

Lippincott's Pathophysiology Series

Джозеф А. Шейман

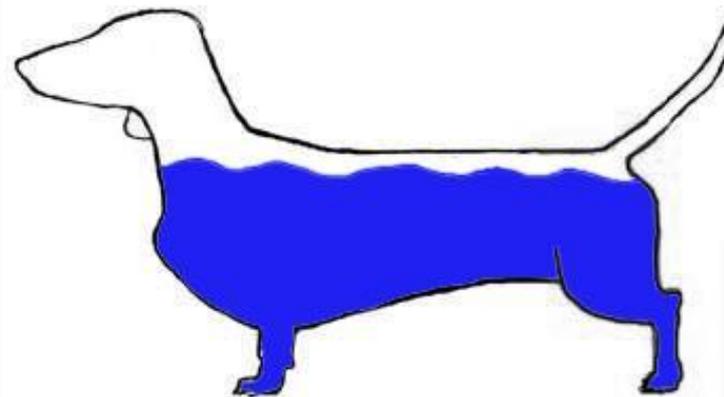
ПАТОФИЗИОЛОГИЯ ПОЧКИ



патологические и клинические механизмы

обсуждение историй болезней

MmBook.ru

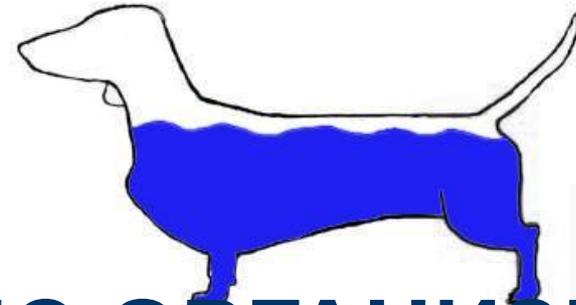


ФИЗИОЛОГИЯ ПОЧКИ

Карташов С.Н.

ДОКТОР БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК, ПРОФЕССОР

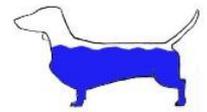




ВОДНЫЙ БАЛАНС ОРГАНИЗМА



Карташов С.Н.
ДОКТОР БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК, ПРОФЕССОР

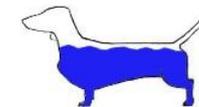


ВОДНЫЙ БАЛАНС

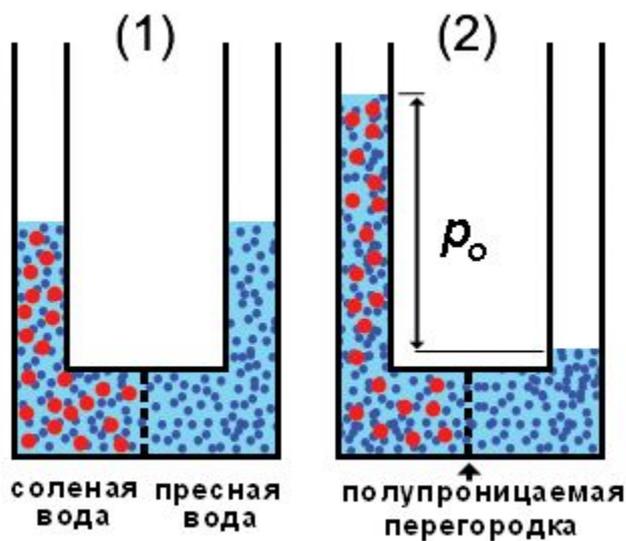
- Водный баланс занимает центральное место в регуляции состава жидкостей организма
- Изменение концентрации воды определяется по сдвигу концентрации растворенных веществ (осмоляльности) - косвенно
- Главным компонентом определяющим осмоляльность плазмы – Na^+
- У больных с нарушением водного обмена отмечают гипо- или гипернатриемию



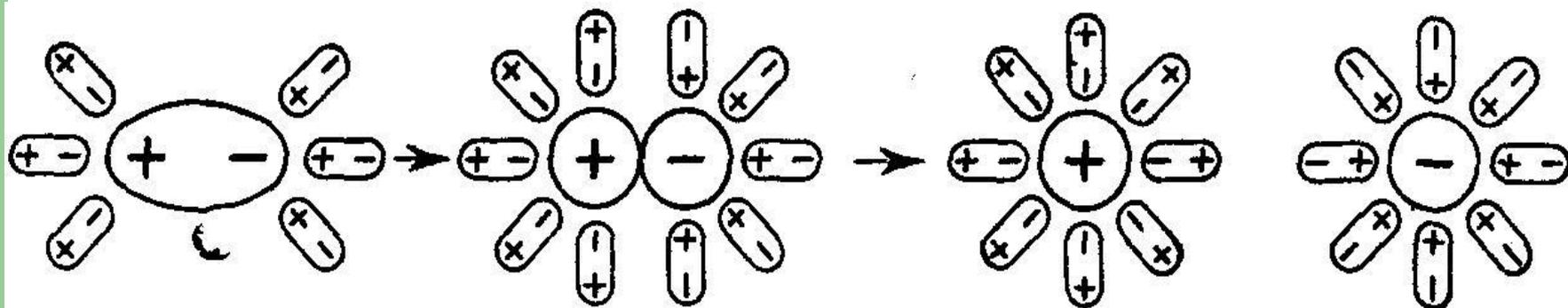
- ◆ Чем выше осмоляльность плазмы, тем ниже концентрация воды
- ◆ Чем ниже осмоляльность плазмы, тем выше концентрация в ней воды

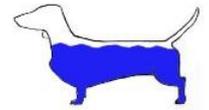


ОСМОТИЧЕСКОЕ ДАВЛЕНИЕ



1. Осмотическое давление измеряется в единицах осмолярности (общей концентрации растворенных веществ)
2. осмолярность косвенный показатель концентрации воды
3. Чем выше осмолярность – тем ниже концентрация воды
4. Тоничность – способность создавать P





ОСМОЛЯЛЬНОСТЬ

• осмолярность

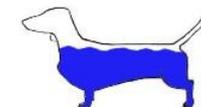
количество осмотически активных частиц в 1000 мл воды в растворе (единица измерения – мосм/л)

• Осмоляльность

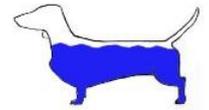
количество осмотически активных частиц в 1000 г воды в растворе (единица измерения – мосм/кг)

1 миллиосмоль (мосм) на литр создаёт давление 19,3 мм ртутного столба (мм рт.ст.), осмотическое давление крови составляет 290 мосм/л или 5500 мм рт.ст.



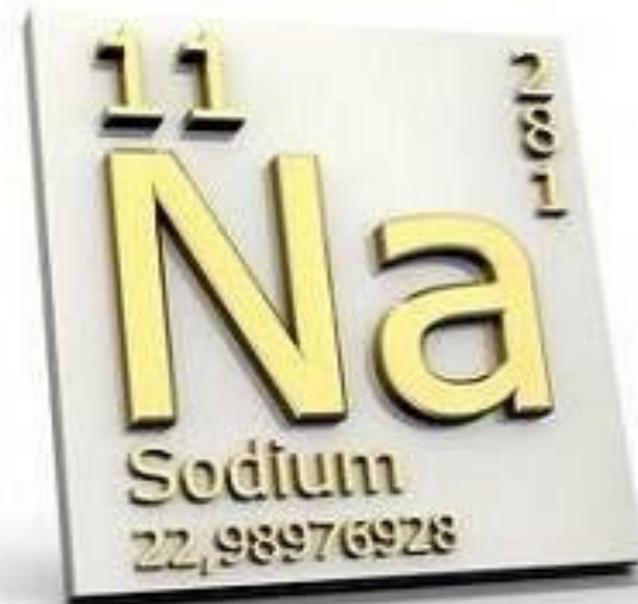


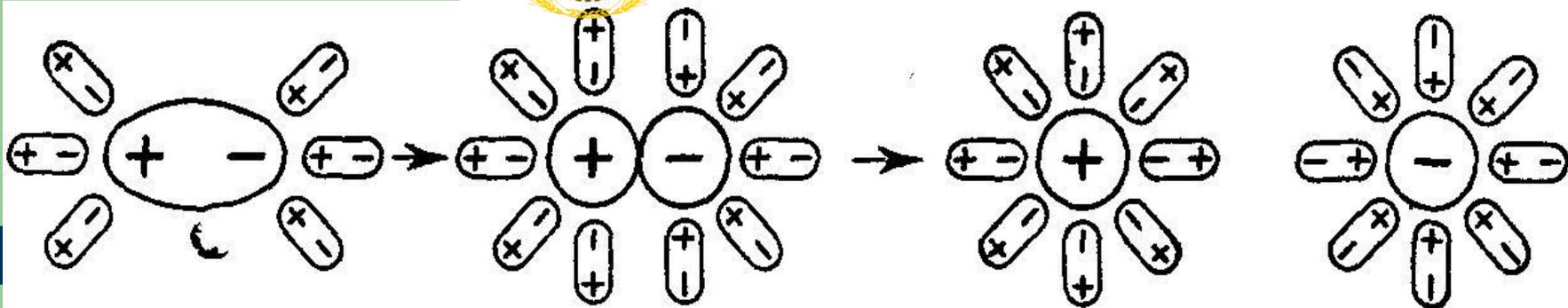
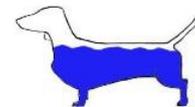
Вещество	Молекулярная масса	Экв/Моль	Осм/Моль	Концентрация в плазме
Na^+	23	1	1	135–145 ммоль/л
K^+	39,1	1	1	3,5–4,5 ммоль/л
Cl^-	35,5	1	1	95–105 ммоль/л
HCO_3^-	61	1	1	24–32 ммоль/л
Ca^{2+} (общий)	40,1	2	1	9,0–10,3 мг/100 мл (2,25–2,57 ммоль/л)
PO_4^{3-}	95	3	1	3,5–4,5 мг/100 мл (1,12–1,45 ммоль/л)
NH_4^+	18	1	1	10,6–28,2 мкмоль/л
Глюкоза	180		1	65–110 мг/100 мл (3,57–6,05 ммоль/л)
Мочевина	60		1	8–25 мг/100 мл (1,3–4,2 ммоль/л)



Расчет осмолярности плазмы крови

- Основные вещества плазмы крови определяющие ее осмоляльность
 - Натрий
 - Глюкоза
 - Мочевина
 - Калий





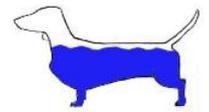
Существует ДВА способа оценить
ОСМОЛЯЛЬНОСТЬ ПЛАЗМЫ

$$\text{Росм} = (2(\text{Na}^+ + \text{K}^+) + (\text{мочевина} + \text{глюкоза})) * 0,93$$

$$\text{Росм} = (2(140 + 5) + (5 + 5)) * 0,93 = 300 \text{ мосм/л}$$

$$\text{Росм} = 2(140) + (5 + 5) = 290 \text{ мосм/л}$$

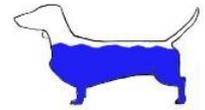
- Рассчитанная осмоляльность обычно на 10 единиц превышает лабораторную (определенную по точке замерзания)
- Осмоляльность плазмы в основном зависит от Na^+
 - Концентрация натрия ниже 135 ммоль/л – гипоосмия
 - Концентрация натрия выше 145 ммоль/л – гиперосмия



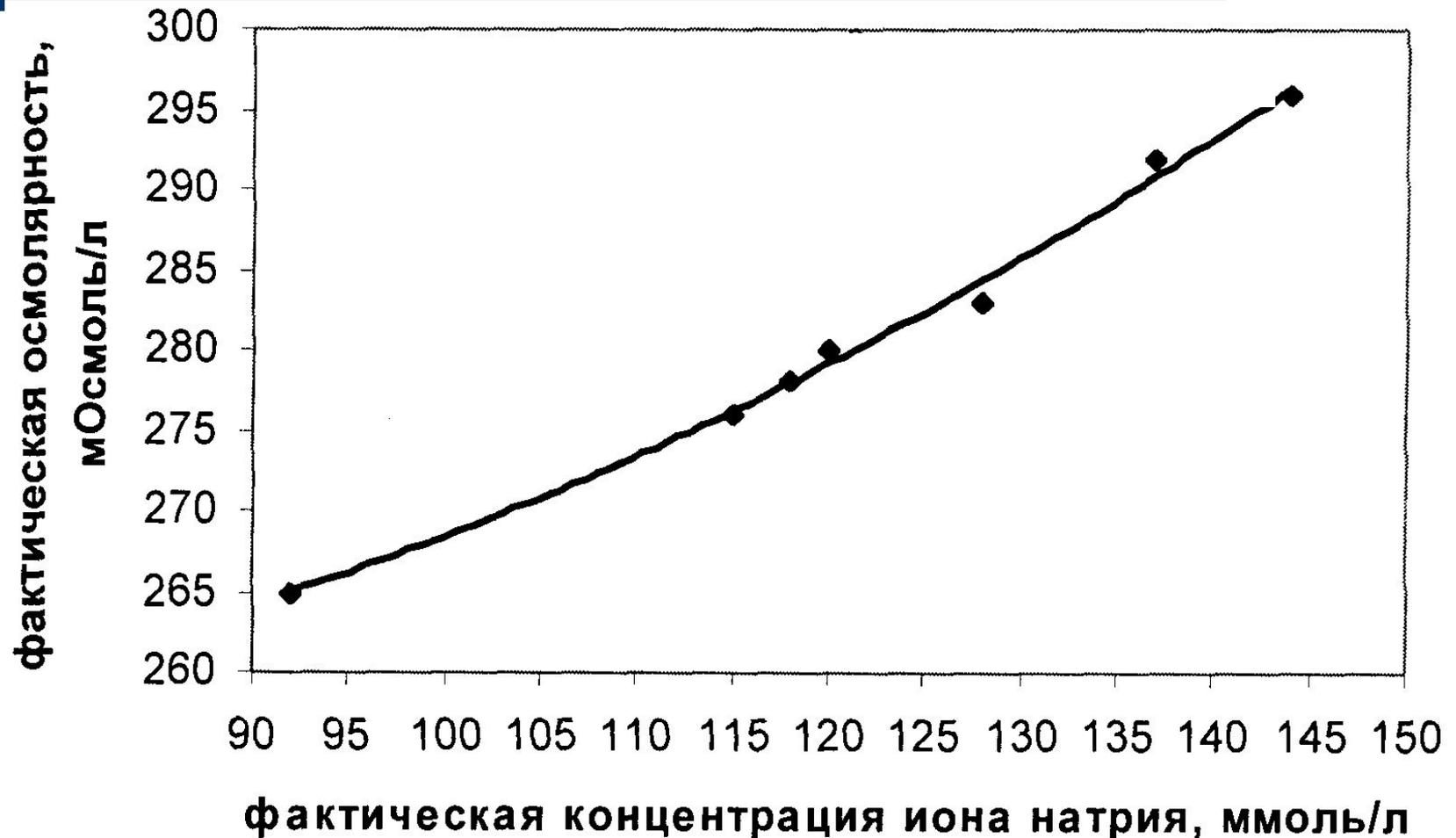
ИНТЕРПРЕТАЦИЯ

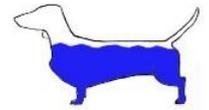


- ❖ НИЗКАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ НАТРИЯ В ПЛАЗМЕ КРОВИ ОТРАЖАЕТ ВЫСОКУЮ КОНЦЕНТРАЦИЮ ВОДЫ В НЕЙ.
- ❖ ВЫСОКАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ НАТРИЯ В ПЛАЗМЕ КРОВИ ОТРАЖАЕТ НИЗКУЮ КОНЦЕНТРАЦИЮ ВОДЫ В НЕЙ



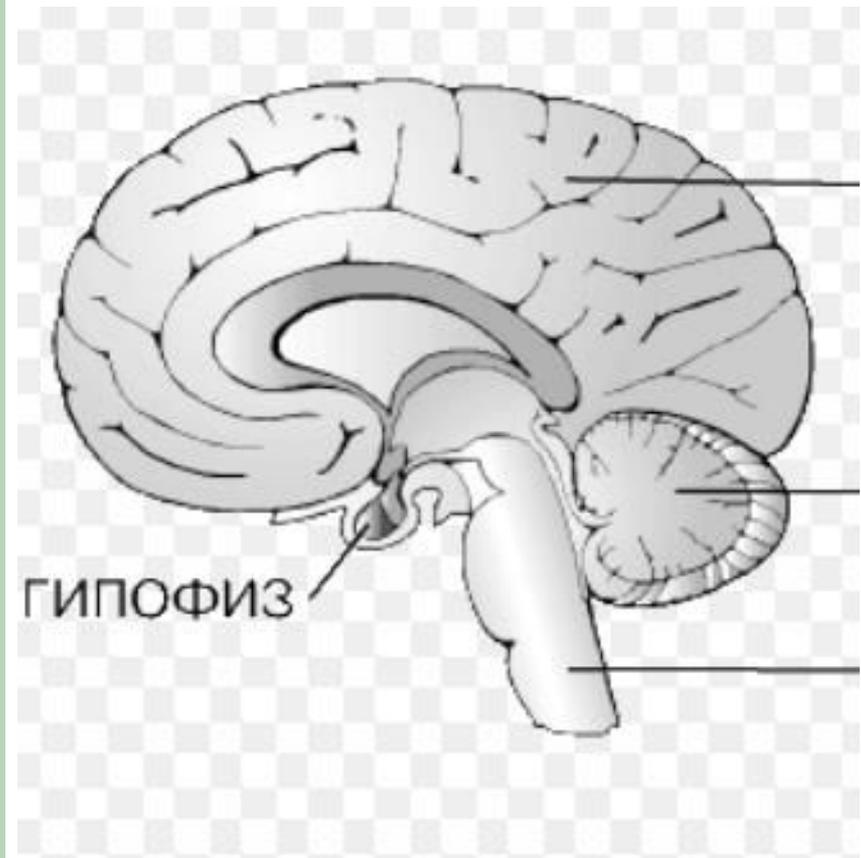
Зависимость концентрации натрия и осмолярности в плазме





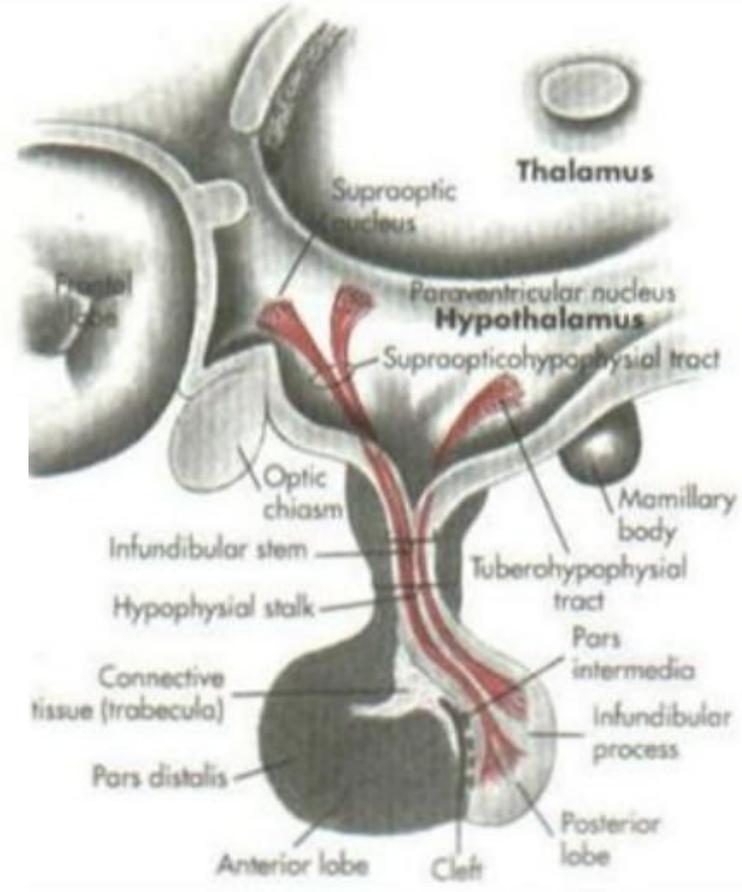
Регуляция осмоляльности

- ❖ Регуляция осмоляльности жидкостей тела или регуляция водного обмена осуществляется только одним типом рецепторов – гипоталамическими осморорецепторами
- ❖ **Механизмы**
 - ❖ Изменение потребления воды – жажда
 - ❖ Выделение осмотически свободной воды (антидиуретическим гормоном АДГ)



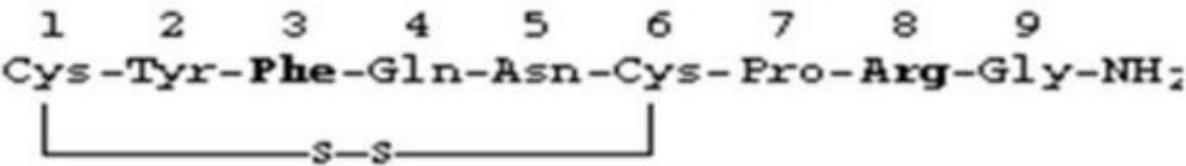
Гипоталамус и задняя доля гипофиза

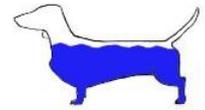
АДГ синтезируется крупноклеточными нейронами супраоптического ядра гипоталамуса, аксоны которых направляются в заднюю долю гипофиза («нейрогипофиз») и образуют синапсы с кровеносными сосудами. Вазопрессин, синтезированный в телах нейронов, аксонным транспортом переносится к окончаниям аксонов и накапливается в пресинаптических везикулах, секретируется в кровь при возбуждении нейрона.



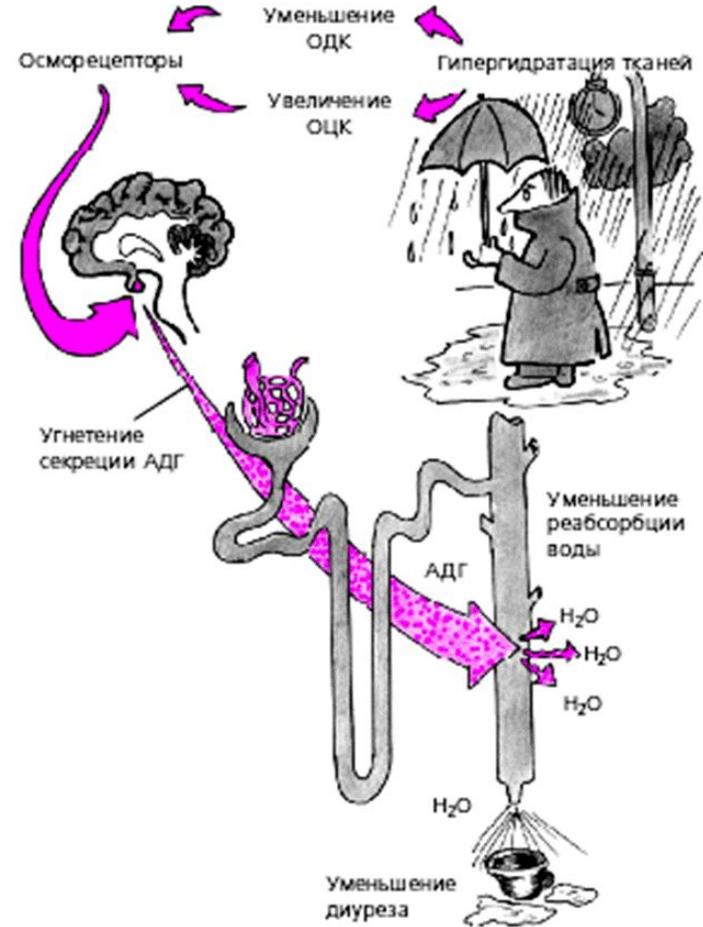
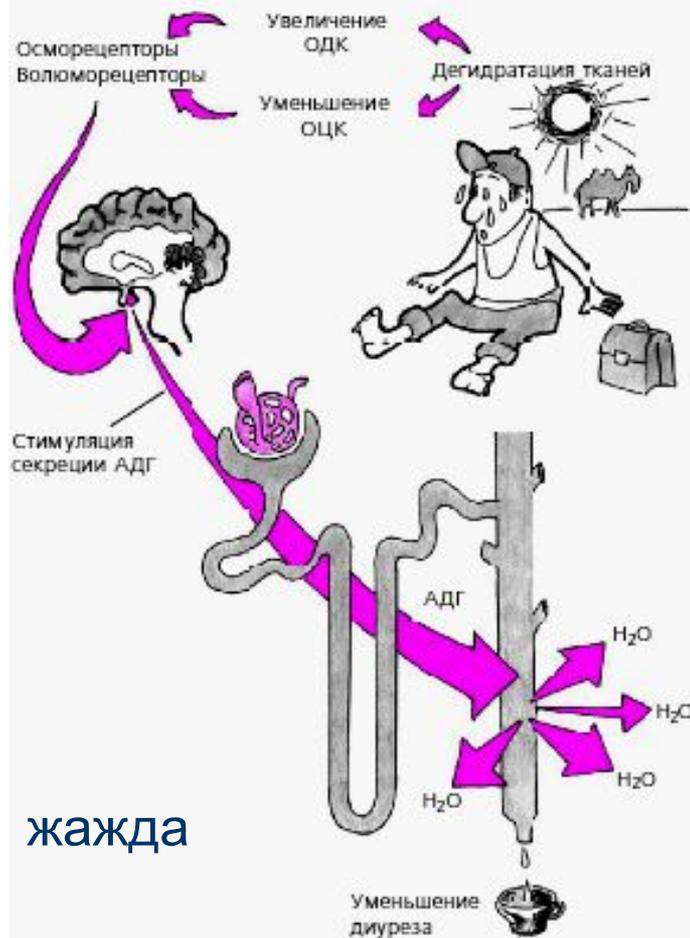
- 1) Антидиуретический гормон (вазопрессин)
- 2) Окситоцин
- 3) Нейрофизин

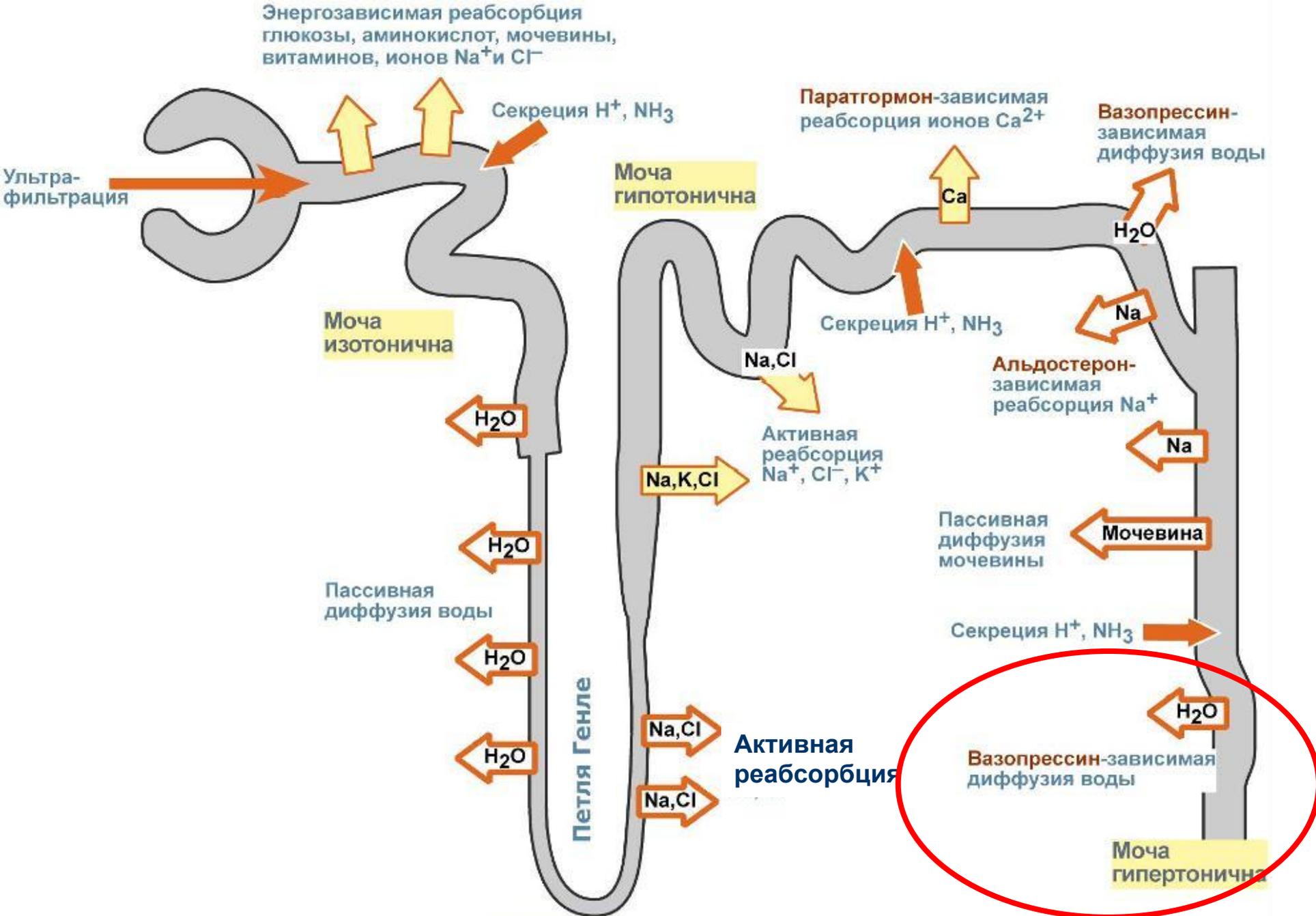
ADH (Vasopressin)



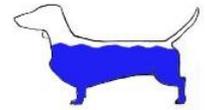


Регуляция осмоляльности

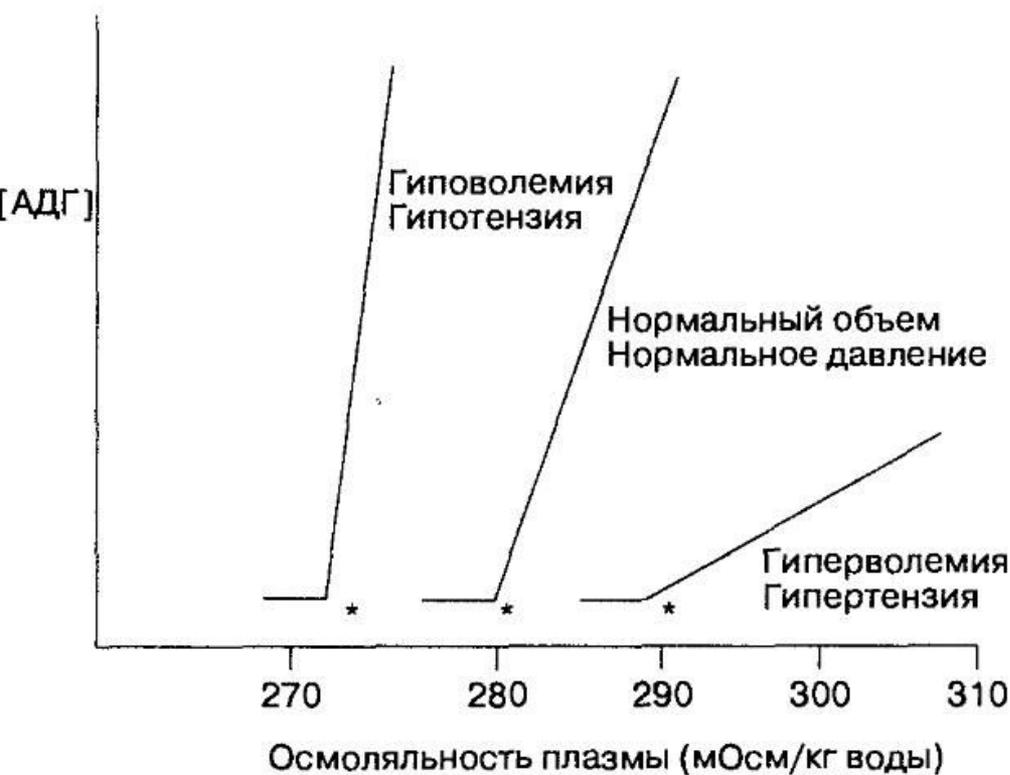




Высокая осмоляльность медулярного компартмента, 1200 мОсм



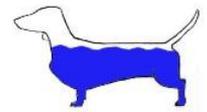
Регуляция осмоляльности



- ❖ Изменение выделения АДГ происходит под действием изменения осмоляльности
- ❖ **Настройка этого механизма меняется при изменении**
 - Артериального давления
 - Изменением объема циркулирующей крови (ОЦК) – что взаимосвязано

Иными словами изменения ОЦК или АД влияют на уровень секреции АДГ двумя способами

1. При гипотонии и гиповолемии секреция АДГ выше при данном увеличении осмоляльности
2. Те же причины смещают начальную точку выделения АДГ



Факторы, влияющие на секрецию АДГ

Стимулирующие

Гиперосмия

Гиповолемия или гипотензия

Тошнота

Ангиотензин II

Лекарственные средства
(никотин, винкрестин,
циклофосфамид, хлорпропамид)

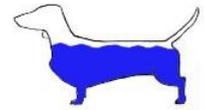
Тормозящие

Гипоосмия

Гиперволемия или гипертензия

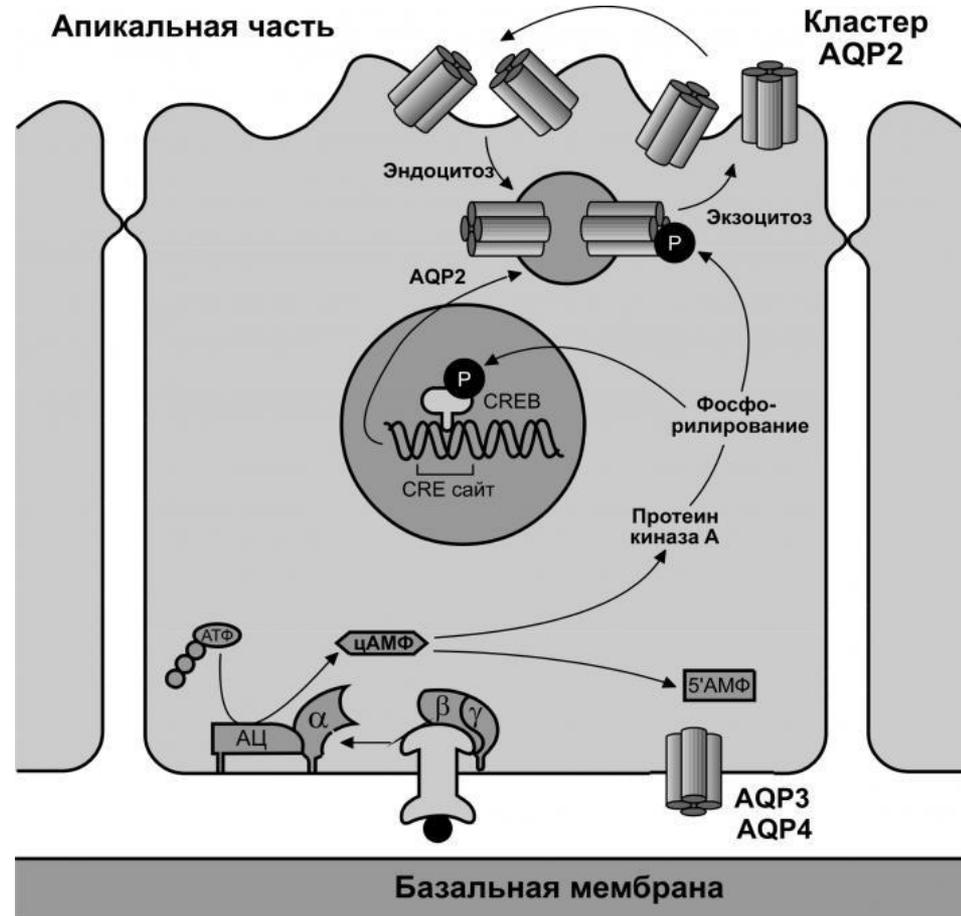
Предсердный натрийуретический
гормон

Лекарственные средства
(этанол, антинаркотические
вещества, фенитоин)

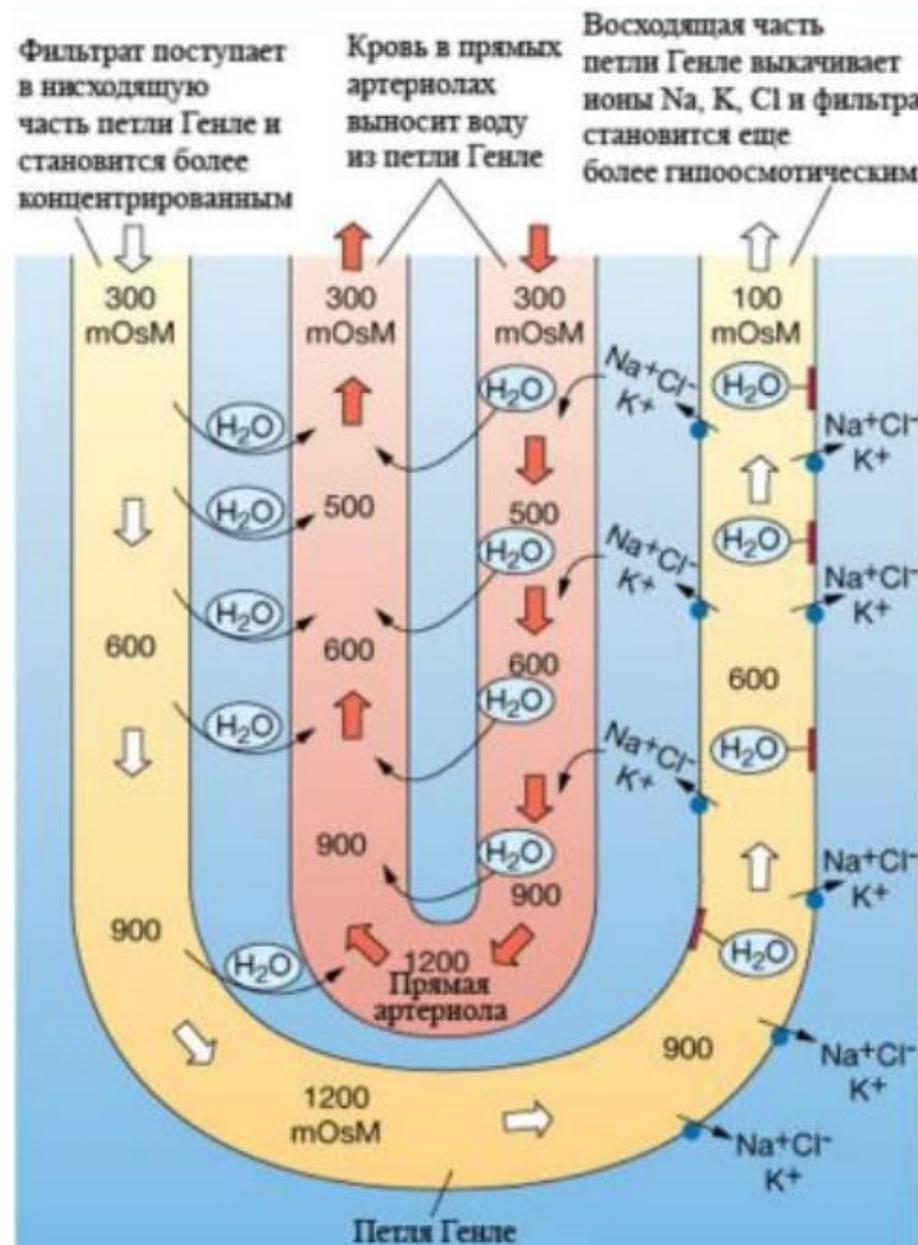
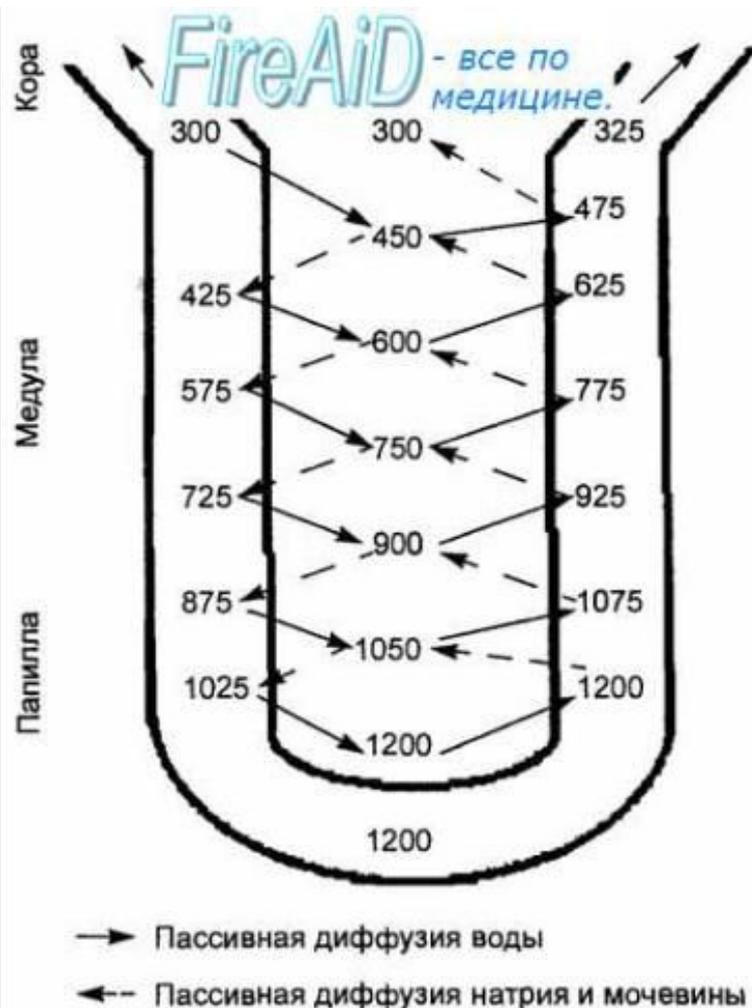
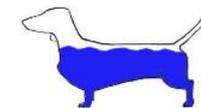


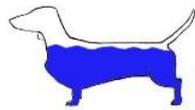
Действие АДГ (вазопресина)

AQP2 главных
клеток
собирательных
трубочек
сосредоточен
внутри везикул и
транспортируется
в апикальную
мембрану в
присутствии
вазопресина

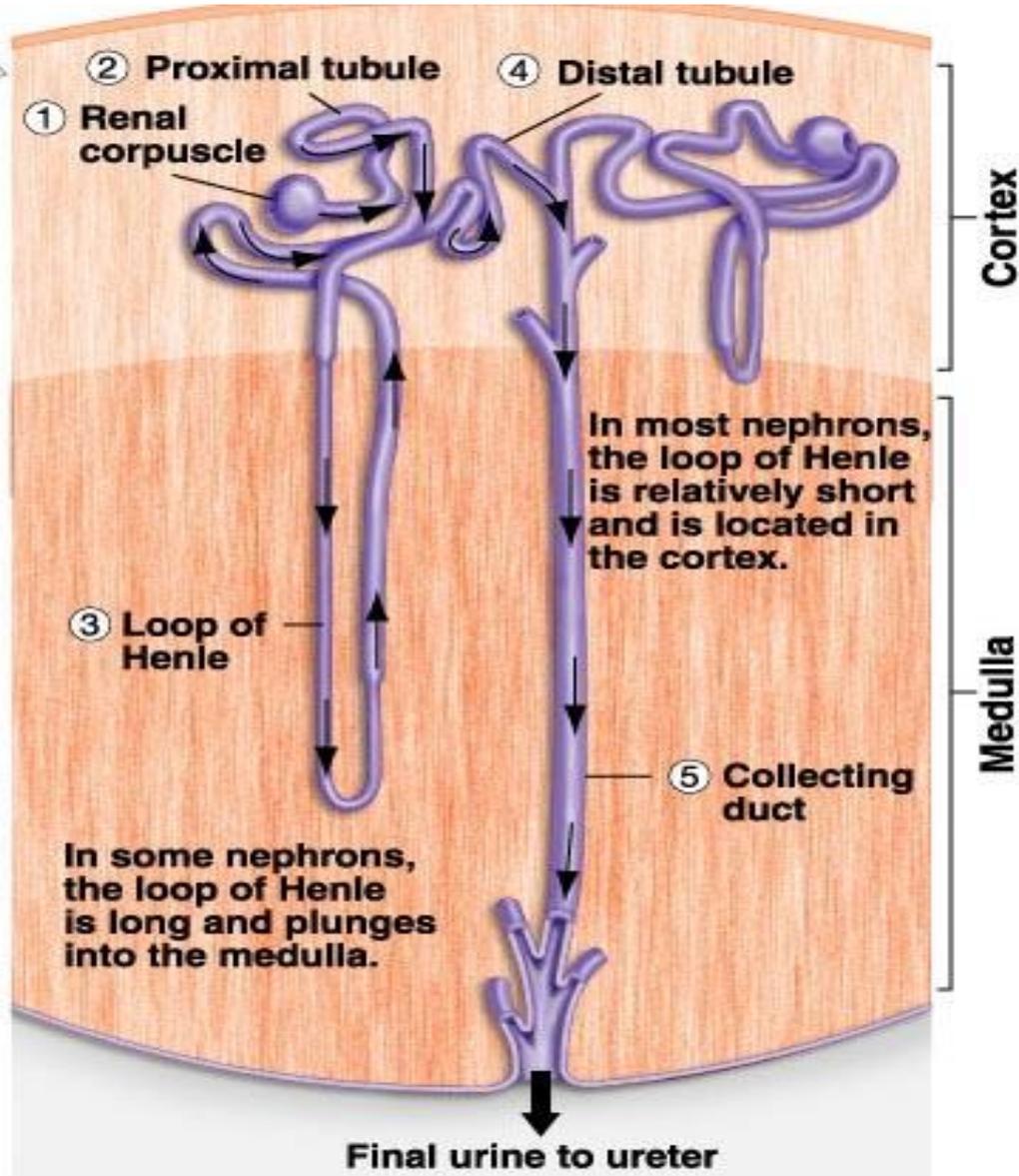
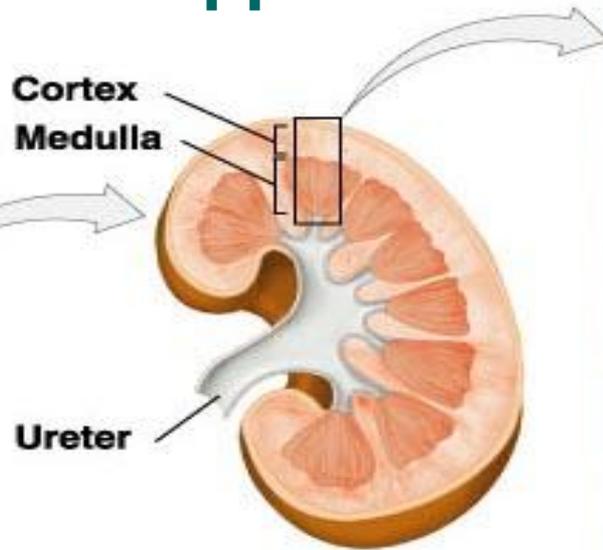


Противоточно множительная система почки





Типы нефронов



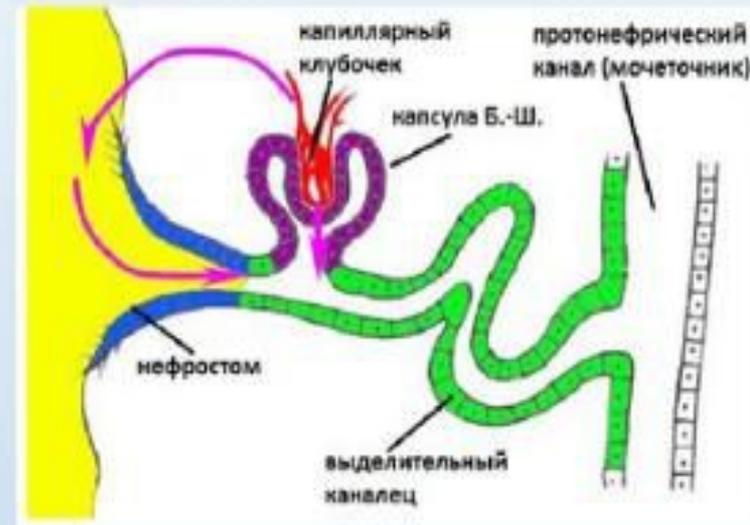
- ❖ **КОРКОВЫЕ** (короткая петля) 80%
Почечные тельца в корковом в-ве, сосудистые клубочки функционируют под большим P, участвуют в образовании первичной мочи.
- ❖ **ЮКСТАМЕДУЛЛЯРНЫЕ** (длинная петля) 20%
Почечные тельца вблизи кортико-медуллярной границы и крупнее, чем в корковых, сосудистые клубочки под малым P (выносящие артериолы шире приносящих). Длинная петля проникает в мозговое в-во (до вершины пирамид), обеспечивая создание гипертонической среды.

Выделительная система

Первичная почка – туловищная почка (мезонефрос)

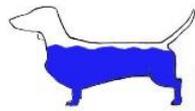
Закладывается в туловищной части.

- Структурно-функциональных единиц – около 100.
- Формируется капсула Боумена-Шумлянского вокруг капиллярных клубочков
- Удлиняются выделительные канальца (обратная адсорбция)
- Воронка сохраняется, но не функционирует.
- Эффективность работы увеличивается



Мезонефрос функционирует у круглоротых, рыб и амфибий

Закладывается в эмбриогенезе у всех позвоночных



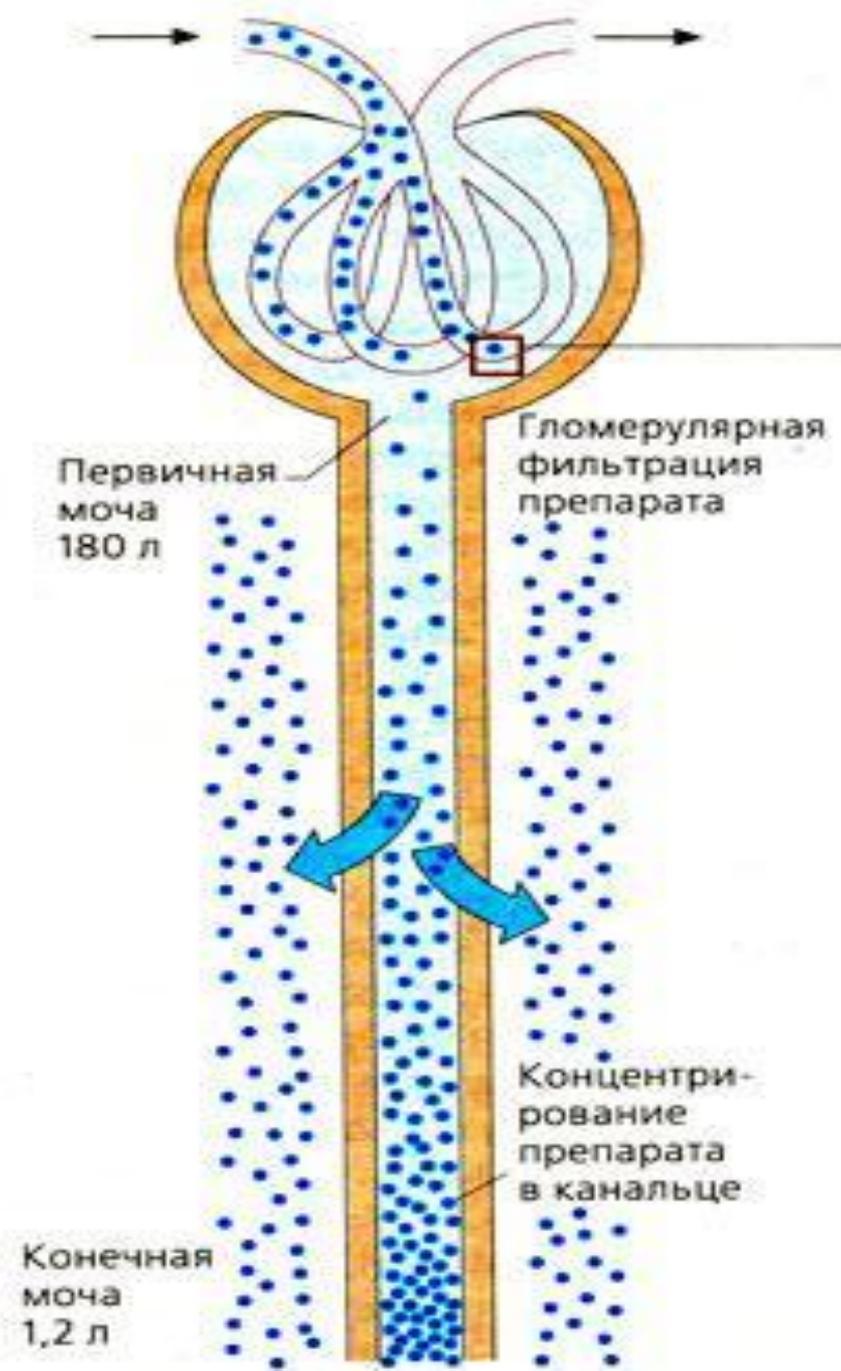
Типы нефронов

ЖИВОТНОЕ	количество юкстамедулярных нефронов, %	максимальная осмотическая концентрация мочи, мОсм/л	Отношение концентрации моча/плазма
Бобр	10	520	2
Свинья	15	1100	3
Человек, собака	20	1400	4
Кошка	40	3100	10
Кенгуровая крыса	80-90	7000	34

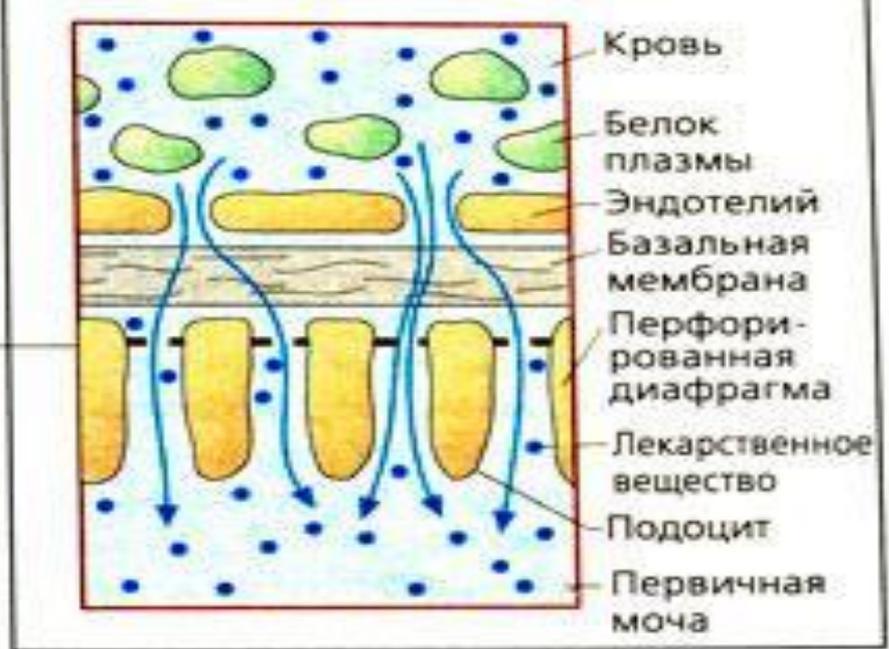


- ❖ Кенгуровую мышь можно держать на сухом ячмене около 3 лет и она будет себя хорошо чувствовать
- ❖ Практически кенгуровую крысу невозможно обезводить лишением воды или сочного корма. Для обезвоживания приходится прибегать к увеличению белковой нагрузки, что достигается питанием соевыми бобами. Дополнительное введение белка требует дополнительного выведения продуктов обмена — мочевины, а последнее требует большего расходования воды почками.
- ❖ Опыты показали, что в этом случае кенгуровая крыса может терять в весе до 34%. Однако процент содержания воды в теле при этом не падает и составляет около 67,2

А. Фильтрация и концентрирование

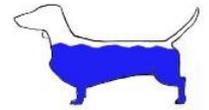


Б. Гломерулярная фильтрация



В. Активная секреция





Независимое выделение почкой воды и растворенных веществ

Любое вещество X будет поступать в мочу с данной скоростью, пропорциональной концентрации в-ва X в плазме

P_x^a

и выражена уравнением

$$P_x^a = \alpha U_x \times V, \text{ где}$$

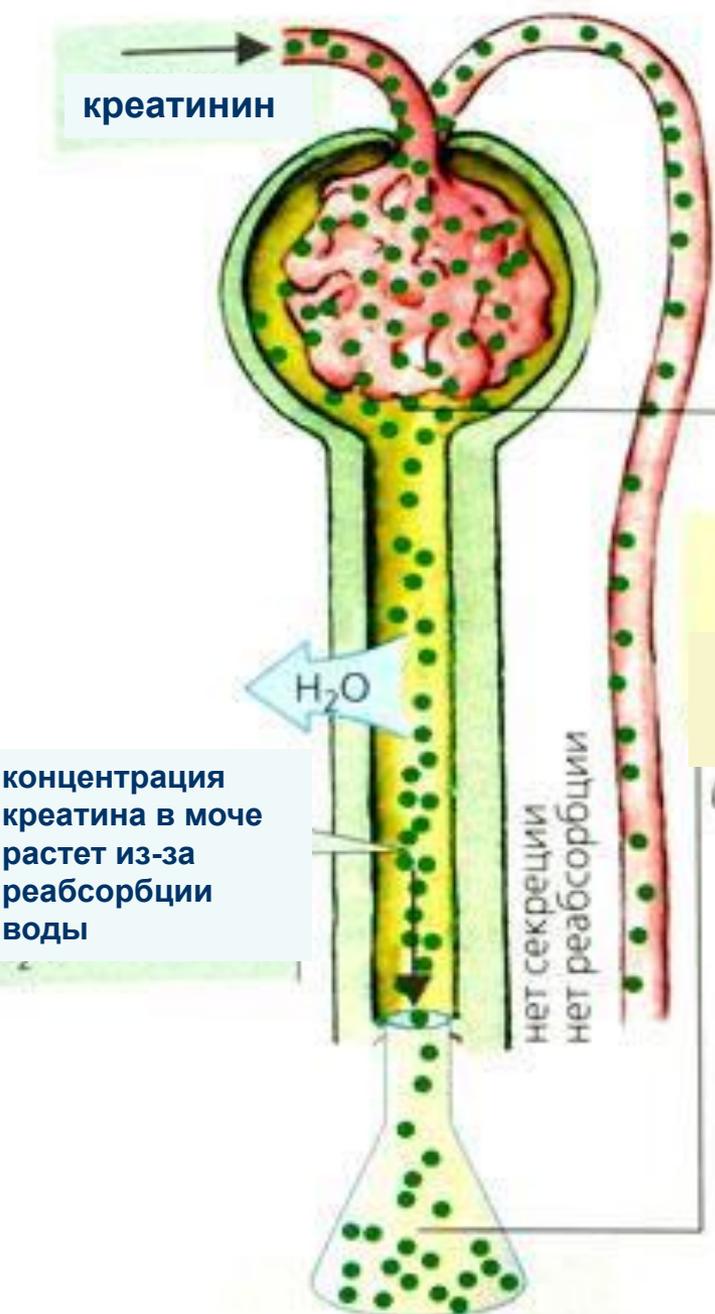
U_x – концентрация X в моче

V – скорость выделения мочи в мл/мин

$$P_x^a \times C_x = U_x \times V$$

$$C_x = U_x \times V / P_x^a$$

А. Клиренс инулина = скорость клубочковой фильтрации (СКФ)



креатинин

H₂O

концентрация креатина в моче растет из-за реабсорбции воды

нет секреции
нет реабсорции

экскретируемое количество/время

концентрация креатина в моче • (объем мочи/время)

отфильтрованное количество/время

концентрация креатина в плазме • (отфильтрованный объем/время)

$$U_{in} \text{ (г/л)} \cdot \dot{V}_U \text{ (мл/мин)} = P_{in} \text{ (г/л)} \cdot \text{СКФ (мл/мин)}$$

$$\text{СКФ} = \frac{U_K}{P_K} \cdot \dot{V}_U \text{ (мл/мин)}$$

СКФ = 120 мл/мин на 1,73 м² поверхности тела

Скорость клубочковой фильтрации

Любое вещество X будет поступать в мочу с данной скоростью, пропорциональной концентрации в-ва X в плазме

P_x^a

и выражена уравнением

$$P_x^a = \alpha U_x \times V, \text{ где}$$

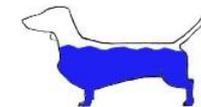
U_x – концентрация X в моче

V – скорость выделения мочи в мл/мин

$$P_x^a \times C_x = U_x \times V$$

$$C_{cr} = \frac{U_x \times V}{C_x} = (2 \text{ мл/мин} \times 0,6 \text{ мг/мл}) : 0,01 \text{ мг/мл} = 120 \text{ мл/мин}$$

U собак и кошек 2 мл/мин/кг



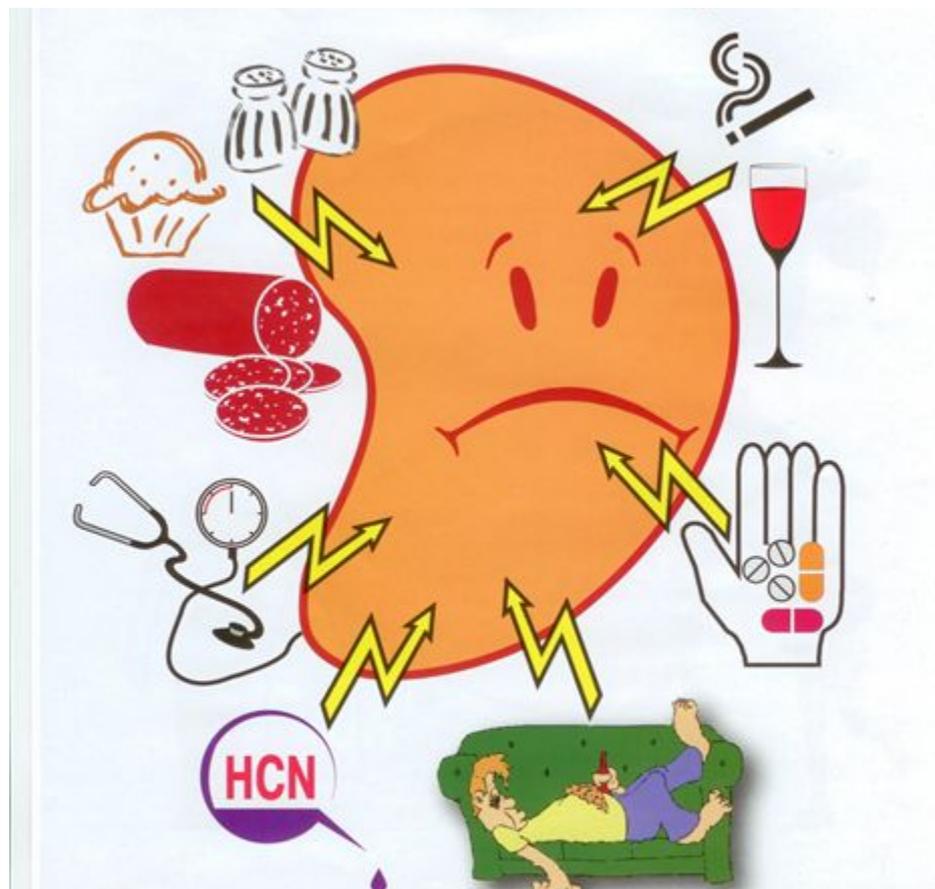
Скорость клубочковой фильтрации

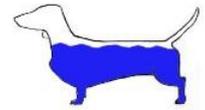
Причины пониженного клиренса креатинина:

- острая почечная недостаточность,
- блок оттока мочи на уровне выходного отверстия мочевого пузыря,
- застойная сердечная недостаточность,
- дегидратация,
- хроническая почечная недостаточность,
- гломерулонефрит,
- шок,
- блок почек.

Причины повышенного клиренса креатинина:

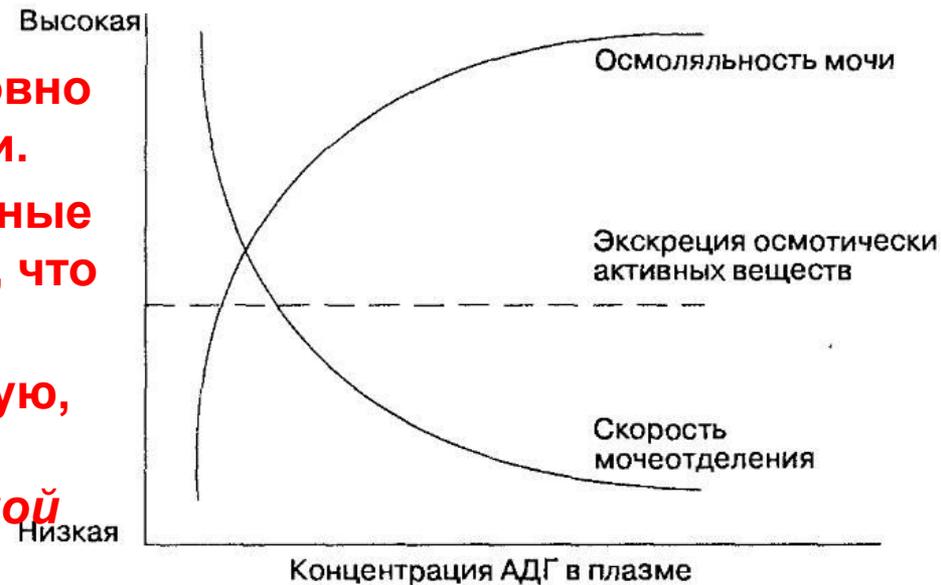
- беременность,
- сахарный диабет, до развития диабетической нефропатии;
- большое количество белка в рационе.



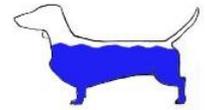


Клиренс осмотически свободной воды

- ✓ При обезвоживании почка выделяет мочу более осмотически концентрированную, чем плазма.
- ✓ Воду, выделяемую с мочой, условно можно разделить на две фракции.
- ✓ Одна из них содержит растворенные вещества в той же концентрации, что и плазма крови, т. е. равна C_{osm}
- ✓ Другая представляет собой чистую, свободную от веществ воду. Ее называют *осмотически свободной водой* (C_{H_2O})
- ✓ Следовательно, сказанное можно представить в виде такой формулы:
 $V = C_{osm} + C_{H_2O}$ (осмотически свободная)



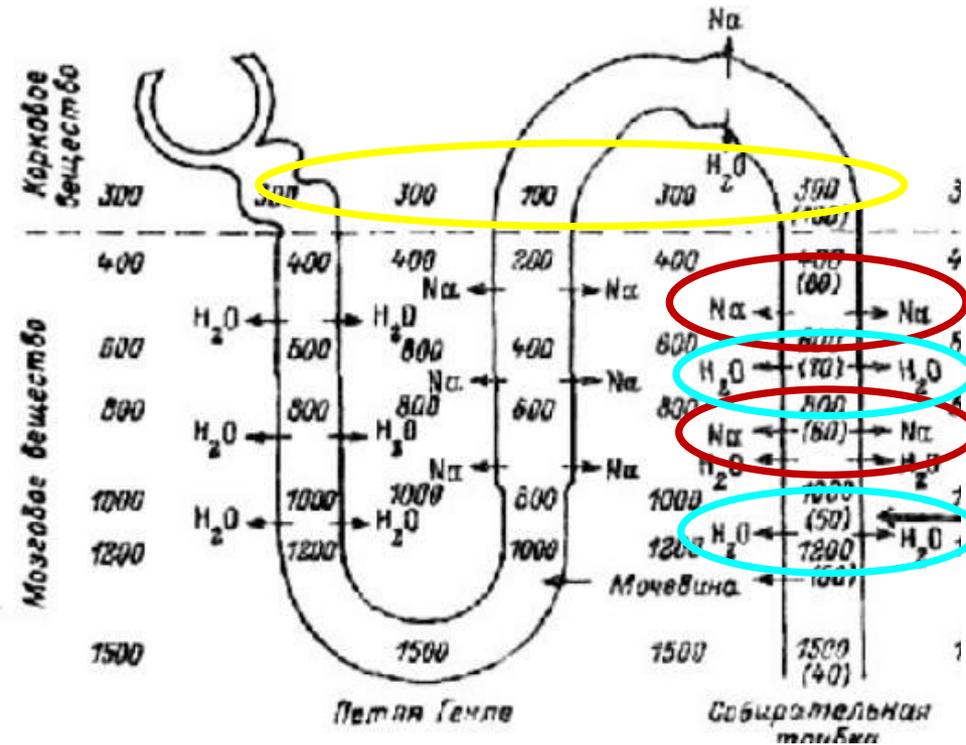
$$V - C_{osm} = C_{H_2O}$$

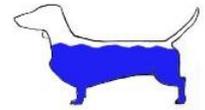


Клиренс осмотически свободной воды

- ✓ Выделяет 2 мл 150 мОсм –
- ✓ 1 мл 300 мОсм + 1 мл 0 мОсм
- ✓ 1 мл 600 мОсм
- ✓ 2 мл 300 мОсм – 1 мл 0 мОсм

$$V - C_{\text{осм}} = C_{\text{H}_2\text{O}}$$

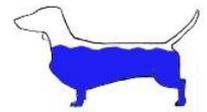




Клиренс осмотически свободной воды



- ✓ При потреблении больших количеств воды почки выделяют гипотоническую мочу и C_{H_2O} представляет собой положительную величину
- ✓ При обезвоживании организма, напротив, отрицательную. Это означает, что осмотически свободная вода не экскретируется, а всасывается в канальцах в кровь.
- ✓ Величина реабсорбции (мл/мин) осмотически свободной воды численно равна C_{H_2O} но с обратным знаком.
- ✓ Эта величина является константной для данного вида. Так, у человека при дегидратации максимальное значение реабсорбции осмотически свободной воды не превышает 5 мл/мин при нормальном значении клубочковой фильтрации.



Клиренс осмотически свободной воды

	Животное 1	Животное 2	Животное 3
P_{osm} (мОсм/кг)	300	300	300
U_{osm} (мОсм/кг)	300	150	600
V (мл/мин)	2	4	1

Животное 1 – водное равновесие

Животное 2 - гипергидратировано

Животное 3 – обезвожено

$$C_{osm} = U_{osm} \times V / P_{osm}$$

$$C_{H_2O} = V - C_{osm}$$

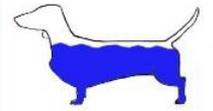
Рассчитываем осмолярный клиренс

Животное 1 $C_{osm} = (300 \times 2) / 300 = 2$ $V - C_{osm} = 2 - 2 = 0$

Животное 2 $C_{osm} = (150 \times 4) / 300 = 2$ $V - C_{osm} = 4 - 2 = 2$

Животное 3 $C_{osm} = (600 \times 1) / 300 = 2$ $V - C_{osm} = 1 - 2 = -1$

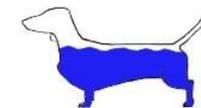
(канальцевая реабсорбция)



Зависимость плотности от осмолярности мочи

Соотношение между осмоляльностью и относительной плотностью мочи

Осмоляльность (мОсм/кг H ₂ O)	Относительная плотность (г/л)	Осмоляльность (мОсм/кг H ₂ O)	Относительная плотность (г/л)
80	1002	550	1015
100	1003	650	1019
200	1005	750	1022
300	1008	850	1025
400	1012	1000	1030



ГИПОНАТРИЕМИЯ (ГИПООСМИЯ)

Концентрация натрия ниже 135 ммоль/л

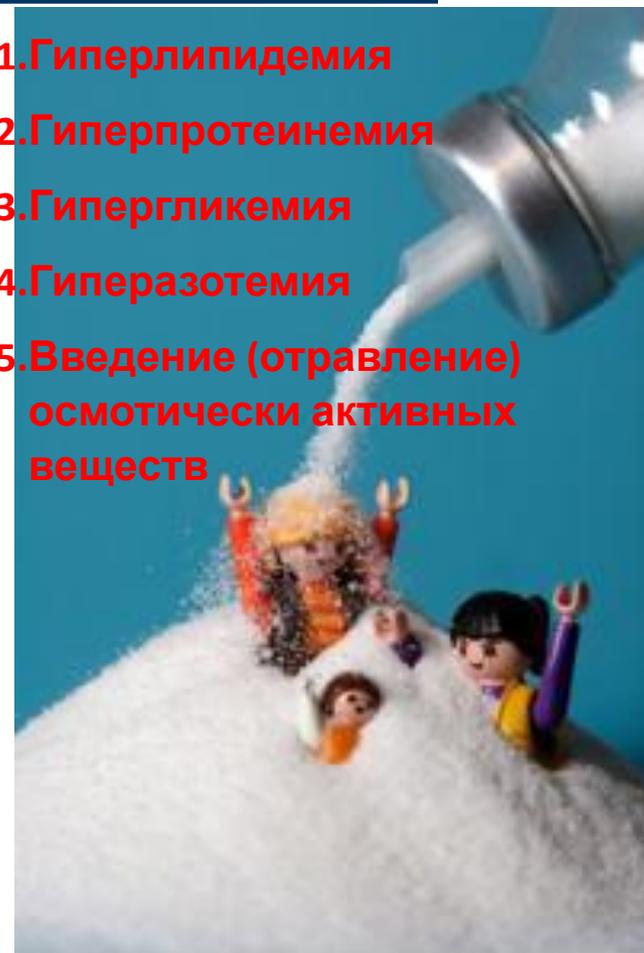
Натрий	125 ммоль/л
Хлориды	90 ммоль/л
Калий	4 ммоль/л
Бикарбонат	22 ммоль/л
Глюкоза	40 моль/л
Азот мочевины	5 моль/л

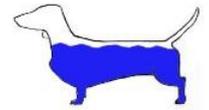
Чтобы определить, почему у данного животного гипонатриемия, рассчитаем общую осмоляльность плазмы

$$P_{\text{осм}} = 2(\text{Na}) + (\text{мочевина} + \text{азот мочевины})$$

$$P_{\text{осм}} = 2 \times 125 + 40 + 5 = 295$$

1. Гиперлипидемия
2. Гиперпротеинемия
3. Гипергликемия
4. Гиперазотемия
5. Введение (отравление) осмотически активных веществ



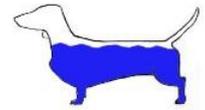


ГИПОНАТРИЕМИЯ (гипоосмия) псевдогипонатриемия

1. Гиперлипидемия
2. Гиперпротеинемия
3. Гипергликемия
4. Гиперазотемия
5. Отравление (или введение)
осмотически активными

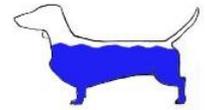
веществами
Псевдогипонатриемия - состояние при котором определяется низкая концентрация натрия в плазме крови в сочетании с нормальной или высокой осмоляльностью плазмы, и сохраненным механизмом регуляции





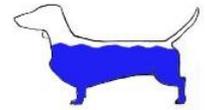
ГИПОНАТРИЕМИЯ (ГИПООСМИЯ)

1. Мы выявили гипонатриемию
 2. Выяснили, что это не псевдогипонатриемия
 3. Нужно выяснить, что делает почка
 4. Если это истинная гипонатриемия, почка будет выводить осмотически свободную воду (уровень натрия 128 мМоль/л, осмоляльность мочи 150 мОсм/кг и ниже), и мы точно понимаем, что почки здоровы образование и секреция АДГ в норме (тогда патология может быть 1 или с чувством жажды, 2 или с настройкой осморецепторов
- Изменения чувства жажды - психогенная полидипсия
 - Перенастройка осморецепторов - беременность, недостаточное питание, психоз



ГИПОНАТРИЕМИЯ (гипоосмия)

1. Выделение АДГ (вазопресина) регулируется не только осмоляльностью плазмы
2. Эффективным объемом циркулирующей крови
3. Это тот объем, который обеспечивает перфузию ткани (поддержание АД) и стимулирует волюморецепторы
4. В норме ОЦК пропорционален объему интерстициальной жидкости
5. Однако объем интерстициальной жидкости не всегда пропорционален ОЦК



Особенности применения терминов

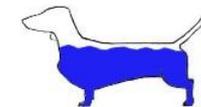
Гиповолемия — уменьшение объёма циркулирующей крови

Стр. 28.

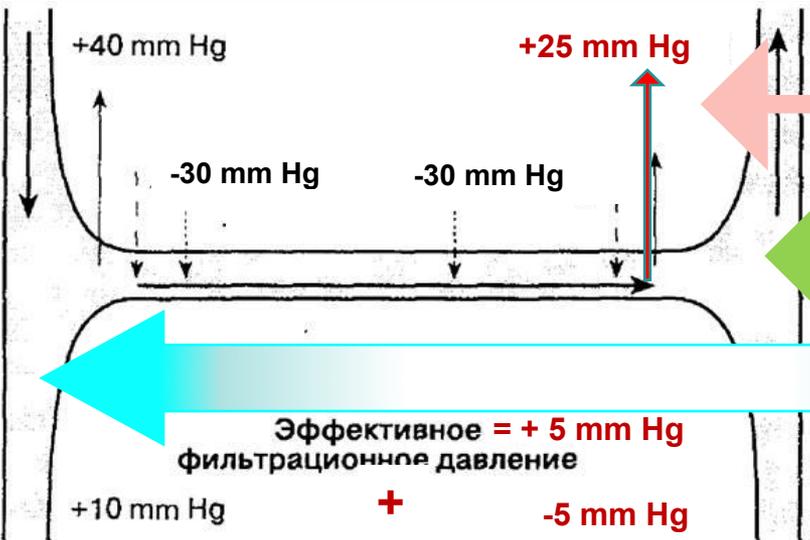
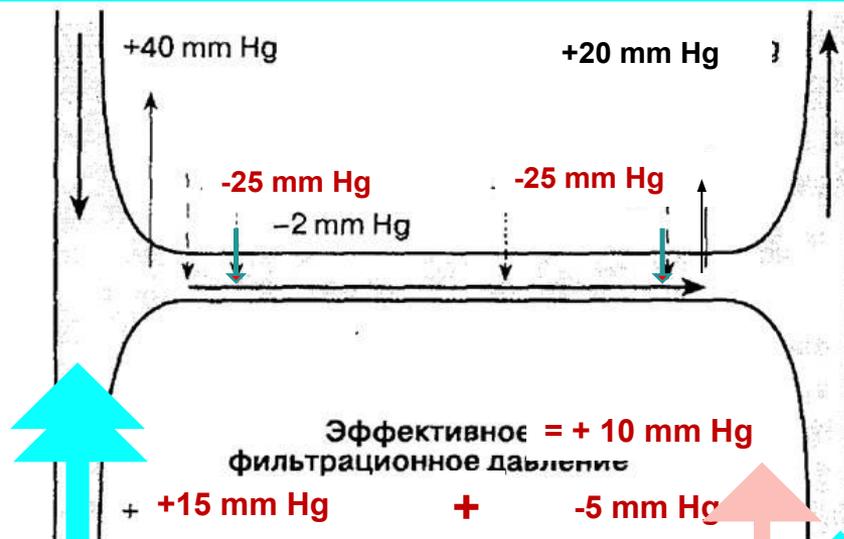
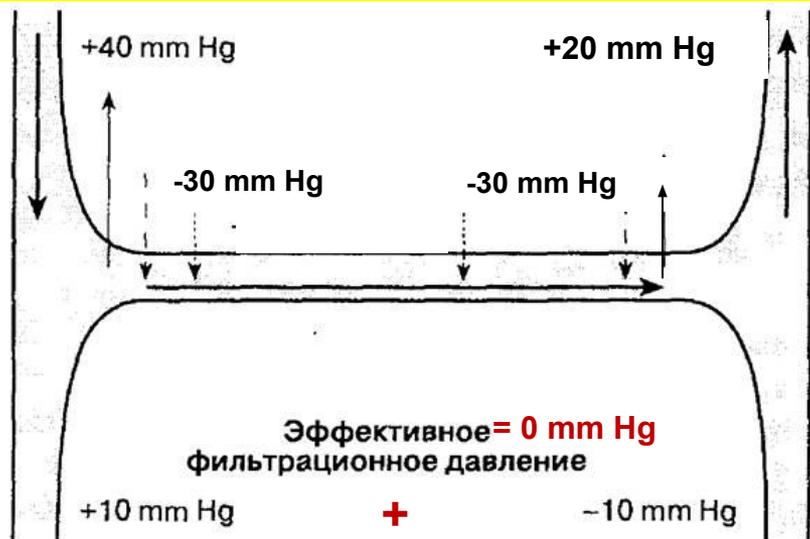
Выявлена **массивная гиперволеми** с признаками асцита и отека нижних конечностей вследствие портальной гипертензии



- Гиповолемия – снижение ОЦК - низкое АД, почки задерживают воду
- Гиперволемиа – увеличение ОЦК - высокое АД, почки выводят воду
- Дегидратация – снижение объема интерстициальной жидкости, следствие гиповолеми
- Гипергидратация – увеличение объема интерстициальной жидкости (отеки), следствие гиперволеми



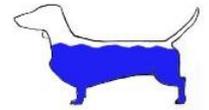
Гиповолемиа, гиперволемиа дегидратация, гипергидратация



ГИПЕРГИДРАТАЦИЯ

ГИПЕРВОЛЕМИА

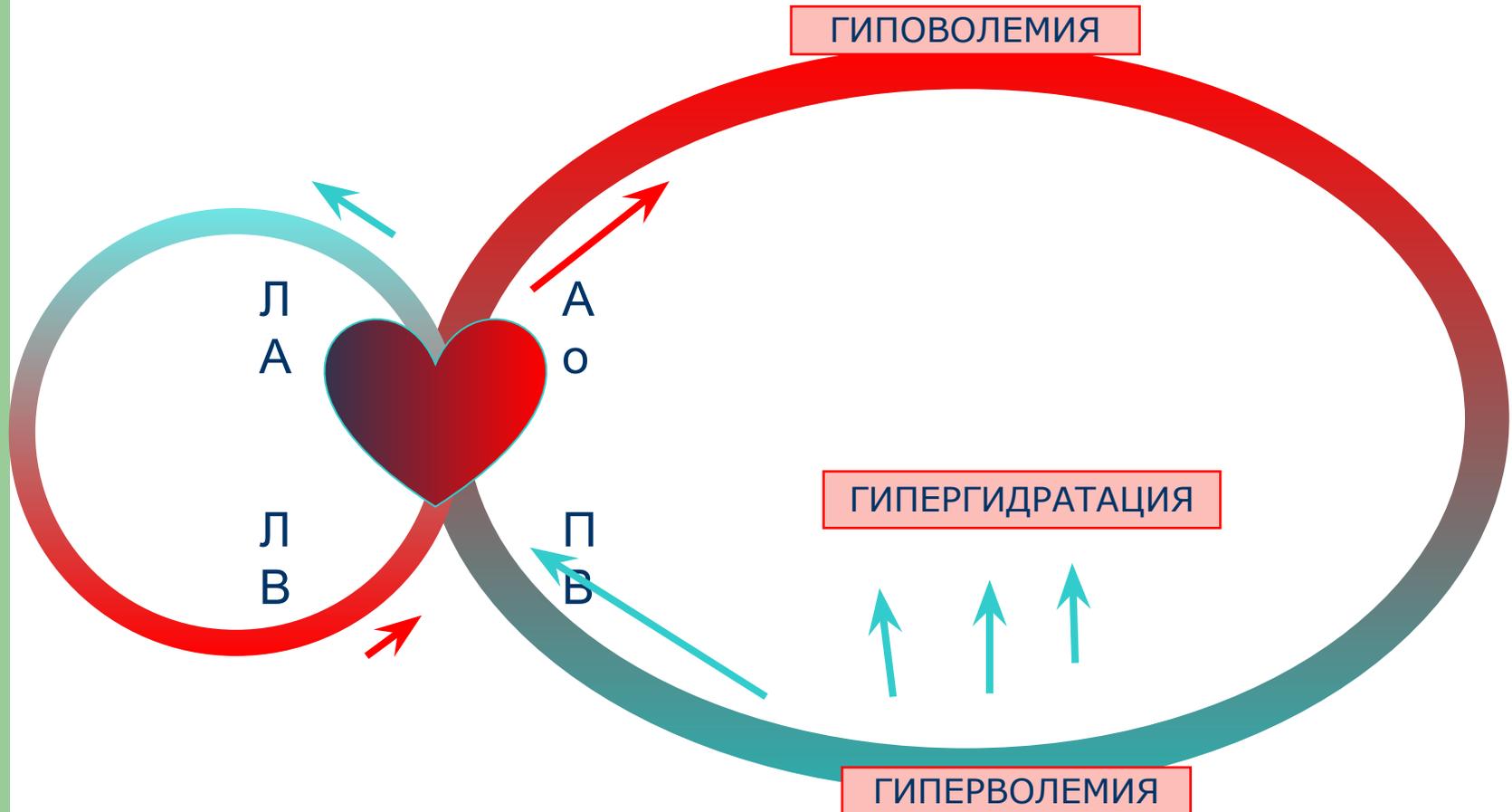
ГИПОВОЛЕМИА

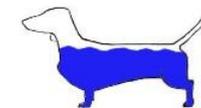


Сердечная
недостаточность

Снеженная
насосная функция
сердца

Гиповолемия, гиперволемиа дегидратация, гипергидратация

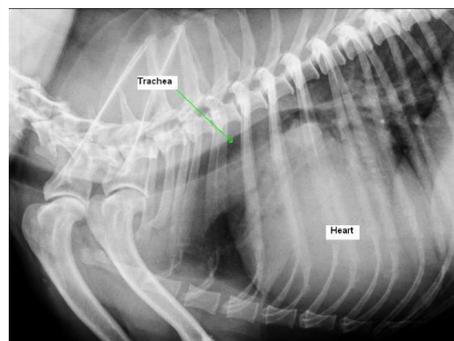




ГИПОНАТРИЕМИЯ

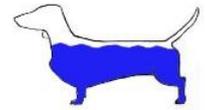
хроническая сердечная недостаточность

Натрий	125 ммоль/л
Хлориды	90 ммоль/л
Общий белок	62 ммоль/л
Альбумин	25 моль
Калий	4,6 ммоль/л
Бикарбонат	23 ммоль/л
Глюкоза	5,5 моль/л
Мочевина	9 моль/л
Uosm	250 мосм/л



Снижение эффективного
ОЦК,
гипоальбуминемия

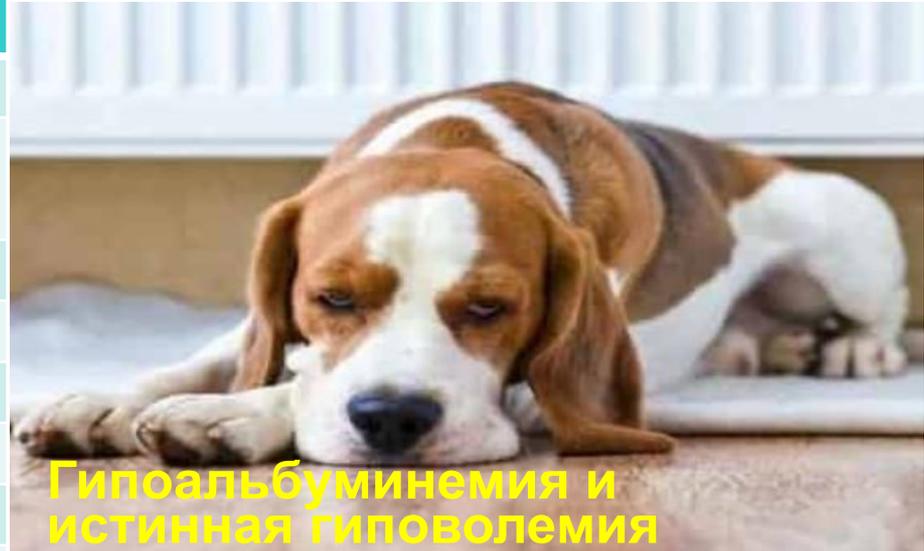
1. Сердечная недостаточность
2. Протеинурия
3. Цирроз печени



ГИПОНАТРИЕМИЯ

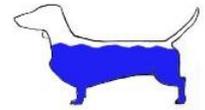
хроническая почечная болезнь, протеинурия

Натрий	125 ммоль/л
Хлориды	90 ммоль/л
Общий белок	62 ммоль/л
Альбумин	15 моль
Калий	7 ммоль/л
Бикарбонат	15 ммоль/л
Глюкоза	6,5 моль/л
Мочевина	35 моль/л
Uosm	250 мосм/л



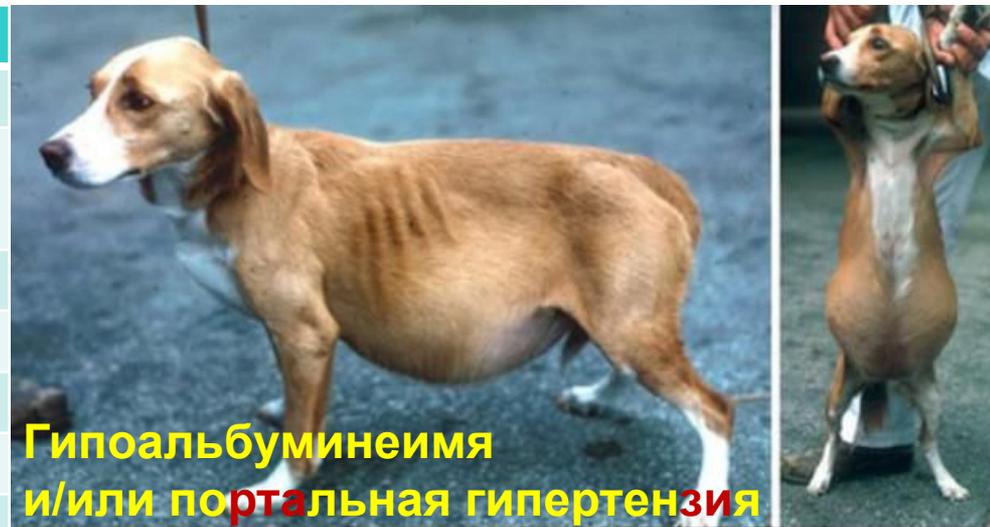
Снижение эффективного
ОЦК,
гипоальбуминемия

1. Сердечная недостаточность
2. **Протеинурия**
3. Цирроз печени



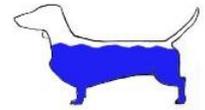
ГИПОНАТРИЕМИЯ цирроз печени

Натрий	125 ммоль/л
Хлориды	90 ммоль/л
Общий белок	62 ммоль/л
Альбумин	15 моль
Калий	4 ммоль/л
Бикарбонат	22 ммоль/л
Глюкоза	4,5 моль/л
Мочевина	4 моль/л
Uosm	250 мосм/л



Снижение эффективного
ОЦК,
гипоальбуминемия

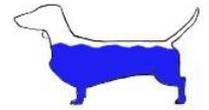
1. Сердечная недостаточность
2. Протеинурия
3. **Цирроз печени**



Особенности применения ТЕРМИНОВ

1. **Гиповолемиа с гипергидратацией** (как правило с гипонатриемией или нормонатриемия) - снижение ОЦК и АД при одновременной гипергидратации интерстиция – почечная и печеночная недостаточности (**низкий альбумин**)
2. **Гиперволемиа (венозного русла) с гипергидратацией** – сердечная недостаточность, цирроз с портальной гипертензией (гиперволемиа венозного участка кровообращения при низком АД, при циррозе гиперволемиа сосудов бр. полости)
3. **Гиповолемиа с дегидратацией** (с гипонатриемией или без нее) – потеря гиперосмолярной жидкости (диарея, рвота)
4. **Нормоволемиа с дегидратацией** – как правило после корректировки (компенсации) 3

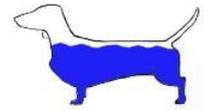
Все эти состояния вследствие снижения АД, ОЦК **даже при невыраженной гипонатриемии стимулируют синтез АДГ**, ведут к задержке воды и в первых двух случаях усугубляют течение (гипонатриемия вследствие задержки воды из-за низкого АД) заболевания, в 3 – компенсируют (задержка воды и натрия)



ГИПОНАТРИЕМИЯ

когда нет гипо- или гиперволемии

- Гипотиреоз
- Глюкокортикоидная недостаточность
- Синдром неадекватной секреции АДГ



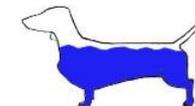
ГИПОНАТРИЕМИЯ

Натрий	115 ммоль/л
Хлориды	80 ммоль/л
Бикарбонат	22 ммоль/л
Глюкоза	4,5 моль/л
Мочевина	4 моль/л
Posm	250 мосм/л
Uosm	280 мосм/л

В грудной клетке затемнение
диаметром 3 см

натрий мочи боле 30 ммоль/л
(исключать гипокортицизм)





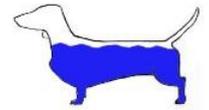
Причины неадекватной секреции АДГ

Группа причин	Причина
Опухоли	<ul style="list-style-type: none">• легких / средостения (бронхогенный рак легких, мезотелиома, тимома);• другой локализации (рак двенадцатиперстной кишки, поджелудочной железы, предстательной железы, тела матки, лейкозы)
Заболевания центральной нервной системы	<ul style="list-style-type: none">• внутричерепная «плюс»-ткань (опухоли, абсцессы, гематомы)• воспалительные заболевания (энцефалит, менингит, волчаночный цереброваскулит);• нейродегенеративные и демиелинизирующие заболевания;• другие (травмы, алкогольный психоз)
Лекарственные препараты	<ul style="list-style-type: none">• стимулирующие секрецию вазопрессина (никотин, трициклические антидепрессанты, ингибиторы обратного захвата серотонина);• потенцирующие эффекты вазопрессина (десмопрессин, окситоцин);• не установленного механизма действия (хлорпропамид, клофибрат, карбамазепин, циклофосфамид, винкристин)
Заболевания легких	<ul style="list-style-type: none">• инфекционные (туберкулез, аспергиллез, эмпиема плевры);• хроническая обструктивная болезнь легких;• искусственная вентиляция легких

1. Злокачественные опухоли

2. Нарушения ЦНС

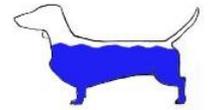
3. Легочные инфекции



ПРИЧИНЫ ГИПОНАТРИЕМИИ

1. Есть ли у животного истинная гипоосмия?
2. Если истинная гипоосмия подтверждена, необходимо установить, реагирует ли почка выведением избытка осмотически свободной воды?
3. Имеется ли задержка натрия почками?

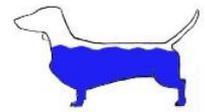




ПРИЧИНЫ ГИПОНАТРИЕМИИ

1. Псевдогипонатриемия
2. Гиповолемия вследствие нарушения баланса ОЦК↓ и ОИЖ↑ (гиповолемическая гипоосмия с ГИПЕРГИДРАТАЦИЕЙ) почки - задержка воды
3. Неадекватная секреция АДГ почки - задержка воды
4. Истинная гипонатриемия (избыток воды) – почки выводят воду (беременность, психоз)
5. Потери гиперосмолярной жидкости

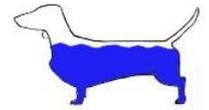




ДИАГНОЗЫ

	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Глюк оза	BUN	P _{osm}	U _{osm}	U _{Na}
1	125	4.5	80	35	5	10.7	268	450	<10
2	128	4.0	88	28	4.7	5	295	250	30
3	125	5.5	90	18	5	26	295	280	40
4	120	4.2	90	20	4.9	5	260	300	20

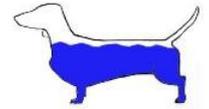
1. Сильное обезвоживание, хроническая рвота
2. Введение 100 г маннитола
3. Длительная гипертония и хроническая почечная недостаточность
4. Грибковая пневмония (гипотиреоз, болезнь Адисона)



КЛИНИЧЕСКИЕ СИМПТОМЫ



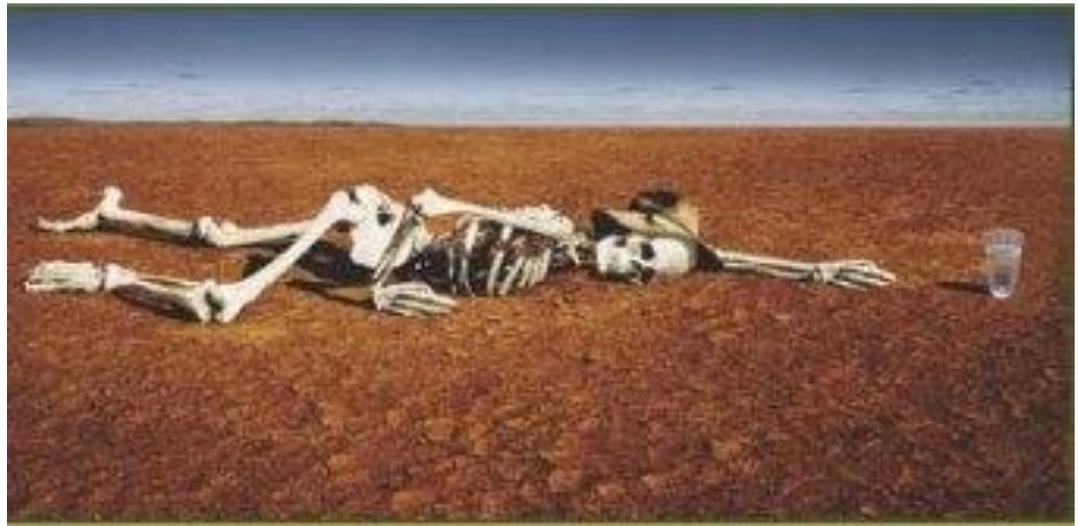
Снижение осмолярности (напр., при гипонатриемии, обусловленной синдромом неадекватной секреции антидиуретического гормона) приводит к осмотическому отёку мозга с развитием синдрома внутричерепной гипертензии

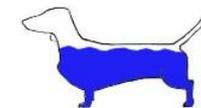


ГИПЕРНАТРИЕМИЯ (гиперосмия)

концентрация натрия выше 145 ммоль/л

- Задержка солей
- Потеря гипотонической жидкости
 - внепочечного происхождения
 - почечного происхождения





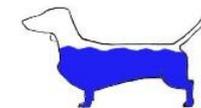
Центральный несахарный диабет

(не вырабатывается АДГ, травмы, опухоли, воспаления, тромбоз)

Плазма крови	При поступлении	Через сутки
Натрий	140	155 ммоль/л
Калий	3,8	4 ммоль/л
Хлориды	102	115 ммоль/л
Бикарбонат	24	35 ммоль/л
Мочевина	6	15 ммоль/л
Креатинин	12	13 мкмоль/л
Глюкоза	7	7,5 ммоль/л



- Без сознания доставлено в клинику с ЧМТ
- АДГ обеспечивает также и чувство жажды, поэтому невозможность выпить воду приводит к гипернатриемии
- Опухоли мозга, менингиты, энцефалиты, аневризма



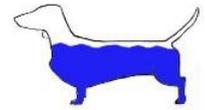
Нефрогенный несахарный диабет

(потеря способности почек отвечать на АДГ)

Натрий	150 ммоль/л
Калий	4 ммоль/л
Хлориды	115 ммоль/л
Бикарбонат	28 ммоль/л
Мочевина	9 ммоль/л
Креатинин	13 мкмоль/л
Глюкоза	7,5 ммоль/л



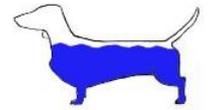
- Полидипсия полиурия
- Гиперкальциемия, гипокалиемия, нефропатии (амилоидоз, хронический пиелонефрит)
- Почки теряют структуры ответственные за ответ на АДГ
 - Разрушение канальцев (ОПН, ХПН, интерстициальный нефрит, пиелонефрит)
 - Потеря медуллярного градиента (медуллярная гиперосмоляльность)
 - Потеря или блокада рецепторов к АДГ
 - Блокада транспорта электролитов (натрия, например при ишемии)



Нагрузочные тесты при полиурии

Житное	U _{osm} после водной депривации (мОсм/кг)	U _{osm} после инъекции АДГ (мОсм/кг)	P _{Na} (ммоль/л)
1	280	Не увеличена	150
2	500	Не увеличена	130
3	800	Слабо увеличена	145
4	250	600	153

- Нефрогенный несахарный диабет
- Первичная полидипсия
- Норма
- Центральный сахарный диабет



КЛИНИЧЕСКИЕ СИМПТОМЫ

Остановка
дыхания

Головные боли

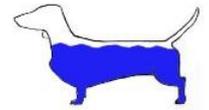


Помутнение
сознания

Кома



Повышение осмолярности плазмы при гипернатриемии (напр., при несахарном диабете), гипергликемических состояниях, азотемии может приводить к дегидратации головного мозга.



РАСЧЁТ ДЕФИЦИТА ВОДЫ

- Нормальная концентрация натрия 140 ммоль/л
- Общее количество воды в теле 60%
- Натрий распределен по всей воде в теле

Рассчитать дефицит воды у собаки массой **8 кг** с
концентрацией натрия в плазме крови **158 ммоль/л**

Нормальное содержание воды в теле: $8 \times 0,6 = 4,8$

Нормальное содержание натрия: $4,8 \times 140 = 672$

ММОЛЬ

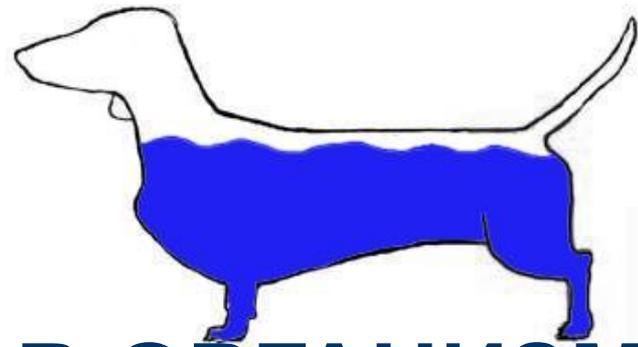
Если при потере воды содержание натрия постоянно,
то количество воды составляет: $672/158 = 4,25$ л

Дефицит воды равен $4,8 - 4,25 = 0,55$ л.

Общая формула расчета дефицита воды:

$$\text{ДЕФИЦИТ ВОДЫ} = (0,6) \times (\text{масса тела в кг}) \times (1 - 140/P_{\text{Na}})$$

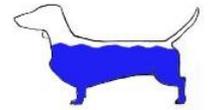




БАЛАНС НАТРИЯ В ОРГАНИЗМЕ



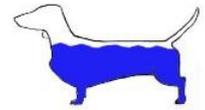
Карташов С.Н.
ДОКТОР БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК, ПРОФЕССОР



ГОМЕОСТАЗ НАТРИЯ

1. Нарушение водного обмена проявляется изменением содержания растворенных веществ (натрия)
2. Нарушение обмена натрия проявляется первично изменением объема тела





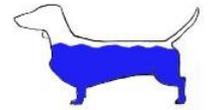
Жидкостные компартменты тела



Вода внутри тела распределена в трех основных компартментах

1. Внутриклеточном
2. Внеклеточном
 1. Интерстициальное
 2. Внутрисосудистом
3. Трансклеточном

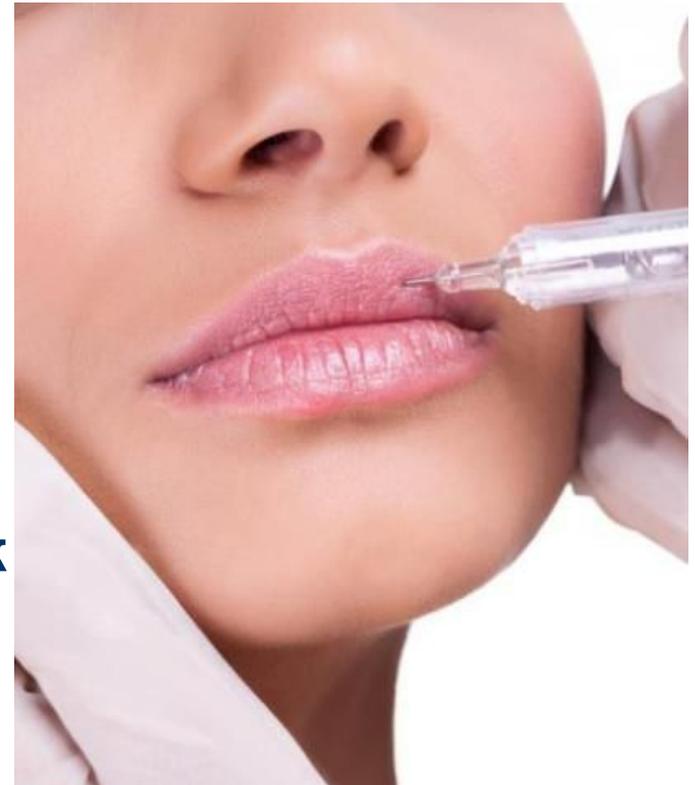
Распределение воды между внеклеточным (внутрисосудистым и интерстициальным) и клеточным определяется ионным составом (осмоляльностью) соответствующего компартмента, поскольку вода свободно проникает через мембраны клеток, а натрий и другие электролиты нет

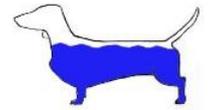


Жидкостные компартменты тела

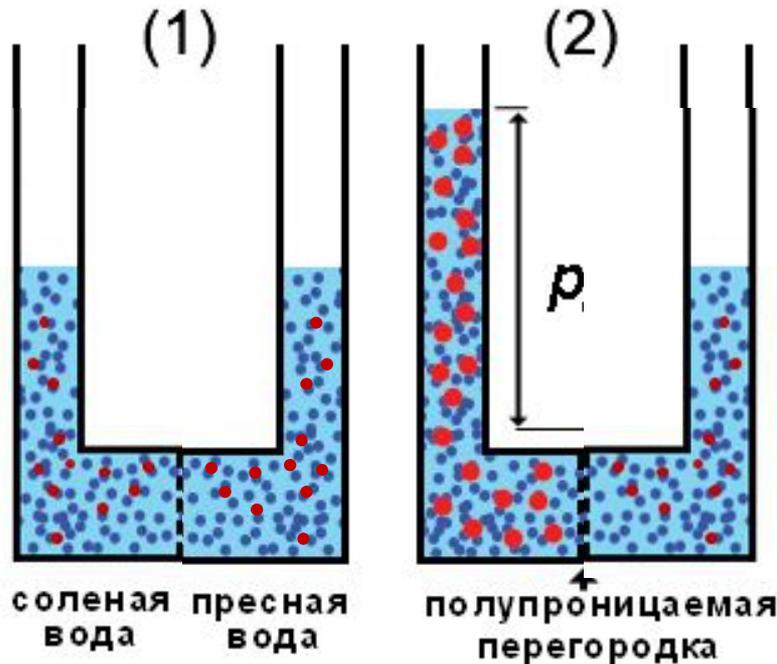
Изменение обмена натрия

1. Концентрация натрия не меняется
2. Меняются объёмы внеклеточного и внутриклеточного компартментов
3. Задержка натрия всегда ведет к увеличению объема внеклеточного компартмента и наоборот

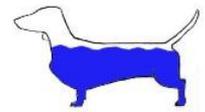




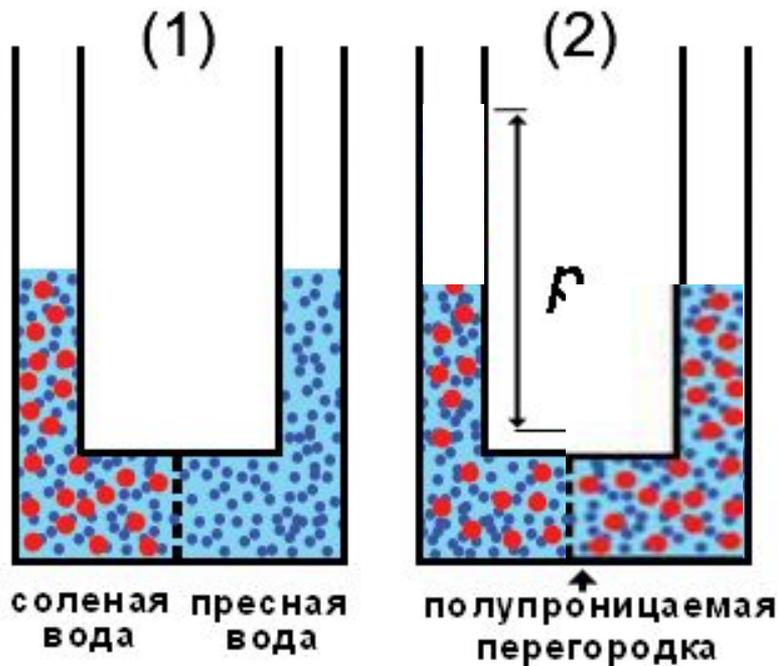
ОСМОТИЧЕСКОЕ ДАВЛЕНИЕ



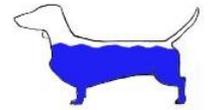
1. Должен быть градиент веществ, которые не способны перемещаться через полупроницаемую мембрану (мембрану проницаемую для воды)
2. **Тоничность – способность создавать осмотическое P , вещества перемещаемые через мембрану не создают $ОД$**



ОСМОТИЧЕСКОЕ ДАВЛЕНИЕ

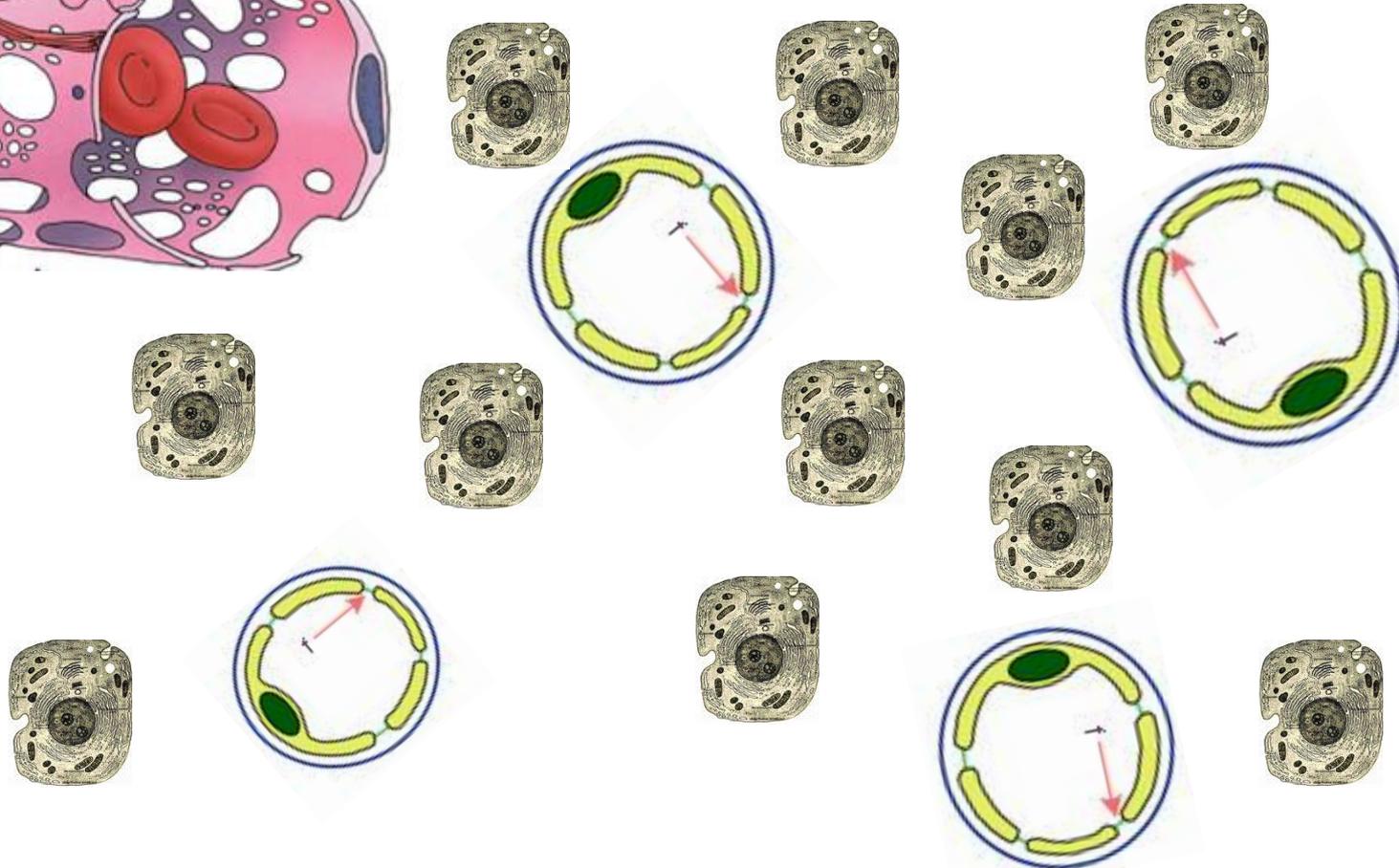


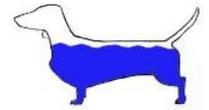
1. Должен быть градиент веществ, которые не способны перемещаться через полупроницаемую мембрану (мембрану проницаемую для воды)
2. **Тоничность – способность создавать осмотическое P , вещества перемещаемые через мембрану не создают $ОД$**



Жидкостные компартменты тела

(натрий свободно перемещается во внеклеточном компартменте)



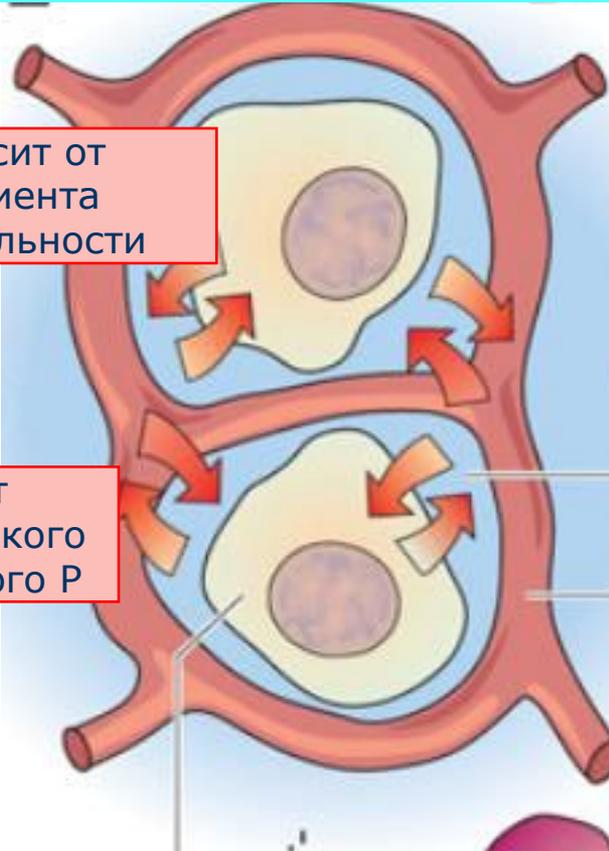


Жидкостные компартменты тела

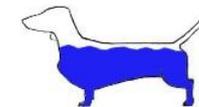
Вода – единственное вещество, которое свободно перемещается через все мембраны, по градиенту концентрации

Зависит от градиента осмоляльности

Зависит от гидростатического и онкотического Р



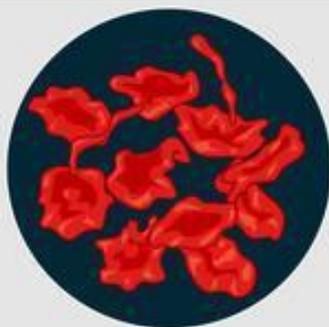
- ❖ Движение воды между внеклеточным и клеточным компартментами зависит исключительно от их осмоляльности (Na^+)
- ❖ Клиническая оценка объема жидкости направлена на измерение внеклеточного объема
 - ◆ Объем ОЦК
 - ◆ Интерстициальный объема



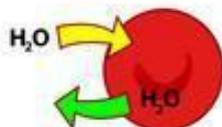
Движение жидкости между внутриклеточным и внеклеточным компартаментами

Движение жидкости между
компартаментами определяют
5 ПРАВИЛ

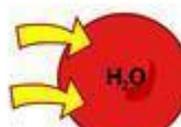
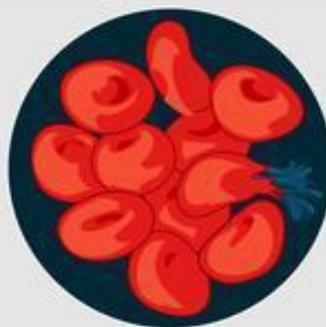
Гипертонический



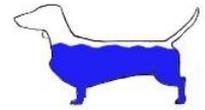
Изотонический



Гипотонический

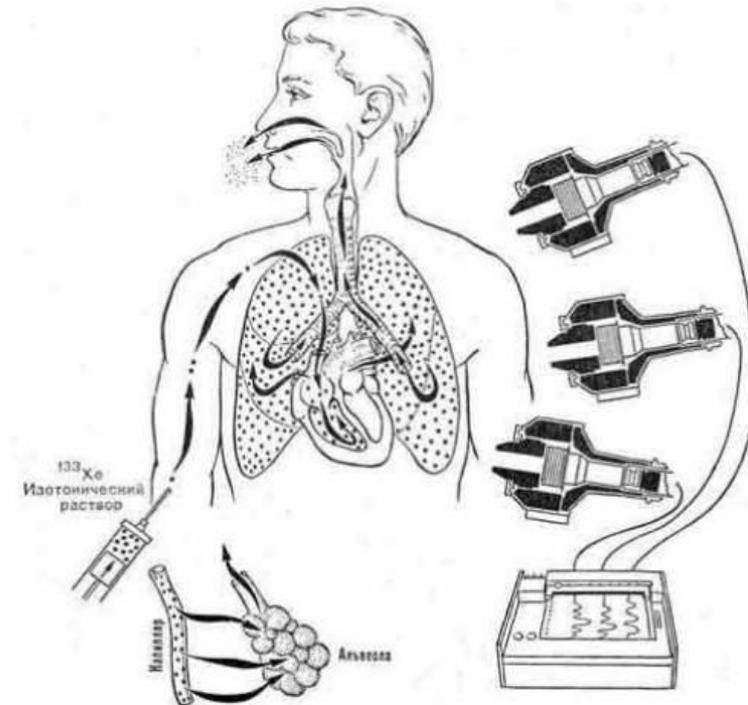


1. Движение жидкости есть только между полупроницаемыми мембранами
2. Вода движется в область с более высокой концентрацией веществ
3. Величину Q воды определяет градиент концентраций
4. Движение воды продолжается пока есть градиент концентрации
5. На движение воды не оказывают влияния вещества перемещающиеся через полупроницаемую мембрану

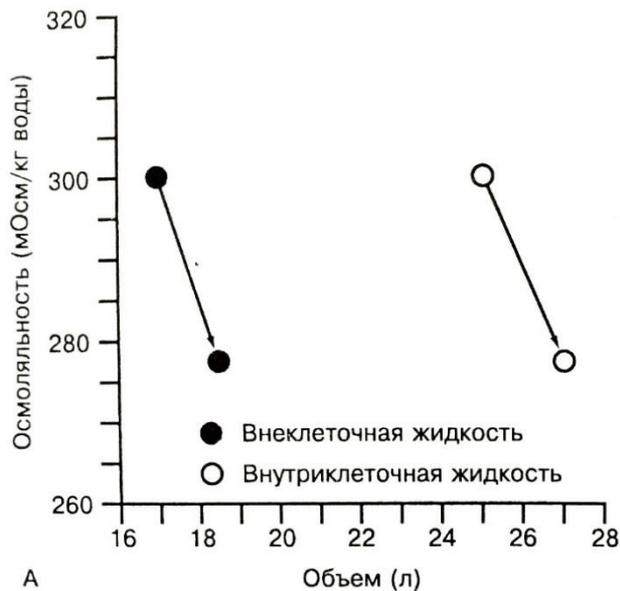


Измерение объемов жидкостных компартментов

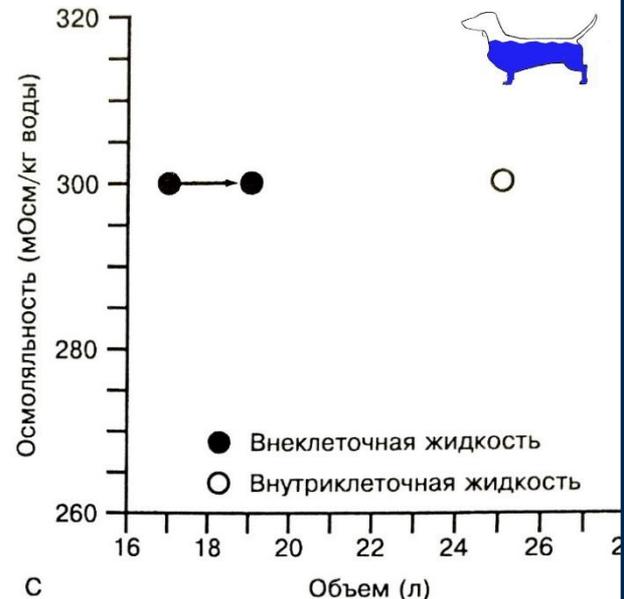
- Радионуклидное исследование
 - Метод разведения индикаторы
 - У человека массой 70 кг. Общая вода организма литров 38,5 л (55 % от массы тела)
 - Объем внутриклеточной воды 24,5л (35% от массы тела)
 - Объем интерстициальной воды 11,2л (16%)
 - Объем воды в плазме 3,1 л (4% от массы тела)
-
- У собаки массой 10 кг. Общая вода 5,5 л.
 - Объем внутриклеточной воды 3,5 л
 - Объем интерстициальной воды 1,6 л
 - Объем воды плазмы 0,4 л



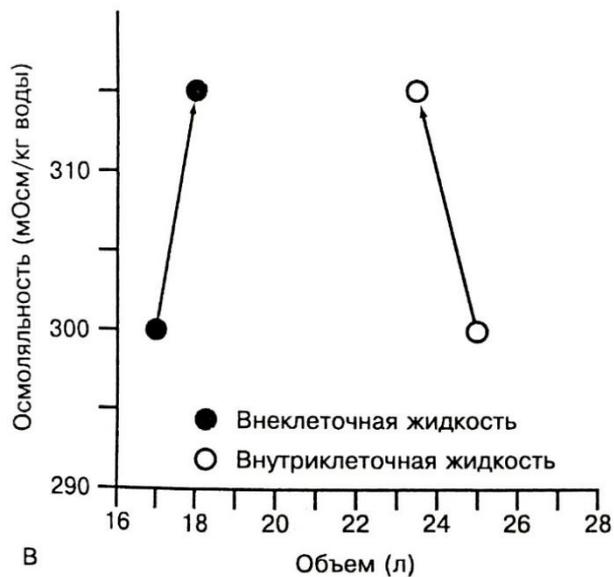
Обмен воды между компартментами тела



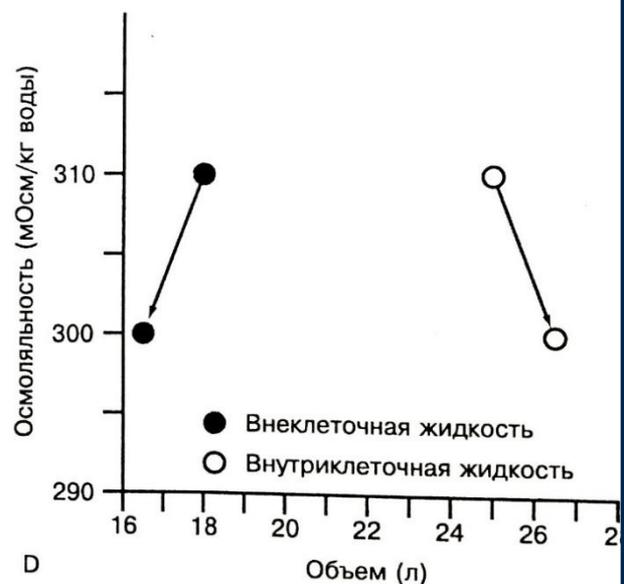
A



C

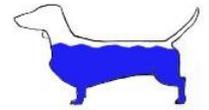


B



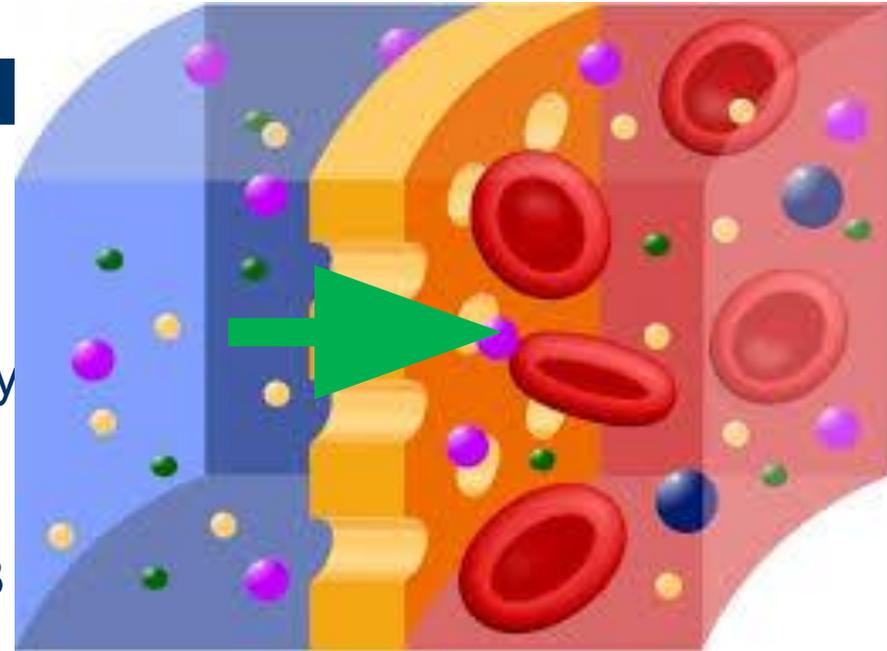
D

Рис. 2.2. Изменения объема жидкостных компартментов и их осмоляльности: А — при потреблении дистиллированной воды; В — после вливания гипертонического солевого раствора; С — после вливания изотонического солевого раствора; D — связанные с удалением диализата из полости брюшины



Правило Гиббса-Доннана

- В интерстициальном пространстве нет белков, зато они есть в плазме крови
- Осмотическое давление выше по ту сторону мембраны, где есть белок
- Белок создает осмотическое (онкотическое) давление равное 28 мм.рт.ст

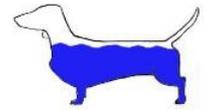


Общее осмотическое давление кристаллоидов во внеклеточной жидкости равно:

$$300 \text{ мОсм/кг воды} \times 17 \text{ мм рт. ст./мОсм} = 5100 \text{ мм рт. ст.}$$

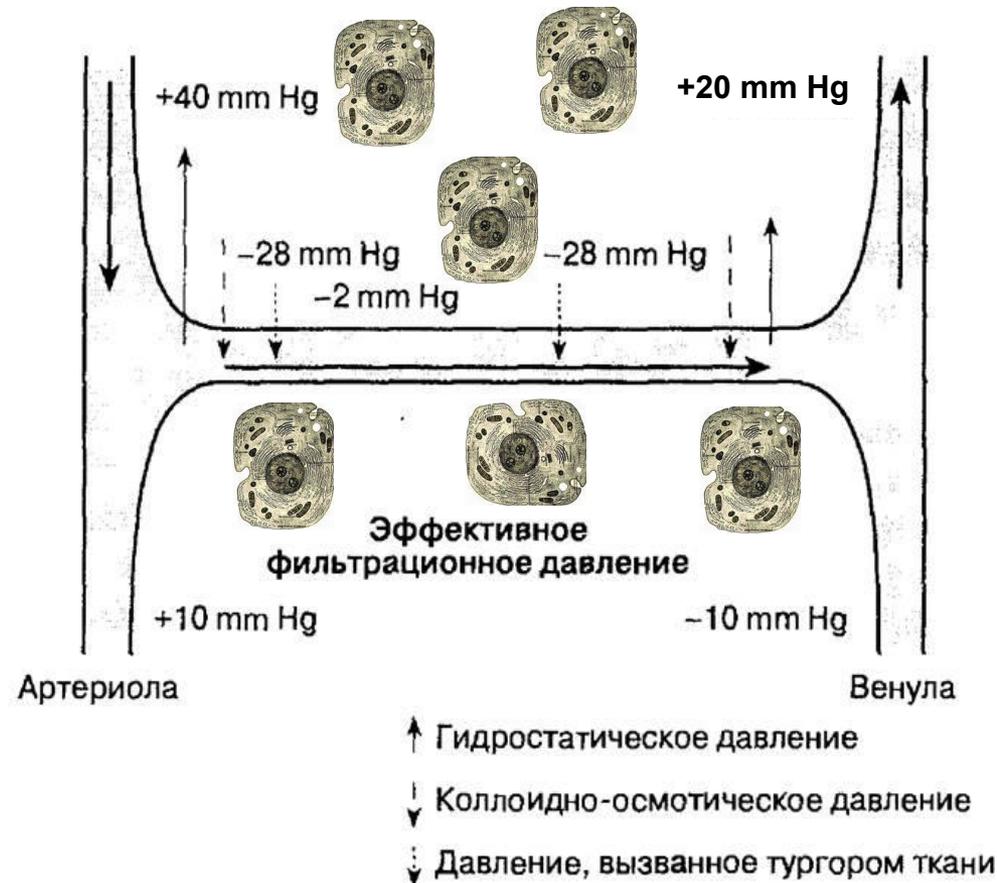
Общее осмотическое давление, создаваемое белками в плазме крови, равно:

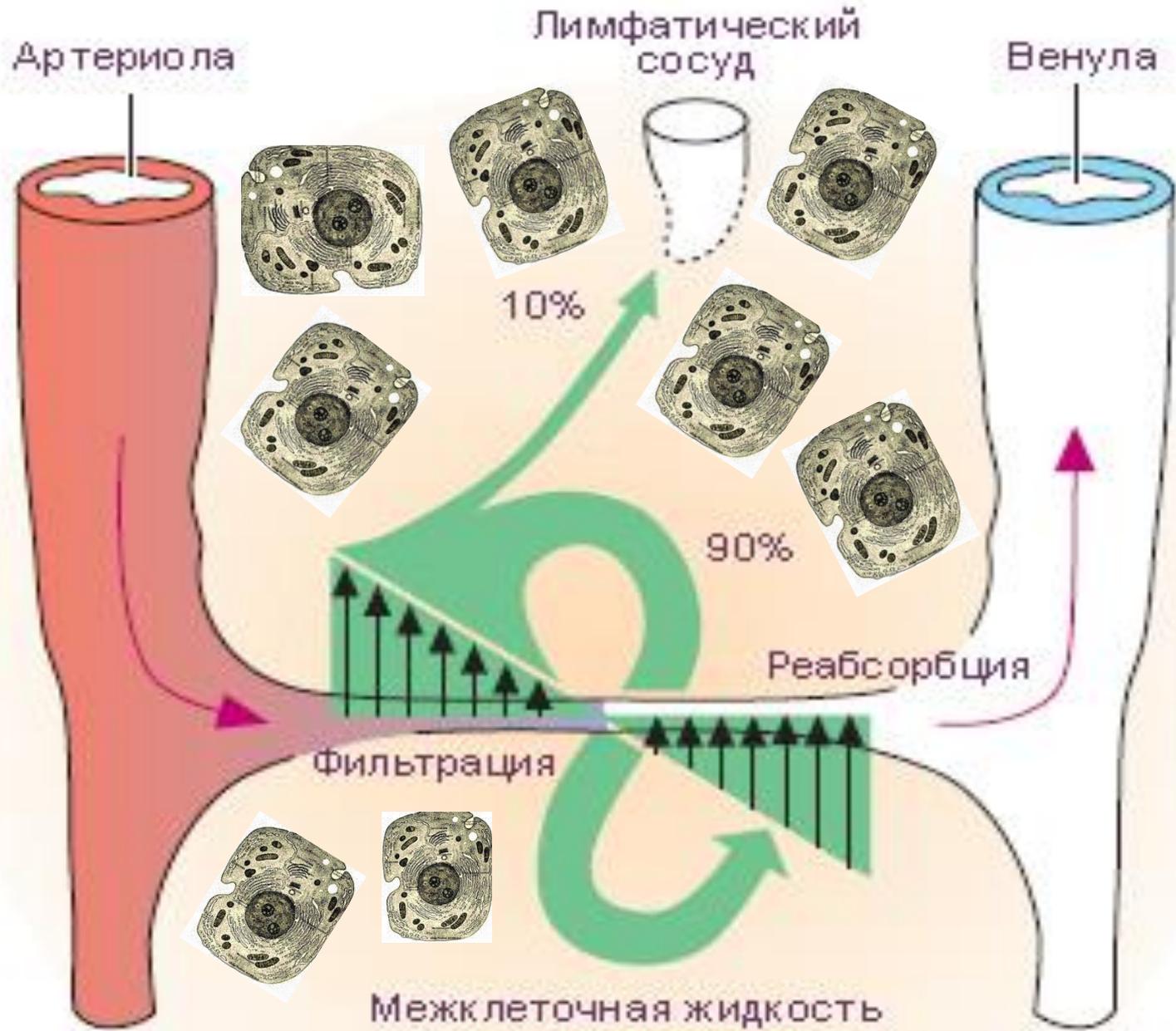
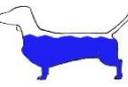
$$1,65 \text{ мОсм/кг воды} \times 17 \text{ мм рт. ст./мОсм} = 28 \text{ мм рт. ст.}$$

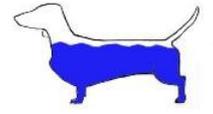
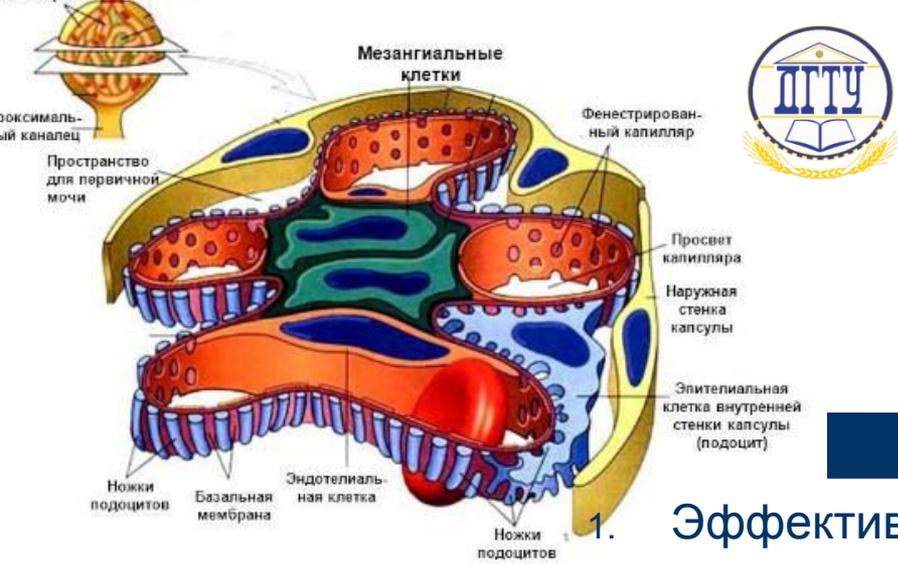


СИЛЫ СТАРЛИНГА

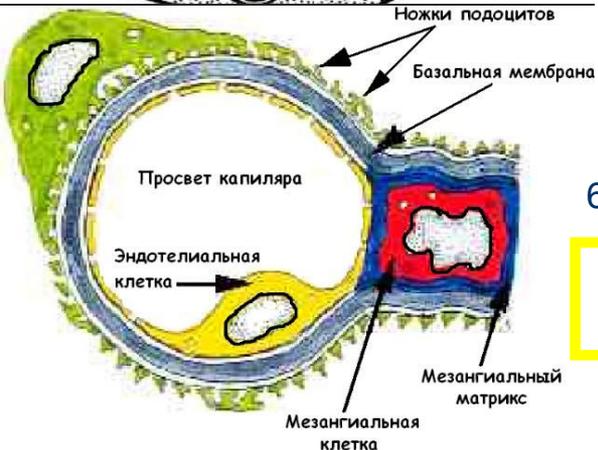
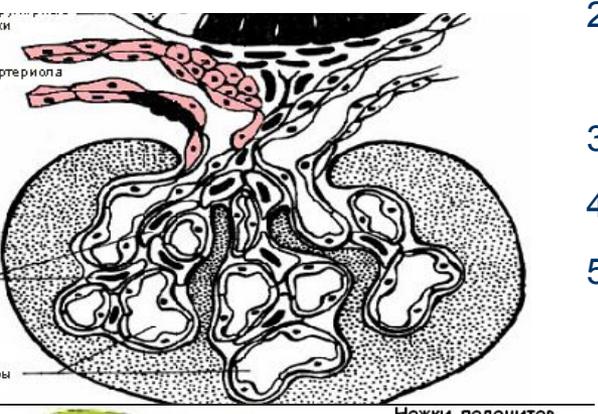
В сутки через капилляры проходит около 8-9 тыс. л. воды (в составе плазмы, **20 литров** фильтруется через капилляры в ткани. Из 20 литров фильтрующейся воды 18 литров реабсорбируется, а оставшаяся вода выводится из тканей за счет лимфооттока. Дренаж ткани.







Клубочковая фильтрация



1. Эффективное фильтрационное давление
2. Гидравлическая проницаемость фильтрующей мембраны
3. Площади фильтрующей мембраны
4. Произведение 2 на 3 = коэффициент фильтрации K_f
5. Скорость фильтрации FR - произведение всех этих величин

$$FR = (\text{гидравлическая проницаемость}) \times (\text{площадь фильтрации}) \times (\text{эффективное фильтрационное давление})$$

или

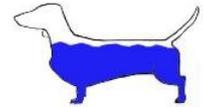
$$FR = K_f \times (\text{эффективное фильтрационное давление})$$

6. Эффективное фильтрационное давление NFP а СКФ

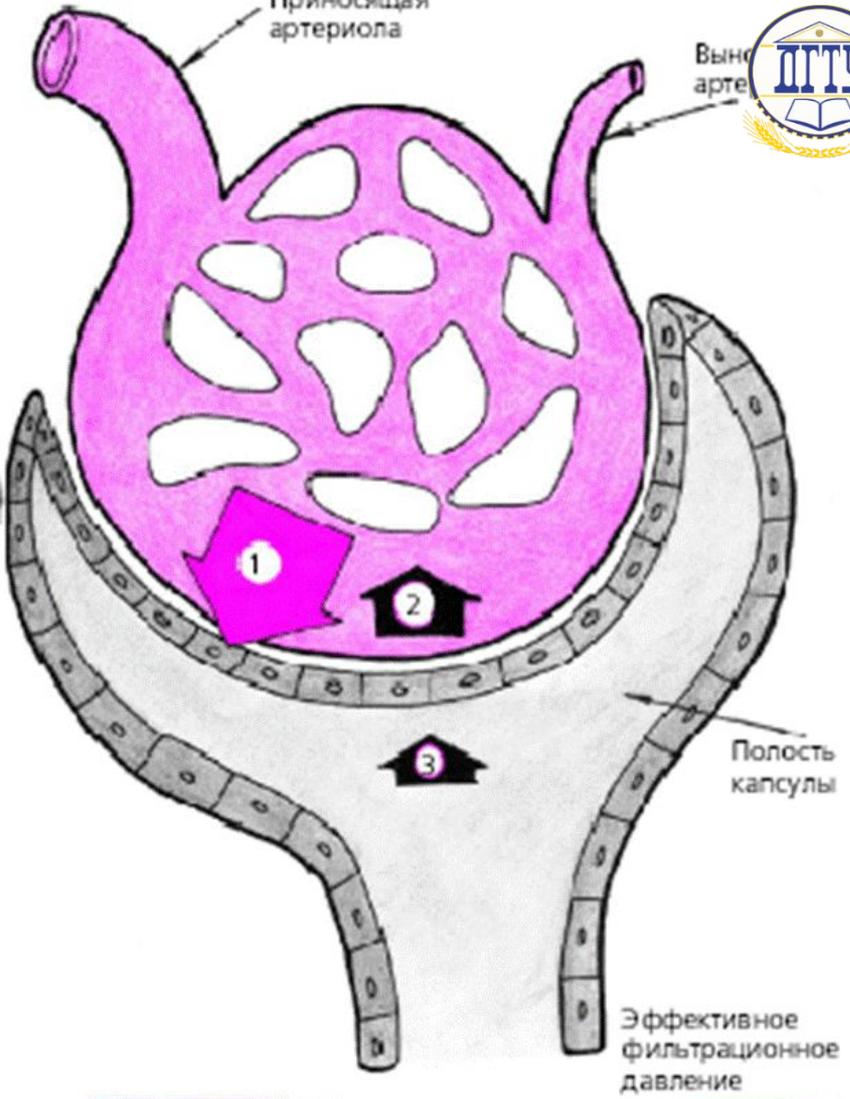
$$NFP = P_{GC} - P_{BC} - \pi_{GC}$$

$$GFR = K_f \times (P_{GC} - P_{BC} - \pi_{GC})$$

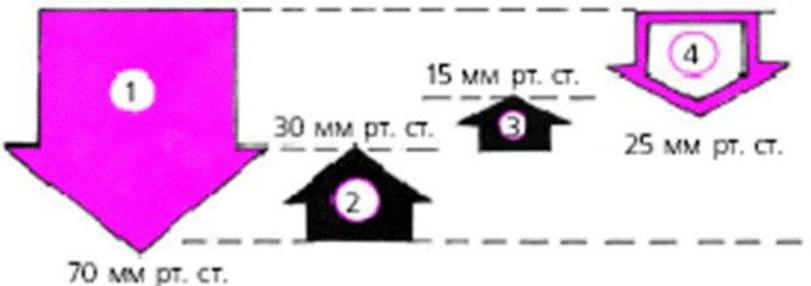
Приносящая артериола



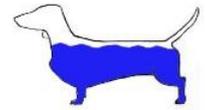
Клубочковая фильтрация



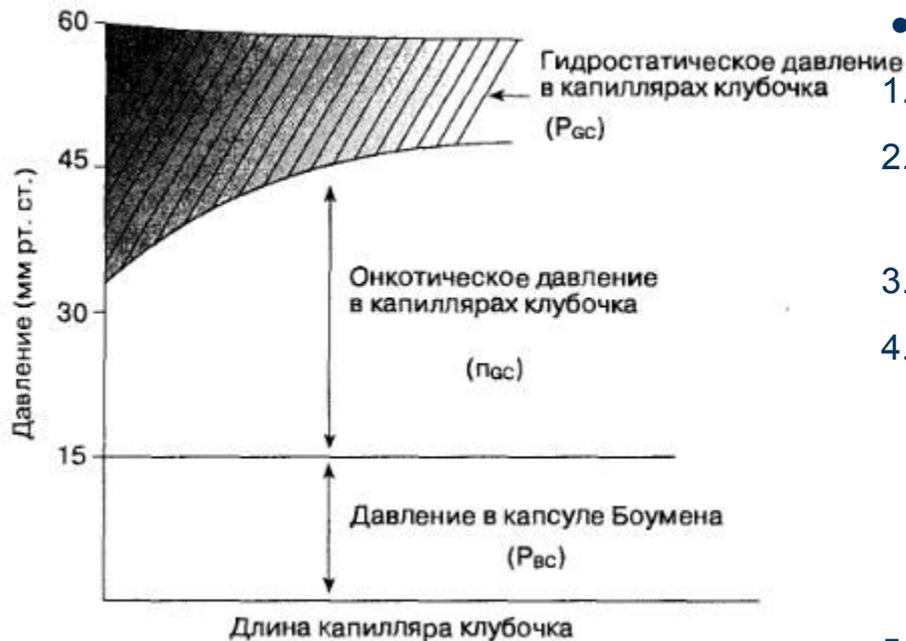
- Меняется в зависимости от тонуса клеток мезангия
- От тонуса аферентных и эфферентных артериол, давление в капсуле
- От скорости плазматочка в капилляре (изменяется онкотическое давление)
- В норме общая фильтрация через капилляры всего тела 20 литров, а через клубочки почек 180 л – в 60 раз больше, чем объем плазмы



$$\text{СКФ} = \text{КФ} \times (\text{ДГК} - \text{ДКБ} - \text{ОДП})$$

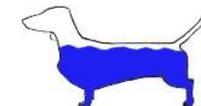
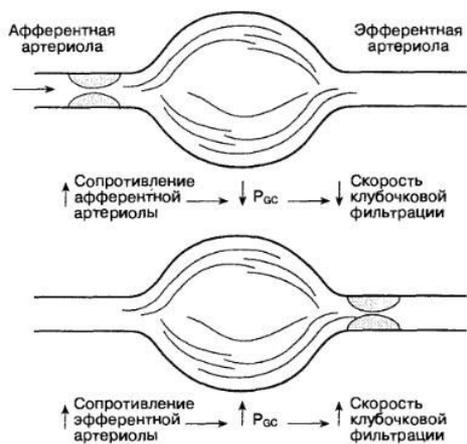


Клубочковая фильтрация



- По мере движения крови по капилляру

 1. Капиллярное давление падает
 2. Скорость плазматока в капилляре снижается
 3. Растет онкотическое давление
 4. В конце капилляра снижается эффективное фильтрационное давление, в целом колеблется от 10 до 24 мм.рт.ст.
 5. Рост онкотического давления тем выше, чем ниже скорость плазматока в капилляре по сути СКФ



Физиологические факторы влияющие на СКФ

Факторы, определяющие GFR

Физиологические факторы

Коэффициент ультрафильтрации (K_f)

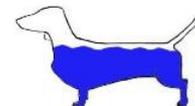
Размер поверхности гломерулярных капилляров (K_f и GFR увеличиваются при расслаблении и уменьшаются при сокращении мезангиальных клеток)

Давление в гломерулярных капиллярах (P_{GC})

Давление в артериях почки, сопротивление афферентных и эфферентных артериол (увеличение артериального давления, уменьшение сопротивления афферентных артериол и увеличение сопротивления эфферентных артериол повышают скорость клубочковой фильтрации)

Онкотическое давление в гломерулярных капиллярах (π_{GC})

Концентрация коллоидов в системном плазматокке (увеличенная концентрация коллоидов в плазме и уменьшенный плазматокк будут повышать π_{GC} и уменьшать скорость клубочковой фильтрации)



Канальцевая реабсорбция натрия и экскретируемая фракция Na

СКФ = 180 л/день
[Na] плазмы = 140 ммоль/л

Фильтрационная нагрузка Na⁺ = 25 200 ммоль/день

16 800 ммоль/день
67 % фильтр. загрузки (ф. з.)

6300 ммоль/день
25 % ф. з.

1200 ммоль/день
5 % ф. з.

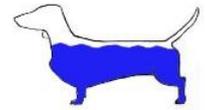
750 ммоль/день
3 % ф. з.

V мочи = 1500 мл/день
[Na] мочи = 100 ммоль/л

FireAiD - все по
медицине.

Экскреция Na = 150 ммоль/день
0,6 % ф. з.

Поступление Na⁺ в организм = 155 ммоль/день



Канальцевая реабсорбция натрия и экскретируемая фракция Na

- Наиболее важным регулятором объема тела является баланс натрия, а наиболее важным регулятором баланса натрия является почка.
- Но натрий и фильтруется и реабсорбируется

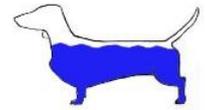
$$\text{Экскретируемая фракция вещества X} = \frac{\text{Масса экскретируемого X}}{\text{Масса фильтруемого X}}$$

$$\text{Масса выводимого X} = [\text{концентрация X в моче (U}_x\text{)}] \times [\text{объем мочи (V)}]$$

$$\text{Масса фильтруемого X} = \text{GFR} \times [\text{концентрация X в плазме крови (P}_x\text{)}]$$

$$(FE_x) = (U_x \times V) : (GFR \times P_x)$$

$$(FE_x) = [(U_x \times P_{Cr}) \times V] : [(U_{Cr} \times P_x) \times V] = (U_x \times P_{Cr}) : (U_{Cr} \times P_x)$$



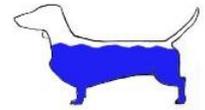
Канальцевая реабсорбция натрия и экскретируемая фракция Na

Концентрация натрия в плазме крови	140 ммоль/л
Концентрация натрия в моче	20 ммоль/л
Концентрация креатинина в плазме крови	10 мг/л
Концентрация креатинина в моче	150 мг/л

$$(FE_x) = [(U_x \times P_{Cr}) \times V] : [(U_{Cr} \times P_x) \times V] = (U_x \times P_{Cr}) : (U_{Cr} \times P_x)$$

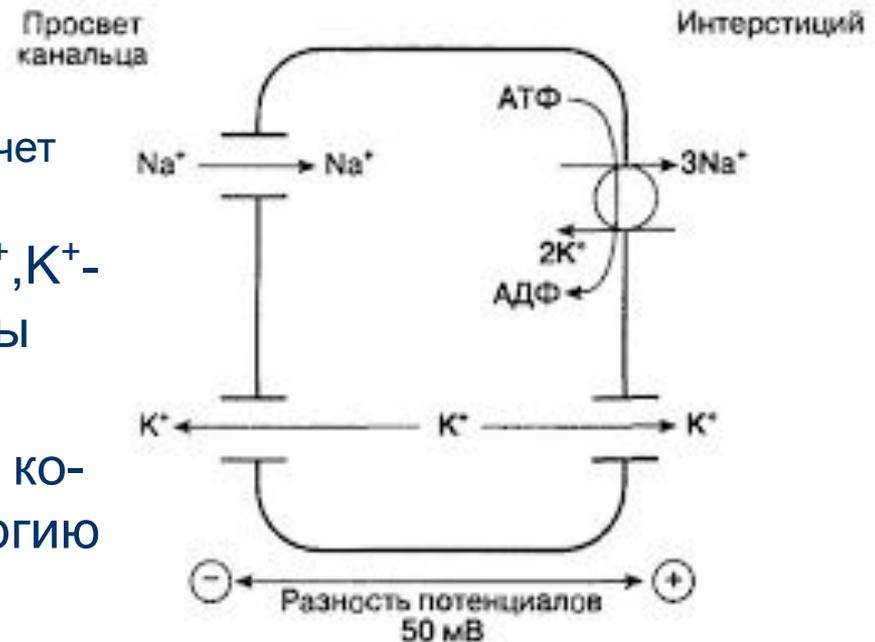
$$FE_{Na} = [(20 \text{ ммоль/л}) \times (10 \text{ мг/л})] : [(140 \text{ ммоль/л}) \times (150 \text{ мг/л})] = 0,0095$$

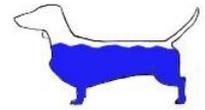
- Экскретируется только около 1% от профильтровавшегося Na+
- В условиях повышенного потребления FE_{Na} увеличивается до 5%
- При пониженном потреблении может упасть до 0,1%
- Существуют тонкие механизмы регулирующие транспорт Na в нефроне



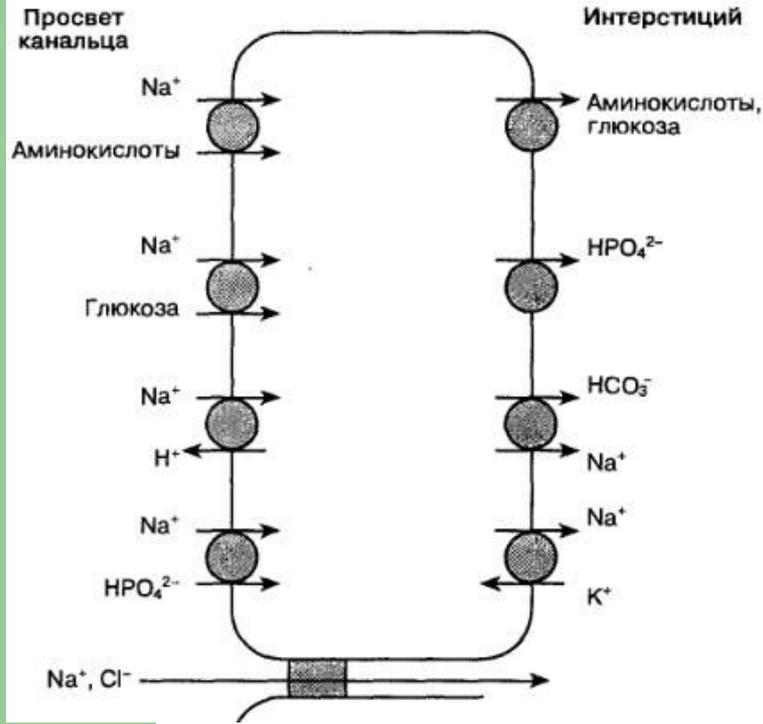
Транспорт Na в почке

- Na из канальца в клетку переносится по
 - градиенту концентрации
 - электрическому градиенту (за счет избытка Cl^-)
- Оба градиента создаются Na^+, K^+ -АТФазой базальной мембраны
- Каналы для Na люминальной мемbrane могут работать как ко-транспортёры используя энергию градиента Na для переноса других молекул против градиента (почти все реабсорбируемые почками вещества)

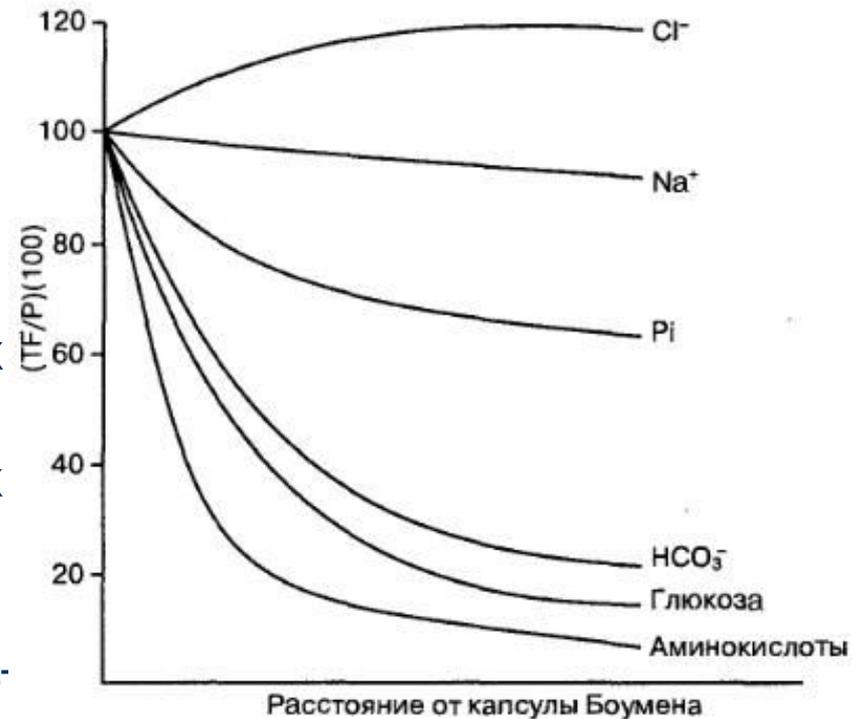




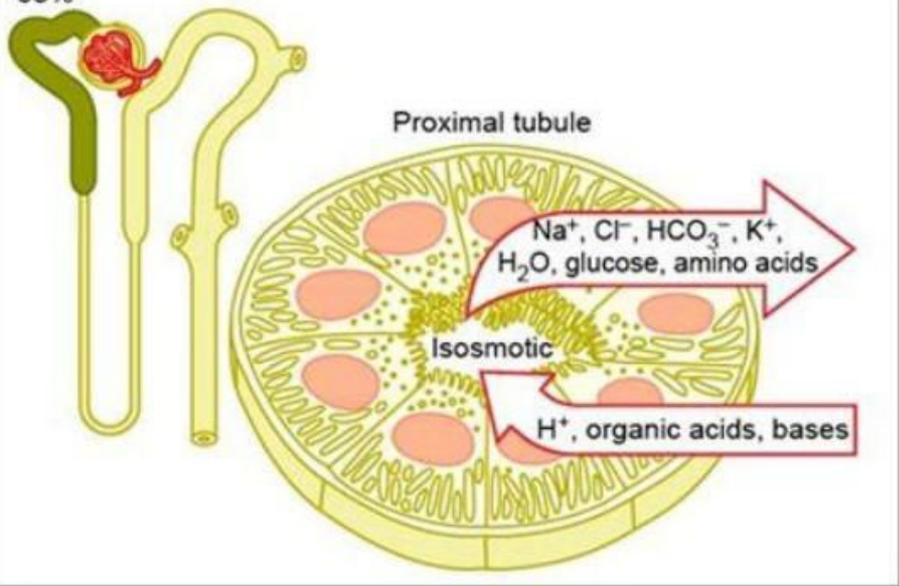
Транспорт Na в почке



- Работа симпортов Na и других веществ приводит к их реабсорбции в проксимальных канальцах на 80-100%
- При этом хлор в канальце остается в избытке что создает электрохимический градиент для транспорта катионов



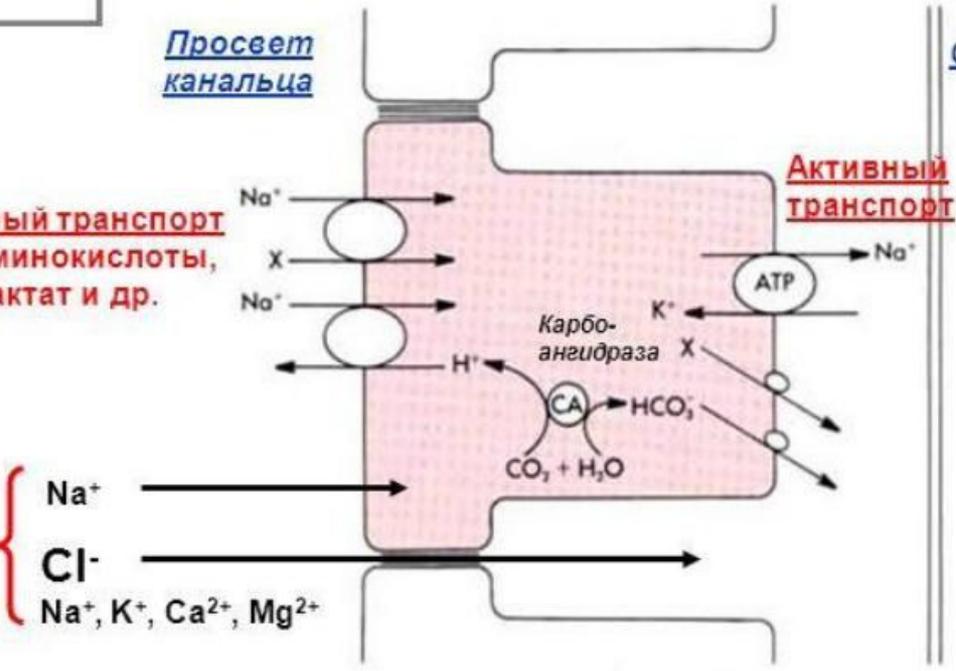
65%



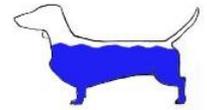
Реабсорбция веществ в проксимальном канальце

Вторично активный транспорт
«X» = глюкоза, аминокислоты, фосфат-ионы, лактат и др.

Пассивный транспорт



2-3 мВ (в результате транспорта Na⁺)
Движущая сила для реабсорбции Cl⁻



Факторы регулирующие транспорт натрия в почке

Натрий реабсорбирующие факторы

**Альдостерон
(агиотензин II, АКТГ)**

Кортикостероиды (АКТГ)

Эстрогены

Гормон роста

Инсулин

Натрийуретический факторы

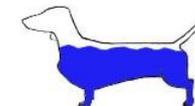
Предсердный натрийуретический фактор

Убаин подобный фактор гипоталамуса

Прогестреон

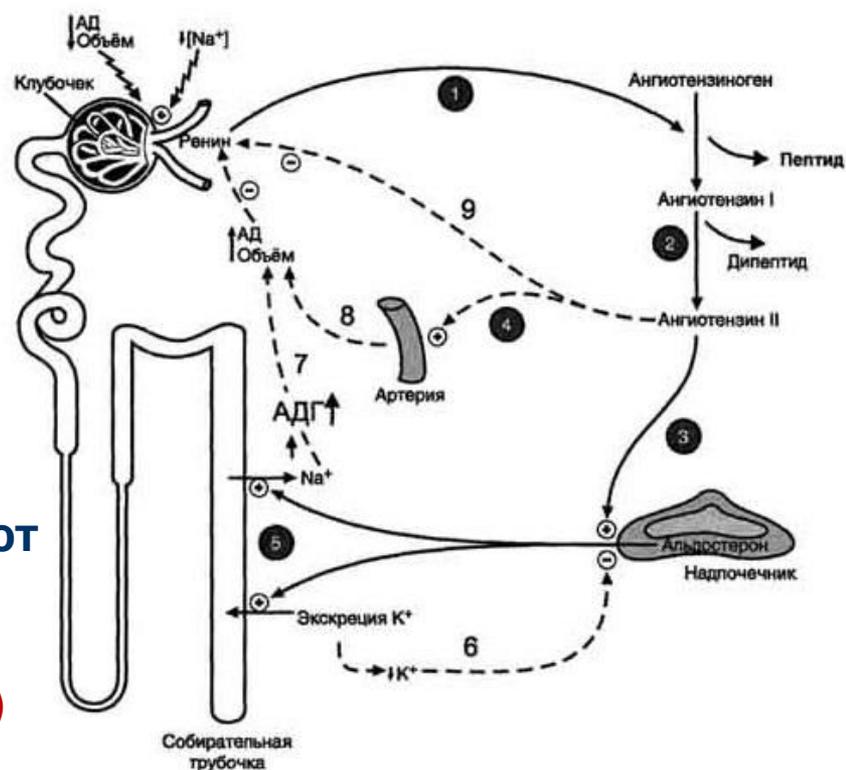
Паратиреоидный гормон

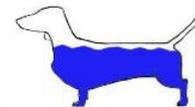
Глюкагон

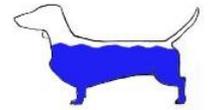


Альдостерон – основной фактор регуляции Na

- ❖ Стероид синтезируемый в клубочковой зоне надпочечника
- ❖ Регулирует реабсорбцию 2% фильтруемого Na
- ❖ Действует на главные клетки собирательных трубок, под достижению которых уже реабсорбировалось 90% всего натрия
- ❖ Секрецию альдостерона регулируют факторы не зависящие от почки
 - Основной - изменение объема внеклеточной жидкости – **ОЦК (т.е. ↓Na)**
 - Концентрация Na в плазме крови ↓
 - Концентрация K в плазме крови ↑
 - АКТГ гипофиза

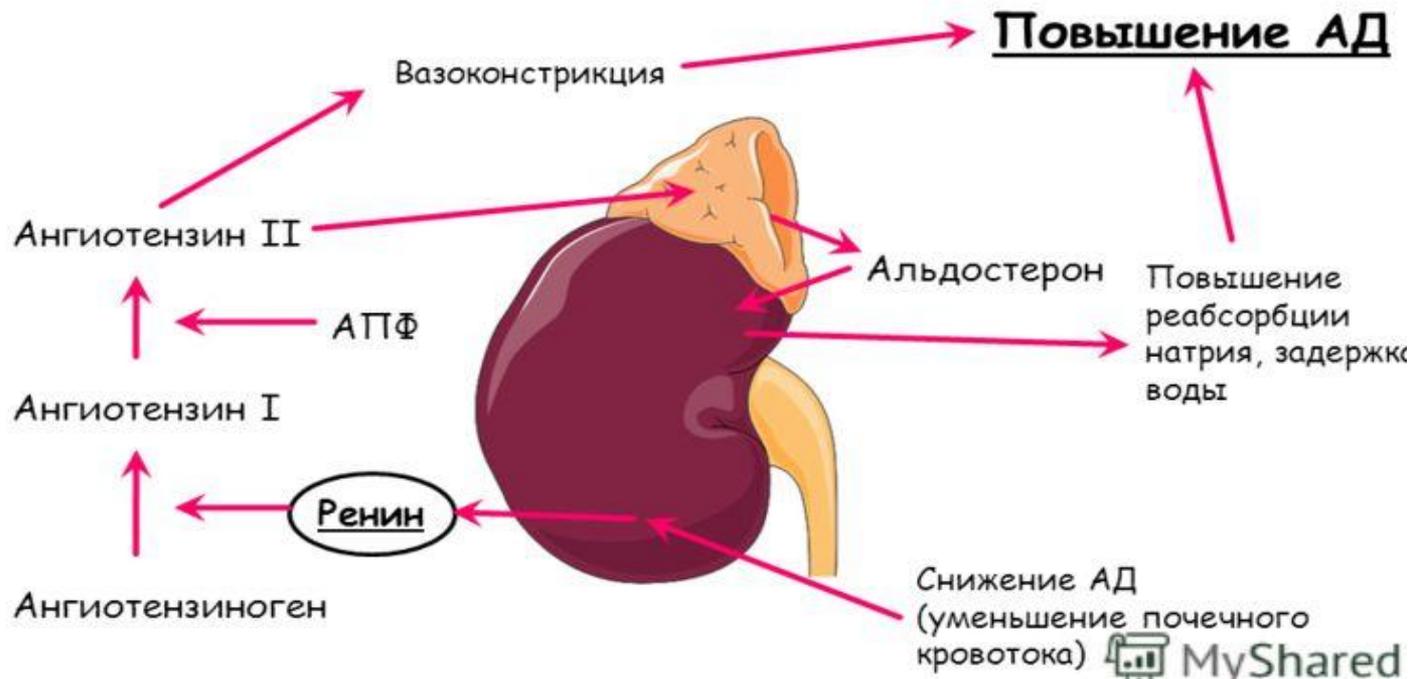


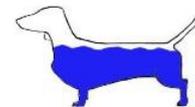




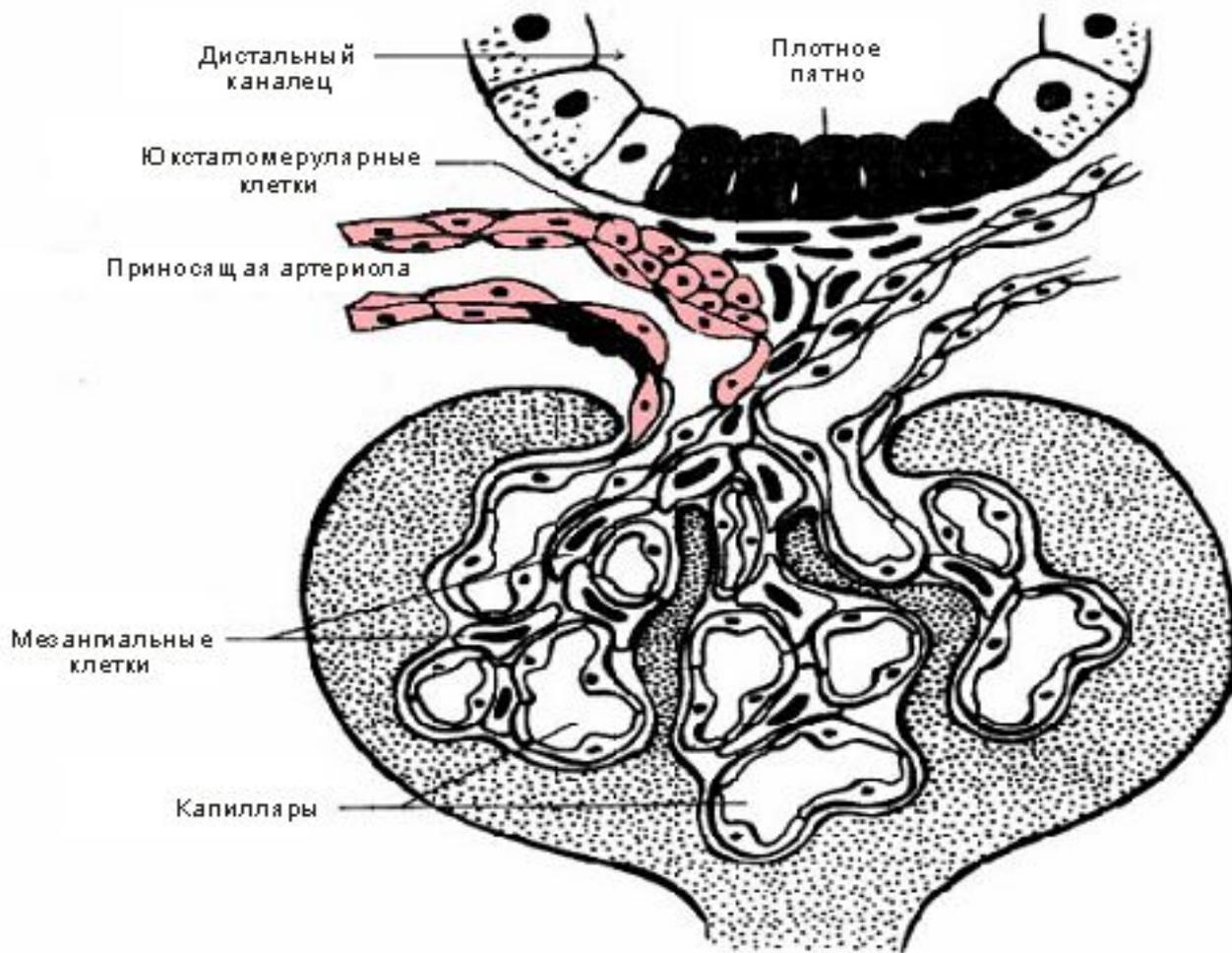
РЕГУЛЯЦИЯ ТРАНСПОРТА НАТРИЯ

Ренин-ангиотензин-альдостероновая система





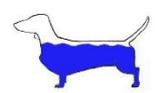
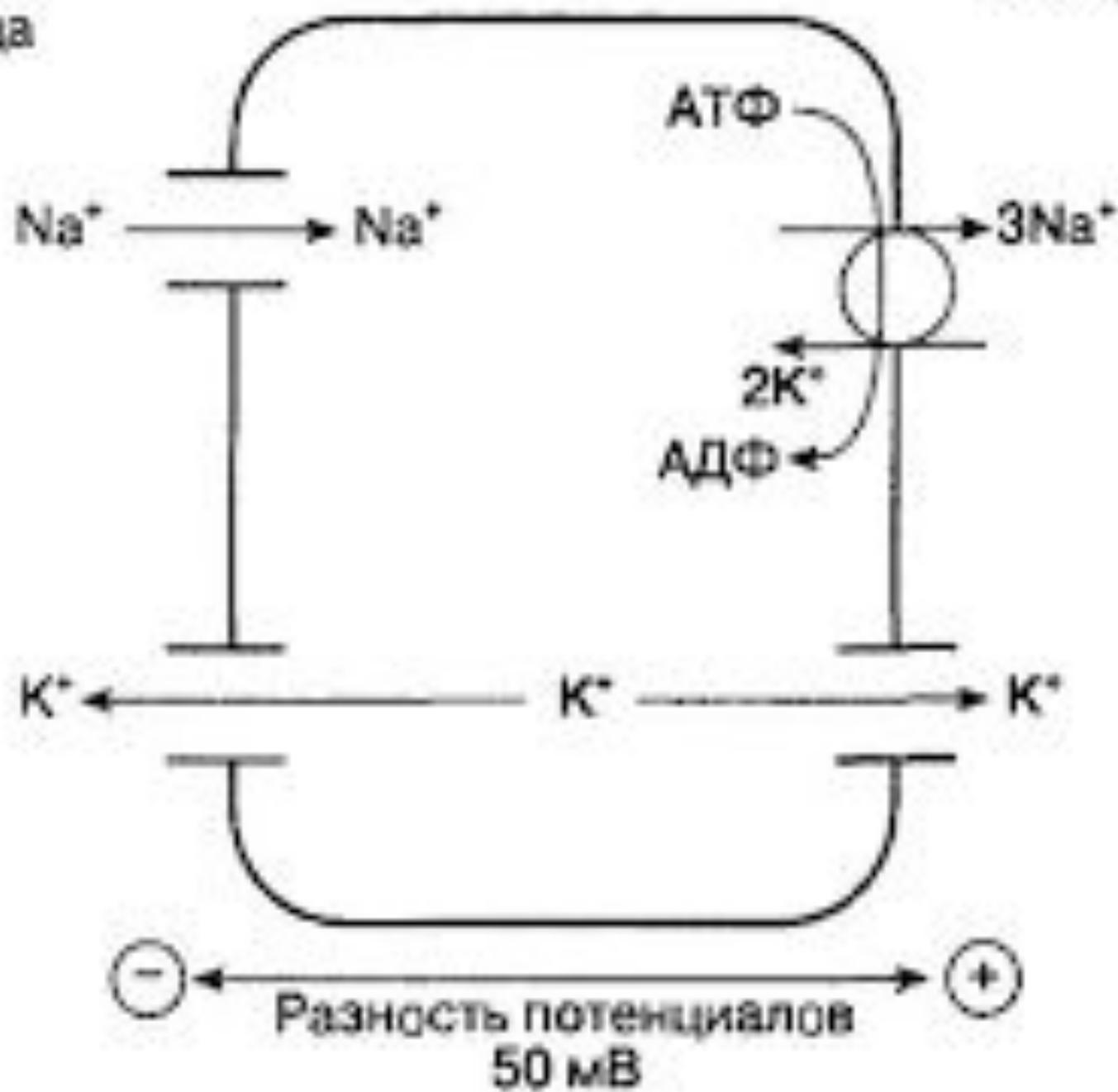
ЮКСТАГЛОМЕРУЛЯРНЫЙ АППАРАТ

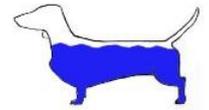


НАИБОЛЕЕ ВАЖНЫМ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИМ РЕГУЛЯТОРОМ ОБЪЕМА ТЕЛА ЯВЛЯЕТСЯ БАЛАНС НАТРИЯ, А НАИБОЛЕЕ ВАЖНЫМ РЕГУЛЯТОРОМ НАТРИЯ ЯВЛЯЕТСЯ ПОЧКА

Просвет
канальца

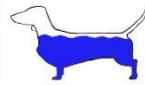
Интерстиций



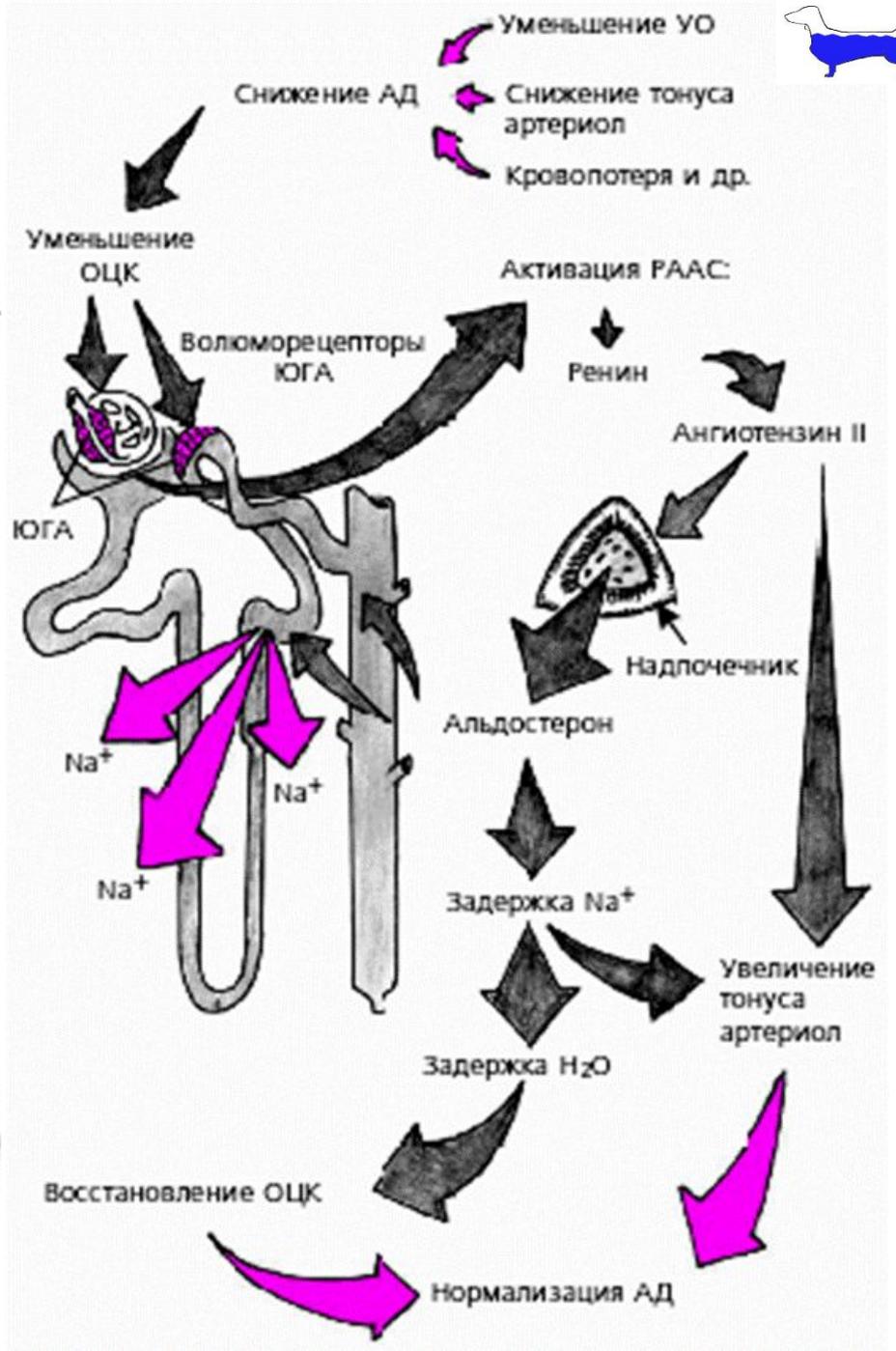
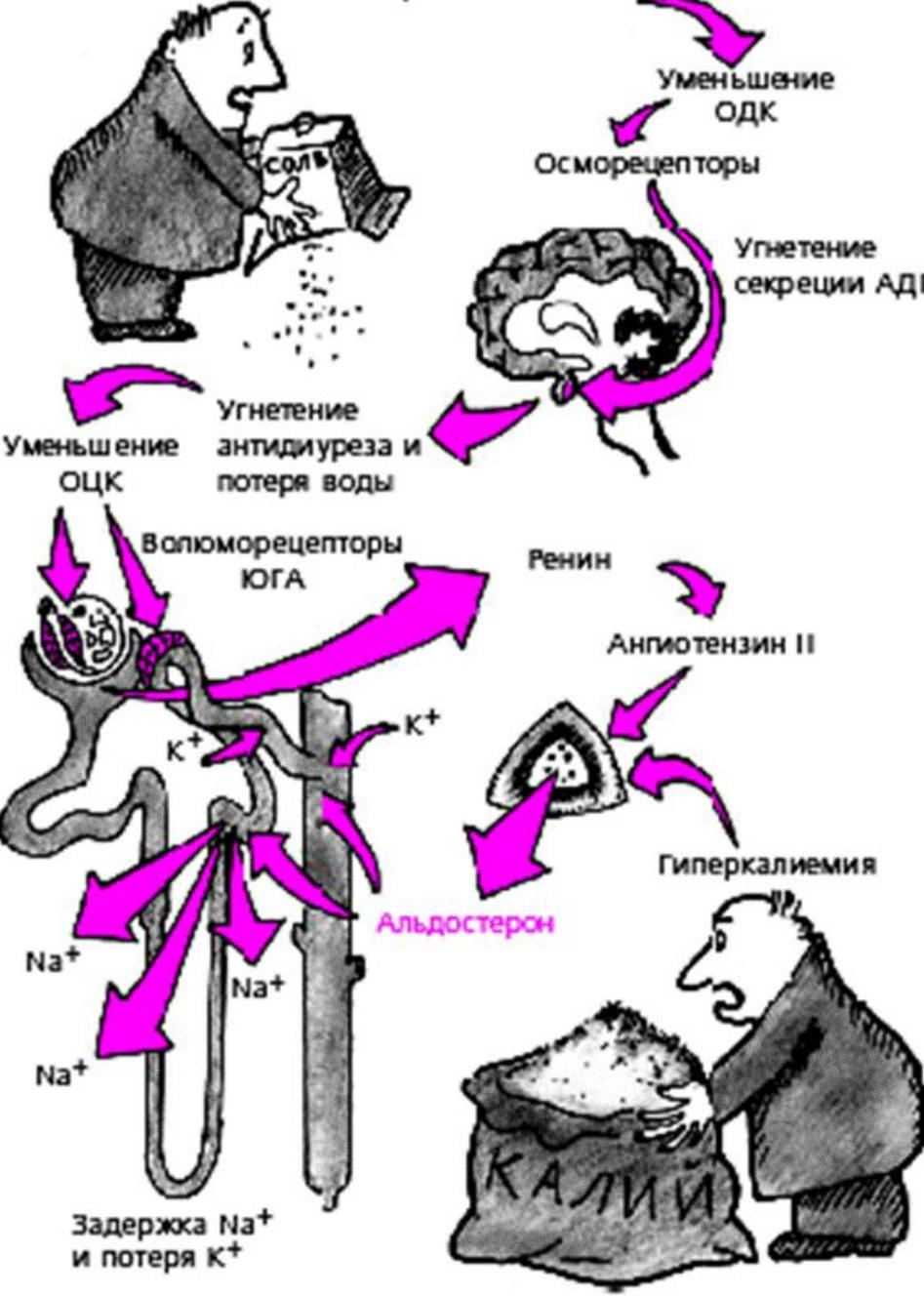


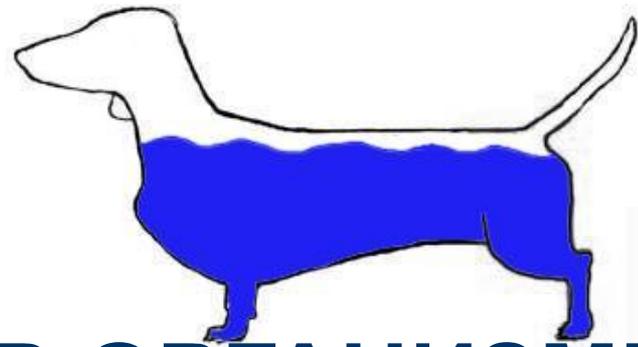
Уменьшение объема внеклеточной жидкости

- Потеря натрия и воды по отношению к их потреблению. Объем тела как правило уменьшается пропорционально уменьшению внеклеточного объема (гиповолемическая гипонатриемия)
- Внеклеточная жидкость теряется в третье пространство (гиперволемическая гипонатриемия)



Гипонатриемия

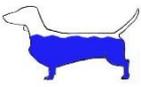




БАЛАНС КАЛИЯ В ОРГАНИЗМЕ



Карташов С.Н.
ДОКТОР БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК, ПРОФЕССОР



ОБМЕН КАЛИЯ В ОРГАНИЗМЕ

суточная потребность 2,3-3,1 г

Основной внутриклеточный катион

Участвует в обменных процессах, регуляции нервной проводимости, КЩС, утилизации глюкозы

K^+ ПЛАЗМЫ КРОВИ – 4,5 ммоль/л

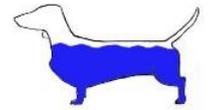
K^+ ЭРИТРОЦИТОВ – 100 ммоль/л

←
ГИПЕРКАЛИЕМИЯ

K^+ ПЛАЗМЫ > 5,2 ммоль/л

→
ГИПОКАЛИЕМИЯ

K^+ ПЛАЗМЫ < 3,8 ммоль/л



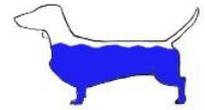
ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ КЛЕТОК ВОЗБУДИМЫХ ТКАНЕЙ

В покое клетка обладает

ПОТЕНЦИАЛОМ ПОКОЯ

Во всех клетках возбудимых тканей возбуждение определяется быстрым изменением вольтажа на клеточной мембране –

ПОТЕНЦИАЛОМ ДЕЙСТВИЯ



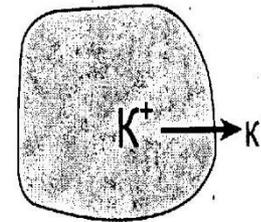
МЕМБРАННЫЕ ПОТЕНЦИАЛЫ

У всех клеток по обе стороны их мембран существует электрические потенциалы (напряжение)

Электрохимическая основа мембранных потенциалов

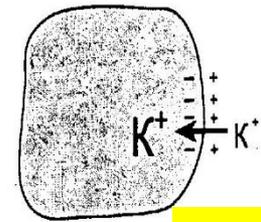
Для клеток, проницаемых только для калия

Градиент концентрации

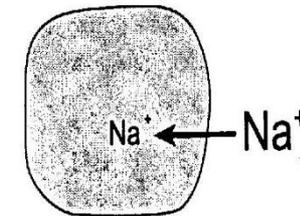


Электрические потенциалы

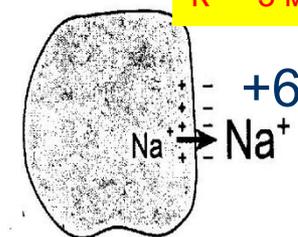
-90 мВ
 $K^+ - 4$ ммоль/д



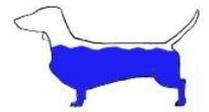
Для клеток, проницаемых только для натрия



-112 мВ
 $K^+ - 3$ ммоль/д



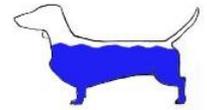
-90 мВ, это пороговый потенциал, от которого начинает самозарождаться импульс в сердце, чем он выше, тем клетки менее возбудимы, чем ниже, тем более возбудимы



ПОТЕНЦИАЛ РАВНОВЕСИЯ ИОНОВ

1. Покидая клетку по градиенту концентрации ионы K^+
2. Создается дефицит положительно заряженных ионов в клетке
3. При одновременном избытке положительно заряженных ионов в интерстиции
4. Ионы K^+ калия притягиваются в клетку электрохимическим градиентом
5. Состояние при котором концентрационный градиент равен электрохимическому называется **потенциалом равновесия**

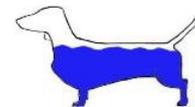
Ион	Конц. в клетке	Конц. в плазме	Пот. рав.
K^+	145	4	-90
Na^+	5	140	+60
Ca^{2+}	0,001	1,2	+100



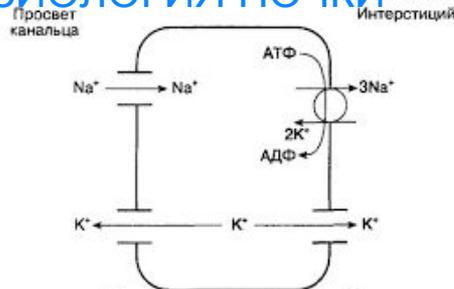
Регулирования уровня калия в плазме крови

- Клеточное распределения
- Почечным механизмам гомеостаза калия

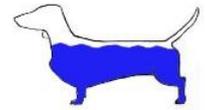




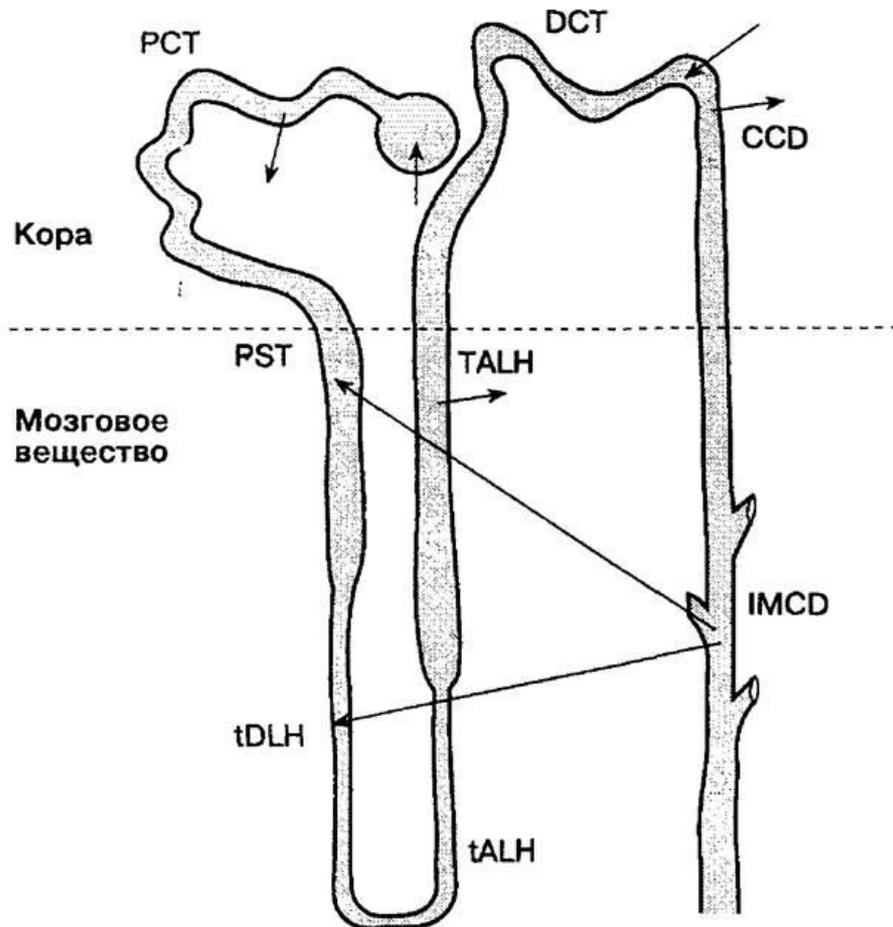
КЛЕТОЧНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КАЛИЯ В ОРГАНИЗМЕ



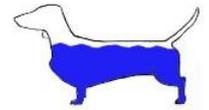
Факторы обуславливающие снижение калия в плазме	Факторы обуславливающие повышение калия в плазме
Инсулин ↑	Инсулин ↓
Катехоламины ↑	Нарушение целостности клеток
Алкалоз 0,6 мМоль на каждый сдвиг рН на 0,1	Ацидоз
Альдостерон (влияет на клеточное перераспределение, но является основным гормоном почечного регулирования)	Осмоляльность плазмы ↑ гипергликемия и вливание монитола, движение за жидкостью



ПОЧЕЧНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ГОМЕОСТАЗА КАЛИЯ

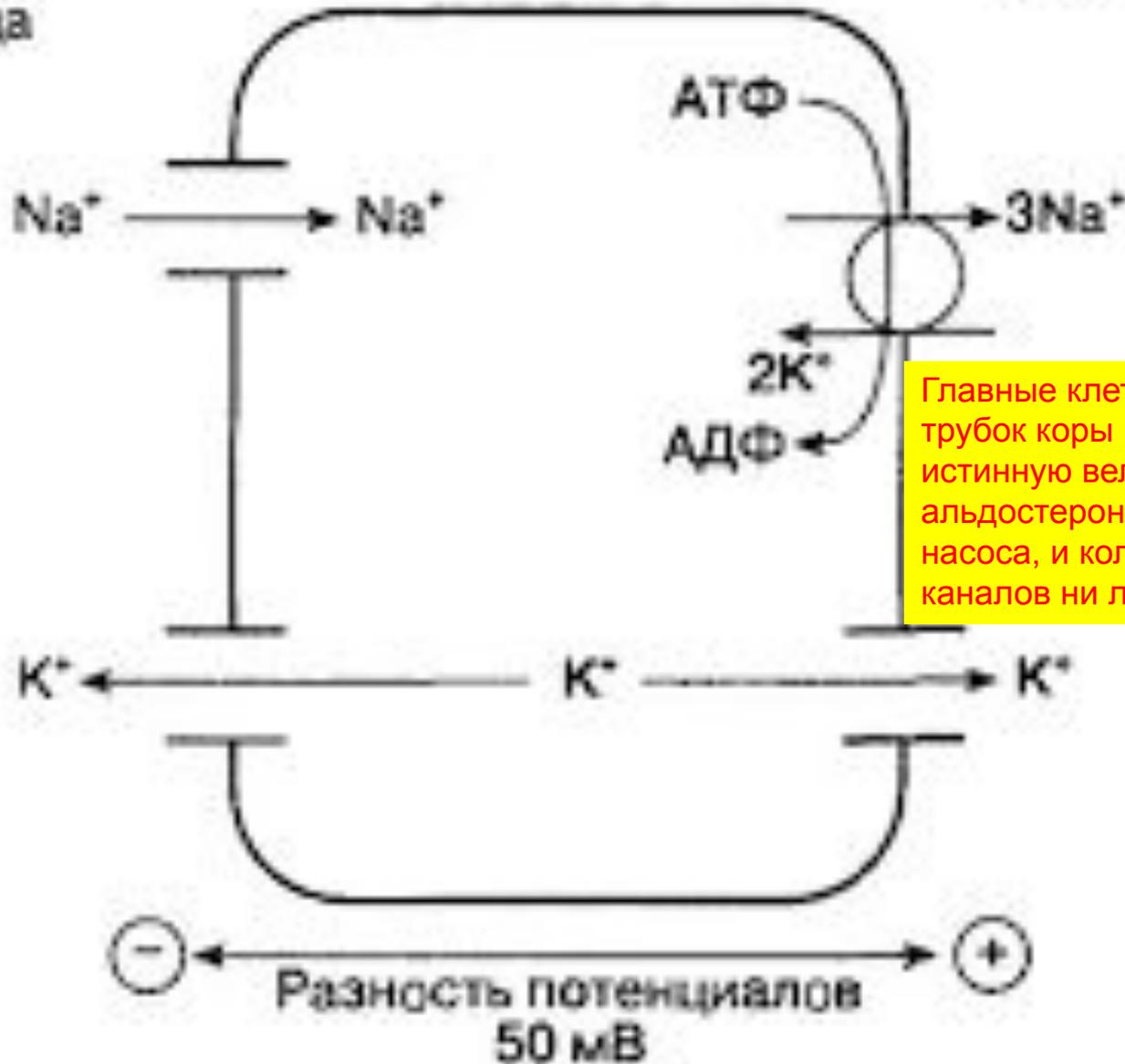


- В отличие от натрия доля экскреции К составляет 10-15%
- Иногда количество выводимого К больше чем фильтруемого – **должны быть механизмы секреции**

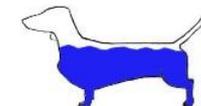


Просвет
канальца

Интерстиций

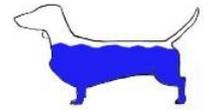


Главные клетки собирательных трубок коры почек, определяют истинную величину секреции калия. альдостерон усиливает работу насоса, и количество калиевых каналов на люминальной мембране



ВНЕПОЧЕЧНЫЕ МЕХАНИЗМЫ УДАЛЕНИЯ КАЛИЯ

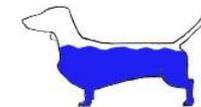




ГИПОКАЛИЕМИЯ (↓ 3,5 ммоль/л)

- Псевдогипокалиемия если пробы крови хранятся при комнатной температуре, калий захватывается лейкоцитами
- Перераспределение калия из-за высокого уровня инсулина, алкалоза и катехоламинов
- Истощение запасов калия. Неадекватное потребление, быстрый рост клеток, почечные и внепочечные потери



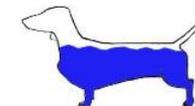


ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ГИПОКАЛИЕМИИ

Концентрация калия изменяется
На 0,6 Ммоль, при сдвиге
рН на 0,1 единицы

Каждый раз, когда мы ставим
диагноз гипо-, гиперкалиемию,
мы должны разобраться в
причинах этого состояния и
ДАТЬ ЗАКЛЮЧЕНИЕ





Экскреция K^+ почкой
(выделение K^+ с мочой
> 20 ммоль/сут)

Метаболический
алкалоз

Низкий уровень
выделения Cl^- почкой
(выделение Cl^- с мочой
< 10 ммоль/сут)

Высокий уровень
выделения Cl^- почкой
(выделение Cl^- с мочой
> 10 ммоль/сут)

Нормальное артериальное давление
Рвота или промывание желудка
Лечение диуретиками
Состояние после гиперкапнии
Диарея с потерей Cl^-

Гипертензия

Нормальное артериальное
давление
Диуретики
Большая степень
дефицита K^+

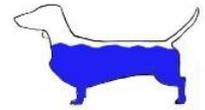
Высокая концентрация
альдостерона

Низкая концентрация ренина
Первичный альдостеронизм
Аденома
Гиперплазия

Высокая концентрация ренина
Реноваскулярная гипертензия
Злокачественная гипертензия
Опухоль, секретирующая ренин

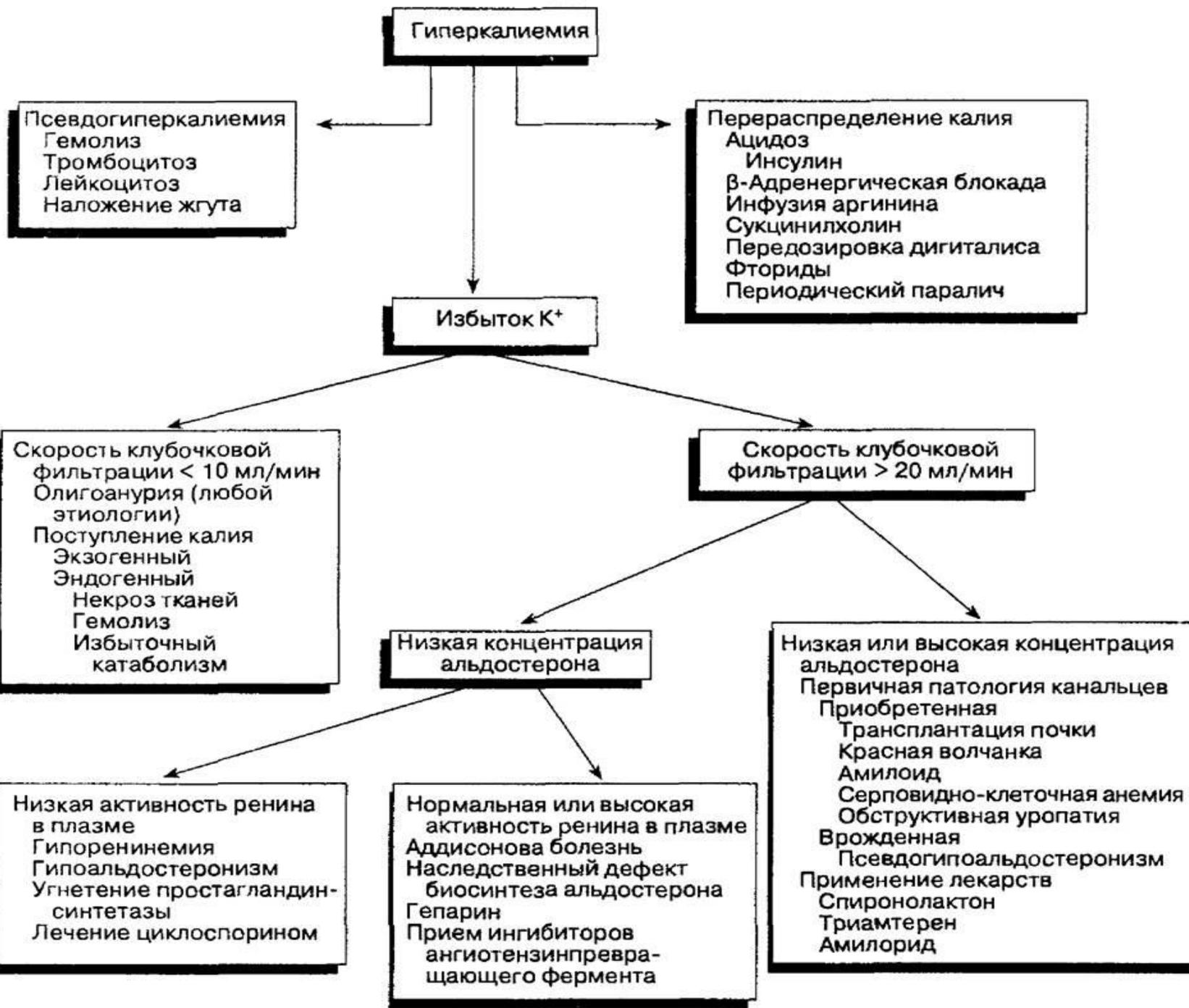
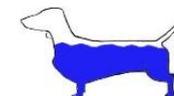
Низкая концентрация альдостерона
и ренина
Глицерризиновая кислота
Карбеноксолон
Введение минералокортикоидов

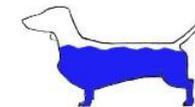
Нормальная концентрация
альдостерона и ренина
Синдром Кушинга



КЛИНИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ГИПОКАЛИЕМИИ







Возможности для диагностики

- Знать анамнез и клиническую картину - диета животного и потеря массы тела, температура тела, понос или рвота, состояние возбудимых тканей и слизистых
- **Артериальное давление (высокое или низкое)**
www.vetoborudovanie.ru ветеринарный тонометр PetMap Graphic
- **ОЦК и УО – вопрос решаемый**
- Объем диуреза, скорость клубочковой фильтрации (клиренс креатинина, неоднократное измерение креатинина) и экскретируемая фракция натрия
- ОАМ и креатинин мочи
- Электролиты плазмы и мочи
- Биохимические исследования (уровни глюкозы, креатинина и мочевины, альбумина и общего белка, холестерина)
- УЗИ органов, для исключения ХСН, ХПН, цирроза печени, опухолей надпочечников и других органов, наличие жидкости в третьем пространстве с последующим ее анализом
- **Гормональные исследования - альдостерона и ренина АКТГ, половые гормоны, инсулин**