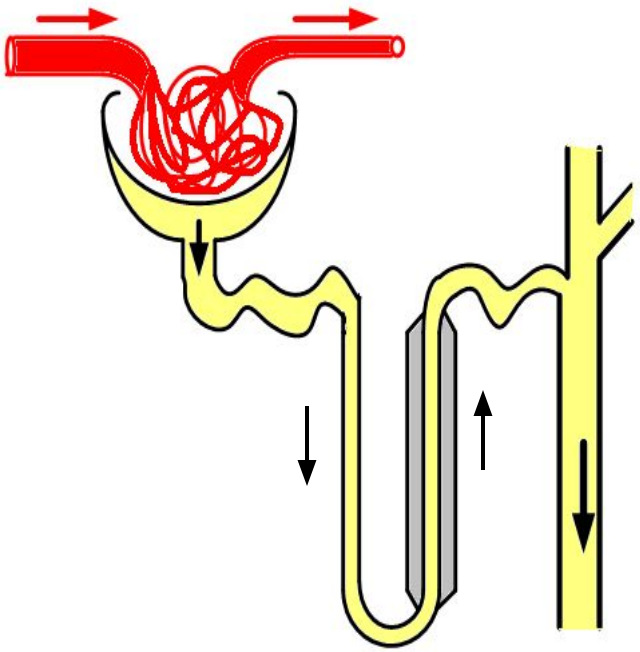
ПЕТЛЯ ГЕНЛЕ – ПОВОРОТНО-ПРОТИВОТОЧНАЯ МНОЖИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА



- 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**)**

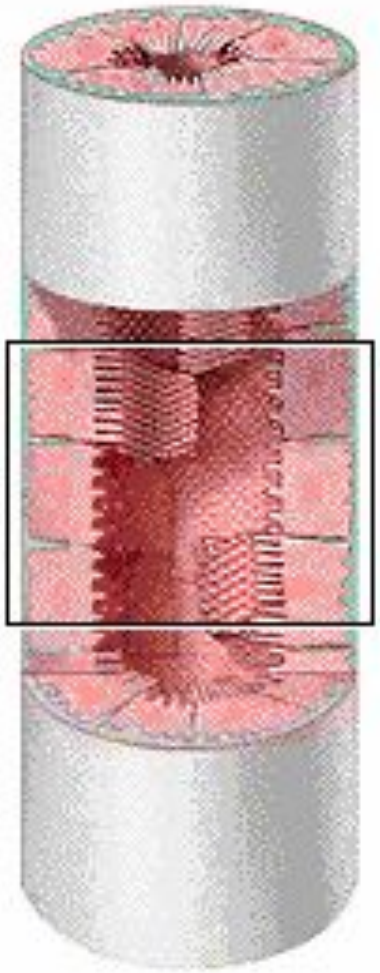
- Следующий **–** извитой **–** сегмент дистального канальца состоит из клеток **2-**х типов**:**

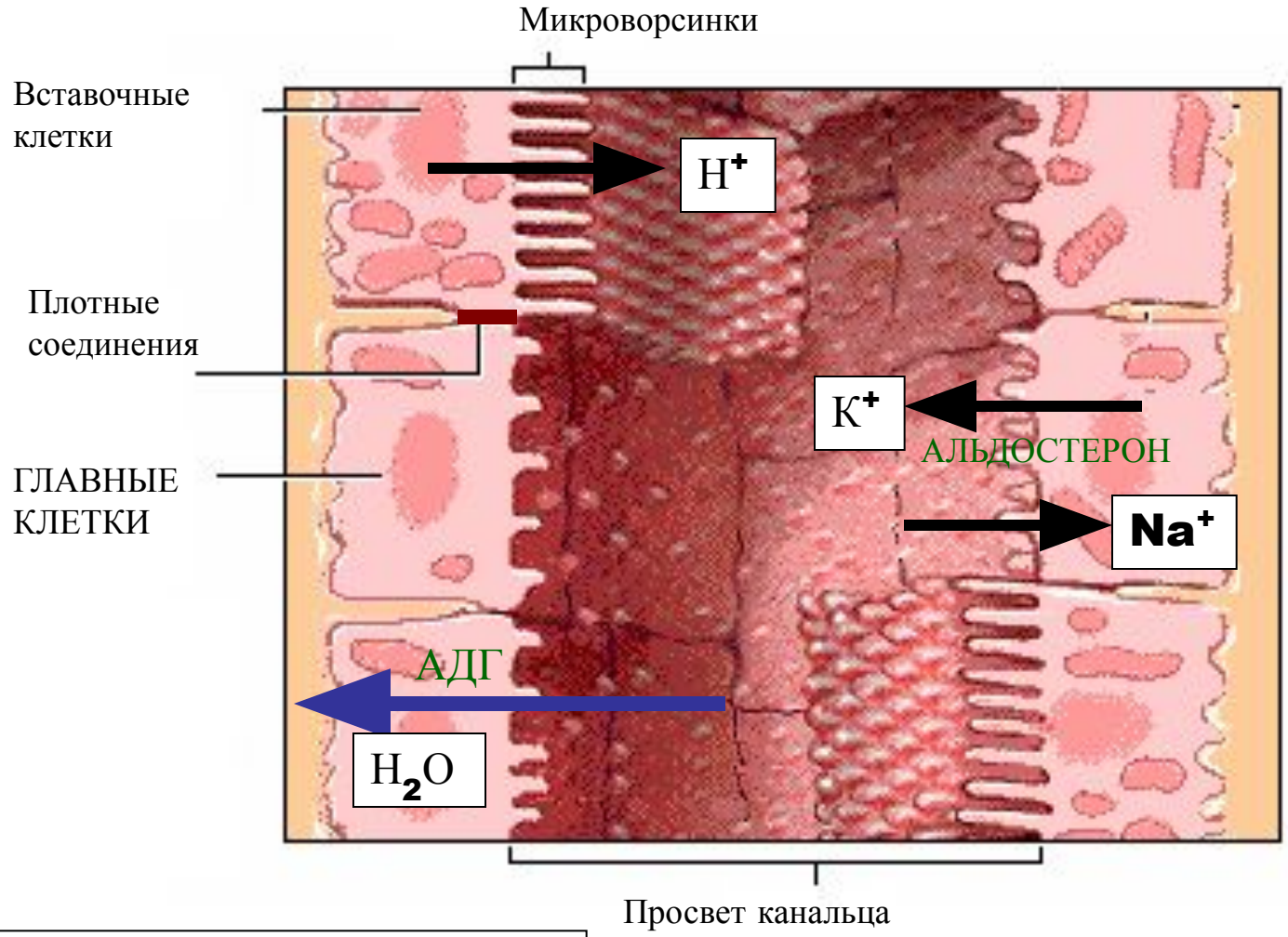
  ГЛАВНЫЕ КЛЕТКИ осуществляют реабсорбцию **Na^+** и секрецию K^+ **(**регулируются АЛЬДОСТЕРОНОМ**)**

  ВСТАВОЧНЫЕ КЛЕТКИ активно секретируют протоны **(H^+)** и играют ключевую роль в регуляции КЩС**.**

  ПРОНИЦАЕМОСТЬ ДЛЯ ВОДЫ этого сегмента регулируется с помощью АДГ **(**антидиуретического гормона**)**

ДИСТАЛЬНЫЕ КАНАЛЬЦЫ: РЕГУЛИРУЕМЫЙ ТРАНСПОРТ ВЕЩЕСТВ



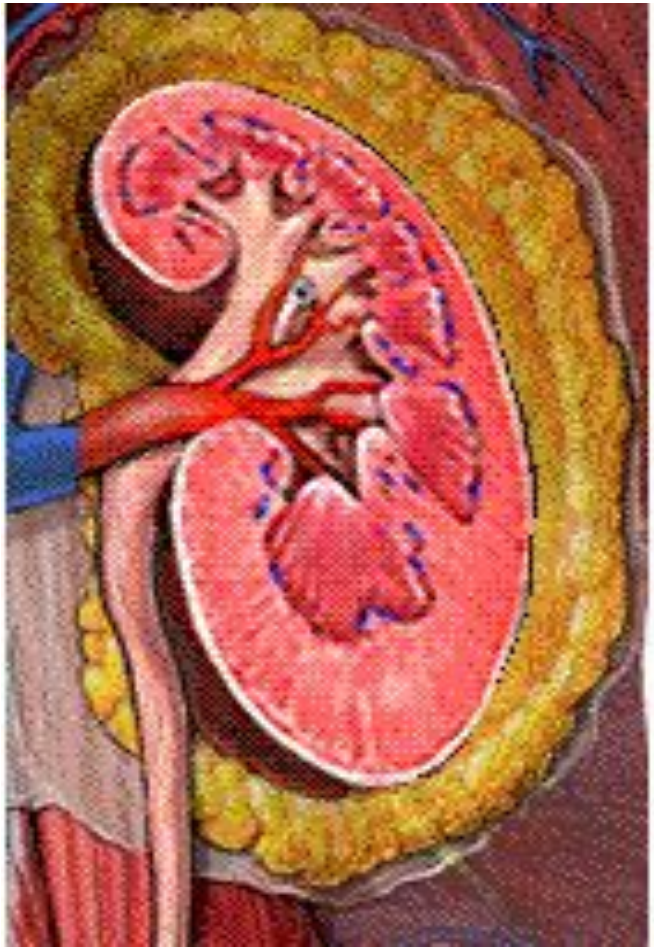


СЕКРЕТИРУЮТСЯ ИОНЫ K^+, H^+ и NH_3

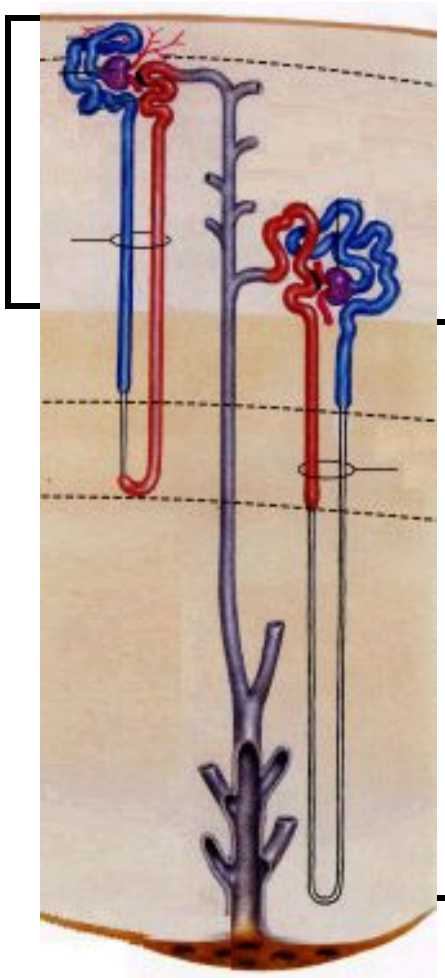
ДИСТАЛЬНЫЕ КАНАЛЬЦЫ И СОБИРАТЕЛЬНЫЕ ТРУБОЧКИ

- 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

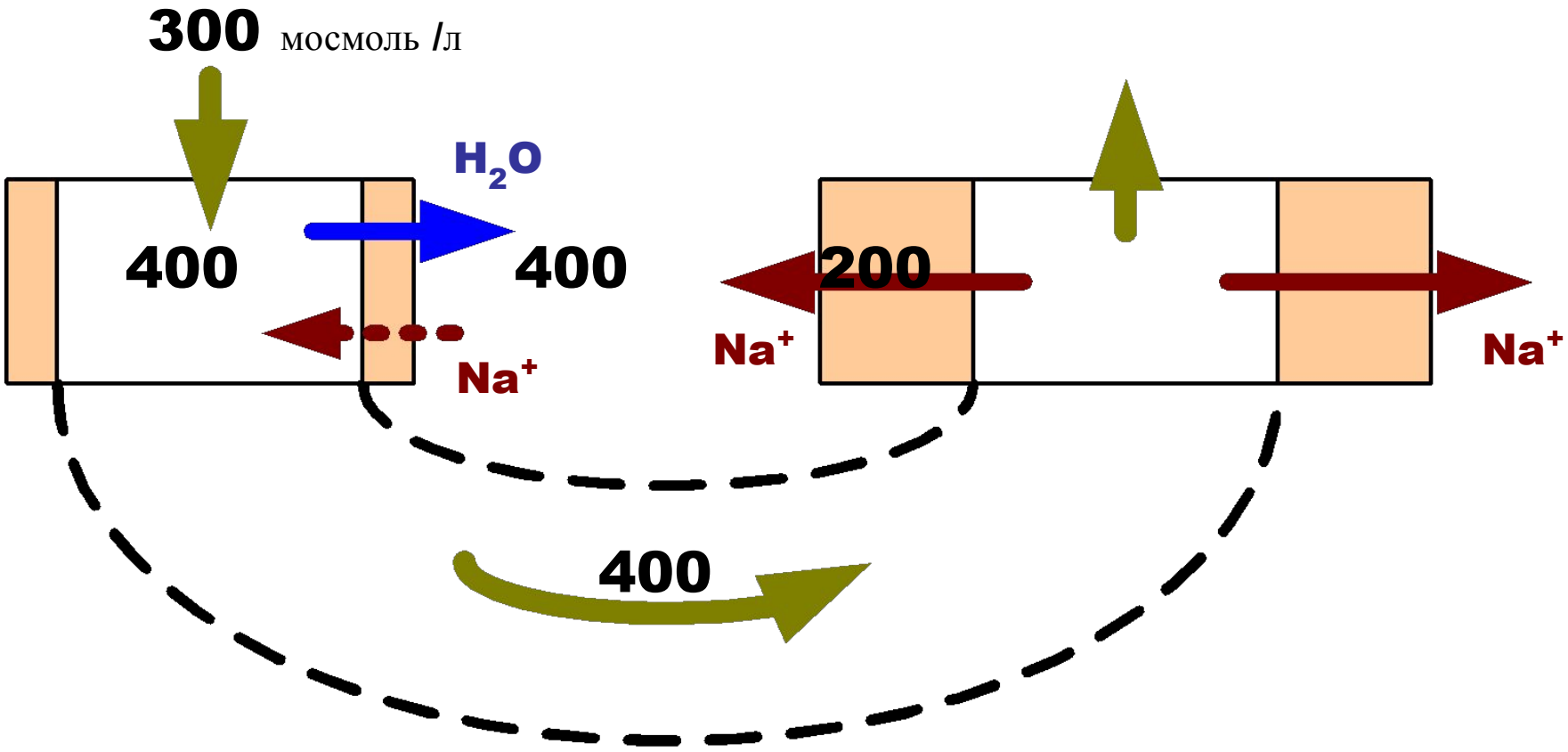


Корковое вещество почки



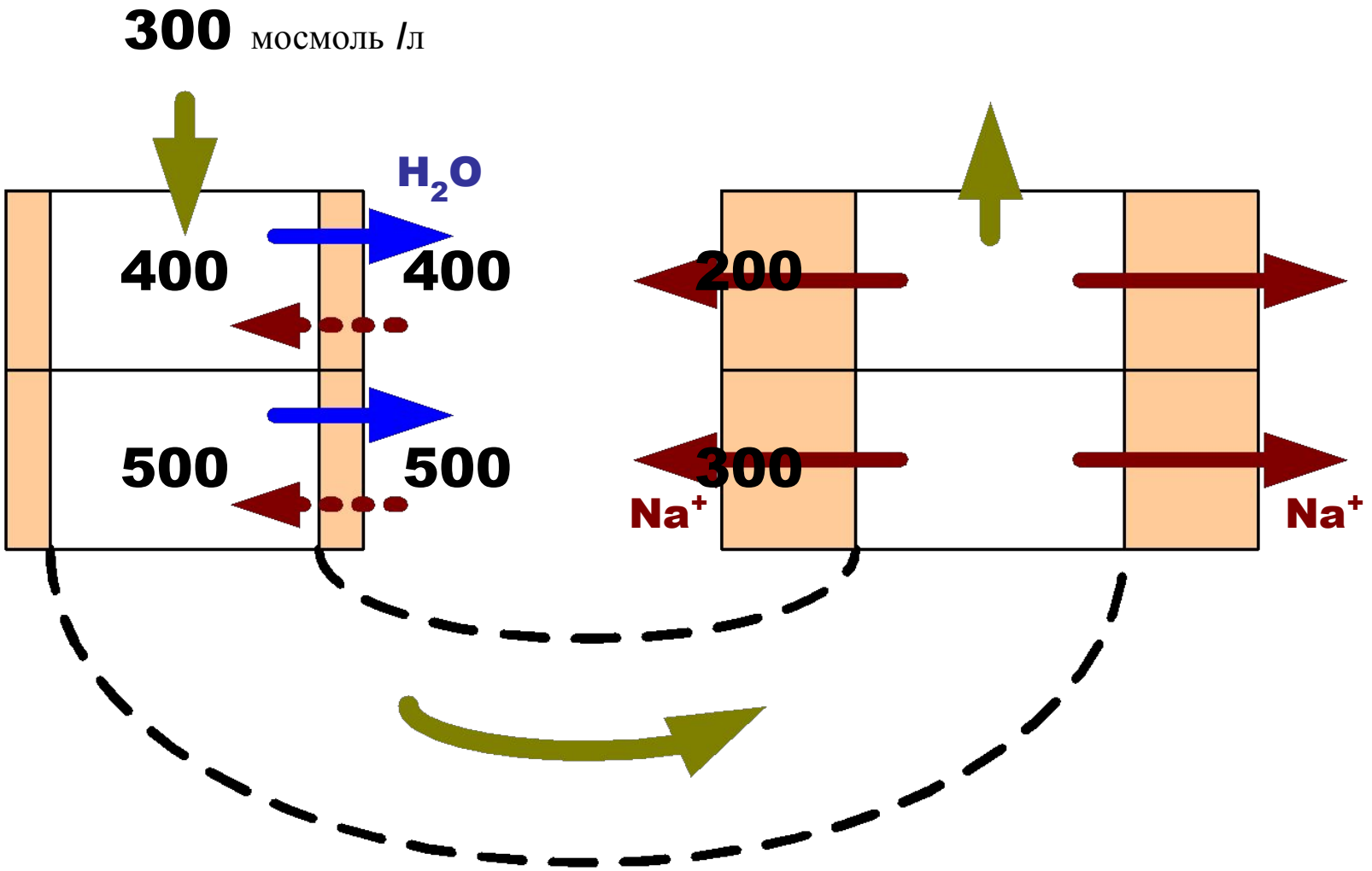
Мозговое вещество почки

ОДИН ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ СЕГМЕНТ ПЕТЛИ ГЕНЛЕ

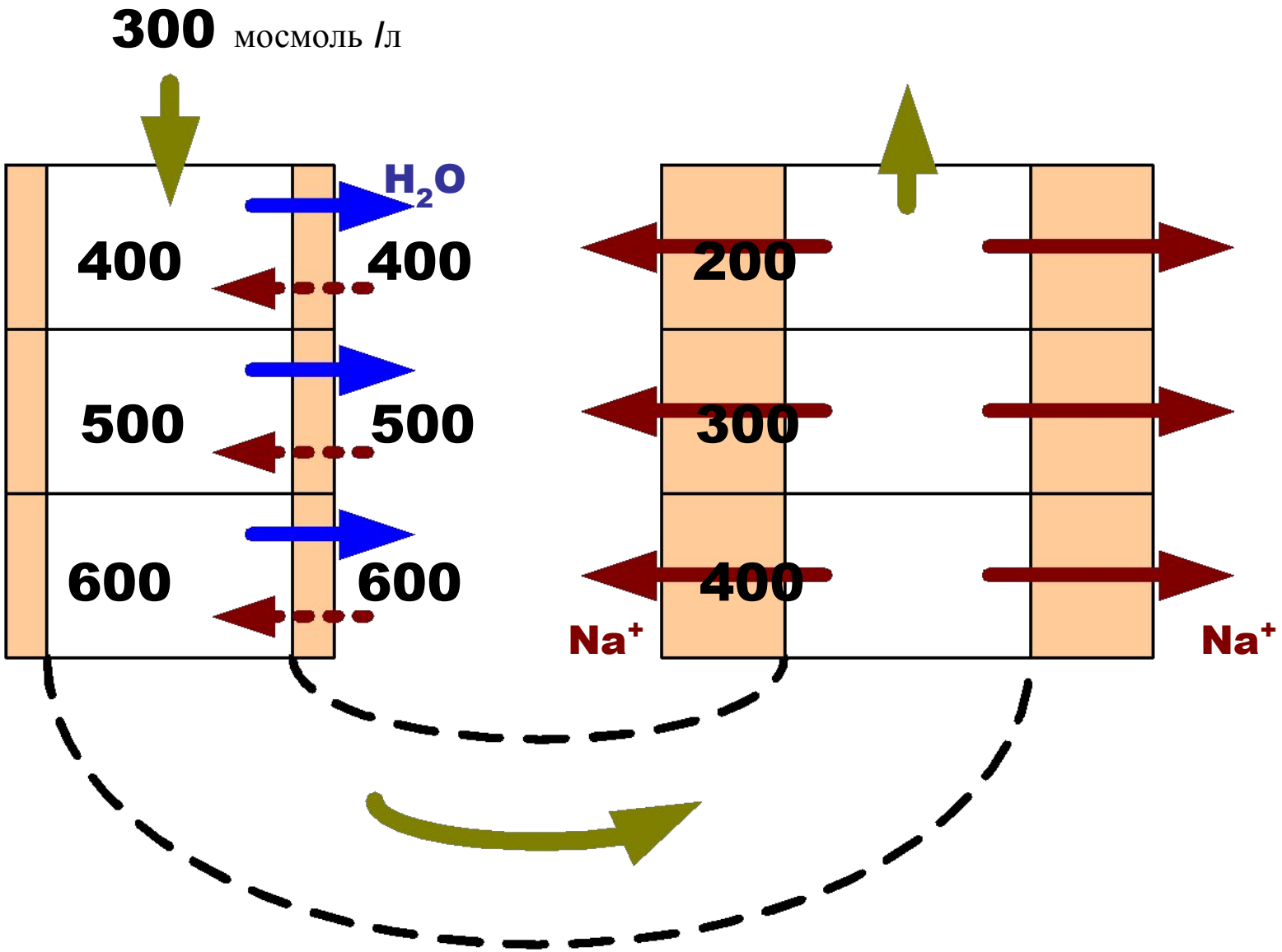


Активный транспорт и пасивная диффузия сбалансированы таким образом, что создаётся поперечный осмотический градиент в **200** мосмоль /л

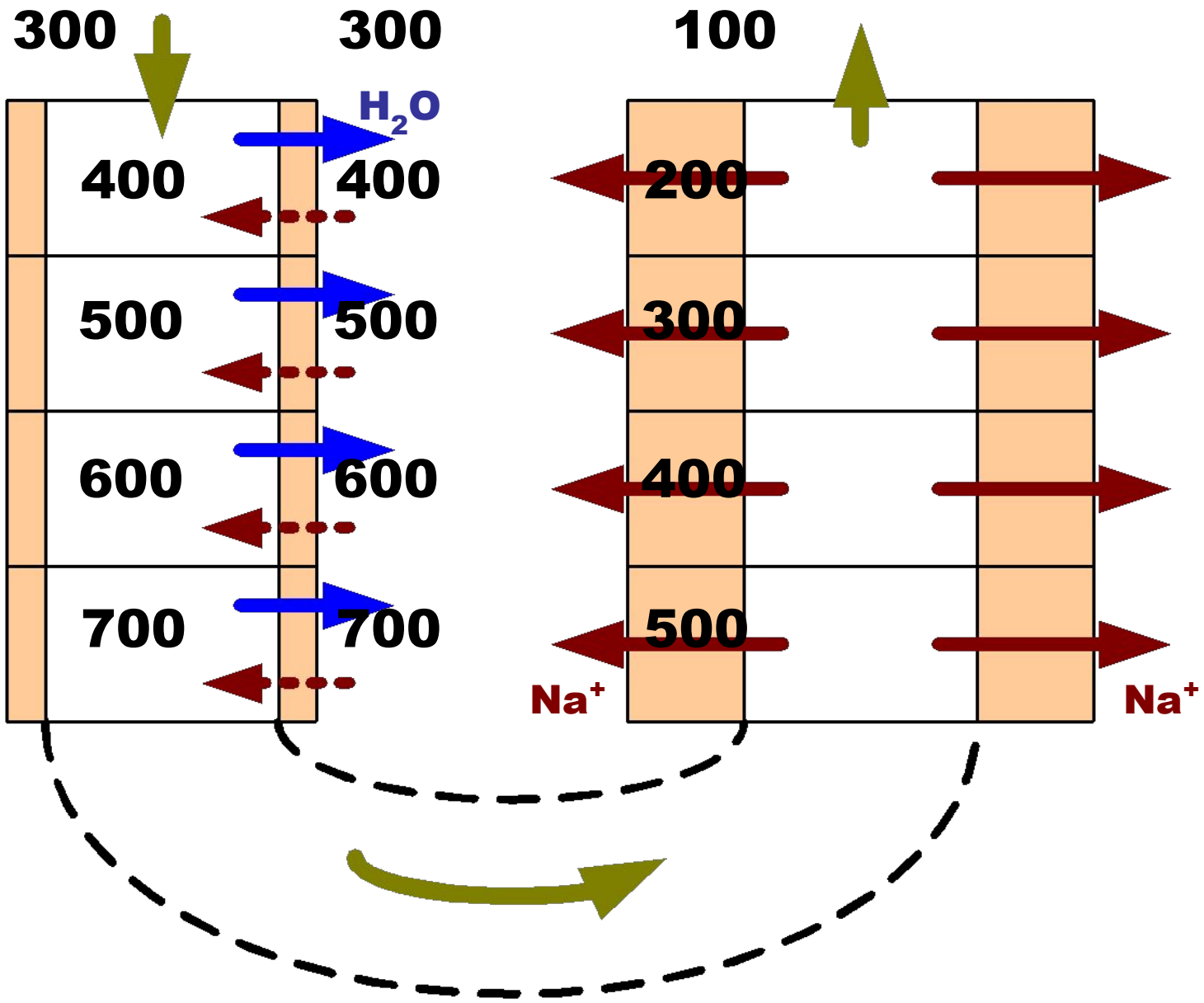
ДВА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СЕГМЕНТА ПЕТЛИ ГЕНЛЕ



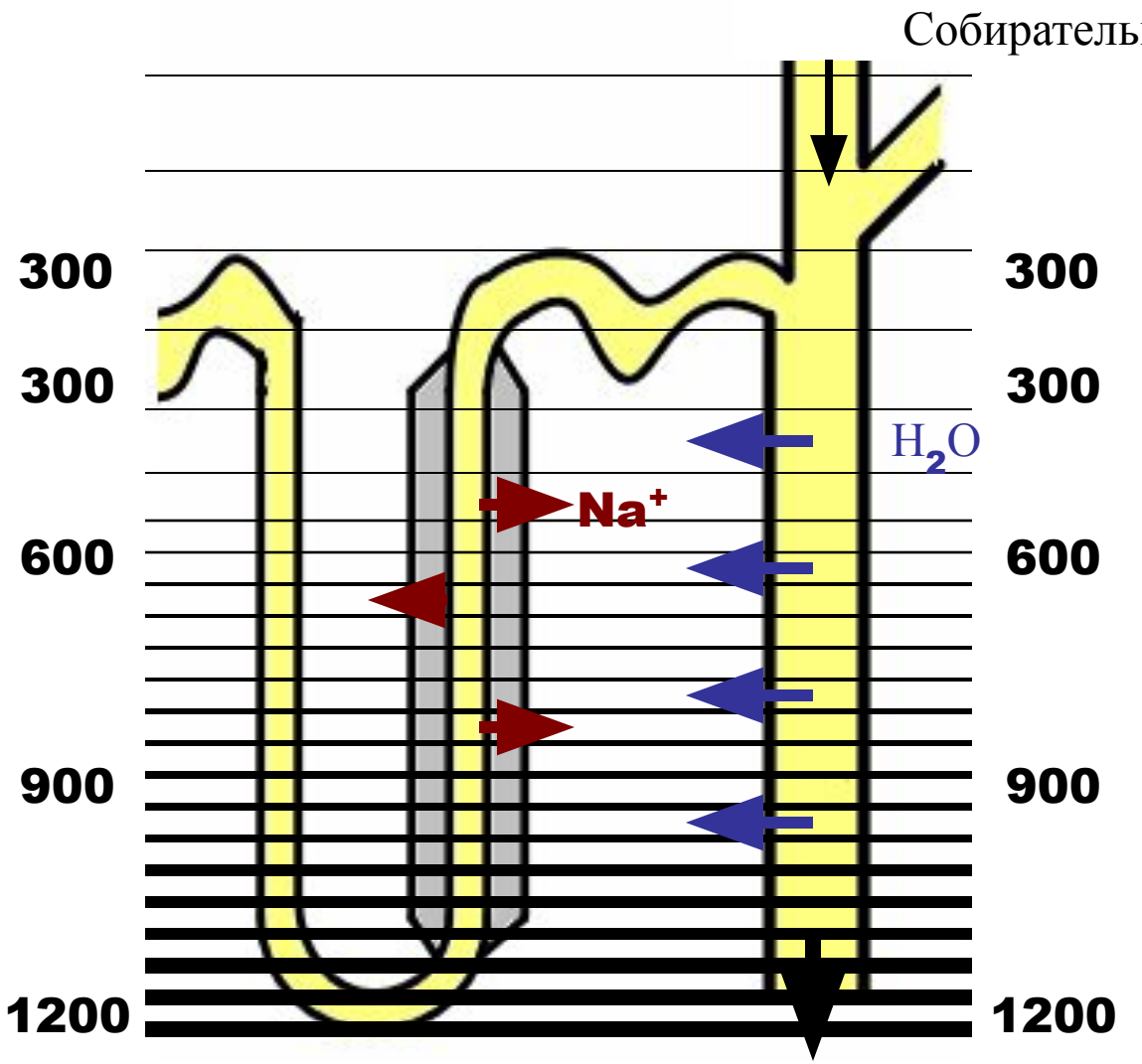
МНОЖИТЕЛЬНЫЙ ЭФФЕКТ –
ЧЕМ ДЛИННЕЕ ПЕТЛЯ, ТЕМ ВЫШЕ ОСМОЛЯРНОСТЬ



...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

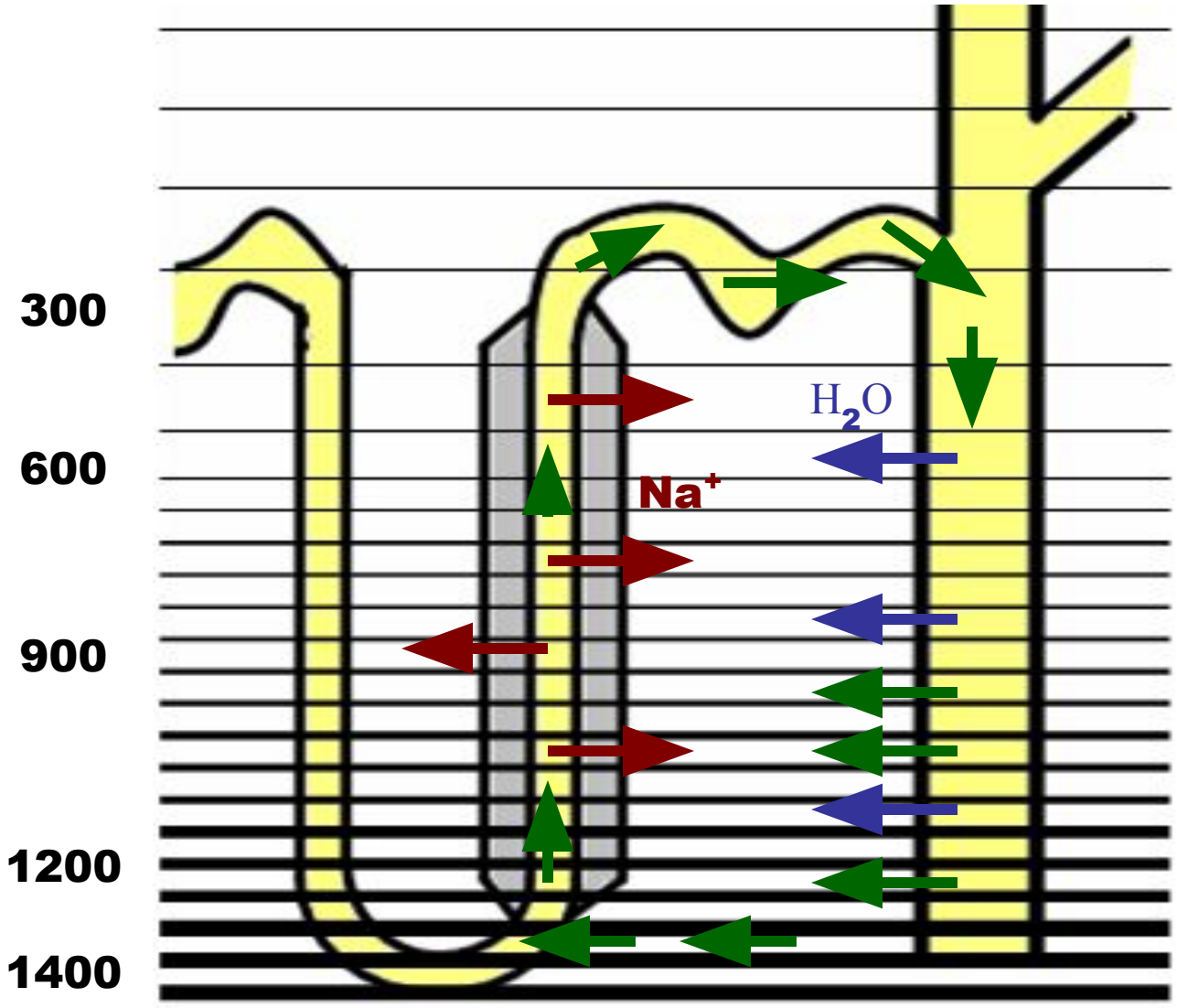
Аквапорин-**1** **(**нерегулируемый**) –** в клетках проксимальных канальцев

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



Диффузия мочевины в интерстиций.

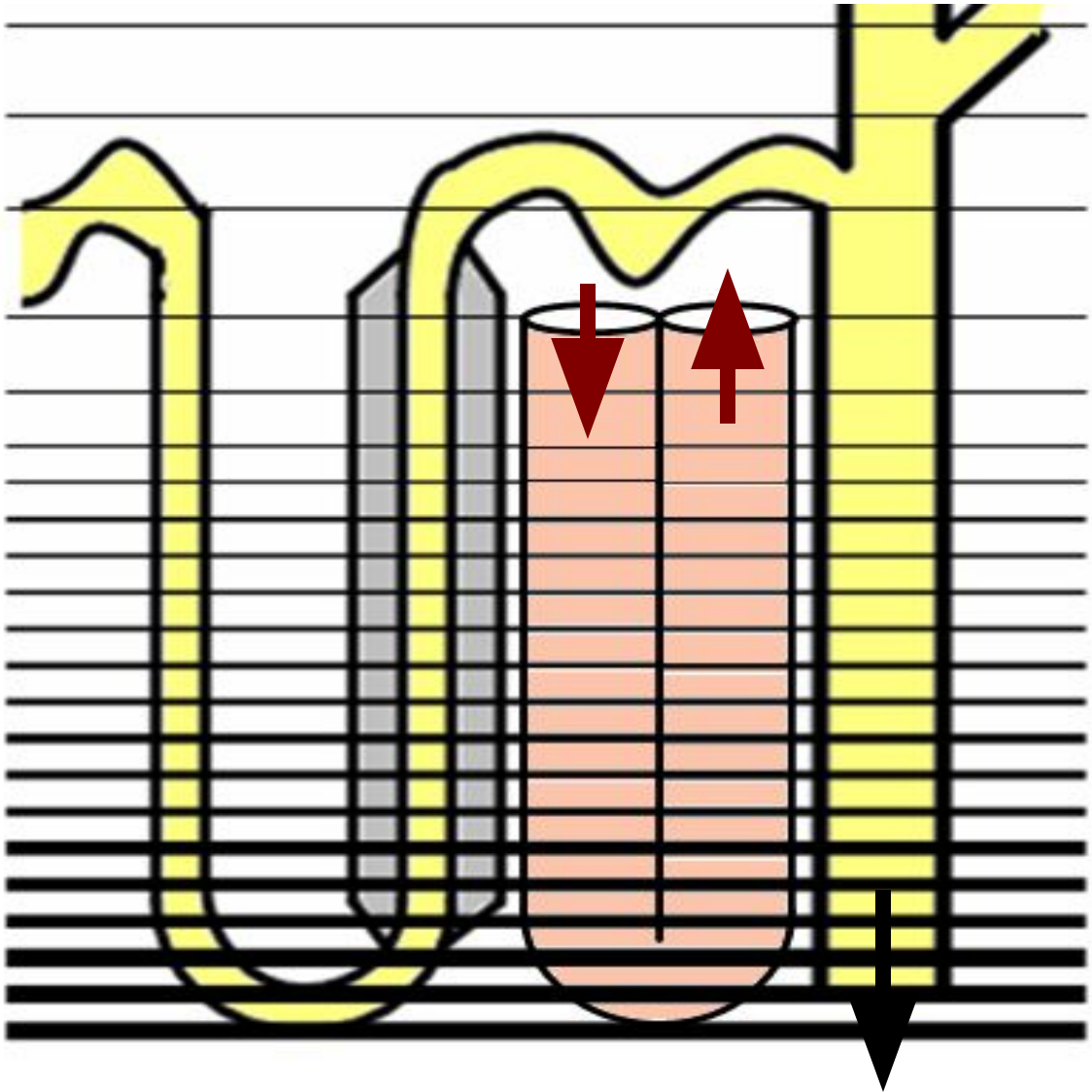
Увеличение осмолярности интерстиция

Ещё большая концентрация мочи

Диффузия в петлю Генле

КРУГООБОРОТ

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

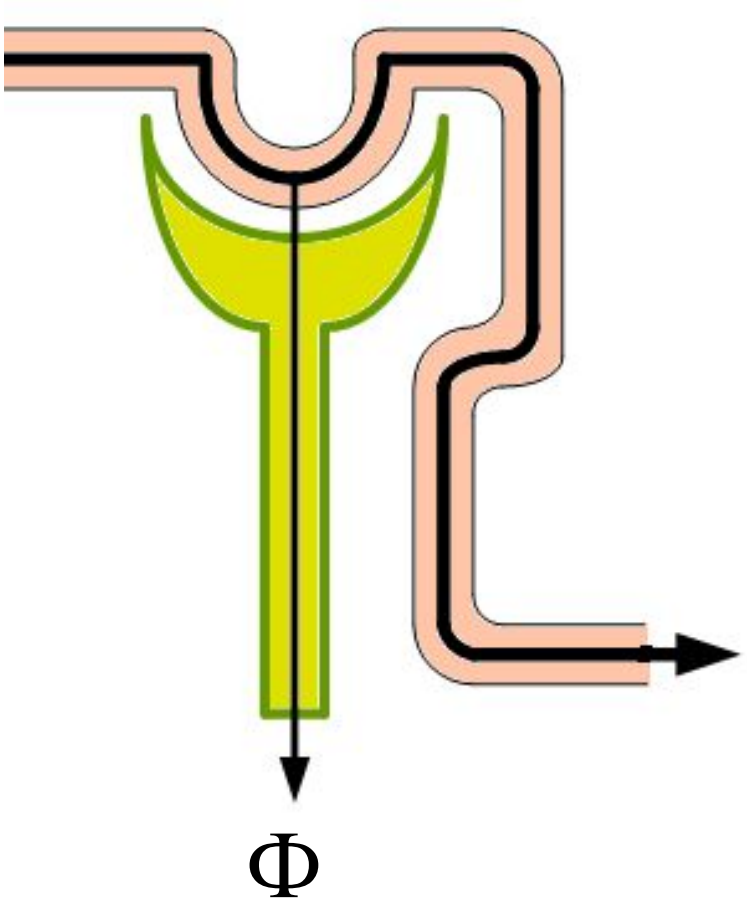
  скорости фильтрации,

  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 секретируется.
- Скорость его выведения зависит только от скорости фильтрации.
- К таким веществам относится 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 секретируется.
- Таким образом, всё количество инулина, которое профильтровалось, выделяется из организма с конечной мочой.
- Количество вещества в растворе равно:

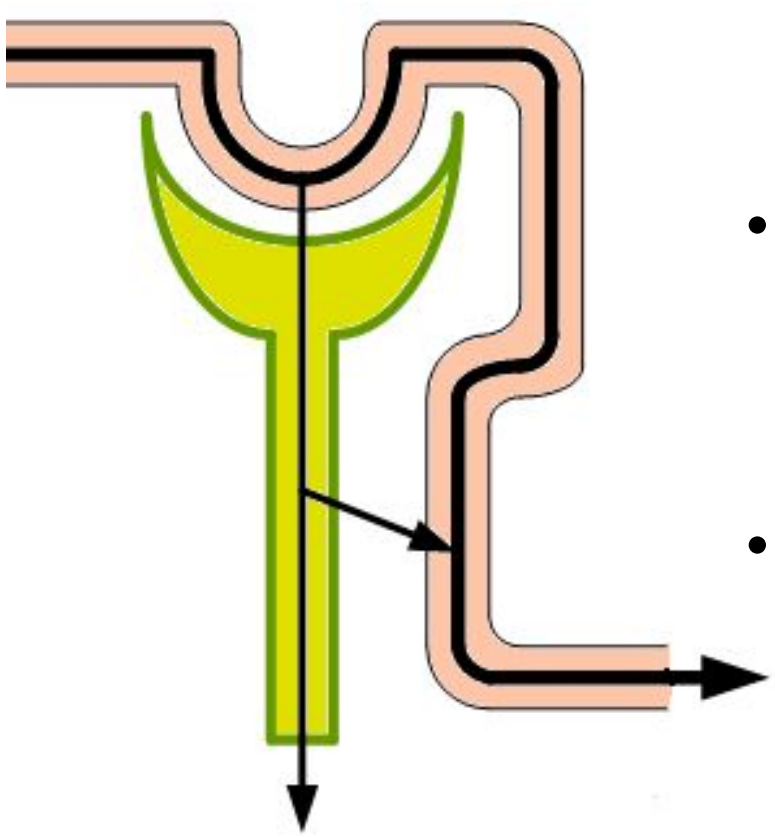
  концентрация х объём р-ра

- **($И_{пл}$ х $V_ф$) = ($И_м$ х $V_м$),** т.е. количество инулина в первичной моче равно ~~количеству инулина в конечной моче.~~
- **$V_ф$ = ($И_м$ х $V_м$) : $И_{пл}$**
- **$V_ф$** соответствует скорости клубочковой фильтрации (СКФ **= 120** мл/мин)

КЛИРЕНС ЭНДОГЕННОГО КРЕАТИНИНА

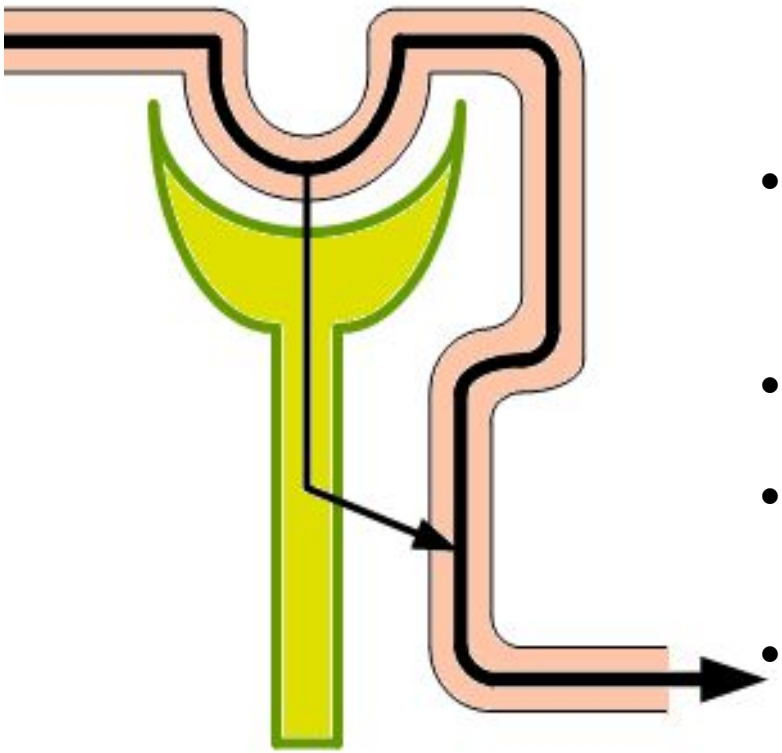
- КРЕАТИНИН – метаболит, который образуется при сокращении мышц из креатин-фосфата.
- Концентрация эндогенного креатинина в крови практически постоянна (в условиях покоя).
- Фильтруется, не реабсорбируется и не секретируется.
- Таким образом, всё количество креатинина, которое профильтровалось, выделяется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

2. ФИЛЬТРАЦИЯ**,** ЗАТЕМ ЧАСТИЧНАЯ РЕАБСОРБЦИЯ



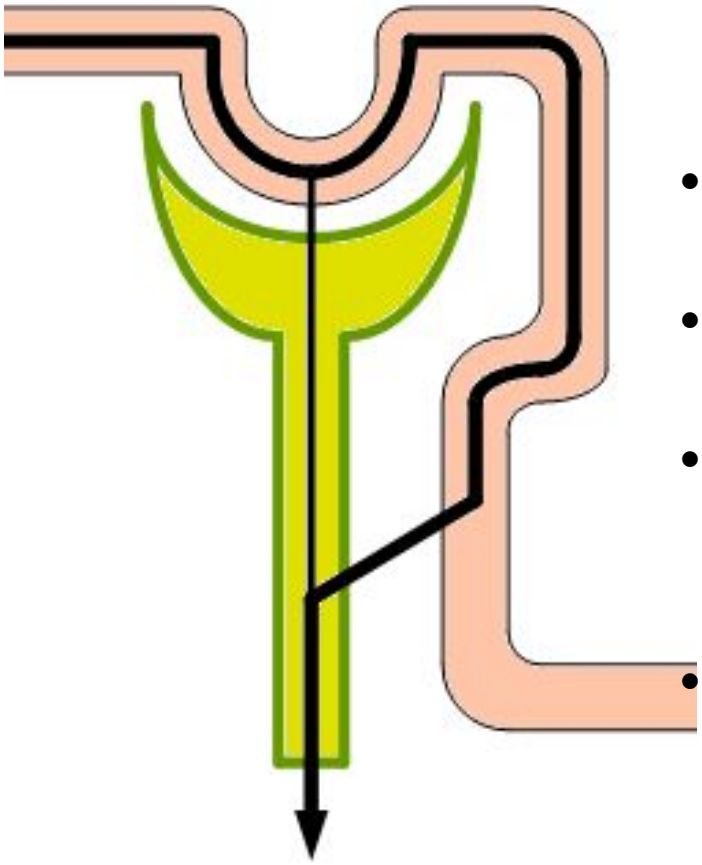
- Вещество свободно фильтруется**,** но затем частично реабсорбируется **(**т**.**е**.** из канальцев поступает обратно в кровь**).**
- Скорость очищения плазмы соответствует скорости фильтрации минус скорость реабсорбции**.**
- К таким веществам относятся основные электролиты **(Na, K, Ca,** фосфаты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

- ПАГ – органическая кислота.
- Вводится внутривенно.
- Фильтруется, дополнительно секретируется, так что плазма крови полностью очищается от ПАГ за время одного прохождения крови через почки.
- **($ПАГ_{пл}$ x $V_{ф+с}$) = ($ПАГ_{м}$ x $V_{м}$),** т.е. количество ПАГ в конечной моче соответствует количеству профильтровавшегося и поступившего в мочу путём секреции **($V_{ф+с}$).**
- **$V_{ф+с}$ = ($ПАГ_{м}$ x $V_{м}$) : $ПАГ_{пл}$,** что соответствует объёму плазмы, который протекает через почки за минуту:

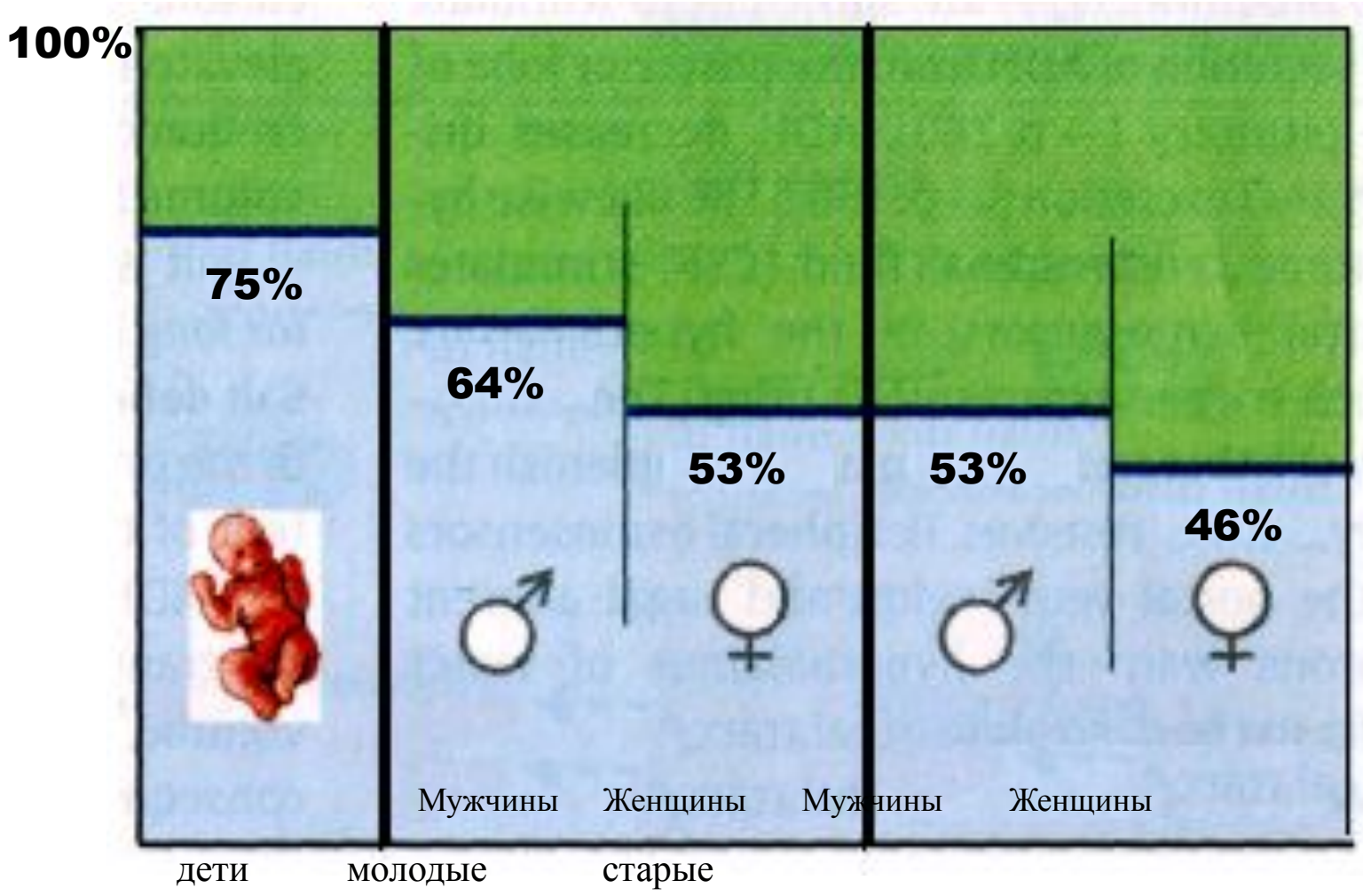
  ПЛАЗМОТОК **= 600** мл/мин
- Определив показатель гематокрита, можно рассчитать объёмную скорость почечного кровотока:

  КРОВОТОК **= 1000** мл.мин **(**или **1** л/мин**)**

РОЛЬ ПОЧЕК В РЕГУЛЯЦИИ ОБЪЁМА ЖИДКОСТИ В ОРГАНИЗМЕ

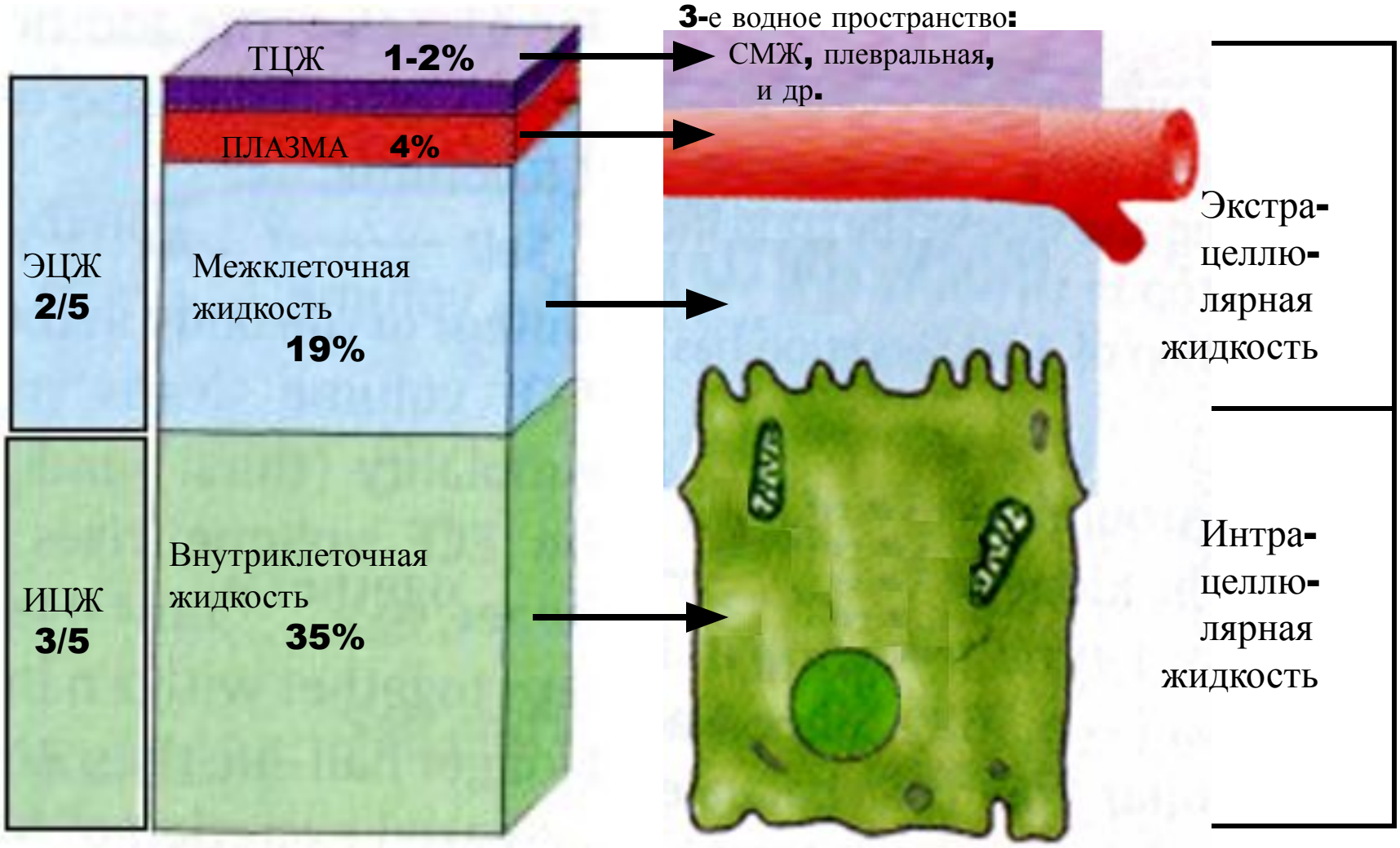
- АДГ **(**вазопрессин**) –** усиливает реабсорбцию воды в дистальных отделах нефрона**.** Изменение венозного возврата крови к сердцу на **5-7%** влияет на секрецию АДГ**.** Диурез может меняться от **0,5** до **20** л/сут**.**
- АНГИОТЕНЗИН и АЛЬДОСТЕРОН **–** усиливают реабсорбцию натрия и воды почками **–** 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.

- $Д_3$ (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 дигидрофофатов
3. Аммониевый механизм:

   аммиак, который образуется в эпителии почечных канальцев при дезаминировании глютаминовой к-ты, диффундирует в просвет канальца и связывает ион H^+. Образуется 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 внутренне 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.