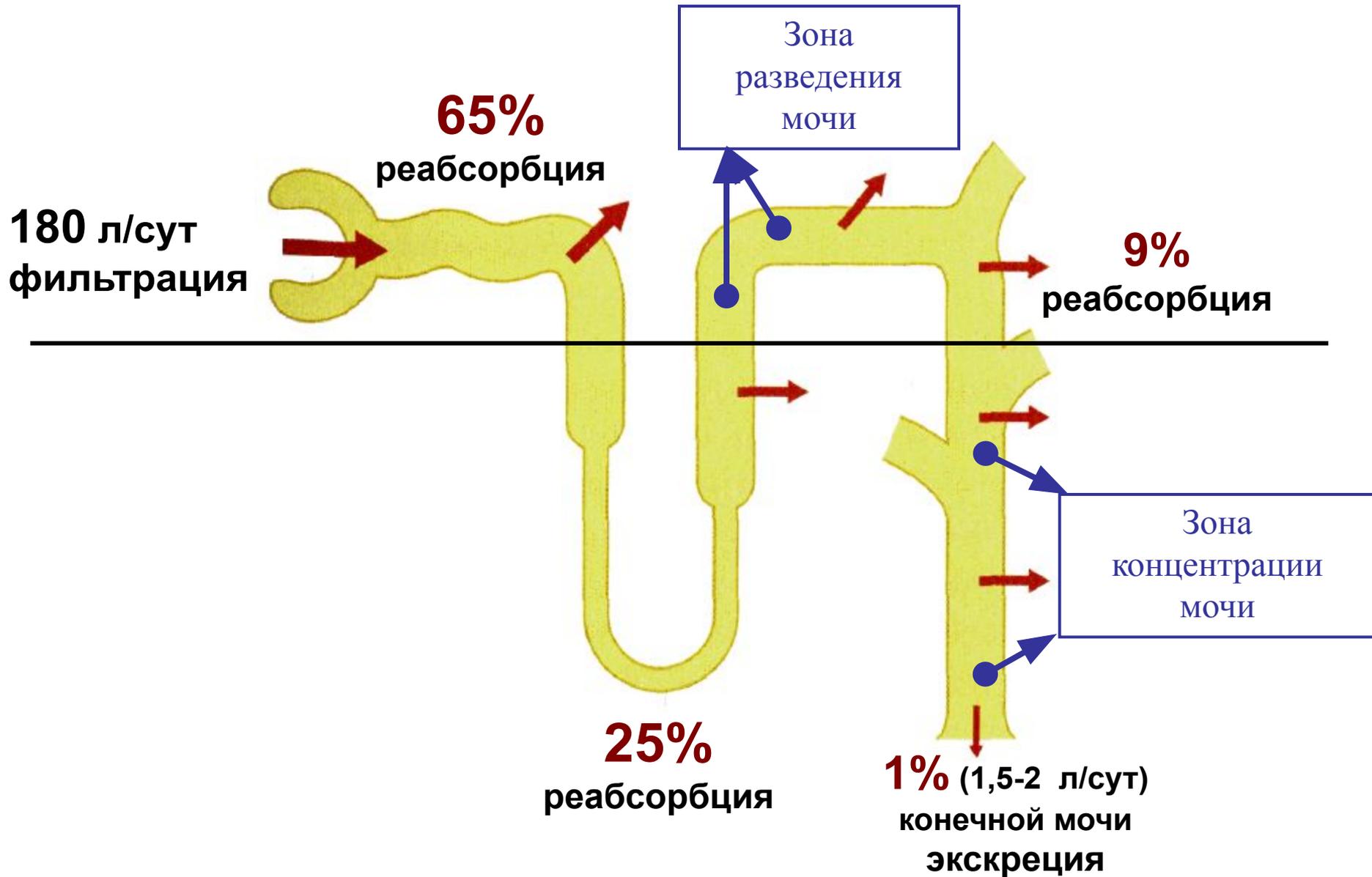


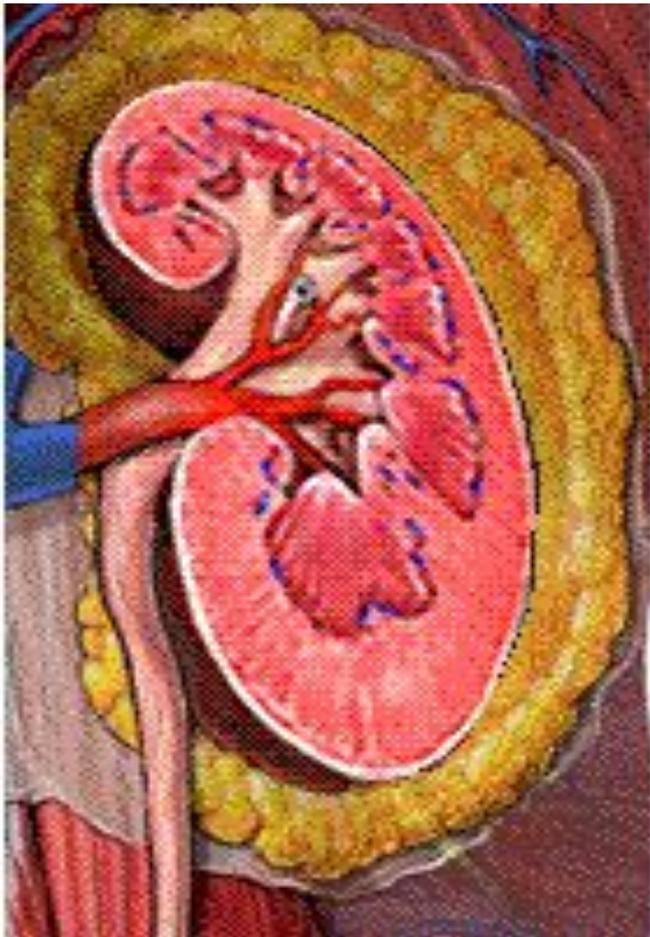
ФИЗИОЛОГИЯ ПОЧКИ

ЛЕКЦИЯ 2

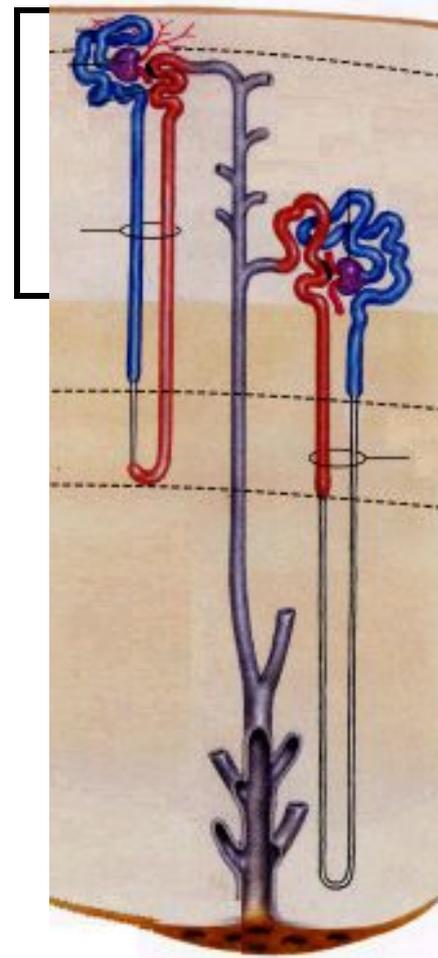
ФИЛЬТРАЦИЯ И РЕАБСОРБЦИЯ



МЕХАНИЗМ КОНЦЕНТРАЦИИ И РАЗВЕДЕНИЯ МОЧИ

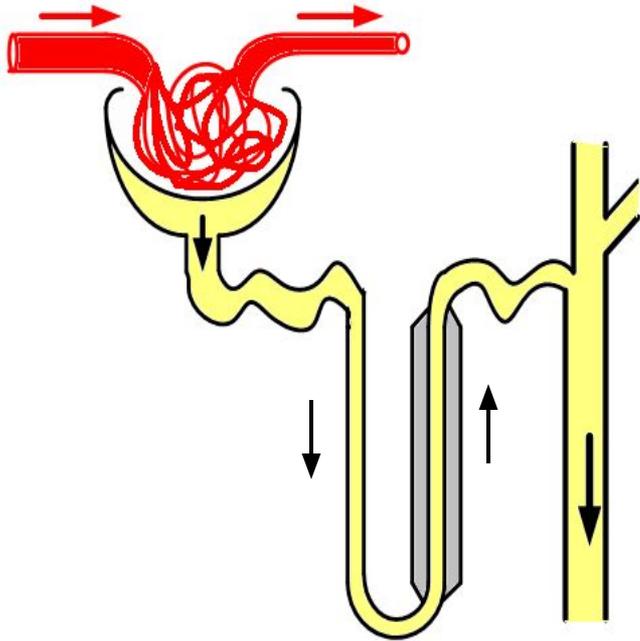


Корковое
вещество
почки



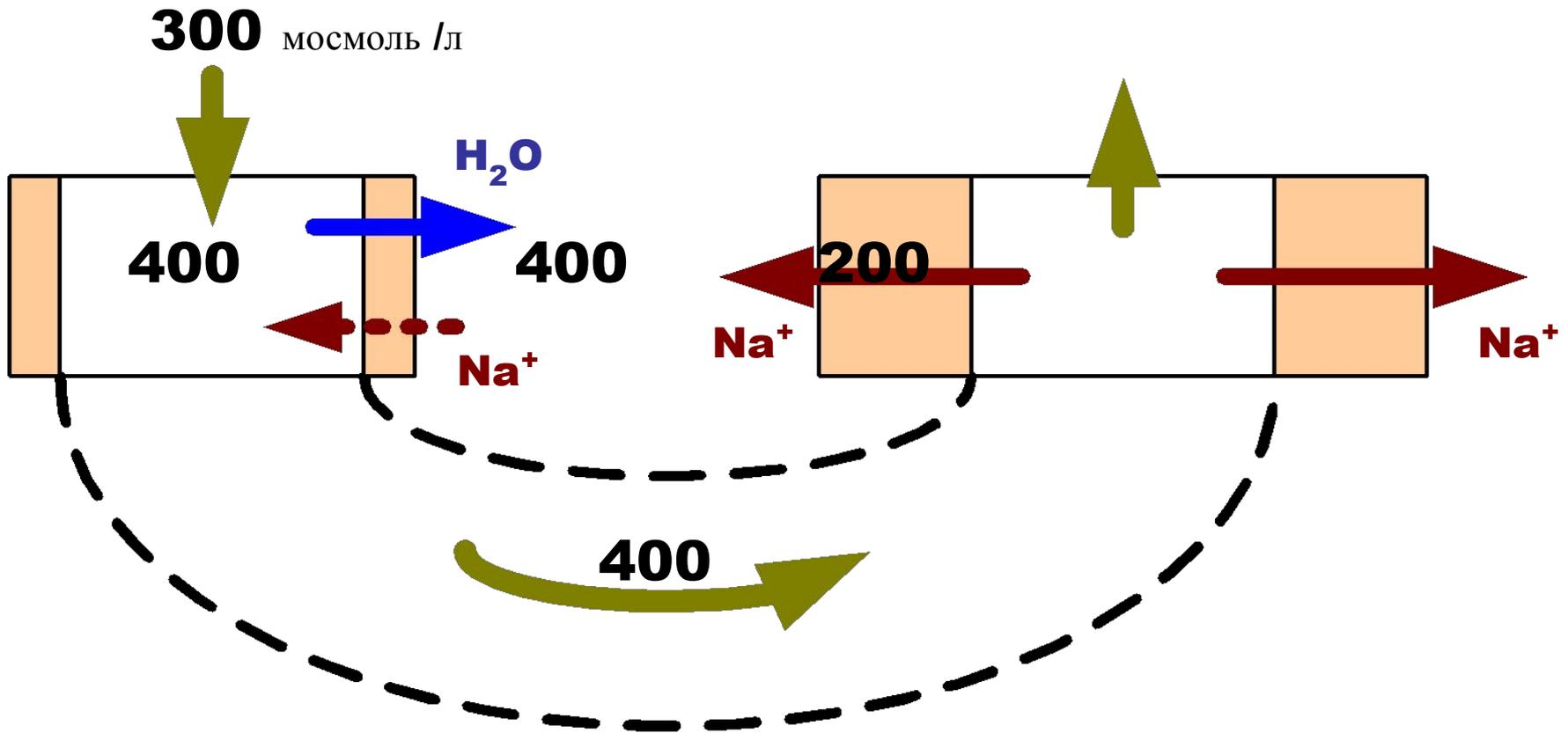
Мозговое
вещество
почки

ПЕТЛЯ ГЕНЛЕ – ПОВОРОТНО-ПРОТИВОТОЧНАЯ МНОЖИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА



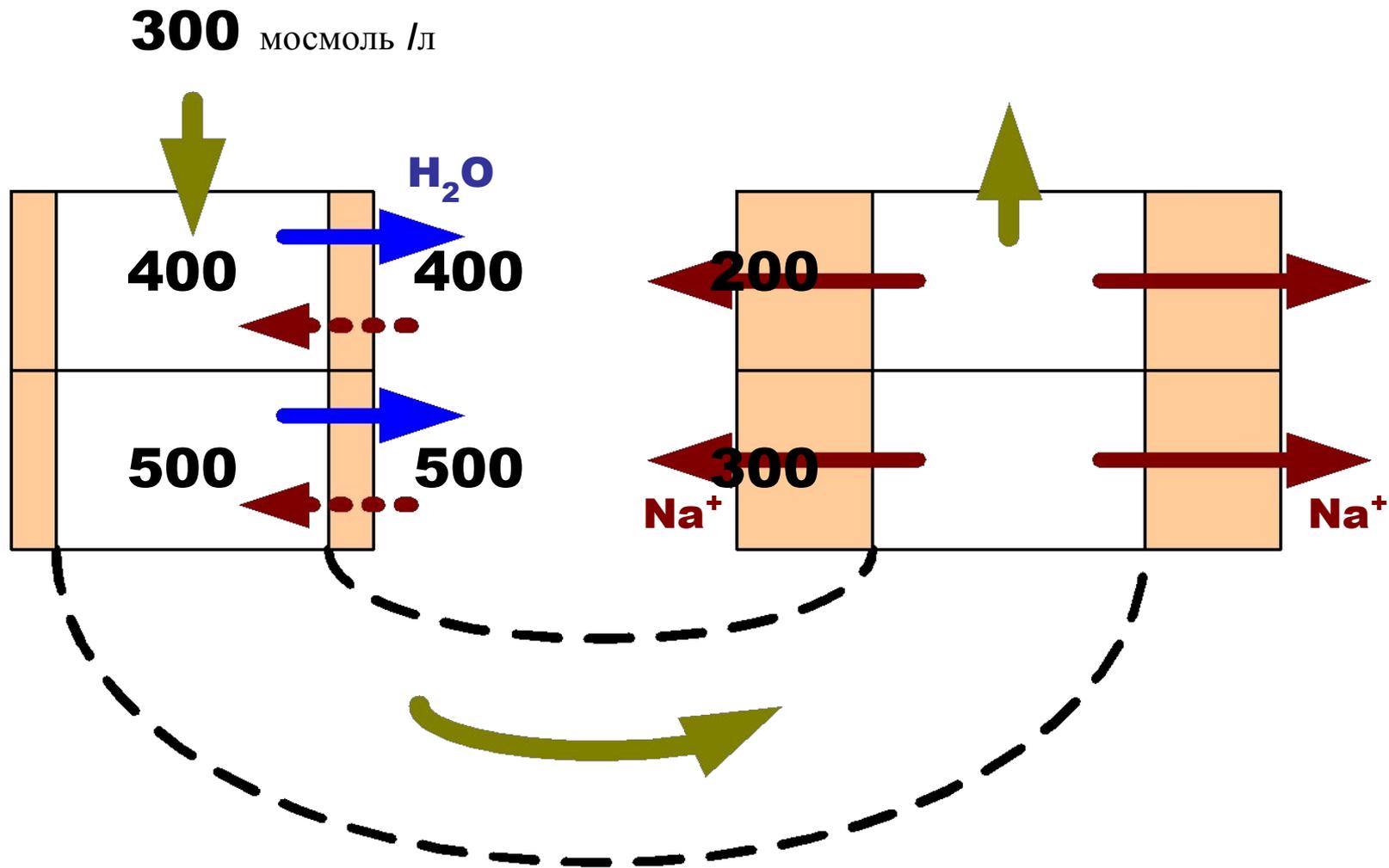
- Нисходящая часть петли Генле высоко проницаема для воды и натрия (пассивная диффузия).
- Восходящая часть петли Генле НЕПРОНИЦАЕМА ДЛЯ ВОДЫ (!!!) Здесь происходит АКТИВНАЯ РЕАБСОРБЦИЯ НАТРИЯ.
- Поэтому за счёт активной реабсорбции натрия (без воды!) создаётся **высокое осмотическое давление в мозговом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

ОДИН ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ СЕГМЕНТ ПЕТЛИ ГЕНЛЕ



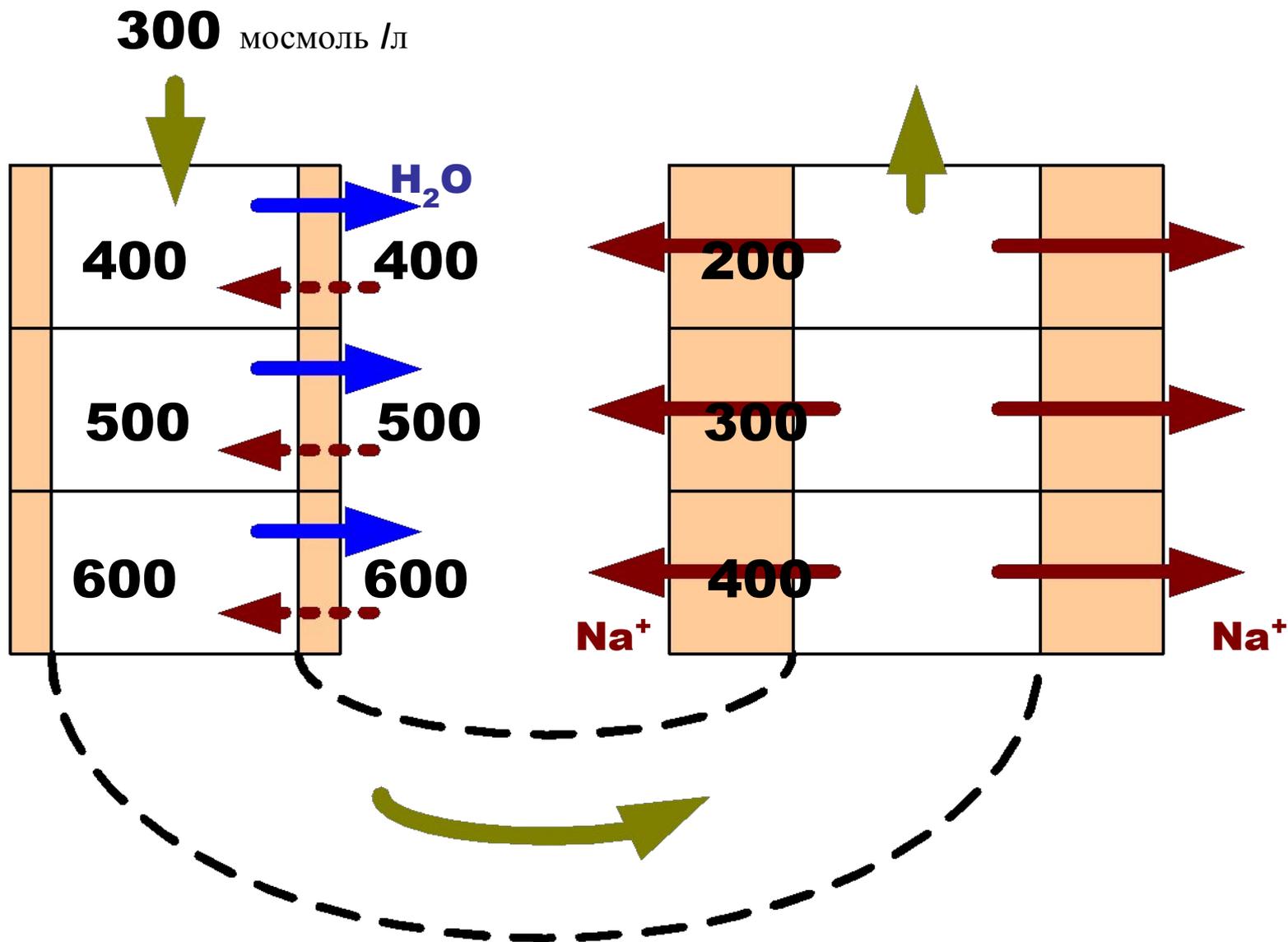
Активный транспорт и пассивная диффузия сбалансированы таким образом, что создаётся поперечный осмотический градиент в **200** мосмоль /л

ДВА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СЕГМЕНТА ПЕТЛИ ГЕНЛЕ

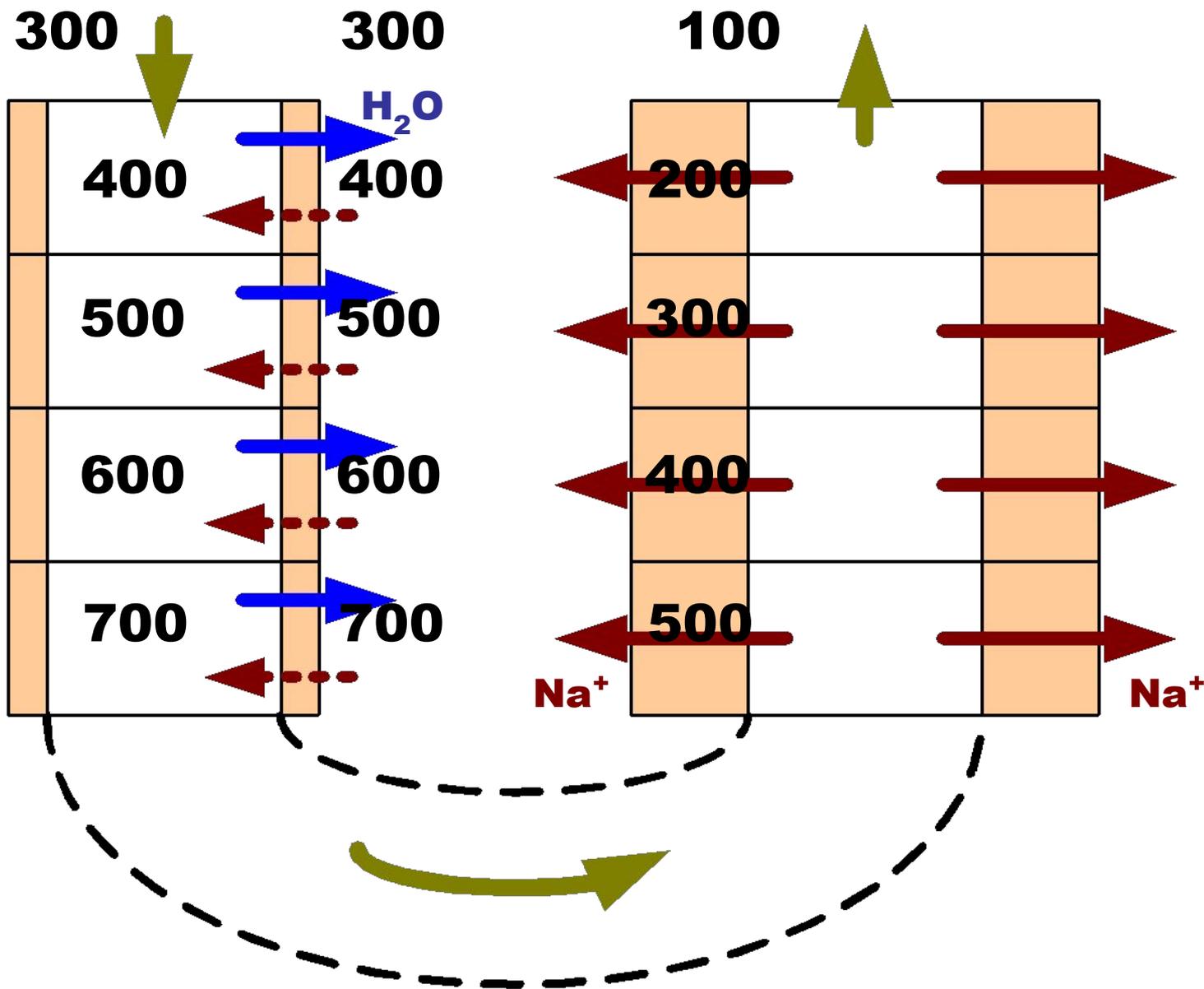


МНОЖИТЕЛЬНЫЙ ЭФФЕКТ –

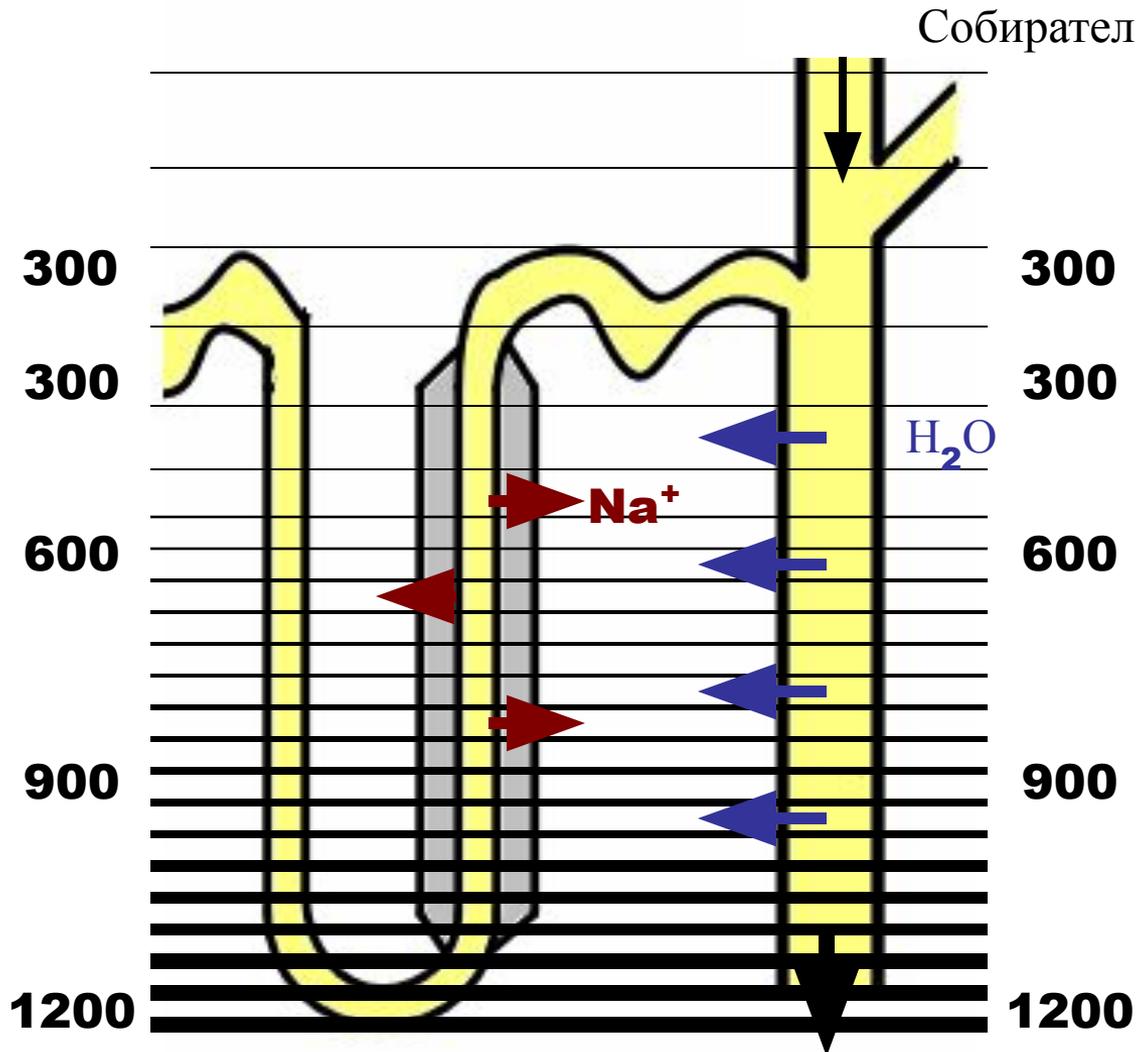
ЧЕМ ДЛИННЕЕ ПЕТЛЯ, ТЕМ ВЫШЕ ОСМОЛЯРНОСТЬ



...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.

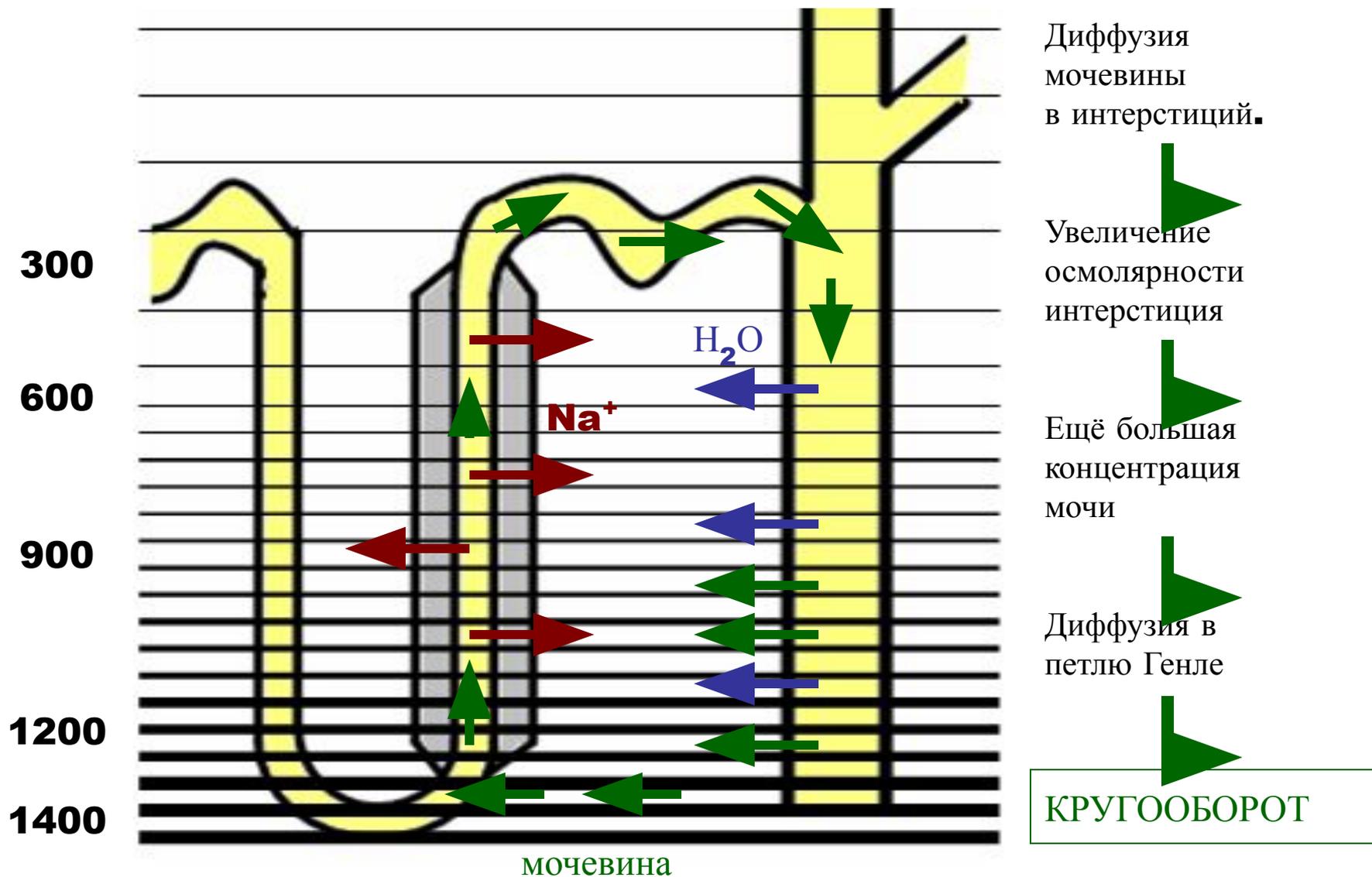
ПРОНИЦАЕМОСТЬ ПОЧЕЧНЫХ КАНАЛЬЦЕВ ДЛЯ ВОДЫ ОБЕСПЕЧИВАЕТСЯ СПЕЦИАЛЬНЫМИ БЕЛКАМИ - АКВАПОРИНАМИ

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

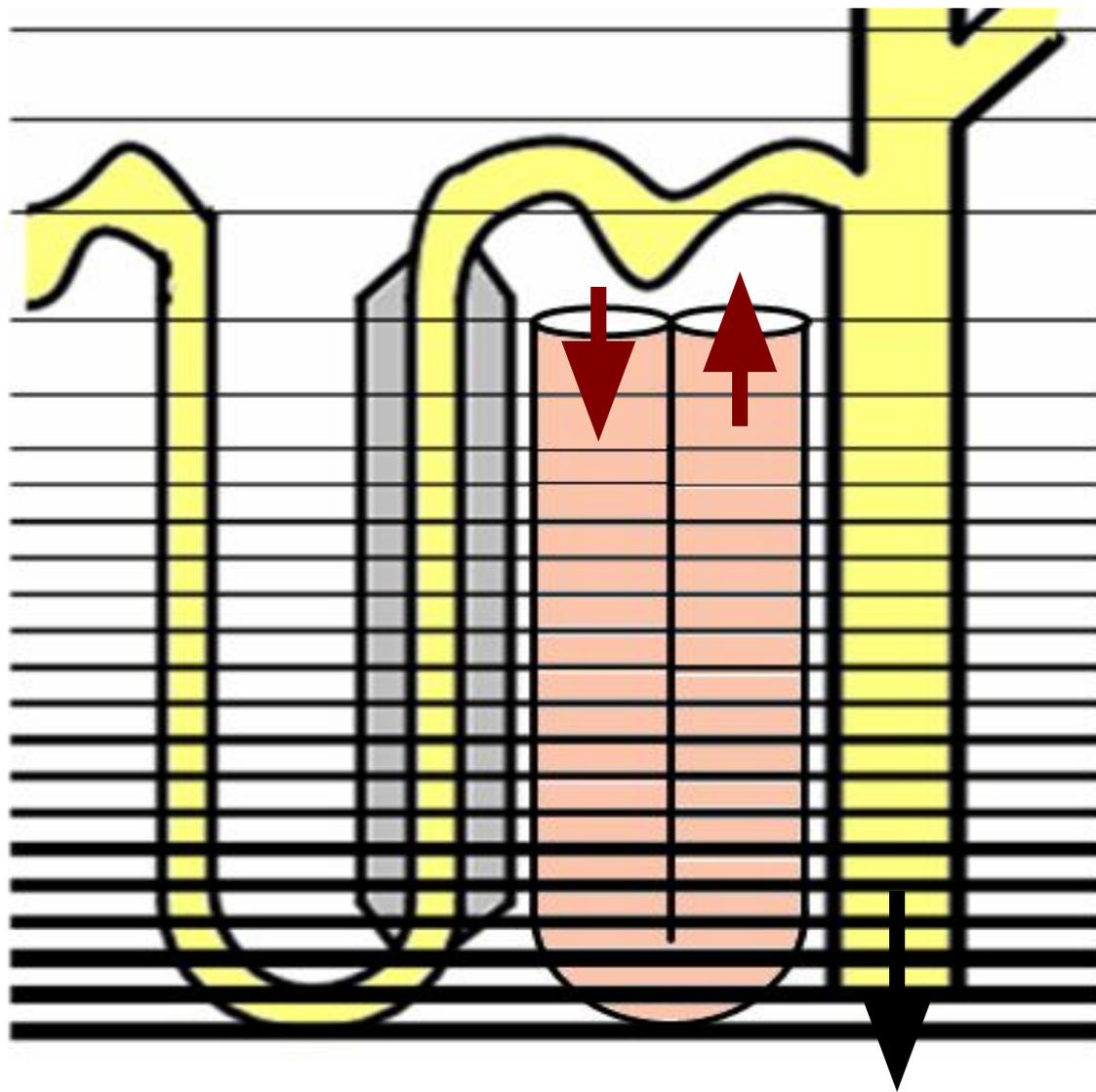
Аквапорин-**2** (регулируется с помощью АДГ) – в клетках
дистальных канальцев

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



МЕХАНИЗМ КОНЦЕНТРАЦИИ МОЧИ

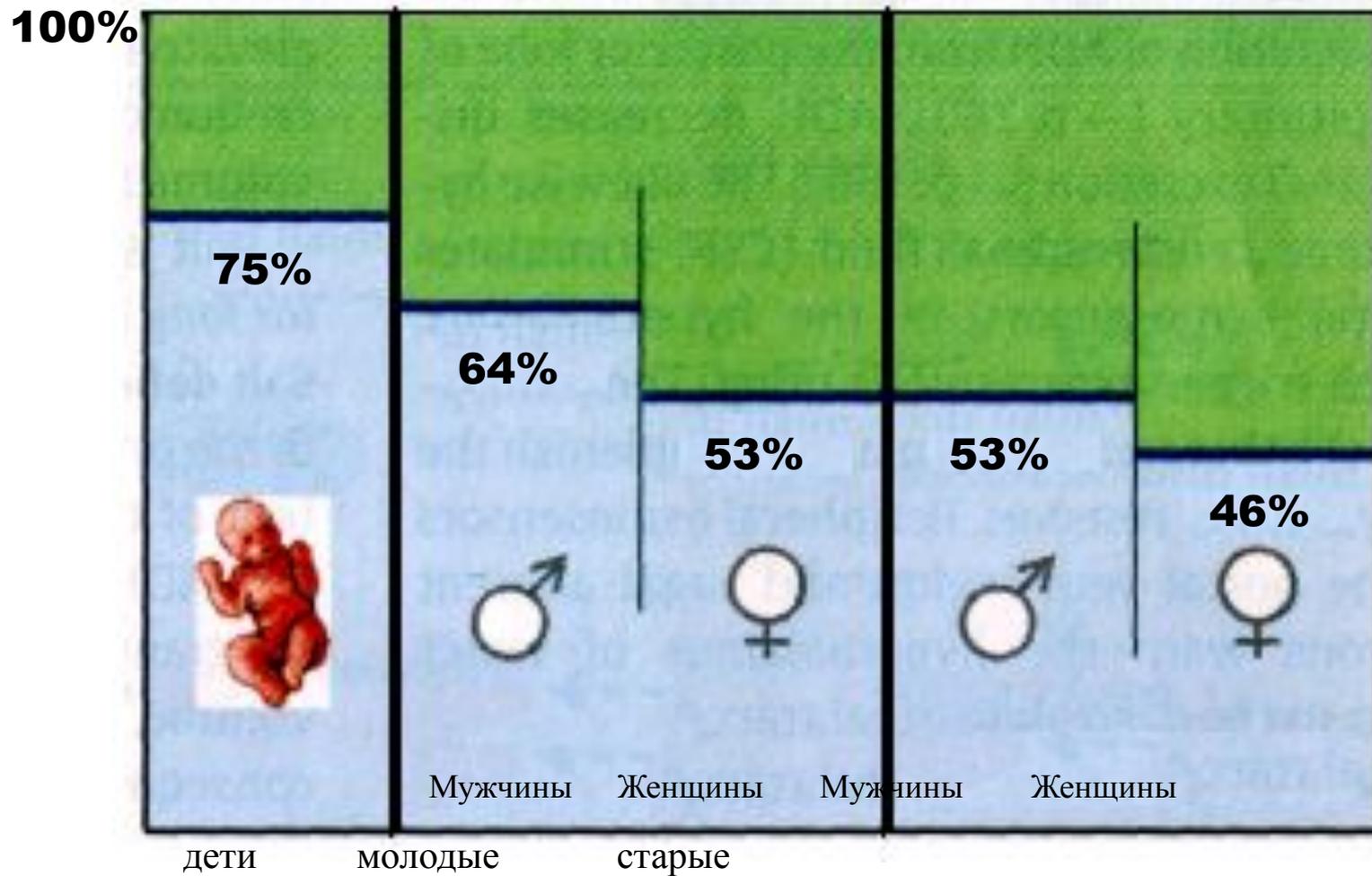


ЮКСТАМЕДУЛЛЯРНЫЙ
НЕФРОН

РОЛЬ ПОЧЕК В РЕГУЛЯЦИИ ОБЪЁМА ЖИДКОСТИ В ОРГАНИЗМЕ

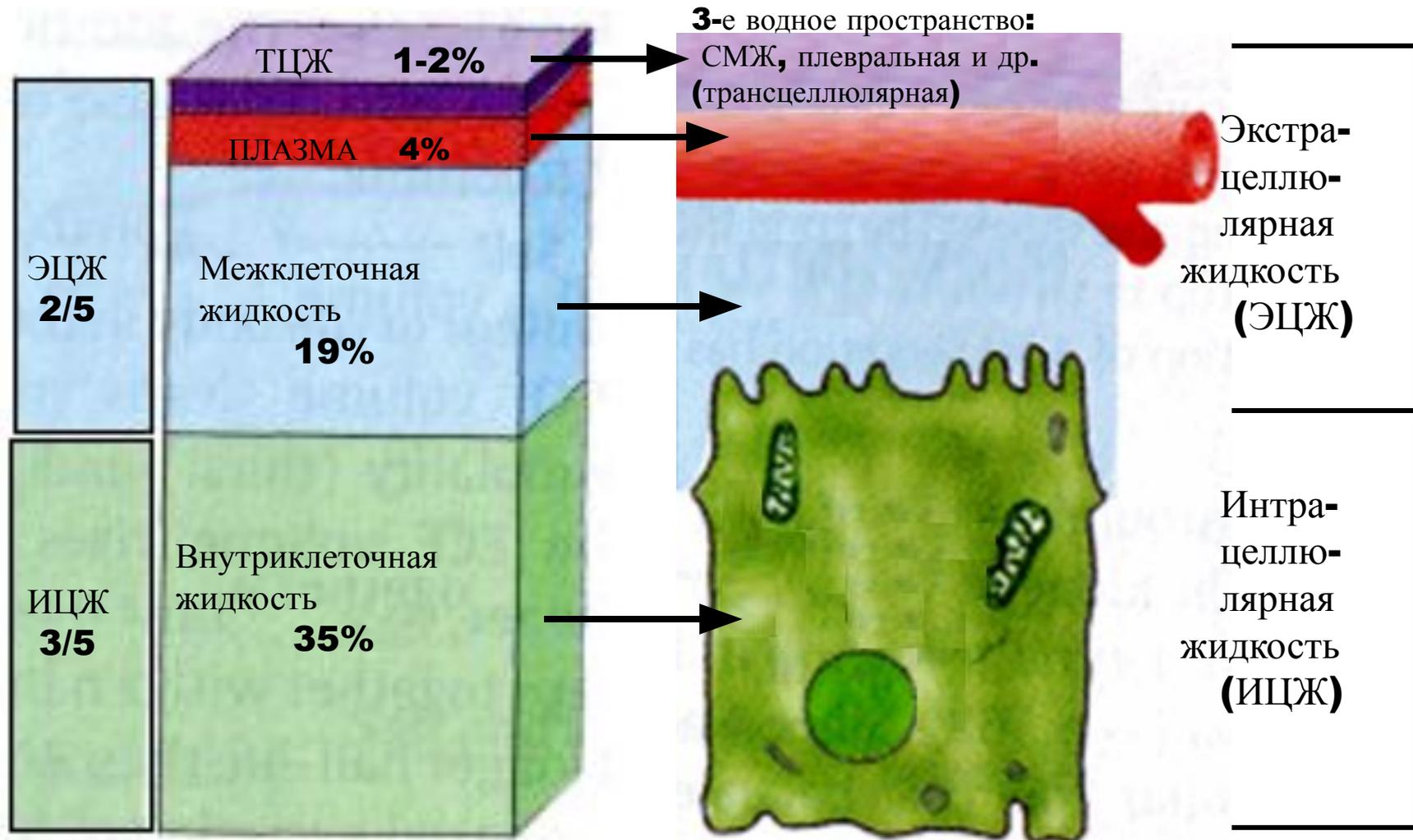
- **АДГ (вазопрессин)** – усиливает реабсорбцию воды в дистальных отделах нефрона. Изменение венозного возврата крови к сердцу на **5-7%** влияет на секрецию АДГ. Диурез может меняться от **0,5** до **20** л/сут.
- **АНГИОТЕНЗИН** и **АЛЬДОСТЕРОН** – усиливают реабсорбцию натрия и воды почками – увеличивают 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 осмотически чистой воды (независимо от натрия).
- Поэтому только АДГ способен регулировать осмотическое давление.
- Осморецепторы находятся
 - (а) в печени (всасывание воды и солей из ЖКТ)
 - (б) в стенке предсердий и крупных сосудов (изменение осмотического давления крови)
 - (в) в гипоталамусе
- 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.Секрецию альдостерона стимулируют:
 - (а) ангиотензин,
 - (б) гиперкалиемия
 - (в) АКТГ

Но усиленная секреция калия приводит к уменьшению секреции водородных ионов (поэтому при гиперкалиемии развивается ацидоз)

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.

- **Д₃ (кальцитриол)** (кожа → печень → почки) →

(а) усиливает реабсорбцию Са и фосфатов в почках, (б) усиливает всасывание Са и фосфатов в ЖКТ, (в) облегчает выход Са из костей.

РОЛЬ ПОЧЕК В РЕГУЛЯЦИИ pH

ТРИ МЕХАНИЗМА:

- 1.** Реабсорбция или экскреция бикарбонатов (происходит в проксимальных канальцах), а также образование НОВЫХ бикарбонатов (происходит в дистальных канальцах).
- 2.** Реабсорбция или экскреция гидрофосфатов и дигидрофосфатов
- 3.** Аммониевый механизм:
аммиак, который образуется в эпителии почечных канальцев при дезаминировании глутамина, 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.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ФУНКЦИИ ПОЧЕК

ОБЩИЙ КЛИНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МОЧИ

- **Количество мочи, выделяемой за сутки (суточный диурез):**
у взрослых 1-1,5 л/сут (примерно 75% выпитой жидкости).
Делится на дневной и ночной диурез (отношение 3:1).
Олигурия – диурез < 500 мл/сут
Анурия – полное прекращение выделения мочи (через 5-7 дней ведёт к уремии)
- **Цвет, прозрачность, удельный вес:**
в норме моча соломенно-жёлтого цвета, прозрачная,
уд. вес = 1012-1025
- **Реакция мочи:** рН = 5,3 – 6,5 (при смешанном питании).
Возможный диапазон показателя рН = 4,4 – 8,4.

Химические компоненты мочи:

Белок в норме отсутствует.

Протеинурия - выделение белка с мочой.

У здоровых людей протеинурия бывает при физической нагрузке,

длительной ходьбе (*маршевая протеинурия*),

длительном стоянии (*ортостатическая протеинурия*),

при охлаждении и стрессах.

Глюкоза практически отсутствует (не > 0,02%).

Физиологическая глюкозурия может быть при избытке углеводов в пище (*алиментарная Г.*),

после эмоционального напряжения (*эмоциональная Г.*),

после приёма некоторых лекарств (*кофеин, глюкокортикоиды и др.*)

Микроскопия осадка мочи:

Исследование по Нечипоренко –

в средней порции утренней мочи в норме

эритроцитов 1×10^3 в 1 мл

лейкоцитов $2-4 \times 10^3$ в 1 мл

цилиндров до 20 в 1 мл

Проба Каковского-Аддиса –

количество элементов в суточном объёме мочи в
норме

эритроцитов 1×10^6 в сутки

лейкоцитов 2×10^6 в сутки

цилиндров 2×10^4 в сутки

ПРИМЕЧАНИЕ: цилиндры – это белковые или клеточные образования канальцевого происхождения (*гиалиновые, эпителиальные, гемоглобиновые и др.*)

Исследование концентрационной способности почек:

Проба по Зимницкому –

определяют количество и удельный вес мочи в 8-ми порциях, собранных при обычном водном и пищевом режиме больного за сутки (через каждые 3 часа).

$\frac{2}{3}$ общего количества мочи – дневной диурез,
 $\frac{1}{3}$ – ночной диурез.

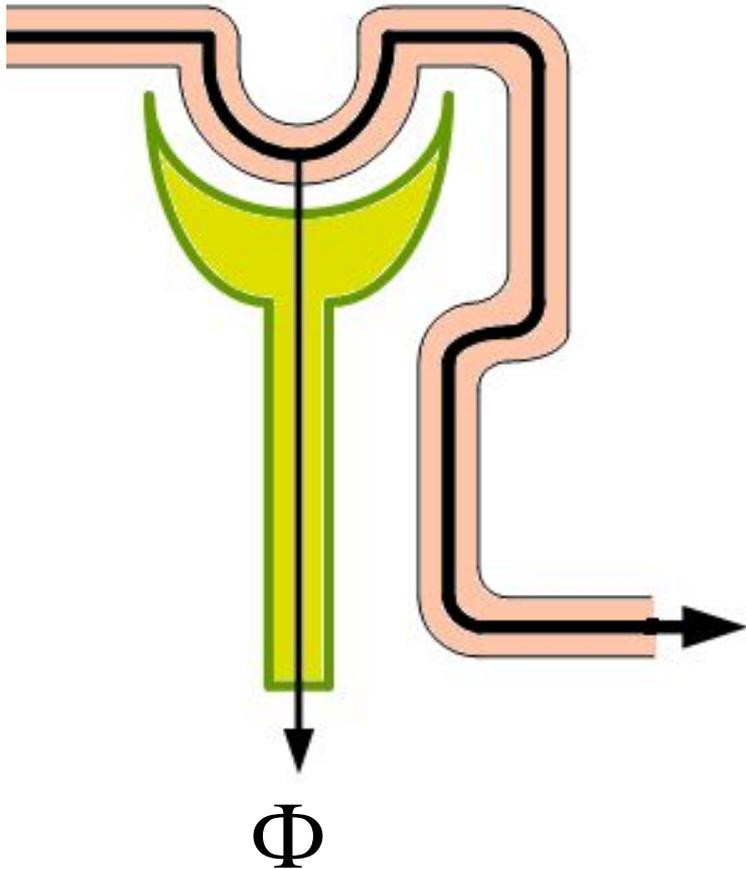
Удельный вес колеблется от 1005 до 1025 и выше.

Если максимальный показатель выше 1020, а разница между ним и минимальным показателем составляет 8-10, то концентрационная способность почек хорошая.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЧЕЧНЫХ ФУНКЦИЙ МЕТОДОМ КЛИРЕНСА (clearance)

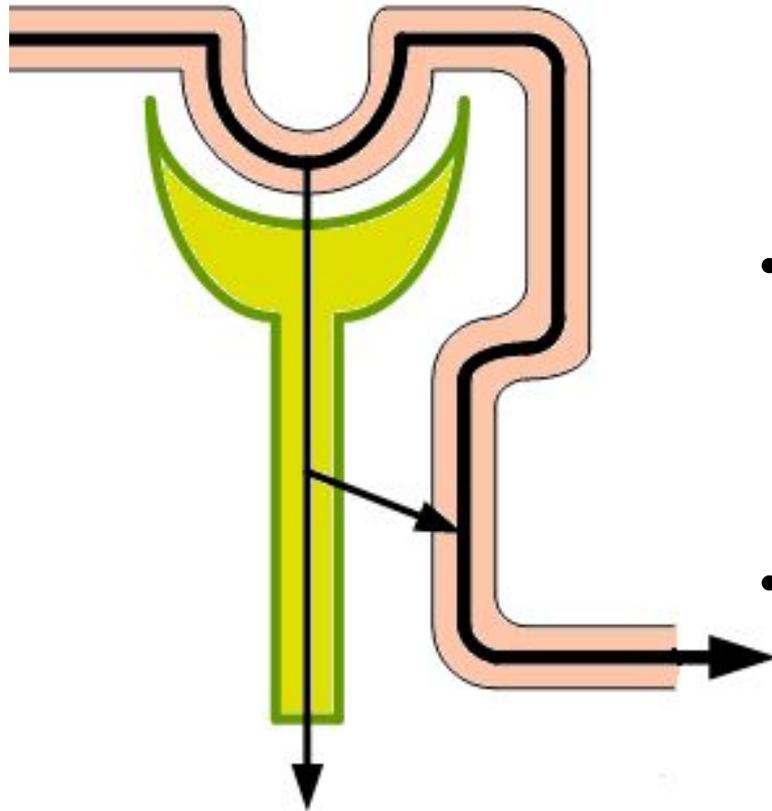
- **КЛИРЕНС (коэффициент очищения) – это объём плазмы, который очищается от какого-либо вещества, проходя через почку за единицу времени**
(мл / мин)
- **Скорость очищения зависит от скорости фильтрации, скорости реабсорбции, скорости секреции.**
- **Существует 4 варианта очищения плазмы от различных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

1. ОЧИЩЕНИЕ ПЛАЗМЫ ТОЛЬКО ПУТЁМ ФИЛЬТРАЦИИ



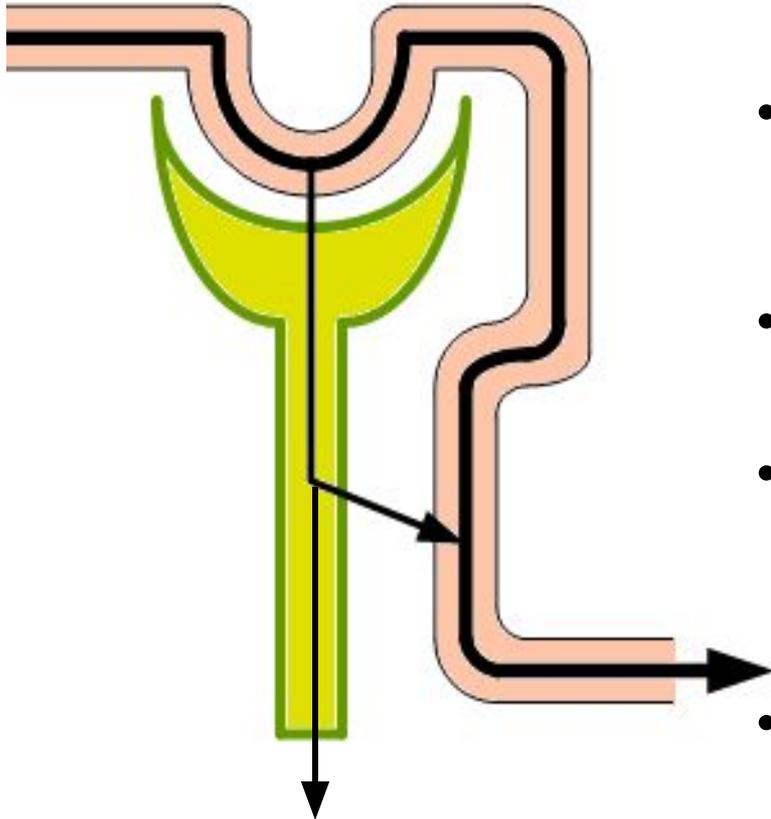
- **Вещество свободно фильтруется, не реабсорбируется, не секретируется.**
- **Скорость его выведения зависит только от скорости фильтрации.**
- **К таким веществам относятся креатинин, сульфаты, а также инулин.**
- **Подобные в-ва используются для определения скорости клубочковой фильтрации**

2. ФИЛЬТРАЦИЯ, ЗАТЕМ ЧАСТИЧНАЯ РЕАБСОРБЦИЯ



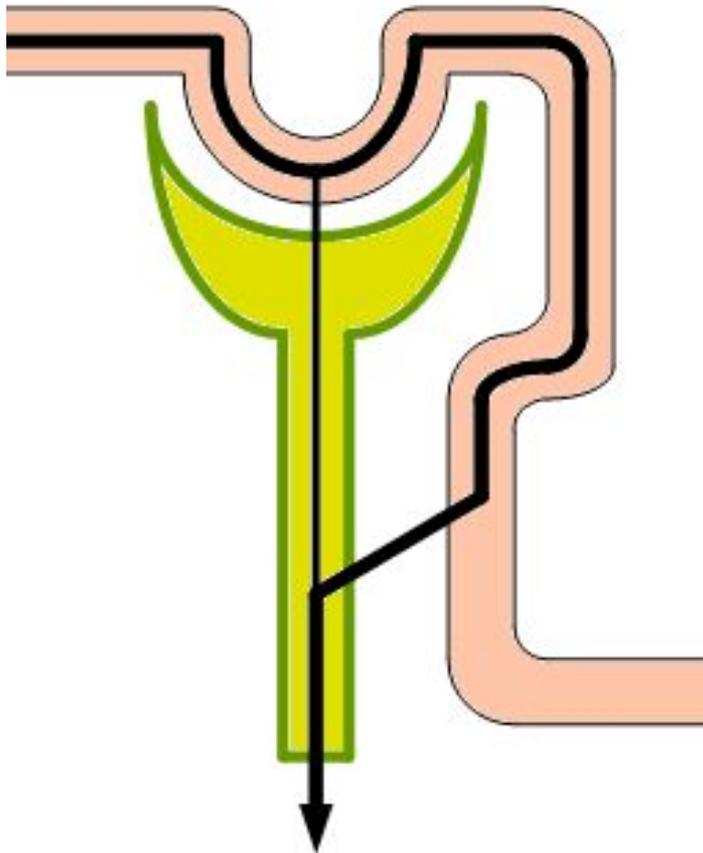
- **Вещество свободно фильтруется, но затем частично реабсорбируется (т.е. из канальцев поступает обратно в кровь).**
- **Скорость очищения плазмы соответствует скорости фильтрации минус скорость реабсорбции.**
- **К таким веществам относятся основные электролиты (Na, K, Ca, фосфаты и др.)**

3. ФИЛЬТРАЦИЯ, ЗАТЕМ ПОЛНАЯ РЕАБСОРБЦИЯ



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

4. ФИЛЬТРАЦИЯ, ЗАТЕМ КАНАЛЬЦЕВАЯ СЕКРЕЦИЯ



- **Вещество свободно фильтруется, не реабсорбируется, а дополнительно секретировано из вторичной капиллярной сети в канальцы.**
- **Очищение плазмы происходит за счёт фильтрации и 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.**

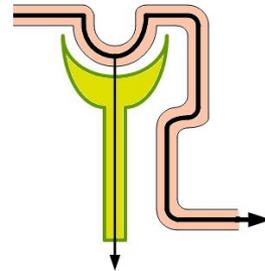
ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ КЛУБОЧКОВОЙ ФИЛЬТРАЦИИ ПО КЛИРЕНСУ ИНУЛИНА

- ИНУЛИН – полимер фруктозы.
- Вводится внутривенно.
- Фильтруется, не реабсорбируется, не секретировается.
- Таким образом, всё количество инулина, которое профильтровалось, выделяется из организма с конечной мочой.
- Известно, что
кол-во вещества = концентрация в-ва x объём р-ра
- Значит, кол-во инулина в первичной моче ($I_{пл} \times V_{ф}$) равно кол-ву инулина в конечной моче ($I_{м} \times V_{м}$):

$$(I_{\text{плазмы}} \times V_{ф}) = (I_{м} \times V_{м})$$

- Отсюда $V_{ф} = (I_{м} \times V_{м}) : I_{\text{плазмы}}$

- $V_{ф}$ соответствует **скорости клубочковой фильтрации**
(СКФ = 120 мл/мин)



ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКФ ПО КЛИРЕНСУ ЭНДОГЕННОГО КРЕАТИНИНА (проба Реберга-Тареева)

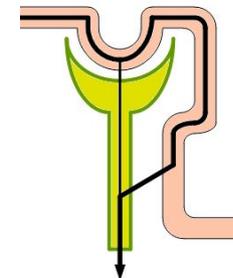


- **КРЕАТИНИН** – метаболит, который образуется при сокращении мышц из креатин-фосфата.
- Концентрация эндогенного креатинина в крови практически постоянна (в условиях покоя).
- Креатинин фильтруется, не реабсорбируется, обычно не секретировается.
- Всё количество креатинина, которое профильтровалось, выделяется из организма с конечной мочой.
- Значит, количество креатинина в первичной моче равно количеству креатинина в конечной моче:

$$(Kp_{пл} \times V_{ф}) = (Kp_{м} \times V_{м})$$

- $V_{ф} = (Kp_{м} \times V_{м}) : Kp_{пл}$, что соответствует **скорости клубочковой фильтрации**
- Однако, в ряде случаев креатинин секретировается, поэтому результат бывает неточным: 90-140 мл/мин

ОЦЕНКА ПОЧЕЧНОГО КРОВОТОКА ПО КЛИРЕНСУ «ПАГ» (ПАРААМИНОГИППУРОВОЙ КИСЛОТЫ)



- ПАГ – органическая кислота.
- Вводится внутривенно.
- Фильтруется, дополнительно секретировается, что плазма крови полностью очищается от ПАГ время одного прохождения крови через почки.

так
за

- Количество ПАГ в конечной моче соответствует и количеству профильтровавшейся ПАГ, и количеству ПАГ, поступившей в мочу путём секреции:

$$(\text{ПАГ}_{\text{пл}} \times V_{\text{ф+с}}) = (\text{ПАГ}_{\text{м}} \times V_{\text{м}})$$

- Отсюда $V_{\text{ф+с}} = (\text{ПАГ}_{\text{м}} \times V_{\text{м}}) : \text{ПАГ}_{\text{пл}}$, соответствует полному **объёму плазмы**, протекает через почки за минуту:

что
который

$$\text{ПЛАЗМОТОК} = 600 \text{ мл/мин}$$

- Определив показатель гематокрита (например, 40%), рассчитывают объёмную скорость почечного кровотока:

$$\text{КРОВОТОК} = 1000 \text{ мл/мин (или 1 л/мин)}$$

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:**
 - (а) испарение с поверхности кожи (большая площадь поверхности относительно малой массы тела);
 - (б) выделение воды лёгкими (высокая частота дыхания);
 - (в) потери воды через ЖКТ (частый жидкий стул)
- Поэтому при неправильном питании или голодании очень быстро наступает обезвоживание, снижается ОЦК и АД, развивается гиповолемический шок.