

■ МОЧЕВЫДЕЛИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА

■ Обзор мочевыделительной системы и ее значение.

■ Почки.

■ Механизм образования первичной мочи.

■ Механизм образования конечной мочи.

■ Состав и свойства мочи. Выведение мочи.

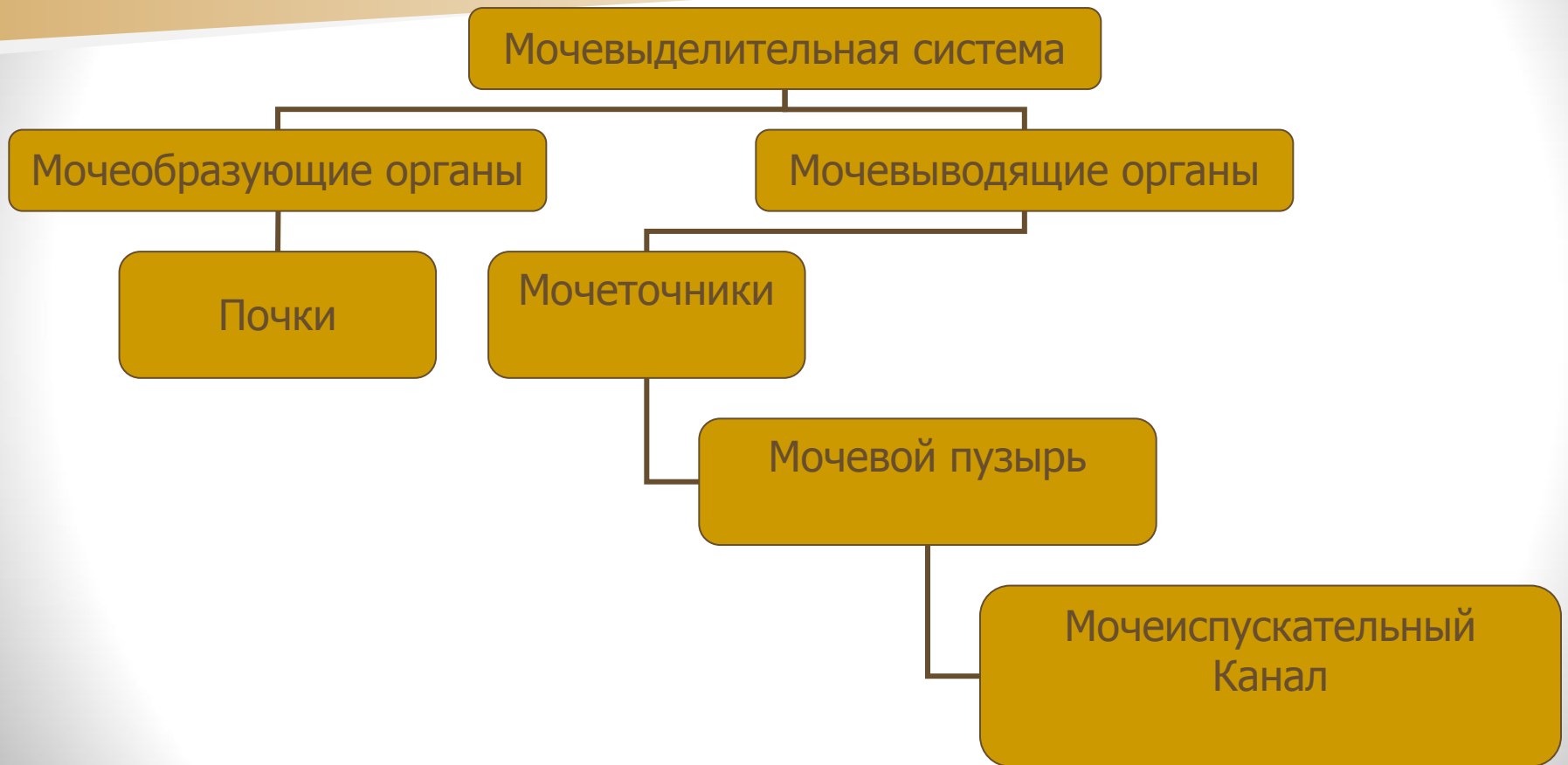
■ Рефлекторная и гуморальная регуляция деятельности почек

Выделение

- Выведение из организма конечных продуктов обмена веществ, избытка воды, солей, ядов, образовавшихся в организме или поступивших с пищей.
- Это важнейшая составная часть обмена веществ, завершение процесса, начинающегося в момент поступления пищи в организм.
- Нефрология и урология

- Раздел медицины, изучающий строение, функции и заболевания почек, называется нефрологией, болезни мочевой (а у мужчин мочеполовой) системы -урологией.
- В ходе обмена веществ образуются продукты распада, которые не могут быть использованы организмом, являются для него ядовитыми и должны быть выделены. Большая часть продуктов распада (до 75%) выводится в составе мочи мочевыми органами (главными органами выделения). Это составная часть обмена веществ, завершение процесса, начинающегося в момент поступления пищи в организм.

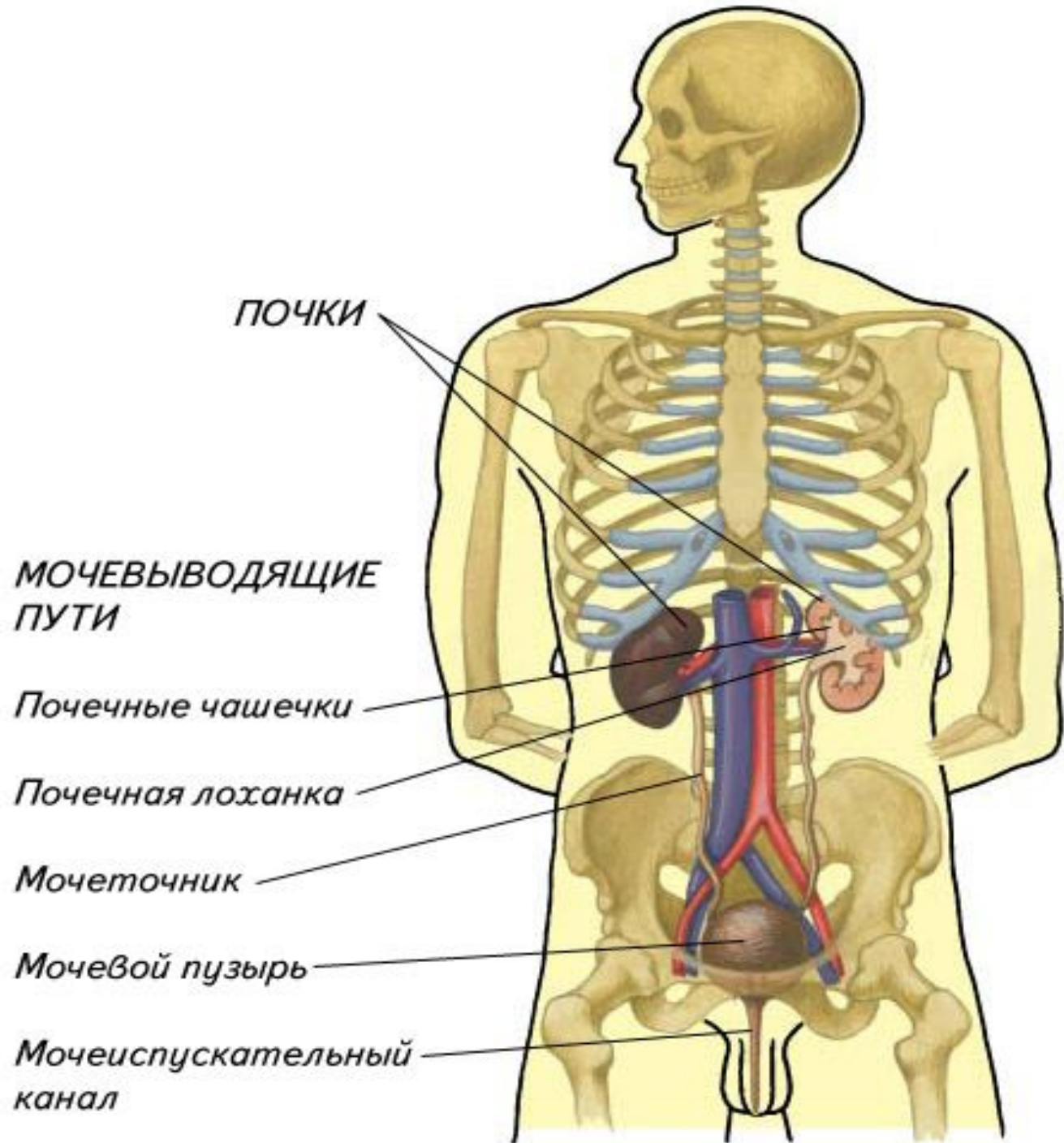
Мочевыделительная система человека



Функции почек:

- удаляют из плазмы продукты обмена: мочевину, мочевую кислоту, креатинин
- контролируют в плазме уровни электролитов: натрия, калия, хлора, кальция, магния;
- выводят чужеродные вещества: лекарства, красители
- способствуют регуляции количества воды, рН, осмотического давления и этим поддерживают гомеостаз
- вырабатывают ренин и эритропоэтин.

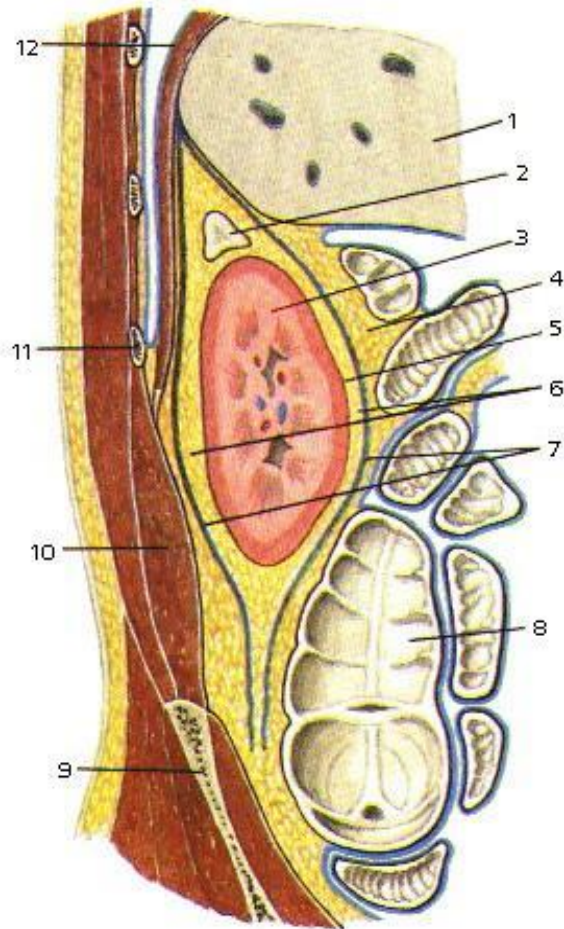
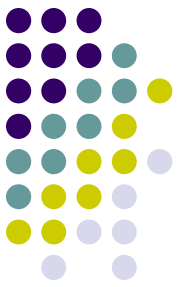
■ Почка (лат. ren; греч. nephros) - парный орган, расположенный в поясничной области на задней стенке брюшной полости позади брюшины щ уровне XI-XII грудных и I-III поясничных позвонков. Правая почка лежит ниже левой. По форме каждая почка напоминает боб, массой 150 г., имеющий переднюю и заднюю поверхности, верхний и нижний полюсы, медиальный и латеральный края. На медиальном крае находятся почечные ворота, через которые проходят почечные артерия, вена, нервы, лимфатические сосуды и мочеточник. Ворота почки продолжаются в углубление - почечную пазуху.



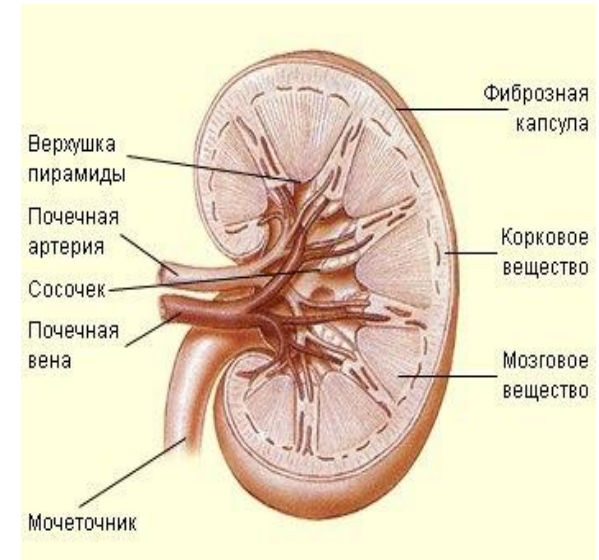
■ Почка покрыта тремя оболочками. Наружной оболочкой является почечная фасция, состоящая из двух листков. Впереди от предпочечного листка находится пристеночная брюшина. Под почечной фасцией лежит жировая капсула и под ней располагается собственная оболочка почки - фиброзная капсула. От которой внутрь почки отходят перегородки, которые делят вещество почки на сегменты, доли и дольки. В перегородках проходят сосуды и нервы. Оболочки почки вместе с почечными сосудами являются ее фиксирующим аппаратом, поэтому при ослаблении его почка может смещаться даже в малый таз (блуждающая почка).

Оболочки почки

Почка имеет несколько оболочек.



- 1 - hepar;
- 2 - glandula suprarenalis;
- 3 - ren;
- 4 - corpus adiposum pararenalis;
- 5 - capsula fibrosa;
- 6 - capsula adiposa;
- 7 - fascia renalis;
- 8 - colon ascendens;
- 9 - os ilium;
- 10- m.quadratus lumborum;
- 11- costa XI;
- 12- diaphragma.

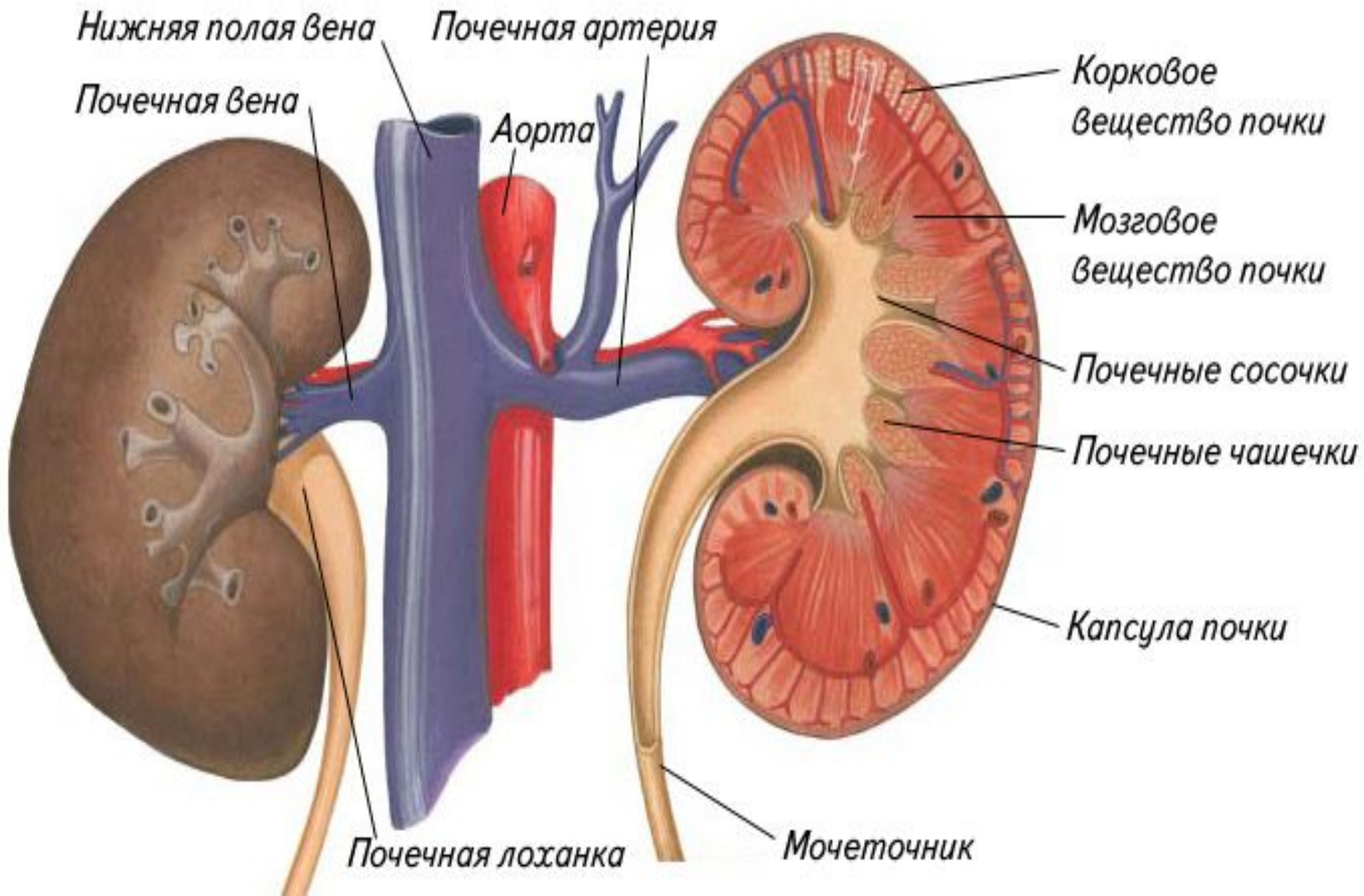


Фиксирующий аппарат почки

- 1. Оболочки почки
- 2. Сосудистая ножка
- 3. Внутривнутрибрюшное давление

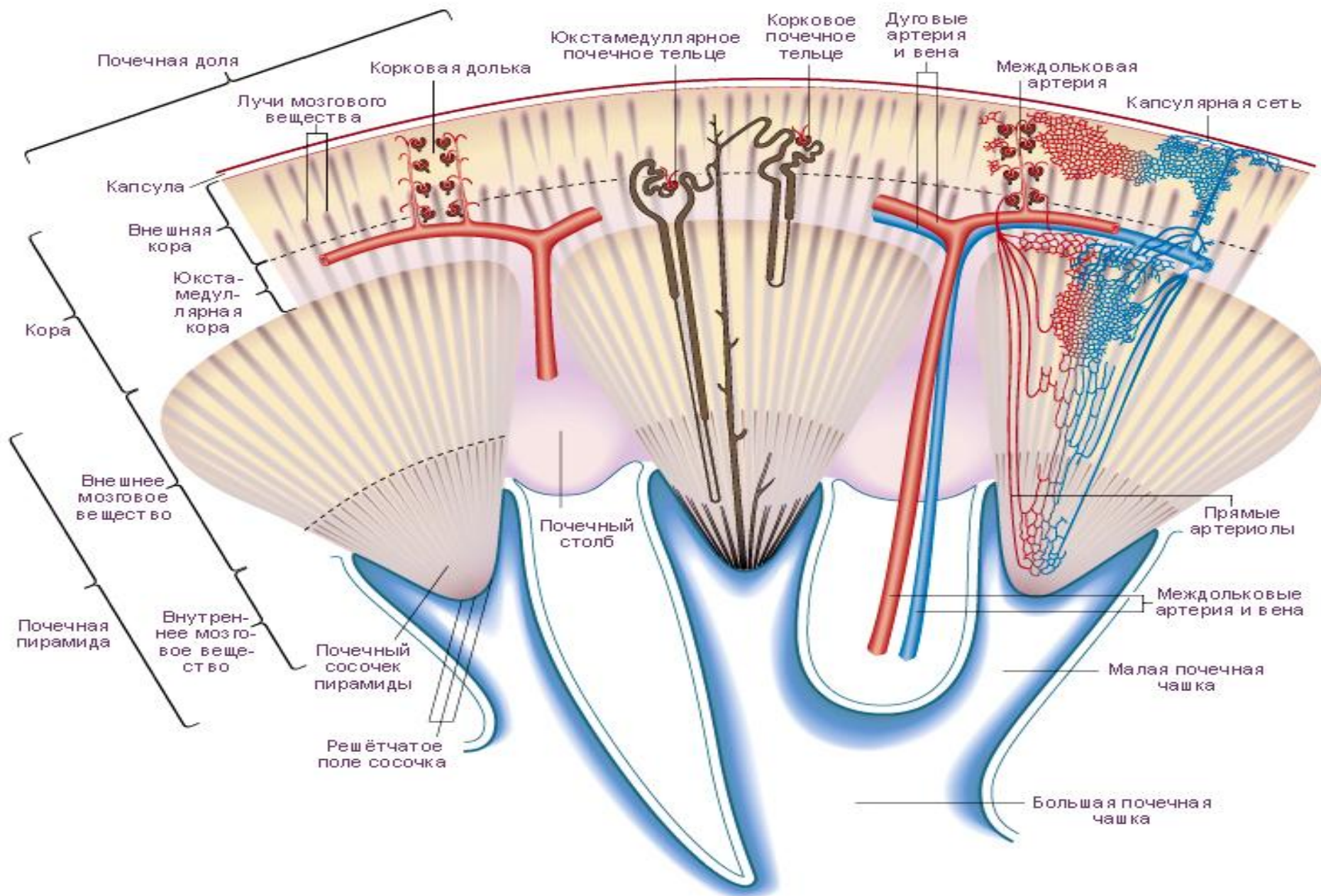
■ Почка состоит из почечной пазухи и почечного вещества. Почечная пазуха образована почечными чашками и почечной лоханкой. Малых чашек 8-12, они имеют форму бокалов, охватывающих выступы почечного вещества - почечные сосочки. Несколько малых почечных чашек образуют большие почечные чашки, которых в каждой почке по 2-3. Большие почечные чашки образуют почечную лоханку, которая, суживаясь, переходит в мочеточник.

Строение почки

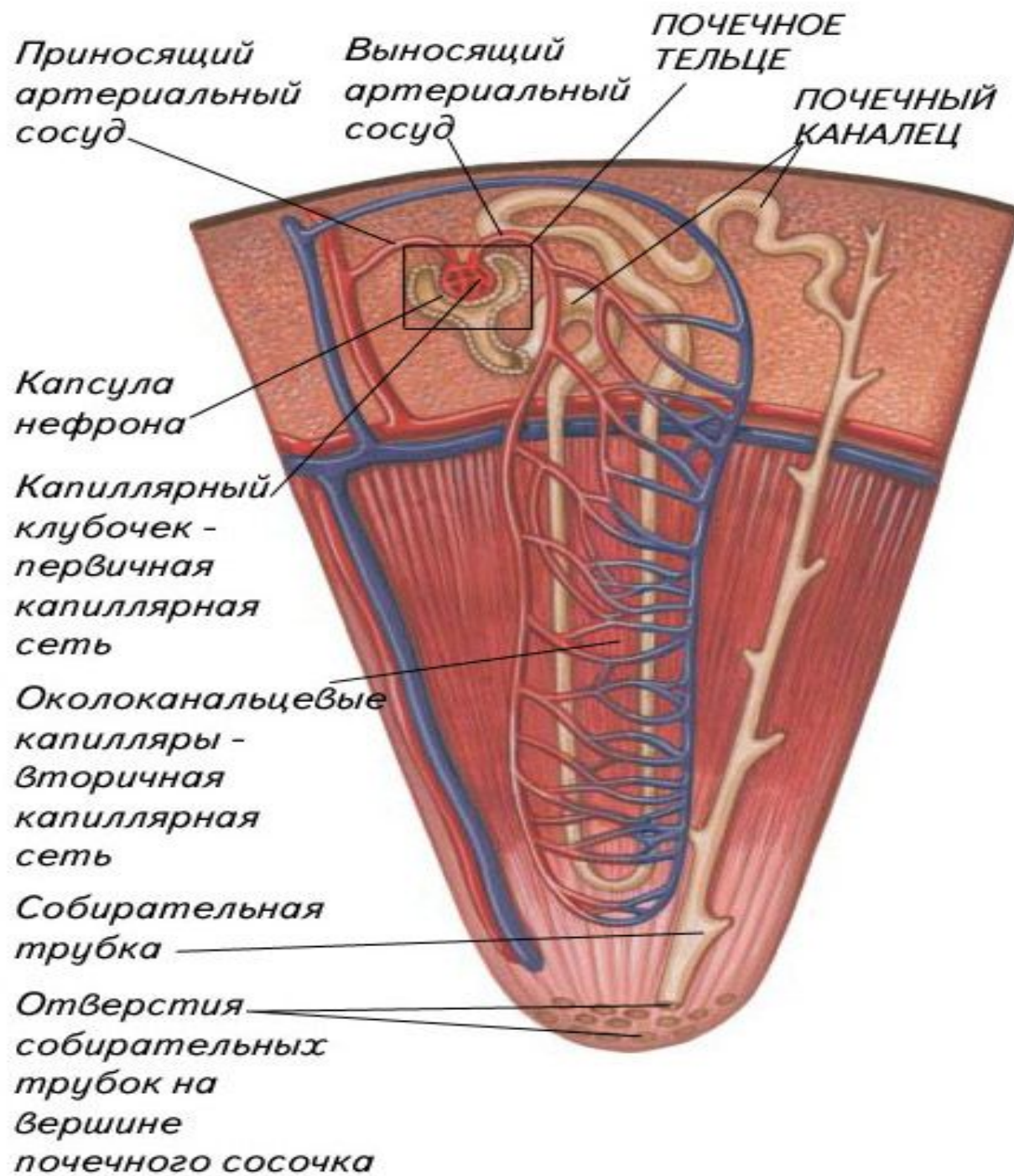


■ Почечное вещество состоит из стромы, представленной ретикулярной тканью, паренхимы, сосудов и нервов. Паренхима имеет 2 слоя: наружный - корковое вещество, внутренний - мозговое. Корковое вещество почки проникает между участками мозгового вещества, образуя почечные столбы. В корковом веществе расположено 80% структурно-функциональных единиц почек - **нефрон**. Их в одной почке около 1 млн., но одновременно работают только 30 %. В мозговом веществе находится 10-15 конусообразных пирамид, состоящих из прямых канальцев, образующих петлю нефрона, и собирательных трубок, открывающихся отверстиями в полость малых почечных чашек.

Строение почки



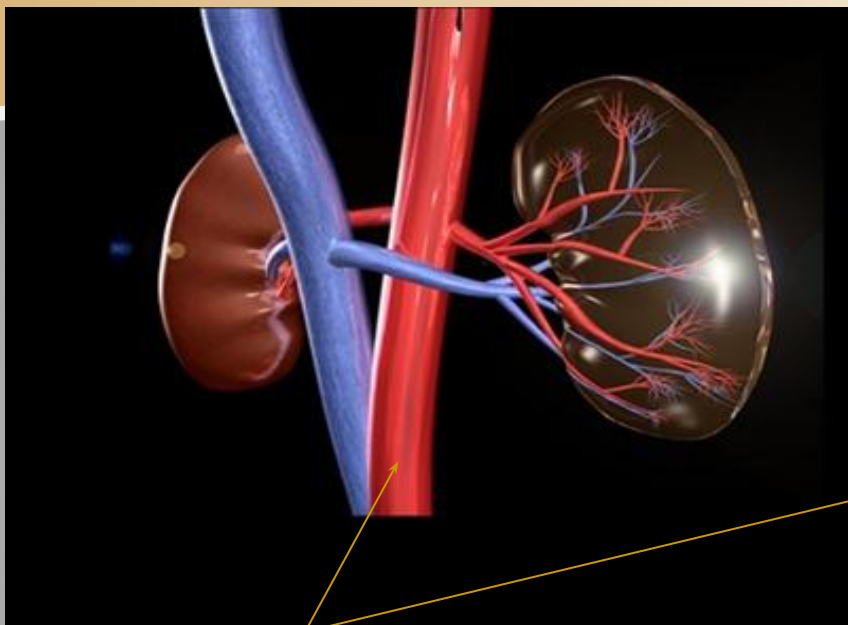
■ В нефронах происходит образование мочи. В каждом нефроне различают следующие отделы:) почечное (мальпигиево) тельце, состоящее из сосудистого клубочка и окружающей его двустенной капсулы Шумлянско-Боумена; затем извитой каналец I порядка - проксимальный, переходящий в нисходящий отдел петли Генле; изгиб петли Генле, восходящий отдел петли Генле; извитой каналец II порядка - дистальный. Он впадает в собирательные трубки, открывающиеся на сосочках пирамид в малые почечные чашки.



■ Почечные тельца, проксимальные и дистальные извитые канальцы находятся в корковом слое почек, петля Генле и собирательные трубки - в мозговом. Около 20% нефронов, называемых юкстамедуллярными (околomозговыми), находятся на границе коркового и мозгового вещества. В их составе имеются клетки, секретирующие ренин и эритропоэтин, поступающие в кровь (эндокринная функция почек), поэтому их роль в мочеобразовании незначительна.

- Особенности кровообращения в почке:
- кровь проходит через двойную капиллярную сеть: первый раз в капсуле почечного тельца (сосудистый клубочек соединяет две артериолы: приносящую и выносящую, образуя **чудесную сеть**), второй раз на извитых канальцах I и II порядка между артериолами и венами; кроме того, кровоснабжение канальцев осуществляется капиллярами, отходящими от артериол, которые не участвуют в образовании сосудистого клубочка капсулы.
- Просвет выносящего сосуда в 2 раза уже просвета приносящего сосуда; следовательно, из капсулы оттекает крови меньше, чем поступает;
- давление в капиллярах сосудистого клубочка выше, чем во всех других капиллярах тела. (80 мм рт. ст.).

Кровоснабжение почек



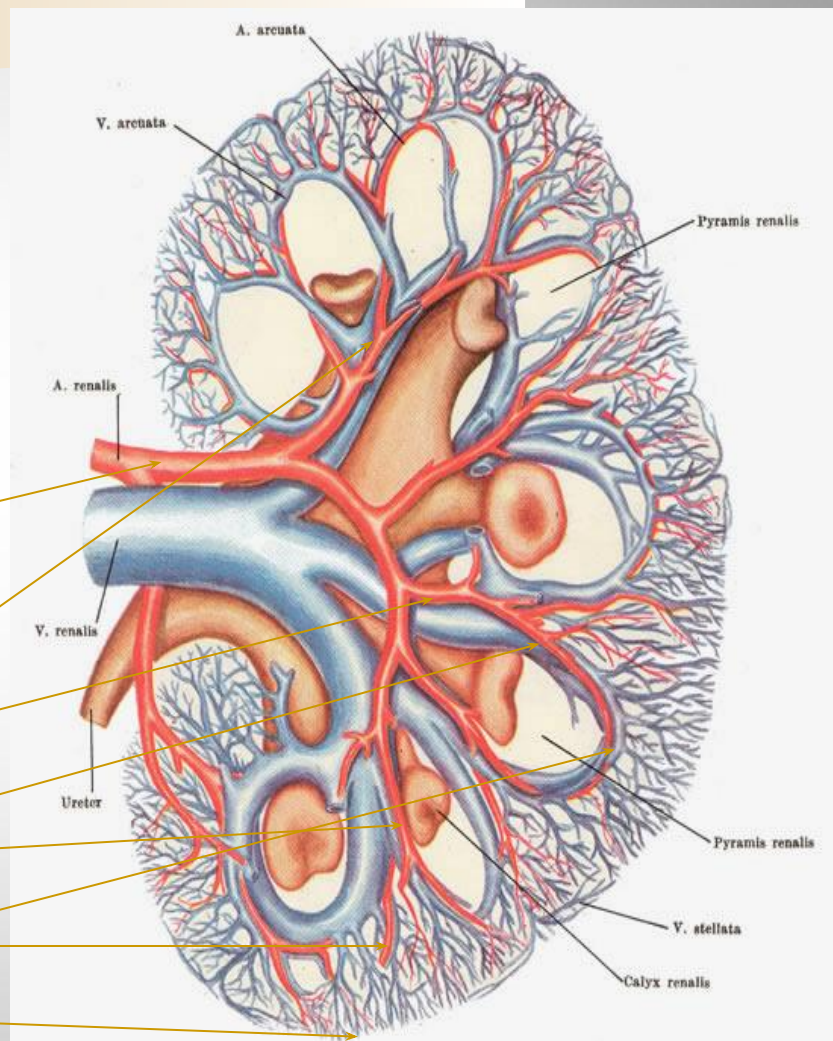
Почечная артерия

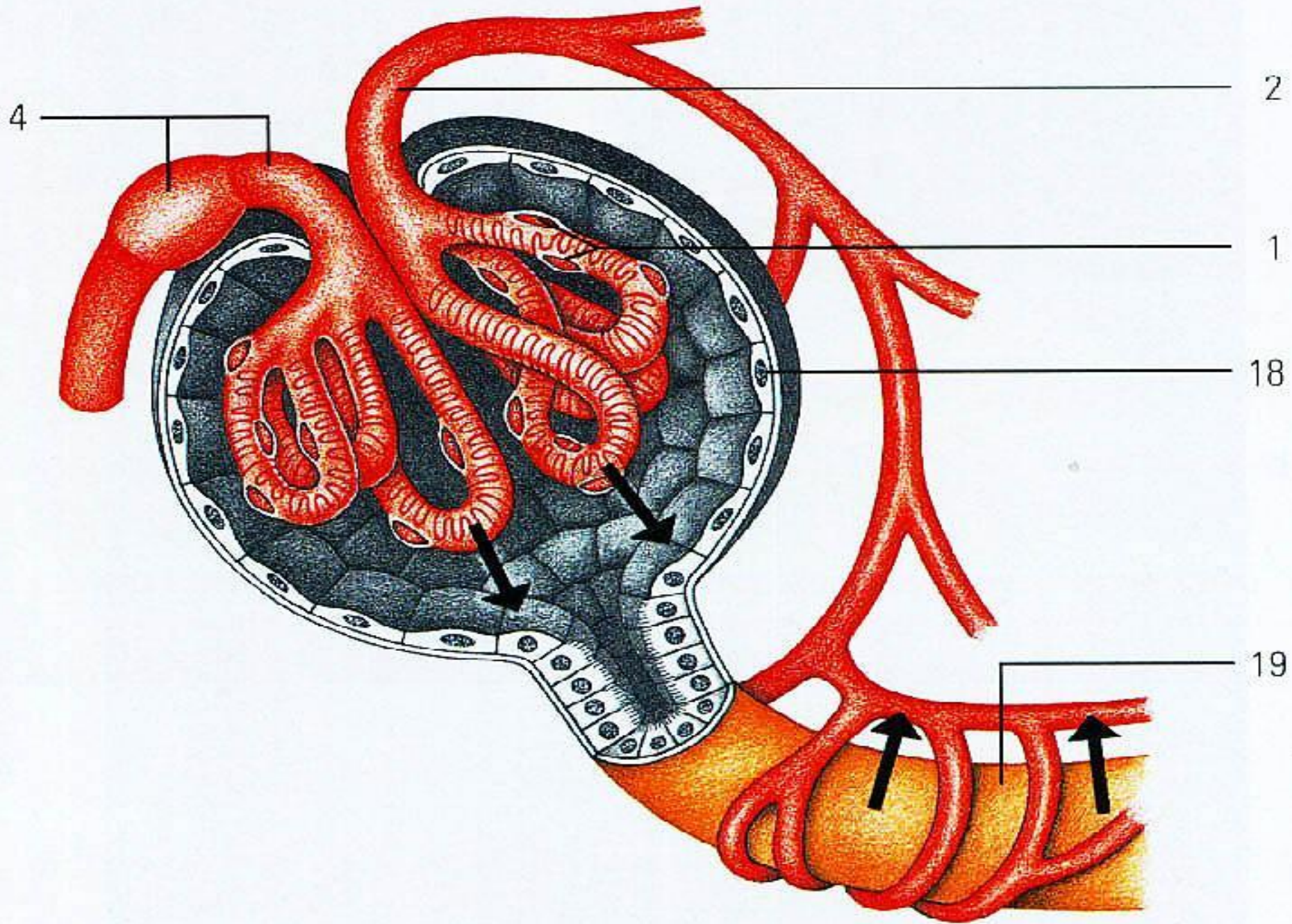
сегментарные артерии

междольевые артерии

дуговые артерии

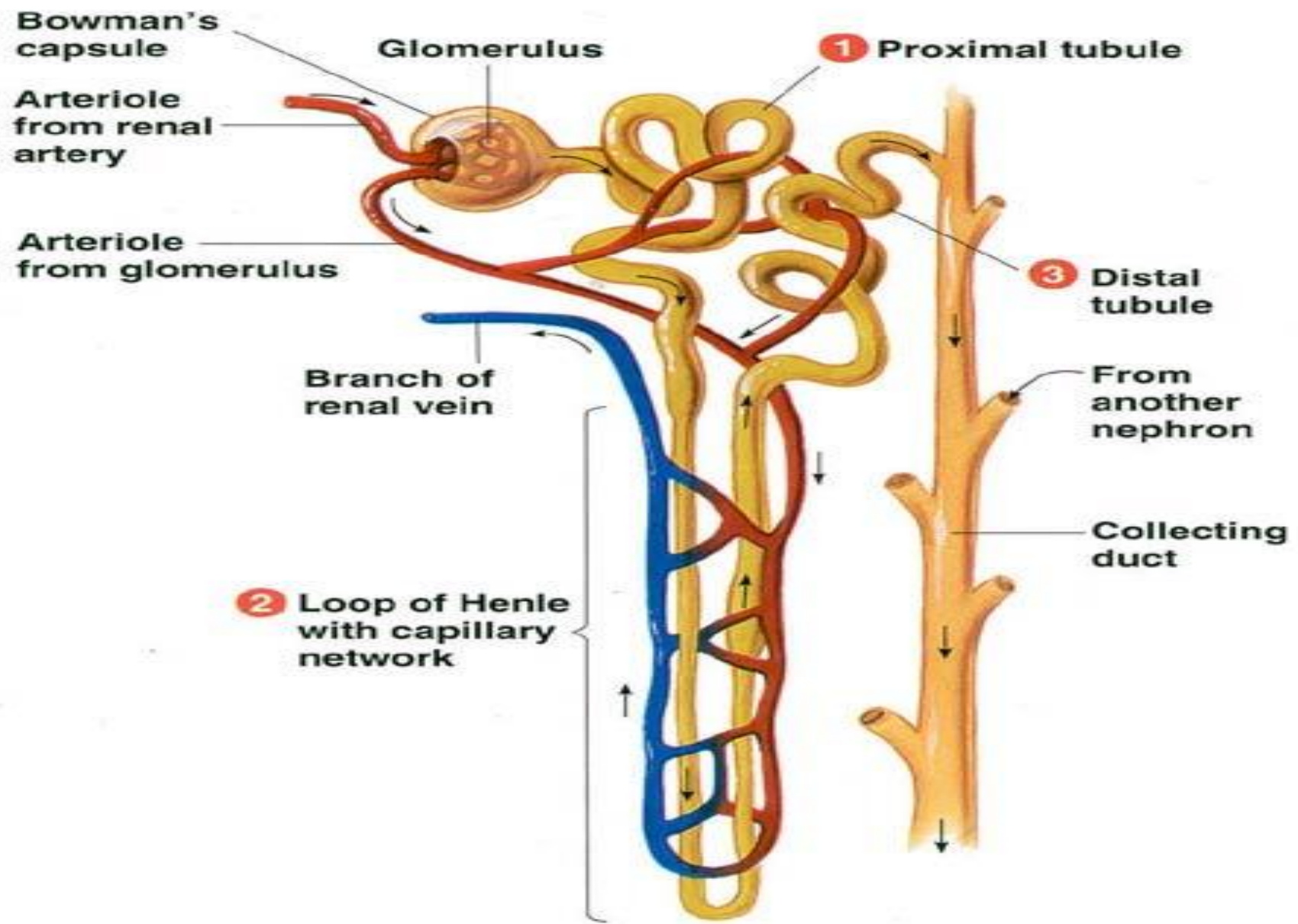
прямые артериолы





■ Эндотелий капилляров клубочка, плоский эпителий внутреннего листка капсулы и общая для них базальная мембрана составляют фильтрационный барьер, через который в полость капсулы из крови фильтруются составные части плазмы, образующие первичную мочу. В образовании мочи участвуют все отделы нефрона. Образование мочи происходит в 2 этапа: в почечном тельце путем фильтрации из плазмы крови в капсулу образуется первичная моча; далее в канальцах путем реабсорбции воды и нужных организму веществ, а также секреции и синтеза некоторых веществ образуется конечная моча.

Detailed structure of a nephron



■ Образование мочи в почках - результат четырех процессов:

- фильтрации
- реабсорбции
- секреции
- синтеза

■ **Фильтрация** - это процесс прохождения воды и растворенных в ней веществ под действием разности давления по обе стороны внутренней стенки капсулы. Этот процесс заключается в проталкивании жидкости через почечный фильтр в полость капсулы и в отделении белков от воды - ультрафильтрации.

■ Образующийся клубочковый фильтрат, похож на плазму крови, но не содержащий белков.

называется **первичной мочой**. Процессу фильтрации способствует высокое гидростатическое давление в капиллярах клубочков, равное 80 мм рт. ст.

■ Ему противодействуют онкотическое давление крови (25 мм рт.ст.), и давление жидкости, находящейся в полости капсулы нефрона (15 мм рт.ст.). Поэтому фильтрация мочи прекращается, если артериальное давление в капиллярах клубочков ниже 30 мм рт.ст.

■ **За сутки в почках образуется 150-180 л первичной мочи.**

■ Первичная моча из капсулы поступает в почечные канальцы. Стенка извитого канальца I порядка (проксимального) покрыта кубическим каемчатым эпителием, петли Генле - плоским, извитого канальца II порядка (дистального) - призматическим эпителием, собирательной трубки - кубическим и цилиндрическим эпителием.

■ Образование вторичной, или конечной, мочи является результатом **обратного всасывания (реабсорбции)** воды и солей в канальцах, **секреции и синтеза** эпителием канальцев некоторых веществ.

■ Из первичной мочи в проксимальных канальцах всасываются обратно в кровь (реабсорбируются) пороговые вещества: глюкоза, аминокислоты, витамины, ионы натрия, калия, кальция, хлора.

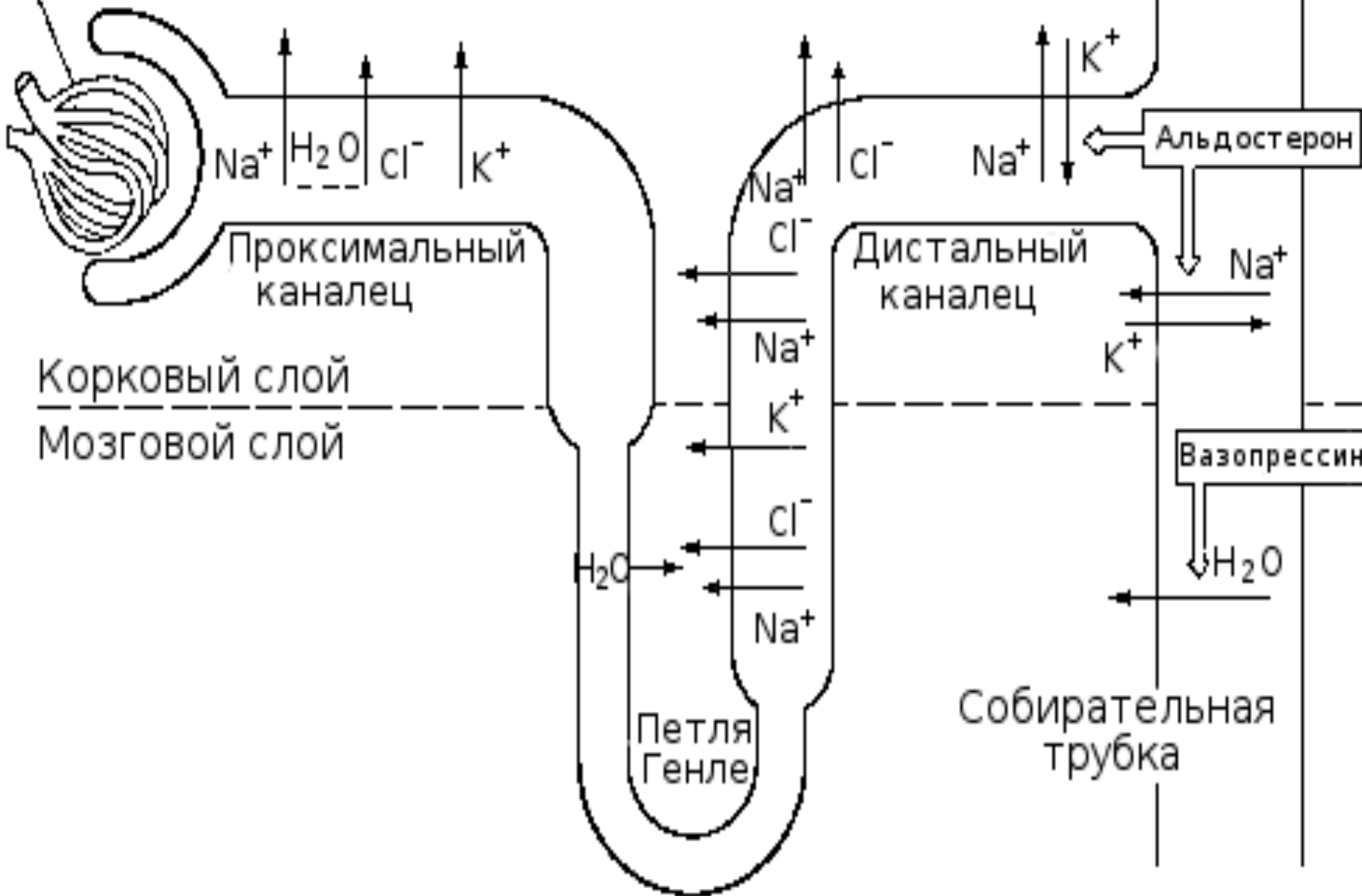
Они выводятся с мочой только в том случае, если их концентрация в крови выше пороговой концентрации. **Порог выведения!**

Непороговые вещества выделяются с мочой при любой концентрации их в крови. Попадая из крови в первичную мочу, они не подвергаются реабсорбции (мочевина, креатинин, мочевая кислота, аммиак).

- Благодаря обратному всасыванию в канальцах воды и пороговых веществ за сутки в почках из 150-180 л первичной мочи образуется 1,5 л конечной мочи. При этом содержание непороговых веществ (продуктов обмена) в конечной моче достигает больших величин.
- Так, например, мочевины в конечной моче больше, чем в крови, в 65 раз.

Нисходящее и восходящее колена образуют поворотно-противоточную систему. Из просвета нисходящего колена в мозговое вещество обильно поступает вода, что приводит к повышению концентрации мочи. Из восходящего колена в тканевую жидкость эпителий активно выводит ионы натрия. Повышение концентрации ионов натрия в тканевой жидкости повышает ее осмотическое давление, а следовательно усилению отсасывания воды из нисходящего колена. Это вызывает еще большее сгущение мочи в петле Генле. Она работает как концентрирующий мочу механизм. (значение петли Генле)

Сосудистый клубочек



Процесс реабсорбции глюкозы, аминокислот, витаминов, натрия, калия и фосфатов и других веществ осуществляется за счет затрат химической энергии эпителия канальцев -активный транспорт.

Всасывание же воды и хлоридов осуществляется пассивно, на основе диффузии и осмоса. Эпителий канальцев кроме реабсорбции способен к

секреции — активному выведению из крови веществ, которые не прошли через почечный фильтр в клубочках или содержатся в крови в большом количестве: креатинин, мочеви́на (при высоком ее содержании в крови), некоторые красители, контрастные вещества, многие лекарства

Клетки почечных канальцев способны еще и к **синтезу** некоторые вещества из различных органических и неорганических продуктов. Так, например, они синтезируют гиппуровую кислоту из бензойной кислоты (токсичной).

Таким образом, мочеобразование - сложный процесс. Если процесс фильтрации протекает за счет артериального давления, процессы реабсорбции, секреции и синтеза являются результатом активной деятельности эпителия канальцев и требуют затраты энергии. С этим связана большая потребность почек в кислороде (в 6-7 раз больше, чем мышцы (на единицу массы)).

Конечная моча - прозрачная, соломенно-желтого цвета жидкость, с которой из организма выводятся наружу вода и растворенные конечные продукты обмена (в частности, азотсодержащие вещества), минеральные соли, ядовитые продукты (фенолы, амины), продукты распада гормонов, биологически активные вещества, витамины, ферменты, лекарственные соединения (всего около 150 различных веществ). За сутки человек выделяет от 1 до 1,5 л мочи слабокислой реакции; рН от 5 до 7. Реакция мочи зависит от питания. При мясной пище реакция мочи кислая, при растительной - нейтральная или слабощелочная.

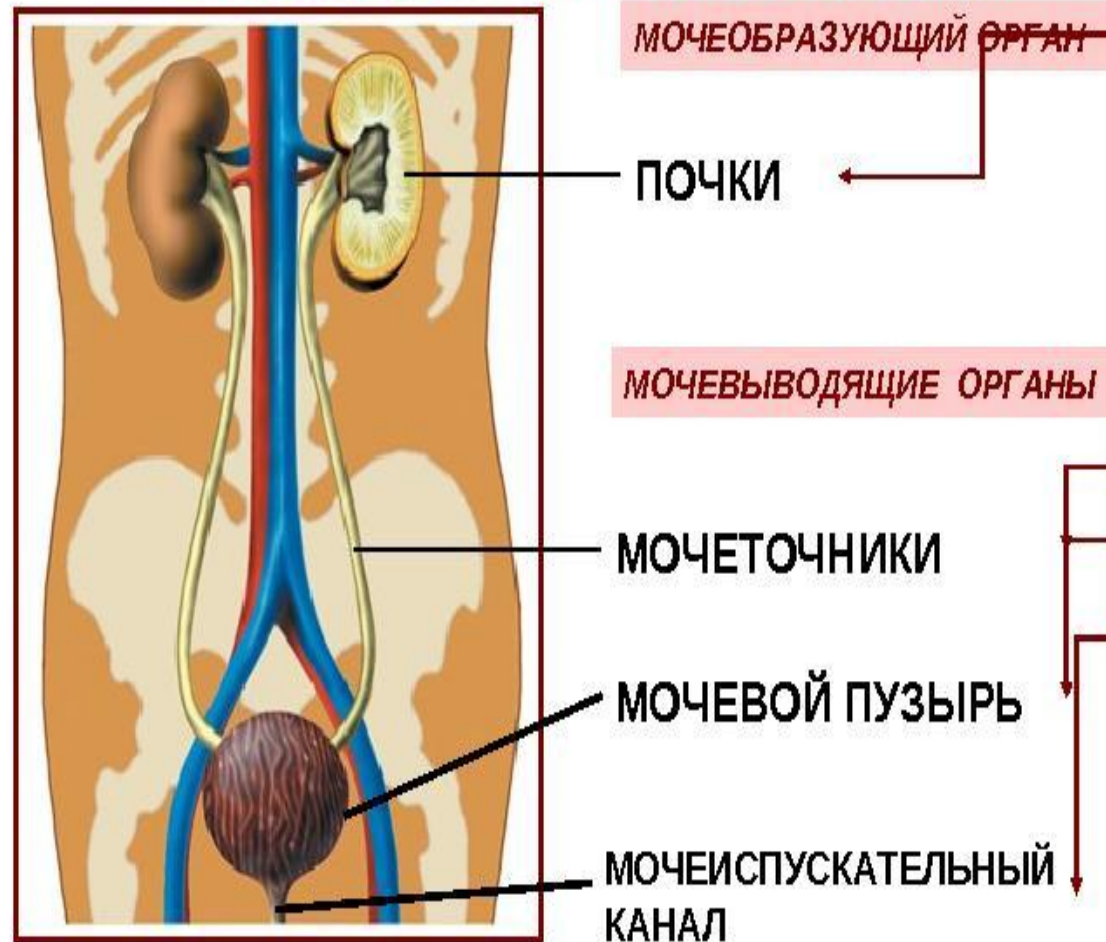
Удельный вес (относительная плотность) мочи зависит от количества принятой жидкости, в норме в течение суток находится в диапазоне 1,010-1,025. За сутки с мочой выделяется в среднем 60 г плотных веществ (4%), из них органических веществ 35-45, неорганических - 15-25. Из органических веществ почки удаляют с мочой больше всего мочевины, креатинина и мочевой кислоты, из неорганических - хлористого натрия - 10-15 г/сутки.

Образуемая в почках конечная моча поступает из канальцев в собирательные трубки, далее в почечную лоханку, а из нее - в мочеточник. Моча передвигается по мочеточникам благодаря ритмическим перистальтическим сокращениям его мышечной оболочки. Топографически в мочеточнике различают брюшную, тазовую и внутривентрикулярную (участок длиной 1,5-2 см внутри стенки мочевого пузыря) части и три сужения: в месте перехода лоханки в мочеточник, при переходе брюшной части в тазовую и перед впадением в мочевой пузырь (важно при МКБ).

Мочеточник

– трубка длиной около 30 см. От почечной лоханки мочеточник идет вниз по задней брюшной стенке и подходит под острым углом к дну мочевого пузыря

Строение мочевыделительной системы





Мочевой пузырь (*vesica urinaria*; греч. *cystis*) - полый орган для накопления мочи и периодического выведения через мочеиспускательный канал. Емкость - 500-700 мл, форма зависит от наполнения мочой: от сплюсненной до яйцевидной. Мочевой пузырь расположен в полости малого таза за лобковым симфизом. При наполнении мочевого пузыря мочой его верхушка выступает и соприкасается с передней брюшной стенкой. Задняя поверхность мочевого пузыря у мужчин прилежит к прямой кишке, семенным пузырькам и ампулам семявыносящих протоков, у женщин - к шейке матки и влагалищу

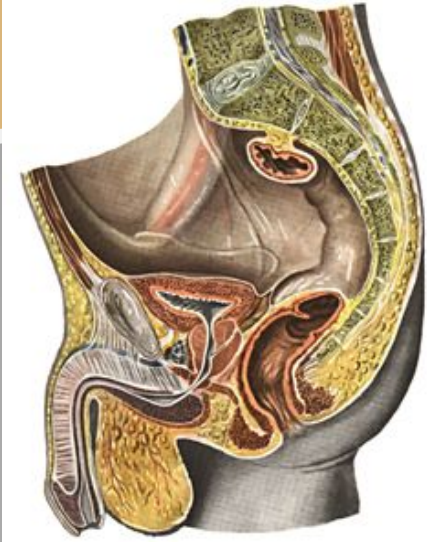
Имеет верхушку - заостренную часть, обращенную к передней брюшной стенке; тело - среднюю большую его часть, дно пузыря - обращено книзу и кзади; шейку пузыря - суженную часть дна мочевого пузыря.

На дне мочевого пузыря имеется участок треугольной формы - мочепузырный треугольник, на вершинах которого расположены 3 отверстия: два мочеточниковых и третье - внутреннее отверстие мочеиспускательного канала.

Стенка трехслойная: внутри – слизистая, средний слой – из трех слоев гладкой мускулатуры и снаружи - адвентициальная и брюшина частично.

Слизистая оболочка вместе с подслизистой основой образует складки, за исключением мочепузырного треугольника. В области шейки мочевого пузыря у начала уретры круговой слой мускулатуры образует сфинктер мочевого пузыря, сокращающийся непроизвольно. Мышечная оболочка, сокращаясь, уменьшает объем мочевого пузыря и изгоняет мочу наружу через мочеиспускательный канал. В связи с функцией мышечной оболочки мочевого пузыря ее называют мышцей, выталкивающей мочу (детрузором). Брюшина покрывает мочевой пузырь сверху, с боков и сзади

Мочеиспускательный канал



- Мужской - предстательная часть (3 см)

- гребень мочеиспускательного канала, выступающая часть гребня называется семенным бугорком

- перепончатая часть (1,5 см)

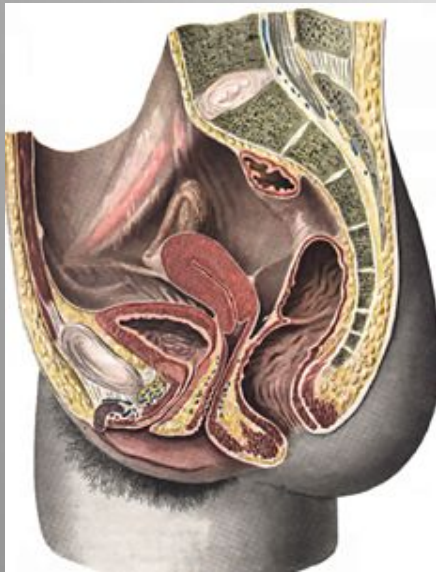
- сфинктер мочеиспускательного канала (произвольный)

- губчатая часть (15 см)

- Женский

Сходен по строению с перепончатой частью

мужского канала



Мужской мочеиспускательный канал (*urethra masculina*) представляет собой эластическую трубку длиной 18-23 см, диаметром 5-7 мм, служащую для выведения мочи и семенной жидкости. Заканчивается наружным отверстием на головке полового члена. Выделяют на 3 части: предстательную, длиной 3 см, располагающуюся внутри предстательной железы, перепончатую часть до 1,5 см, лежащую в области дна таза от верхушки предстательной железы до луковицы полового члена, и губчатую часть (15-20 см), внутри губчатого тела полового члена. В перепончатой части канала имеется произвольный сфинктер мочеиспускательного канала.

Мужской мочевой пузырь и уретра



Мочеточник

Мочевой пузырь

Треугольник

Уретра простаты

Простата

Бульбоуретральная железа

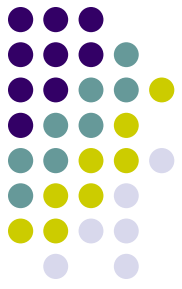
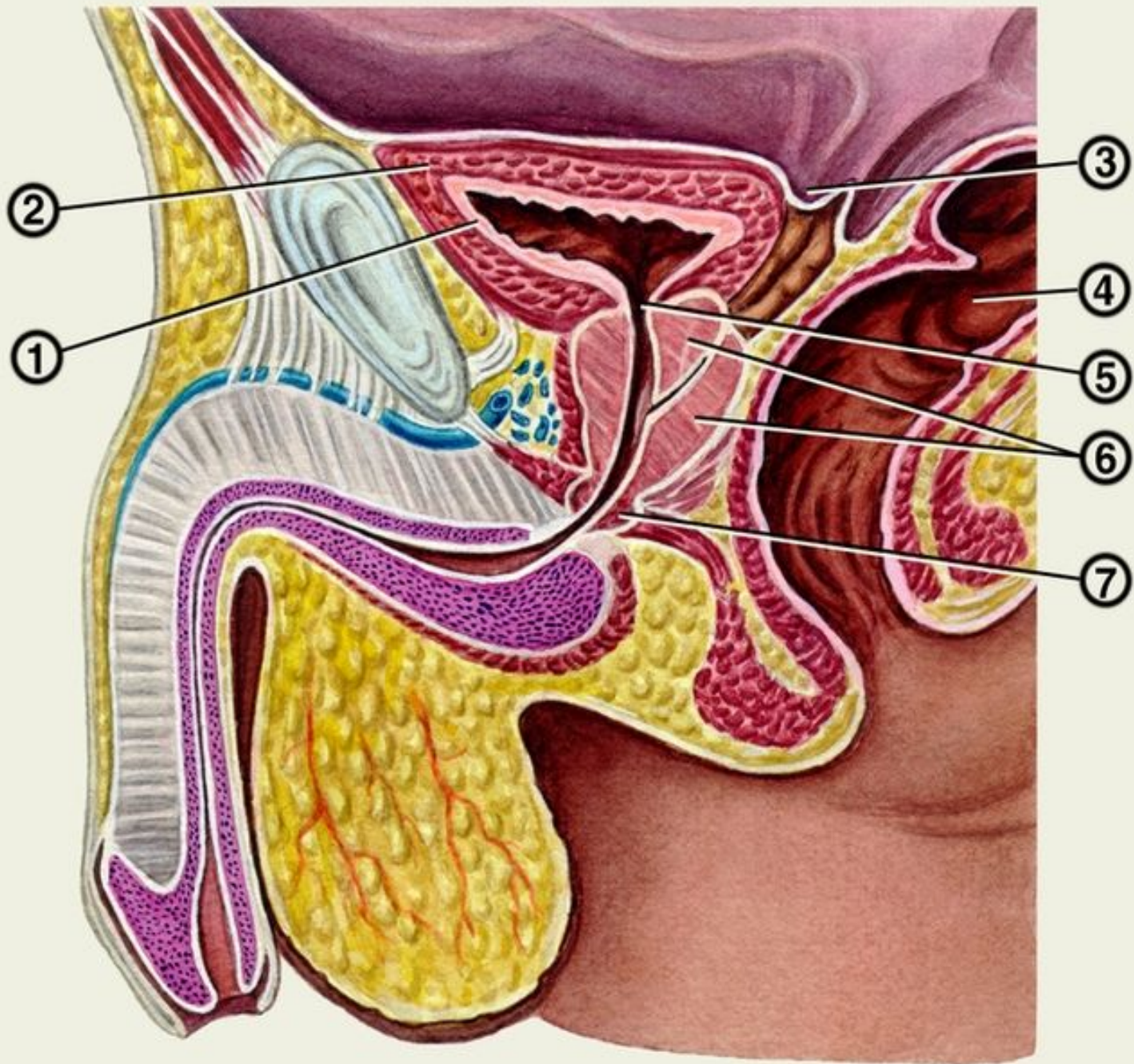
Стенка уретры

Уретра полового члена

Пенис

Наружное отверстие

Мужской мочеиспускательный канал имеет две кривизны: переднюю и заднюю. Передняя кривизна выпрямляется при поднятии полового члена, а задняя остается фиксированной. Мужская уретра имеет 3 сужения: в области внутреннего отверстия мочеиспускательного канала, при прохождении через мочеполовую диафрагму и у наружного отверстия. Кривизны канала и его сужения учитываются при введении катетера.



Женский мочеиспускательный канал (urethra feminina) представляет собой короткую, слегка изогнутую и обращенную выпуклостью назад трубку длиной 2,5-3,5 см, диаметром 8-12 мм. Находится впереди влагалища и сращен с его передней стенкой. Начинается от мочевого пузыря внутренним отверстием мочеиспускательного канала и заканчивается наружным отверстием, которое открывается над отверстием влагалища.

Мочеиспускание - сложный рефлекторный акт, заключающийся в одновременном сокращении стенки мочевого пузыря и расслаблении его сфинктера. Непроизвольный рефлекторный центр мочеиспускания находится в крестцовом отделе спинного мозга. Первые позывы к мочеиспусканию появляются у взрослых при увеличении объема мочевого пузыря до 150 мл. Аfferентные импульсы поступают к центру мочеиспускания. Отсюда по парасимпатическому (тазовому) нерву импульсы идут к мышце мочевого пузыря и его сфинктеру, происходит рефлекторное сокращение мышечной стенки и расслабление сфинктера.

Одновременно от спинального центра мочеиспускания возбуждение передается в кору большого мозга, где возникает ощущение позыва к мочеиспусканию. Импульсы от коры большого мозга через спинной мозг поступают к сфинктеру мочеиспускательного канала. Происходит мочеиспускание. Влияние коры большого мозга на рефлекторный акт мочеиспускания проявляется в его задержке, усилении или даже произвольном вызывании. Прочный условный рефлекс задержки мочеиспускания вырабатывается у детей к концу второго года.

Выделение

- **С мочой выделяются конечные продукты распада белков: мочевины, мочевая кислота и креатинин. Кроме того, почки выводят избыток воды, солей и чужеродные вещества, попавшие в кровь (лекарства, красители). В результате работы почек кровь очищается и тем самым сохраняется ее постоянный состав, активная реакция (рН), ионный состав и поддерживается нормальный уровень воды в организме.**
- **Через легкие и кожу удаляются CO_2 и вода. Легкие выделяют 99% CO_2 , и только 1% CO_2 выделяется кожей. Через кишечник выводятся соли кальция, тяжелых металлов, холестерин и желчные пигменты (билирубин), вода.**

За 1 минуту через почки
проходит $\frac{1}{5}$ всей крови

В сутки через почки
проходит 1500 – 1700 л
крови

Образуется 150-180 л
первичной мочи

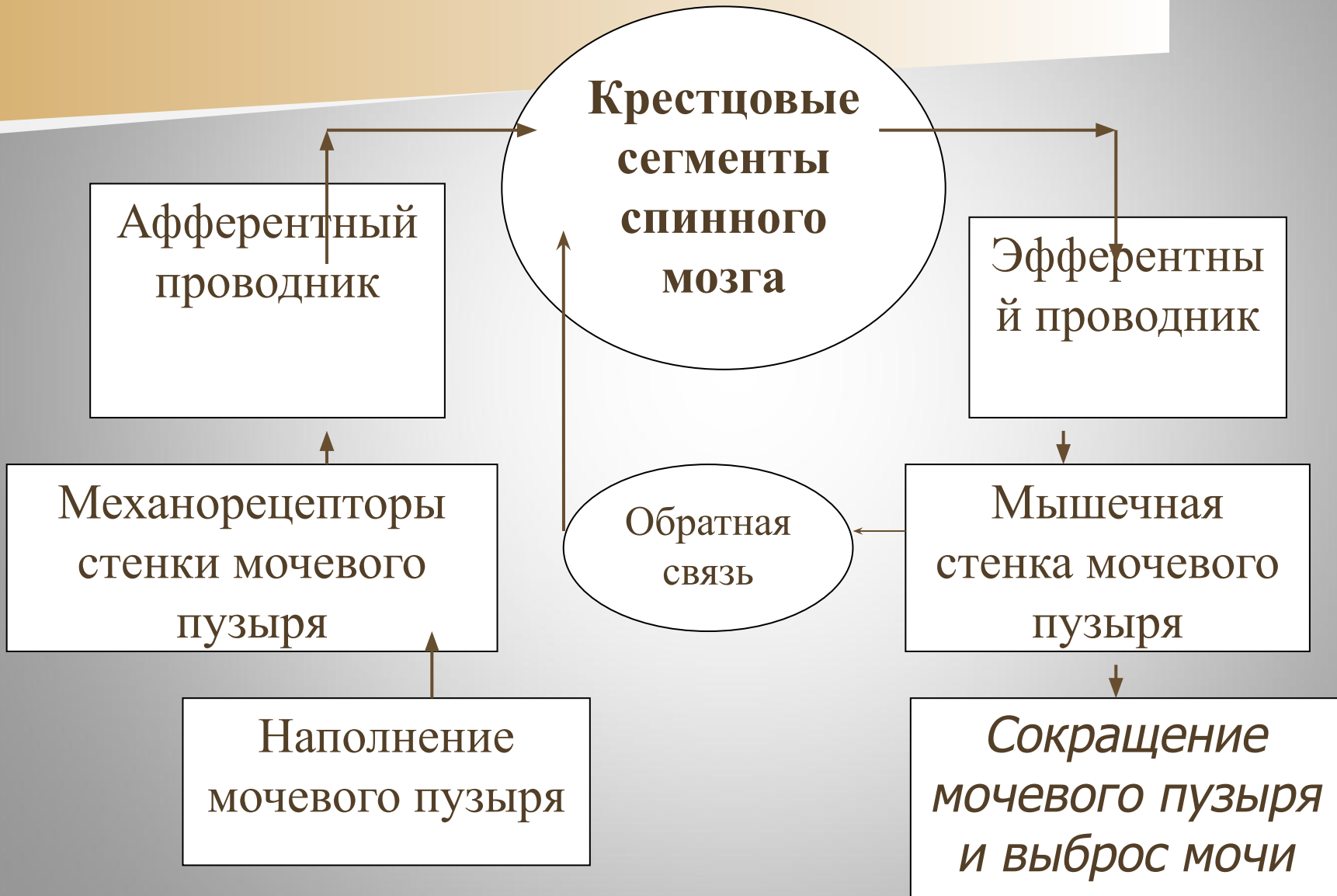
В сутки выделяется 1,5 – 2 л
вторичной мочи



Свойства мочи

- **Цвет** - моча окрашена в различные оттенки желтого
- **Прозрачность** - свежая моча в норме прозрачная. Через некоторое время наблюдается медленное образование мути
- **Реакция мочевой среды** – от слабокислой до слабощелочной в зависимости от пищи

Рефлекторная дуга мочеиспускания



Регуляция деятельности почек

■ осуществляется нервным и гуморальным путями. Высший подкорковый центр регуляции мочеобразования - гипоталамус. При раздражении симпатических нервов фильтрация мочи уменьшается вследствие сужения почечных сосудов, приносящих кровь к клубочкам. При болевых раздражениях наблюдается рефлекторное уменьшение мочеобразования, вплоть до полного прекращения (болевая анурия).

■ Кора большого мозга может влиять и гуморально через гипоталамус, нейросекреторные ядра которого и вырабатывают антидиуретический гормон (АДГ). Этот гормон по аксонам нейронов гипоталамуса транспортируется в заднюю долю гипофиза, где он накапливается, превращается в активную форму и в зависимости от внутренней среды организма поступает в кровь, регулируя образование мочи. Минералкортикоиды действуют на петлю Генле, усиливая реабсорбцию ионов натрия, уменьшая количество мочи