

# Физиология выделения

лекция

# Физиологи выделительной системы

**Выделение** – процесс освобождения организма от конечных и промежуточных продуктов метаболизма, чужеродных веществ и избытка питательных веществ

**Система выделения** – совокупность органов, взаимосвязанная деятельность которых обеспечивает постоянство объема жидкости, ионного состава, осмотического давления, рН, концентрация конечных и промежуточных продуктов обмена веществ.

# Органы выделения

- \* **легкие**
- \* **желудочно-кишечный тракт, слюнные железы, печень**
- \* **кожа** (потовые железы, молочные железы – во время лактации):
- \* **почки**

# Функции почек

- \* **Выделительные**
- \* **Не выделительные**

# Функции почек

## \* **Выделительные:**

### 1) эксреторная функция, выделение:

- *продуктов метаболизма белков;*
- *гормонов и продуктов их распада, ферментов;*
- *чужеродных веществ;*
- *избытка веществ, поступивших с пищей или образовавшихся в процессе метаболизма*

# Функции почек

## \* **Выделительные:**

2) гомеостатическая, поддержание постоянства:

- объема крови;
- осмотического давления крови;
- ионного состава жидкостей внутренней среды;
- кислотно-основного равновесия (рН)

# Функции почек

## \* **Невыделительные:**

1) метаболическая

2) инкреторная:

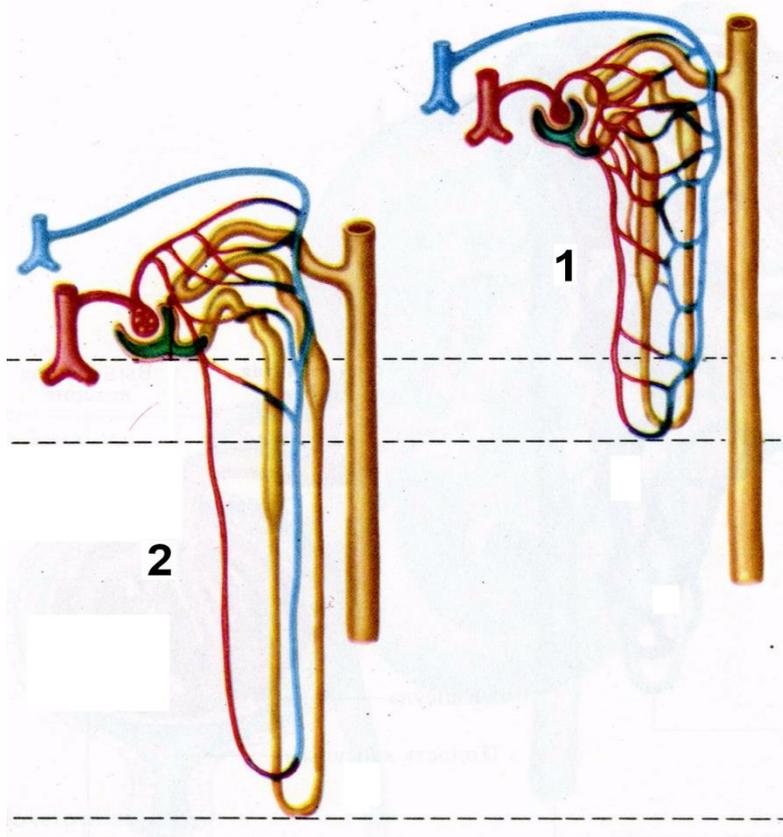
- ренин;
- эритропоэтин и ингибитор эритропоэза;
- простагландины;
- брадикинин;
- витамин D<sub>3</sub>;
- урокиназа и др. вещества.

# Основная структурная единица почки – нефрон

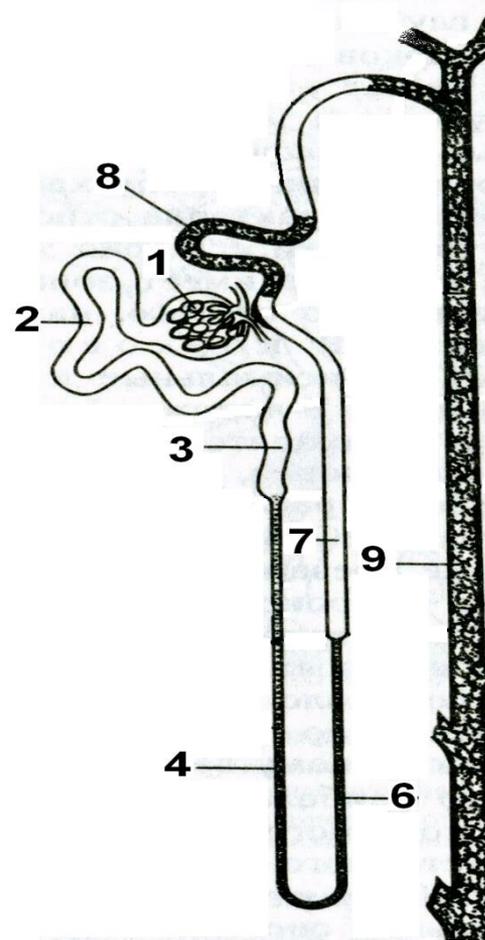
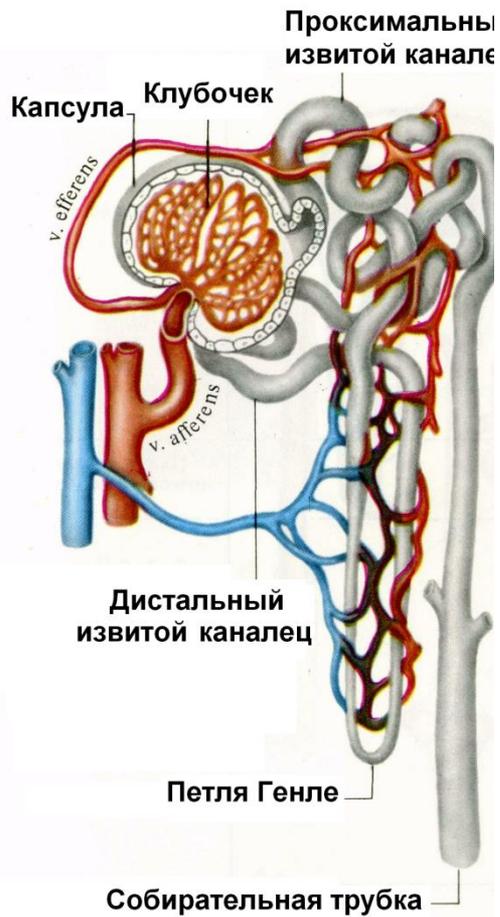
В каждой почке человека содержится  
около 1 млн. нефронов

## Виды нефронов:

- 1) корковые (90%)
- 2) юкстамедуллярные (10%)

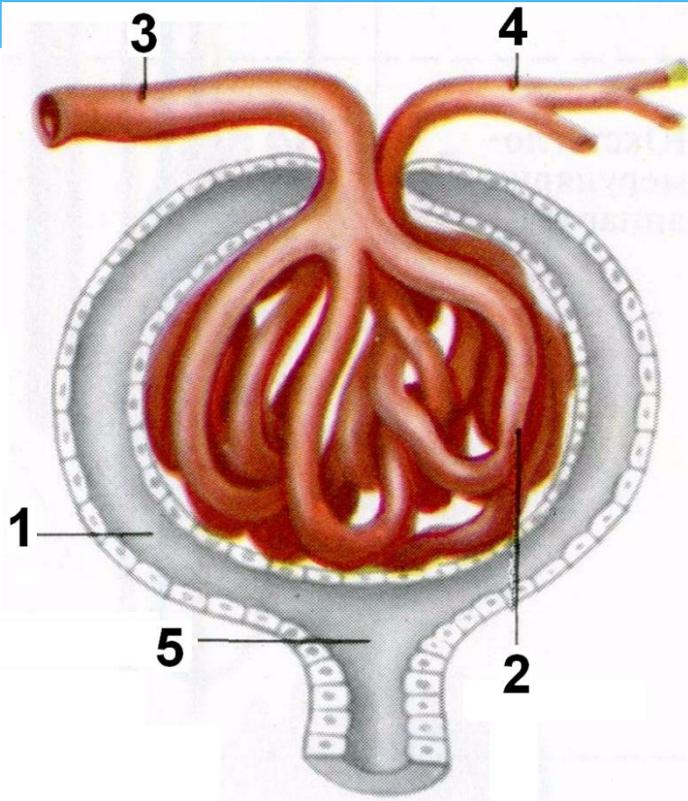


# Строение нефрона



- 1) почечное тельце
- 2) проксимальный извитой каналец
- 3) проксимальный прямой
- 4) нисходящее колено петли
- 5) восходящее колено петли
- 7) дистальный прямой
- 8) дистальный извитой
- 9) собирательная трубка

# Строение почечного тельца



1 - капсула Шумлянско-  
Боумена

2 - капиллярные петли

3 - приносящая артериола

4 - выносящая артериола

5 - полость капсулы

## Особенности кровоснабжения почек

- 1) большой удельный (на единицу массы) кровоток:  
**25 % от МОК (1,2 л);**
- 2) кровоток в разных частях почек неодинаков
- 3) наличие двух систем капилляров в корковом слое почки
- 4) высокое гидростатическое давление в капиллярах клубочка

# Особенности кровоснабжения почек

5) стабильные капиллярное давление и кровоток обеспечивается:

- \* миогенным механизмом;
- \* местными гуморальными механизмами.

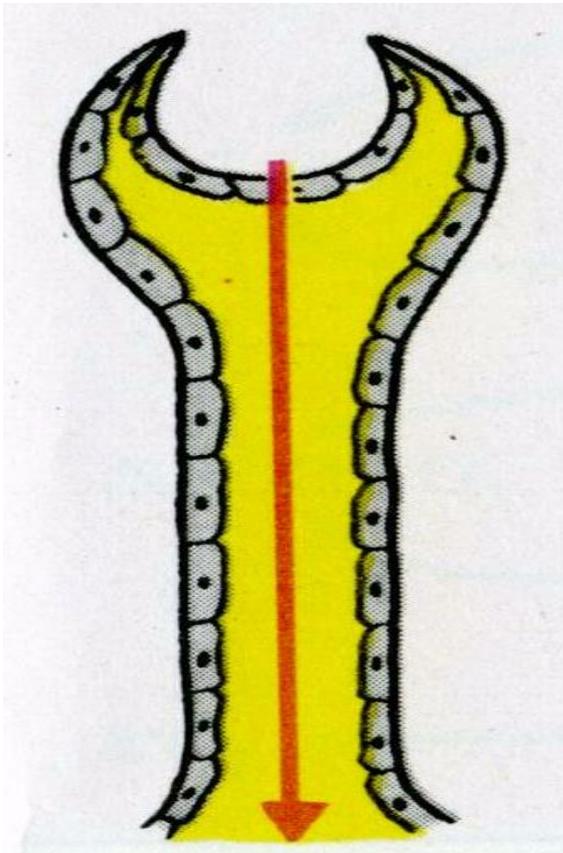
6) обратная зависимость между кровотоком и метаболизмом

# Процессы образования мочи

- \* **фильтрация**
- \* **реабсорбция**
- \* **секреция**

# Фильтрация

переход жидкости с растворенными в ней веществами из просвета клубочковых капилляров в капсулу Шумлянско-Боумена



- \* происходит в почечном тельце
- \* образуется ультрафильтрат (*первичная моча*)
- \* пассивный процесс

# Эффективное фильтрационное давление (ЭФД)

ЭФД – результирующая сил, способствующих и препятствующих фильтрации:

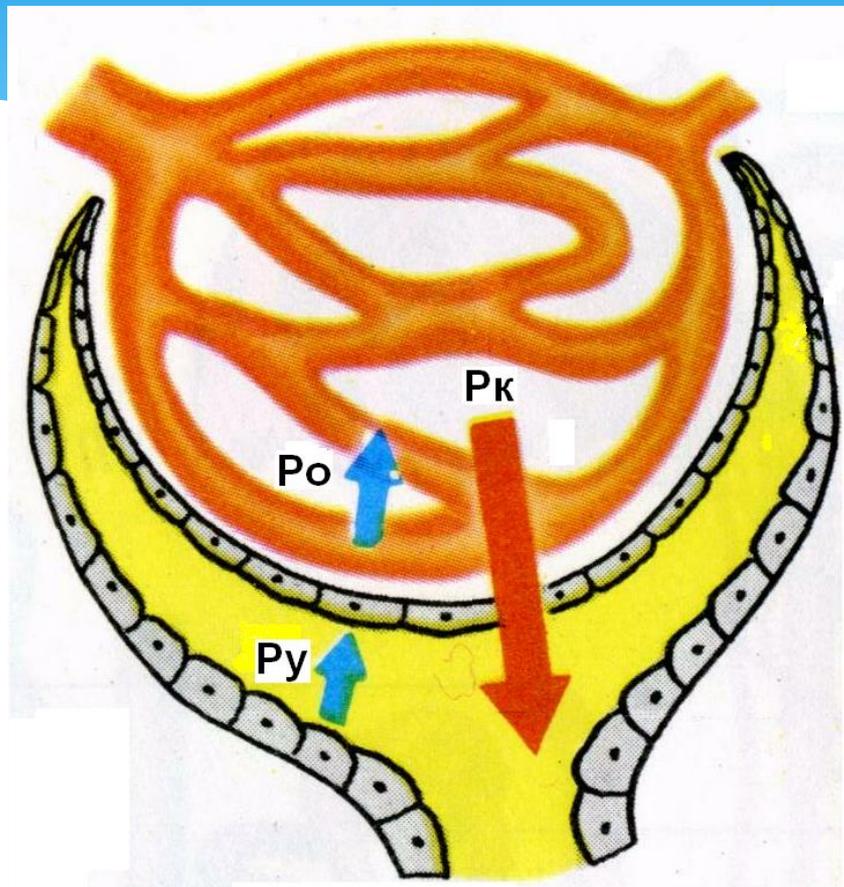
$$\text{ЭФД} = P_k - P_y - P_o$$

$P_k$  - гидростатическое давление крови

$P_y$  - гидростатическое давление ультрафильтрата

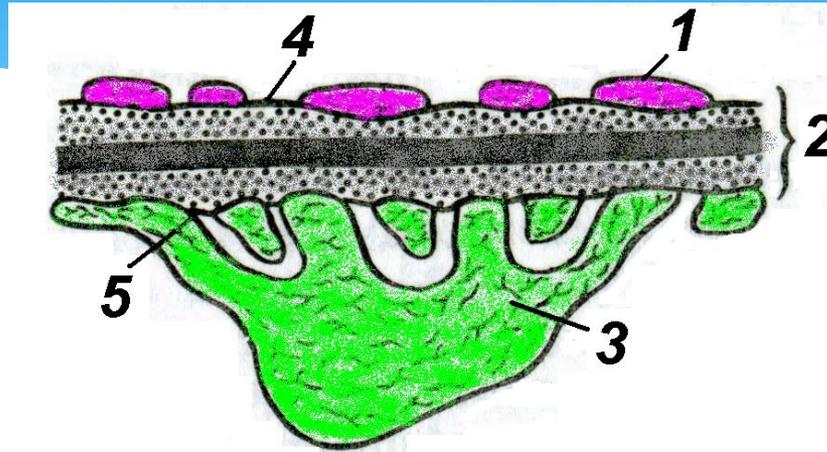
$P_o$  - онкотическое давление крови

## Эффективное фильтрационное давление



$$\text{ЭФД} = 50 - 10 - 25 = 15 \text{ мм рт. ст.}$$

# Гломерулярный (почечный) фильтр



1 - эндотелий капилляров

2 - базальная мембрана

3 - эпителий висцерального листка капсулы (подоциты)

4 – отверстие в эндотелии

5 – отростки подоцитов («ножки»)

# Гломерулярный (почечный) фильтр

## 1 - эндотелий капилляров

- \* отверстия диаметром 50-100 нм;

## 2 - базальная мембрана

- \* *основная часть фильтра;*
- \* размер пор 3-8 нм и отрицательный заряд их внутренней стенки;

## 3 - эпителий висцерального листка капсулы (подоциты)

- \* содержат акто-миозиновые миофибриллы
- \* имеют отрицательный заряд

# Первичная моча

Первичная моча – плазма крови, практически лишённая белков и некоторых других веществ, не проходящих через почечный фильтр

## Факторы, влияющие на состав:

- \* состав плазмы крови
- \* проницаемость фильтрующей мембраны
- \* размер и заряд частиц крови

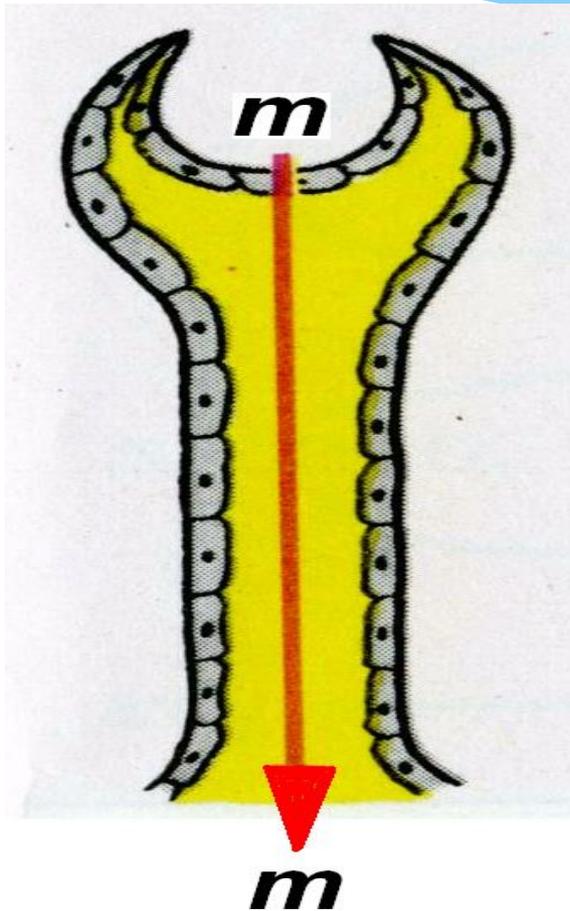
# Скорость клубочковой фильтрации (СКФ)

- \* **СКФ – объем первичной мочи, образующейся за единицу времени**
- \* В норме:
  - \* **120 мл/мин (180 л/сутки)**
- \* На СКФ влияют:
  - \* **ЭФД**
  - \* **проницаемость фильтрующей мембраны**
  - \* **площадь фильтрующей поверхности**
- \* **Определение СКФ имеет важное клиническое значение**

# Определение СКФ

- \* По клиренсу индикаторного вещества  
**клиренс – объем плазмы крови в миллилитрах, полностью «очищенной» от какого-либо индикаторного вещества за 1 минуту**
- \* Индикаторные вещества должны удовлетворять определенным требованиям:
  - \* свободно фильтроваться,
  - \* не реабсорбироваться и
  - \* не секретироваться в почечных канальцах;
  - \* быть не токсичным;
  - \* не расщепляться и
  - \* не синтезироваться в почках

# Определение СКФ



Масса вещества в  
ультраfiltrате =  
= масса вещества в  
моче

# Определение СКФ

масса вещ-ва = объем р-ра × концентрация:

$$V_m \times M_v = \text{СКФ} \times P_v$$

- \*  $V_m$  – объем мочи за единицу времени
- \*  $M_v$  – концентрация индикаторного вещества в моче
- \*  $P_v$  – концентрация индикаторного вещества в плазме крови

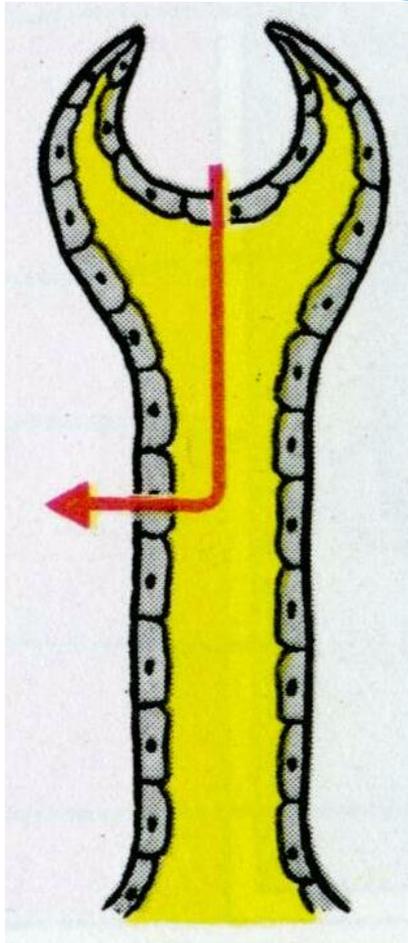
$$\text{СКФ} = \frac{V_m \times M_v}{P_v}$$

# Индикаторные вещества для определения СКФ:

- \* **Инулин**
- \* **Эндогенный креатинин**

# Реабсорбция

возврат веществ из канальцев и собирательных трубочек в интерстиций и кровь



- \* происходит в почечных канальцах и собирательных трубочках
- \* обеспечивает сохранение необходимых организму веществ
- \* основной энергопотребляемый процесс
- \* реабсорбируется ~ 99,5% фильтрата

# **Механизмы реабсорбции веществ:**

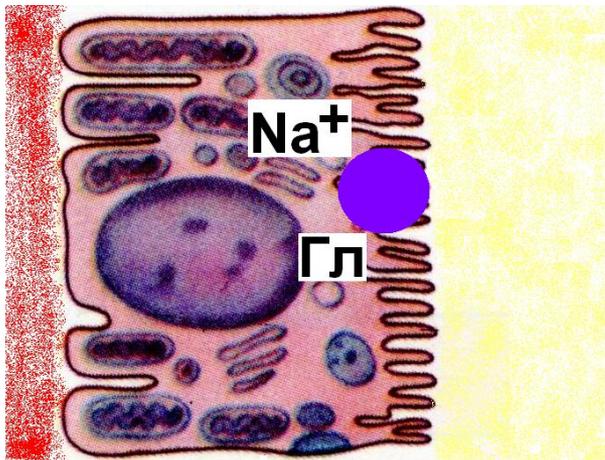
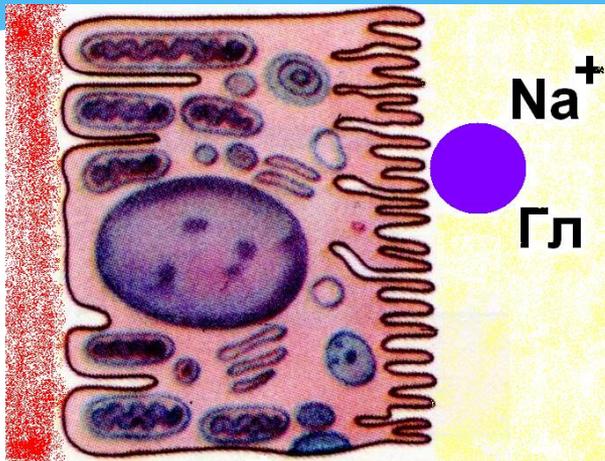
- \* пассивный транспорт**

- \* активный транспорт:**

  - \* Первично-активный транспорт**

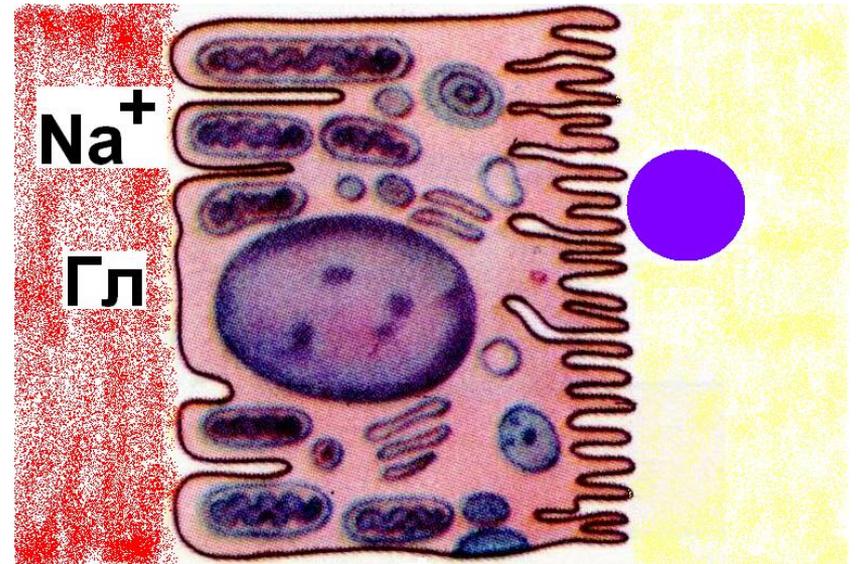
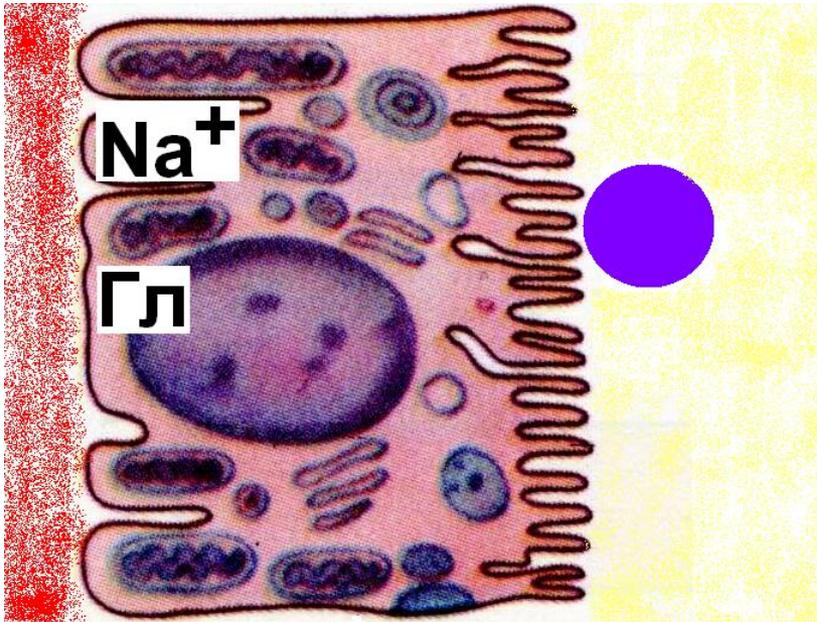
  - \* Вторично-активный транспорт**

# Реабсорбция глюкозы



На апикальной  
поверхности клетки  
проксимального  
извитого канальца:

# Реабсорбция глюкозы



# **Реабсорбируемые вещества**

**в зависимости от степени их реабсорбции:**

- \* пороговые**
- \* беспороговые**

# Пороговые вещества

- \* при нормальной концентрации в плазме крови **реабсорбируются полностью;**
- \* при достижении **определенной концентрации в плазме крови** («порога выведения») выводятся из организма;
- \* реабсорбция происходит с помощью переносчиков;
- \* относятся **глюкоза и аминокислоты**

# «Порог выведения»

- \* это минимальная концентрация вещества в плазме крови, при которой оно появляется в моче
  - \* для глюкозы – 9-10 ммоль/л

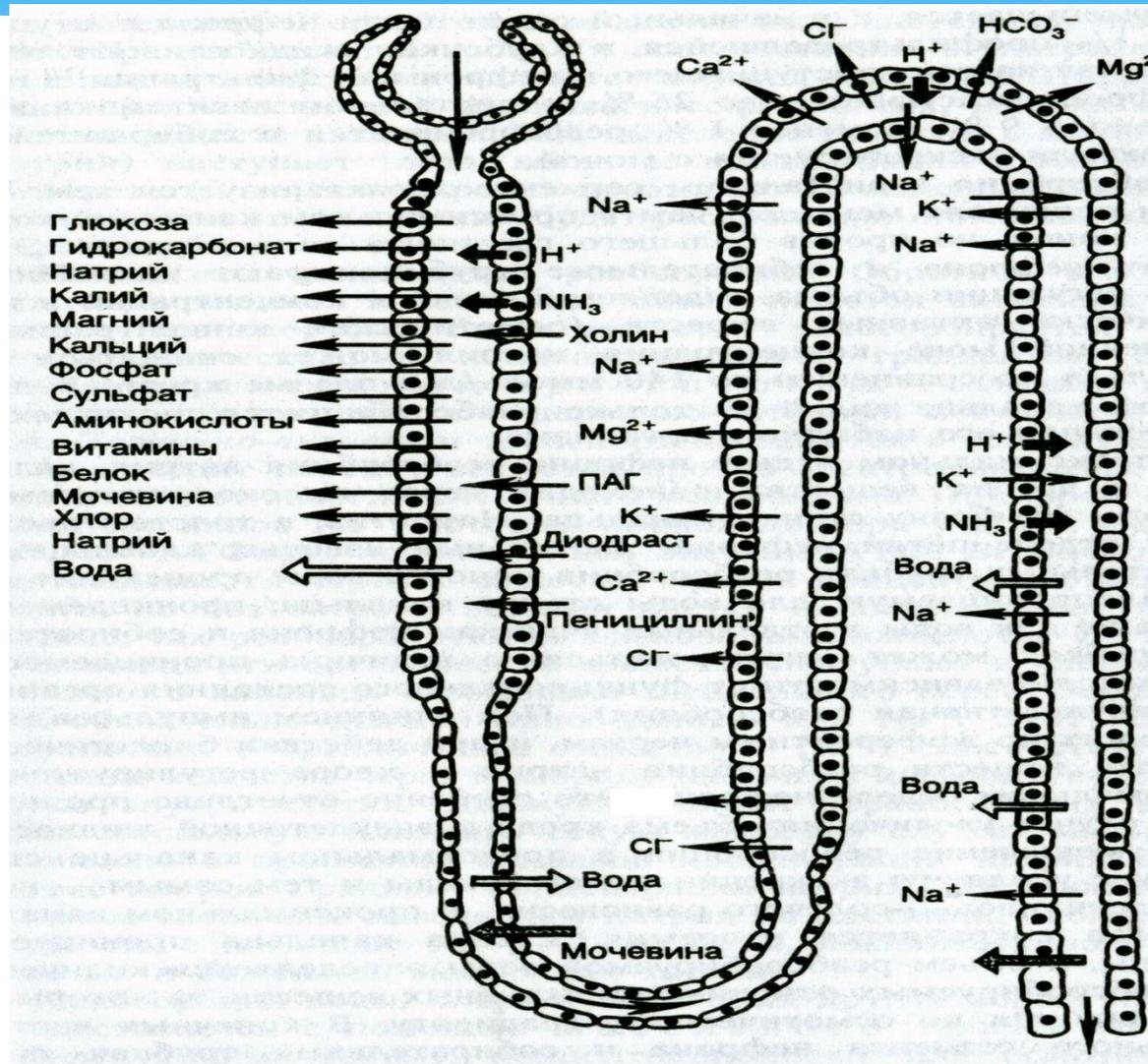
# Беспороговые вещества

- \* выводятся из организма **при любой их концентрации в плазме крови;**
- \* это продукты обмена, подлежащие удалению из организма;
- \* относятся креатинин и мочевина

## Виды реабсорбции:

- \* **облигатная** (обязательная, нерегулируемая)
- \* **факультативная** (необязательная или регулируемая)

# Реабсорбция в разных отделах нефрона



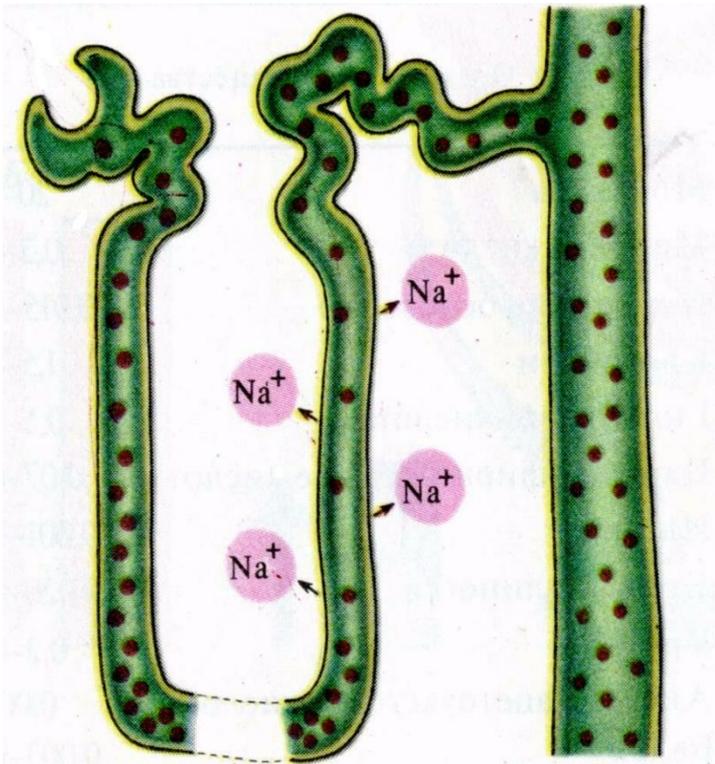
# Реабсорбция в проксимальном извитом канальце

- \* наличие щеточной каемки
- \* всасывается ~ 65% фильтрата
- \* облигатная реабсорбция
- \* полностью реабсорбируются глюкоза, аминокислоты, белки, витамины
- \* частично реабсорбируются вода, мочевины, мочевая кислота, ионы ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ )

# Реабсорбция в других отделах нефрона

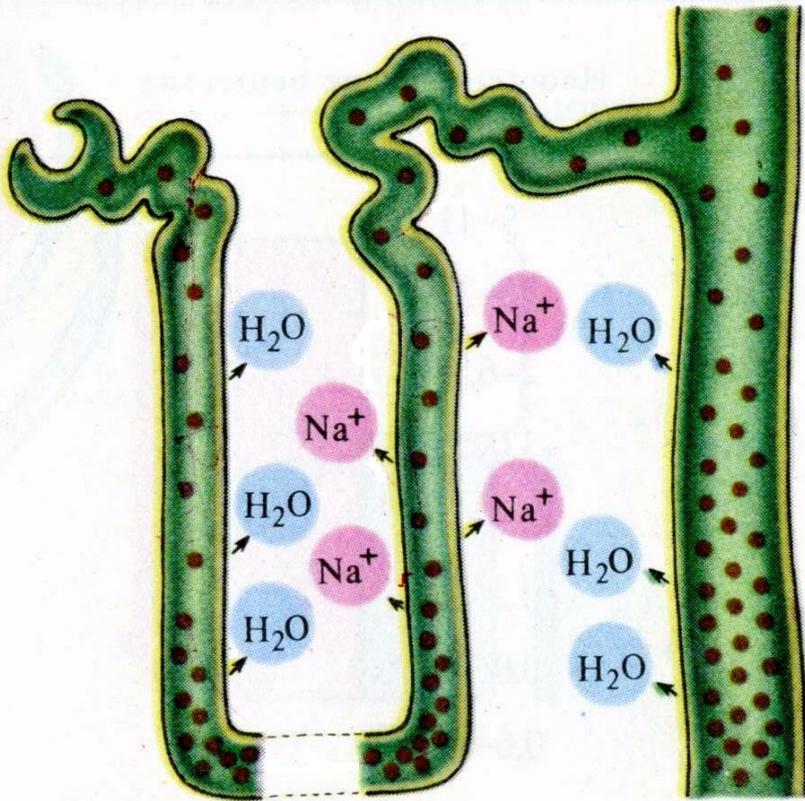
- \* нисходящее колено петли Генле - **вода**
- \* восходящее колено – **ионы**  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$  и др.
- \* дистальные извитые канальцы и собирательные трубочки – вода, ионы  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$  и др.

# Поворотно-противоточный механизм



- \* **основной элемент механизма**  
– толстая часть восходящего колена петли

# Поворотно-противоточный механизм

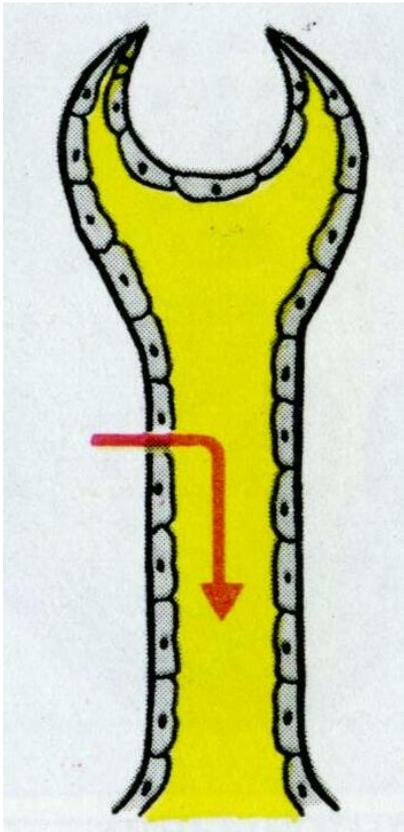


- \* нисходящее колено проницаемо для **воды**
- \* осмотическое давление конечной мочи

50-1400 мосмоль/л

# Секреция

транспорт в мочу веществ, содержащихся в крови или образуемых в самих клетках канальцевого эпителия



- \* назначение – выведение из организма ненужных или токсичных веществ:
  - \* ионы ( $K^+$ ,  $H^+$ )
  - \* органические кислоты и основания эндогенного происхождения
  - \* чужеродные вещества (например, лекарства)

# Регуляция процессов выделения

- \* Регулируются все процессы образования мочи
- \* Преобладает регуляция процесса реабсорбции – гуморальные механизмы

# Нервная регуляция

- \* изменением тонуса приносящих и (или) выносящих артериол (симпатическая нервная система)
- \* условно-рефлекторное изменение мочеотделения

# Гуморальная регуляция процесса реабсорбции

- \* АДГ
- \* альдостерон (РААС)
- \* натрийуретический пептид
- \* паратгормон
- \* кальцитонин
- \* активная форма витамина D<sub>3</sub> и др. гормоны

# Механизм действия АДГ

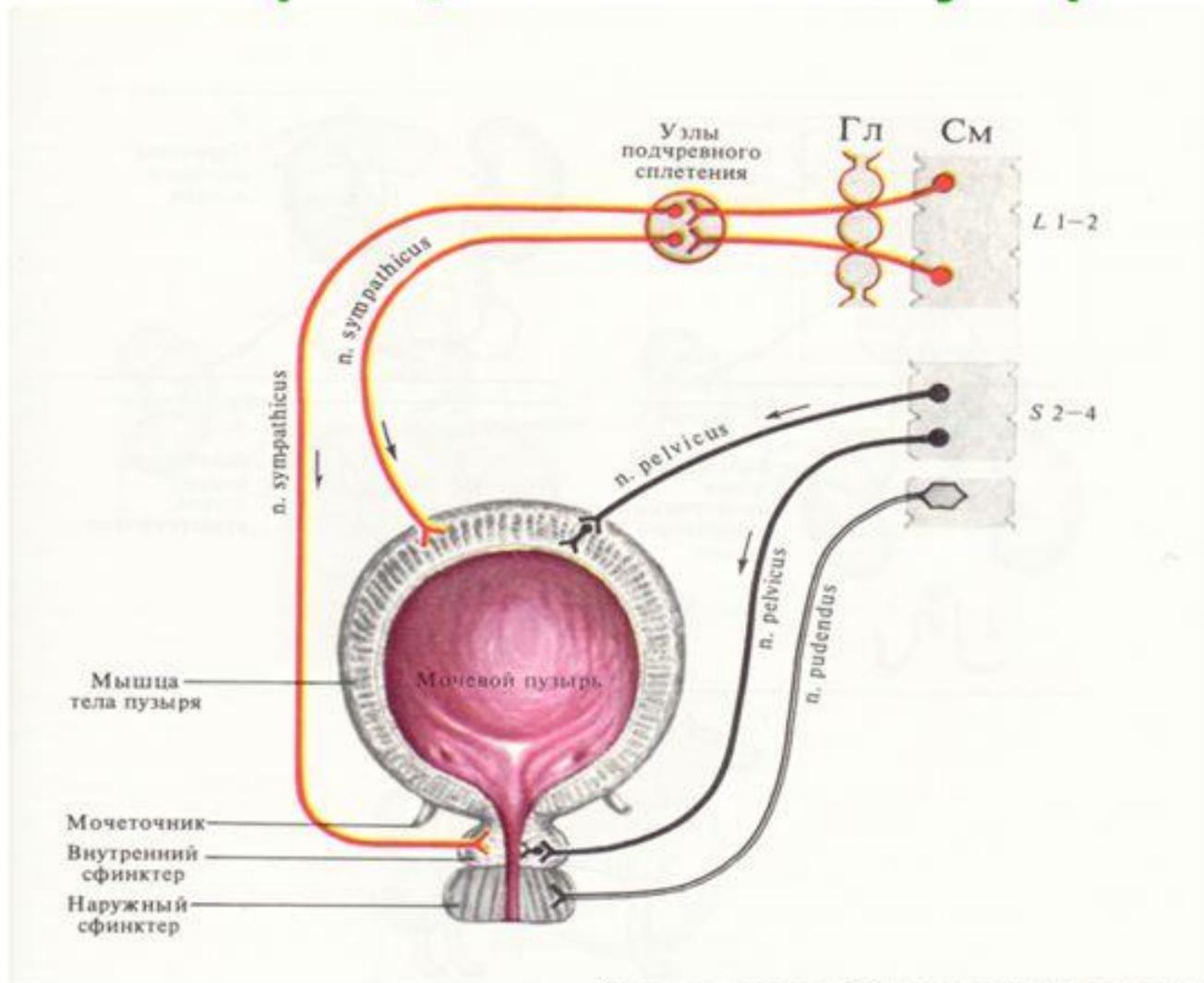
АДГ через посредников активирует аденилатциклазу и образование цАМФ, который обеспечивает:

- \* образование каналов – **аквапоринов**;
- \* активацию и выход из клеток **гиалуронидазы**, которая вызывает расщепление гликозаминогликанов основного межклеточного вещества стенок канальцев и увеличение их проницаемости для воды

# Механизм действия альдостерона

- \* стимулирует синтез компонентов  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ насоса и натриевых каналов апикальной мембраны
- \* усиленное поступление  $\text{Na}^+$  в клетку, что стимулирует  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ насос на базолатеральной мембране
- \* ускоряется активный перенос  $\text{Na}^+$  через клетку, способствуя сохранению  $\text{Na}^+$  в организме, при этом усиливается выведение ионов  $\text{K}^+$  с мочой

# Иннервация мочевого пузыря



Атлас по нормальной физиологии. Под редакцией Н.А.Агаджаняна

# Регуляция мочевыделения

- \* у новорожденного безусловнорефлекторное мочеотделение
- \* к концу первого года формируется условнорефлекторная регуляция мочеиспускания, закрепляется к 2-м годам
- \* мочеиспускание становится произвольно управляемым

После изучения лекции **необходимо** пройти тестирование при помощи сервиса Гугл-формы.

Пожалуйста, корректно заполняйте поля ФИО, факультет и номер группы.

**Ссылка для прохождения  
тестирования:**

**<https://forms.gle/3YYaQayHYcyFN6zT8>**