

# **ВЫДЕЛЕНИЕ**

Строение и работа 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.

# Значение выделительной системы

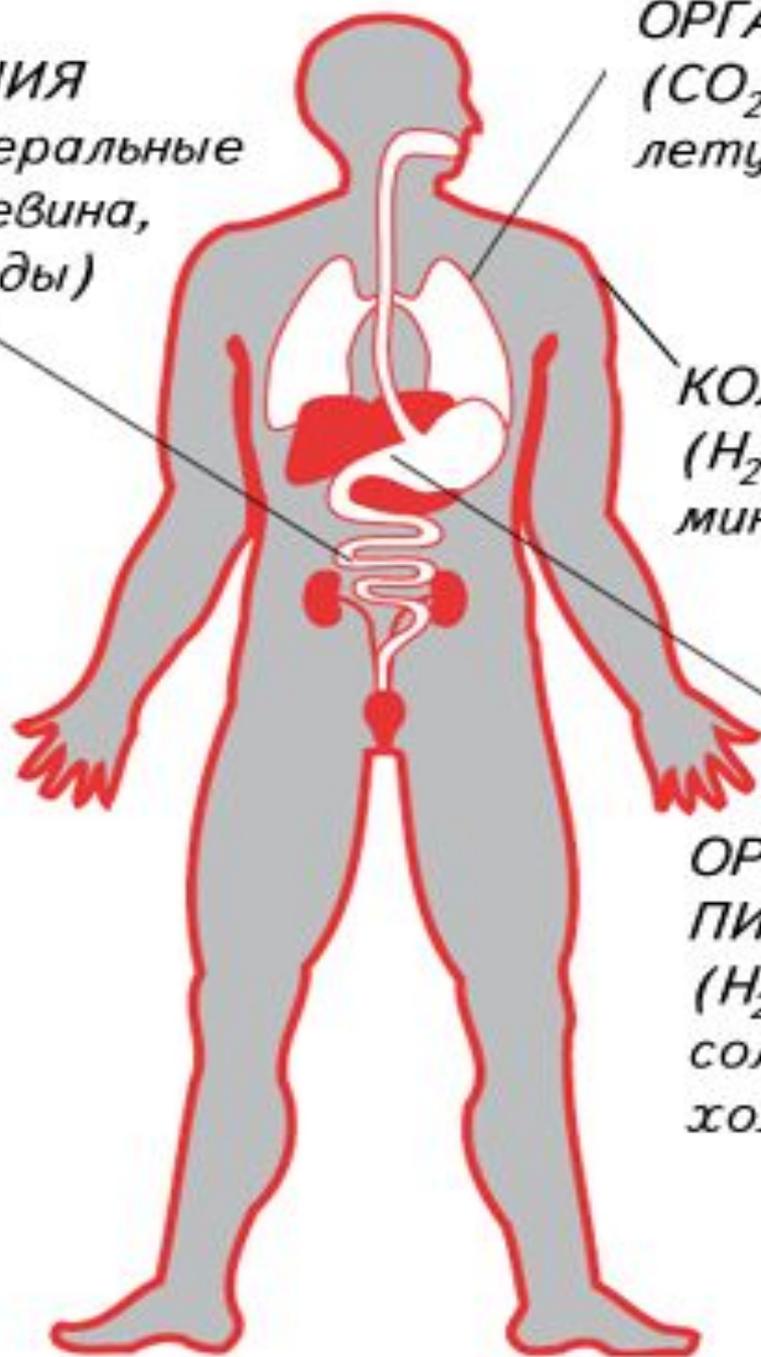
- Поддержка водно-солевого обмена (удаление избытка воды и минеральных солей)
- Почки - биологический фильтр (выведение ненужных и вредных веществ)

**ОРГАНЫ  
ВЫДЕЛЕНИЯ**  
( $H_2O$ , минеральные  
соли, мочевины,  
аммиак, яды)

**ОРГАНЫ ДЫХАНИЯ**  
( $CO_2$ ,  $H_2O$ ,  
летучие вещества)

**КОЖА**  
( $H_2O$ ,  
минеральные соли)

**ОРГАНЫ  
ПИЩЕВАРЕНИЯ**  
( $H_2O$ , минеральные  
соли, билирубин,  
холестерин)



# Мочевыделительная система

```
graph TD; A[Мочевыделительная система] --> B[Мочеобразующие органы]; A --> C[Мочевыводящие органы]; B --> D[Почки]; C --> E[Мочеточники]; E --> F[Мочевой пузырь]; F --> G[Мочеиспускательный канал];
```

Мочеобразующие органы

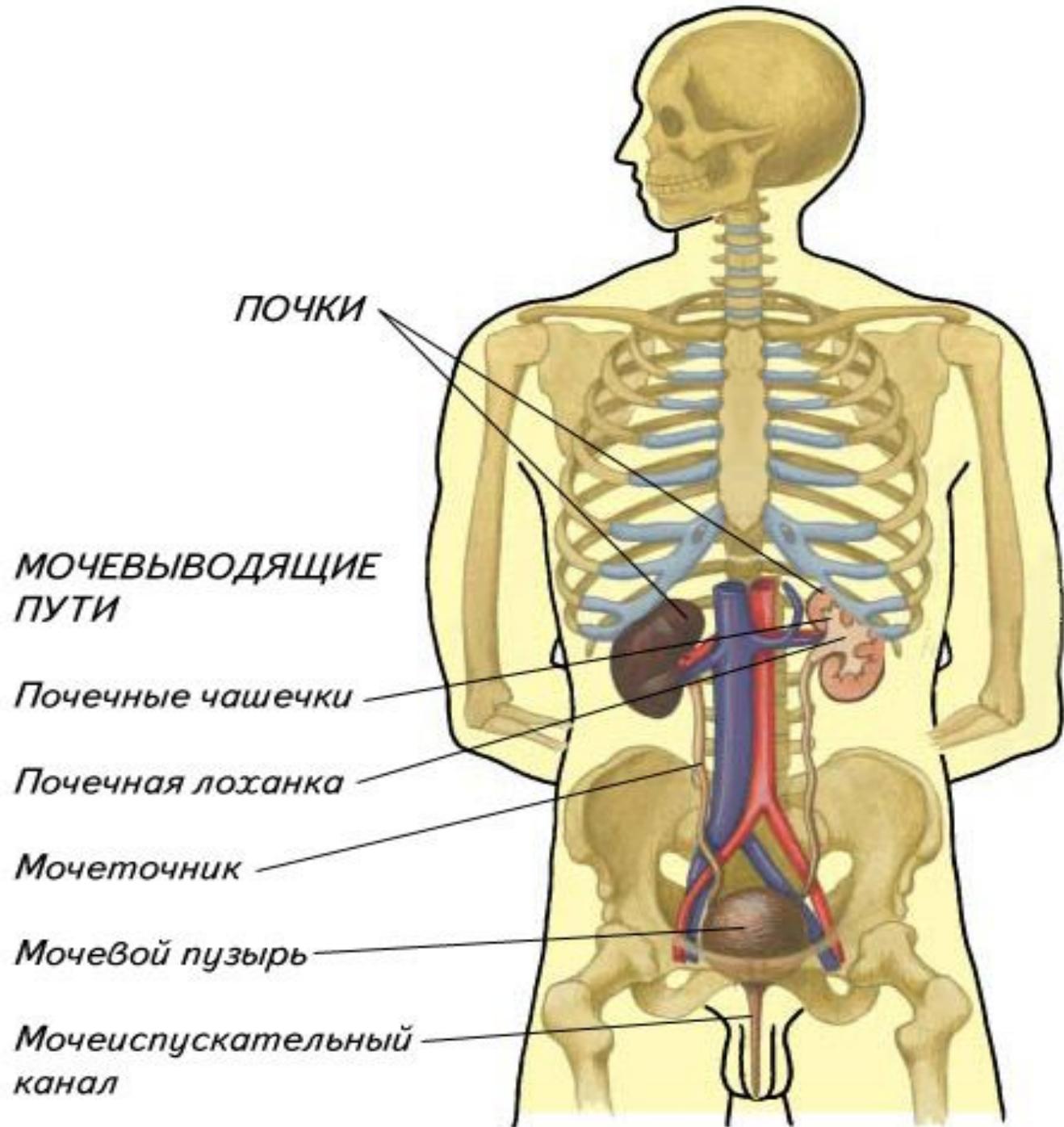
Почки

Мочевыводящие органы

Мочеточники

Мочевой пузырь

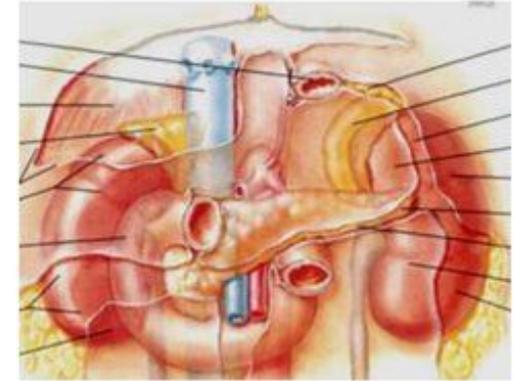
Мочеиспускательный  
канал



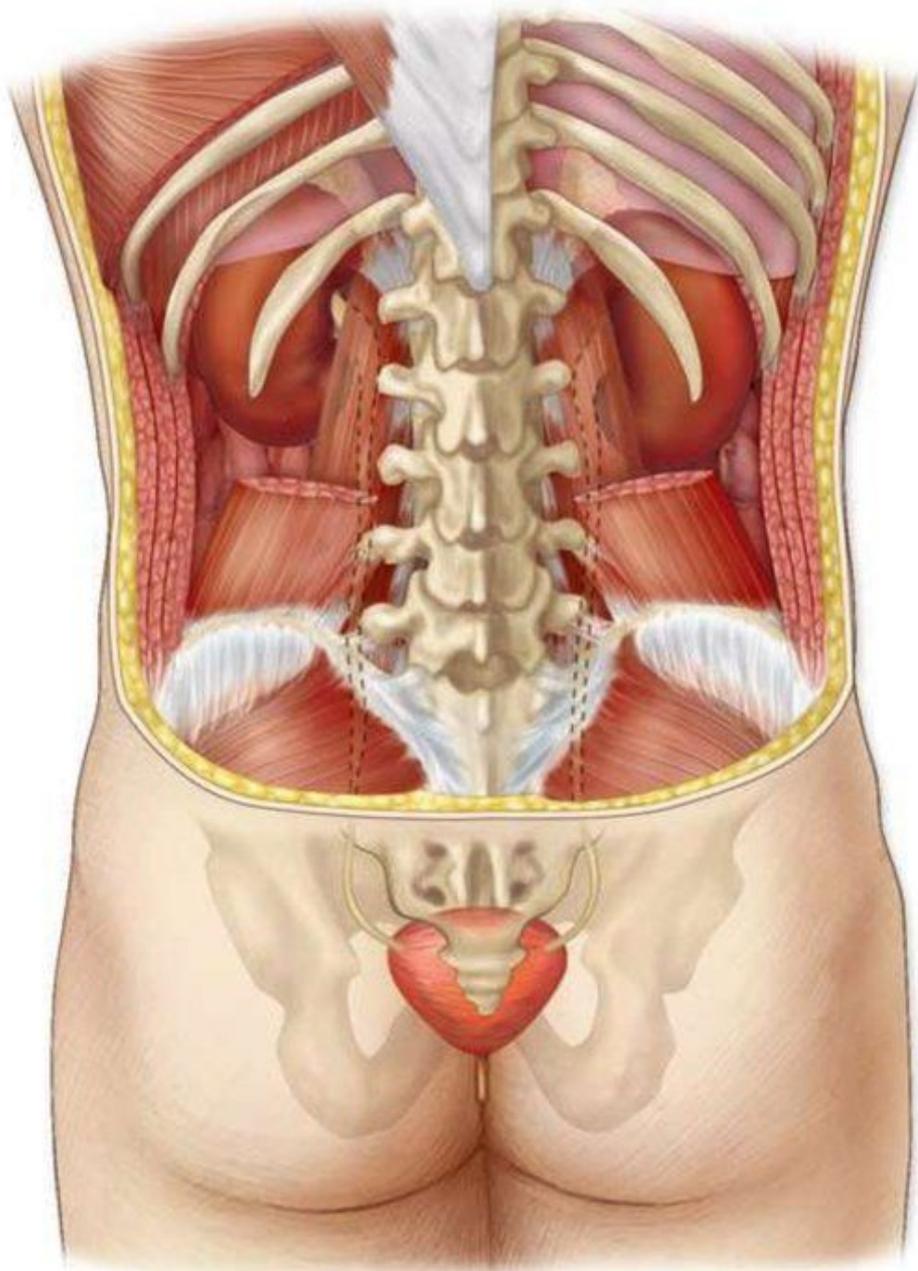
# Почка (лат. ren; греч. nephros)

**Почка – полифункциональный орган.**

Путем образования мочи почки выполняют следующие важные функции:



1. Удаляют из плазмы крови конечные продукты: мочевины, мочевую кислоту, креатинин и др.
2. Контролируют во всем организме и плазме крови уровни электролитов: Na, K, Cl, Ca, Mg.
3. Выводят чужеродные вещества: пенициллин, сульфаниламиды, йодиды, краски и т.д.
4. Поддерживают гомеостаз.
5. Участвуют в обмене белков, жиров, углеводов.
6. Выполняют эндокринную функцию: продуцируют БАВ:  
**ренин** (участвует в поддержании АД и объема циркулирующей крови)  
**эритропоэтин** (стимулирует образование эритроцитов).



## ТОПОГРАФИЯ

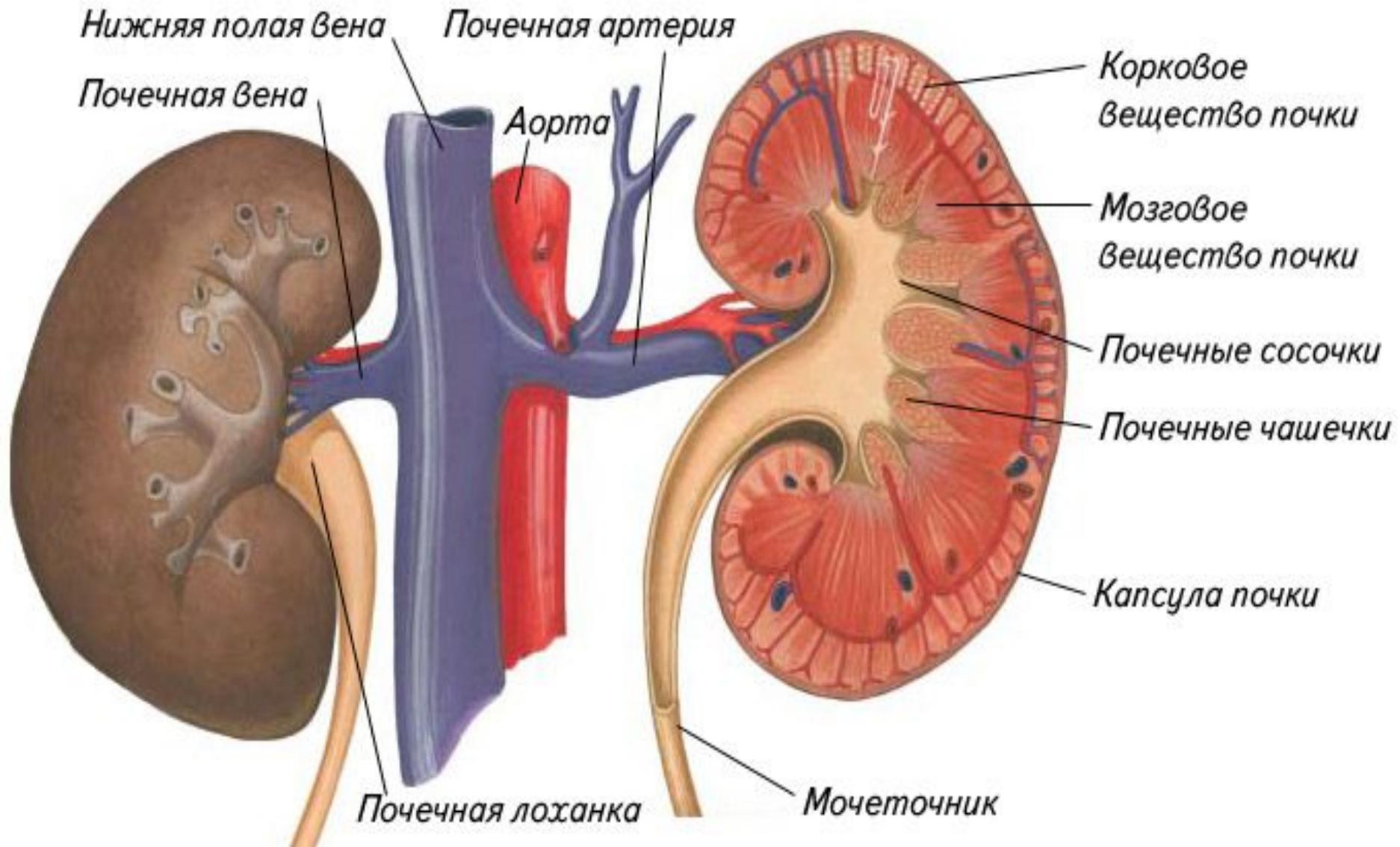
Почки находятся в забрюшинном пространстве, на задней брюшной стенке, по обе стороны от поясничного отдела позвоночника.

Правая почка на уровне нижнего края 11 грудного – середина 3 поясничного позвонков.

Левая почка на уровне середины 11 грудного – верхний край 3 поясничного позвонков.

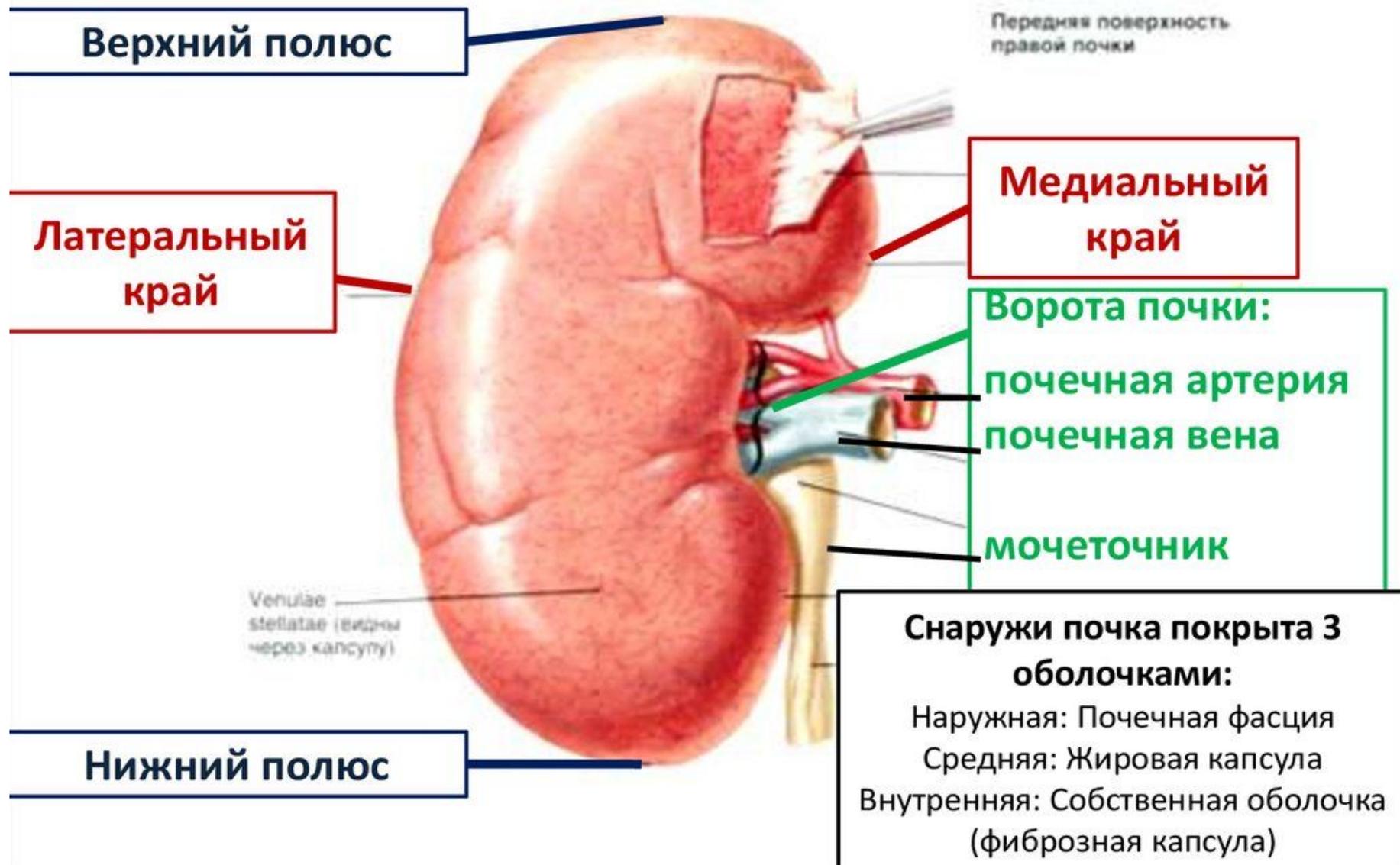
В результате правая почка лежит ниже левой на 2-3 см.

# Строение почки



- Почка имеет форму боба.
- Поверхность ее гладкая, темно-красного цвета.
- В почке различают:
  - ✓ Верхний конец (полюс). К нему прилежат надпочечники
  - ✓ Нижний конец (полюс)
  - ✓ Медиальный (вогнутый) край. Здесь находятся почечные ворота, через которые проходят почечные артерия и вена, нервы, лимфатические сосуды и мочеточник. Ворота ведут в пространство, вдающееся в вещество почки - почечную пазуху.
  - ✓ Латеральный (выпуклый) край.
  - ✓ Передняя поверхность (выпуклая), обращена внутренним органом брюшной полости.
  - ✓ Задняя поверхность соприкасается с диафрагмой и мышцами задней брюшной стенки

# Макростроение почки



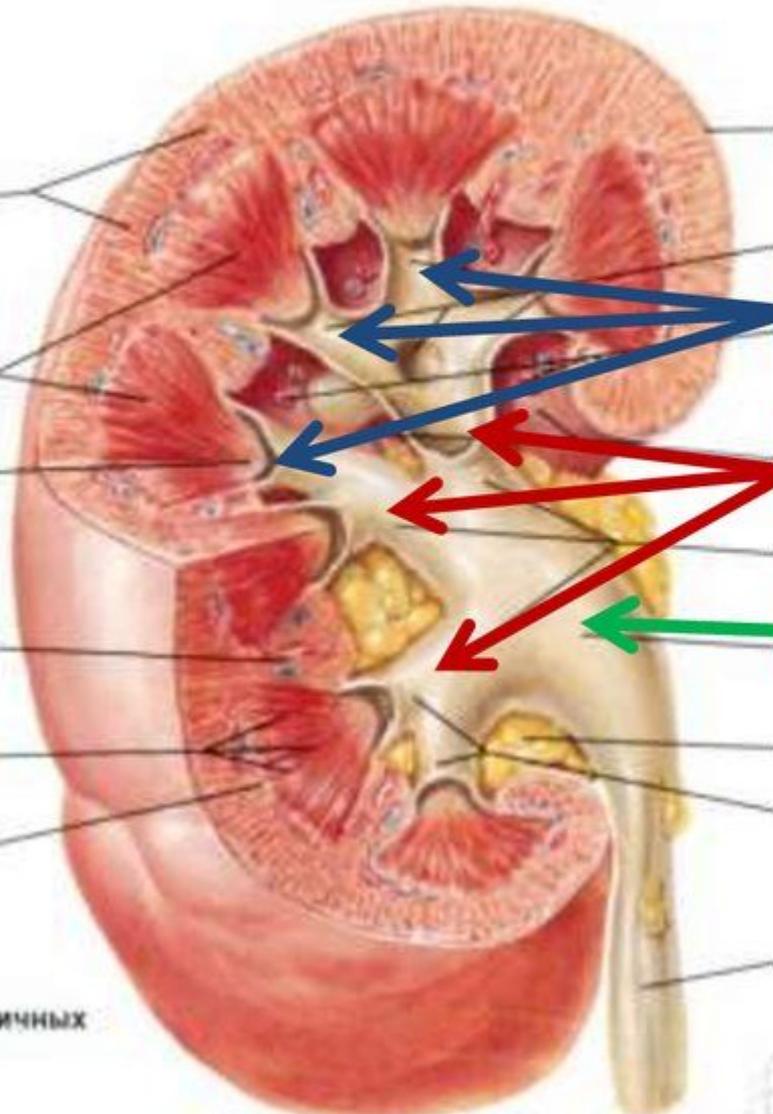
Почка покрыта фиброзной капсулой, которая в нормальном состоянии плотная, гладкая и легко отделяется от вещества почки.

Кнаружи от капсулы, особенно в области почечных ворот и задней поверхности, находится скопление жировой ткани, образующее жировую капсулу почки.

В почечной пазухе расположены малые и большие почечные чашки и почечная лоханка.

# Почка состоит из 2 частей: почечная пазуха (полость) и почечное вещество

Почечную пазуху образуют малые и большие почечные чашки, почечная лоханка, нервы и сосуды, окруженные клетчаткой.



Малые почечные чашки (8-12 шт)

Большие почечные чашки (2-3 шт)

Почечная лоханка

Стенка почечных чашек и почечной лоханки состоит из слизистой оболочки, покрытой переходным эпителием, гладкомышечной и адвентициальной оболочек.

## Почка состоит из 2 частей: почечная пазуха (полость) и почечное вещество

Почечное вещество (паренхима) состоит из соединительной ткани, сосудов и нервов. Имеет 2 слоя:

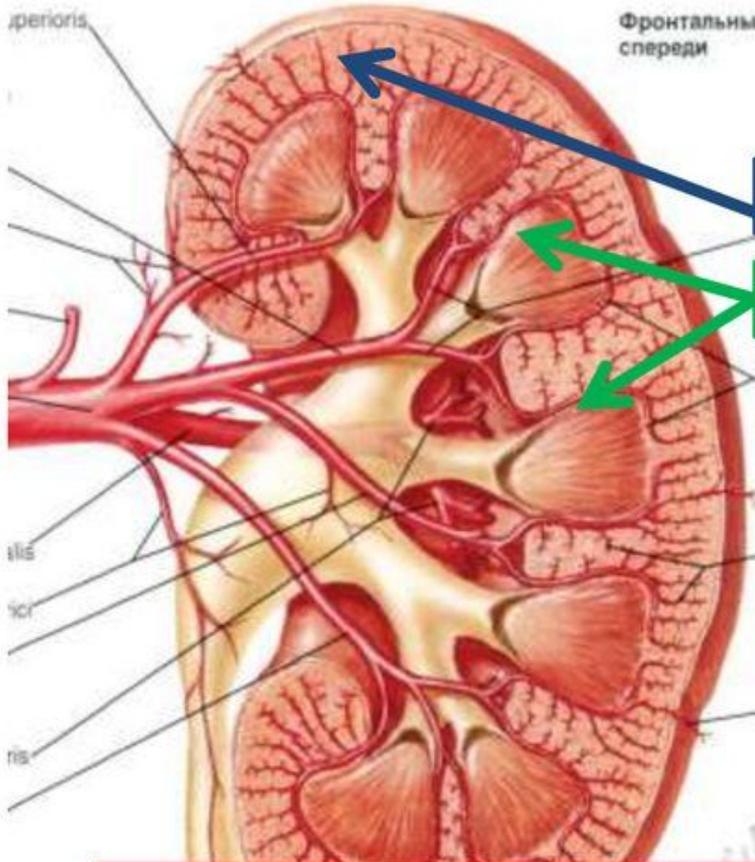
**Наружный слой - КОРКОВЫЙ**

**Внутренний слой - МОЗГОВОЙ**

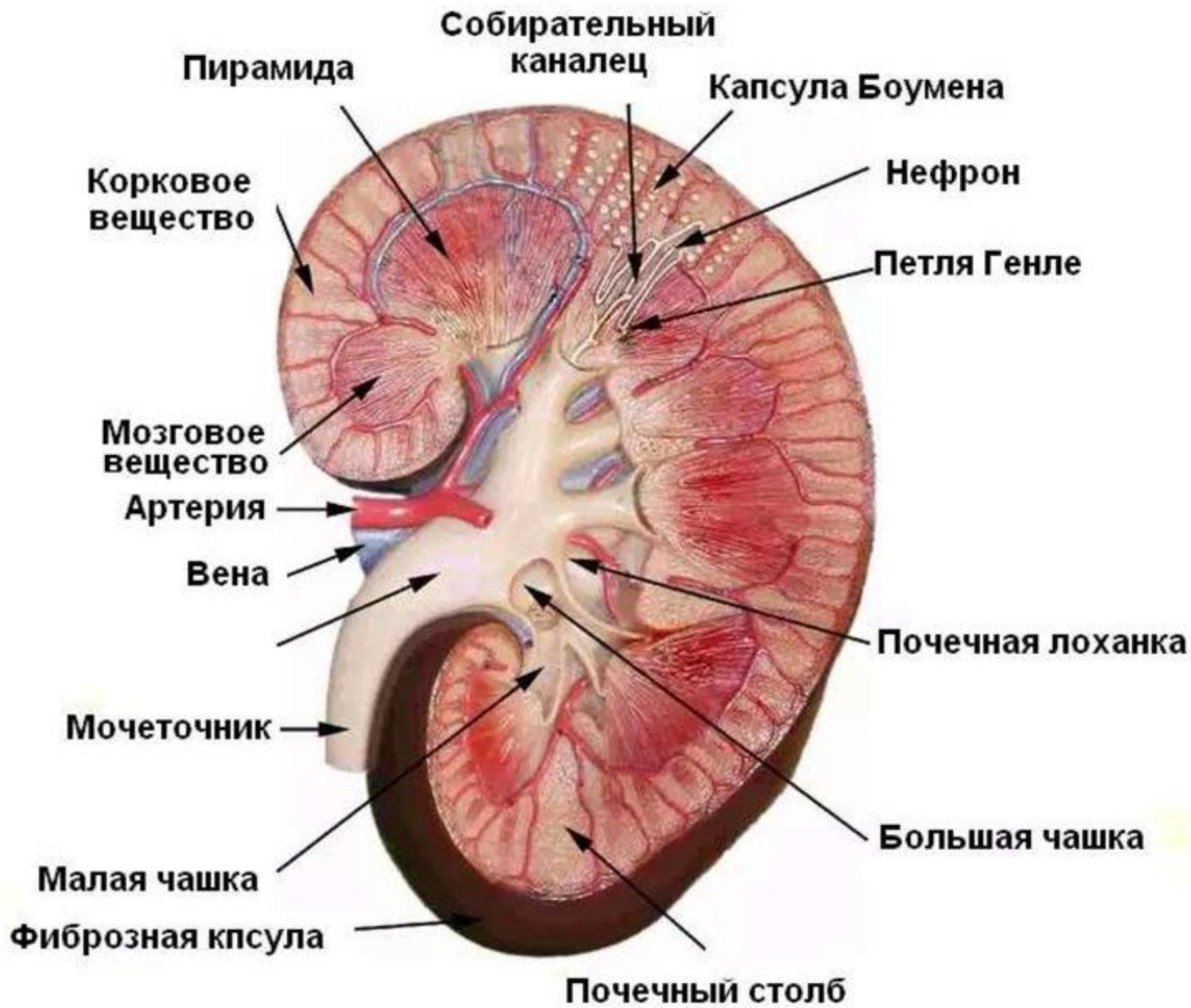
В корковом слое расположено 80% нефронов.

На границе коркового и мозгового слоев располагаются 20% нефронов. Эти нефроны называются около мозговые (юкстамедуллярные), они выполняют эндокринную функцию почек – вырабатывают ренин и эритропоэтин.

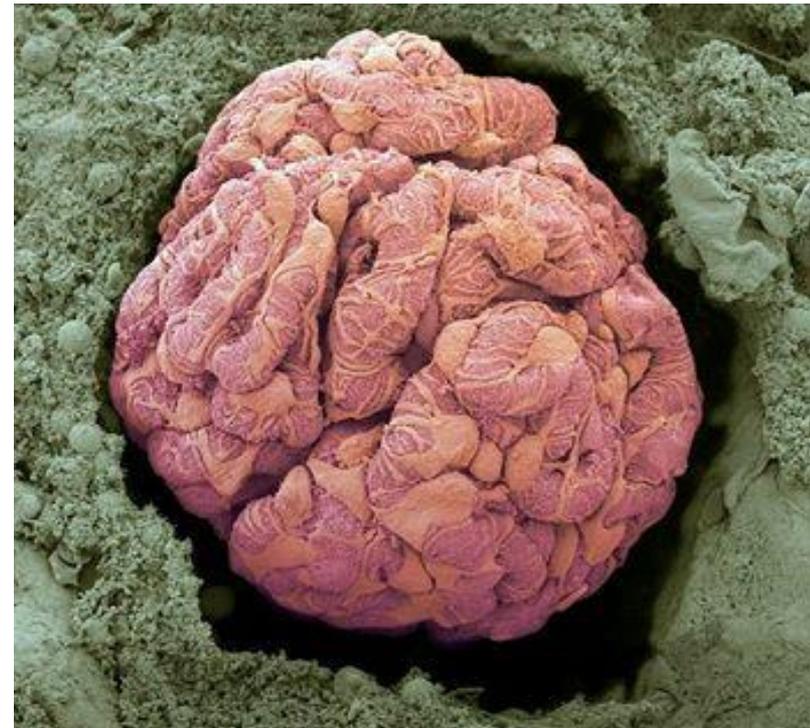
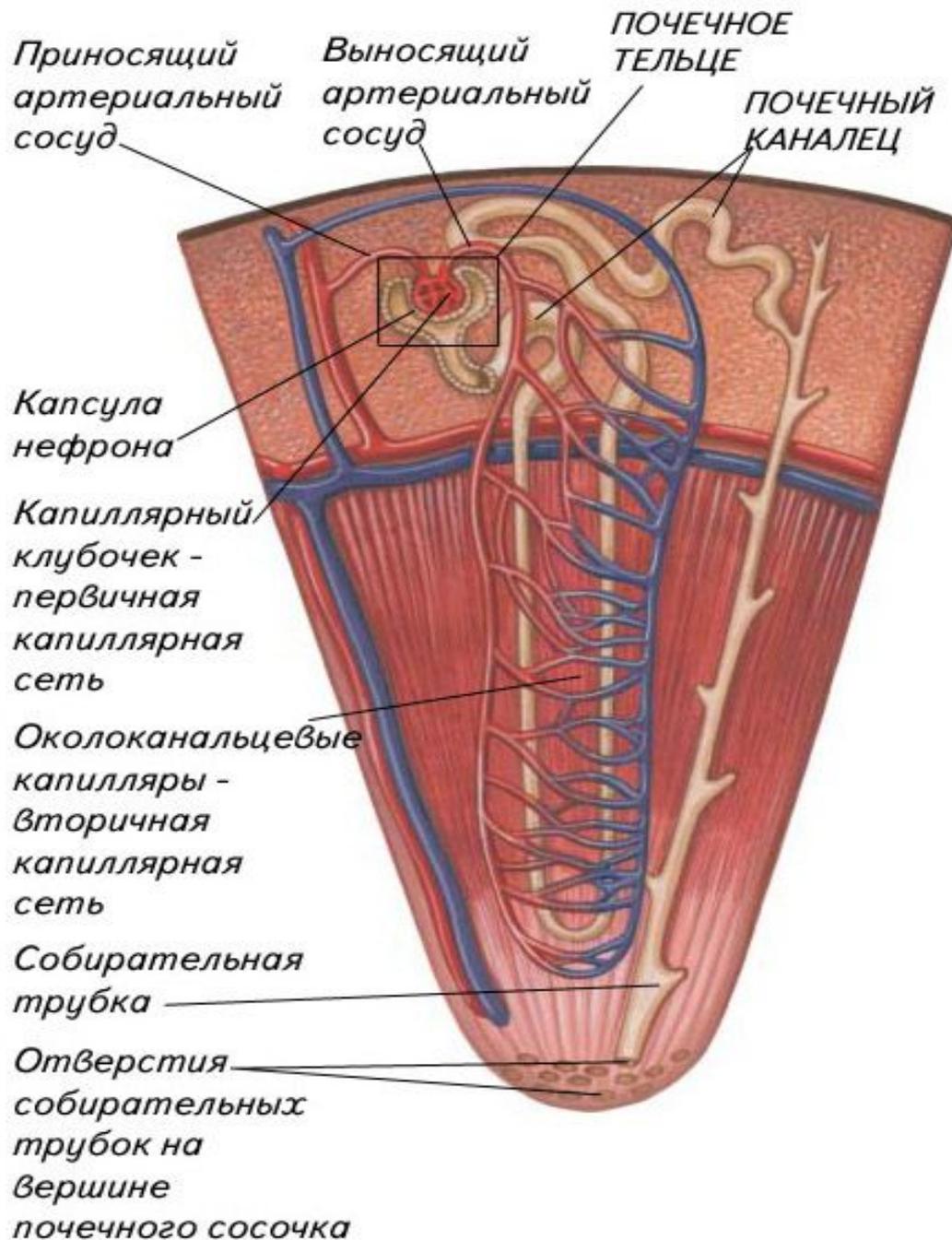
**НЕФРОН – структурно-функциональная единица почки.**  
Количество их в одной почке около 1 млн, но одновременно функционирует только 1/3 нефронов.



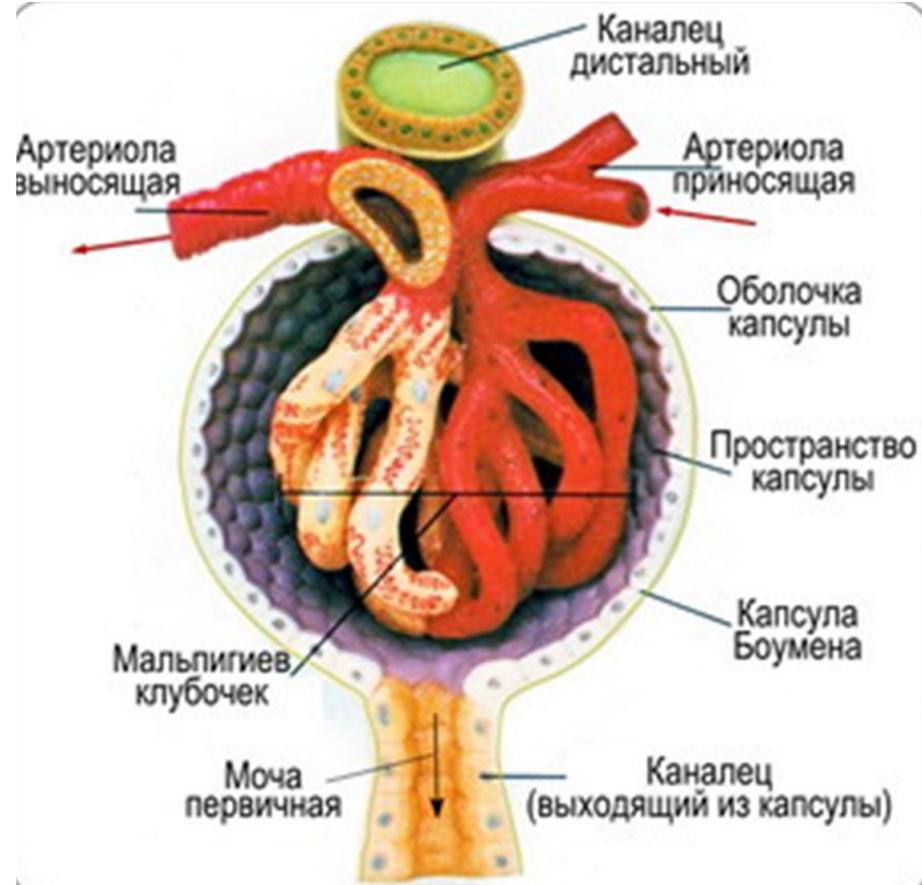
- Стенки почечной пазухи образованы:
- Корковым веществом (по периферии)
- Мозговым веществом (составляющее поч. пирамиды)
- Основания пирамид обращены к поверхности почки, верхушки - в пазуху.
- Верхушки соединяются по две или более и образуют закругленные возвышения - почечные сосочки. В почке ~ 12 сосочков. Каждый сосочек усеян отверстиями, через которые моча выделяется в малые чашки.
- Корковое вещество заходит в глубь почки между пирамидами, образуя почечные столбы. У основания пирамид мозговое вещество в виде полосок заходит в корковое, образуя лучистую часть.
- Между лучами мозгового вещества находится почечное корковое вещество, образующее свернутую часть.



# Строение нефрона

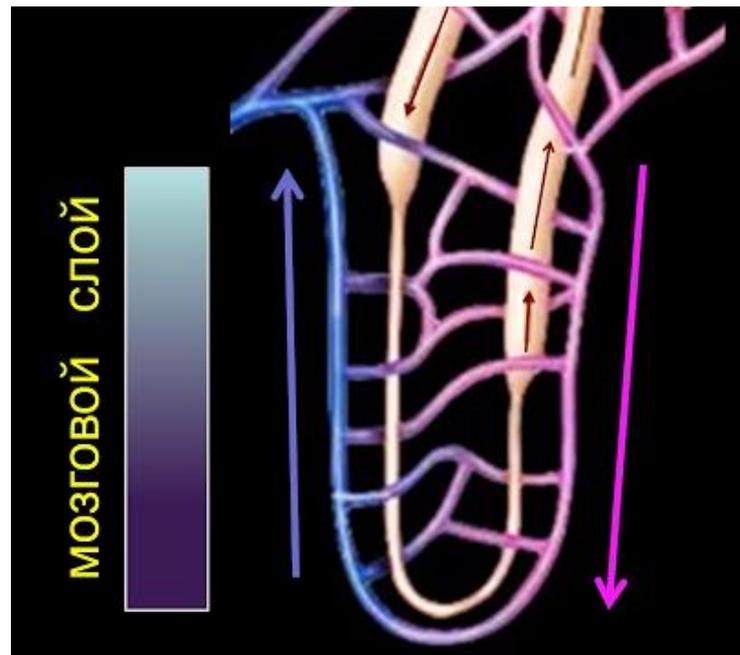
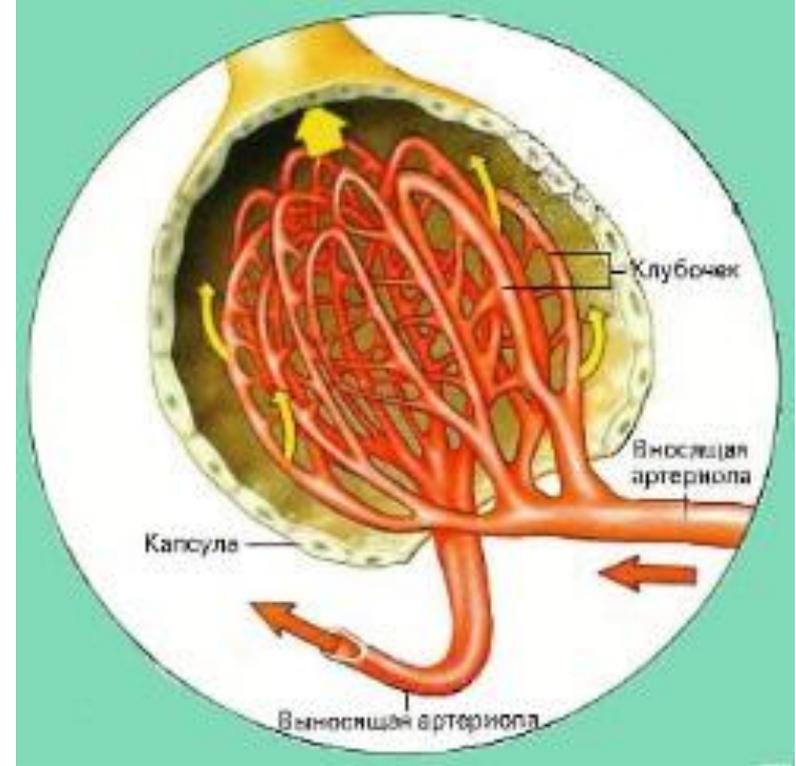


Почка - трубчатая железа.  
Трубочки - почечные  
(мочевые) канальца.  
Слепой конец каждого  
канальца в виде 2-х  
стенной капсулы (**капсула**  
**Шумлянско-Боумена**)  
охватывает клубочек  
кровеносных капилляров.  
Внутренняя стенка капсулы  
состоит из плоских эпителиальных клеток, плотно  
прилегающих к капиллярам клубочка.  
Клубочек вместе с капсулой составляет **почечное**  
**тельце**. Почечные тельца расположены в почечном  
корковом веществе.



# Нефрон:

- Почечное тельце (капсула Шумлянского - Боумена + клубочек кровеносных сосудов)
- Извитые канальца
- Петля Генле



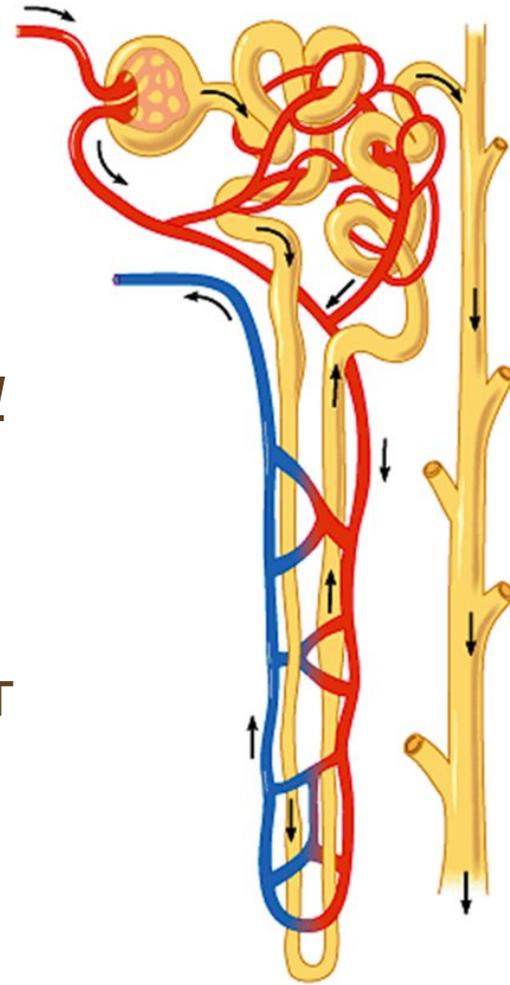
От капсулы почечного тельца начинается **извитой каналец** (проксимальная часть канальца нефрона). Каналец продолжается в петлю нефрона (**петля Генле**), спускающуюся в мозговое вещество, а затем в корковое в виде дистальной части.

Почечное тельце, извитые канальцы и петля являются местом образования мочи и составляют структурную единицу почки - нефрон.

Дистальная часть канальца нефрона впадает в прямую часть - собирательную почечную трубочку.

Прямые канальцы проходят в пирамидах и являются канальцами, выводящими мочу.

Они открываются на сосочках пирамид в малые почечные чашки.



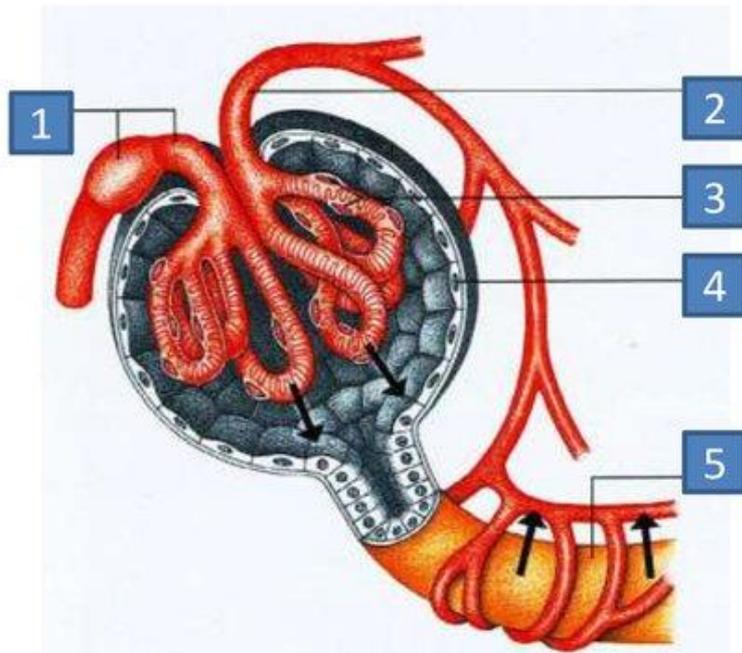
# Фиксирующий аппарат почки

- 1. Связки почки
- 2. Жировая капсула
- 3. Сосудистая ножка
- 4. Внутренний рельеф мышц
- 5. Внутрибрюшное давление

# Особенности кровообращения в почке

Кровь проходит через двойную капиллярную сеть:

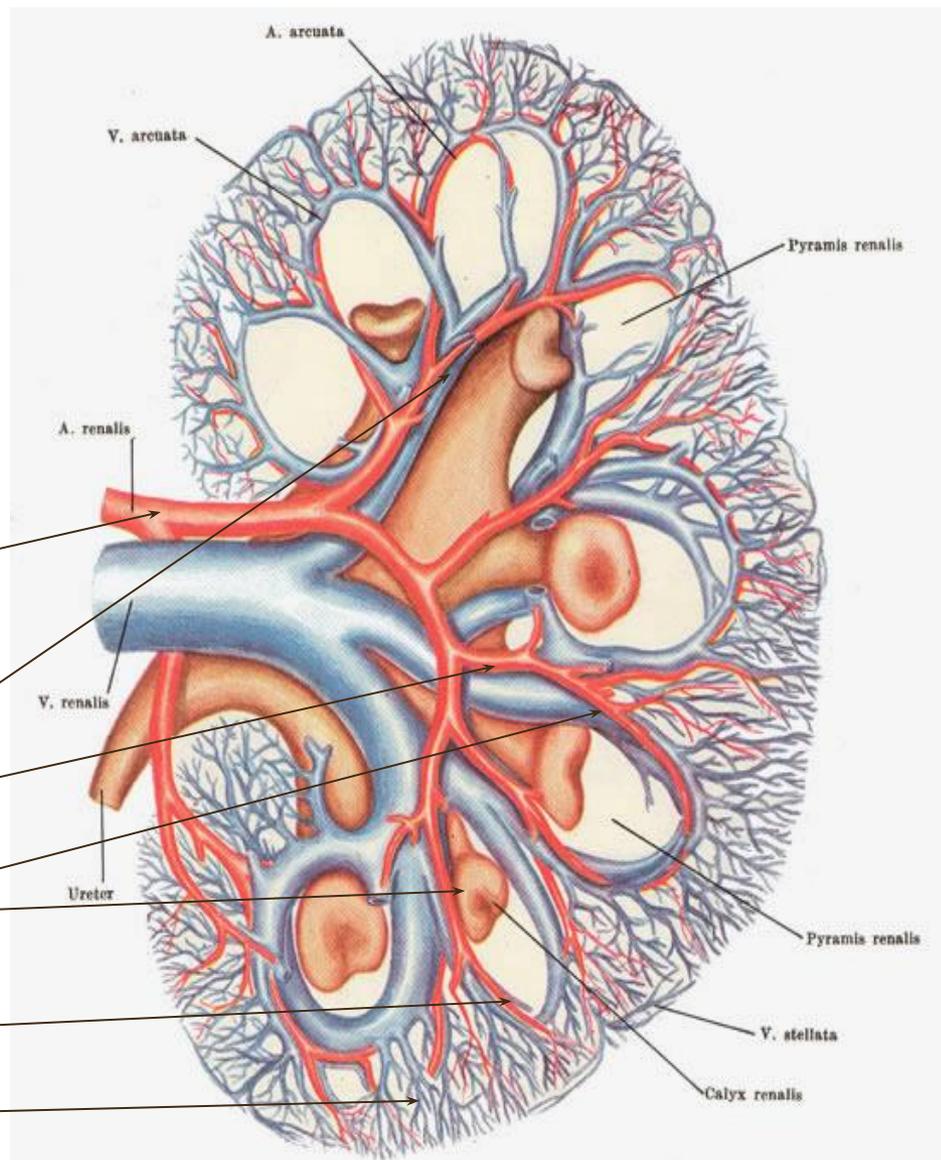
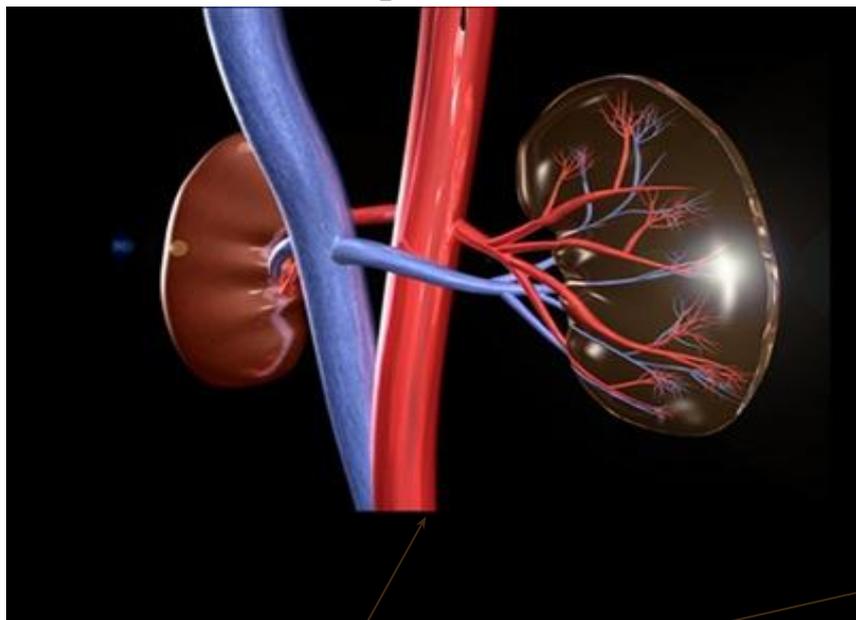
1. В капсуле почечного тельца сосудистый клубочек соединяет две артериолы: приносящую и выносящую, образуя чудесную артериальную сеть. Функция: фильтрация плазмы крови и образование первичной мочи (в сутки образуется 150-180 л).
2. Типичная сеть на извитых канальцах 1 и 2 порядка между артериолами и венулами. Функция: обмен веществ между кровью и тканями нефрона; процесс обратного всасывания воды и нужных организму веществ, образование конечной мочи (в сутки образуется 1,5 л).



## Чудесная капиллярная сеть:

- 1 – приносящая артериола (просвет шире),
- 2 – выносящая артериола (просвет уже), поэтому из капсулы крови оттекает меньше
- 3 – капилляры сосудистого клубочка (давление равно 70-90 мм.рт.ст.)
- 4 – капсула почечного тельца (процесс фильтрации первичной мочи)
- 5 – извитой каналец 1 порядка (процесс обратного всасывания (реабсорбции))

# Кровоснабжение почек



почечная артерия

сегментарные артерии

междолевые артерии

дуговые артерии

прямые артериолы

Почечная артерия -  
Сегментарная терии -  
Междолевая артерии -  
Дуговая артерия -  
Приносящая артериола -  
Клубочек капилляров -  
Выносящая артериола -  
Капиллярная сеть вокруг  
канальцев  
Клубочковые венулы -  
Междольковые вены-  
Дуговые вены -  
Междольковые вены-  
Почечные вены-  
Нижняя полая вена



## Механизм образования мочи

В образовании мочи участвуют все отделы нефрона.

Образование мочи происходит в 2 фазы:

- 1) Вначале в почечном тельце путем фильтрации из плазмы крови в капсулу образуется **первичная моча**;
- 2) 2) далее в канальцах нефрона посредством обратного всасывания (реабсорбции) воды и всех нужных организму веществ, а также секреции и синтеза некоторых веществ образуется **конечная моча**.



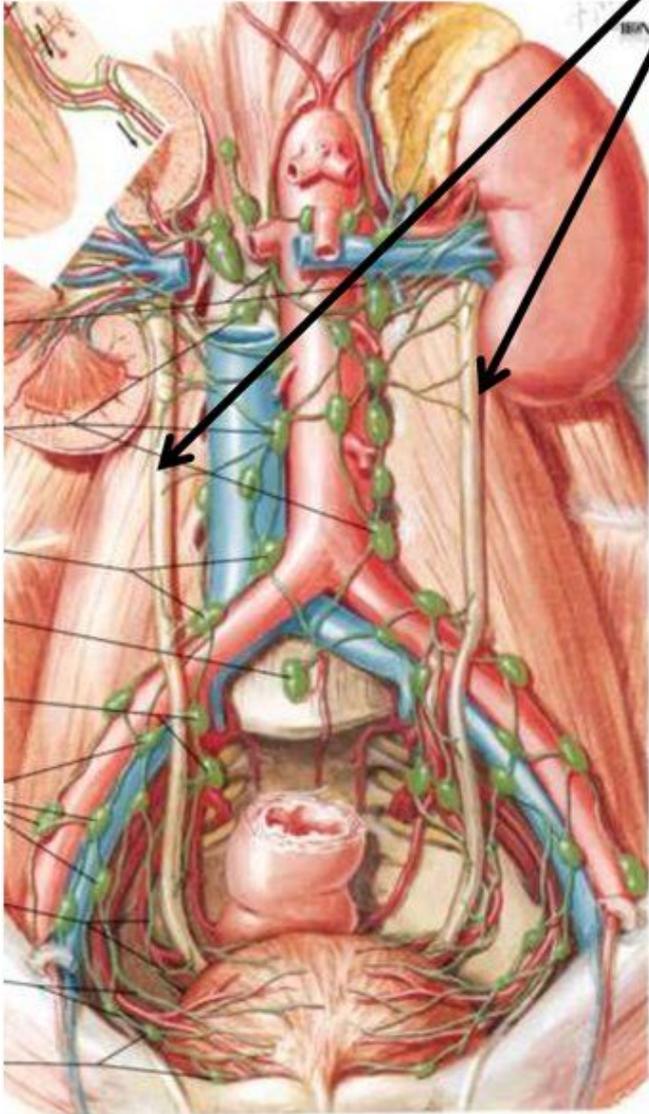
## Образование мочи в почках – результат четырех процессов:

- 1) **Фильтрация** – процесс прохождения воды и растворенных в ней веществ под действием разности давления по обе стороны внутренней стенки капсулы. Этому способствует высокое давление в капиллярах клубочков (70-90 мм.рт.ст.). Фильтрация мочи прекращается, если артериальное давление в капиллярах клубочков ниже 30 мм.рт.ст. Клубочковый фильтрат по химическому составу схож с плазмой крови, но не содержит белков (первичная моча – 150-180 л в сутки).
- 2) **Реабсорбция** происходит в извитых канальцах нефрона. Из первичной мочи обратно в кровь вместе с водой всасываются **пороговые вещества**: глюкоза, аминокислоты, витамины, минеральные соли и т.д. они выводятся с мочой только в том случае, если их концентрация в крови выше константных значений. **Непороговые вещества** реабсорбции не подвергаются: мочевины, креатинин, сульфаты, аммиак и др.
- 3) Путем **Секреции** в канальцах нефрона происходит удаление некоторых веществ, которые не проходят через клубочковый фильтр: креатинин, мочевины, лекарственные вещества, краски.
- 4) Клетки почечных канальцев способны к **Синтезу** некоторых веществ из органических и неорганических продуктов: гиппуровая кислота, аминокислоты, аммиак и т.д.

## Состав конечной мочи

- Моча – прозрачная, соломенного цвета жидкость, имеет слабокислую реакцию (рН 5-7), удельный вес 1,010-1,025, суточное количество (*диурез*) – 1-1,5 л.
- С мочой из организма выводятся наружу вода (96%) и растворенные в ней конечные продукты обмена (около 60 г. плотных веществ). В целом с мочой выделяется около 150 различных веществ:
  - Органических веществ 35-45 г/сутки, из них больше всего мочевины;
  - Неорганических веществ 15-25 г/сутки, из них больше всего поваренной соли (NaCl)
- В условиях патологии в моче обнаруживаются вещества, обычно в ней не выявляемые: белок, сахар, ацетоновые тела и др.

# Мочеточник - ureter



Парный орган, форма трубки длиной 30 см, в диаметре от 3 до 9 мм.

Функция – проведение мочи из почечной лоханки в мочевой пузырь благодаря перистальтике гладкой мышечной оболочки.

Располагается по задней стенке брюшной полости забрюшинно, подходит к дну мочевого пузыря и открывается в его полость.

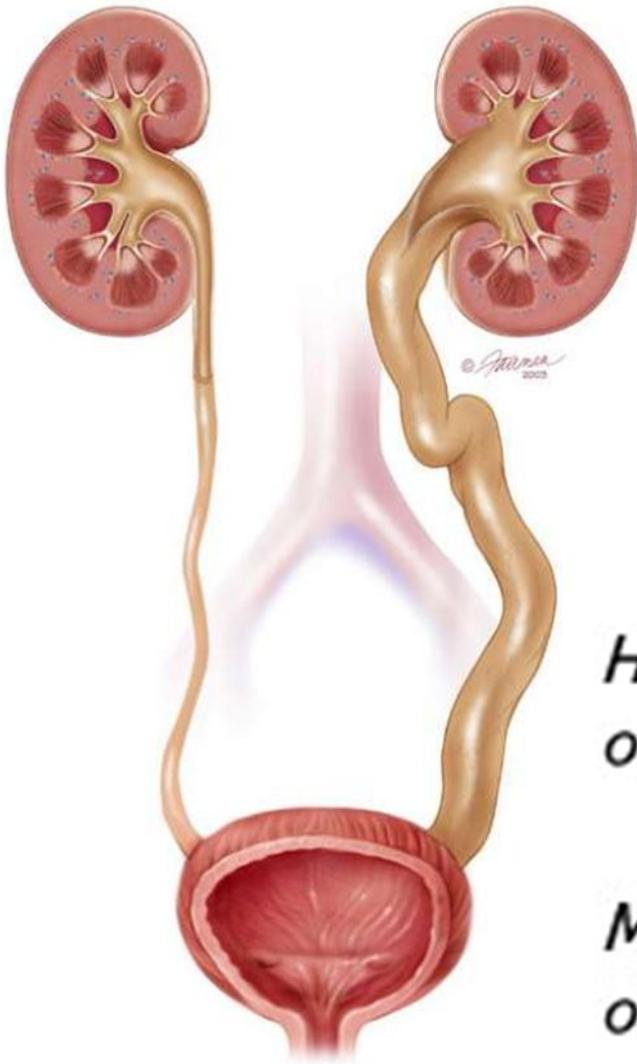
Топографически выделяют 3 части:

брюшная, тазовая, внутривентрикулярная.

Стенка состоит из 3 оболочек:

- ✓ Внутренняя – слизистая, покрыта переходным эпителием, имеет продольные складки ;
- ✓ Средняя – гладкомышечная из двух слоев: продольного и кругового;
- ✓ Наружная – адвентициальная, брюшина покрывает мочеточники только спереди.

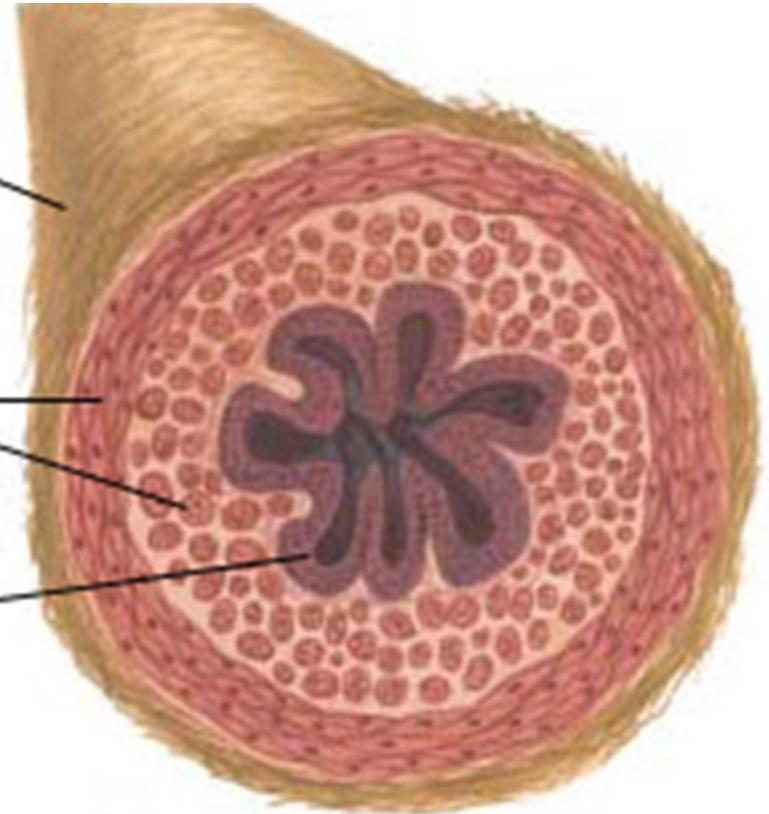
# Мочеточник



Наружная  
оболочка

Мышечная  
оболочка

Слизистая  
оболочка



# Мочевой пузырь – cystis (греч.)

Непарный полый мышечный орган для накопления мочи. Емкость – 500-700 мл. Форма зависит от степени наполнения.

Располагается в полости малого таза за лобковым симфизом. У мужчин сзади находятся ампулы семявыносящих протоков и семенные пузырьки, прямая кишка; у женщин – шейка матки и влагалище.

В мочевом пузыре различают **4 части**: **верхушка пузыря** (обращена к передней брюшной стенке), **тело пузыря** (большая часть), **дно пузыря** (обращено книзу и кзади), **шейка пузыря** (суженная часть дна пузыря, здесь находится внутренний непроизвольный сфинктер).

На дне мочевого пузыря имеется мочепузырный треугольник. В этом месте слизистая оболочка тонкая, не имеет подслизистого слоя, располагаются 3 отверстия: два отверстия мочеточников и внутреннее отверстие мочеиспускательного канала.

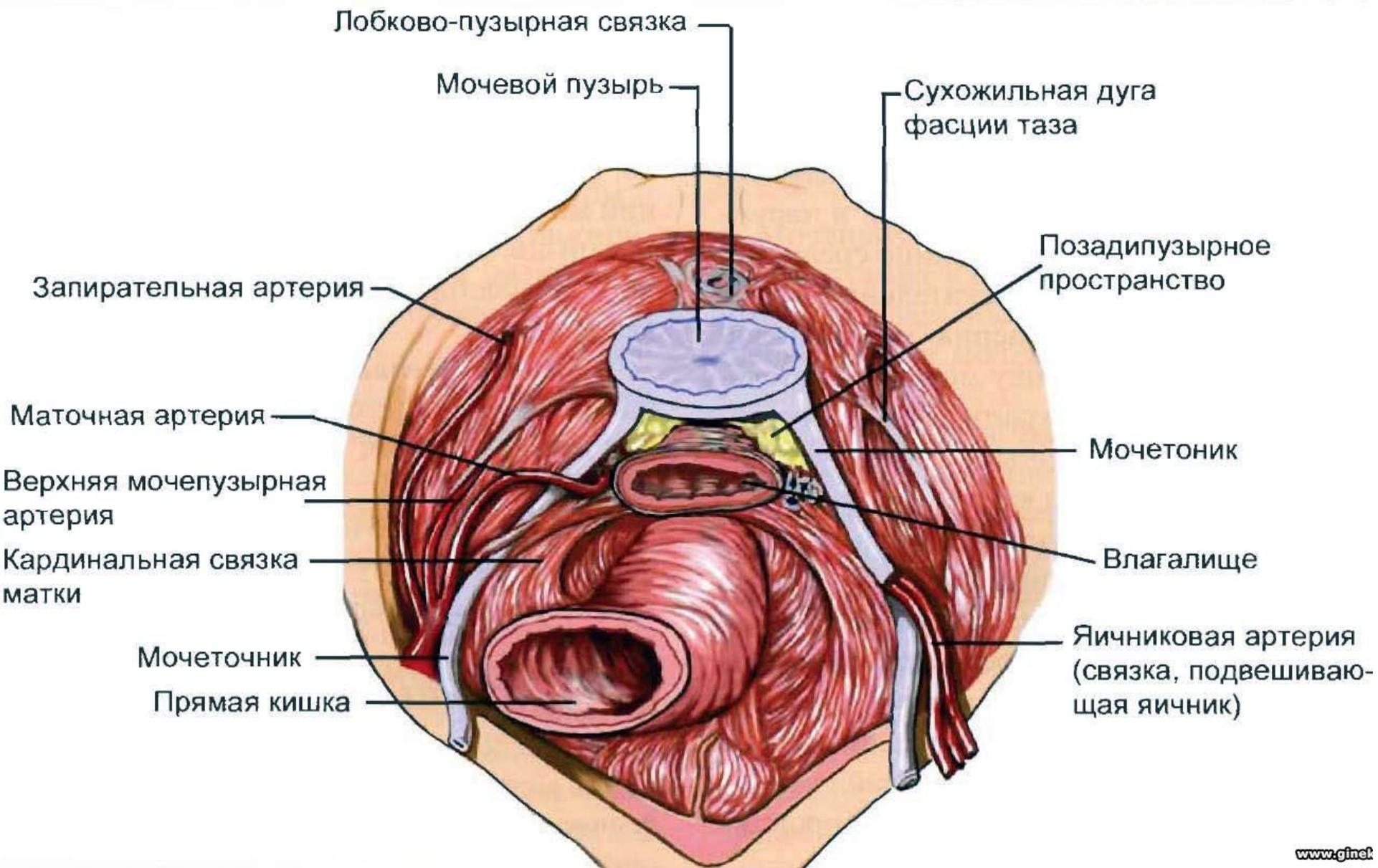
**Стенка мочевого пузыря состоит из 3 оболочек:**

**Внутренняя оболочка** – слизистая с хорошо выраженным подслизистым слоем, имеет много складок, слизистых желез, покрыта переходным эпителием.

**Средняя оболочка** гладкомышечная, располагается в 3 слоя: продольные наружный и внутренний, круговой средний слой.

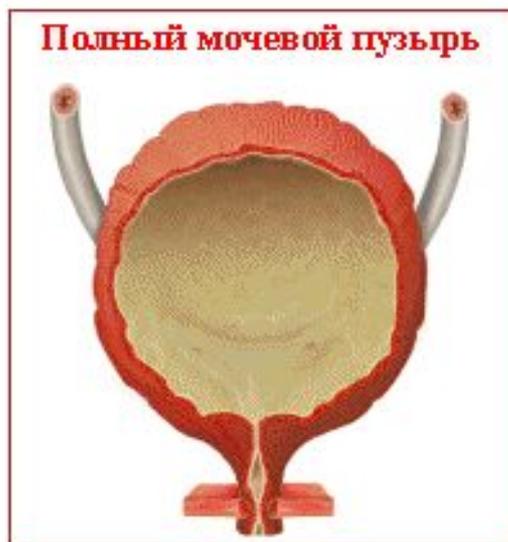
**Наружная оболочка** адвентициальная. Брюшина покрывает мочевой пузырь только сверху.







Уретра



# Мужской мочеиспускательный канал

Это мягкая эластическая трубка длиной 18-23 см, диаметром 5-7 мм. Стенка состоит из 3 оболочек: слизистая, гладкомышечная, адвентициальная. Служит для выведения мочи и семенной жидкости.

## Имеет 3 части:

✓ Предстательная часть (в толще предстательной железы)

✓ Перепончатая часть (в области диафрагмы таза) -

здесь расположен наружный произвольный сфинктер

✓ Губчатая часть (в толще губчатого тела полового члена)

## Имеет 2 кривизны:

передняя

задняя

Внутреннее отверстие

здесь расположен внутренний произвольный сфинктер

## Имеет 3 сужения:

- ✓ В области внутреннего отверстия
- ✓ В перепончатой части
- ✓ У наружного отверстия

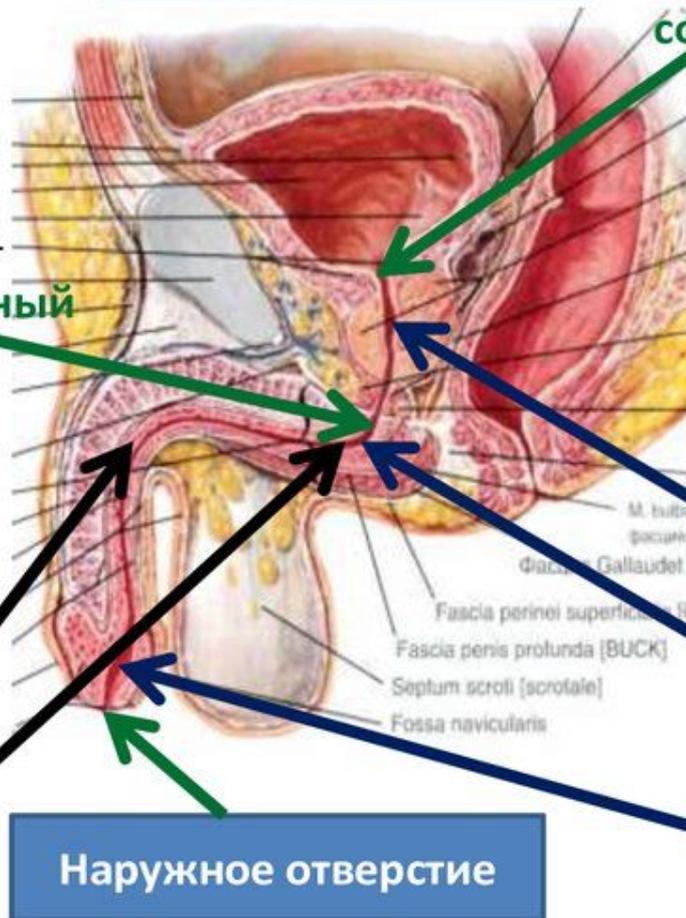
## Имеет 3 расширения:

В предстательной части

В луковице полового члена

В ладьевидной ямке полового члена

Наружное отверстие



Кривизны канала, его сужения и расширения учитываются при введении катетера.

## Женский мочеиспускательный канал

Короткая, слегка изогнутая и обращенная выпуклостью назад трубка длиной 2,5-3,5 см, диаметром 8-12 мм. Стенка канала легко растяжима. Состоит из 3 оболочек: адвентициальной, гладкомышечной и слизистой. Слизистая образует много складок, содержит многочисленные железы и имеет слепые углубления – лакуны. Мочеиспускательный канал находится впереди влагалища и сращен с его передней стенкой.

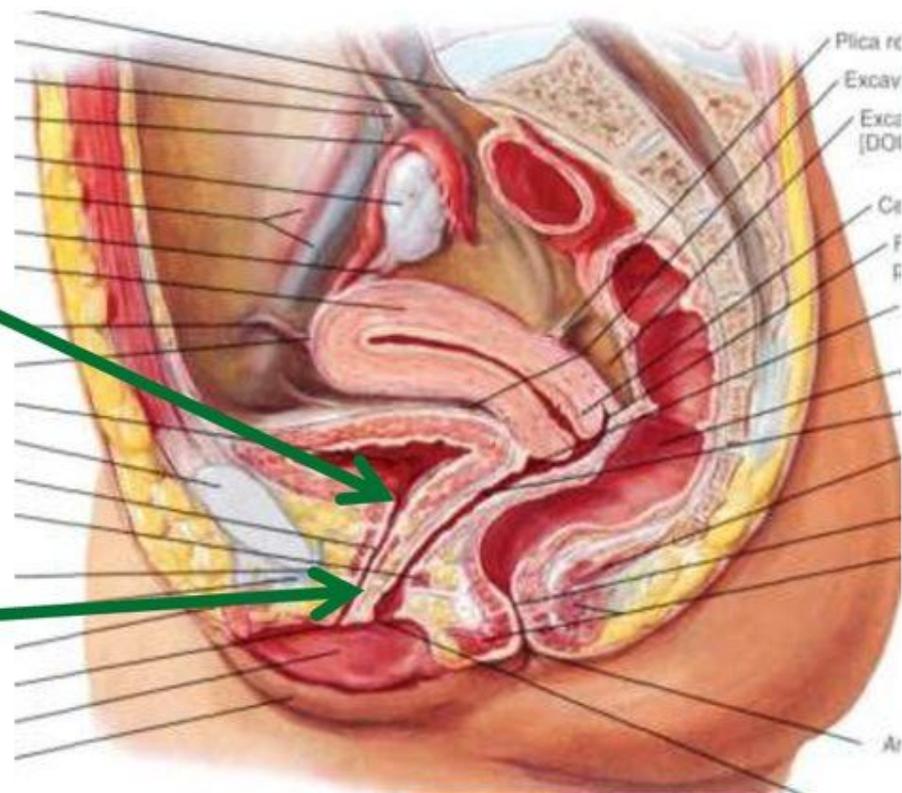
**Канал имеет 2 отверстия. Рядом с ними располагаются сфинктеры:**

**внутреннее отверстие  
(у мочевого пузыря)**

- Внутренний непроизвольный сфинктер, образован гладкой мышечной тканью мочевого пузыря

**наружное (кпереди и выше  
отверстия влагалища)**

- Наружный произвольный сфинктер, образован скелетной мускулатурой мочеполовой диафрагмы таза



# Мочеиспускание

*Мочеиспускание представляет собой 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 у взрослых появляются при увеличении объема мочевого пузыря до 150 мл. Аfferентные (чувствительные) импульсы поступают в спинной мозг в центр мочеиспускания. Отсюда по парасимпатическому 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 идут к наружному произвольному сфинктеру мочеиспускательного канала. Происходит мочеиспускание.

У новорожденных отсутствует произвольная задержка мочеиспускания, она появляется только к концу первого года. Прочный условный рефлекс задержки мочеиспускания вырабатывается только к концу второго года.

# Выделение

- За 1 минуту через почки проходит  $1/5$  всей крови
- В сутки через почки проходит 1500 – 1700 л крови
- Образуется 150-170 л первичной мочи
- В сутки выделяется 1,5 – 2 л вторичной мочи



# Свойства мочи

- **Моча** - биологическая жидкость, вырабатываемая почками и выделяемая из организма по мочевым путям.
- **Цвет** - моча окрашена в различные оттенки желтого
- **Прозрачность** - свежая моча в норме прозрачная. Через некоторое время наблюдается медленное образование мути
- **Запах** - нормальная моча имеет специфический запах, не отличающийся резкостью
- **Реакция мочевой среды** - нейтральная ( $\text{pH} = 7$ ), или слабокислая ( $\text{pH}$  колеблется в пределах 5 - 7)
- **Относительная плотность мочи** - 1003 – 1028 единиц у здоровых людей.

# Состав плазмы крови, первичной и вторичной мочи человека

Составные вещества	Плазма крови	Первичная моча	Вторичная моча
Белки, жиры, гликоген	7–9	Отсутствуют	Отсутствуют
Глюкоза	0,1	0,1	Отсутствует
Натрий (в составе солей)	0,3	0,3	0,4
Хлор (в составе солей)	0,37	0,37	0,7
Калий (в составе солей)	0,02	0,02	0,15
Мочевина	0,03	0,03	2,0
Мочевая кислота	0,004	0,004	0,05

# Регуляция деятельности почек

## Нервно-рефлекторный механизм

## Гуморальный механизм

Оба вида регуляции находятся под контролем гипоталамуса и коры большого мозга

При раздражении рецепторов импульс поступает в ЦНС: (*осморецепторы, хеморецепторы, волюмрецепторы, болевые рецепторы*)

- ✓ При раздражении симпатических нервов фильтрация мочи **уменьшается** вследствие сужения почечных сосудов.
- ✓ При раздражении парасимпатических нервов **увеличивается** выведение мочи и ионов натрия за счет уменьшения их реабсорбции в канальцах почек.

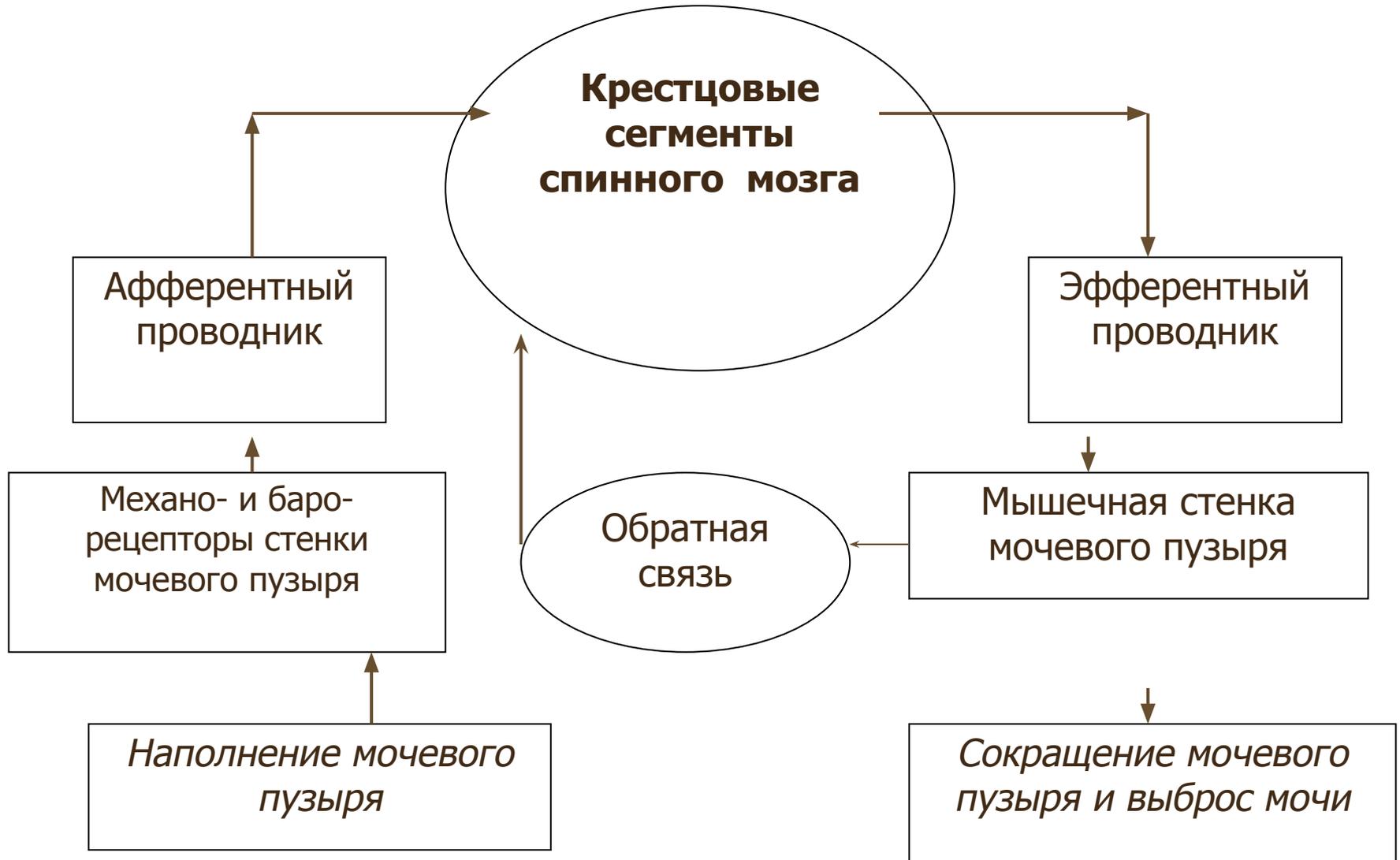
**Вазопрессин (антидиуретический гормон)** гипоталамуса регулирует образование мочи:

- ✓ При **избытке** – уменьшение или прекращение мочеобразования.
- ✓ При **недостатке** – выделение большого количества светлой неконцентрированной мочи (20-40 л/сутки) – несахарный диабет

**Альдостерон** (минералкортикоид коры надпочечников) усиливает процесс обратного всасывания ионов натрия и выводит ионы калия.

При **болевах раздражениях** происходит уменьшение мочеобразования вплоть до полного прекращения, т.к. происходит возбуждение гипоталамус и повышенная выработка вазопрессина.

# Рефлекторная дуга мочеиспускания



# Выведение мочи

- почечные лоханки
- мочеточники,
- мочевого пузыря

Непроизвольный центр мочеиспускания находится в пояснично-крестцовой части СМ.

Опорожнение мочевого пузыря происходит рефлекторно. Импульсы от рецепторов пузыря направляются к центру мочеиспускания в спинном мозге, а от него по парасимпатическому тазовому нерву к мышцам пузыря, вызывая их сокращение и одновременно расслабление сфинктера