальца, который прилежит к почечному тельцу. Здесь границы между клетками почти не видны, но наблюдается скопление ядер. Плотное пятно является осморецептором: реагирует на повышение концентрации натрия в моче и стимулирует ренинпродуцирующие клетки;

б) юкстагломерулярные клетки (5): находятся в стенке приносящей и выносящей артериол: образуя слои крупных клеток под эндотелием. Содержат гранулы с ренином. Секретию ренина стимулирует раздражение как осморецепторов (плотного пятна), так и барорецепторов (в стенке артериол);

в) юкставаскулярные клетки (Гурмагтига) (6): располагаются в пространстве между двумя артериолами и плотным пятном. Имеют длинные отростки. Возможно, что при недостаточности функции юкстагломерулярных клеток тоже участвуют в продукции ренина (Кузнецов С.Л., 2002)

Кровоснабжение почки получают по крупным почечным артериям (aa. renales), отходящим от брюшной аорты (aorta abdominalis). У ворот почки почечная артерия делится на краниальные, центральные и каудальные ветви, направляющиеся в соответствующие участки органа. Вступив в паренхиму почки, эти ветви отдают междольевые артерии (aa. interlobares renis), проходящие между пирамидами. У основания пирамид, на границе коркового и мозгового вещества они делятся на дуговые артерии (aa. arcuatae), от которых в кору почки отходят междольковые артерии (aa. interlobulares). От

междольковой артерии отходят капсулярные ветви (т. capsulares), прямые артериолы (arteriolar rectae) и приносящий сосуд (arteriola glomerularis afferens), участвующий в образовании клубочка капилляров (glomerus). Из клубочка выходит выносящий сосуд (arteriola glomerularis efferens), имеющий более мелкий диаметр. Arteriola glomerularis efferens разветвляется на капилляры, охватывающие густой сетью почечные трубочки. Капилляры объединяются между собой, образуют звездчатые венулы (venulae stellatae), которые соединяются с прямыми венулами (venulae rectae) коркового вещества почки и образуют междольковые вены (vv. interlobulares). Междольковые вены на границе коркового и мозгового вещества переходят в дуговые вены (vv. arcuatae), от которых берут начало междольковые вены (vv. interlobares). Междольковые вены, сливаясь между собой, образуют почечную вену (v. renalis), которая впадает в каудальную полую вену (v. cava caudalis). В области почечного синуса почечная вена по отношению к одноименной артерии располагается краниально.

Таким образом, в почке содержатся две системы капилляров: одна соединяет артерии с венами, другая - специального характера, в виде сосудистого клубочка. В нем кровь отделена от полости капсулы только двумя слоями плоских клеток (эндотелием капилляров и эпителием капсулы). Это создает благоприятные условия для выделения из крови воды и продуктов обмена.

Общая схема циркуляции крови представлена на рис. 29.



Рис. 29. Циркуляция крови в почке
(<http://www.tryphonov.ru/tryphonov2/terms2/kidpic05.htm#01>)

Лимфатические капилляры в большом количестве расположены в корковом веществе и идут от границы между корой и мозговым веществом вместе с дуговыми сосудами, направляясь к воротам почки, сливаются между собой у почечного синуса и идут далее по ходу почечных кровеносных сосудов к регионарным узлам (Inn. lumbales) (рис. 30). От них лимфа оттекает в поясничную цистерну (cysterna chyli).

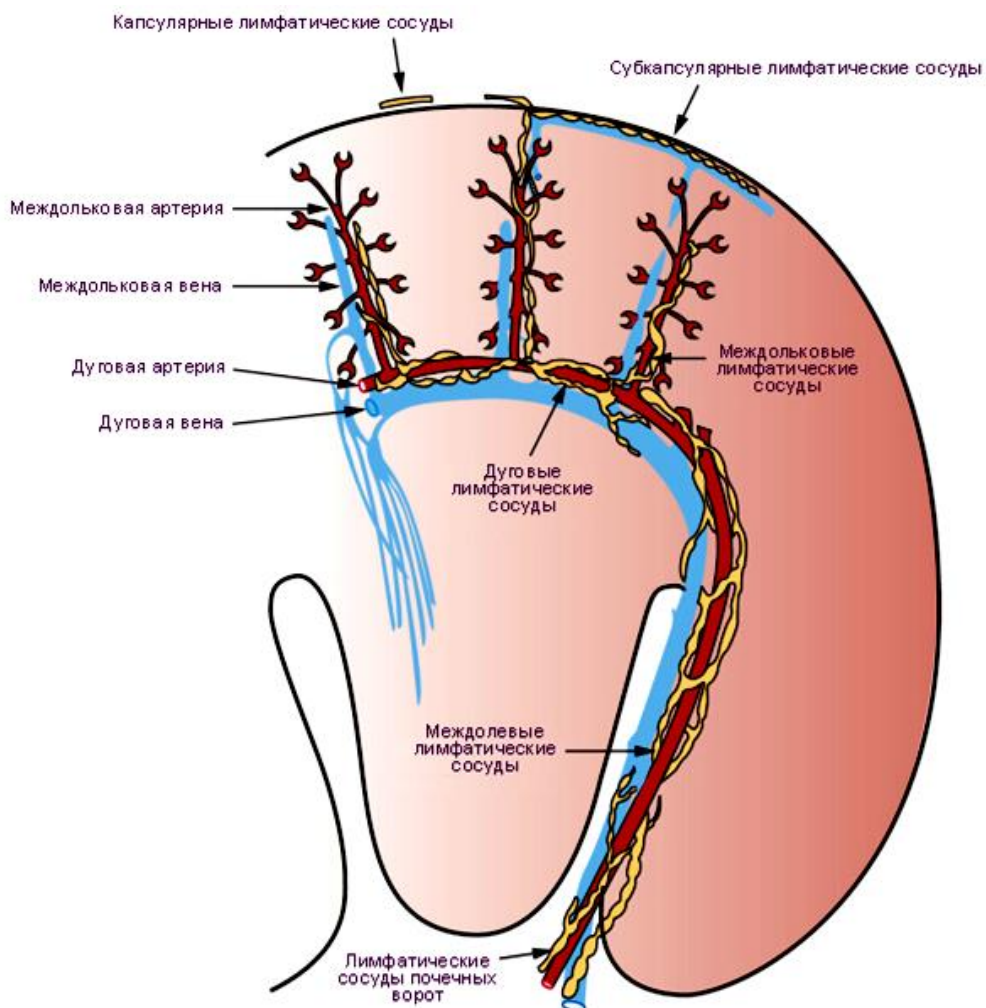


Рис. 30. Лимфатические сосуды почки и их отношение к кровеносным сосудам (Gartner L.P, Hiatt J.M., 2006)

Иннервацию почки получают от парного почечного сплетения (pl. renalis), в образовании которого участвуют: почечная ветвь, или самый задний внутренностный нерв (r. renalis, s. n. splanchnicus imus); ветви от

чревного (pl. celiacus) и межбрыжеечного (pl. intermesentericus) сплетений. В составе указанных сплетений, кроме симпатических нервных волокон, могут быть и парасимпатические, вступающие в чревное сплетение от дорсального ствола блуждающего нерва (rr. celiaci et tr. vagalis dorsalis).

Контрольные вопросы

1. Почки. Внешнее строение почки (концы, поверхности, края, ворота).
2. Оболочки почки и фиксирующий аппарат.
 2. Дайте краткую характеристику внутреннего строения почки.
 3. Топография почек.
 4. Кортикальная и мозговая зона почек.
 5. Строение нефрона. Почечное тельце и капсула Шумлянско-Боумэна.
 6. Функции подоцитов и мезангиальных клеток.
 7. Чем образован фильтрационный барьер почек?
 8. Охарактеризуйте особенности строения канальцевой части нефрона.
 9. Где расположен юстагломерулярный аппарат (ЮГА) почек и каковы его функции?
10. Особенности кровоснабжения и лимфообращения почек.

2.3. Видовые особенности почек

У крупного рогатого скота почки бороздчатые, многососочковые. Почечных пирамид 18–22 (иногда 16–35). Рядом лежащие сосочки могут сливаться в более крупные. Их вершины окружены чашечками, открывающимися короткими стебельками (трубочками) в два основных хода, образующих мочеточник. Почечная лоханка отсутствует. Правая почка эллипсоидная, каудальный конец шире и толще краниального, лежит впереди левой, на уровне от 12 (13)-го ребра до 2–3-го поясничного позвонка, частично заходит в правое подреберье и тесно соприкасается с печенью. Левая почка «перекручена» по продольной оси, «блуждающая», свободно подвешена на короткой брыжейке и при наполнении рубца может

перемещаться в правую половину поясничной области, располагаясь сзади правой почки. Обычно она располагается на уровне 2(3)–5-го поясничного позвонка (рис. 31).

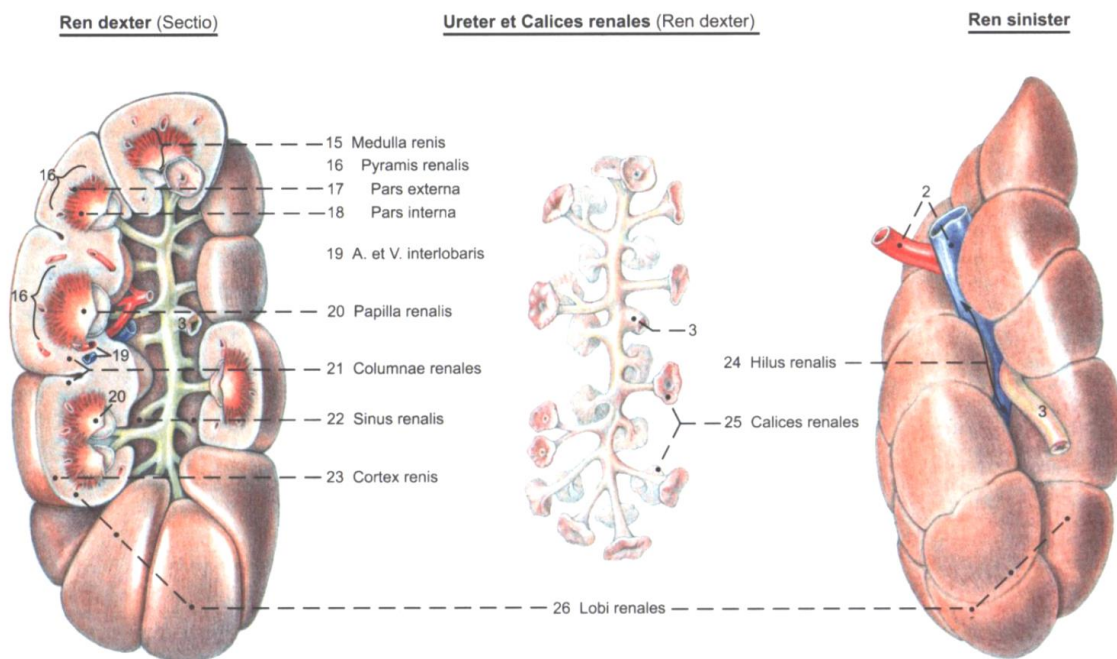


Рис. 31. Бороздчатые почки крупного рогатого скота (Klaus-Dieter Budras, Robert E. Habel, 2011)

Почки *мелких жвачных* гладкие, однососочковые, бобовидной формы, толстые (рис. 32).

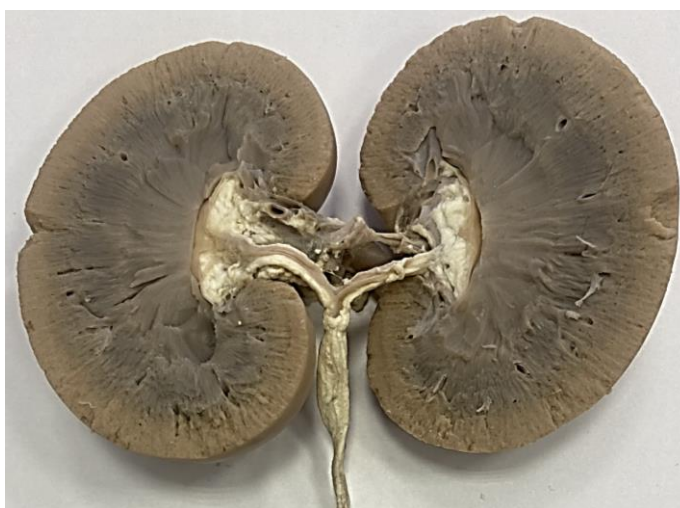


Рис. 32. Гладкие однососочковые почки овцы

Почечных пирамид 10–16. Почечные ворота и синус хорошо

выражены. Почечная лоханка имеет дивертикулы мешковидной формы, которые внедряются между почечными пирамидами. Почки покрыты серозной оболочкой, подвешены на короткой брыжейке и могут слегка смещаться. Правая почка соприкасается с печенью, левая – располагается несколько сзади правой на уровне 4(3)–6-го поясничных позвонков. Абсолютная масса почек в среднем равна 120 г.

Почки коз гладкие однососочковые, бобовидной формы. На продольном разрезе виден общий сосочек, пирамиды, сформированные в результате слияния 8–17 долек. Правая почка расположена между 13-м ребром и 4-м поясничным позвонком. На хвостатой и правой латеральной доле печени она образует почечное вдавление. Левая почка краниально достигает второго поясничного, а задним концом – 5-го поясничного позвонка и несколько сдвигается внутрь к срединной плоскости. С возрастом коз топография почек может сдвигаться вперед или назад на один-два позвонка.

Почки лошади гладкие однососочковые (рис. 33). Правая – сердцевидная, левая – бобовидная. Лоханка на обоих концах трубкообразно выпячивается вглубь почки, формируя концевые углубления – recessus terminales. Почечных пирамид 40–64. Краниальный конец правой почки достигает печени, оставляя на ней глубокое почечное вдавление. Правая почка выдвинута в правое подреберье до уровня 14-15-го ребра (соприкасается с хвостатым отростком печени), в поясничной области – до 2-го поясничного позвонка, где к ней прилежит головка слепой кишки. Левая почка располагается в поясничной области (18-е ребро – 1-3-й поясничный позвонок). Краниальным концом граничит с левой долей поджелудочной железы, каудальным – с петлями тощей и малой ободочной кишок, латерально с основанием селезенки, краниомедиально – с левым надпочечником.

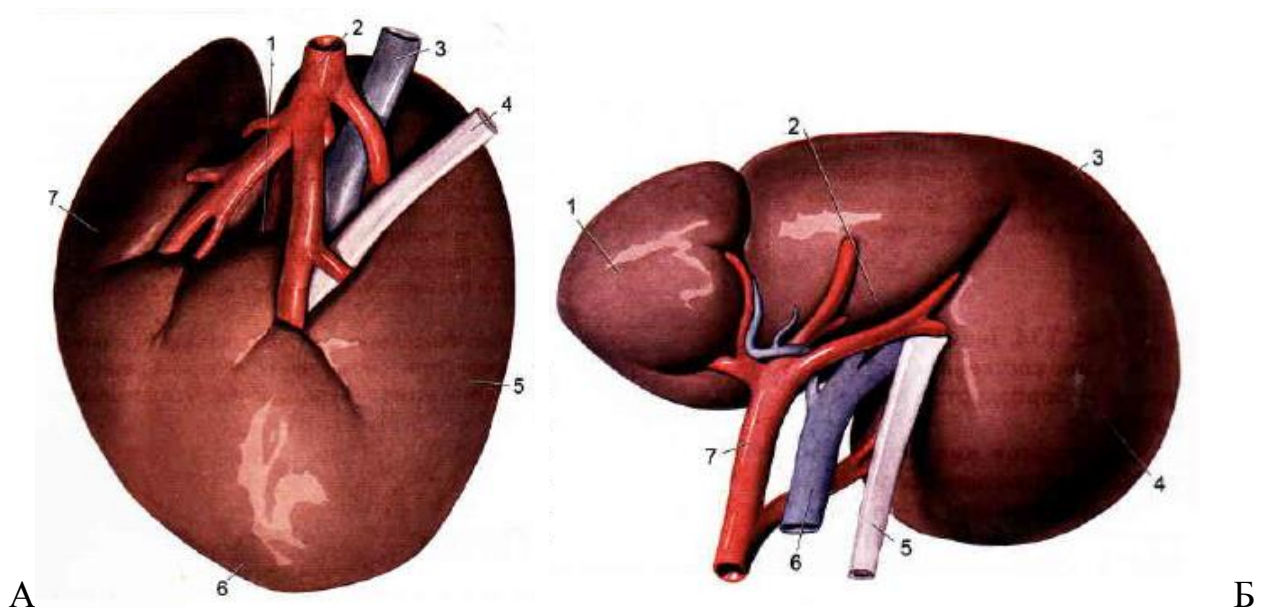
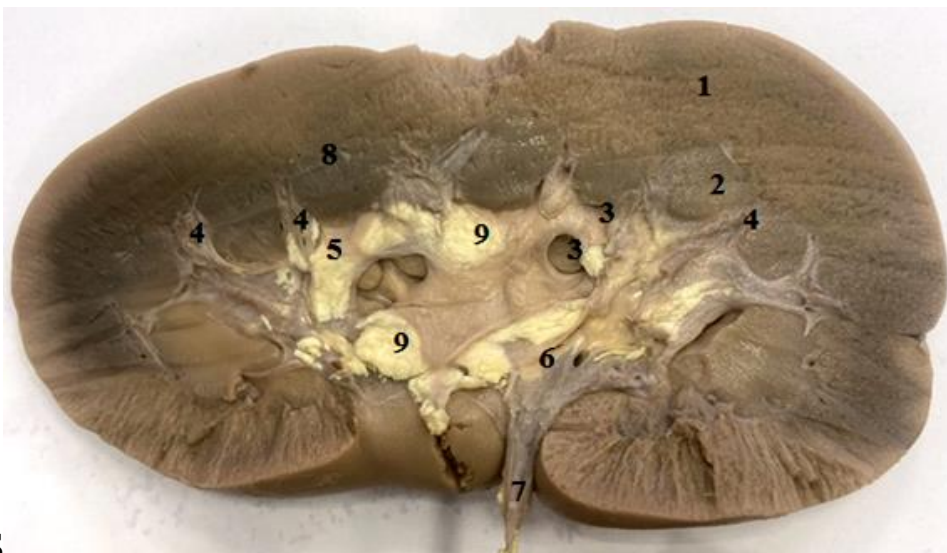


Рис. 33. А - правая почка, вентральная поверхность: 1 – ворота почки; 2 – почечная артерия; 3 – почечная вена; 4 – мочеточник; 5 – каудальный полюс; 6 – выпуклая латеральная поверхность; 7 – краниальный полюс. Б – левая почка, вентральная поверхность: 1 – краниальный полюс; 2 – ворота почки; 3 – выпуклая латеральная поверхность; 4 – каудальный полюс; 5 – мочеточник; 6 – почечная вена; 7 – почечная артерия (Зеленевский Н.В., 2007)

Почки свиньи (рис. 34) гладкие, многососочковые, бобовидной формы, длинные, уплощенные дорсовентрально (под воздействием давления со стороны конуса ободочной кишки). Почечных пирамид 10–12. Каждый сосочек окружен почечной чашечкой, открывающейся в хорошо выраженную почечную лоханку. Иногда вершины почечных пирамид могут сливаться и их число уменьшается до 6. Обе почки располагаются на одном уровне под 1–4-м поясничными позвонками. Правая почка с печенью не соприкасается. Иногда почки могут иметь короткие брыжейки, позволяющие некоторое их смещение («блуждающие» почки).



А



Б

Рис. 34. Почка свиньи: А - общий вид; Б - на разрезе: 1 - корковое вещество; 2 - пирамида мозгового вещества; 3 - почечный сосочек; 4 - почечные столбы; 5 - почечная чашечка; 6 - лоханка почки; 7 - мочеточник; 8 - пограничная зона; 9 - жировая ткань (Распутина О.В., 2023)

Почки собаки (рис. 35) гладкие однососочковые, бобовидные, короткие, толстые, сосочек гребневидный. Почечных пирамид 12–17. Чашечек нет. Почечная лоханка у переднего и заднего концов почки в виде 5–6 мешковидных выпячиваний (recessus pelvis) вдаётся в паренхиму органа, где они вместе с кровеносными сосудами располагаются между почечными пирамидами. Обе почки расположены в поясничной области (1-4-й позвонки).

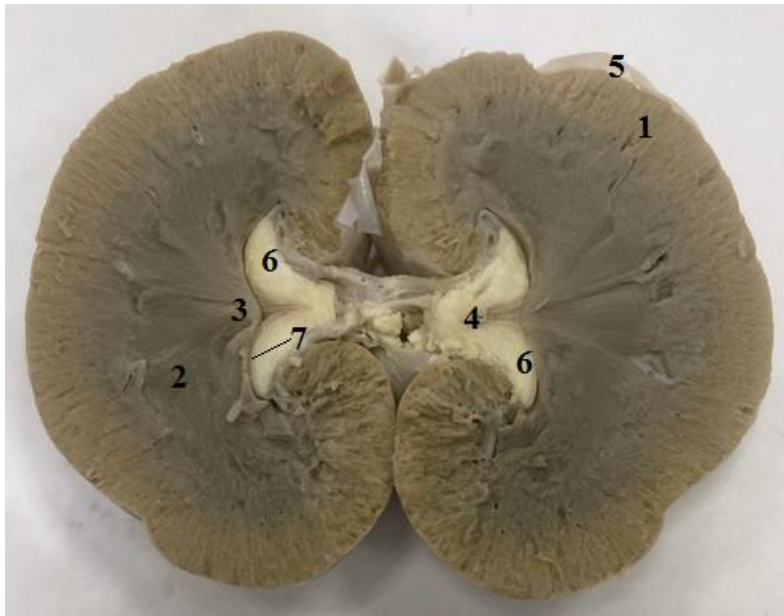


Рис. 35. Почки собаки: 1 – корковое вещество; 2 – пирамида мозгового вещества; 3 – почечный сосочек; 4 – лоханка почки; 5 – капсула; 6 – жировая ткань (в синусе); 7 – почечный гребень (Распутина О.В.. 2023)

У кошки почки гладкие однососочковые, песочно-желтого цвета, сосочек гребневидный, расположены от первого до третьего поясничных позвонков (рис. 36).

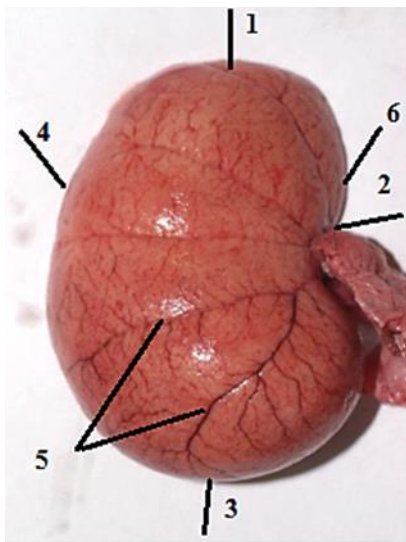


Рис. 36. Почки кошки: 1 – краниальный конец; 2 – ворота; 3 – каудальный конец; 4 – латеральный край; 5 – борозды; 6 – медиальный край (<https://disk.yandex.ru/i/0-NVyZoVfmCANw>)

Правая почка немного впереди левой. На дорсальной поверхности *правой* почки имеется пять борозд, на вентральной – четыре. На дорсальной поверхности *левой* почки расположены три борозды, на вентральной – четыре. Некоторые борозды раздваиваются. От всех борозд идут ещё несколько мелких борозд. Все борозды неглубокие и не разделяют почку на

доли.

Почки *бурого медведя* множественные. Правая почка лежит в области последнего грудного и 3-го поясничного, левая - на уровне 1-4-го поясничного позвонка. Дорсально они прилежат к поясничным мышцам, вентрально прикрыты околопочечным жиром и брюшиной. Правая почка краниально касается печени, образуя на её правой латеральной доле почечное вдавление. Абсолютная масса их для взрослых самок колеблется от 300 до 500 г, самцов - от 500 до 750 г, относительная соответственно 0,3-0,4 и 0,3-0,5%.

Мозолоногие. Почки гладкие, однососочковые, на поверхности имеются слабо выраженные бороздки. Правая бобовидной формы, утолщена, левая уплощена, овальной формы. Левая почка значительно провисает, занимая вертикальное и поперечное положение, при входе в таз. Лоханка типичная. Почки характеризуются малочисленными почечными клубочками и богатством соединительной ткани.

У *северного оленя* (рис. 37) почки гладкие, однососочковые, бобовидной формы, красно-коричневого цвета, сравнительно утолщены. Левая почка – блуждающая. Лоханка типичная. Масса почек колеблется от 170 до 200 г, по другим данным – 41-82 г. Длина левой почки от 11 до 12 см, ширина – от 4 до 6 см. Длина правой почки – от 10 до 11 см, ширина – от 3,5 до 4,5 см. Левая почка висит на широкой брыжейке, длиной до 3 см, в области 2-4-го поясничного позвонка, справа от рубца и слева от кишечника. Полностью покрыта серозной оболочкой, переходящей в брыжейку. Правая почка располагается впереди левой и наполовину своей длины углублена в почечное вдавление печени. Краниальным концом она достигает плоскости последнего грудного позвонка, а каудальным заходит за поперечно-реберный отросток второго поясничного позвонка. Прикрыта серозной оболочкой только с вентральной поверхности.

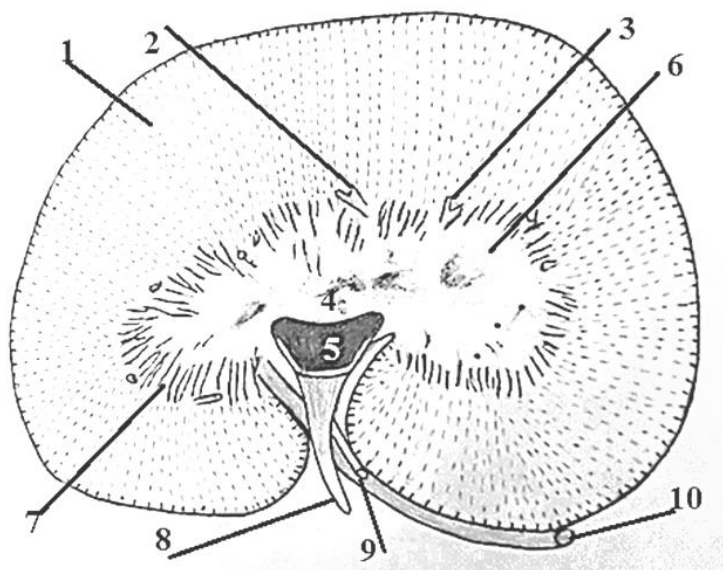


Рис. 37. Почка северного оленя: 1 – корковая зона; 2, 3 – разрез дуговых сосудов; 4 – почечный сосочек; 5 – почечная лоханка; 6 – мозговая зона; 7 – пограничная зона; 8 – мочеточник; 9 – артерия; 10 – вена (Акаевский А.И., 1939)

У кролика почки гладкие однососочковые, сравнительно крупные, бобовидной формы, уплощены. Сосочек выражен резко. Лоханка типичная. Почки располагаются в поясничной области, справа и слева от вентральных мышц позвоночного столба в забрюшинном пространстве – ретроперитонеально. Левая почка лежит параллельно поясничной части осевого скелета на уровне от 1-го до 3-го поясничного позвонка (по данным других исследователей, – от 3-го до границы между 5-м и 6-м поясничными позвонками). При наполненном желудке каудальный край органа может перемещаться до уровня краниальной трети 4-го поясничного позвонка. Правая почка располагается на уровне от последнего грудного до 1-го поясничного позвонка, несколько развернута, краниальный полюс органа направлен краниомедиально, а каудальный – каудолатерально. При этом перпендикулярная ось, проведенная через ворота правой почки, имеет каудомедиальную ориентацию относительно поясничной части осевого скелета. Масса левой и правой почек примерно одинакова – около 11 г. Относительная масса обеих почек кроликов калифорнийской породы –

0,740±0,003 %. Линейные размеры почек зависят от породы. Длина правой и левой почек отличается незначительно и может составлять 2,7-4,4 см.

Почки американской норки гладкие однососочковые, расположены в поясничной области (рис. 38-40). Правая почка – на уровне от последнего ребра до 2-го поясничного позвонка, левая – от первого поясничного до 4-го поясничного позвонка. Правая почка всегда лежит краниальнее левой. Наиболее часто левая почка расположена под 2-3-м или 4-5-м поясничным позвонком, а правая - под 1-2-м и 2-3 (3-4)-м соответственно. Наряду с этим, встречаются варианты, когда левая почка сдвигается до 5-6-го позвонка. При этом правая остается на уровне 2-3-го поясничного позвонка. Абсолютная масса почек 7 – 9 гр. У самок и самцов американской норки генотипа Standard абсолютная масса почек отличается и составляет у самок – 5,5-8,0 г (относительная – 0,54-0,74), у самцов – 9,0-12,0 г (относительная – 0,52-0,89). Линейные характеристики почек: длина правой почки – 3,9, левой – 3,6 см.



Рис. 38. Почка американской норки генотипа Standard. Общий вид (Распутина О.В., 2023)

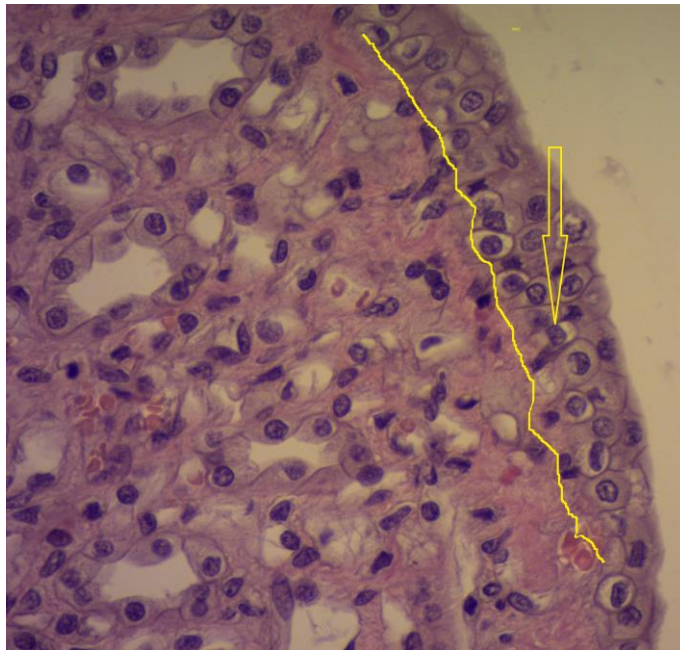


Рис. 39. Переходный эпителий лоханки почки американской норки
Окраска гематоксилином и эозином. Об. 40, ок. 10 (Распутина О.В., 2023)

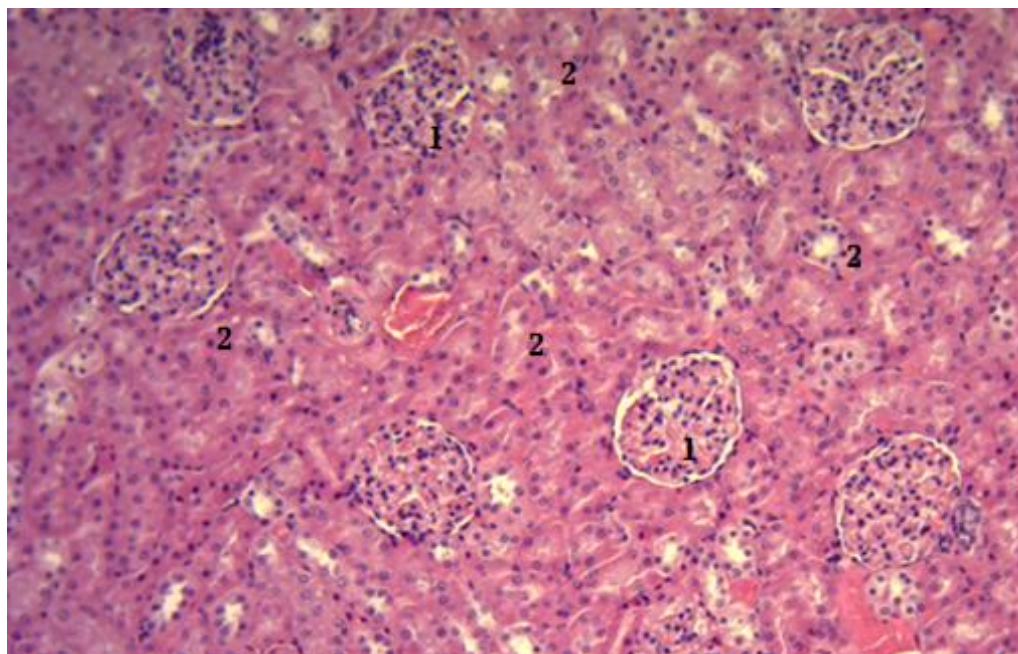


Рис. 40. Кортикальная зона почки американской норки: 1 – клубочек; 2 – почечные канальцы.
Окраска гематоксилином и эозином. Об. 40, ок. 10 (Распутина О.В., 2023)

Почки человека гладкие многососочковые, бобовидной формы. Имеют длину 10–12 см, ширину 5–6, толщину 4 см и массу 120–200 г. Располагаются в поясничной области брюшной полости по обе стороны от позвоночного столба. Правая почка расположена на уровне от 12-го грудного до верхнего

края 4-го поясничного позвонка; левая – от 11-го грудного позвонка до верхнего края 3-го поясничного. Верхние полюса почек расположены ближе к срединной плоскости. Почка имеет переднюю и заднюю поверхности, медиальный и латеральный края, верхний и нижний полюса (концы). У правой почки передняя поверхность более выпуклая, прилежит к висцеральной поверхности правой доли печени, образуя почечное вдавление, и к правому изгибу поперечной ободочной кишки. У левой почки передняя поверхность соприкасается с задней стенкой желудка, селезенкой, хвостом поджелудочной железы, петлями тонкой кишки. Задняя поверхность почек уплощена, соприкасается с квадратной мышцей поясницы, диафрагмой и большой поясничной мышцей, которые образуют для почки углубление – почечное ложе. Латеральный край выпуклый, обращен несколько кзади и вверх. Медиальный край вогнут, направлен вниз, медиально и вперед. На середине этого края имеется углубление – почечные ворота, которые продолжаются в почечную пазуху. К верхним полюсам обеих почек прилежат надпочечники.

Особенности строения почки и её кровеносных сосудов позволяют разделить вещество почки на пять сегментов: верхний, верхний передний, нижний передний, нижний, и задний (рис. 41). Каждый сегмент объединяет 2-3 почечных доли. Верхний и нижний сегменты занимают соответственно верхний и нижний полюсы органа. Верхний и нижний передние сегменты располагаются спереди от почечной пазухи, задний сегмент – кзади от нее.

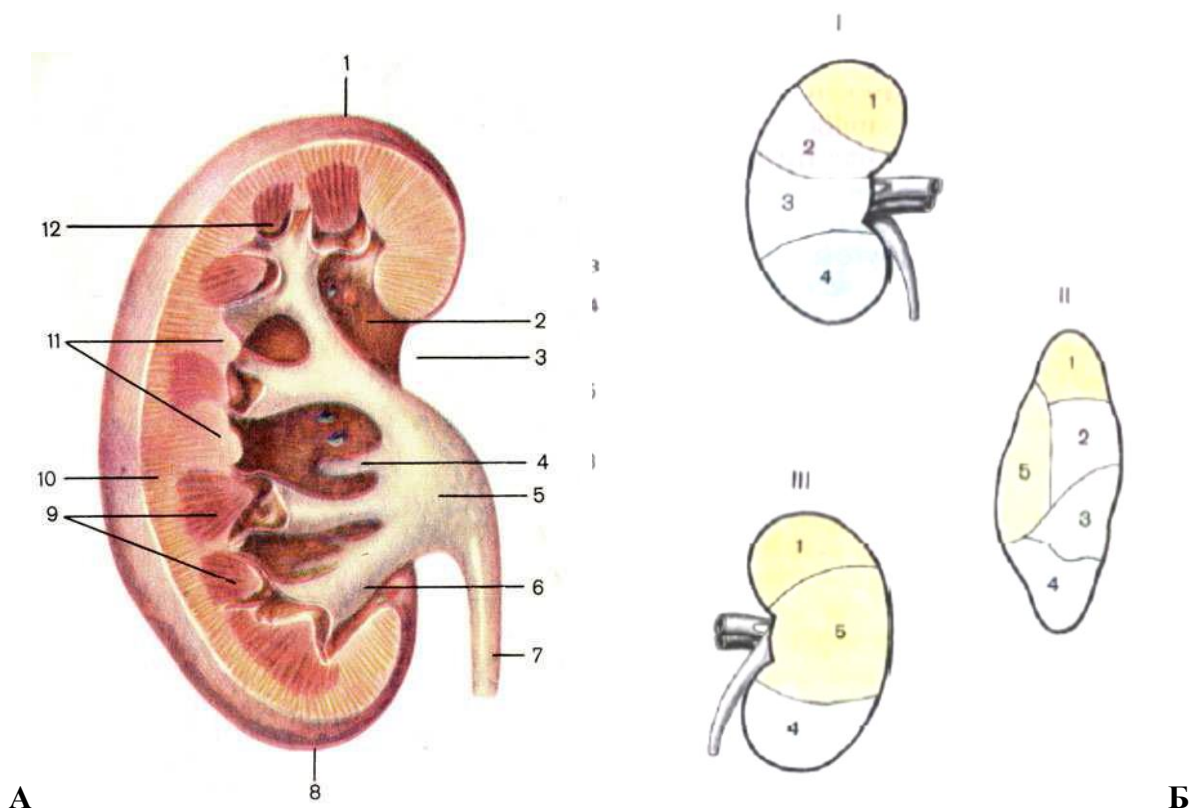


Рис. 41. Почка человека: А – продольный разрез; Б – сегменты почки. А: 1 - верхний конец; 2 - почечная пазуха; 3 – почечные ворота; 4 - малая почечная чашка; 5 - почечная лоханка; 6 - большая почечная чашка; 7 - мочеточник; 8 - нижний конец; 9 - мозговое вещество почки; 10 - корковое вещество почки; 11 - почечные столбы; 12 - почечный сосочек. Б: I – передняя поверхность почки; II – латеральный край почки; III – задняя поверхность почки; 1 - верхний сегмент; 2 - верхний передний сегмент; 3 – нижний передний сегмент; 4 - нижний сегмент; 5 - задний сегмент (Сапин М.Р., 2001)

Почки домашних птиц – крупные парные органы удлинённой формы, мягкой консистенции, у взрослой птицы красно-коричневого, у молодняка бледно-розового цвета, расположенные на внутренней поверхности задней брюшной стенки, в поясничной области, между поясничными мышцами и пристенным листком брюшины (рис. 42). Окружены воздухоносными мешками, функционально заменяющими жировую подушку, отсутствующую у птиц.

У курицы обе почки лежат на одном уровне от 5-го грудного до 12-го пояснично-крестцового сегмента, а у гуся – от 8-го грудного до 14-го пояснично-крестцового костного сегмента (рис. 43). Отделены почки друг от друга телами и вентральными гребнями поясничных и крестцовых

позвонков. Краниально они достигают легких, каудально – прямой кишки. Вентральная поверхность почек бугристая, обращена к внутренностям, покрыта брюшиной и в значительной части брюшными воздухоносными мешками, которые образуют воздушную подушку, дорсальная поверхность почек гладкая.

Почки у птиц имеют большую относительную величину вследствие повышенной интенсивности выделительных процессов. У водоплавающих птиц почки относительно крупнее, чем у сухопутных, и масса обеих почек составляет примерно 1% массы тела. Каждая почка делится на переднюю, среднюю и заднюю доли. Передняя доля лежит в пределах от 5-го до 3-го пояснично-крестцового сегмента, средняя – между 3-м и 9-м, а задняя – между 9-м и 12-м сегментами. Каждая из долей, покрытая снаружи соединительной капсулой и серозной оболочкой, в свою очередь состоит из корковых и мозговых зон, нечетко разграниченных между собой в сравнении с млекопитающими.

Важными морфологическими особенностями почек у птиц являются следующие: мальпигиевый клубочек мало разветвлен; нет извитых канальцев второго порядка, почечных сосочков; нефроны расположены как в корковом, так и в мозговом слое; почечная лоханка отсутствует. В отличие от млекопитающих, в почку входят не только артерии, но и вены, образуя воротную систему почки. Артериальная кровь поступает по почечным артериям, которые в паренхиме разветвляются на междольковые и внутридольковые артерии. От них отходят приносящие артериолы, несущие кровь к капиллярам сосудистых клубочков, которые образуют чудесную сеть с капиллярами выносящих артериол. На периферии дольки выносящая артериола соединяется с венозными капиллярами воротной системы почки, оплетающими канальцы нефрона.

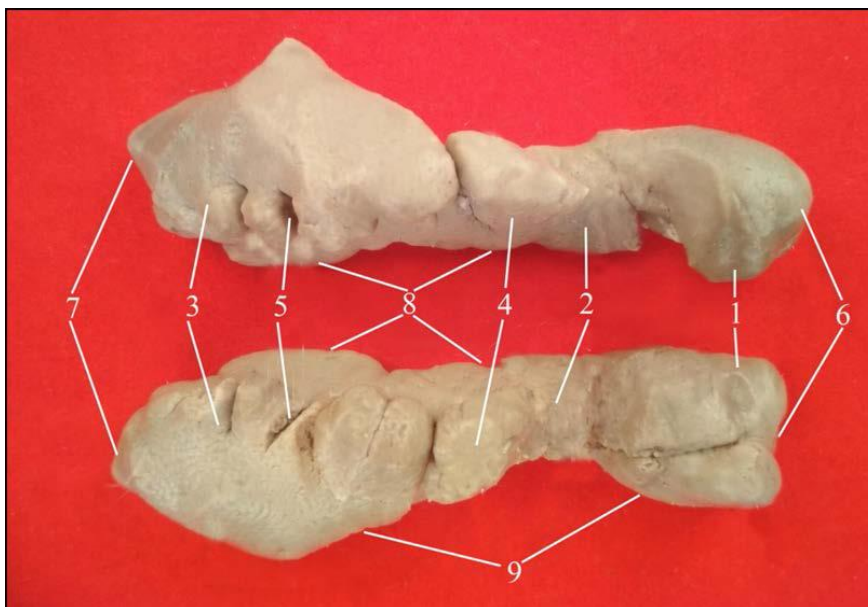


Рис. 42. Строение почек с дорсальной поверхности индейки широкогрудой (фото с натурального препарата): доли почек: 1 – краниальная; 2 – средняя; 3 – каудальная; 4 – добавочная; 5 – вдавления позвоночно-реберных отростков; 6 – краниальный конец почки; 7 – каудальный конец почки; 8 – медиальный край; 9 – латеральный край (Первенецкая М.В., 2021)

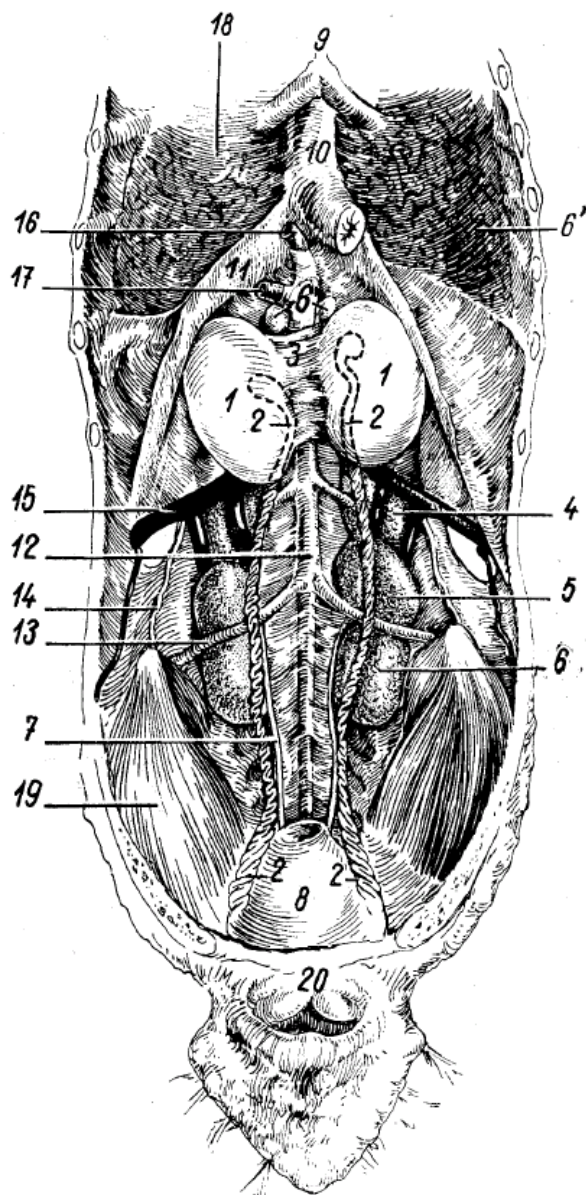


Рис. 43. Расположение и общий вид почек у птиц: 1- семенники; 2 – семяпровод; 3 – брюшная полость; 4 – левая почка, краниальная доля; 5- левая почка, средняя доля; 6 - левая почка, каудальная доля; 6' – надпочечник; 7 – мочеточник; 8 – клоака; 9- трахея; 10 – пищевод; 11 – диафрагма; 12 – нисходящая часть аорты; 13- седалищная артерия; 14 – запирающий нерв; 15 – наружная подвздошная вена; 16 – чревная артерия; 17 – краниальная брыжеечная артерия; 18- легкие; 19 – внутренняя запирающая мышца; 20 – анальное отверстие (Ghetie V., et al., 1976)

Контрольные вопросы

1. Какие морфологические признаки лежат в основе видовой классификации почек?
2. Подробно опишите морфологический тип почек крупного рогатого скота. Укажите топографию.

3. Перечислите виды сельскохозяйственных и мелких домашних животных, для которых характерна гладкая однососочковая почка.
4. Укажите основные морфологические признаки однососочковой почки лошади и многосочковой почки свиньи.
4. Укажите топографические особенности почек у овцы, козы, лошади, собаки, кошки, кролика.
5. Особенности строения почки человека и деление её на сегменты.
6. Каковы особенности строения и топографии почек у птиц?

3. МОЧЕОТВОДЯЩИЕ ПУТИ

К мочевыводящим путям относятся малые и большие почечные чашечки, лоханки, мочеточники, мочевого пузыря, мочеиспускательный канал.

Каждый почечный сосочек на вершине пирамиды охватывает воронкообразная *малая почечная чашка* (*calix renalis minor*). Иногда в одну малую почечную чашку обращено несколько (2-3) почечных сосочков.

Из соединения 2-3 малых почечных чашек образуется *большая почечная чашка* (*calix renalis major*). При слиянии друг с другом 2-3 больших почечных чашек образуется почечная лоханка (*pelvis renalis*), напоминающая по форме уплощенную воронку. Стенки лоханки, больших и малых почечных чашек имеют сходное строение. Стенка их состоит из слизистой, мышечной и адвентициальной оболочки. Постепенно суживаясь книзу, почечная лоханка в области ворот почки переходит в мочеточник.

Мочеточники (*ureter*) – трубчатые органы, проводящие мочу из почечной лоханки в мочевой пузырь. Открываются мочеточники в области шейки мочевого пузыря.

По топографическому признаку мочеточник подразделяется на брюшную (*pars abdominalis*) и тазовую (*pars pelvina*) части. Отойдя от почки, левый мочеточник располагается над брюшиной вблизи аорты, а правый рядом с каудальной полой веной. Оба мочеточника затем проходят вентрально от наружной и внутренней подвздошных артерий и, пересекая их, вступают в тазовую полость. Тазовая часть мочеточника у самцов проходит в мочеполовой складке брюшины, пересекает семяпроводы; у самок – в широкой маточной связке. Достигнув дорсальной поверхности мочевого пузыря, мочеточники сближаются в области шейки пузыря, проходят некоторое расстояние между его мышечной и подслизистой оболочками и заканчиваются мочеточниковым отверстием (*ostium ureteris*) на поверхности слизистой оболочки. Z-образный изгиб, образуемый мочеточником при прохождении в стенке мочевого пузыря, препятствует обратному току мочи

из мочевого пузыря в мочеточники, не исключая его сильное наполнение и не затрудняя поступление новых порций мочи. Особенный вход мочеточников в мочевой пузырь способствует образованию на дорсальной стенке мочевого пузыря, в местах прохождения каудальных концов мочеточника, парных валиковидных возвышений, которые называются столбами мочеточника (*columnae uretericae*).

Стенка мочеточника состоит из слизистой, подслизистой, мышечной и адвентициальной оболочек (рис. 44). Слизистая оболочка покрыта многослойным переходным эпителием. В подслизистой основе расположены слизистые мочеточниковые железы (*gll. uretericae*), которые чаще всего наблюдают у лошади. Мышечная оболочка имеет три слоя пучков гладких мышечных волокон, из которых наружный и внутренний являются продольными, а средний – циркулярным. Циркулярный слой имеет наибольшее развитие. Он исчезает лишь в области впадения мочеточника в мочевой пузырь.

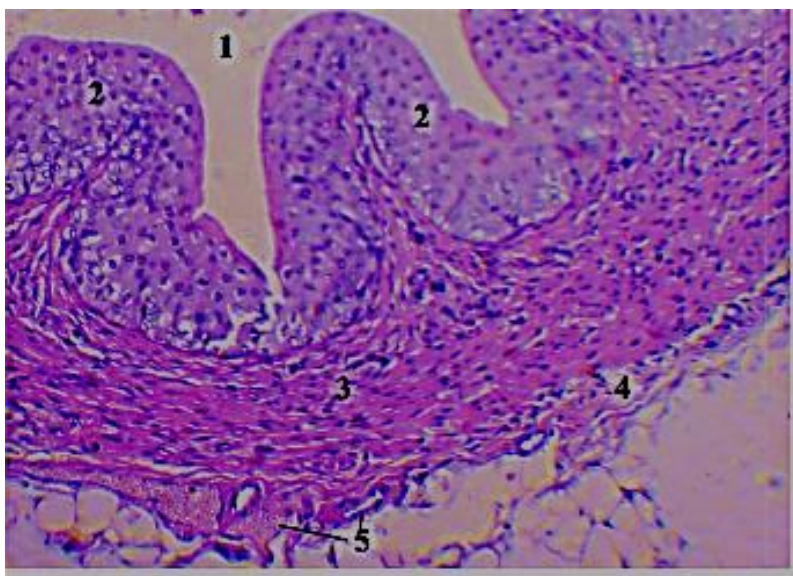


Рис. 44. Мочеточник кролика (самец): 1 – просвет мочеточника; 2 – складки слизистой оболочки; 3 – мышечная оболочка; 4 – адвентициальная оболочка; 5 – кровеносные сосуды и пучки нервных волокон. Окраска гематоксилином и эозином, ув. 100 (Теленков В.Н., 2021)

У лошади, крупных жвачных и свиньи наружный мышечный слой представлен отдельными изолированными мышечными пучками.

Внутренний мышечный слой наиболее дифференцирован у крупных жвачных. У лошади он имеется в брюшном отделе, у овцы, свиньи и собаки выражен слабо, у кошки отсутствует.

Особенности наиболее выражены у крупных жвачных. У них мочеточник образуется после слияния стebelьков, отходящих от почечных чашечек. Вначале оба мочеточника располагаются рядом справа от каудальной полой вены. Затем левый мочеточник постепенно смещается на левую сторону. На дорсальной стенке мочевого пузыря мочеточник своими каудальными участками сильно сближается, и поэтому их отверстия на слизистой оболочке располагаются рядом, в связи с чем треугольник мочевого пузыря небольшой и узкий. У кроликов в определенных участках мочеточника имеются сужения, слизистая оболочка собрана в многочисленные складки, что указывает на наличие эпителиальных сфинктеров в краниальной и каудальной третях мочеточников (Теленков В.Н., 2021). Мочеточники у птиц впадают в дорсальную стенку уродеума близко друг от друга.

У человека мочеточник имеет три сужения в следующих участках: в области перехода из почечной лоханки в мочеточник, в области перехода из брюшной части мочеточника в тазовую (где его пересекает пограничная линия таза) и в месте впадения мочеточника в мочевой пузырь.

Иннервация – nn. pelvini, васкуляризация – a. umbilicalis.

Мочевой пузырь (vesica urinaria, греч. – cystis) имеет грушевидную форму, в ненаполненном состоянии располагается на дне тазовой полости, при наполнении заходит в лонную область. Мочевой пузырь служит временным резервуаром, в котором задерживается образовавшаяся моча. На мочевом пузыре выделяют тело (corpus vesicae), вершину (apex, s. vertex vesicae), обращенную в брюшную полость, шейку (cervix vesicae), направленную в тазовую полость, и две поверхности – дорсальную и вентральную (facies dorsalis et ventralis). Шейка мочевого пузыря переходит в мочеиспускательный канал (рис. 45).

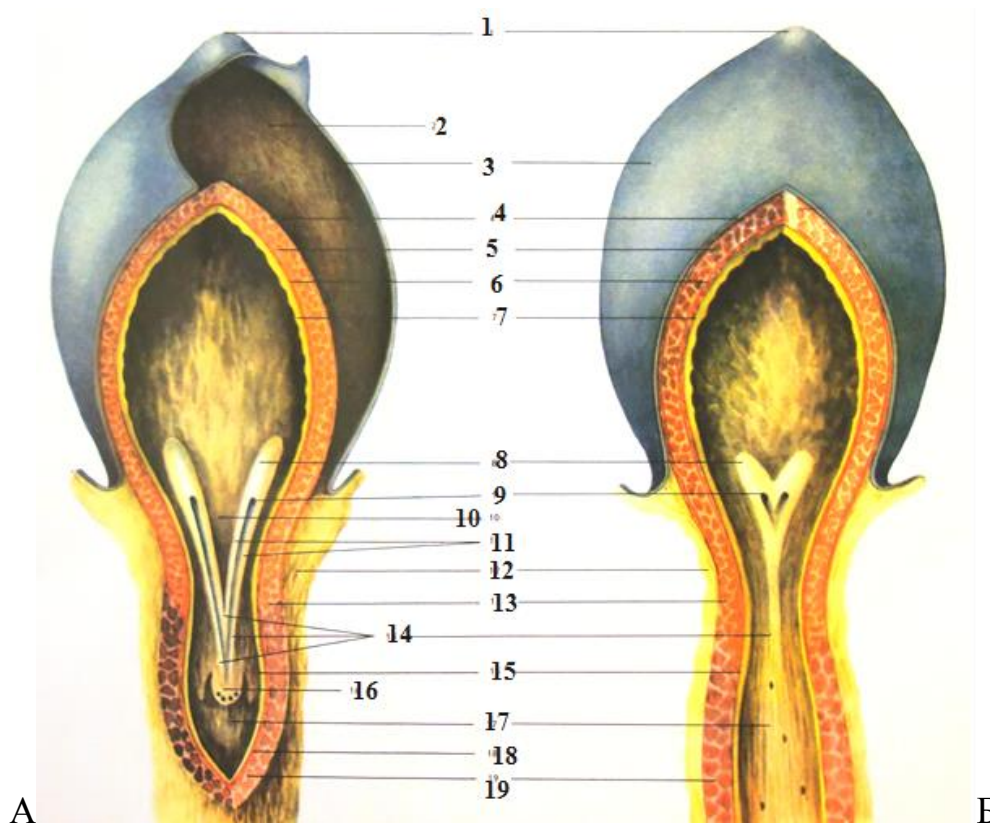


Рис. 45. Мочевой пузырь и мочеиспускательный канал хряка (А) и коровы (Б):

1 – верхушка мочевого пузыря; 2 – тело мочевого пузыря (серозная оболочка удалена); 3 – серозная оболочка; 4 – наружный слой мышечной оболочки; 5 – средний слой мышечной оболочки; 6 – внутренний слой мышечной оболочки; 7 – слизистая оболочка пузыря; 8 – валик мочеточника; 9 – отверстие мочеточника; 10 – пузырный треугольник; 11 – мочеточниковые складки; 12 – адвентиция; 13 – сфинктер пузыря; 14 – мочеиспускательный гребень; 15 – слизистая оболочка уретры; 16 – семенной холмик; 17 – мочеиспускательный канал (уретра); 18 – слой гладкой мышечной ткани; 19 – мышца уретры (Осипов И.П., 2014)

Стенка мочевого пузыря состоит из слизистой оболочки, подслизистой основы, мышечной оболочки, адвентиции, которая в некоторых участках заменяется серозной оболочкой. При наполненном мочевом пузыре его стенка тонкая. При опорожнении мочевого пузыря уменьшается в несколько раз, стенка утолщается. На дорсальной стенке мочевого пузыря, в участках прохождения каудальных концов мочеточника, расположены парные валиковидные возвышения – столбы мочеточника (*columnae uretericae*). На уровне каудального конца столба находится отверстие мочеточника (*ostium ureteris*). От каждого отверстия к шейке пузыря проходит мочеточниковая складка (*plica ureterica*), ограничивающая с боков пузырный треугольник (*trigonum vesicae*). Мочеточниковые складки, сливаясь, формируют на стенке

мочеиспускательного канала мочеиспускательный гребень (crista urethralis).

Слизистая оболочка мочевого пузыря при его опорожнении складчатая, выстлана переходным эпителием (рис. 46). При наполнении мочевого пузыря складки полностью расправляются. Форма клеток эпителиального покрова также изменяется в зависимости от наполнения мочевого пузыря: при отсутствии в нем мочи форма клеток приближается к цилиндрической, при наполнении клетки приобретают плоскую форму.

Подслизистая оболочка хорошо развита и способствуют образованию складок на слизистой оболочке. В области пузырного треугольника она может отсутствовать.

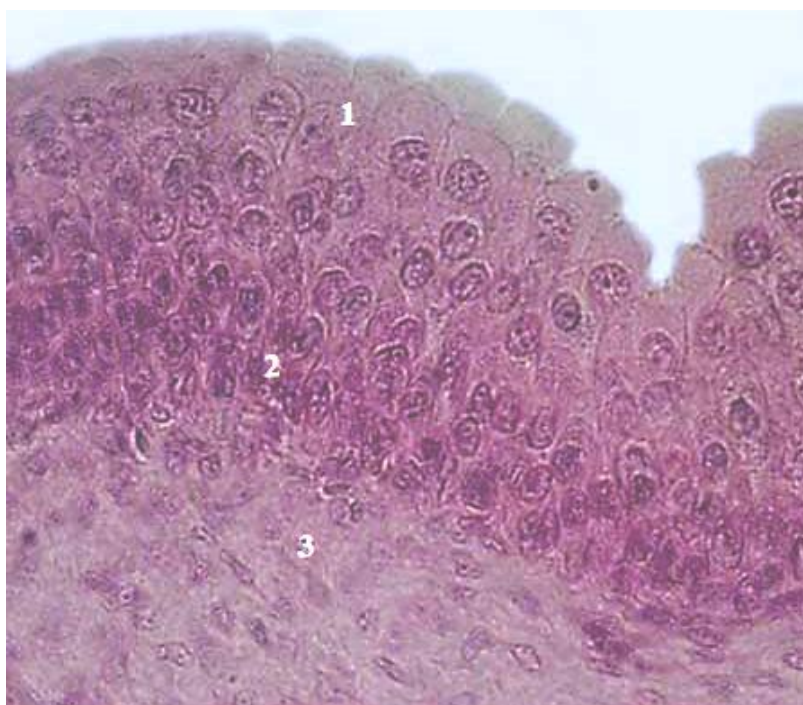


Рис. 46. Переходный эпителий слизистой оболочки мочевого пузыря: 1 - базальный слой эпителия; 2 - поверхностный слой эпителия; 3 - собственная пластинка слизистой оболочки. Окраска гематоксилином и эозином. Об. 40, ок. 10 (Гунин А.Г., 2017)

Мышечная оболочка мочевого пузыря состоит из двух продольных слоев (наружного и внутреннего) и циркулярного, расположенного между ними. Наружный мышечный слой на дорсальной поверхности пузыря простирается от мочеиспускательного канала до срединной пузырной связки.

От этого слоя часть пучков продолжается в каудальном направлении до боковых стенок прямой кишки (*m. rectourethralis*), а в краниальном направлении до лонных костей (*m. pubovesicalis*). На боковых поверхностях верхушки пузыря мышечные пучки образуют петли и продолжают на вентральную поверхность. В области дна тела пузыря мышечные пучки расходятся на его боковые стороны и сливаются с пучками среднего мышечного слоя.

В среднем слое мышечные пучки проходят циркулярно и равномерно по всей поверхности мочевого пузыря. Внутренний слой своими продольными мышечными пучками простирается от срединной пузырной связки до шейки мочевого пузыря. По своему ходу мышечные пучки образуют характерное сплетение в виде петель различной длины и разнообразной формы. Вокруг верхушки мочевого пузыря внутренний мышечный слой отсутствует.

Серозная оболочка покрывает вершину и тело мочевого пузыря. С вентральной поверхности верхушки мочевого пузыря она переходит на вентральную стенку брюшной полости и образует срединную пузырную связку (*lig. vesicae medianum*). В ней расположены соединительнотканые тяжи от бывших здесь у плодов мочевого протока (*urachus*) и концевых отделов пупочных артерий. Здесь также находится значительное количество эластических волокон и мышечных пучков, составляющих основу лоннопузырной мышцы (*m. vesicalis*). С боковых стенок мочевого пузыря серозная оболочка переходит на боковые стенки тазовой полости, образуя парную латеральную связку пузыря (*lig. vesicae laterale*). В ее основе проходит круглая пузырная связка (*lig. teres vesicae*), представляющая собой облитерированный участок пупочной артерии, который у плодов продолжается до плаценты.

У *собаки* мочевой пузырь в опорожненном состоянии расположен на дне тазовой полости, при наполнении вдается в брюшную полость и может достигать диафрагмы. Пузырный треугольник хорошо выражен. Мочеточниковый гребень хорошо выражен у *кобелей*.

У свиньи мочевого пузырь на $2/3$ выступает в брюшную полость. Мочеточниковые складки двойные. У хряков они с латеральной стороны доходят до семенного холмика, медиальные сливаются между собой. В области прохождения мочеточников слизистая оболочка очень тонкая. Пузырный треугольник четко выражен.

У крупных жвачных мочевого пузырь на $1/3$ вдается в брюшную полость. В силу близкого расположения отверстий мочеточников пузырный треугольник выражен слабо. У самцов мочевого гребень достигает семенного холмика.

У лошади мочевого пузырь даже в наполненном состоянии почти полностью находится в тазовой полости и может незначительно выступать в брюшную полость. Вследствие этого вентральная часть тела и шейка пузыря не покрыта серозной оболочкой. Пузырный треугольник выражен слабо.

Мочевого пузырь у человека расположен в полости малого таза позади лобкового симфиза. Стенка мочевого пузыря состоит из слизистой оболочки, подслизистого слоя, мышечной и серозной (адвентициальной) оболочек (рис. 47). Треугольник мочевого пузыря хорошо выражен и по сторонам основания, обращенного кверху, с каждой стороны ограничен щелевидной формы мочеточниковым отверстием, а на вершине, обращенной кпереди и вниз, расположено внутреннее отверстие мочеиспускательного канала. Мышечная оболочка представлена гладкой (неисчерченной) мускулатурой и состоит из трех слоев: наружного и внутреннего продольных и среднего циркулярного. Слои тесно связаны между собой, образуя в целом мышцу, выталкивающую мочу (*m. detrusor urinae*). Циркулярный слой утолщен вокруг начала мочеиспускательного канала и образует внутренний сфинктер мочевого пузыря (*m. sphincter vesicae*). Серозная оболочка покрывает мочевого пузырь сзади и с боков, на остальном протяжении наружная оболочка представлена адвентицией.

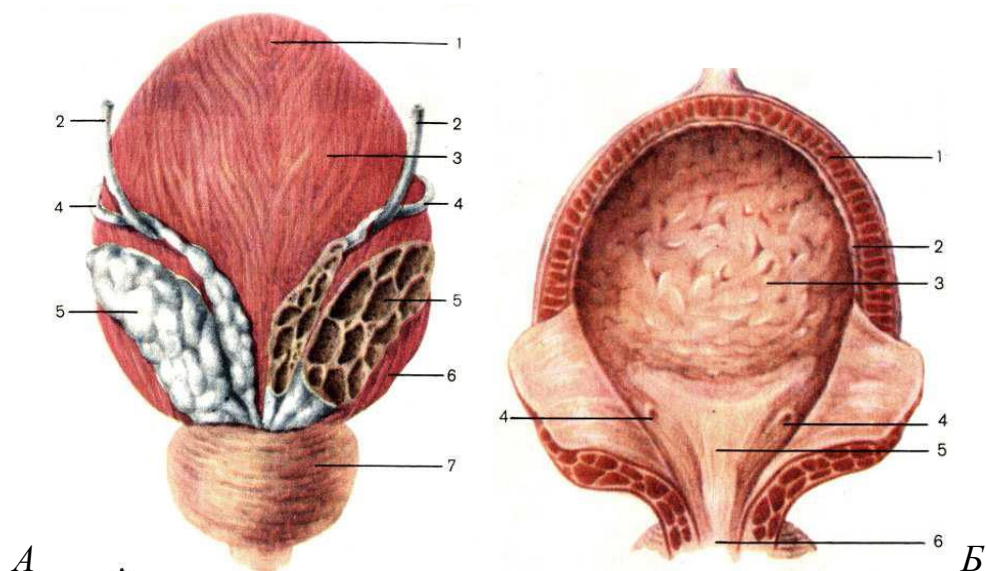


Рис. 47. Мочевой пузырь. А - вид сзади: 1 - верхушка; 2 - мочеточник; 3 – тело пузыря; 4 - семявыносящий проток; 5 - семенной пузырек; 6 - дно пузыря; 7 - предстательная железа. Б - вид изнутри: 1 - мышечная оболочка; 2 - подслизистая основа; 3 - слизистая оболочка; 4 - треугольник мочеточника; 5 - отверстия мочевого пузыря; 6 - внутреннее отверстие мочеиспускательного канала (https://www.bsmu.by/downloads/kafedri/k_anatomia/stud/2018-1/zan-4.pdf)

Мочевой пузырь у птиц отсутствует.

Кровоснабжение мочевого пузыря осуществляется сосудами, отходящими от ветвей внутренней подвздошной артерии (a. iliaca interna): a. vesicalis cranialis (отходит от a. umbilicalis) и aa. vesicales caudales (отходит от a. vaginalis (у самок) или a. prostatica (у самцов). Кроме того, от ветвей наружной подвздошной артерии (a. iliaca externa): a. vesicalis media (отходит от a. epigastrica caudalis).

Кровоснабжение мочевого пузыря у собаки и кошки осуществляется от a. vesicales caudales и a. vesicalis media. В большинстве случаев отсутствует a. vesicalis cranialis. Каудальная мочепузырная вена является основным выносящим сосудом. У кошки кроме этого сосуда имеется v. vesicalis media.

Иннервация мочевого пузыря осуществляется от pl. vesicalis, в образовании которого участвуют симпатические, проходящие в составе ветвей от n. hypogastricus, и парасимпатические нервные волокна,

проходящие в составе ветвей от тазового сплетения (pl. pelvinus).

Мочеиспускательный канал, или уретра (urethra), служит для выведения мочи из мочевого пузыря во внешнюю среду. Он начинается от шейки мочевого пузыря внутренним отверстием уретры (ostium urethrae internum) и заканчивается ее наружным отверстием (ostium urethrae externum): у самцов – на головке полового члена, у самок – на границе между влагалищем и мочеполовым преддверием.

Уретра самок (urethra feminina) сравнительно короткая, лежит в тазовой полости вентрально от влагалища (рис. 48). Перед впадением в мочеполовое преддверие у свиньи и жвачных с каудальной поверхности имеется субуретральный дивертикул (diverticulum suburethralis), который своей верхушкой направлен краниоventрально. У коров его глубина достигает 3 – 4 см, что необходимо учитывать при катетеризации. Снаружи уретра окружена адвентицией.

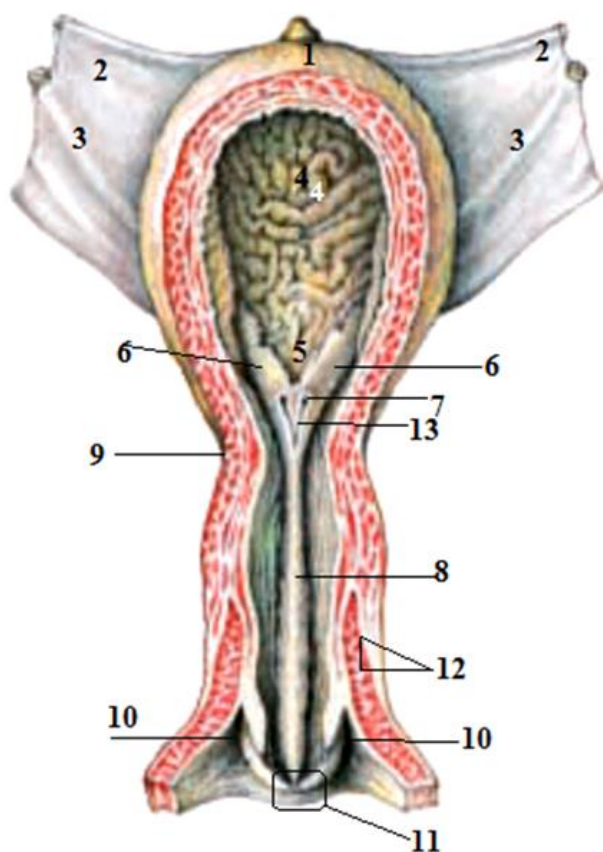


Рис. 48. Мочевой пузырь и уретра коровы: 1 – верхушка мочевого пузыря; 2 – боковые связки мочевого пузыря; 3 – правый и левый мочеточник; 4 – тело мочевого пузыря; наружный слой мышечной оболочки; 5 – пузырный треугольник; 6 – столбы мочеточника; 7 – внутреннее отверстие уретры; 8 – уретральный гребень; 9 – адвентиция; 10 – субуретральный дивертикул; 11 – наружное отверстие уретры; 12 – уретральная мышца; 13 – мочеточниковые складки

Слизистая оболочка уретры самок имеет продольные складки, среди которых в самом начале на

дорсальной поверхности особо выражена срединная складка, имеющая вид гребня (*crista urethralis*). С поверхности слизистая оболочка выстлана переходным эпителием с небольшими углублениями – лакунами (*lacunae urethrales*) и отверстиями трубчатых уретральных желез (*gll. urethrales*). В толще слизистой оболочки имеется губчатый слой (*stratum spongiosum*), образованный скоплением венозных сосудов.

Мышечная оболочка уретры самок состоит из внутреннего продольного и наружного циркулярного слоев гладкой мышечной ткани. Наружный мышечный слой, кроме того, окружен поперечнополосатой мышечной тканью, составляющей основу уретральной мышцы (*m. urethralis*), которая в краниальной трети уретры выполняет функцию произвольного сфинктера мочевого пузыря, а в каудальной трети переходит на вентролатеральную поверхность влагалища и его преддверия.

У крупных жвачных на вентральной стенке влагалища между слизистой и мышечной оболочками очень часто (до 50%) проходит парный околоуретральный проток (*ductus paraurethralis*), который простирается от шейки матки до наружного отверстия уретры. В его стенке имеются околоуретральные железы (*gll. paraurethrales*).

Уретра самцов (*urethra masculina*) подразделяется на тазовую и половочленную части.

Тазовая часть (*pars pelvina*) располагается на дне тазовой полости под прямой кишкой (рис. 49). В ней различают два участка – краниальный, или предпредстательный, и каудальный, или предстательный.

Предпредстательная часть (*pars preprostatica*) начинается от шейки мочевого пузыря и продолжается до впадения семяизвергающих протоков. Она служит только для проведения мочи. На ее внутренней поверхности по дорсальной срединной линии проходит уретральный гребень (*crista urethralis*), который заканчивается семенным холмиком (*colliculus seminalis*). По бокам семенного холмика открываются семяизвергающие отверстия (*ostium ejaculatorium*), между которыми имеется щелевидный вход в

небольшое бухтообразное углубление, или мужскую матку (*uterus masculinus*). Мужская матка представляет собой остаток (рудимент) от мюллеровых протоков (гомолог влагалища самок). У жвачных мужская матка обычно отсутствует, у хряка развита слабо, у хищных имеет вид небольшого углубления между семенным холмиком и уретрой (*sinus prostaticus*).

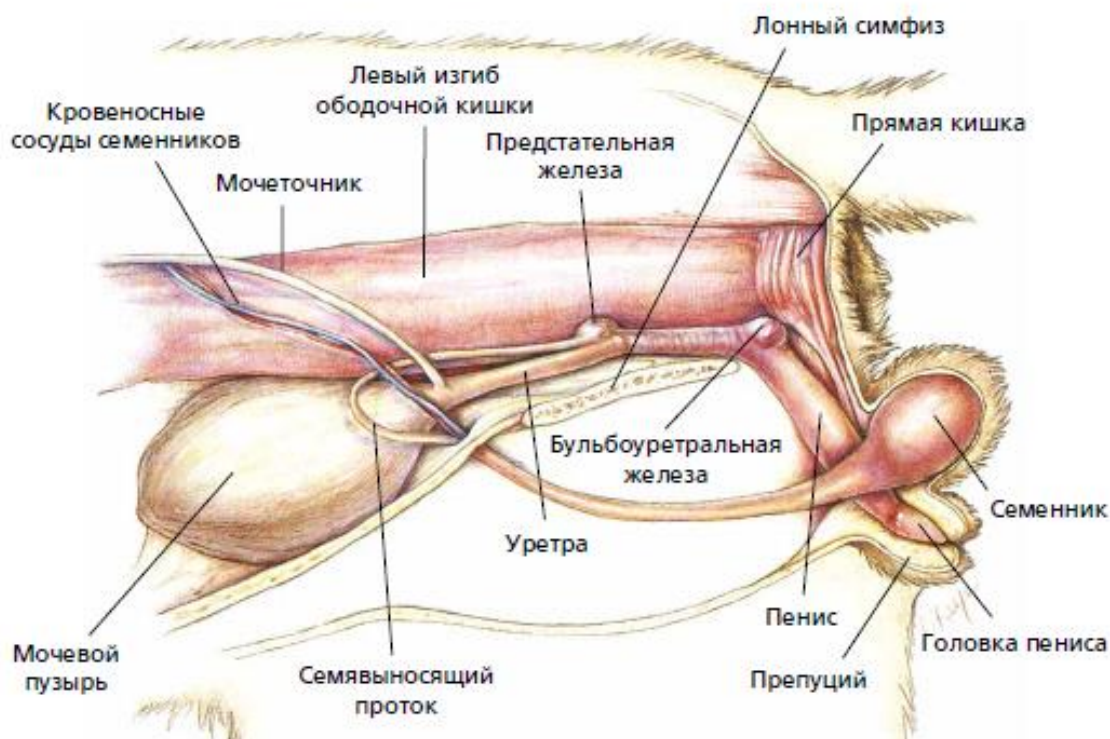


Рис. 49. Анатомическое строение нижних мочевыводящих путей у кота (Атлас Hill's: Ветеринарная Клиническая Анатомия, 2014)

Предстательная часть (*pars prostatica*) представляет собой участок от семенного холмика до перехода на вентральную поверхность полового члена. Предстательная часть служит началом мочеполового канала (*canalis urogenitalis*), в который открываются семяпроводы и протоки придаточных половых желез. В каудальном отделе просвет уретры суживается и получает название перешейка (*isthmus urethrae*).

Половочленная часть (*pars penina*) берет начало от перешейка и заканчивается на головке полового члена. Проходя по вентральной поверхности полового члена в специальном желобе (*sulcus urethralis*), уретра на всем протяжении имеет одинаковый диаметр и лишь в области головки

расширена в виде ладьевидной ямки (*fossa navicularis urethrae*). На свободном конце полового члена уретра заканчивается уретральным отростком (*proc. urethralis*). У жеребца он имеет вид короткой трубочки, выступающей на дне ямки головки полового члена; у быка располагается с левой стороны головки; у барана этот отросток S-образно изогнут и выступает на 1,0 – 1,5 см за пределы головки; у козла он более прямой.

Мужская уретра имеет слизистую и мышечную оболочки, между которыми располагается губчатый слой. Слизистая оболочка на внутренней поверхности уретры образует нежные продольные складки.

В тазовой части она выстлана переходным эпителием, который у жвачных и хряка продолжается и в половочленную часть, где лишь в концевом отделе заменяется многослойным плоским эпителием. У жеребца и хищных половочленная часть на большом протяжении выстлана многослойным столбчатым эпителием, который в области ладьевидной ямки и уретрального отростка замещается многослойным плоским эпителием. В слизистой оболочке тазовой части имеются многочисленные уретральные железы (*gll. urethrales*) и лакуны (*lacunae urethrales*), которые в половочленной части характерны лишь для жеребца и хряка. Губчатый слой (*stratum spongiosum*) представляет собой плотное сплетение венозных сосудов, окруженных фиброзной оболочкой с многочисленными перегородками из эластических и гладкомышечных волокон. У быка губчатый слой в тазовой части представлен отдельными венозными пространствами, у барана выражен лишь с вентральной поверхности уретры; у хряка развит слабо, а в области луковицы полового члена отсутствует; у кобеля он более развит на уровне простаты, у кота – каудальнее ее. У жеребца губчатый слой развит на протяжении всей тазовой части и без особых границ переходит на половочленную часть, где охватывает уретру со всех сторон в виде муфты, образуя губчатое тело полового члена (*corpus spongiosus penis*). Губчатое тело хорошо выражено у быка и хряка.

Мышечная оболочка уретры образуется пучками гладких и исчерченных мышечных волокон. Слой гладких мышечных волокон у жеребца и барана состоит из продольных, у быка – из внутренних циркулярных и наружных продольных пучков; у кобеля эти пучки, переплетаясь, проходят в различных направлениях, образуя крупнопетлистое сплетение. Пучки исчерченной мышечной ткани в тазовой части уретры формируют уретральную мышцу (*m. urethralis*), которая у жеребца и кота имеет кольцевидные и продольные мышечные пучки, у жвачных и хряка – только циркулярные, а у кобеля в виде сплетения. У жеребца, козла и кобеля уретральная мышца на всем протяжении тазовой части, а у жвачных и хряка позади простаты, окружая уретру со всех сторон, выполняет роль наружного сфинктера мочевого пузыря. У жвачных и хряка уретральная мышца с вентролатеральной поверхности уретры переходит на наружную поверхность бульбоуретральной железы, образуя луковично-железистую мышцу (*m. bulboglandularis*). Последняя, оказывая компрессионное воздействие на железу, способствует выведению ее секрета.

У выхода из тазовой полости часть продольных мышечных пучков с вентральной поверхности уретры продолжается в короткое плоское сухожилие, которое заканчивается на седалищной дуге, образуя седалищно-уретральную мышцу (*m. ischiourethralis*). Эта мышца при своем сокращении оттягивает уретру назад и, придавливая ее к костям, сдавливает дорсальную вену полового члена (*v. dorsalis penis*), затрудняя тем самым отток венозной крови из полового члена и вызывая его ригидность. От луковицы полового члена на половочленную часть уретры простираются пучки луковично-губчатой мышцы (*m. bulbospongiosus*), которая у жеребца и хищных продолжается до уретрального отростка. Ее мышечные пучки в начальной части, охватывая со всех сторон уретру, образуют мощное мышечное кольцо. Затем ее мышечные пучки имеют поперечное направление и, закрепляясь вдоль уретрального желоба, прикрывают уретру с вентральной поверхности. Сдавливая уретру, эта мышца способствует мочеиспусканию.

Кровоснабжение мужской уретры осуществляется ветвями внутренней срамной артерии (a. pudenda interna): a. urethralis и rr. urethralis, отходящих от a. vesicalis caudalis et a. dorsalis penis.

Иннервацию мужская уретра получает от ветвей тазового сплетения (pl. pelvina), промежностного поверхностного (n. perinealis superficialis) и дорсального нервов полового члена (n. dorsalis penis).

Контрольные вопросы

1. Мочевыводящие структуры почки.
2. Какие части имеет мочеточник? Топография мочеточников.
3. Видовые структурные особенности мочеточников.
4. Строение стенки мочевого пузыря. Характеристика слизистой и мышечной оболочек. Отверстия мочевого пузыря и мочепузырный треугольник.
5. Чем образован мочепузырный треугольник и у кого он выражен?
6. Какие сосуды обеспечивают кровоснабжение мочевого пузыря?
7. Строение и функции мочеточников и мочевого пузыря.
8. Анатомические особенности мочевого пузыря у разных видов животных.
9. Анатомические особенности уретры самок.
10. Анатомо-топографические особенности уретры самцов.

4. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ МОЧЕВЫХ ОРГАНОВ

4.1. Функции почек

Основные функции почек:

- выделительная, или экскреторная. Почки удаляет из организма избыток воды, неорганических и органических веществ, продукты азотистого обмена и чужеродные вещества: мочевины, мочевую кислоту, креатинин, аммиак, лекарственные препараты или их метаболиты;
- регуляция водного баланса и соответственно объема крови, вне- и внутриклеточной жидкости (волюморегуляция) за счет изменения объема выводимой с мочой воды;
- регуляция постоянства осмотического давления жидкостей внутренней среды путем изменения количества выводимых осмотически активных веществ: солей, мочевины, глюкозы (осморегуляция);
- регуляция ионного состава жидкостей внутренней среды и ионного баланса организма путем избирательного изменения экскреции ионов с мочой (ионная регуляция);
- регуляция кислотно-основного состояния путем экскреции водородных ионов, нелетучих кислот и оснований;
- образование и выделение в кровоток физиологически активных веществ: ренина, эритропоэтина, активной формы витамина D, простагландинов, брадикининов, урокиназы (инкреторная функция);
- регуляция уровня артериального давления путем внутренней секреции ренина, веществ депрессорного действия, экскреции натрия и воды, изменения объема циркулирующей крови;
- регуляция эритропоза путем внутренней секреции гуморального регулятора эритрона – эритропоэтина;
- регуляция гемостаза путем образования гуморальных регуляторов свертывания крови и фибринолиза - урокиназы,

тромбопластина, тромбоксана, а также участия в обмене физиологического антикоагулянта гепарина;

– участие в обмене белков, липидов и углеводов (метаболическая функция);

– защитная функция: удаление из внутренней среды организма чужеродных, часто токсических веществ.

Следует учитывать, что при различных патологических состояниях выделение лекарств через почки иногда существенно нарушается, что может приводить к значительным изменениям переносимости фармакологических препаратов, вызывая серьезные побочные эффекты вплоть до отравлений.

4.2. Механизм образования мочи

Моча представляет собой прозрачную жидкость светло-желтого цвета, с относительной плотностью 1,005-1,065. Реакция мочи у плотоядных животных кислая, у травоядных – щелочная или нейтральная.

Суточное количество, относительная плотность, цвет, прозрачность, консистенция, запах мочи зависят от количества и состава корма, внешней температуры, приема воды, физической нагрузки, функции потовых желез, состояния сердца, кишечника и функционально-морфологического состояния мочевой системы (табл. 2, 3).

При патологии могут наступать различные изменения в отделении мочи. Анурию (прекращение отделения мочи) и олигурию (уменьшение суточного количества) наблюдают при заболевании почек, сердца, при недостатке поступления жидкости в организм, образовании отеков, скоплении в организме экссудата, транссудата, обильном потении, рвоте, поносе, отравлении ртутью, свинцом, мышьяком. Анурия и олигурия указывают на глубокое поражение почек. Полиурию (увеличение количества мочи) отмечают при сахарном и несахарном диабете, при обильном введении жидкости в организм, в период исчезновения отеков, экссудатов, транссудатов, у истощенных животных — при недостатке в рационе белка,

солей, иногда при острой и хронической почечной недостаточности. Ишурия (невозможность мочеиспускания) бывает при закупорке мочеиспускательного канала камнями, рубцовыми стягиваниями, опухолями.

Среди других изменений мочеотделения могут быть поллакиурия (частое мочеиспускание), олигакиурия (выделение мочи через продолжительные отрезки времени), дизурия (затрудненное, болезненное мочеиспускание), никтурия (выделение ночью большего количества мочи, чем днем).

Таблица 2

Среднее количество мочи, выделяемое различными видами животных в течение суток

Вид животных	Количество мочи, л	Вид животных	Количество мочи, л
Лошадь	3—10	Свинья	2,0—4,0
Крупный рогатый скот	6—12	Собака	0,21—2,0
Овца, коза	0,5—1,5	Кролик	0,02—0,05
Верблюд	8—15	Кошка	0,1—0,2

Таблица 3

Относительная плотность мочи здорового животного при обычном рационе

Вид животных	Относительная плотность мочи	Вид животных	Относительная плотность мочи
Лошадь	1,020—1,050	Кошка	1,02—1,00
Крупный рогатый скот	1,015—1,045	Кролик	1,01—1,00
Мелкий рогатый скот	1,015—1,065	Собака	1,02—1,00
Свинья	1,010—1,030	Верблюд	1,030—1,00

В моче здоровых животных белок отсутствует или определяются его следы. Содержатся мочевины, мочевины, мочевая кислота, аммиак, пуриновые основания, креатинин; в небольшом количестве - производные продуктов гниения белков в кишечнике (индол, скатол, фенол).

Среди органических соединений небелкового происхождения в моче встречаются соли щавелевой кислоты, молочной кислоты, кетоновые тела.

Глюкозы в моче в обычных условиях не должно быть. В моче содержатся пигменты (уробилин, урохром), которые и определяют цвет мочи. С мочой выделяются электролиты (Na^+ , K^+ , Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , сульфаты и др.). В моче содержатся гормоны и их метаболиты, ферменты, витамины.

Таблица 4

Состав плазмы крови и мочи у животных, %

Вещества	Плазма крови	Первичная моча	Вторичная моча
Вода	90 – 92	Около 99	98 – 99
Белки, жиры, гликоген	7 – 9	Отсутствуют	Отсутствуют
Глюкоза	0,1	0,1	Нет
Натрий (ионы)	0,3	0,3	0,4
Хлор (ионы)	0,37	0,37	0,7
Калий (ионы)	0,02	0,02	0,15
Сульфаты (ионы)	0,002	0,002	0,18
Магний (ионы)	0,0025	0,0025	0,006
Мочевина	0,03	0,03	2,0
Мочевая кислота	0,004	0,004	0,05

Мочеобразование осуществляется за счет трех последовательных процессов (рис. 50):

- 1) клубочковой фильтрации (ультрафильтрации) воды и низкомолекулярных компонентов из плазмы крови в капсулу почечного клубочка с образованием первичной мочи;
- 2) канальцевой реабсорбции - процесса обратного всасывания профильтровавшихся веществ и воды из первичной мочи в кровь; 3)
- 3) канальцевой секреции - процесса переноса из крови в просвет канальцев ионов и органических веществ.

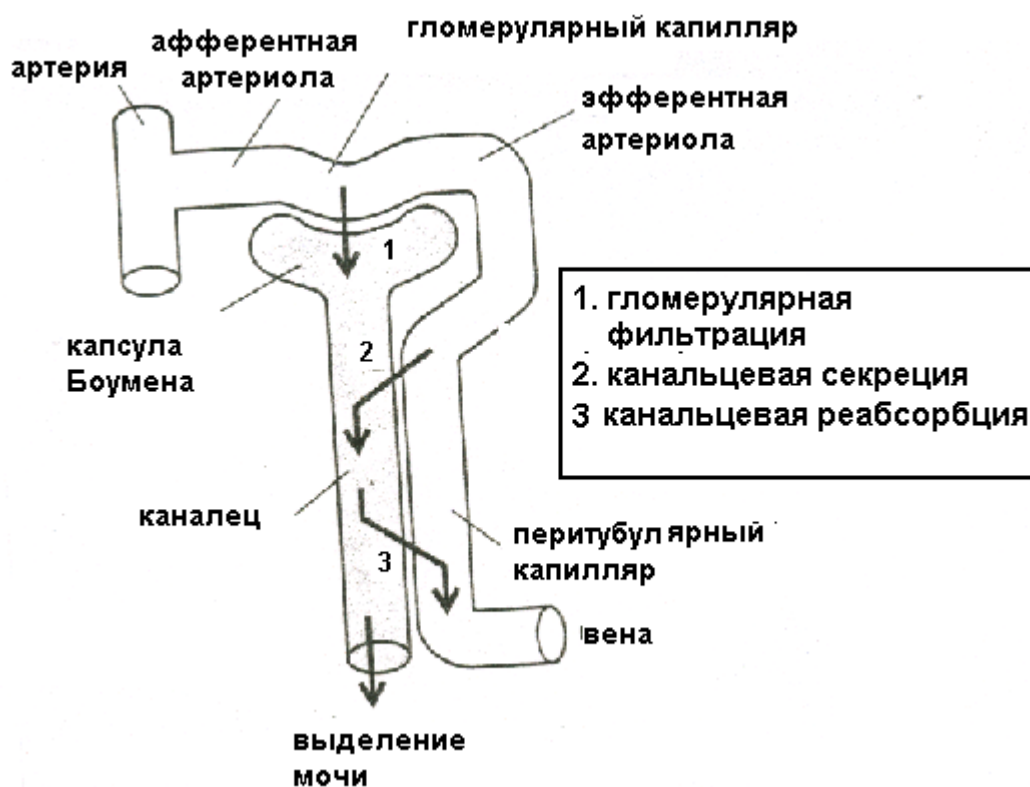


Рис. 50. Основные процессы, обеспечивающие образование мочи (Динниц Е.Д., 2004)

Клубочковая фильтрация (образование первичной мочи). Первый этап образования мочи в почках начинается с фильтрации плазмы крови в почечных клубочках. При этом жидкая часть крови проходит через стенку капилляров в полость капсулы почечного тельца. Возможность фильтрации обуславливается особенностями морфологии:

- клетки эндотелия капилляров плоские, имеют поры, через которые, однако, не проходят молекулы белка из-за их крупных размеров;
- внутренняя стенка капсулы Шумлянскогo - Боумена образована плоскими эпителиальными клетками, которые также не пропускают только крупные молекулы.

Основной силой, обеспечивающей возможность фильтрации в почечных клубочках, является высокое давление в них за счет:

- высокого давления в почечной артерии;

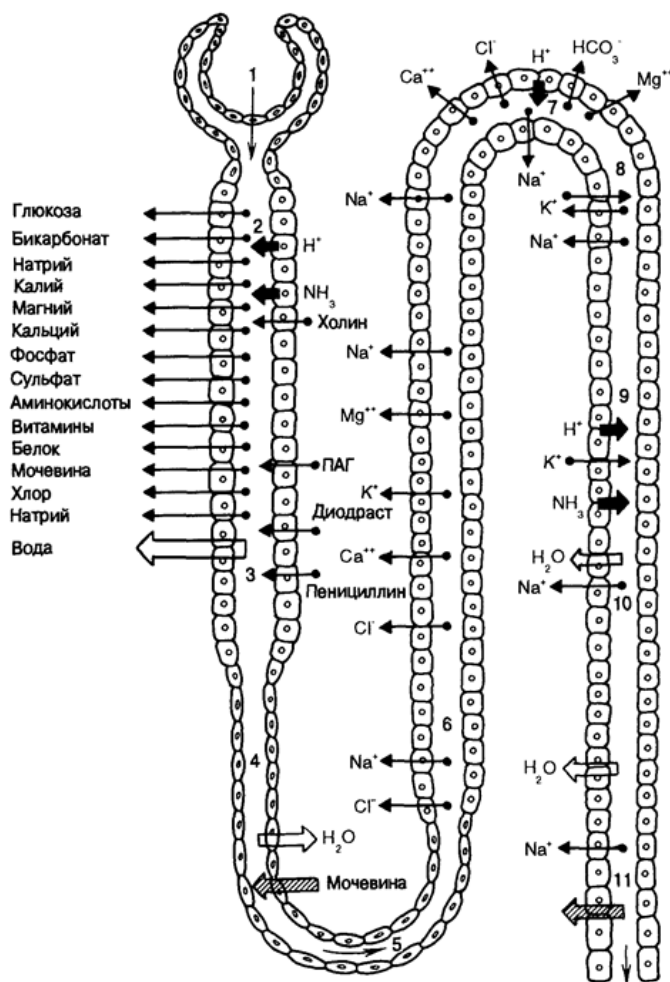


Рис. 51. Реабсорбция и секреция электролитов и неэлектролитов в нефроне (по Наточину Ю.В., 2000 г): 1 - клубочек; 2 – проксимальный извитой каналец; 3 – проксимальный прямой каналец; 4 – тонкое нисходящее колено петли Генле; 5 – изгиб петли Генле; 6 – толстое восходящее колено петли Генле; 7 – дистальный извитой каналец; 8 – связующий отдел; 9 – собирательная трубка наружного мозгового вещества; 10, 11 – собирательная трубка внутреннего мозгового вещества. Стрелка из просвета каналца – реабсорбция, в просвет каналца – секреция (Динниц Е.Д., 2004)

Третий этап – *канальцевая секреция*: помимо обратного всасывания, в канальцах нефрона происходит активный процесс секреции, т.е. выделение из крови в просвет нефрона некоторых веществ, выполняемое клетками стенок нефрона. В результате секреции из крови в мочу поступают креатинин, лекарственные вещества.

Итогом обратного всасывания и секреции является образование вторичной мочи, состав которой очень сильно отличается от первичной мочи. Во вторичной моче высокая концентрация мочевины, мочевой кислоты, ионов хлора, магния, натрия, калия, сульфатов, фосфатов, креатинина. Около 95% вторичной мочи составляет вода, 5% - сухой остаток.

Большое значение в процессе канальцевой реабсорбции и секреции имеет осмотическое концентрирование мочи. Концентрирование мочи, результатом которого является экономия воды, относят к эволюционному преобразованию, адаптации, которое возникло в связи с выходом животных на сушу. Осмотическое концентрирование мочи происходит в петле Генле, дистальном канальце, собирательной трубке, сосудах и интерстиции мозгового вещества.

4.3. Регуляция мочеобразования

Регуляция работы почек, как важного органа, поддерживающего гомеостаз, осуществляется нервным, гуморальным путем и саморегуляцией. Почки обильно снабжены волокнами симпатической нервной системы и парасимпатической (окончания блуждающего нерва). При раздражении симпатических нервов уменьшается количество притекающей к почкам крови, давление в клубочках падает, в результате мочеобразование уменьшается. Резко снижается образование мочи при болевых раздражениях из-за резкого сужения сосудов. Раздражение блуждающего нерва приводит к усилению мочеобразования. Однако даже при полном пересечении всех нервов, подходящих к почке, она продолжает работать почти нормально, что свидетельствует о её высокой способности к саморегуляции. Саморегуляция осуществляется выработкой самой почкой биологически активных веществ: ренина, эритропоэтина, простагландинов. Эти вещества регулируют кровоток в почках, процессы фильтрации и всасывания.

Гуморальная регуляция работы почек осуществляется рядом гормонов.

Вазопрессин (антидиуретический гормон), вырабатываемый гипоталамусом, усиливает обратное всасывание воды в канальцах нефронов;

Альдостерон - гормон коры надпочечников - усиливает всасывание ионов Na^+ и K^+ .

Тироксин - гормон щитовидной железы - усиливает мочеобразование.

Адреналин - гормон надпочечников - вызывает уменьшение мочеобразования.

Натрийуретический гормон (атриальный пептид) усиливает выведение ионов натрия с мочой.

Паратгормон стимулирует реабсорбцию кальция и тормозит реабсорбцию фосфатов, что приводит к повышению концентрации ионов кальция в плазме крови и усилению выведения фосфатов с мочой. Кроме того, этот гормон угнетает реабсорбцию ионов натрия и HCO_3^- в проксимальных канальцах и активирует реабсорбцию магния в восходящем колене петли Генле.

Кальцитонин тормозит реабсорбцию кальция и фосфата.

Инсулин. Недостаток этого гормона приводит к гипергликемии, глюкозурии, увеличению осмотического давления мочи и увеличению диуреза.

Простагландины угнетают реабсорбцию натрия, стимулируют кровоток в мозговом веществе почки, увеличивают диурез.

Соматотропин и андрогены повышают секрецию некоторых веществ, например парааминогиппуровой кислоты.

Ренин-ангиотензин-альдостероновая система участвует в регуляции почечного и системного кровообращения, объема циркулирующей крови, электролитного баланса организма.

Контрольные вопросы

1. Перечислите функции почек.
2. С чего начинается первый этап образования мочи в почках?

3. Механизм образования мочи.
4. Как осуществляется регуляция работы почек?
5. В каких отделах происходит фильтрация плазмы и образование первичной мочи?
6. В каких отделах происходит реабсорбция и образование вторичной мочи?
7. Что является фильтрационным барьером почки? Его строение.
8. Какие вещества в норме не пропускает фильтрационный барьер?
9. Гормоны, обеспечивающие гуморальную регуляцию работы почек.
10. Какова функция ренин-ангиотензин-альдостероновой системы?
11. Назовите факторы, вызывающие увеличение и сокращение экскреции натрия почками.

Тестовые задания для самоконтроля по теме «Мочевые органы»

1. У какого животного отсутствует почечное вдавление на хвостатой доле Печени:
 - 1) лошадь;

- 2) собака;
- 3) свинья;
- 4) жвачные.

2. Мочевой пузырь отсутствует у:

- 1) лошади;
- 2) собаки;
- 3) птиц;
- 4) ежа.

3. Мочевой треугольник выражен у:

- 1) лошади;
- 2) собаки;
- 3) свиньи;
- 4) жвачных.

4. У каких животных гладкие многососочковые почки:

- 1) лошадь;
- 2) собака;
- 3) свинья;
- 4) жвачные.

5. Почки крупного рогатого скота относятся:

- а) к гладким однососочковым;
- б) к бороздчатым многососочковым;
- в) к множественным компактным;
- г) к бороздчатым однососочковым.

6. Слизистая оболочка мочевого пузыря выстлана:

- а) многослойным плоским эпителием;
- б) однослойным плоским эпителием;
- в) многорядным мерцательным эпителием;
- г) переходным эпителием.

7. У каких животных гладкая однососочковая почка:

- а) лошадь;
- б) овца;
- в) свинья;
- г) собака.

8. В каком из отделов нефрона происходит образование первичной мочи:

- а) в дистальном извитом канальце;
- б) в проксимальном извитом канальце;
- в) в прямом канальце;
- г) в почечном тельце.

9. Почки свиньи относятся:

- а) к гладким многососочковым;
- б) к бороздчатым многососочковым;
- в) к множественным компактным;
- г) к бороздчатым однососочковым.

10. Почки лошади относятся:

- а) к гладким однососочковым;
- б) к бороздчатым многососочковым;
- в) к множественным компактным;
- г) к бороздчатым однососочковым.

11. Для какого животного характерно правостороннее положение обеих почек:

- а) собаки;
- б) овцы;
- в) свиньи;
- г) быка.

12. Множественная раздельная почка характерна для:

- а) медведя;
- б) носорога;
- в) быка;
- г) свиньи.

13. Почки собаки относятся к:

- а) гладким многососочковым;
- б) гладким однососочковым;
- в) множественным компактным;
- г) бороздчатым однососочковым.

14. Вершина *papilla renalis* открывается в:

- а) почечную чашечку;
- б) собирательную трубку доли почки;
- в) почечное тельце;
- г) мочеточники.

15. Почки кошки относятся:

- а) к гладким многососочковым;
- б) к бороздчатым многососочковым;
- в) к множественным компактным;
- г) к гладким однососочковым.

16. Количество мочеточников у одного животного составляет:

- а) 1;
- б) 2;
- в) 3;
- г) 4.

17. Правая почка лошади простирается:

- а) от краниального конца 18-го ребра до поперечного отростка 2-го поясничного позвонка;
- б) от каудального конца 18-го ребра до поперечного отростка 3-го поясничного позвонка;
- в) в пределах с 1-го по 3-й поясничные позвонки;
- г) от каудального конца 16-го ребра до поперечного отростка 1-го поясничного позвонка.

18. Мужская уретра открывается:

- а) на головке полового члена;
- б) в шейку мочевого пузыря;
- в) в семяизвергательный канал;
- г) на теле полового члена.

19. Мышечная оболочка мочевого пузыря представлена:

- а) двумя слоями гладкой мускулатуры;
- б) тремя слоями гладкой мускулатуры;
- в) четырьмя слоями гладкой мускулатуры;
- г) одним слоем гладкой мускулатуры.

20. Ренин синтезируется:

- а) почками;
- б) яичниками;
- в) семенниками;
- г) предстательной железой.

21. Для какого животного характерно наличие правой почки сердцевидной формы:

- а) коровы;
- б) лошади;
- в) свиньи;
- г) собаки.

22. Паренхима почек состоит из:

- а) двух слоев;
- б) трех слоев;
- в) четырех слоев;
- г) пяти слоев.

23. С помощью *ureteres* моча:

- а) поступает из нефрона в почечную лоханку;
- б) выводится из мочевого пузыря наружу;
- в) поступает из почки в мочевой пузырь;
- г) поступает из дистального канальца нефрона в собирательные трубки.

24. Для лошади характерна:

- а) гладкая однососочковая почка;
- б) бороздчатая многососочковая;
- в) гладкая однососочковая;
- г) множественная раздельная.

25. Краниальный конец правой почки граничит:

- а) с хвостатой долей печени;
- б) с квадратной долей печени;
- в) с поджелудочной железой;
- г) с желудком.

26. Реабсорбция веществ из первичной мочи осуществляется:

- а) в почечной лоханке;
- б) в мочеточнике;
- в) в системе извитых канальцев нефрона;
- г) в клубочке.

27. Укажите животное, для которого характерно наличие наименьшего количества нефронов в одной почке:

- а) кошка;
- б) лошадь;
- в) свинья;
- г) бык домашний.

28. Уретра самок, в отличие от уретры самцов:

- а) длинная и узкая;
- б) короткая и широкая;
- в) гораздо шире и длинней;
- г) не имеет отличительных особенностей.

29. Почечный гребень (*crista renalis*) имеется у:

- а) собаки;
- б) лошади;
- в) свиньи;
- г) овцы.

30. Корковая долька (*lobulus corticalis*) образована:

- а) лучистой частью коры;
- б) почечными столбами;
- в) лучистой частью и сверточной частью коры;
- г) сверточной частью коры.

31. Почечная доля (lobus renalis) образована:

- а) почечными столбами;
- б) пирамидами;
- в) почечными дольками;
- г) почечной долькой и пирамидой.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Органы мочеотделения представлены мочеобразующими структурами (парные почки) и мочевыводящими путями (почечные лоханки, мочеточники, мочевого пузыря и мочеиспускательный канал).

Почки – чрезвычайно сложный орган как в плане морфологии, так и физиологии. Важнейшая физиологическая роль почек - гомеостатическая: почки участвуют в поддержании постоянства концентрации осмотически активных веществ в плазме и межклеточной жидкости (осморегуляция), их объема (волюморегуляция), электролитного и кислотно-основного баланса, экскретируют продукты азотистого обмена, принимают участие в процессах метаболизма белков, углеводов, липидов, в превращении и выделении из организма токсических веществ, в регуляции системной гемодинамики.

Большинство перечисленных функций почки обеспечиваются процессами образования мочи: клубочковой фильтрацией (ультрафильтрацией), реабсорбцией части ультрафильтрата (пассивной и активной), секрецией в канальцах различных веществ и синтезом новых соединений. Почки осуществляют также инкреторную функцию, синтезируя ряд биологически активных субстанций (эритропоэтин, ренин, активный витамин D₃, простагландины).

Важнейшая функция — удаление продуктов, которые не усваиваются организмом (азотистых шлаков). Многообразие сложных функций почек обуславливает уникальность их структуры.

Основной структурно-функциональной единицей почки является нефрон, состоящий из нескольких отделов, выполняющих различные функции. Нефрон включает почечный клубочек капиллярных петель, расположенных между приносящей и выносящей артериолами, заключенных в капсулу Шумлянского - Боумана, проксимальный каналец; петлю Генле; дистальный каналец, впадающий в собирательную трубочку. Последняя завершает систему канальцев и морфологически уже не относится к нефрону. Между приносящей и выносящей артериолами клубочка расположен юкстагломерулярный комплекс, в т. ч. клетки, секретирующие ренин. В каждой почке содержится 1-1,2 млн нефронов, из которых приблизительно 85% являются кортикальными, а 15% расположены на границе с мозговым веществом почки.

Мочевыводящие пути являются органами слоистого (трубчатого) типа и состоят из четырёх оболочек: слизистой, подслизистой, мышечной, серозной.

Библиографический список

1. *Акаевский А.И.* Анатомия северного оленя / А.И. Акаевский. – Ленинград: НИИ полярного земледелия, животноводства и промыслового хозяйства, 1939. – 326 с.
2. *Анатомия собаки.* Висцеральные системы (спланхнология): учебник / под редакцией проф. Н.А. Слесаренко. – Санкт-Петербург: Лань, 2004 – 88 с.
3. *Атлас Hill's.* Ветеринарная Клиническая Анатомия: перевод с английского / под редакцией проф. Н.А. Слесаренко, В.Н. Бабичева . – Richmond: Hill's Pet Nutrition, 2014 – 99 с.
4. *Билич Г.Л.* – Анатомия человека: атлас: в 3т. Т. 2: Внутренние органы. / Г.Л. Билич, В.А. Крыжановский. – Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2013. – 824 с.
5. *Бобкова Н.Г.* Анатомо-гистологическое строение почек оленей / Н.Г. Бобкова, С.А. Веремеева // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 9. – С. 152-156.
6. *Бой Дж.* Цветной атлас. Топографическая анатомия собаки и кошки: перевод с английского / Дж. Бой – Москва: Скорпион, 1998. – 190 с.
7. *Гунин А.Г.* Гистология в схемах и таблицах: учебное пособие: цветной атлас /А.Г. Гунин. – Москва: Практическая медицина, 2017. – 288 с.
8. *Динниц Е.Д.* Физиология почки и водно-солевого обмена: Учебное пособие. / Е.Д. Динниц. – Новосибирск: Новосибирская государственная медицинская академия, 2004. – 42с.
9. *Жеденов В.Н.* Общая анатомия домашних животных / В.Н. Жеденов. – Москва: Советская наука, 1958. – 564 с.
10. *Зеленевский, Н.В.* Международная ветеринарная анатомическая номенклатура на латинском и русском языках. Nomina Anatomica Veterinaria: учебное пособие / Н.В. Зеленевский. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 400 с.
11. *Зеленевский Н. В.* Анатомия лошади (атлас-учебник) /Н.В. Зеленевский. – Санкт-Петербург: Лань, 2007 – Т. 2. – 247 с.
12. *Зеленевский Н. В.* Анатомия и физиология животных /Н.В. Зеленевский, А.П. Васильев, Л.К. Логинова. – Москва: Академия, 2005. – 464 с.

13. *Климов А.Ф.* Анатомия домашних животных: учебник / А.Ф. Климов, А.И. Акаевский. – 8-е изд. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 1040 с.
14. *Кузнецов С.Л.* Атлас по гистологии, цитологии и эмбриологии / С.Л. Кузнецов, Н.Н. Мушкамбаров, В.Л. Горячкина. – Москва: Медицинское информационное агентство, 2002. – 373 с.
15. *Лавриненко В.А.* Выделительная функция почек / В.А. Лавриненко // Соросовский образовательный журнал. – 2001. – Т.7, № 11. – С. 13-18.
16. *Нефрология: руководство для врачей / под редакцией И.Е. Тареевой.* – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Медицина, 2000. — 688 с.
17. *Осипов И.П.* Атлас анатомии домашних животных / И.П. Осипов. – Москва: Аквариум Принт, 2014. – 152 с.
18. *Павлюченко Ю. А.* Особенности морфологии и кровоснабжения почек маралов и крупного рогатого скота черно-пестрых голштинских помесей в постнатальном онтогенезе: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата ветеринарных наук / Ю.А. Павлюченко. – Барнаул, 2003. – 22 с.
19. *Панов В.П.* Сравнительная анатомия позвоночных: учебное пособие. Ч. II. Висцеральные системы / В.П. Панов, М.В. Сидорова, А.Э. Семак, С.В. Петровнин. – Москва: Изд-во РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2009. – 135 с.
20. *Папеско П.П.* Атлас топографической анатомии сельскохозяйственных животных: в 2 т. / П.П. Папеско – Братислава: Природа, 1977. – Т. 2. – 194 с.
21. *Первенецкая М.В.* Гистологическое строение почек у индейки широкогрудой / М.В. Первенецкая // Вестник Омского ГАУ. – 2021. – № 2 (42). – С. 64-69.
22. *Помойницкая Т.Е.* Морфологические особенности мочевыделительной системы и ее кровеносного русла байкальской нерпы в постнатальном онтогенезе: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата ветеринарных наук / Т.Е. Помойницкая. – Ставрополь, 2022. – 165 с.

23. *Ревякин И.М.* Основные анатомо-топографические особенности внутренних органов клеточной американской норки / И.М. Ревякин, Е.А. Пугач// Ученые Записки УО ВГАВМ. – 2015. – Т. 51, вып. 1, ч. 1. – С. 122-125.
24. *Ромер А.* Анатомия позвоночных / А. Ромер, Т. Парсонс. – Москва: Мир, 1992. – Т. 2. – 406 с.
25. *Салина М.Н.* Морфофизиологические особенности почек домашних птиц / М.Н. Салина, Е.Н. Зайцева, М.И. Ежикова, Е.В. Зайцева // Ученые записки Брянского государственного университета. – 2016. – № 4. – С. 140-143.
26. *Сапин М.Р.* Анатомия человека: учебник для студентов медицинских вузов: в 3 т. / М.Р. Сапин, Г.Л.Билич. – Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2007. – Т. 3. – 608 с.
27. *Теленков В. Н.* Морфологические особенности органов мочеполового аппарата кроликов / В. Н. Теленков// Вестник КрасГАУ. – 2021. – № 12. – С. 167–173.
28. *Фольмерхаус Б.* Анатомия собаки и кошки / Б. Фольмерхаус, Й. Фревейн Й.; перевод с немецкого Е. Болдырева, И. Кравец. – Москва: Аквариум Бук, 2003. – 580 с.
29. *Шевченко Б. П.* Анатомия бурого медведя: монография / Б. П. Шевченко. – Оренбург: Оренбургский ГАУ, 2003. – 477 с.
30. *Юдичев Ю.Ф.* Анатомия животных: учебное пособие: в 2 т. Т. 2: Спланхнология. Железы внутренней секреции. Ангиология. Неврология. Органы чувств. Особенности анатомии домашних птиц / Ю.Ф. Юдичев, В.В. Дегтярев, А.Г. Гончаров; под редакцией В.В. Дегтярева. – Оренбург: Оренбургский ГАУ, 2013 – 406 с.
31. *Budras Klaus-Dieter* Bovine Anatomy / Klaus-Dieter Budras, Robert E. Habel // Schlütersche, 2011. - 184 p.
32. *Gartner L.P.* Color Textbook of Histology / L.P. Gartner, J.M. Hiatt // Elsevier Health Sciences. – 2006. – 592 p.

33. *Ghetie V.* Atlas de anatomie a pasarilor domestice / V. Ghetie, St. Chitescu, V. Cotofan, A. Hillebrand // Academiei Republic Socialiste Romania. – 1976. – 295 p.
34. *Gray H.* Anatomy: The Anatomical Basis of Clinical Practice. / H. Gray, S. Standring; Ed. Gray's. // Churchill Livingstone. – 2008. – 1600 p.
35. *Ellenberger W.* Handbuch der vergleichenden Anatomie der Haustiere / W. Ellenberger, H. Baum // Springer-Verlag Berlin and Heidelberg GmbH & Co. KG, 1943. – 1156 p.
36. *Hedges N. A.* Renal morphology and renal vascular system of the harbour porpoise *Phocoenaphocoena* (L.) / N. A. Hedges, D. E. Gaskin, G. J. D. Smith // J. Zool. – 1979. – № 57. – P. 868–875.
37. *Pfeiffer C. J.* Renal cellular and tissue specializations in the bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) and beluga whale (*Delphinapterus leucas*) / C. J. Pfeiffer // Aquat. Mammal. – 1997. – № 23. – P. 75–84.

Распутина Ольга Викторовна

***МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ОРГАНОВ МОЧЕВОЙ
СИСТЕМЫ***

Учебное пособие

Редактор Т.К. Коробкова

Компьютерная верстка