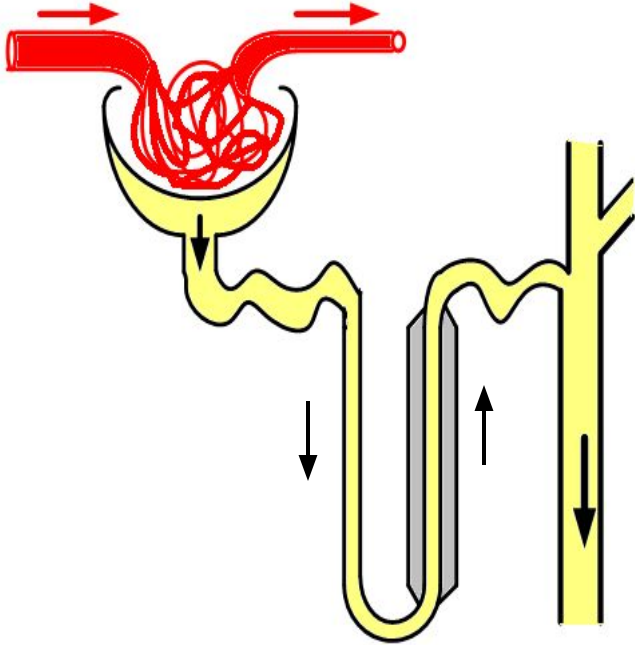


# ПЕТЛЯ ГЕНЛЕ – ПОВОРОТНО-ПРОТИВОТОЧНАЯ МНОЖИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА

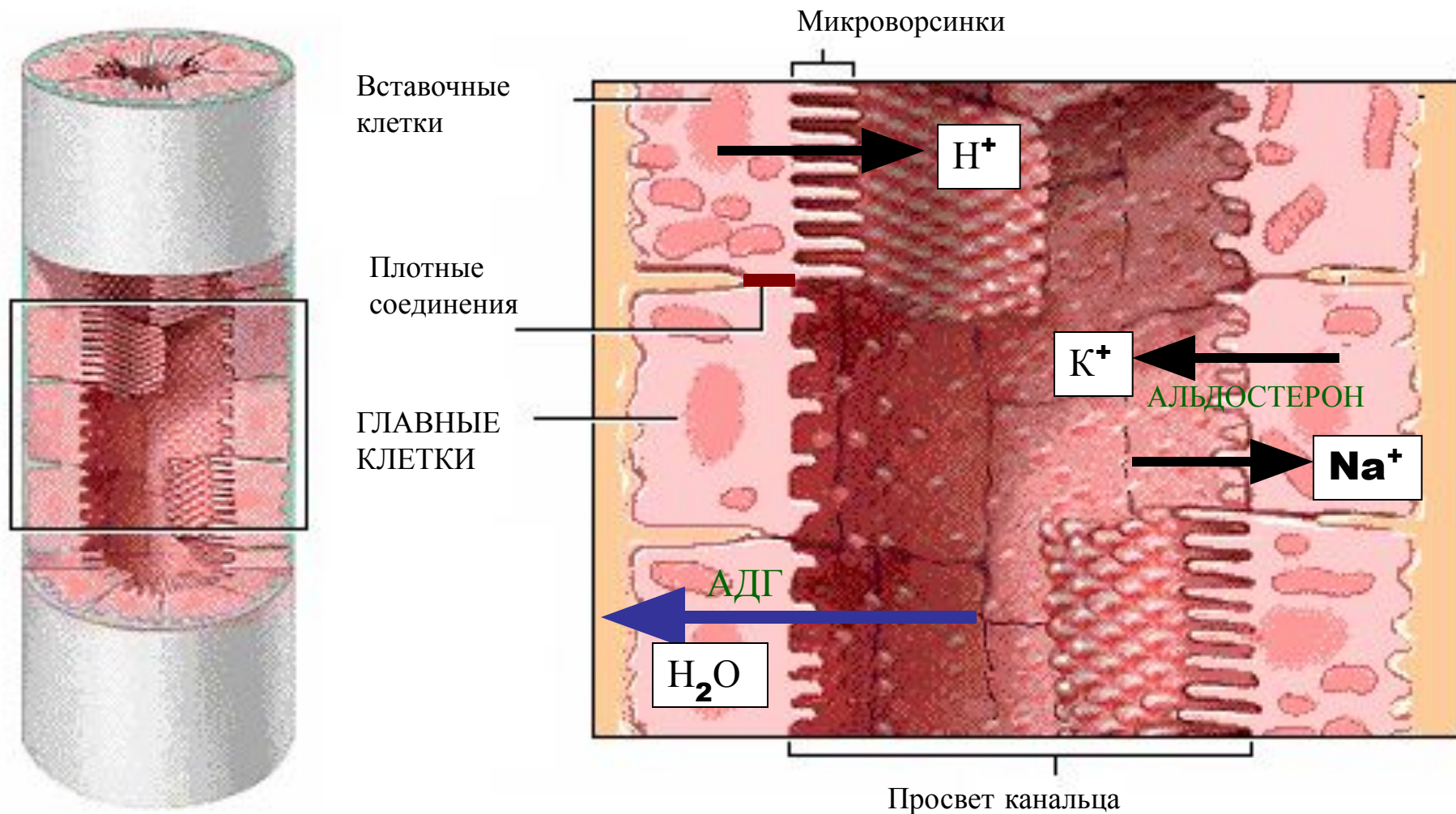


- Нисходящая часть петли Генле высоко проницаема для воды и натрия (пассивная диффузия).
- Восходящая часть петли Генле НЕПРОНИЦАЕМА ДЛЯ ВОДЫ (!!!) Здесь происходит АКТИВНАЯ РЕАБСОРБЦИЯ НАТРИЯ.
- Поэтому за счёт активной реабсорбции натрия (без воды!) создаётся **высокое осмотическое давление в мозговом веществе почки.**

# ДИСТАЛЬНЫЕ КАНАЛЬЦЫ

- **НАЧАЛЬНЫЙ (ПРЯМОЙ) СЕГМЕНТ** дистального канальца также непроницаем для воды. Здесь происходит активная реабсорбция **Na** и **Cl**. Поэтому начальный сегмент играет ключевую роль в **РАЗВЕДЕНИИ МОЧИ** (до **100 – 50** мосмоль /л)
- Следующий – извитой – сегмент дистального канальца состоит из клеток **2-х** типов:
  - ГЛАВНЫЕ КЛЕТКИ осуществляют реабсорбцию **Na<sup>+</sup>** и секрецию **K<sup>+</sup>** (регулируются **АЛЬДОСТЕРОНОМ**)
  - ВСТАВОЧНЫЕ КЛЕТКИ активно секретируют протоны (**H<sup>+</sup>**) и играют ключевую роль в регуляции **КЩС**.
  - ПРОНИЦАЕМОСТЬ ДЛЯ ВОДЫ этого сегмента регулируется с помощью **АДГ** (антидиуретического гормона)

# ДИСТАЛЬНЫЕ КАНАЛЦЫ: РЕГУЛИРУЕМЫЙ ТРАНСПОРТ ВЕЩЕСТВ

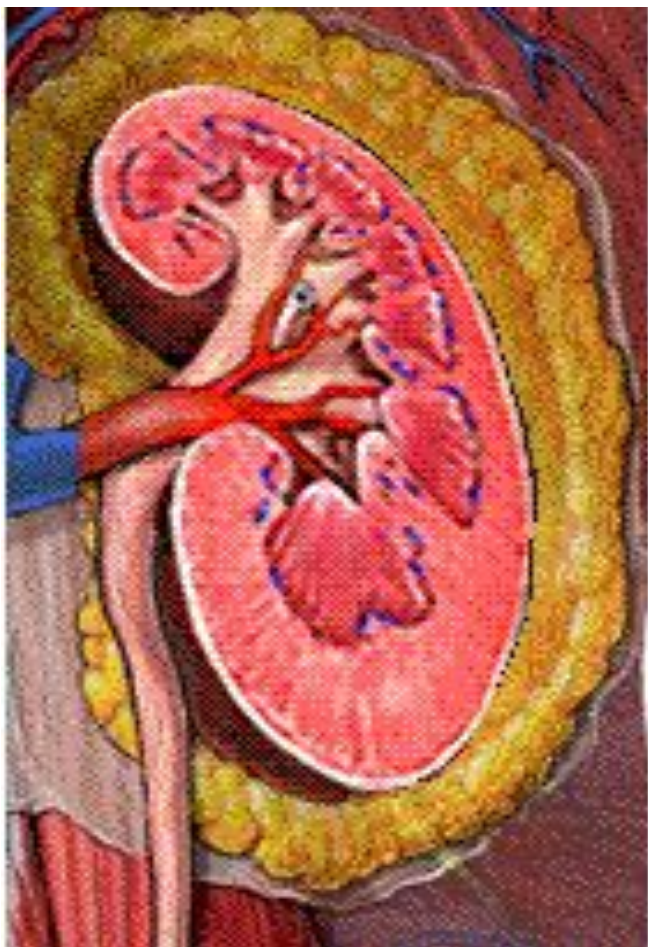


СЕКРЕТИРУЮТСЯ ИОНЫ  $K^+$ ,  $H^+$  и  $NH_3$

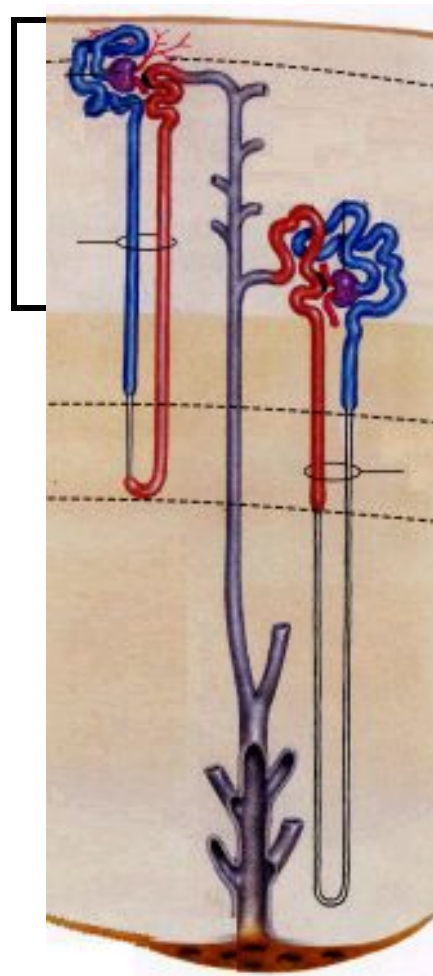
## ДИСТАЛЬНЫЕ КАНАЛЬЦЫ И СОБИРАТЕЛЬНЫЕ ТРУБОЧКИ

- Реабсорбируются вода и электролиты.
- Транспорт этих веществ идёт только через клетки.  
Межклеточные промежутки непроницаемы для воды и ионов.
- Объём реабсорбции – **9%** от объёма первичного фильтрата.
- Поскольку все активные механизмы транспорта регулируются гормонами, именно в дистальных отделах нефрона происходит факультативная реабсорбция и формируется конечная моча.

# КОНЦЕНТРАЦИЯ И РАЗВЕДЕНИЕ МОЧИ

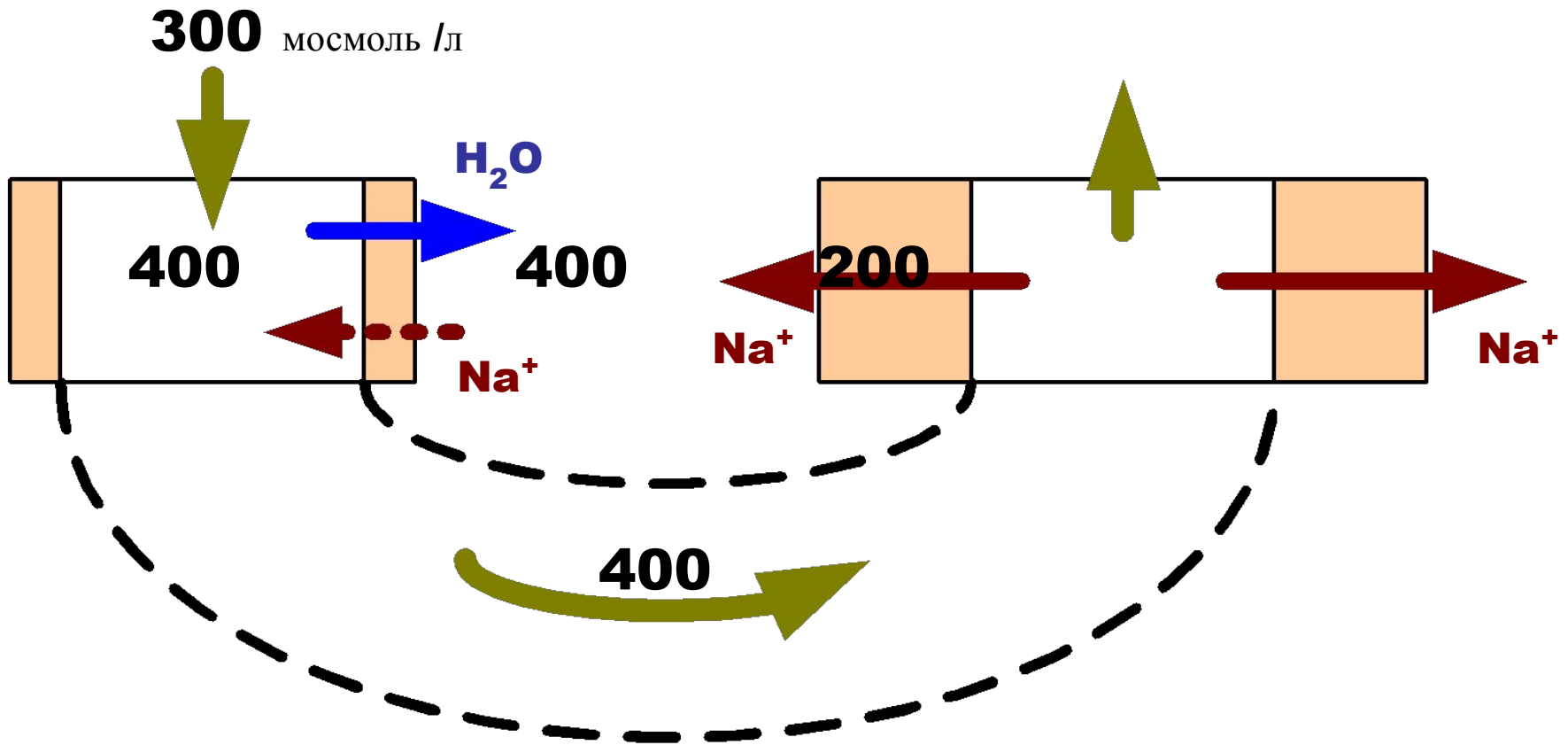


Корковое  
вещество  
почки



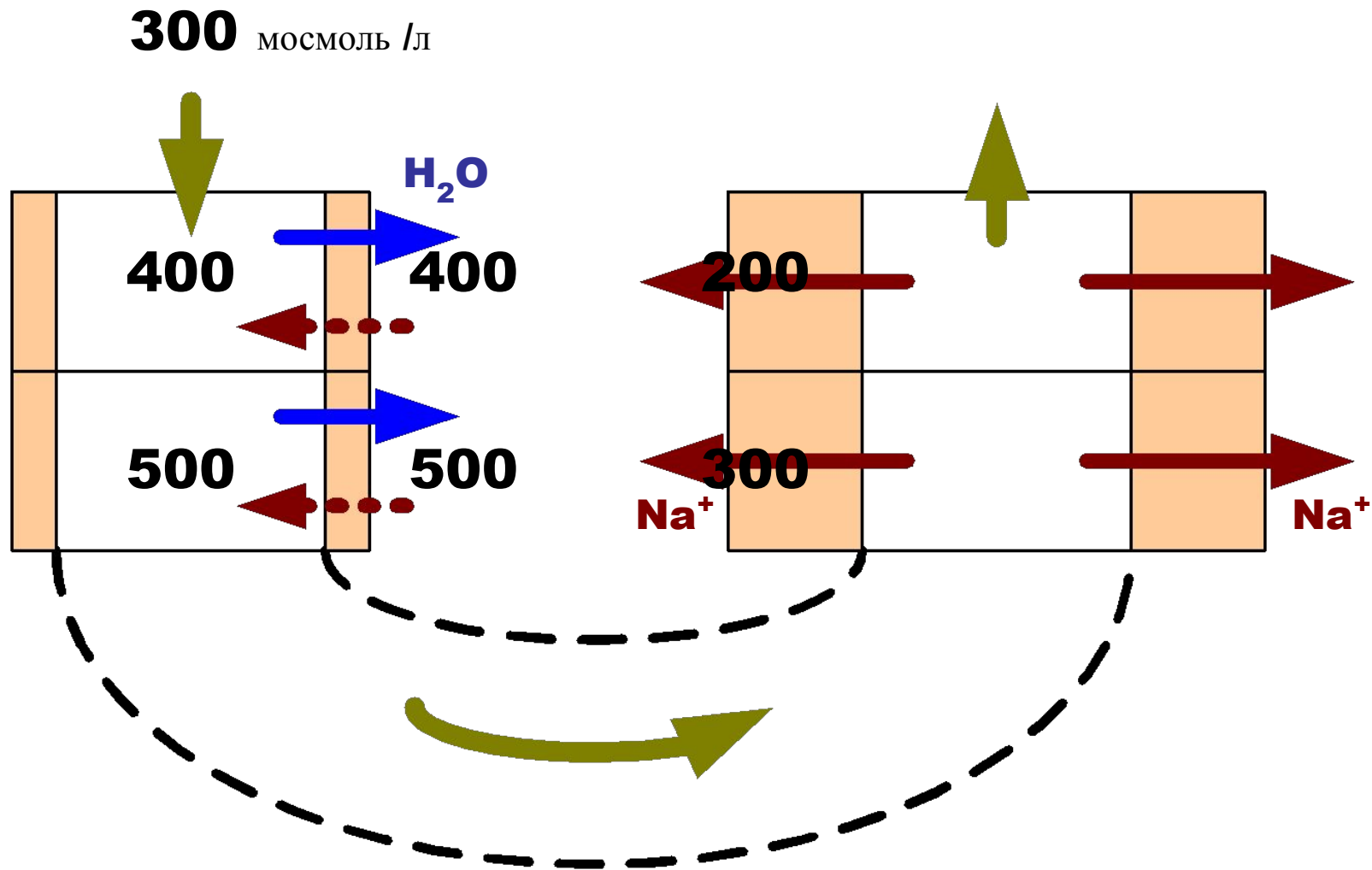
Мозговое  
вещество  
почки

# ОДИН ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ СЕГМЕНТ ПЕТЛИ ГЕНЛЕ



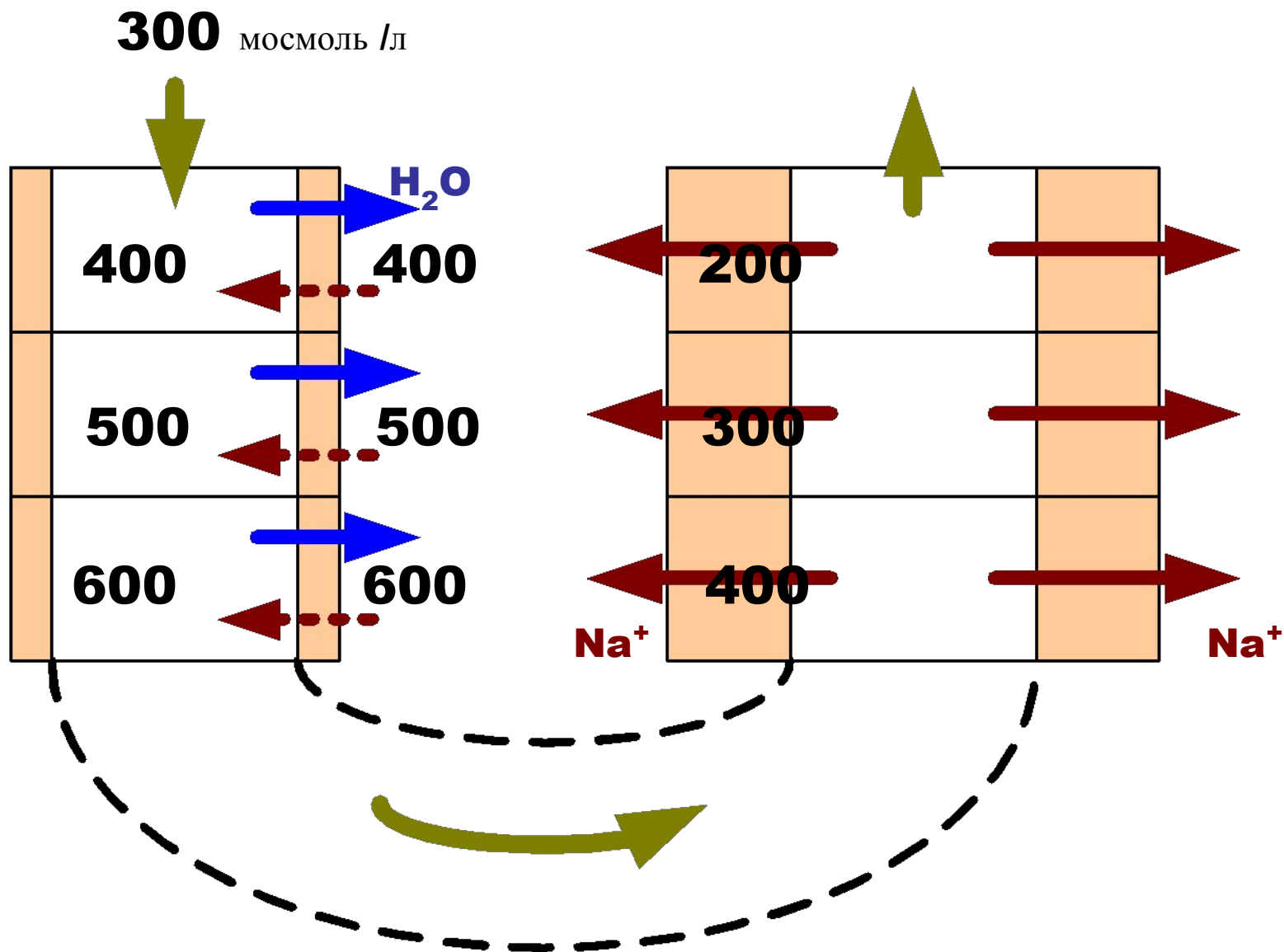
Активный транспорт и пассивная диффузия сбалансированы таким образом, что создаётся поперечный осмотический градиент в **200** мосмоль /л

# ДВА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СЕГМЕНТА ПЕТЛИ ГЕНЛЕ



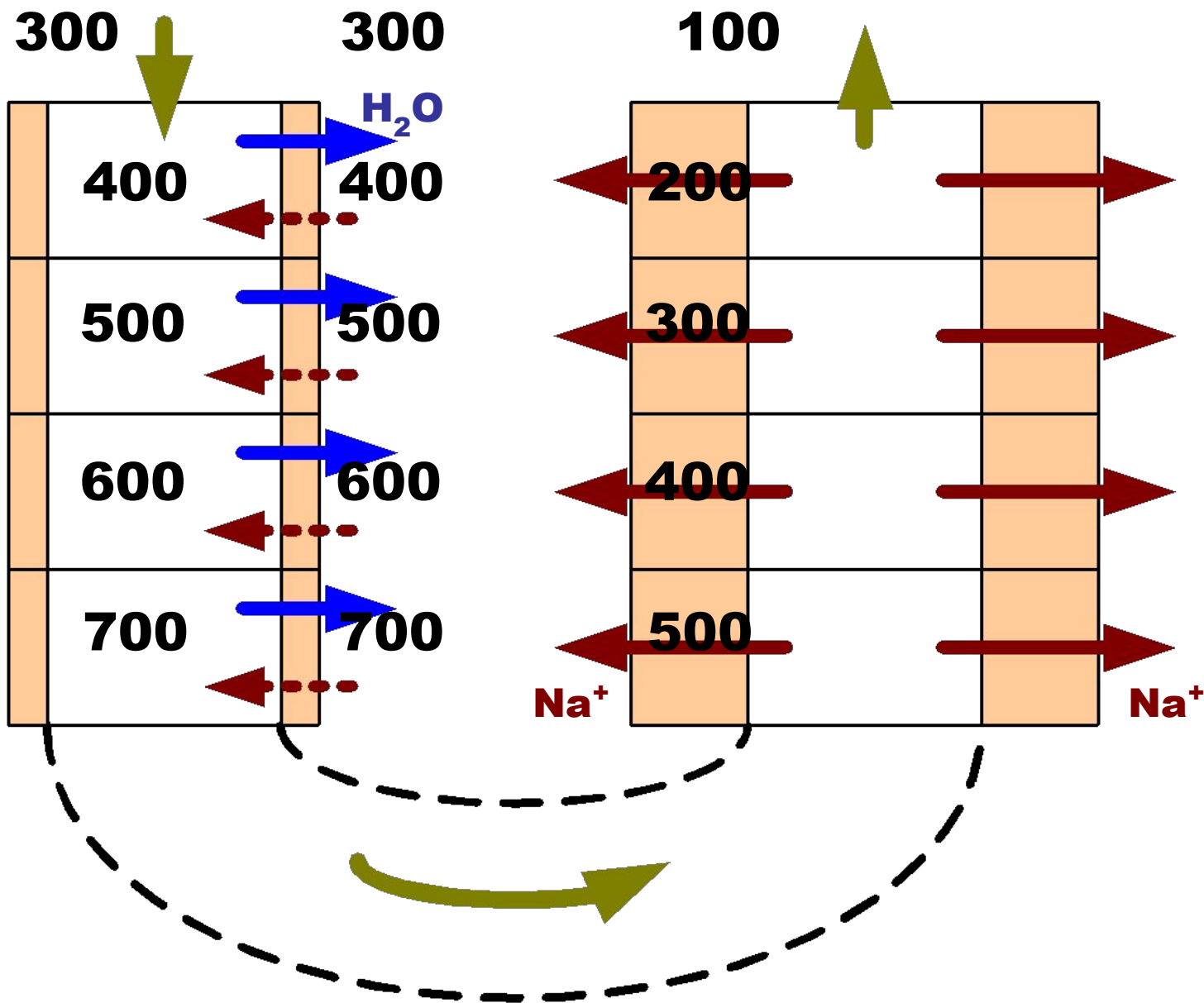
# МНОЖИТЕЛЬНЫЙ ЭФФЕКТ –

ЧЕМ ДЛИННЕЕ ПЕТЛЯ, ТЕМ ВЫШЕ ОСМОЛЯРНОСТЬ

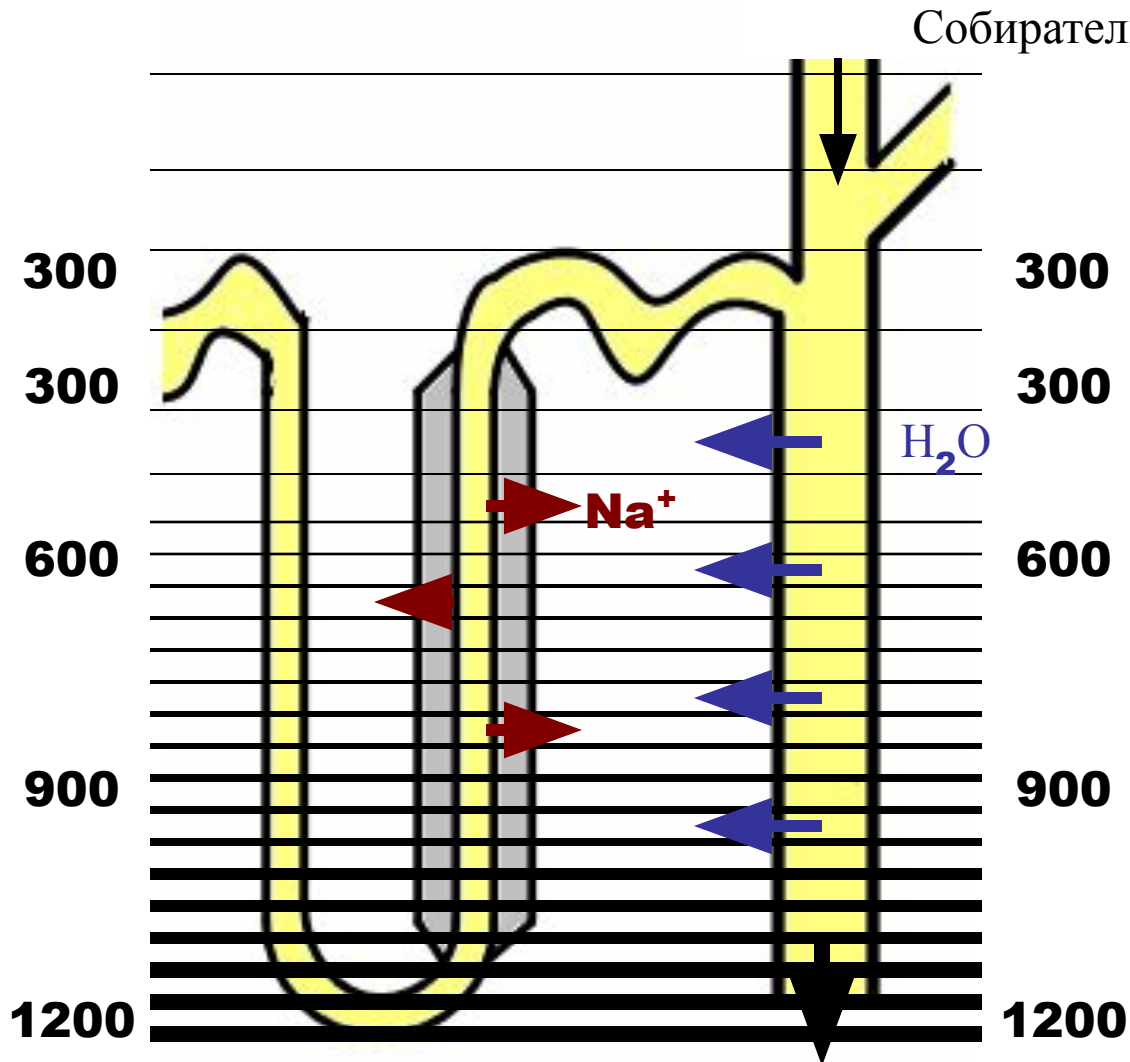




...и так далее – до **1200** мосмоль /л



# КОНЦЕНТРАЦИЯ МОЧИ В СОБИРАТЕЛЬНОЙ ТРУБОЧКЕ



ПРОНИЦАЕМОСТЬ  
ДЛЯ ВОДЫ стенки  
собирательной  
трубочки регулируется  
антидиуретическим  
гормоном (АДГ).

АДГ увеличивает  
реабсорбцию воды  
(1) через клетки  
(пузырьковый  
транспорт),  
(2) а также через  
межклеточные щели.

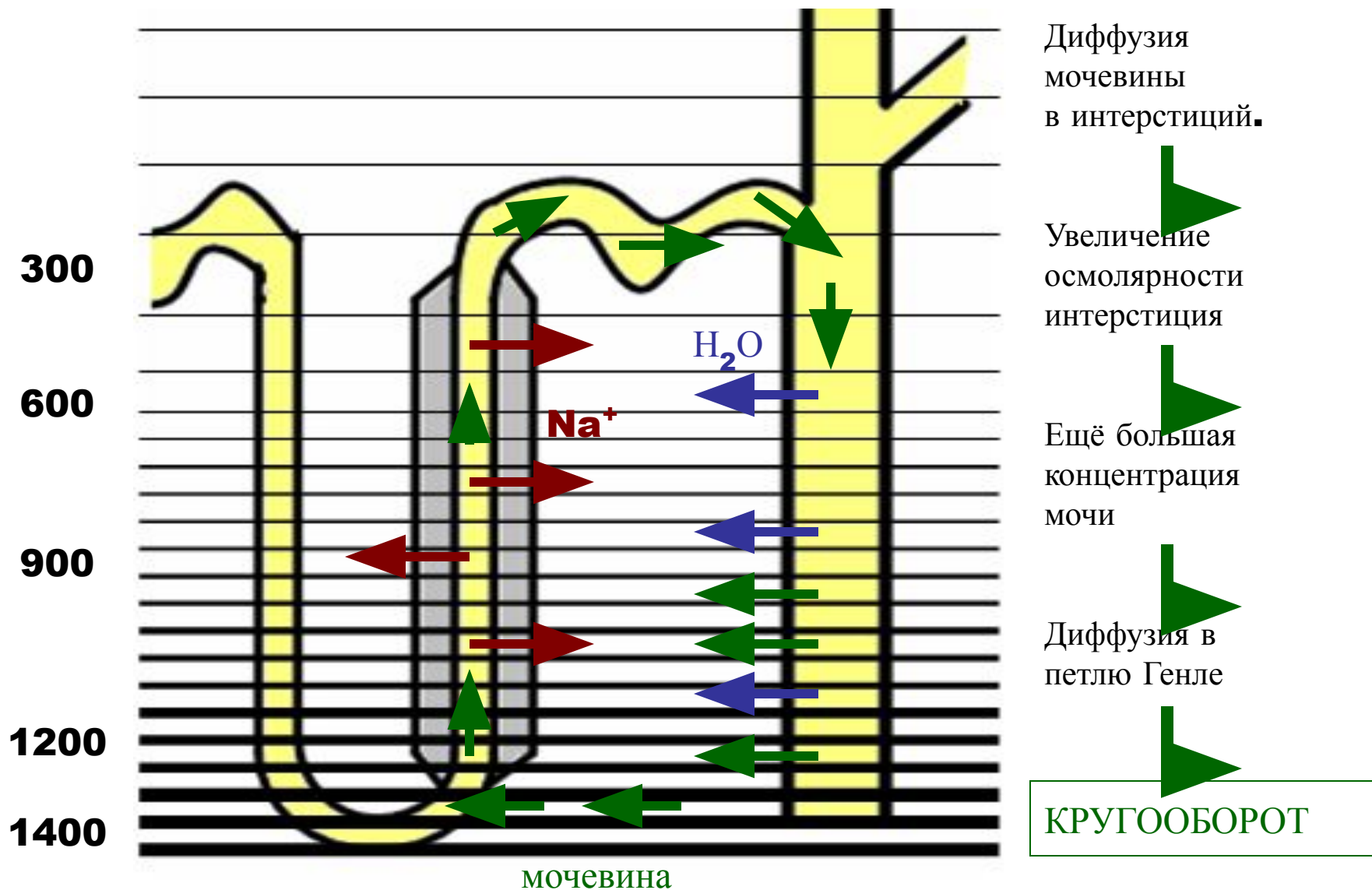
# ПРОНИЦАЕМОСТЬ ПОЧЕЧНЫХ КАНАЛЬЦЕВ ДЛЯ ВОДЫ ОБЕСПЕЧИВАЕТСЯ СПЕЦИАЛЬНЫМИ БЕЛКАМИ - АКВАПОРИНАМИ

Аквапорин-**1** (нерегулируемый) – в клетках  
проксимальных канальцев

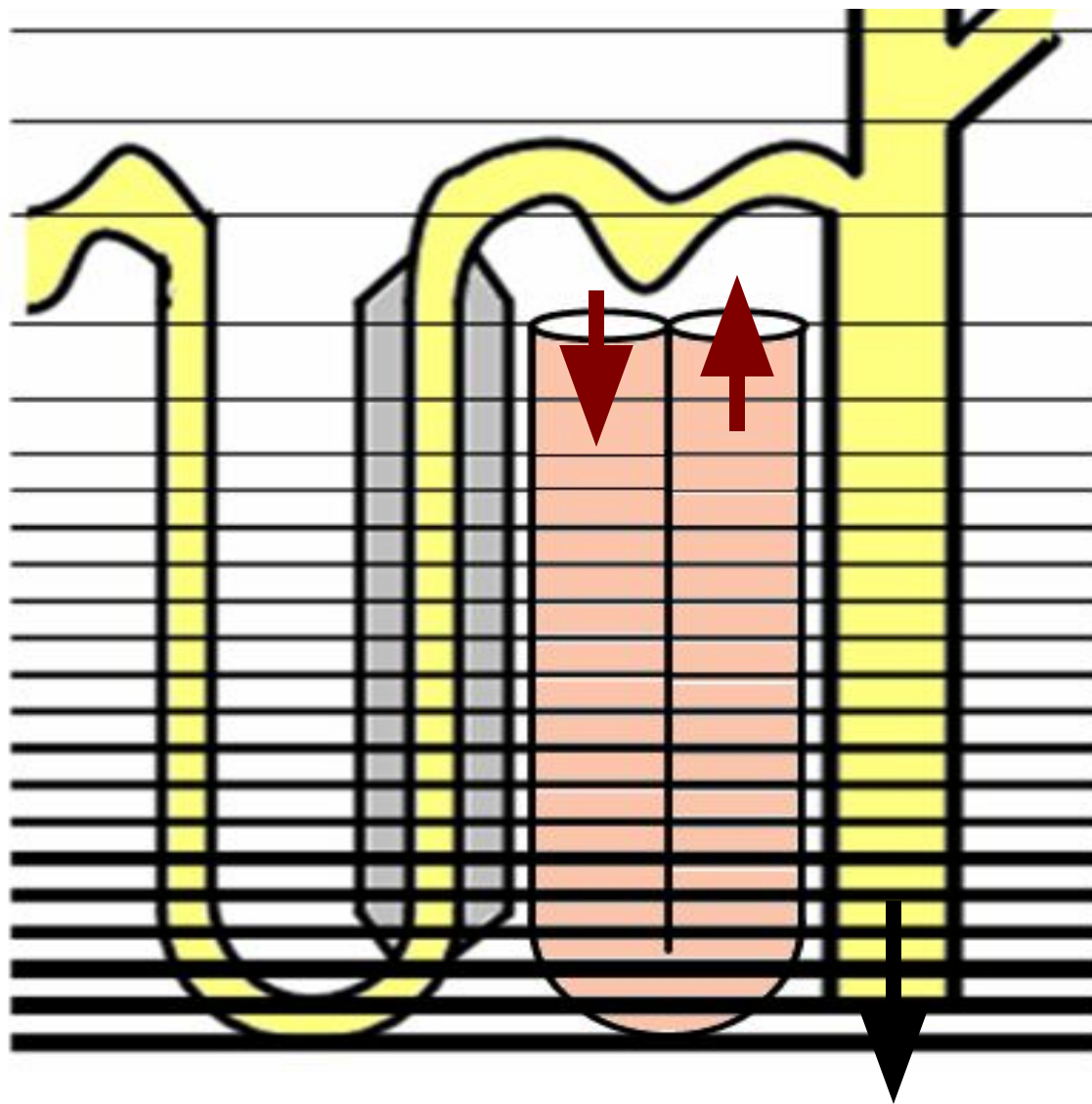
Аквапорин-**2** (регулируется с помощью АДГ) – в клетках  
дистальных канальцев

Аквапорин-**3** (тоже АДГ- зависимый) – в клетках  
собирательных трубочек  
Проницаем не только для воды, но и для мочевины

# УЧАСТИЕ МОЧЕВИНЫ В КОНЦЕНТРАЦИИ МОЧИ



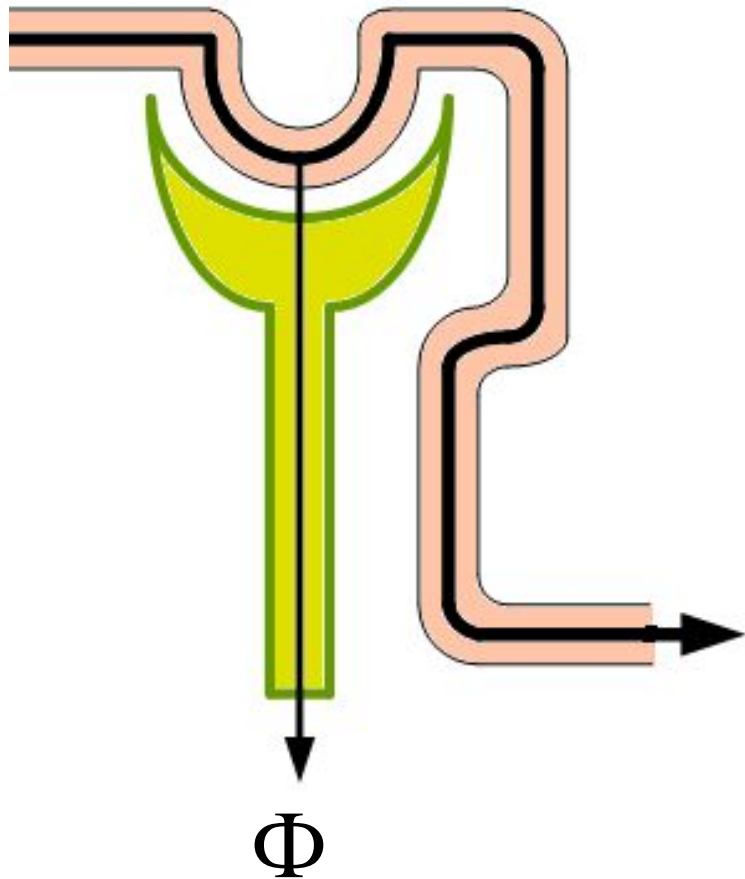
# ПРЯМЫЕ КАПИЛЛЯРЫ ЮКСТАМЕДУЛЛЯРНЫХ НЕФРОНОВ



# ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЧЕЧНЫХ ФУНКЦИЙ – КЛИРЕНС (clearance)

- КЛИРЕНС (КОЭФФИЦИЕНТ ОЧИЩЕНИЯ) –это объём плазмы, который очищается от какого-либо вещества, проходя через почку за единицу времени  
(мл / мин)
- Скорость очищения зависит от скорости фильтрации,  
скорости реабсорбции,  
скорости секреции.
- Существует **4** варианта очищения плазмы от различных веществ с помощью почки.

# 1. ОЧИЩЕНИЕ ПЛАЗМЫ ТОЛЬКО ПУТЁМ ФИЛЬТРАЦИИ



- Вещество свободно фильтруется, не реабсорбируется, не секретировается.
- Скорость его выведения зависит только от скорости фильтрации.
- К таким веществам относятся креатинин, сульфаты, а также инулин.
- Такие в-ва используются для определения скорости клубочковой фильтрации

# КЛИРЕНС ИНУЛИНА

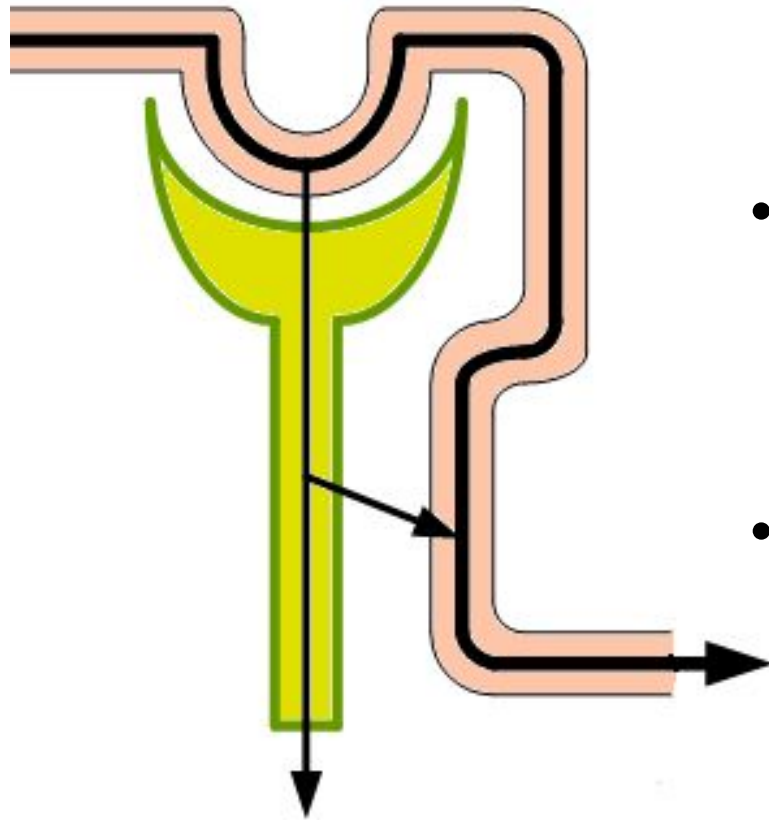
- ИНУЛИН – полимер фруктозы.
- Вводится внутривенно.
- Фильтруется, не реабсорбируется и не секретировается.
- Таким образом, всё количество инулина, которое профильтровалось, выделяется из организма с конечной мочой.
- Количество вещества в растворе равно:  
концентрация  $\times$  объём р-ра
- $(I_{\text{пл}} \times V_{\text{ф}}) = (I_{\text{м}} \times V_{\text{м}})$ , т.е. количество инулина в первичной моче равно количеству инулина в конечной моче.
- $V_{\text{ф}} = (I_{\text{м}} \times V_{\text{м}}) : I_{\text{пл}}$
- $V_{\text{ф}}$  соответствует скорости клубочковой фильтрации (СКФ = **120** мл/мин)



# КЛИРЕНС ЭНДОГЕННОГО КРЕАТИНИНА

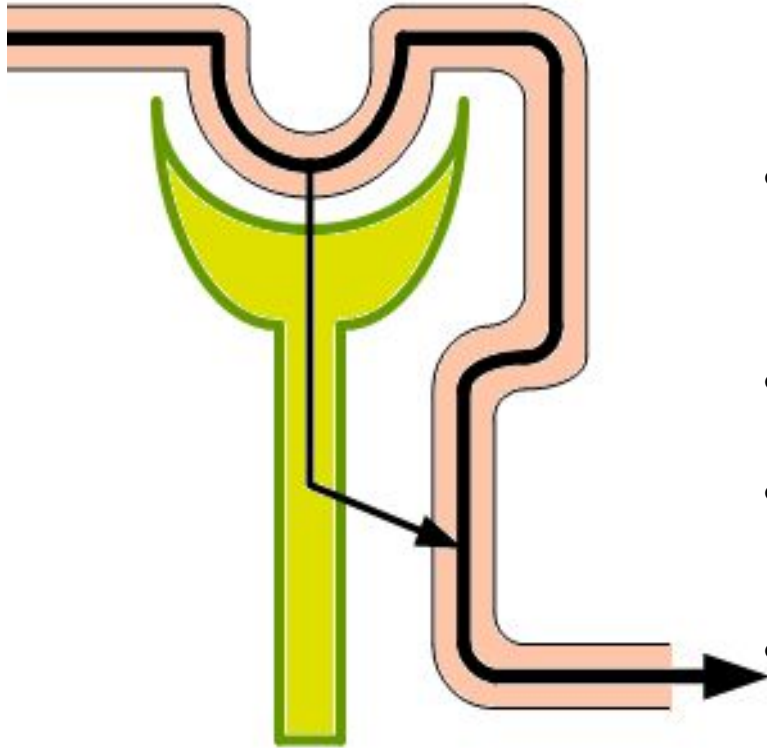
- КРЕАТИНИН – метаболит, который образуется при сокращении мышц из креатин-фосфата.
- Концентрация эндогенного креатинина в крови практически постоянна (в условиях покоя).
- Фильтруется, не реабсорбируется и не секретировается.
- Таким образом, всё количество креатинина, которое профильтровалось, выделяется из организма с конечной мочой.
- $(K_{\text{пл}} \times V_{\text{ф}}) = (K_{\text{м}} \times V_{\text{м}})$ , т.е. количество креатинина в первичной моче равно количеству креатинина в конечной моче.
- $V_{\text{ф}} = (K_{\text{м}} \times V_{\text{м}}) : K_{\text{пл}}$ , что соответствует скорости клубочковой фильтрации (СКФ = **120** мл/мин)
- Однако, в ряде случаев креатинин секретировается, поэтому результат бывает неточным: **90-140** мл/мин

## 2. ФИЛЬТРАЦИЯ, ЗАТЕМ ЧАСТИЧНАЯ РЕАБСОРБЦИЯ



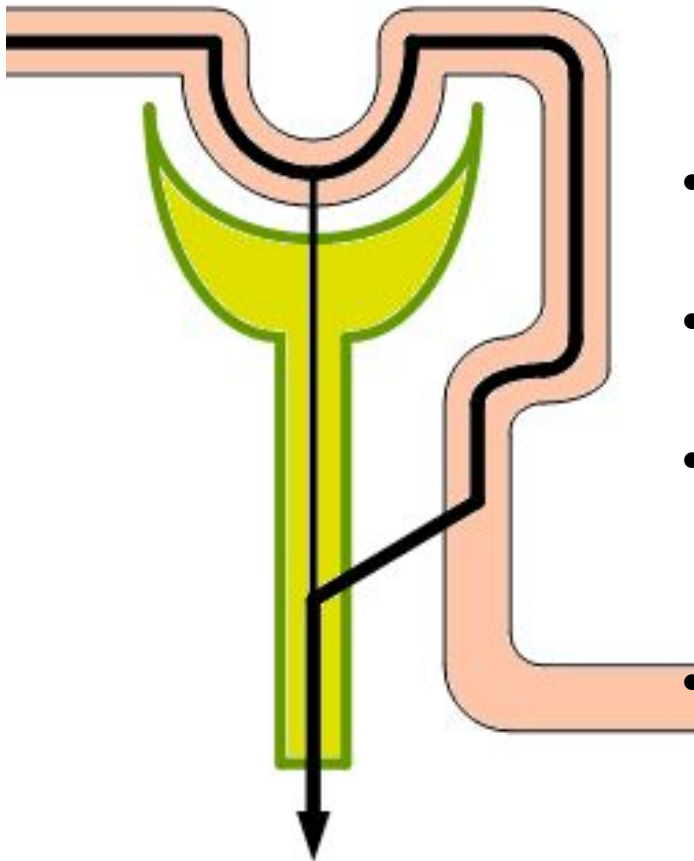
- Вещество свободно фильтруется, но затем частично реабсорбируется (т.е. из канальцев поступает обратно в кровь).
- Скорость очищения плазмы соответствует скорости фильтрации минус скорость реабсорбции.
- К таким веществам относятся основные электролиты (**Na, K, Ca**, фосфаты и др.)

### 3. ФИЛЬТРАЦИЯ, ЗАТЕМ ПОЛНАЯ РЕАБСОРБЦИЯ



- Вещество свободно фильтруется, но затем полностью реабсорбируется и не выделяется с мочой.
- Выделяется только в том случае, если его концентрация в крови будет превышать пороговую величину.
- Клиренс этих в-в меньше, чем клиренс инулина.
- По этой разнице можно судить о скорости реабсорбции, о состоянии транспортных систем.
- К таким веществам относятся аминокислоты, глюкоза.

## 4. ФИЛЬТРАЦИЯ, ЗАТЕМ КАНАЛЬЦЕВАЯ СЕКРЕЦИЯ



- Вещество свободно фильтруется, не реабсорбируется, а дополнительно секретируется из вторичной капиллярной сети в канальцы.
- Скорость очищения плазмы соответствует скорости фильтрации плюс скорость секреции.
- Клиренс таких в-в больше, чем клиренс инулина.
- По этой разнице можно судить об эффективности секреторных транспортных систем.
- К таким веществам относятся органические кислоты и основания, от которых плазма очищается особенно быстро.

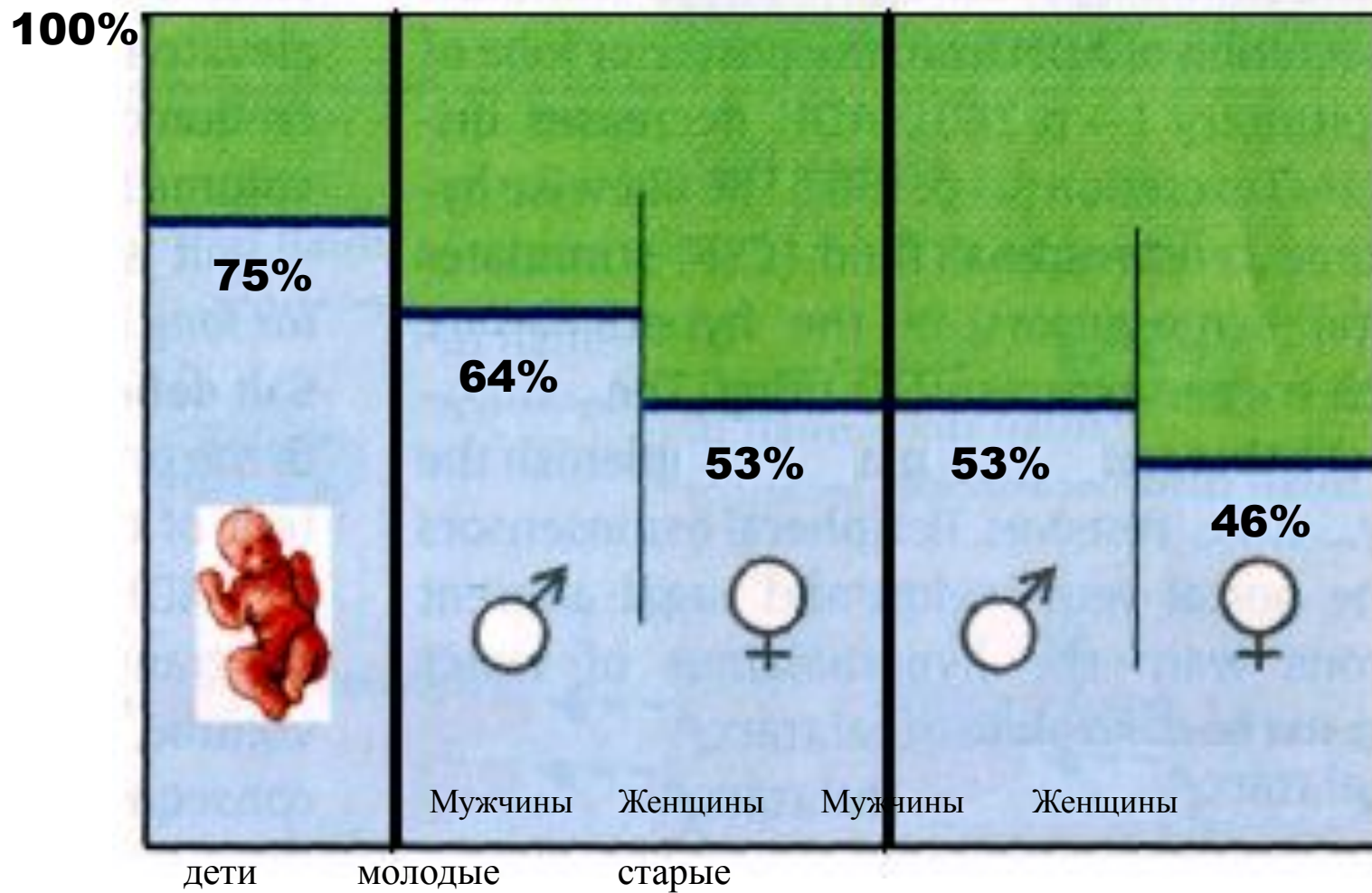
# КЛИРЕНС ПАРААМИНОГИПСУРОВОЙ КИСЛОТЫ (ПАГ)

- ПАГ – органическая кислота.
- Вводится внутривенно.
- Фильтруется, дополнительно секретировается, так что плазма крови полностью очищается от ПАГ за время одного прохождения крови через почки.
- $(\text{ПАГ}_{\text{пл}} \times V_{\text{ф+с}}) = (\text{ПАГ}_{\text{м}} \times V_{\text{м}})$ , т.е. количество ПАГ в конечной моче соответствует количеству профильтровавшегося и поступившего в мочу путём секреции ( $V_{\text{ф+с}}$ ).
- $V_{\text{ф+с}} = (\text{ПАГ}_{\text{м}} \times V_{\text{м}}) : \text{ПАГ}_{\text{пл}}$ , что соответствует **объёму плазмы**, который протекает через почки за минуту:  
**ПЛАЗМОТОК = 600** мл/мин
- Определив показатель гематокрита, можно рассчитать объёмную скорость почечного кровотока:  
**КРОВОТОК = 1000** мл.мин (или **1** л/мин)

# РОЛЬ ПОЧЕК В РЕГУЛЯЦИИ ОБЪЁМА ЖИДКОСТИ В ОРГАНИЗМЕ

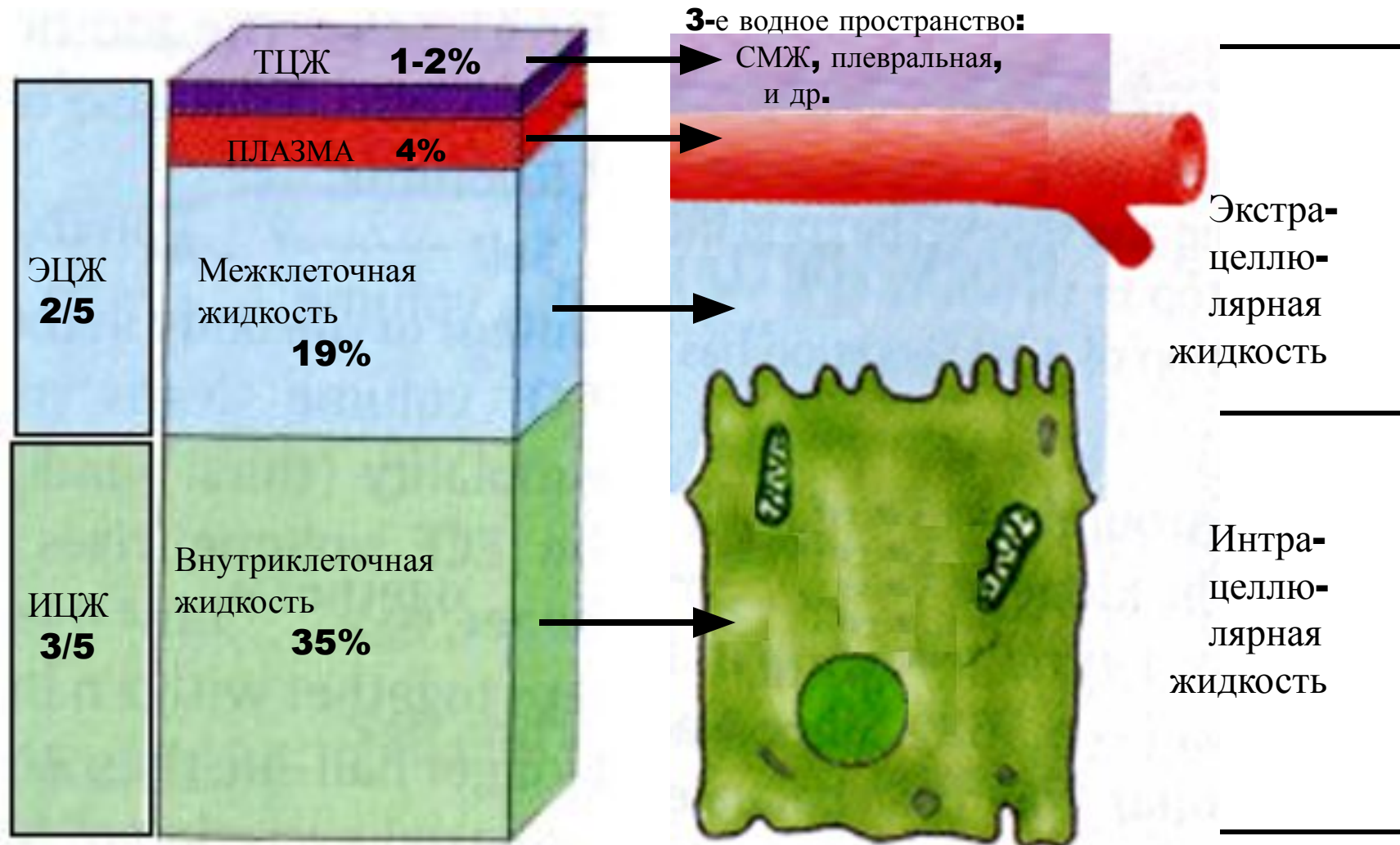
- **АДГ (вазопрессин)** – усиливает реабсорбцию воды в дистальных отделах нефрона. Изменение венозного возврата крови к сердцу на **5-7%** влияет на секрецию АДГ. Диурез может меняться от **0,5** до **20** л/сут.
- **АНГИОТЕНЗИН** и **АЛЬДОСТЕРОН** – усиливают реабсорбцию натрия и воды почками – увеличивают ОЦК и общий объём жидкости в ответ на снижение кровотока и давления в почечных артериях.
- **ПНГ (предсердный натрийуретический гормон)** – усиливает выведение натрия и воды почками – снижает ОЦК и общий объём жидкости в ответ на растяжение предсердий кровью.

# ОБЩЕЕ КОЛИЧЕСТВО ЖИДКОСТИ В ОРГАНИЗМЕ (ОТНОСИТЕЛЬНО МАССЫ ТЕЛА)



# ЖИДКОСТНЫЕ СРЕДЫ ОРГАНИЗМА

Всего воды: **60%** от массы тела





# РОЛЬ ПОЧЕК В РЕГУЛЯЦИИ ОСМОТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ

- АДГ (вазопрессин) - увеличивает проницаемость дистальных отделов нефрона для воды, усиливает реабсорбцию чистой воды (независимо от натрия).
- Поэтому только АДГ способен регулировать осмотическое давление.
- Осморецепторы находятся в стенке предсердий. Реагируют на изменение осмотического давления на **1-2%**
- Другим механизмом регуляции является жажда и питьевое поведение. Центр жажды находится в гипоталамусе.

# РОЛЬ ПОЧЕК В РЕГУЛЯЦИИ ЭЛЕКТРОЛИТНОГО СОСТАВА ПЛАЗМЫ

- **АЛЬДОСТЕРОН** – минералокортикоид (кора надпочечников).
  - (1)** Усиливает реабсорбцию натрия,
  - (2)** Усиливает секрецию калия,
  - (3)** Усиливает секрецию водородных ионов в почечных канальцах.Секрецию альдостерона стимулируют:
  - (а)** ангиотензин,
  - (б)** гиперкалиемия.

# РОЛЬ ПОЧЕК В РЕГУЛЯЦИИ КОНЦЕНТРАЦИИ КАЛЬЦИЯ В КРОВИ

- **ПАРАТГОРМОН** (паращитовидные железы) -

При снижении уровня Са в крови

(а) усиливает выход Са из костной ткани, (б) усиливает реабсорбцию Са в почках, (в) усиливает всасывание Са в ЖКТ.

- **КАЛЬЦИТОНИН** (щитовидная железа) -

При значительном повышении уровня Са в крови тормозит разрушение костей.

- **Д<sub>3</sub> (кальцитриол)** – (а) усиливает реабсорбцию Са и фосфатов в почках, (б) усиливает всасывание Са и фосфатов в ЖКТ, (в) облегчает мобилизацию Са из костей.

# РОЛЬ ПОЧЕК В РЕГУЛЯЦИИ pH ВНУТРЕННЕЙ СРЕДЫ ОРГАНИЗМА

## ТРИ МЕХАНИЗМА:

**1.** Реабсорбция или экскреция бикарбонатов (происходит в проксимальных канальцах)

**2.** Реабсорбция или экскреция гидрофосфатов и дигидрофосфатов

**3.** Аммониевый механизм:

аммиак, который образуется в эпителии почечных канальцев при дезаминировании глютаминовой к-ты, диффундирует в просвет канальца и связывает ион  $\text{H}^+$ .  
Образуется  $\text{NH}_4^+$ , который и выделяется с мочой.

Аммониевый механизм регуляции pH – основной у детей раннего возраста.

# ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИИ ПОЧЕК У ДЕТЕЙ РАННЕГО ВОЗРАСТА

- ГРУДНОЕ МОЛОКО адаптировано к внутренней среде организма, является изотонической жидкостью и не несёт никакой осмотической нагрузки.
- Поэтому механизмы концентрации и разведения мочи в раннем возрасте не нужны.
- Система АДГ пока не функционирует.
- Система РЕНИН-АНГИОТЕНЗИН-АЛЬДОСТЕРОН наоборот чрезвычайно активна (ребёнок растёт, у него положительный солевой баланс).
- Вот почему организм не справляется с водными и солевыми нагрузками («водное отравление», «солевая лихорадка»).
- Почки выделяют большое количество изотонической мочи.
- Осмотическое давление внутренней среды целиком зависит от правильного режима питания и питья.

# ОСОБЕННОСТИ ВОДНОГО ОБМЕНА У ДЕТЕЙ РАННЕГО ВОЗРАСТА

- В раннем возрасте особенно велики **экстрареналь-ные (помимо почек) нерегулируемые потери воды**:
  - испарение с поверхности кожи (большая площадь поверхности относительно малой массы тела);
  - выделение воды лёгкими (высокая частота дыхания);
  - потери воды через ЖКТ (частый, жидкий стул).
- Поэтому при неправильном питании или голодании очень быстро наступает обезвоживание, снижается ОЦК и АД, развивается гиповолемический шок.