

# Обмен воды и электролитов

# Выведение воды из организма

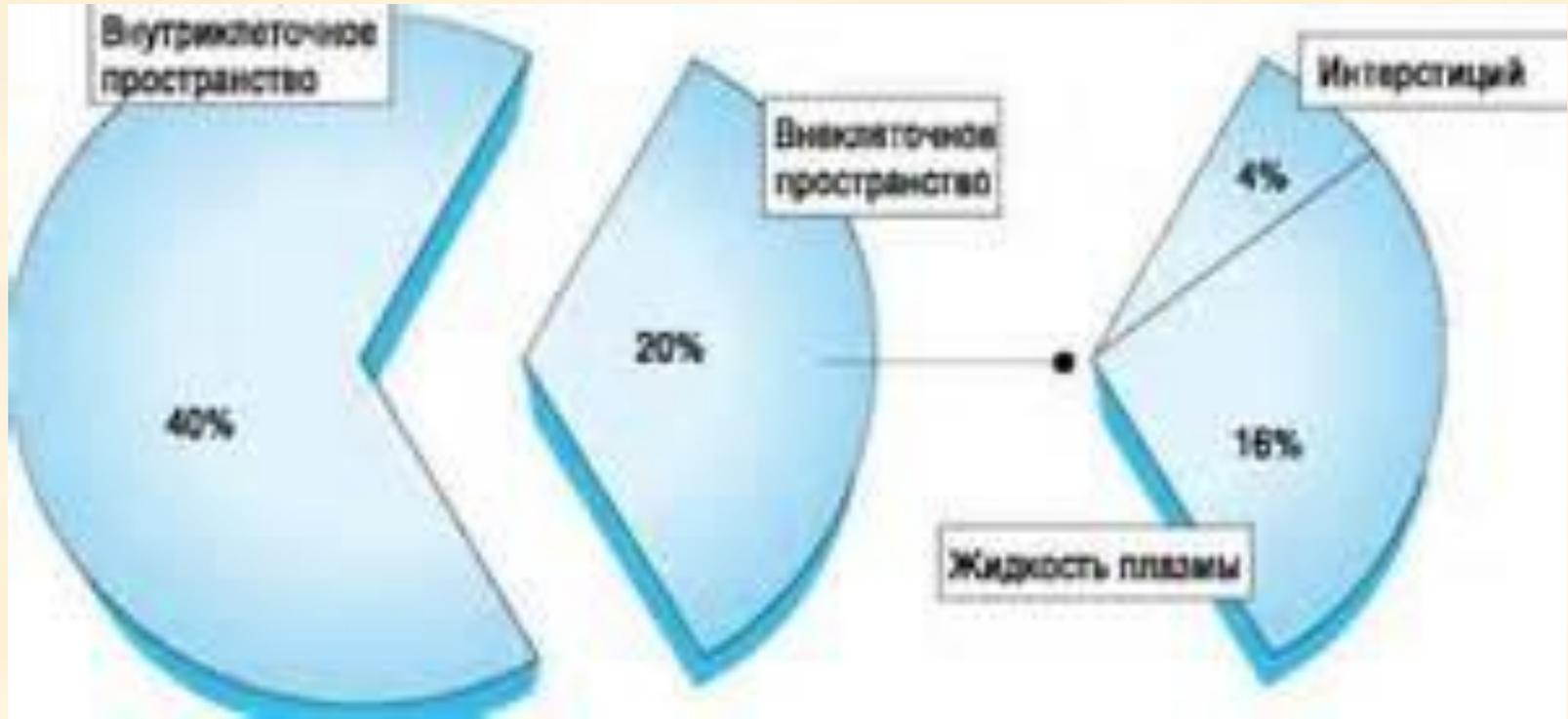
- Вода выделяется из организма почками, легкими, кишечником, кожей и потовыми железами.
- Организм взрослого человека ежедневно выделяет в среднем следующие количества воды:
- с мочой . . . . . 1400 -1500 мл
- с выдыхаемым воздухом . . . . . 350 - 400 мл
- с калом . . . . . 150 - 200 мл
- с потом и за счет испарения  
кожей . . . . . 600 - 700 мл
- ---

Всего: 2500 - 2800 мл

# Суточный водный баланс

| Прием воды        | мл/сутки    | Потеря воды | мл/сутки    |
|-------------------|-------------|-------------|-------------|
| Питье             | 1200        | Моча        | 1400        |
| Пища              | 900         | Легкие      | 400         |
| Обменные процессы | 300         | Кожа        | 500         |
|                   |             | Кал         | 100         |
| <b>ВСЕГО</b>      | <b>2400</b> |             | <b>2400</b> |

# Водные пространства организма



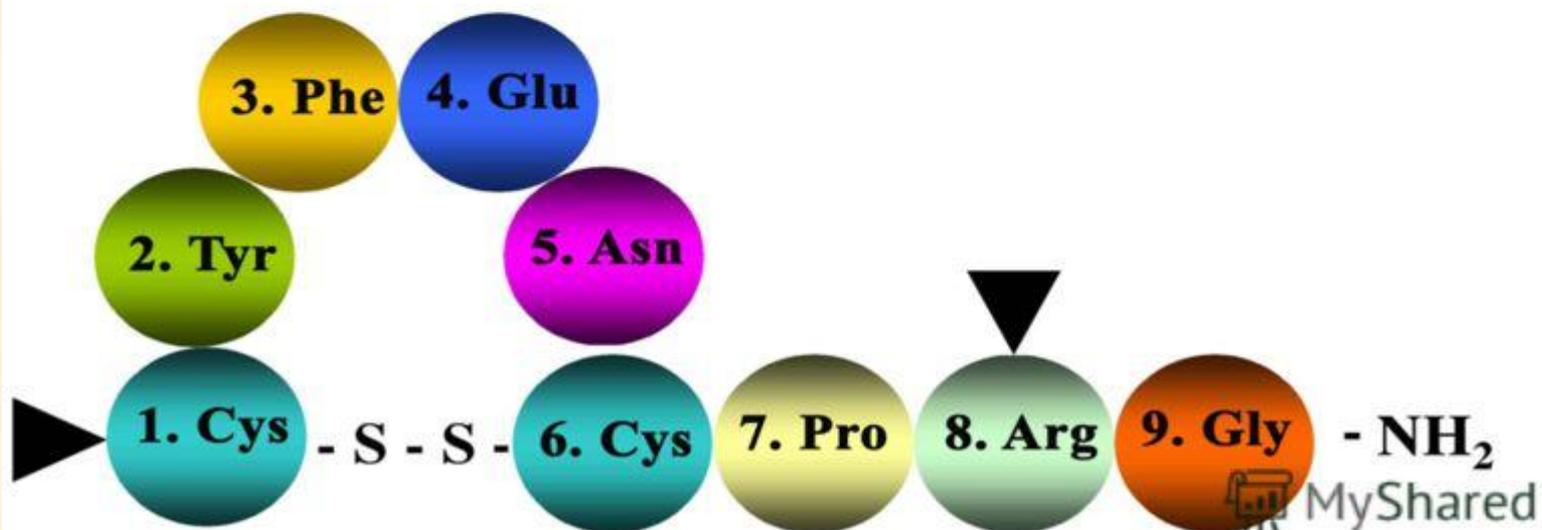
# Концентрация основных осмотически активных молекул в плазме

|             | Нормальный диапазон<br>(ммоль/л) | Возможные изменения при<br>патологии (ммоль/л) |
|-------------|----------------------------------|--|
| Натрий      | 135 - 144                        | 100 - 170                                      |
| Калий       | 3,5 - 5,0                        | 1,0 - 8,0                                      |
| Хлориды     | 97 - 108                         | 50 - 150                                       |
| Бикарбонаты | 22 - 26                          | 2 - 50   |
| Мочевина    | 2,5 - 5,5                        | < 1 - 100                                      |
| Кальций     | 2,2 - 2,6                        | 0,5 - 4,0                                      |
| Глюкоза     | 3,3 - 5,5                        | < 1 - 100                                      |

# ЗАДНЯЯ ДОЛЯ ГИПОФИЗА

Вазопрессин (антидиуретический гормон)

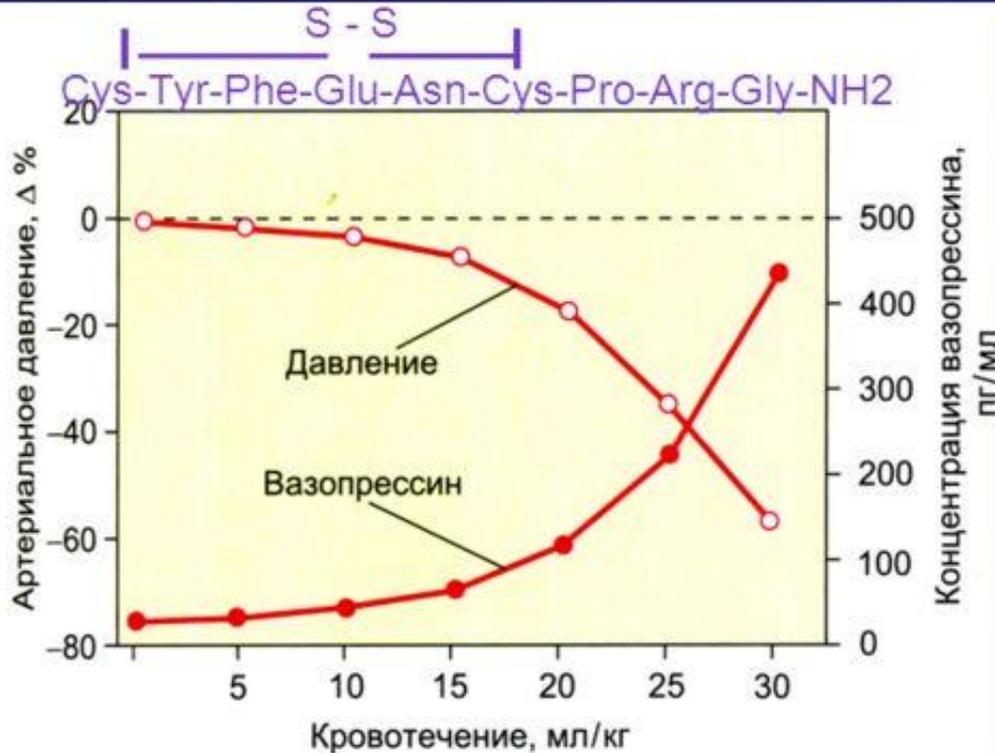
Пептид



# Вазопрессин – антидиуретический гормон

Вазопрессин представляет собой октапептид, который обеспечивает регуляцию выведения воды почками. Связываясь с V2-рецепторами, он снижает выведение воды через почки. В более высоких концентрациях вазопрессин взаимодействует с V1-рецепторами сосудов, влияя на их сократимость. Рецептор V1-вазопрессина действует путем активации фосфолипазы C. Рецептор V2-вазопрессина обеспечивает активацию аденилатциклазы.

Стимулом для секреции вазопрессина является повышение концентрации ионов Na и увеличение осмотического давления внеклеточной жидкости



АДГ

V<sub>2</sub>-рецептор

АЦ

АТФ → цАМФ

Фосфорилирование белка

Встраивание  
водных  
каналов

Клетка собирательной трубки

АДГ

V<sub>1</sub>-рецептор

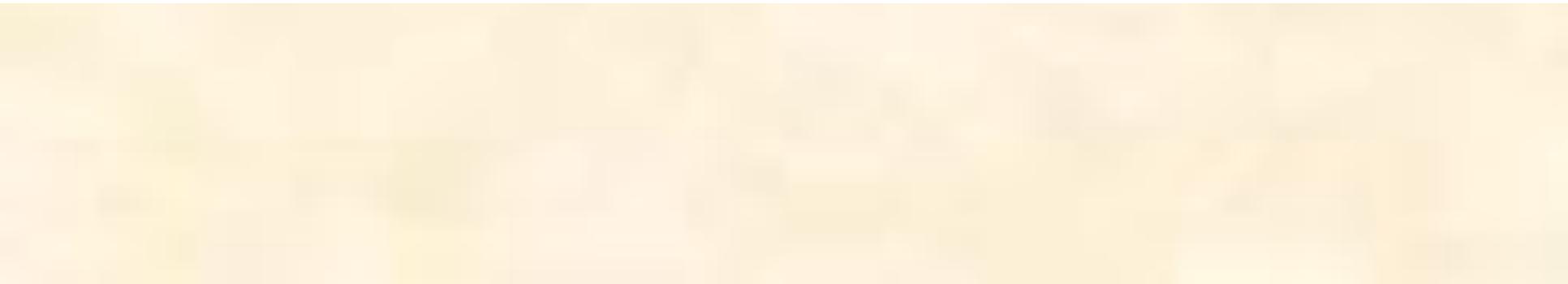
Фосфо-  
липаза C

ФИФ<sub>2</sub> → ИТФ + ДАГ

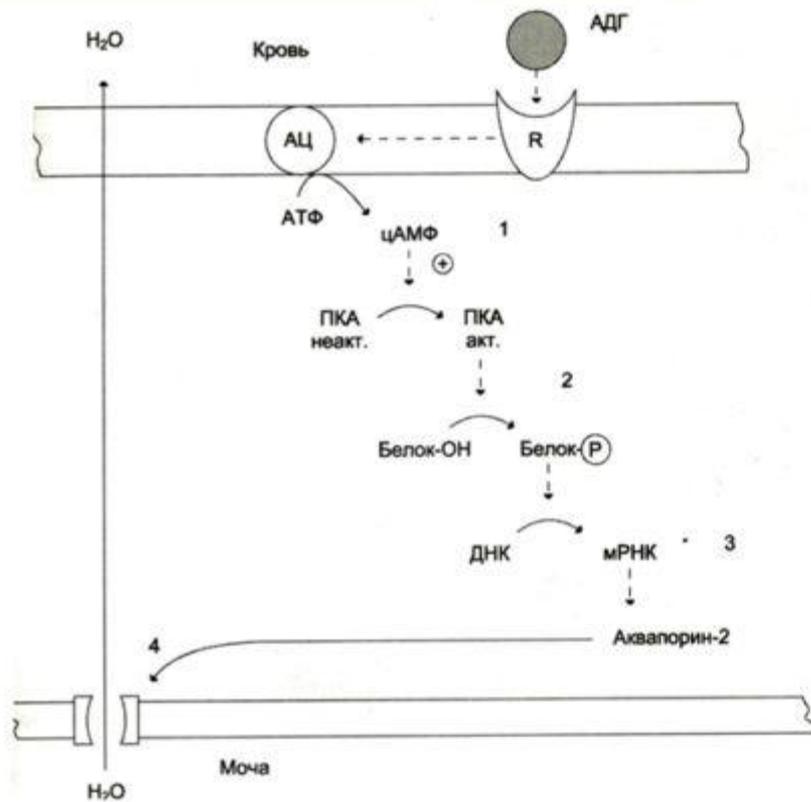
Фосфорилирование белка

Сокращение

Клетка гладкой мышцы сосуда



# Действие вазопрессина через V2-рецепторы



Повышение уровня цАМФ в клетках эпителия почек приводит к фосфорилированию фактора регуляции транскрипции аквапорина-2, который существенно увеличивает проницаемость клеток эпителия собирательных трубочек и дистальных канальцев. В отсутствие вазопрессина моча не концентрируется и из организма выводится много воды.



# Факторы, влияющие на секрецию вазопрессина

| Контроль секреции вазопрессина  |  |
|---|--|
| Стимулирующие факторы   | Ингибирующие факторы                                 |
| Увеличенная осмоляльность внеклеточного пространства  | Уменьшенная осмоляльность внеклеточного пространства |
| Значительная гиповолемия (через ангиотензин II и артериальные и венозные объемные рецепторы)  | Гиперволемия   |
| Стресс, включая болевой стресс  | Алкоголь   |
| Физическая нагрузка   |  |
| Лекарственные препараты:<br>наркотические анальгетики, никотин,<br>некоторые сульфаниламочевинные препараты,<br>карбамазепин, клофибрат и винкристин. |  |

К семейству натрийуретических пептидов (НУП) относят группу гормонов, имеющих сходную молекулярную структуру:

- предсердный натрийуретический пептид (atrial natriuretic peptide, или ANP)
- мозговой натрийуретический пептид (brain natriuretic peptide, или BNP)
- натрийуретический пептид С-типа (C-type natriuretic peptide, или CNP).

# Натрийуретический пептид



# Предсердный натрийуретический фактор

- ПНФ – пептид из 28 аминокислот. Синтезируется в кардиомиоцитах предсердий и хранится в виде предшественника из 126 аминокислот. Освобождение происходит в ответ на повышение АД, другие факторы – увеличение осмолярности плазмы, увеличение частоты сердцебиений, повышение уровня катехоламинов и глюкокортикоидов.
- Основная мишень ПНФ – почки. ПНФ стимулирует расширение приносящих артериол, усиление кровотока, увеличение скорости фильтрации и экскреции ионов Na.

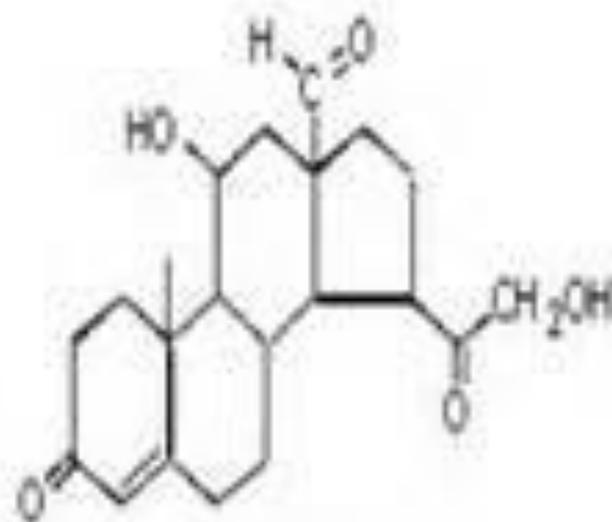
# Минералокортикоиды

Основной гормон: **альдостерон**

Выделение контролируется ренин-ангиотензиновой системой

## Функции:

- активирует реабсорбцию  $\text{Na}$ , воды и  $\text{Cl}$  в почечных канальцах
- способствует выделению ионов  $\text{K}$  почками, кожей и слюной



Альдостерон

**АЛЬДОСТЕРОН**



**ЗАДЕРЖКА СОЛЕЙ И  
ПОВЫШЕНИЕ ОСМОТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ**



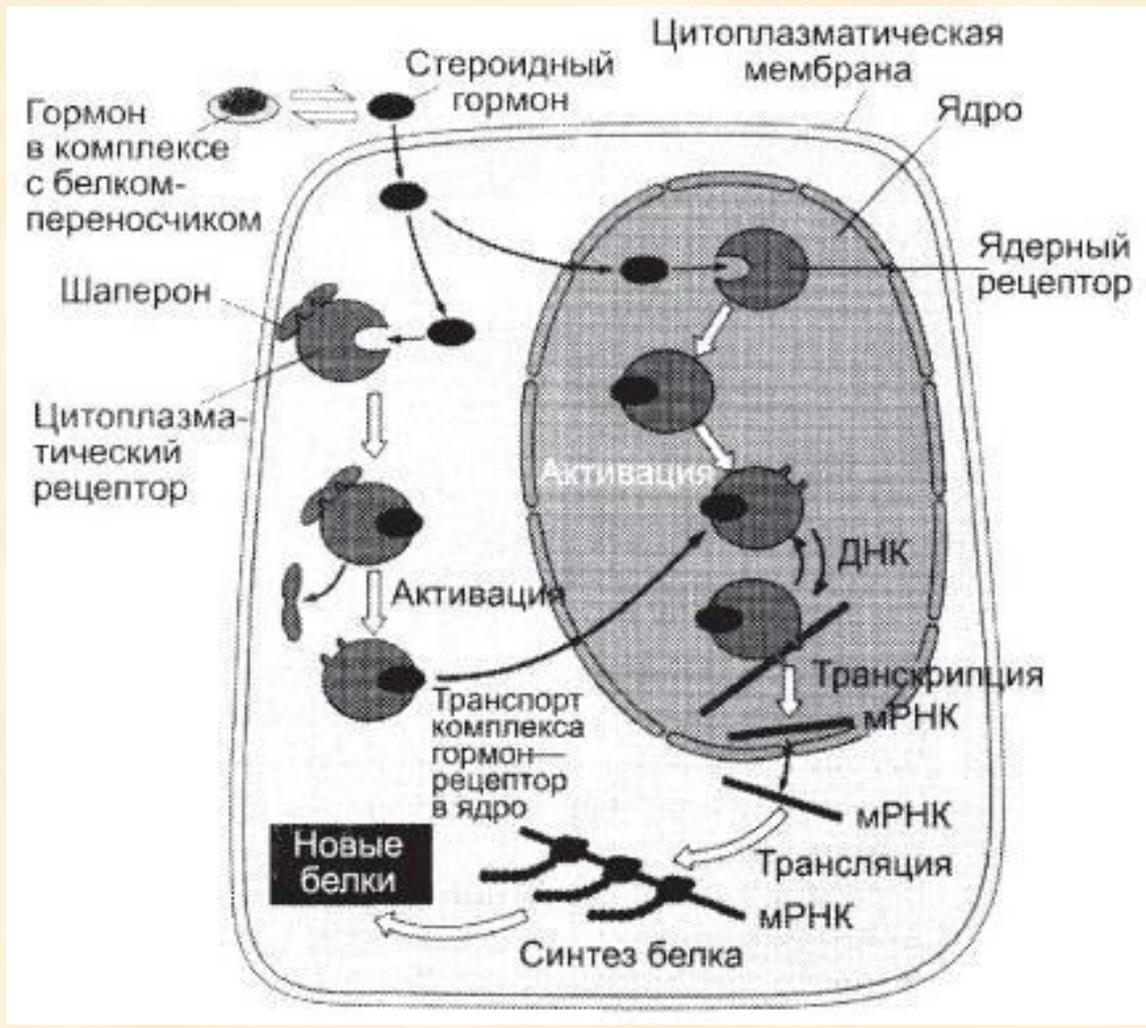
**РАЗДРАЖЕНИЕ ОСМОРЕЦЕПТОРОВ ГИПОТАЛАМУСА**

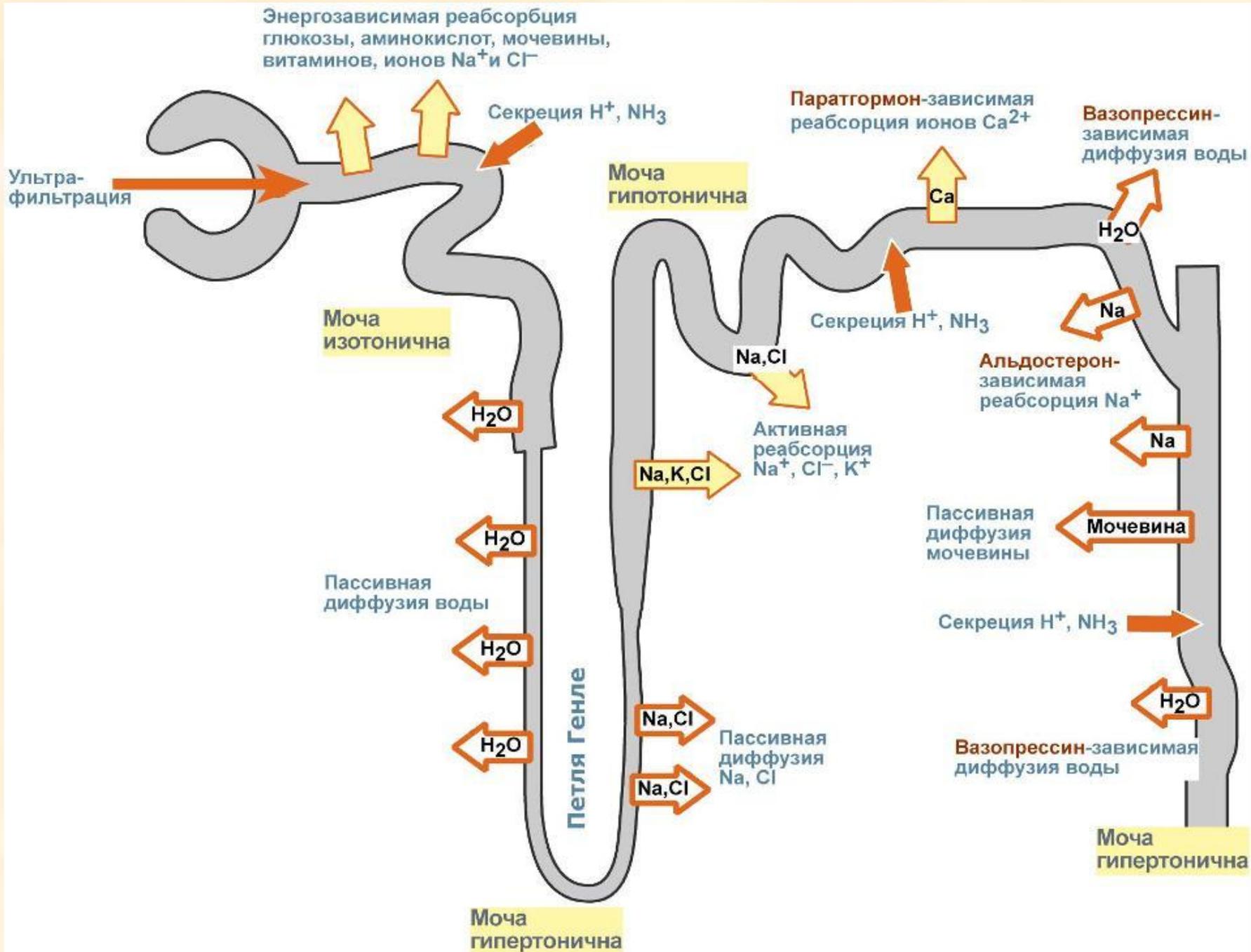


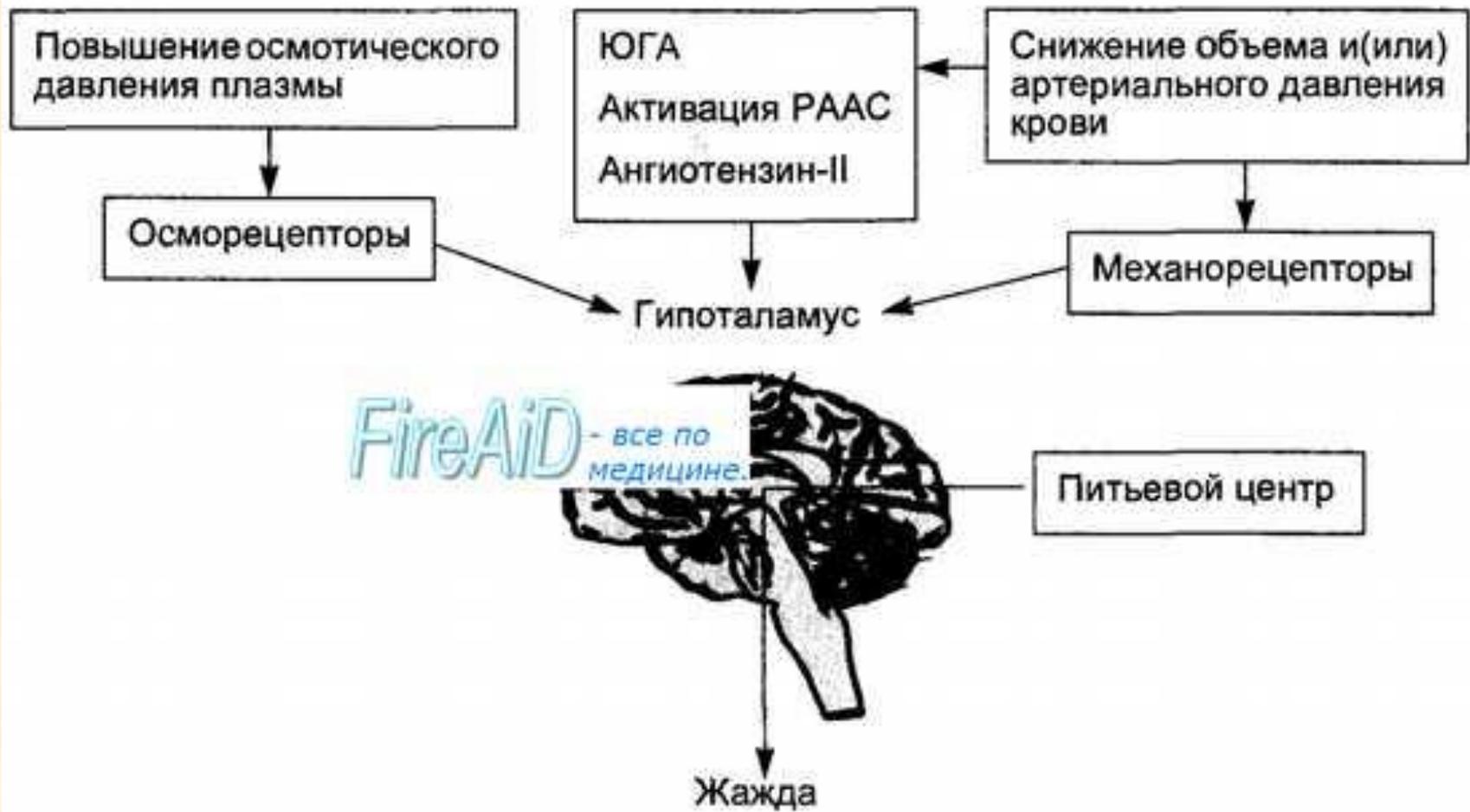
**ВЫДЕЛЕНИЕ АДГ**



**ЗАДЕРЖКА В ОРГАНИЗМЕ ВОДЫ**







# Изменение количества воды в организме

# Типы нарушений водно-электролитного обмена

|   |   |   |
|---|---|---|
| <p>ГИПОТОНИЧЕСКАЯ ГИПЕРГИДРАТАЦИЯ<br/>задержка воды, увеличение объема внутриклеточной воды при почечной недостаточности, при повышении вазопрессина в сыворотке</p> <p>↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑</p>                                     | <p>ИЗОТОНИЧЕСКАЯ ГИПЕРГИДРАТАЦИЯ<br/>отеки при вторичном альдостеронизме, почки задерживают соли и воду</p> <p>ЖИДКОСТЬ</p> | <p>ГИПЕРТОНИЧЕСКАЯ ГИПЕРГИДРАТАЦИЯ<br/>после введения гипертонических растворов, объем внеклеточной воды повышается, объем внутриклеточной воды снижается</p> <p>↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑</p>  |
| <p>↓<br/>↓<br/>↓<br/>↓</p> <p>СОЛИ (Na)</p>   | <p>НОРМА</p>  | <p>↑<br/>↑<br/>↑<br/>↑</p> <p>СОЛИ (Na)</p>   |
| <p>↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓</p> <p>ГИПОТОНИЧЕСКАЯ ДЕГИДРАТАЦИЯ<br/>дефицит Na, вода входит в клетки, объем внутриклеточной воды увеличивается, объем внеклеточной воды уменьшается,<br/>надпочечниковая недостаточность с потерей Na</p> | <p>ЖИДКОСТЬ</p> <p>ИЗОТОНИЧЕСКАЯ ДЕГИДРАТАЦИЯ<br/>профузная рвота, понос</p>  | <p>↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓</p> <p>ГИПЕРТОНИЧЕСКАЯ ДЕГИДРАТАЦИЯ<br/>дефицит воды, вода выходит из клеток, объем внутриклеточной воды уменьшается, объем внеклеточной воды уменьшается, осмлярность внутри- и внеклеточной жидкости увеличивается</p> |

# Регуляция воды и натрия при избытке воды



# Причины и клинические признаки избытка воды в организме

## ИЗБЫТОК ВОДЫ

| ПРИЧИНЫ   | КЛИНИЧЕСКИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ   |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>● Увеличенное поступление:<ul style="list-style-type: none"><li>■ избыточное питье</li><li>■ лишнее парентеральное введение жидкости</li><li>■ большие очистительные клизмы</li></ul></li><br/><li>Недостаточная экскреция воды<ul style="list-style-type: none"><li>■ тяжелая почечная недостаточность</li><li>■ дефицит кортизола</li><li>■ несоответствующая состоянию или эктопическая секреция вазопрессина</li><li>■ препараты, стимулирующие освобождение или усиливающие действие вазопрессина (хлорпропамид)</li><li>■ агонисты вазопрессина (окситоцин)</li></ul></li></ul> | <p style="text-align: center;"><u>Симптомы</u></p> <p>Нарушенное поведение, спутанное сознание, головная боль, судороги, кома, мышечные подергивания</p> <p style="text-align: center;"><u>Признаки</u></p> <p>прибавка веса, отеки, обычно незаметны, пока избыток жидкости не достигает 2 - 4 кг одышка, тахикардия, набухание яремных вен, хрипы в легких</p> |

# Реакция организма на потерю воды

## ВОДЫ



# Причины и клинические признаки дегидратации

| ОБЕЗВОЖИВАНИЕ  |   |
|--|---|
| ПРИЧИНЫ  | КЛИНИЧЕСКИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ  |
| <p>Увеличенная потеря воды</p> <ul style="list-style-type: none"><li>через почки<ul style="list-style-type: none"><li>тубулярная недостаточность</li><li>несахарный диабет</li><li>гликозурия при сахарном диабете</li><li>прием диуретиков</li></ul></li><li>через кожу<ul style="list-style-type: none"><li>потоотделение</li></ul></li><li>через легкие<ul style="list-style-type: none"><li>гипервентиляция</li></ul></li><li>через желудочно-кишечный тракт<ul style="list-style-type: none"><li>неукротимая рвота, понос</li></ul></li></ul> <p>Снижение поступления воды</p> <ul style="list-style-type: none"><li>неадекватное кормление новорожденных</li><li>дисфагия у стариков</li><li>недостаточное питье</li></ul> | <p><u>Симптомы</u></p> <p>жажда, потеря аппетита<br/>сухость слизистых, тошнота<br/>затруднения при глотании,<br/>слабость, апатия<br/>ортостатическое головокружение<br/>обмороки<br/>спутанное сознание</p> <p><u>Признаки</u></p> <p>потеря веса.<br/>сморщивание кожных покровов,<br/>снижение отделения слюны,<br/>потеря тургора слизистых, кожи,<br/>уменьшение объема мочи,<br/>ортостатическая гипотония,<br/>тахикардия</p> |

# Клинические и лабораторные исследования при дефиците воды и натрия в организме

| ПОКАЗАТЕЛЬ                  | ДЕФИЦИТ НАТРИЯ | ДЕФИЦИТ ВОДЫ |
|-----------------------------|----------------|--------------|
| Концентрация Na в плазме    | норма или ↓    | ↑            |
| Гематокрит                  | ↑ ↑ ↑          | норма или ↑  |
| Внеклеточный объем          | ↓ ↓ ↓          | обычно норма |
| Концентрация белка в плазме | ↑              | норма        |
| Объем мочи                  | ↓              | ↓ ↓ ↓        |
| Удельный вес мочи           | ↑              | ↑ ↑ ↑        |
| Жажда                       | поздняя        | ранняя       |
| Тахикардия, гипотензия      | ранняя         | поздняя      |

# Натрий

- **Основной внеклеточный ион, участвует в формировании потенциала клеточных мембран, обеспечивает прохождение электрических нервных импульсов, контролирует сокращения мышцы, в том числе и миокарда, обеспечивает стабильность артериального давления. 60-80% натрия находится во внеклеточной жидкости, 10-15% в мышцах, 20-30% - в костях и хрящах. В обмене веществ задействовано 70 % натрия, в химически связанном состоянии находится 30 %, из которых 20 % содержится в костях.**
- **Норма натрия в сыворотке крови - 135-145 ммоль/л**
- **Большинство обмениваемого натрия находится во внеклеточной жидкости.**
- **Около 25% натрия сконцентрировано в костях и тканях.**
- **Количество натрия больше в тех тканях, где меньше калия.**
- **Натрий антогонист калия.**



# Натрий:



- Является главным внеклеточным катионом и участвует в регуляции множества клеточных функций в организме.
- Чрезмерное содержание соли в рационе может способствовать возникновению сердечно - сосудистых и почечных заболеваний. Многие коммерческие корма содержат избыточное содержание натрия для улучшения вкусовых качеств корма.



# Натрий и калий

Натрий и калий функционируют в паре. Скорость диффузии ионов  $\text{Na}^+$  и  $\text{K}^+$  через мембрану в покое мала, разность их концентрации вне клетки и внутри должна была выровняться, если бы в клетке не существовало **натрий – калиевого насоса**, который обеспечивает выведение из протоплазмы проникающих в неё ионов натрия и введение ионов калия.

Источником энергии для работы насоса является расщепление фосфорных соединений – АТФ, которое происходит под влиянием фермента – аденозинтрифосфатазы. Торможение активности этого фермента приводит к нарушению работы насоса. По мере старения организма градиент концентрации ионов калия и натрия на границе клеток падает, а при наступлении смерти выравнивается.



Соль -  $\text{NaCl}$

| Продукты             | Натрий,<br>мг на 100 г<br>продукта | Калий,<br>мг на 100 г<br>продукта | Соотношение<br>натрия<br>к калию |
|----------------------|------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| Капуста белокочанная | 13                                 | 185                               | 1 : 14                           |
| Лимоны               | 11                                 | 163                               | 1 : 14                           |
| Смородина красная    | 21                                 | 275                               | 1 : 13                           |
| Мандарины            | 12                                 | 155                               | 1 : 13                           |
| Слива                | 18                                 | 214                               | 1 : 12                           |
| Тыква                | 14                                 | 170                               | 1 : 12                           |
| Груши                | 14                                 | 155                               | 1 : 11                           |
| Малина               | 19                                 | 224                               | 1 : 11                           |
| Смородина черная     | 32                                 | 372                               | 1 : 11                           |
| Морковь              | 21                                 | 200                               | 1 : 10                           |
| Абрикосы             | 30                                 | 305                               | 1 : 10                           |
| Яблоки               | 26                                 | 248                               | 1 : 9                            |
| Лук репчатый         | 18                                 | 175                               | 1 : 9                            |
| Земляника            | 18                                 | 161                               | 1 : 9                            |
| Помидоры             | 40                                 | 290                               | 1 : 7                            |
| Пшено                | 28                                 | 211                               | 1 : 7                            |
| Греча, овес          | 33                                 | 218                               | 1 : 6                            |
| Арбуз, свекла        | 16                                 | 64                                | 1 : 4                            |

# Концентрация натрия при различных причинах дефицита натрия в организме

| Причина дефицита натрия   | Натрий в плазме |
|---|-----------------|
| Потеря натрия и воды с преобладающей потерей воды:<br>- Интенсивное потоотделение   | увеличен        |
| Изотоническая потеря натрия и воды :<br>- Ожоги<br>- геморрагии   | норма           |
| Потеря Na с избыточным обратным поступлением воды:<br>Лечение изотонической дегидратации жидкостями с низкой концентрацией натрия | СНИЖЕН          |

# Концентрация ионов внутри – и внеклеточно (ммоль/л)

| Ион     | Плазма | Внеклеточная<br>жидкость | Внутриклеточная жидкость |                 |
|---------|--------|--------------------------|--------------------------|-----------------|
|         |        |                          | эритроцит                | скелетная мышца |
| Калий   | 4,5    | 4,0                      | 99                       | 150             |
| Натрий  | 142    | 145                      | 23                       | 10              |
| Кальций | 2,5    | 2,1                      | 0,025                    | 0,01            |
| Магний  | 1,0    | 1,1                      | 0,8                      | 13              |
| Хлор    | 103    | 116                      | 54                       | 15              |

# Баланс натрия

- Содержание – 135 – 144 ммоль/л
- Регулируется почечной экскрецией
- Клинические проявления при концентрации менее 120 ммоль/л

# Причины гипонатриемии

| Причина гипонатриемии   | Механизм                               | Объем внеклеточной жидкости |
|---|--|-----------------------------|
| Избыточное в/в введение жидкости                                | Избыток воды                           | Нормальный или увеличенный  |
| Лечение диуретиками   | Потеря Na                              | Сниженный                   |
| Синдром клеточной слабости                                      | Неясен                                 | Нормальный                  |
| Застойная сердечная недостаточность и состояние гипопроteinемии | Задержка воды и натрия                 | Увеличенный                 |
| Опухоль бронхов   | Избыток воды                           | Нормальный                  |
| Гипергликемия, парентеральное питание                           | Изотоническое перераспределение натрия | Нормальный                  |

# Причины и клинические проявления недостатка натрия

## ДЕФИЦИТ НАТРИЯ

| ПРИЧИНЫ  | КЛИНИЧЕСКИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ   |
|--|--|
| <p>Увеличенная потеря натрия</p> <p>через почки</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• диуретическая стадия острого тубулярного некроза</li> <li>• лечение диуретиками</li> <li>• дефицит минералокортикоидов</li> <li>• другие сольтеряющие состояния</li> </ul> <p>через кожу</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• обильное потоотделение (до 10 л/сутки)</li> <li>• распространенный дерматит</li> <li>• ожоги</li> </ul> <p>через желудочно-кишечный тракт</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• неукротимая рвота, понос</li> <li>• кишечная фистула</li> </ul> <p>образование транссудатов и экссудатов</p> <p>Недостаточное поступления натрия</p> <p>бессолевая диета</p> | <p><u>Симптомы</u></p> <p>слабость,<br/>           апатичность,<br/>           головокружение (при подъеме)<br/>           обмороки</p> <p><u>Признаки</u></p> <p>потеря веса,<br/>           состояния, связанные со снижением объема плазмы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• тахикардия,</li> <li>• гипотензия</li> <li>• циркуляторная недостаточность</li> <li>• олигурия</li> </ul> <p>состояния, связанные со снижением объема внутриклеточной жидкости:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• снижение внутриглазного давления</li> <li>• снижение тургора кожных покровов</li> </ul> |

# Состояния, сопровождающиеся неадекватной продукцией АДГ

Эктопическая секреция вазопрессина

Бронхиальная карцинома

Другие опухоли, в том числе тимуса, простаты

Неадекватная секреция вазопрессина

Заболевания легких

пневмония, туберкулез

избыточное внутрилегочное давление при искусственной вентиляции

Заболевания мозга

травмы головы, энцефалит, опухоли, аневризмы

Другая патология

Боль ( в том числе послеоперационная), тошнота, эмоциональный стресс способны стимулировать секрецию АДГ

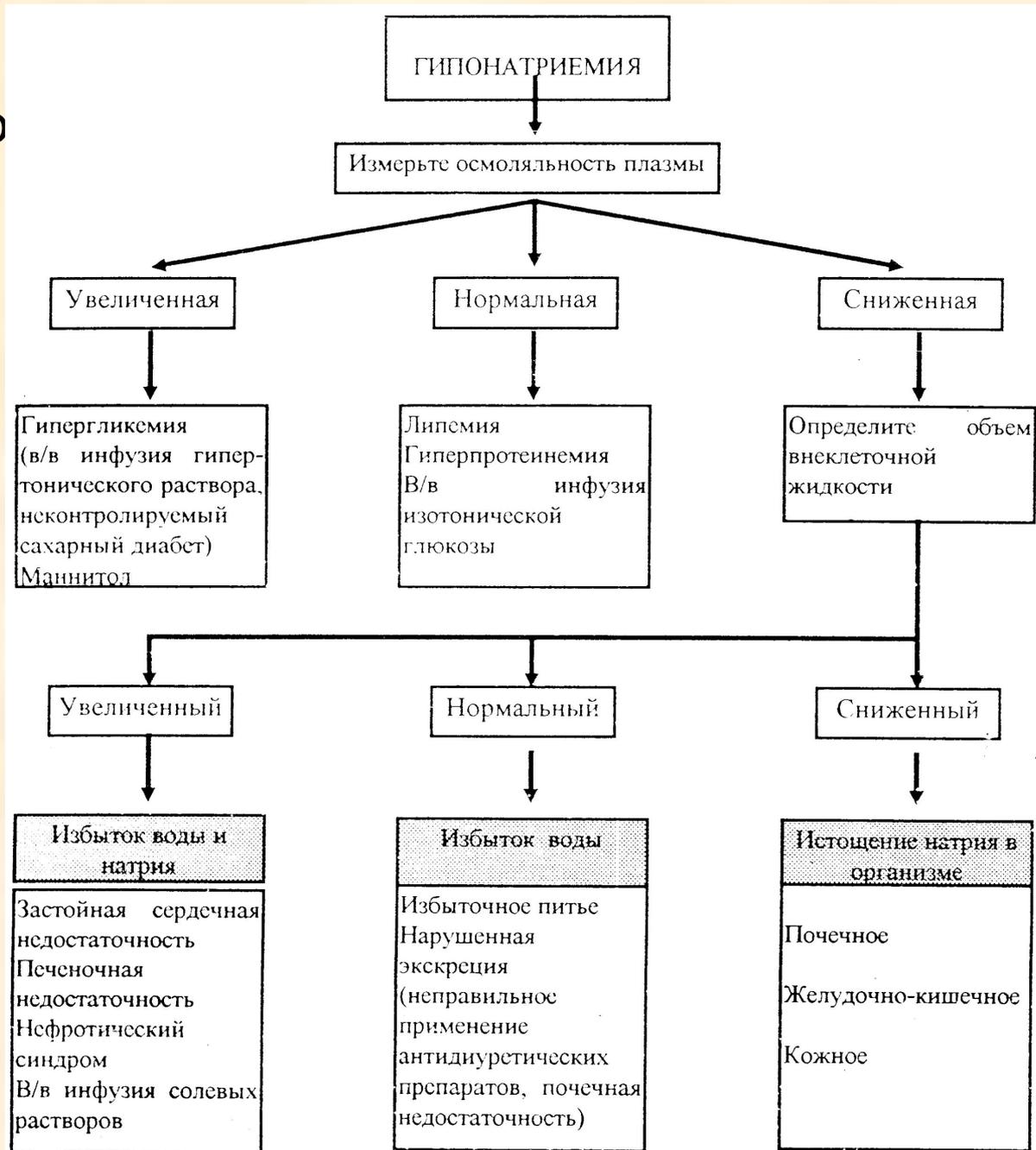
Острая перемежающаяся порфирия

Изолированная глюкокортикоидная недостаточность, обусловленная недостаточностью передней доли гипофиза

Гипотиреоз - может быть причиной гипонатриемии, при этом замедленное выведение воды может быть обусловлено избытком АДГ или снижением скорости клубочковой фильтрации и эффективного почечного плазмотока.

Лекарственные средства способны вызвать гипонатриемию за счет стимуляции центральной секреции АДГ, либо усиления его периферического действия. К таким препаратам относятся аминотриптамины, карбамазепин, клофибрат, морфин, циклофосфамид, винкристин, хлорпропамид, окситоцин.

# Алгоритм диагностики причин гипонатриемии



# Гипернатриемия

*Причины:*

- Дегидратация
- Несахарный диабет
- Осмотическая перегрузка
- Избыточное потребление натрия
- Гиперальдостеронизм

# Гиперальдостеронизм

- Гиперальдостеронизм – гиперсекреция альдостерона. Причина первичного гиперальдостеронизма (болезнь Кона) – аденома надпочечников (80% случаев), остальные 20% - гипертрофия клеток, вырабатывающих альдостерон.
- Вторичный альдостеронизм – опухоль, секретирующая ренин, сердечная недостаточность, хронические заболевания почек. Характеризуется высоким уровнем ренина и ангиотензина.

# КЛАССИФИКАЦИЯ ПЕРВИЧНОГО ГИПЕРАЛЬДОСТЕРОНИЗМА

- **Одиночная альдостеронпродуцирующая аденома надпочечника - синдром Конна ( 65% случаев ПГА).**
- **2. Идиопатический первичный гиперальдостеронизм- ИПГА [двусторонняя гиперплазия надпочечников с микро- или макроузелковыми изменениями или без таковых] (30-35% случаев).**
- **3. Односторонняя надпочечниковая гиперплазия.**
- **4. Альдостеронпродуцирующая карцинома надпочечника**

# ПЕРВИЧНЫЙ ГИПЕРАЛЬДОСТЕРОНИЗМ

- Первичный гиперальдостеронизм (ПГА) – синдром G. Coon ( 1955) - является одним из наиболее распространенных опухолей надпочечников и самой частой причиной симптоматической артериальной гипертензии (АГ) эндокринного генеза.
- Частота ПА колеблется от 6 до 15 % среди всех больных с АГ, а среди пациентов с лекарственной
- толерантностью к гипотензивной терапии 20%.

ПГА вызывается чаще односторонней доброкачественной, реже злокачественной аденомой коры надпочечников или двусторонней узелковой гиперплазией.

## Анализ информативности методов диагностики первичного гиперальдостеронизма



АЛГОРИТМ  
ДИАГНОСТИКИ  
ГИПЕРАЛЬДОСТЕРОНИЗМА



## Исследования, необходимые для диагностики причины гипернатриемии

---

### Клинический анамнез

Особое внимание необходимо обратить на возможные признаки несахарного диабета

### Мочевина и электролиты

Высокий уровень Na в сыворотке зависит от состояния КОС, может быть как при избытке, так и недостатке Na в организме

### Кортизол, АКТГ

Кортизол, АКТГ, ренин, ангиотензин и альдостерон следует измерить, чтобы подтвердить или отвергнуть синдром Кушинга и синдром Конна

### Глюкоза

Измерение глюкозы в сыворотке может выявить ранее нераспознанный инсулин-независимый сахарный диабет у некоторых пожилых больных с гипернатриемией

Натрий - компонент соли:

Избыток натрия в рационе наносит вред здоровью человека:

1. Фактор риска повышения кровяного давления - гипертонии
2. Повышение риска сердечно-сосудистой патологии и инсульта
3. Избыток соли ассоциирован с раком желудка



# **Механизмы повышения АД при гипернатриемии**

- **Накопление натрия в крови ведет к увеличению ее объема**
- **Накопление натрия в эндотелии ведет к его набуханию и сужению просвета артериол**
- **Избыток натрия в гладкомышечных клетках сосудов повышает их возбудимость**

- **РОЛЬ КАЛИЯ В ОРГАНИЗМЕ**

- В организме взрослого человека содержится от 160 до 250 грамм калия. 98% его находится внутри клеток. Главной ролью внутриклеточного калия является сохранение нормального функционирования клеточных стенок. Это достигается за счет его гармоничного равновесия с натрием. Калий находится внутри клеток, а натрий — снаружи. Для всех тканей характерно определенное соотношение концентраций между калием и натрием, который содержится преимущественно во внеклеточной среде.
- Внутриклеточный калий в организме находится в равновесии с тем, который находится вне клеток. 2% внеклеточного калия очень важны для обеспечения электрического нервного импульса, для контроля за сокращением мышц и для обеспечения постоянства артериального давления.
- Другая, также очень важная, роль калия в организме состоит в поддержании концентрации и физиологических функций магния, который является главным питательным макроэлементом для сердца. Если уровень в крови одного из этих минералов понижен, то уровень другого также будет низким. Калий в организме человека выполняет следующие функции:
  1. Поддерживает функционирование клеточных мембран.
  2. Поддерживает постоянство состава клеточной и межклеточной жидкости.
  3. Поддерживает кислотно-щелочное равновесие.
  4. Калий в организме регулирует водный баланс.
  5. Участвует в работе нервных и мышечных клеток.
  6. Улучшает снабжение мозга кислородом.
  7. Участвует в нервной регуляции сердечных сокращений.
  8. Калий в организме способствует снижению давления крови.
  9. Выполняет роль катализатора при обмене углеводов и белков.
  10. Влияет на концентрацию и активность магния.
  11. Обеспечивает выделительную функцию почек.
  12. Калий в организме также необходим для физической силы и выносливости и для широкого спектра других функций.
- В связи с отсутствием способности к депонированию значительные колебания содержания калия в организме человека сразу сказываются на внутриклеточном состоянии.
- **КАЛИЙ – СУТОЧНАЯ ПОТРЕБНОСТЬ**
- Суточная потребность в калии для ребенка составляет 16 – 30 мг на 1 кг массы тела. Для взрослого человека 1,5 – 2,5 грамма, при этом необходимый минимум составляет 1 грамм. Во время беременности потребность в нем может возрасти до 3,5 грамм в сутки. При интенсивных физических нагрузках потребность в калии также возрастает. К тому же обильное потоотделение способствует выведению его из организма. На содержание калия в организме влияют сезонные изменения – особенно мало калия весной, а осенью его количество увеличивается вдвое. Токсическая доза для человека составляет 6 грамм, а летальная - 14 грамм.

# Содержание К в продуктах питания

(мг/100 г продукта)

| Продукт                | Калий   | Продукт              | Калий   | Продукт                | Калий  | Продукт              | Калий   |
|------------------------|---------|----------------------|---------|------------------------|--------|----------------------|---------|
| Маргарин молочный      | 10,00   | Шпик свиной          | 14,00   | Масло сливочное несол. | 15,00  | Майонез              | 38,00   |
| Арбуз                  | 64,00   | Сметана, 30% жирн.   | 95,00   | Крупа рисовая          | 100,00 | Сыр "Голландский"    | 100,00  |
| Творог жирный          | 112,00  | Брынза               | 112,00  | Сыр "Российский"       | 116,00 | Дыня                 | 118,00  |
| Сок яблочный           | 120,00  | Мука пшеничная, в.с. | 122,00  | Крупа манная           | 130,00 | Яйцо куриное         | 140,00  |
| Огурцы грунтовые       | 141,00  | Простокваша          | 144,00  | Ацидофилин             | 145,00 | Кефир жирный         | 146,00  |
| Молоко коровье         | 146,00  | Сок виноградный      | 150,00  | Груши                  | 155,00 | Земляника садовая    | 161,00  |
| Перец сладкий красный  | 163,00  | Крупа перловая       | 172,00  | Сыр "Рокфор"           | 180,00 | Капуста белокочанная | 185,00  |
| Апельсин, грейпфрут    | 197,00  | Морковь красная      | 200,00  | Тыква                  | 204,00 | Крупа ячневая        | 205,00  |
| Хлеб столовый          | 208,00  | Крупа пшеничная      | 211,00  | Салат                  | 220,00 | Морковь желтая       | 234,00  |
| Баклажаны              | 238,00  | Репа                 | 238,00  | Редис                  | 255,00 | Виноград             | 255,00  |
| Лук зеленый            | 259,00  | Чеснок               | 260,00  | Яблоки                 | 278,00 | Горошек зеленый      | 258,00  |
| Свекла                 | 288,00  | Томаты грунтовые     | 290,00  | Абрикосы               | 305,00 | Крупа "Геркулес"     | 330,00  |
| Крупа овсяная          | 362,00  | Персики              | 363,00  | Капуста кольраби       | 370,00 | Капуста брюссельская | 375,00  |
| Крупа гречневая ядрица | 380,00  | Подберезовики свежие | 443,00  | Грибы белые свежие     | 468,00 | Орехи грецкие        | 664,00  |
| Горох                  | 731,00  | Шпинат               | 774,00  | Изюм                   | 860,00 | Кофе в зернах        | 1600,00 |
| Какао-порошок          | 1689,00 | Чай                  | 2480,00 |                        |        |                      |         |

### Причины гиперкалиемии



### 4.1.1. Основные проявления гиперкалиемии



## Нарушение функции коры надпочечников

Недостаточность: Аддисоновая болезнь  
(бронзовая болезнь)

Причины:

- поражение коры надпочечников
- недостаточная продукция АКТГ

снижение давления, потеря массы тела, слабость, анорексия.

Гиперпигментация - бронзовая кожа (за принципом обратной связи повышается АКТГ)





## Первичная надпочечниковая недостаточность



- При дисгенезе надпочечников в неонатальном периоде: неукротимая рвота фонтаном, нарастает гипотрофия, дегидратация до сосудистого коллапса.
- При деструктивных процессах в старшем возрасте: постепенное развитие – утомляемость, мышечная слабость, ухудшение аппетита, постуральные головокружения, плохая переносимость физической нагрузки, гипогликемия, гиперпигментация, сольтеряющий и адреналовый криз

# Гипокалиемия

3) Почечные потери калия - основная причина хронической гипокалиемии:

- При избыточном образовании минералокортикоидов (первичный или вторичный гиперальдостеронизм)
- При применении диуретиков : ингибиторов карбоангидразы , тиазидных и петлевых диуретиков (диуретики повышают экскрецию калия в результате увеличения поступления жидкости в дистальные отделы нефрона и повышения активности альдостерона, обусловленного гиповолемией)

# Причины гипокалиемии

## Снижение потребления К

алиментарное (редко )  
при парентеральном питании

## Переход К внутрь клеток

алкалоз  
введение инсулина  
влияние стимуляторов  $\beta$ -адренорецепторов  
активная клеточная пролиферация

## Увеличенная потеря К

почечная:

диуретики  
диуретическая стадия острой почечной недостаточности  
избыток минералокортикоидов  
первичный альдостеронизм  
вторичный альдостеронизм  
синдром Кушинга  
тубулярный ацидоз

внепочечная:

диаррея  
передозировка слабительными препаратами  
неукротимая рвота  
фистула кишечника  
интенсивное потоотделение

# Клинические проявления гипокалиемии

| Нарушение                | Проявление   |
|--------------------------|--|
| нервно-мышечной передачи | слабость,<br>запоры,<br>гипотония,<br>депрессия,<br>обморочное состояние   |
| сердечной деятельности   | аритмии,<br>усиление токсичности сердечных гликозидов,<br>изменения ЭКГ (снижение ST сегмента,<br>уменьшение/инверсия зубца Т, удлинение P-R<br>интервала, увеличение зубца U , рисунок 14 ) |
| почечной функции         | ухудшение концентрирующей способности,<br>приводящее к полиурии и полидипсии,<br>распад мышечной ткани сопровождается<br>повышением креатинина в моче<br>(креатининовый диабет)              |
| метаболизма              | алкалоз  |

# Диагностика причин гипокалиемии

Клинический анамнез

Подробный анамнез во многих случаях дает достаточную информацию для установки причины гипокалиемии

Мочевина и электролиты

Кислотно-основное состояние (КОС)

Калий и рН в моче

Кортизол, АКТГ

Альдостерон, ренин, ангиотензин

# Причины гиперкалиемии

## Избыточное потребления К

- алиментарное (иногда при сочетании с К-сохраняющими диуретиками )
- при парентеральном питании
- переливание длительно хранившейся крови

## Выход К из клеток

- массивное повреждение ткани
- активные катаболические процессы
- системный ацидоз
- недостаточность инсулина

## Уменьшенное выделение К

- острая почечная недостаточность
- хроническая почечная недостаточность
- К-сохраняющие диуретики
- ингибиторы ангиотензин-конвертирующего фермента
- недостаток минералокортикоидов
  - болезнь Аддисона
  - адреналэктомия

# Исследования для диагностики причин гипекалиемии

Клинический анамнез

Мочевина и электролиты крови

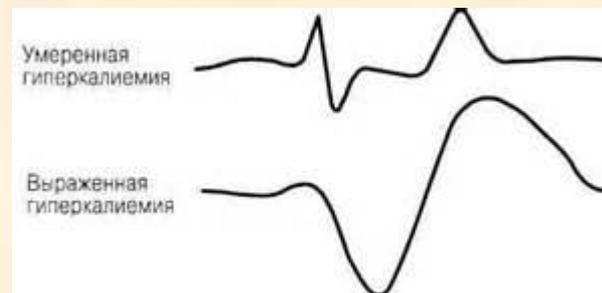
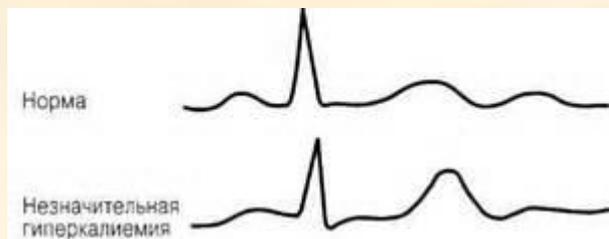
Кислотно-основное состояние (КОС)

Глюкоза в крови

Кортизол, АКТГ

Альдостерон, ренин, ангиотензин

# Увеличение зубца Т



# Система ренин-ангиотензин-альдостерон

- Ренин – протеолитический фермент, выделяемый юкстагломерулярным аппаратом почки, расположенным в конечной части приносящих артериол. Снижение АД, снижение концентрации NaCl приводит к падению перфузионного давления в приносящих артериолах и стимулирует освобождение ренина.
- Ангиотензиноген ( $\alpha_2$ -глобулин, более 400 аминокислотных остатков) производится печенью. Его синтез регулируется глюкокортикоидами и эстрогенами.
- Ренин отщепляет от ангиотензиногена N-концевой декапептид (ангиотензин I).
- Ангиотензин-превращающий фермент (АПФ) отщепляет от декапептида с C-конца две аминокислоты, образуется октапептид – ангиотензин II.

# Несахарный диабет

- Частое и обильное мочеиспускание (полиурия), жажда (полидипсия), которые беспокоят больных ночью, нарушая сон. Суточное количество мочи составляет 6-15 л. и более, моча светлая. Отмечается отсутствие аппетита, снижение массы тела, раздражительность, бессонница, повышенная утомляемость, сухость кожи, снижение потоотделения, нарушение функции желудочно-кишечного тракта. Возможно отставание детей в физическом и половом развитии. У женщин может наблюдаться нарушение менструального цикла, у мужчин – снижение потенции.







# ФАРМАКОДИНАМИКА АНТАГОНИСТОВ АЛЬДОСТЕРОНА (СПИРОНОЛАКТОН)

## Показания для применения:

1. Первичный гиперальдостеронизм, или синдром Кона (опухоль или двусторонняя гиперплазия коры надпочечников)
2. Вторичный гиперальдостеронизм (повышенная секреция альдостерона при сердечной недостаточности, нарушение инактивации гормона цитохромом Р-450 при циррозе печени)

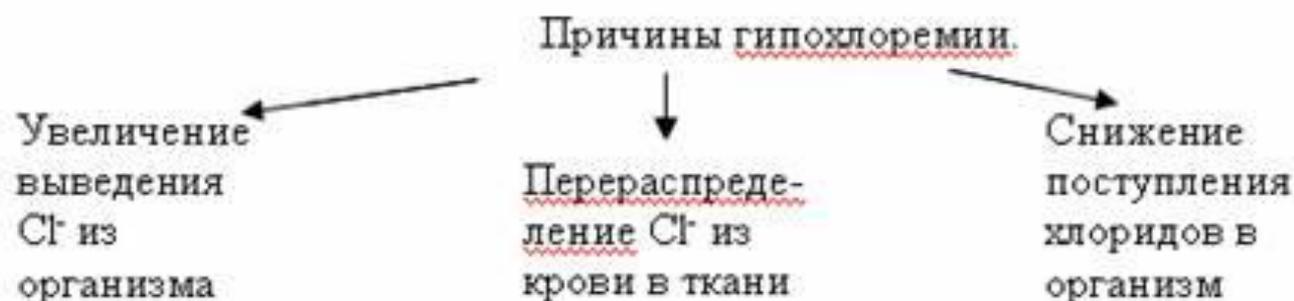
## Побочные эффекты:

1. Гиперкалиемия
2. Метаболический ацидоз
3. Тромбоцитопения
4. Гинекомастия и эректильная дисфункция у мужчин; огрубение голоса и нарушение овариально-менструального цикла у женщин
5. Диарея, гастрит, пептическая язва желудка (нарушаются процессы репарации в слизистой желудка)
6. Головная боль, тремор, атаксия
7. Кожная сыпь

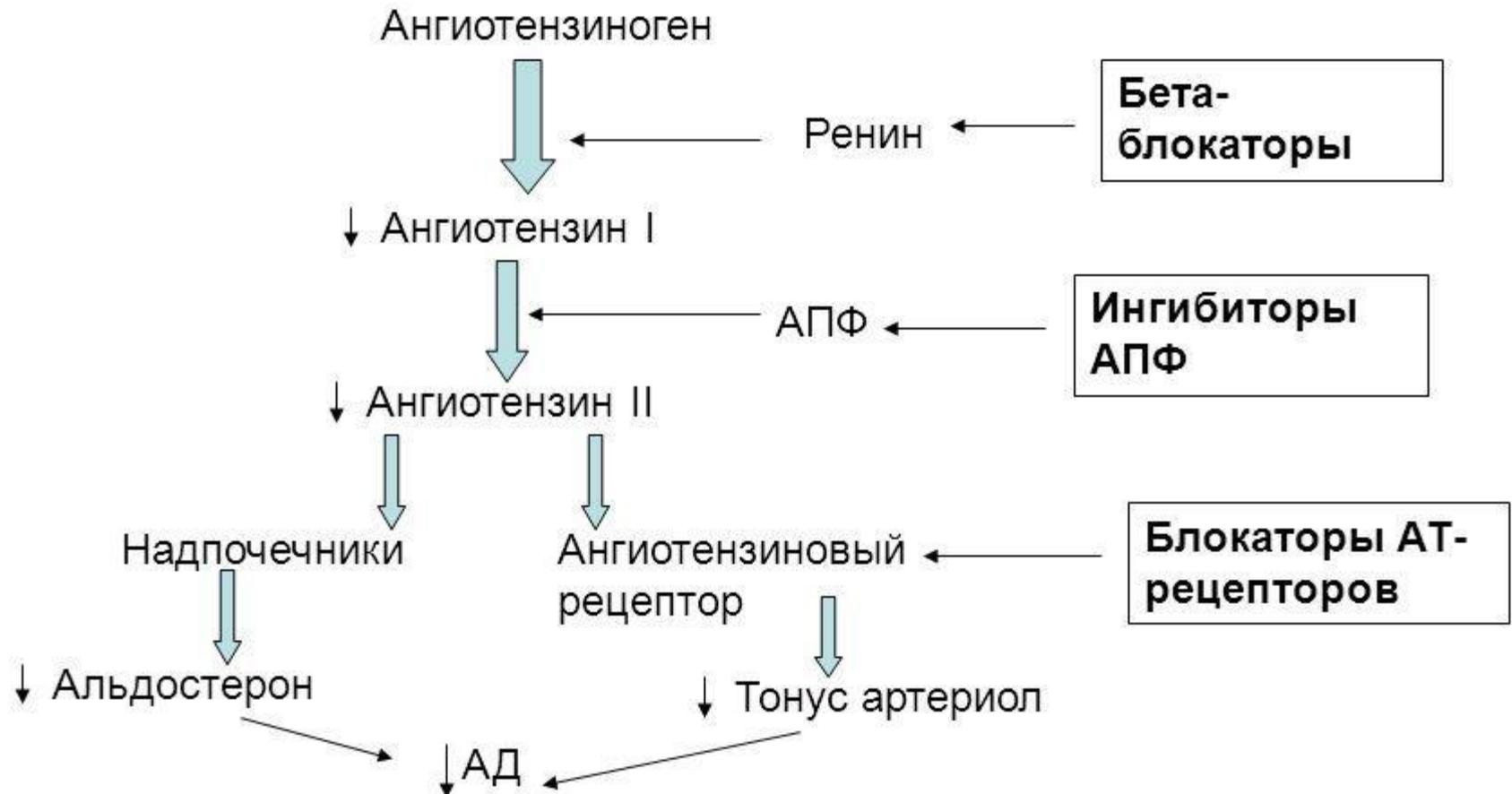


### 3.2. Гипохлоремия.

Гипохлоремия – снижение содержания Cl<sup>-</sup> в сыворотке крови ниже нормы (96 ммоль/л).



# Ингибиторы ренин-ангиотензиновой системы



# Калий

- Методы определения:
- Пламенно-эмиссионная спектроскопия
- Атомно-абсорбционная спектрофотометрия
- Ион-селективные электроды
- Кинетический спектрофотометрический
- Требования к пробе:
- Сыворотку отделить от клеток как можно быстрее
- Плазма – предпочтительнее. Тотчас отделить от клеток
- Моча – суточное количество

# К (диагностическое значение)

- Референтные величины 3,6-5,1 ммоль/л
- Повышение
- Повышение поступления (быстрое вливание, избыточное введение после коррекции)
- Перераспределение (массивный гемолиз, тяжелые повреждения тканей, гиперкинетическая активность)
- Снижение выделения почками (ОПН, ХПН, болезнь Аддисона, гипофункция РАС)
- Ложное повышение – работа рукой при наложенном жгуте, гемолиз, промедление с отделением плазмы (гемолиз 0,5% эритроцитов - повышение К на 0,5 ммоль/л), высвобождение из тромбоцитов

# К (диагностическое значение)

- Снижение
- Снижение поступления (голодание, введение жидкости с низким содержанием калия)
- Потери (рвота, понос, почечный канальцевый ацидоз, альдостеронизм, осмотический диурез, алкалоз, введение АКТГ, кортизола )

# Калий (интерференция)

## ▲ $\beta$ -адренергические блокаторы

- Ингибиторы АПФ
- Противоопухолевые средства
- Дигоксин
- Гистамин
- НПВС
- верошпирон

## ▼ $\beta$ -адренергические агонисты

- Холестирамин
- Кортикостероиды
- Диуретики
- Инсулин
- Салицилаты
- Хлорид натрия

# Натрий

- Методы исследования
  - Пламенно-эмиссионная фотометрия
  - Атомно-абсорбционная фотометрия
  - Ион-селективные электроды
  - Кинетический
  - спектрофотометрически
- Требования к пробе:
- Сыворотку отделить от клеток как можно быстрее
- Эритроциты
- Моча – суточное количество

# Натрий (интерференция)

## ▲ АКТГ

- Анаболические стероиды
- Эстрогены
- Переральные контрацептивы

## ▼ Ингибиторы АПФ

- Холестирамин
- Диуретики
- Флуоксетин
- Галоперидол
- НПВС

# Натрий (диагностическое значение)

- референтные величины 136-145 ммоль/л
- Повышение
- Состояния, сопровождающиеся потерей жидкости через кожу (профузный пот), легкие (длительное гиперпноэ), ЖКТ (рвота, диарея), почки (несахарный диабет)
- Задержка почками (гиперальдостеронизм)
- Обезвоживание
- Избыточная солевая терапия

# Натрий (диагностическое значение)

- Снижение
- Низкое поступление в организм
- Избыточное потоотделение при адекватном водном и неадекватном солевом замещении
- Злоупотреблении диуретиками
- Надпочечниковая недостаточность
- Отечный синдром
- Избыточная продукция АДГ

# Осмоляльность

- Сыворотка – 275 – 295 мосм/кг
- Моча, случайная порция – 50 -1200 мосм/кг в зависимости от приема жидкости
- Интерференция
  - ↑ - глюкоза, мочевины
  - ↓ - диуретики

# Осмоляльность – диагностическое значение

- Повышение
- Истощение запасов воды
- Диабетический кетоацидоз
- Гипернатриемическая этанольная интоксикация
- Несахарный диабет
- Гиперкальциемия
- Снижение
- Недостаточность коры надпочечников
- Синдром неоправданной секреции АДГ

# Электролитный состав некоторых растворов

|                               | Натрий | Хлориды | Другие компоненты | Осмолярность             |
|-------------------------------|--------|---------|-------------------|--------------------------|
| Плазма                        | 140    | 100     |                   | 265 - 295 ммоль/л        |
| 0,9 % NaCl<br>( физиол. р-р ) | 154    | 154     |                   | изоосмотический          |
| 0,45 % NaCl                   | 77     | 77      |                   | гипоосмотический         |
| 5 % декстроза                 | 77     | 77      | 154               | изоосмотический          |
| 1,96 % бикар-<br>бонат натрия | 150    |         | 150               | изоосмотический          |
| 8,4 % бикар-<br>бонат натрия  | 1000   |         | 1000              | высоко гиперосмотический |

# Принципы коррекции нарушений водно-электролитного обмена

- Заменители плазмы
- Полиглюкин – лечение острой гиповолемии (кровопотеря, интенсивное потоотделение, тяжелая рвота, диарея)
- Физиологический раствор (0,9% NaCl) изоосмотическое замещение жидкости (сначала заполняется межклеточное пространство, затем перераспределение между клетками и внеклеточной жидкостью).
- Изоосмотический (5%) раствор декстрозы – возмещение воды
- Бикарбонат натрия – для коррекции ацидоза. Возможна перегрузка натрием

# Нарушение обмена ионов К

- ***Гиперкалиемия***
- свыше 6 ммоль/л требует срочной коррекции. Внутривенное введение инсулина и глюкозы – переход К в клетку. Глюконат Са снижает эффект К на миокард. При неэффективности – диализ
- ***Гипокалиемия***
- умеренная – корректируется диетой
- тяжелая (ниже 2,5 ммоль/л) – введение растворов калия (контроль ЭКГ)

СЛАВНОГО  
САБЛИНОВА