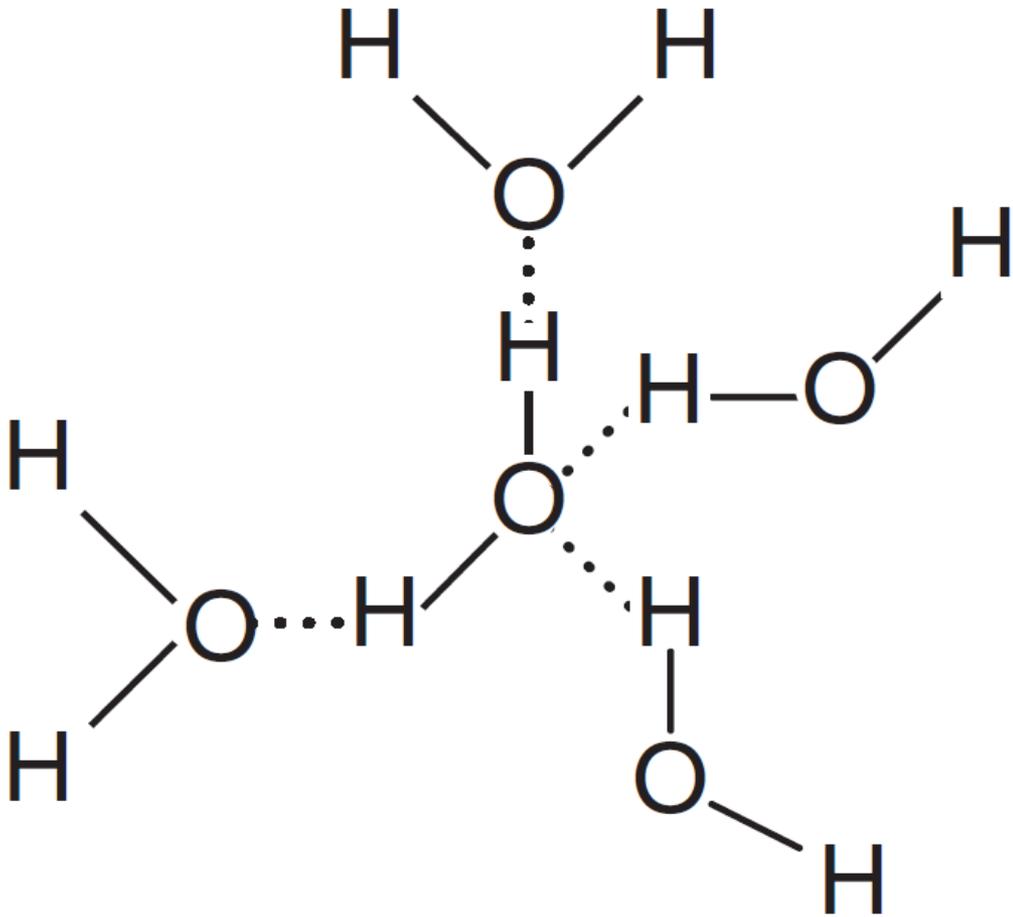
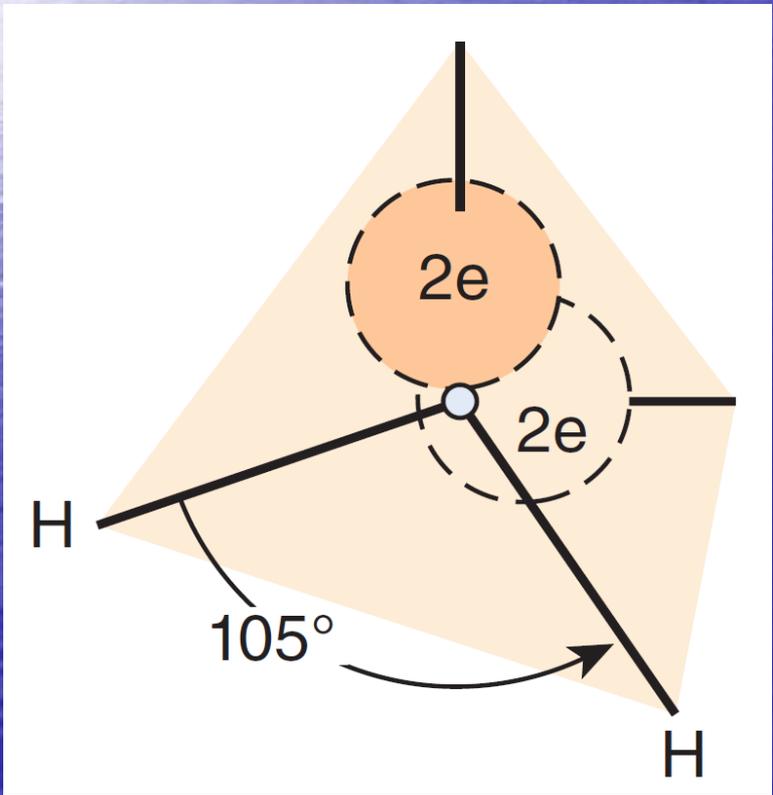
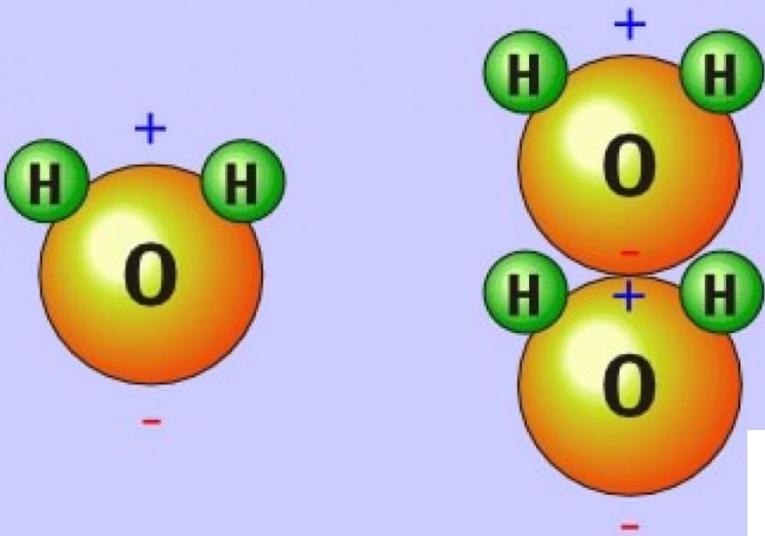




ВОДНО-МИНЕРАЛЬНЫЙ ОБМЕН

Наумов А.В.



1 g of water contains 3.46×10^{22}

Since **1 mole** (mol) of water weighs **18 g**,
1 liter (L) (**1000 g**)

of water contains $1000 \div 18 =$

55.56 mol.

$$K = \frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]}$$

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$$

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+] = -\log 10^{-7} = -(-7) = 7.0$$

Роль воды в организме

1. Участвует в ферментативных реакциях и переваривании пищевых веществ.
2. Формирует клеточные мембраны.
3. Формирует гидратную оболочку вокруг молекул – обеспечивает растворимость веществ.
4. Создает активный объём клетки и межклеточного пространства (тургор).
5. Определяет состояние жидких сред организма (кровь, лимфа, пот, моча, жёлчь), поддерживает стабильность артериального давления.



Суточный баланс воды

ПОСТУПЛЕНИЕ

1. С ПИЩЕЙ – 0,8-1,0 л
2. С ПИТЬЁМ – 0,5-1,7 л

25-30 мл/кг массы.

**Для детей до года -
100-165 мл/кг веса,**

1. ЭНДОГЕННАЯ ВОДА – 0,2-0,3 л

ИТОГО: 1,5-3,0 л

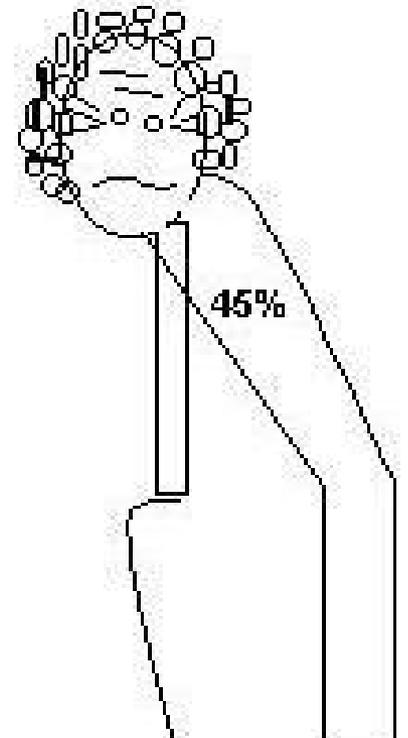
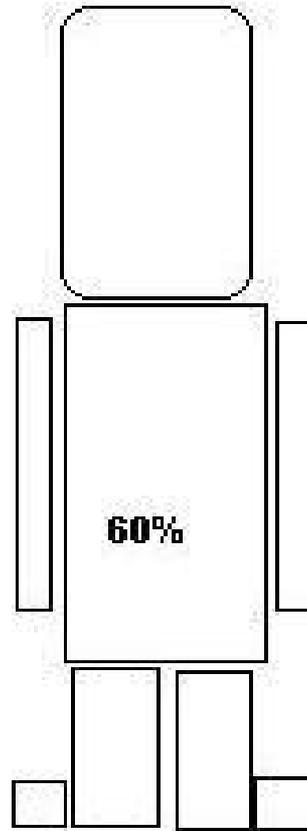
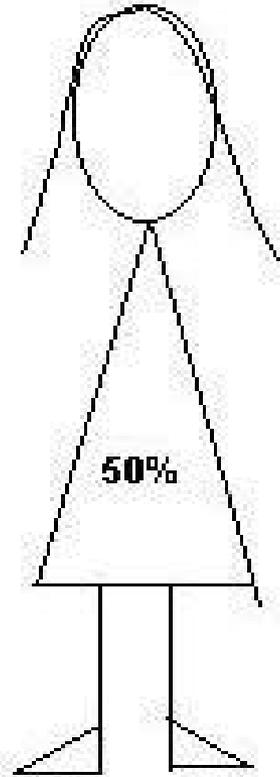
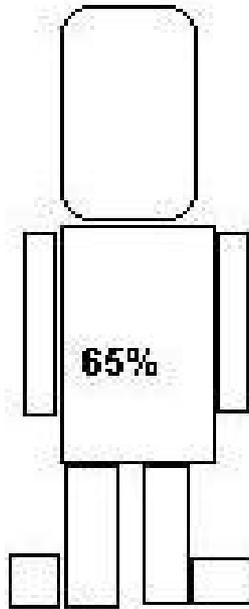
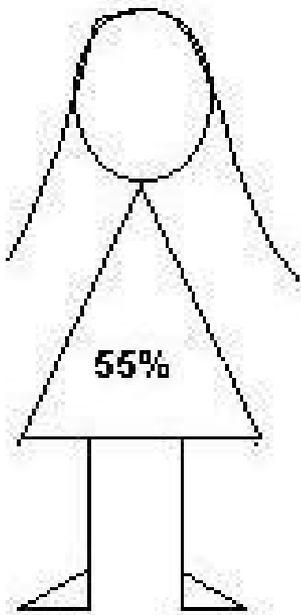
ВЫВЕДЕНИЕ

1. С МОЧОЙ – 0,6-1,6 л
2. С ПОТОМ – 0,5-0,9 л
3. С КАЛОМ – 0,1-0,2 л
4. С ПОВЕРХНОСТИ
ЛЁГКИХ - 0,3-0,5 л

**Облигатная потеря воды
~ 1400 мл в сутки.**

ИТОГО: 1,5-3,0 л

	Normal	Prolonged, Heavy Exercise
Intake		
Fluids ingested	2100	?
From metabolism	200	200
Total intake	2300	?
Output		
Insensible: skin	350	350
Insensible: lungs	350	650
Sweat	100	5000
Feces	100	100
Urine	1400	500
Total output	2300	6600



Синтез воды в покое при окислении:

- 100 г жира образуется более **100 мл** воды,
- 100 г белка — около **40 мл** воды,
- 100 г углеводов — **55 мл** воды.

Повышение **катаболизма** и **энергетического обмена** ведет к резкому увеличению образуемой эндогенной воды.

Распределение воды в организме:

А. **Внеклеточная жидкость** (1/3) -

представлена синовиальной, перитонеальной, перикардальной, внутриглазной и цереброспинальной жидкостями.

- Интерстициальная (26%);
- Плазма крови (7%);
- Спинальная жидкость < 1%;

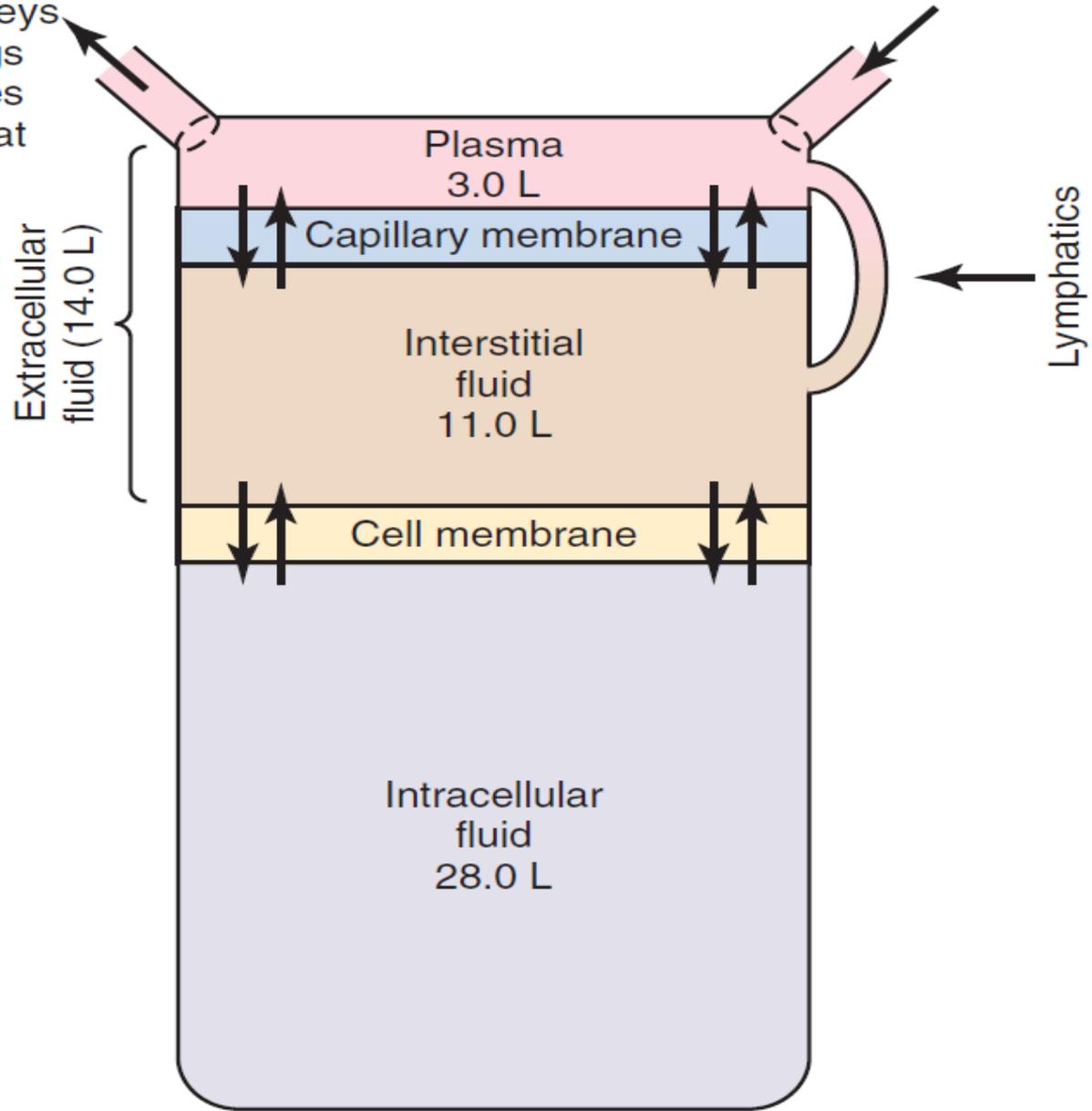
В. **Внутриклеточная жидкость** (2/3).

Из **42 л ~ 28 л** жидкости (~ **40%** массы тела) находится внутри **$7,5 \times 10^{12}$** клеток организма.

OUTPUT

- Kidneys
- Lungs
- Feces
- Sweat
- Skin

INTAKE



Extracellular fluid (14.0 L)

Lymphatics

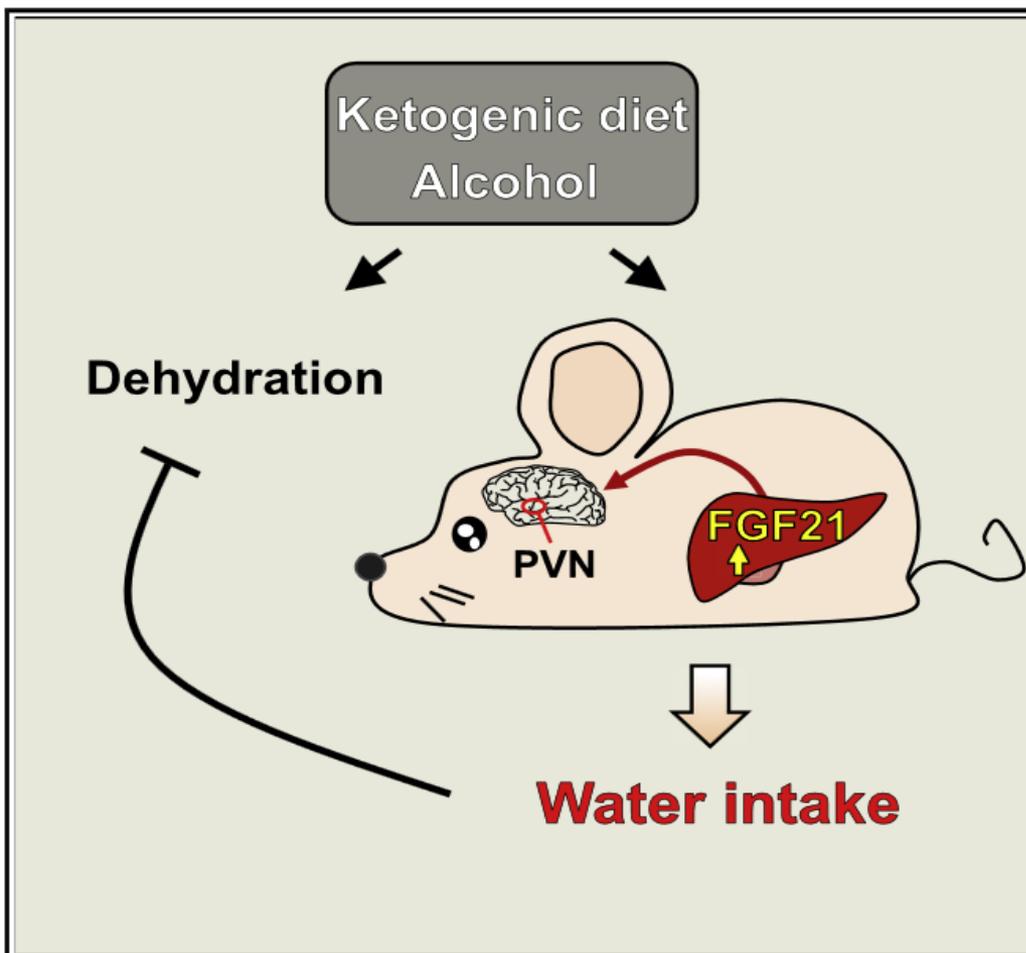
Plasma
3.0 L

Capillary membrane

Interstitial fluid
11.0 L

Cell membrane

Intracellular fluid
28.0 L



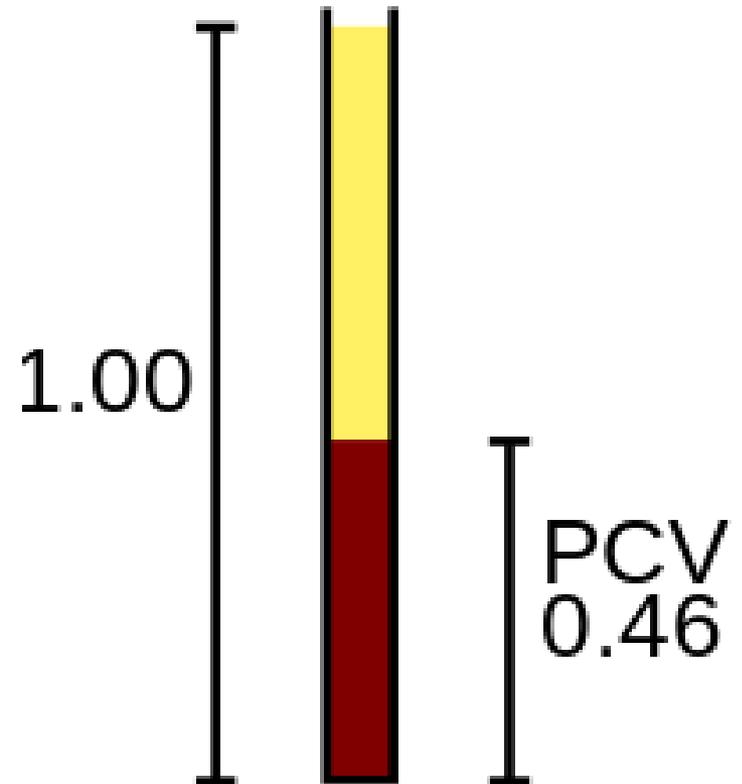
FGF21 – фактор роста-21
фибробластов

.Song P et al. [2018] show that the metabolic hormone **FGF21** is involved in **water drinking** in response to metabolic stresses, such as **alcohol** intake and **ketogenic diets**, which can cause dehydration.

The effect of **FGF21** on water balance is mediated by a hypothalamic circuit that is dependent on β -adrenergic signaling.

Отношение форменных элементов крови к её общему объёму, выраженное в % или в виде десятичной дроби, называется **гематокритом** (**Ht, PCV**).

Определение **Ht** проводится с помощью специальной стеклянной градуированной трубочки — **гематокрита**, которую заполняют кровью и центрифугируют. После этого отмечают, какую её часть занимают форменные элементы крови.



Гематокрит -

- у мужчин составляет 0,40,
- у женщин — 0,36.

При тяжелой **анемии**
гематокрит может снижаться до
уровня — 0,1.

Гематокрит повышен:

- при **ГИПОКСИЯХ** различного происхождения (адаптация к условиям высокогорья);
- новообразованиях, поликистозе, и гидронефрозе почек (усиленное образование **эритропоэтина**);
- уменьшении объёма циркулирующей плазмы (ожоговая болезнь, перитонит, лейкозы и др.);
- дегидратации;

понижен:

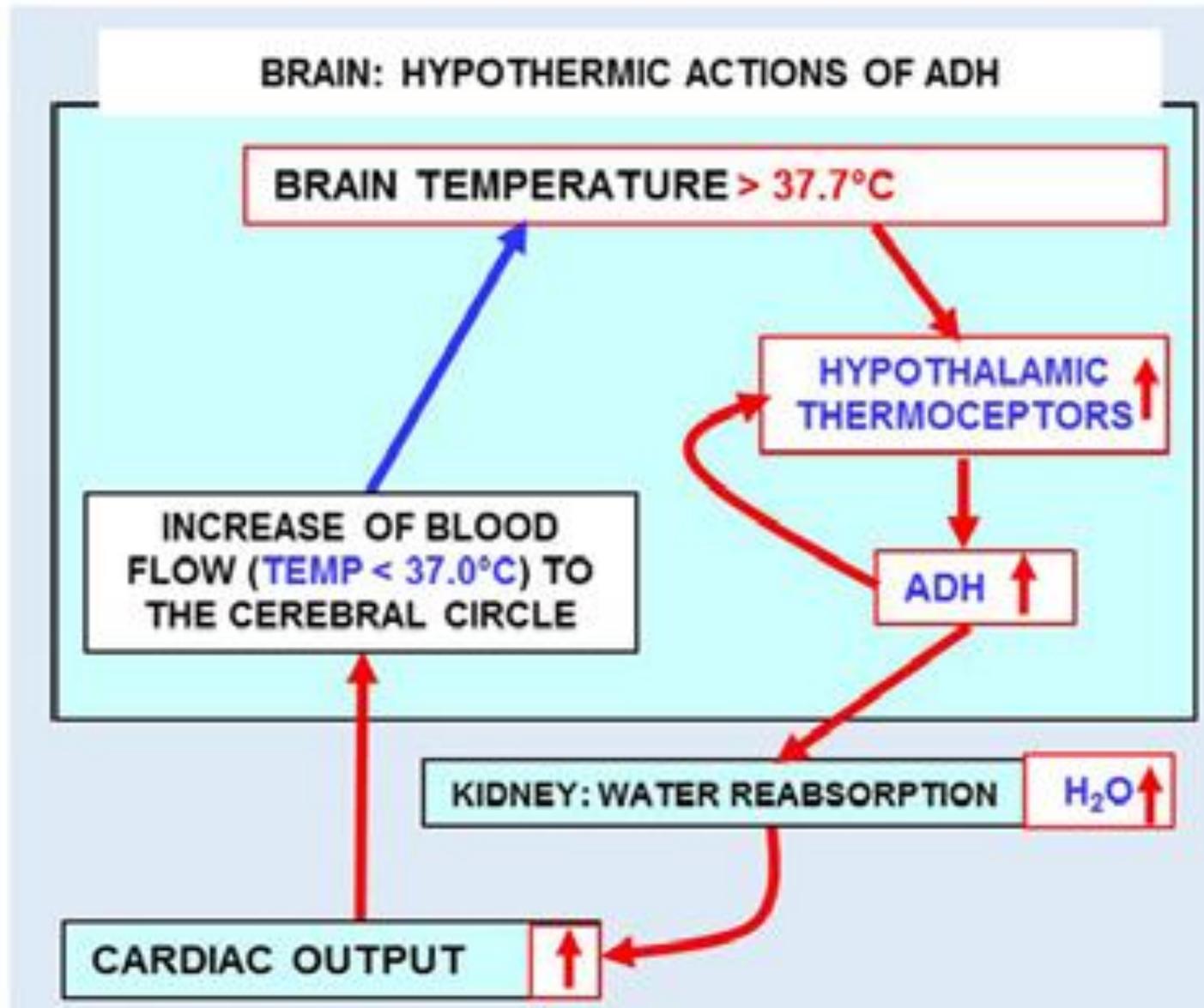
- анемии
- увеличение объёма циркулирующей **крови**:
 - беременность (особенно вторая половина),
 - гиперпротеинемии, гипергидратация.

Регуляция

Регуляция баланса натрия и воды на почечном уровне.

1. **АДГ - антидиуретический гормон** – гормон задней доли гипофиза, активирует реабсорбцию воды почками.
2. **Альдостерон** – гормон ндп способствует реабсорбции натрия.
3. **Предсердный натриуретический гормон** – способствует экскреции натрия.

ADH: HOMEOSTASIS OF H₂O / Na AND BRAIN TEMPERATURE



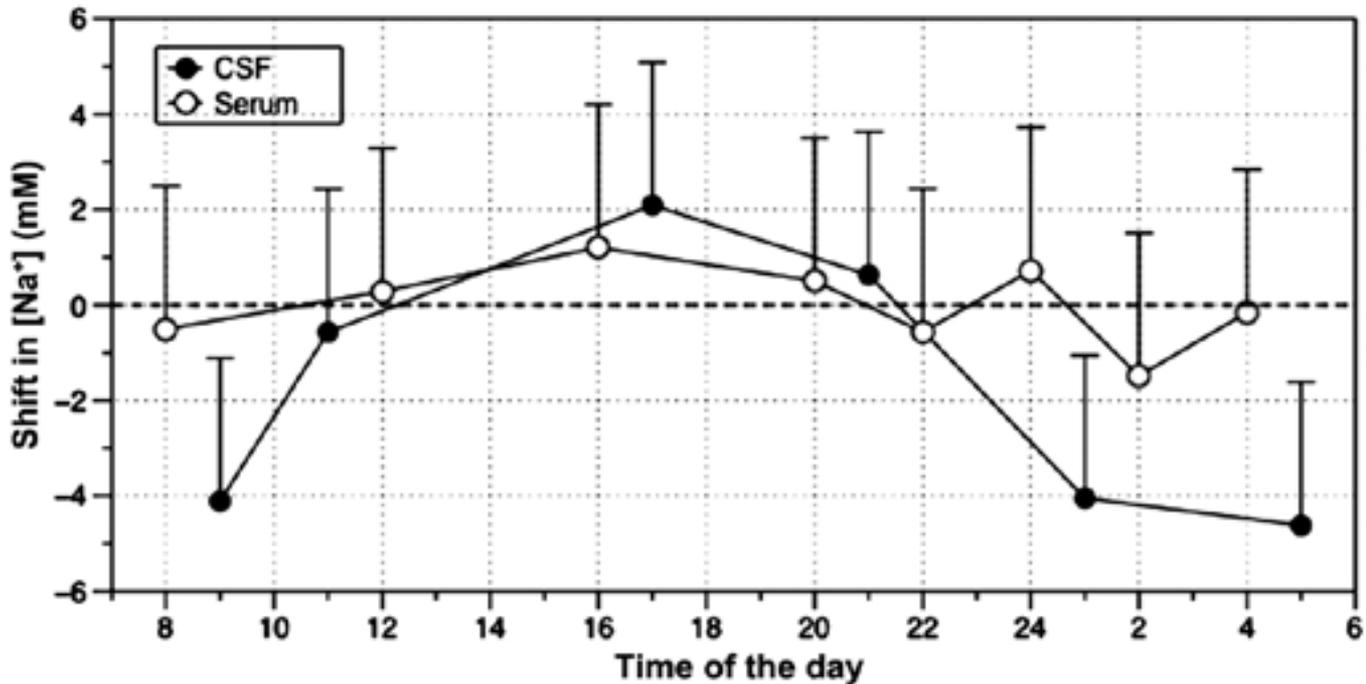
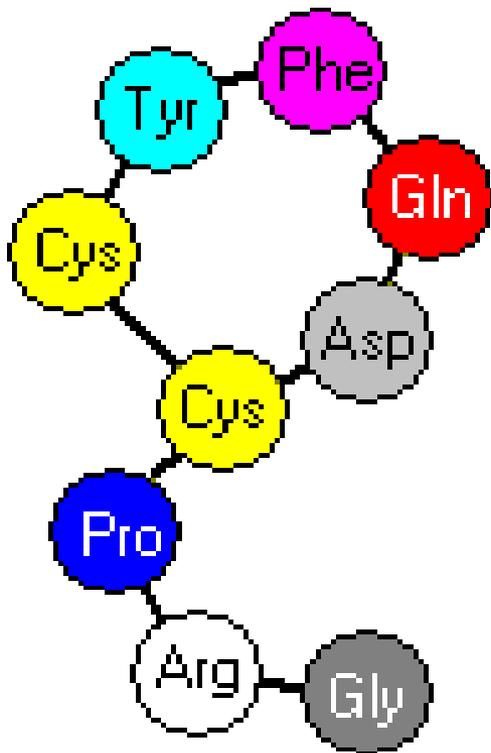


Figure 5. The daily mean rhythm of CSF and serum (Na^+), plotted as a shift from the mean - **statistically significant sodium circadian rhythm was reported.** However, while plasma levels of (Na^+) exhibited a quite low range of variation during the day, the magnitude of change of (Na^+) in CSF was greater (mean shift of about **7 mM**) and sufficient to have physiological effect on neuronal excitability. **CSF**, cerebrospinal fluid.

Agnati LF. 2017. ! Homeostasis and the concept of interstitial fluids hierarchy' Relevance of cerebrospinal fluid sodium concentrations and brain temperature control (Review). 28204813

Вазопрессин - антидиуретический гормон (АДГ)



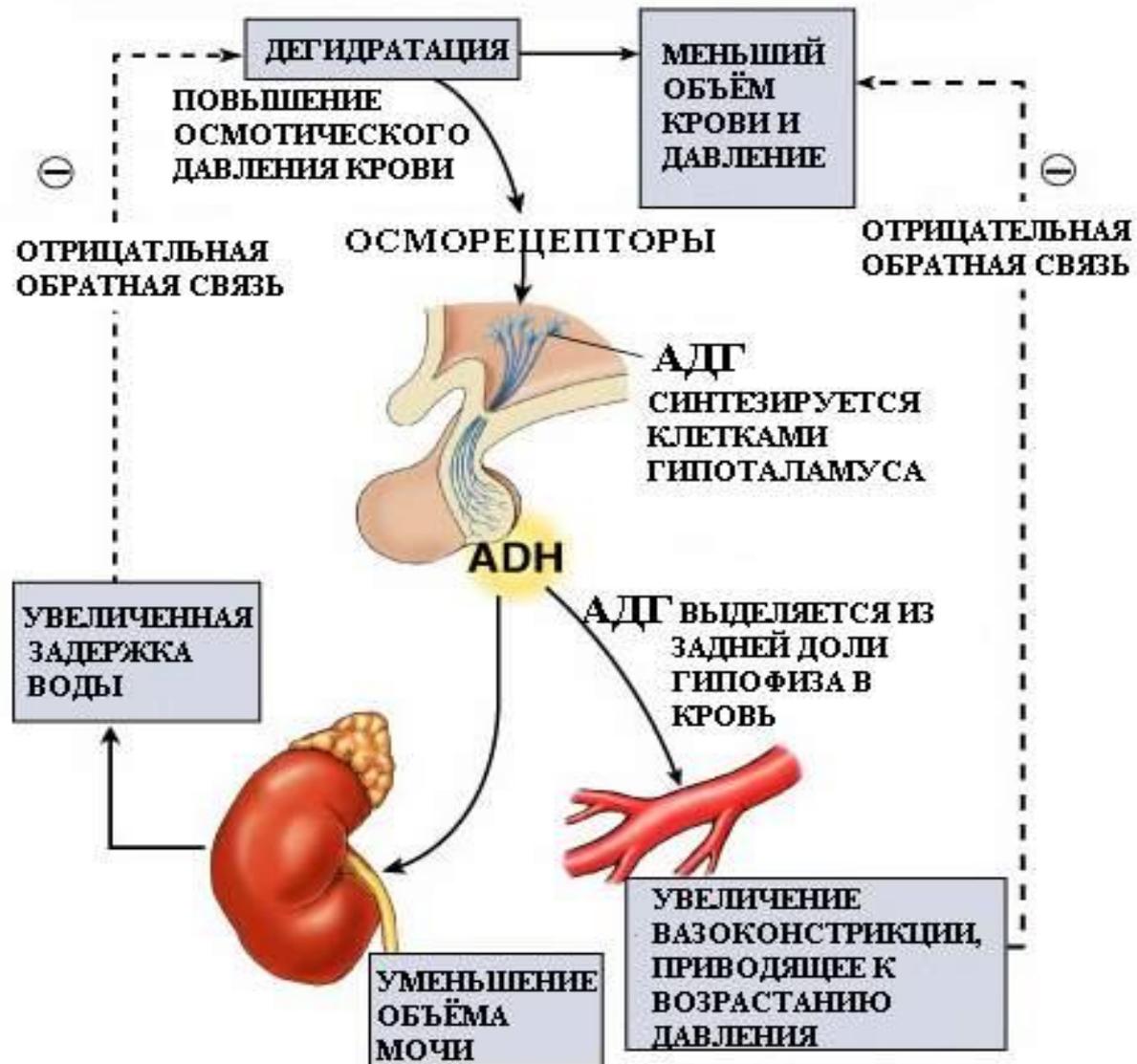
ОЛИГОПЕПТИД,

СОДЕРЖИТ **9** ОСТАТКОВ АМИНОКИСЛОТ

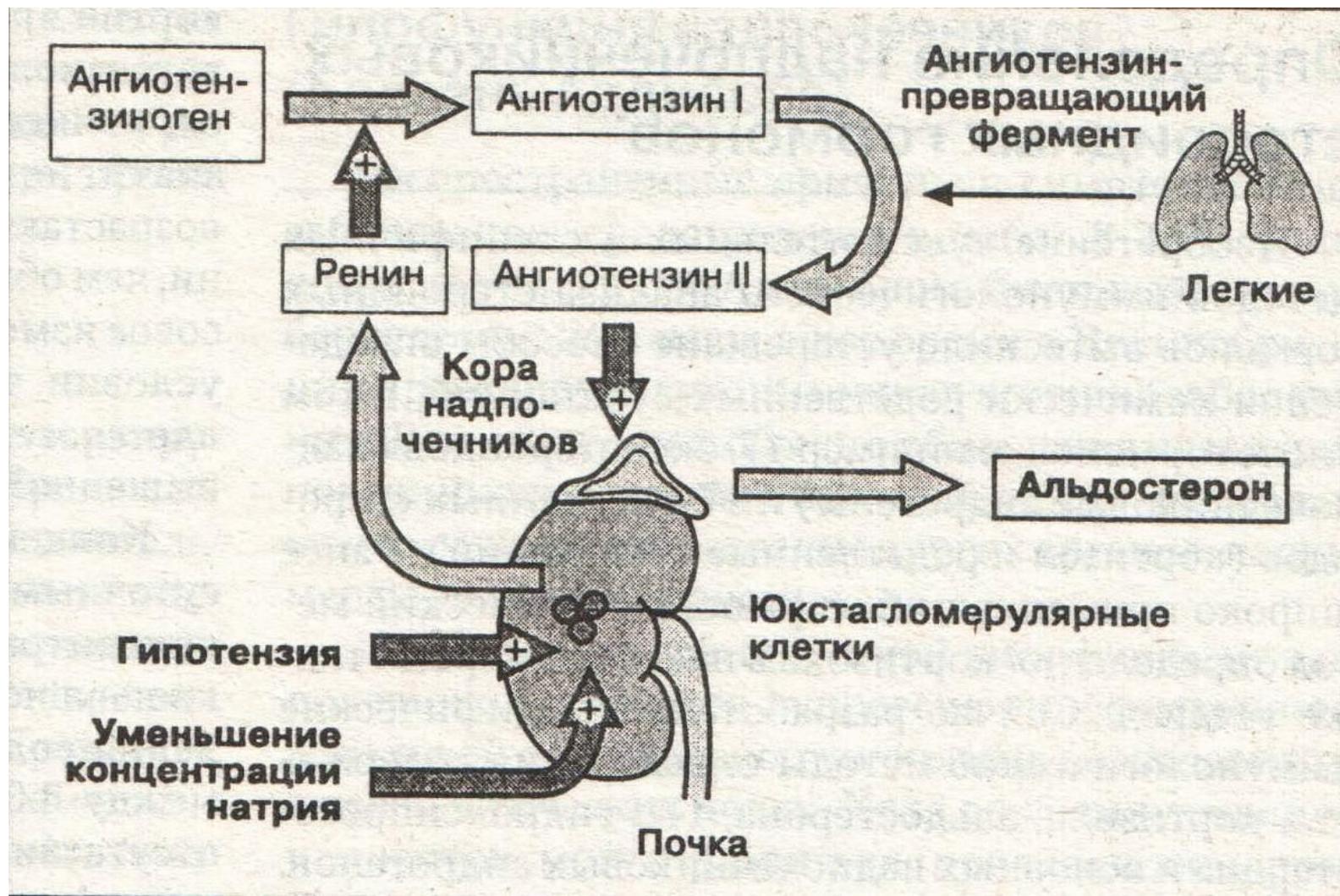
МЕСТО ВЫРАБОТКИ - ГИПОТАЛАМУС

**АНТИДИУРЕТИЧЕСКИЙ
ГОРМОН**

ВЛИЯНИЕ АДГ НА ОБЪЁМ ВОДЫ И КРОВЯНОЕ ДАВЛЕНИЕ

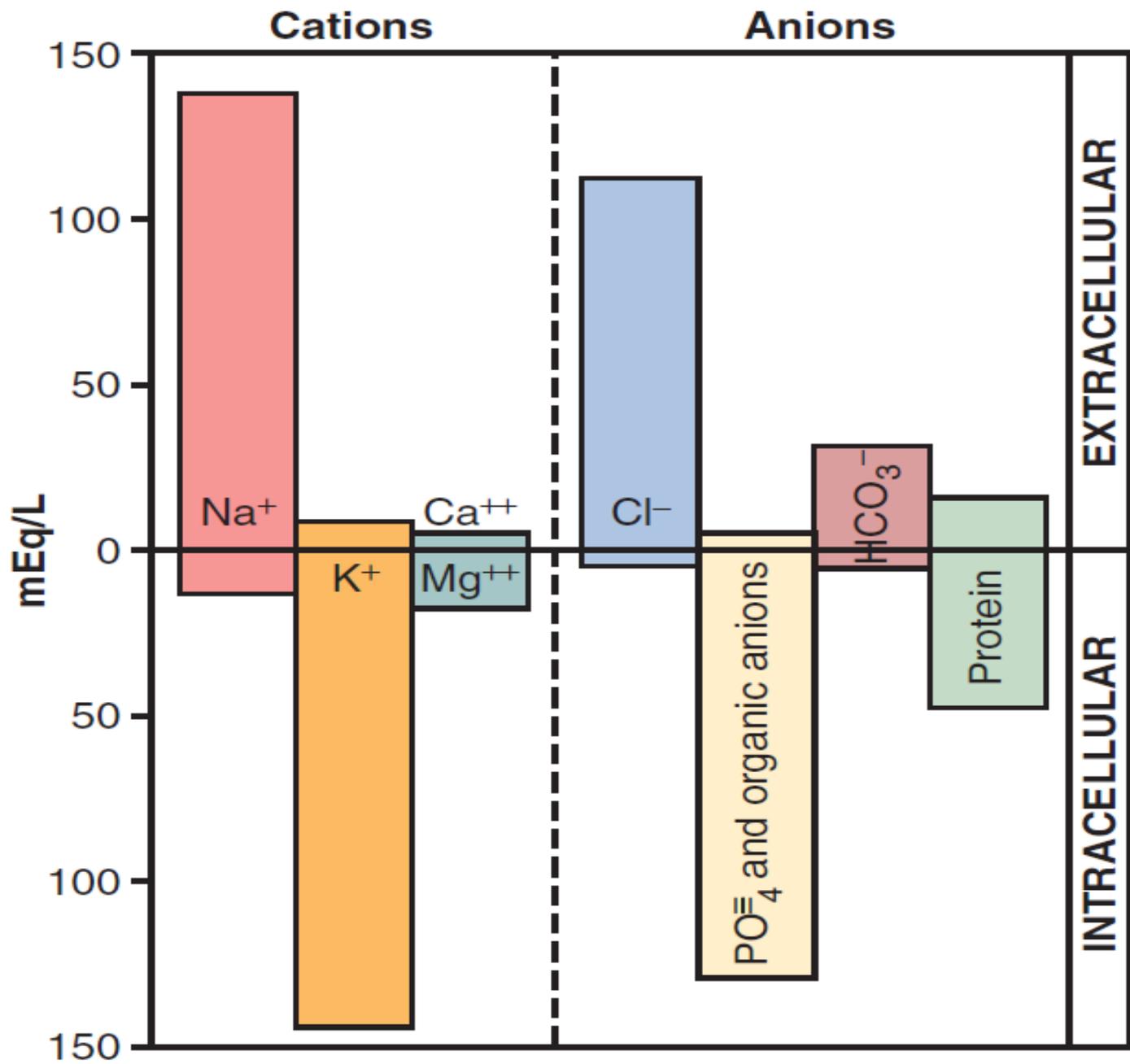


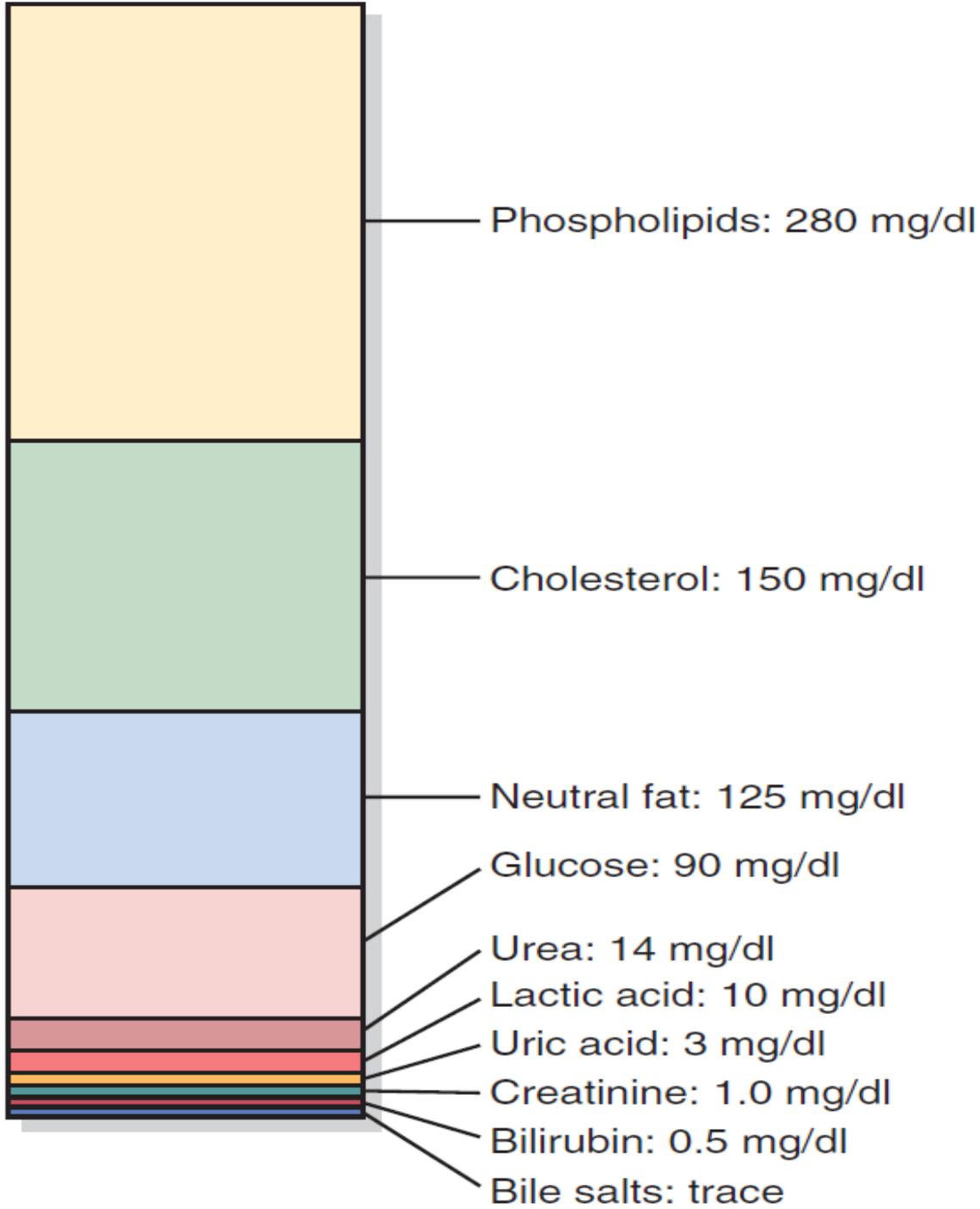
РЕГУЛЯЦИЯ ВЫДЕЛЕНИЯ АЛЬДОСТЕРОНА (СИСТЕМА РЕНИН-АНГИОТЕНЗИН)



Макро- и микроэлементы

.





ОСНОВНЫЕ **МАКРОЭЛЕМЕНТЫ** ОРГАНИЗМА

МАКРО – СОДЕРЖАТСЯ В КОНЦЕНТРАЦИЯХ ОТ **10^{-2} М** И >

КАЛИЙ,
НАТРИЙ,
КАЛЬЦИЙ,
МАГНИЙ.
ХЛОР,
ФОСФОР

ЭССЕНЦИАЛЬНЫЕ **МИКРОЭЛЕМЕНТЫ** ОРГАНИЗМА

МИКРО – СОДЕРЖАТСЯ В КОНЦЕНТРАЦИЯХ ОТ **10^{-3}** ДО **10^{-6}** М

ЦИНК,

ЖЕЛЕЗО,

ЙОД,

КОБАЛЬТ,

КРЕМНИЙ,

СЕЛЕН

МЕДЬ,

МАРГАНЕЦ,

МОЛИБДЕН,

МЫШЬЯК,

НИКЕЛЬ,

ФТОР,

ХРОМ,

ВАНАДИЙ,

ЛИТИЙ,

БИОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ НЕКОТОРЫХ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ

ЖЕЛЕЗО (4-5 г) – НЬ, ЦИТОХРОМЫ, ОКИСЛИТЕЛЬНОЕ
ФОСФОРИЛИРОВАНИЕ

МЕДЬ (80-120 мг) – ОКСИДАЗЫ, АНТИОКСИДАНТНОЕ ДЕЙСТВИЕ, СИНТЕЗ
КОЛЛАГЕНА И ЭЛАСТИНА

ЦИНК (1-2 г) – ВХОДИТ В СОСТАВ ~ 300 ФЕРМЕНТОВ, ЭКСПРЕССИЯ ГЕНА

МАРГАНЕЦ (12-20 мг) – АНТИОКСИДАНТНОЕ ДЕЙСТВИЕ,
ГЛИКОЗИЛИРОВАНИЕ, ОБМЕН УГЛЕВОДОВ

ХРОМ (6 мг) – ОПТИМИЗАЦИЯ ТОЛЕРАНТНОСТИ К ГЛЮКОЗЕ

СЕЛЕН (14 мг) – АНТИОКСИДАНТНОЕ ДЕЙСТВИЕ

МОЛИБДЕН (10 мг) – КСАНТИН-, СУЛЬФИТ-, АЛЬДЕГИД-ОКСИДАЗА,
ВХОДИТ В СОСТАВ ЗУБНОЙ ЭМАЛИ.

ЙОД (10-20 мг) – ТИРЕОИДНЫЕ ГОРМОНЫ, 6-ЙОДОЛАКТОН

ФТОР – СОСТОЯНИЕ КОСТНОЙ СИСТЕМЫ И ЗУБОВ

КОБАЛЬТ (1,5 мг) – ВИТАМИН В₁₂

ПОТРЕБНОСТЬ В **МАКРОЭЛЕМЕНТАХ** ДЛЯ ВЗРОСЛЫХ (Г/СУТКИ)

Na⁺	1,0-3,3
K⁺	1,9-5,6
Ca²⁺	0,7-0,8
Mg²⁺	0,35
Cl⁻	1,7-5,1
P	0,7-0,8
S	0,2

ПОТРЕБНОСТЬ В **МикроЭЛЕМЕНТАХ** ДЛЯ ВЗРОСЛЫХ (мг/СУТКИ)

Fe	10
Zn	15
Mn	2-5
Cu	2-3
Mo	0.15-0.5
Se	0.05-0.2
Cr	0.05-0.2

Водно-электролитный (или солевой) обмен.

Водный баланс организма тесно связан с обменом **электролитов**.

Суммарная концентрация минеральных и других ионов создает определенную величину **осмотического давления**.

Для обеспечения физиологических процессов важна **эффективная концентрация свободных ионов**, поскольку часть ионов находится в связанном состоянии (**Ca** и **Mg** с протеинами, **Na** в ячейках клеточных органелл и т.п.).

Натрий

- поддерживает осмотическое давление внеклеточной жидкости, **Дефицит не может быть восполнен другими катионами.**

изменение уровня Na^+ в жидкостях \rightarrow
сдвиг осмотического давления \rightarrow
изменение объема жидкостей.

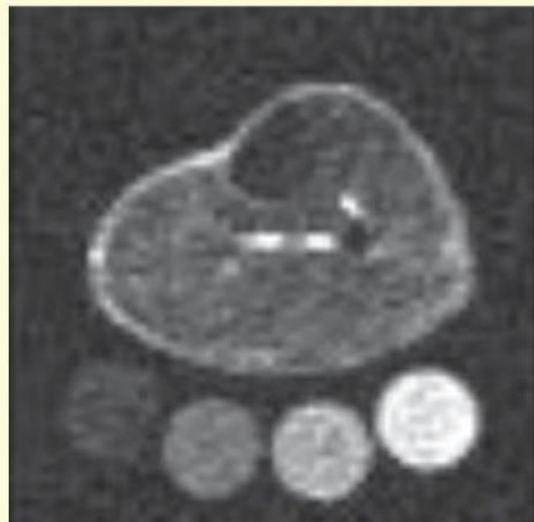
< Na^+ во внеклеточной жидкости \rightarrow > входа воды в клетки.
> Na^+ \rightarrow > выход воды из клеток.

Na^+ во клеточной среде определяет величину **мембранного потенциала** (возбудимость клеток).

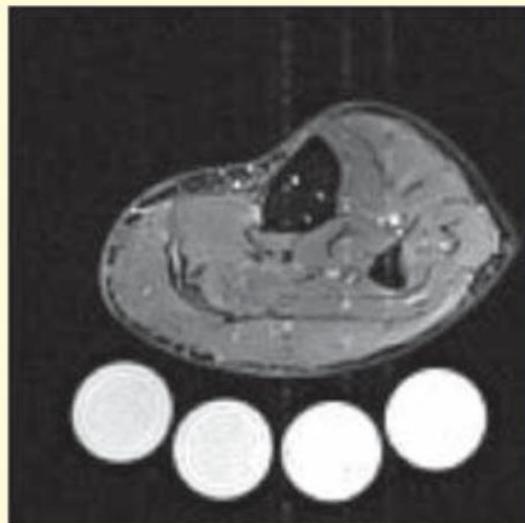
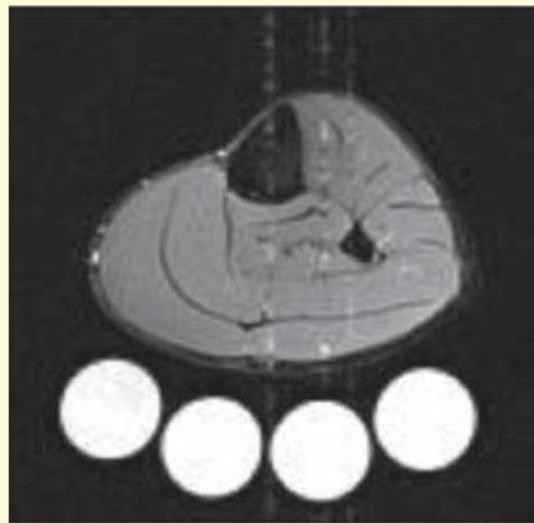
24 year-old man,
healthy

85 year-old man,
hypertension

A
 ^{23}Na -MRI



B
 ^1H -MRI



A) Na^{23} -MPT нижних конечностей молодого нормотензивного человека и пожилого (85 лет) гипертоника.

B) H^1 -MPT воды.

Калий.

Уровень K^+ в клетках и внеклеточной среде играет важнейшую роль в деятельности

- сердечно-сосудистой, мышечной и нервной систем,
- в секреторной и моторной функциях пищеварительного тракта,
- экскреторной функции почек

Калий.

98% калия находится внутри клеток. В ионизированном виде обеспечивает мембранный потенциал.

- Во внеклеточной среде калий находится в ионизированном виде.
- Выход K^+ из клеток зависит от увеличения их биологической активности, распада белка и гликогена, недостатка кислорода.
- Концентрация K^+ увеличивается при **ацидозе** и снижается при **алкалозе**.
- в плазме 3,5-4,9 мэкв/л.
 - < 3,5 мэкв/л – **гипокалиемия**.
 - > 5,5 мэкв/л - **гиперкалиемия**

Л.Н. Костюченко

Нарушения калий-магниевого гомеостаза и его коррекция в ходе нутриционной поддержки больных гастроэнтерологического профиля.

«Трудный пациент»: октябрь 2010

<http://t-pacient.ru/articles/6594/>

Кальций

Необходим для обеспечения:

- возбудимости нервно-мышечной системы,
- проницаемости мембран,
- свертывания крови,
- **вторичный посредник** нервно-гуморальных регуляторных влияний.

Обеспечивает процессы освобождения медиаторов, секрецию гормонов, энергетику клетки.

Содержание кальция в крови в норме - **2-4 ммоль/л.**

Ионизация кальция в крови зависит от pH:

- при **ацидозе** содержание **Ca^{2+}** повышается.
- при **алкалозе** — падает - резкое > нейромышечной возбудимости и тетания.

Магний

Mg^{2+} и K^{+} являются основным внутриклеточными катионами.

50% магния находится в костях,

- **49%** - в клетках мягких тканей,
- **1%** во внеклеточном пространстве.

В крови - **0,7-1 ммоль/л**, > 60% в ионизированном виде.

< **0,5 ммоль/л** - нарушения ЦНС,

< **0,2 ммоль/л** – клонические судороги, смерть.

Магний входит в состав более 300 ферментных комплексов.

- способствует синтезу белков;
- поддержания состояния клеточных мембран;
- уменьшает возбудимость нервно-мышечной системы, сократительную способность миокарда и гладких мышц сосудов;
- оказывает депрессивное действие на психические функции.

Хлор

Главный **анион** внеклеточной жидкости.

В плазме крови **90-105 ммоль/л Cl^-**

Специальной физиологической роли не выполняет, хотя участвует в формировании **потенциала покоя** возбудимых клеток.

Необходим для образования HCl в желудке.

Избыток **Cl^-** ведёт к ацидозу.

Фосфаты

основные внутриклеточные анионы (внутриклеточная / внеклеточная среда - 40/1).

Фосфат в крови составляет **0,94-1,44 ммоль/л**, 50% неорганического фосфата находится в костях, вместе с **кальцием** образуют основное минеральное вещество костной ткани.

Фосфаты — необходимый компонент клеточных мембран, играют ключевую роль в метаболических процессах, входя в состав многих коферментов, нуклеиновых кислот и фосфопротеинов, вторичных посредников и **макроэргических соединений**.

Сульфаты

содержатся во внутриклеточном пространстве, входят в состав многих биологически активных веществ.

В плазме крови неорганических сульфатов –
0,3-1,5 ммоль/л.

Необходимы для обезвреживания токсических соединений в печени.

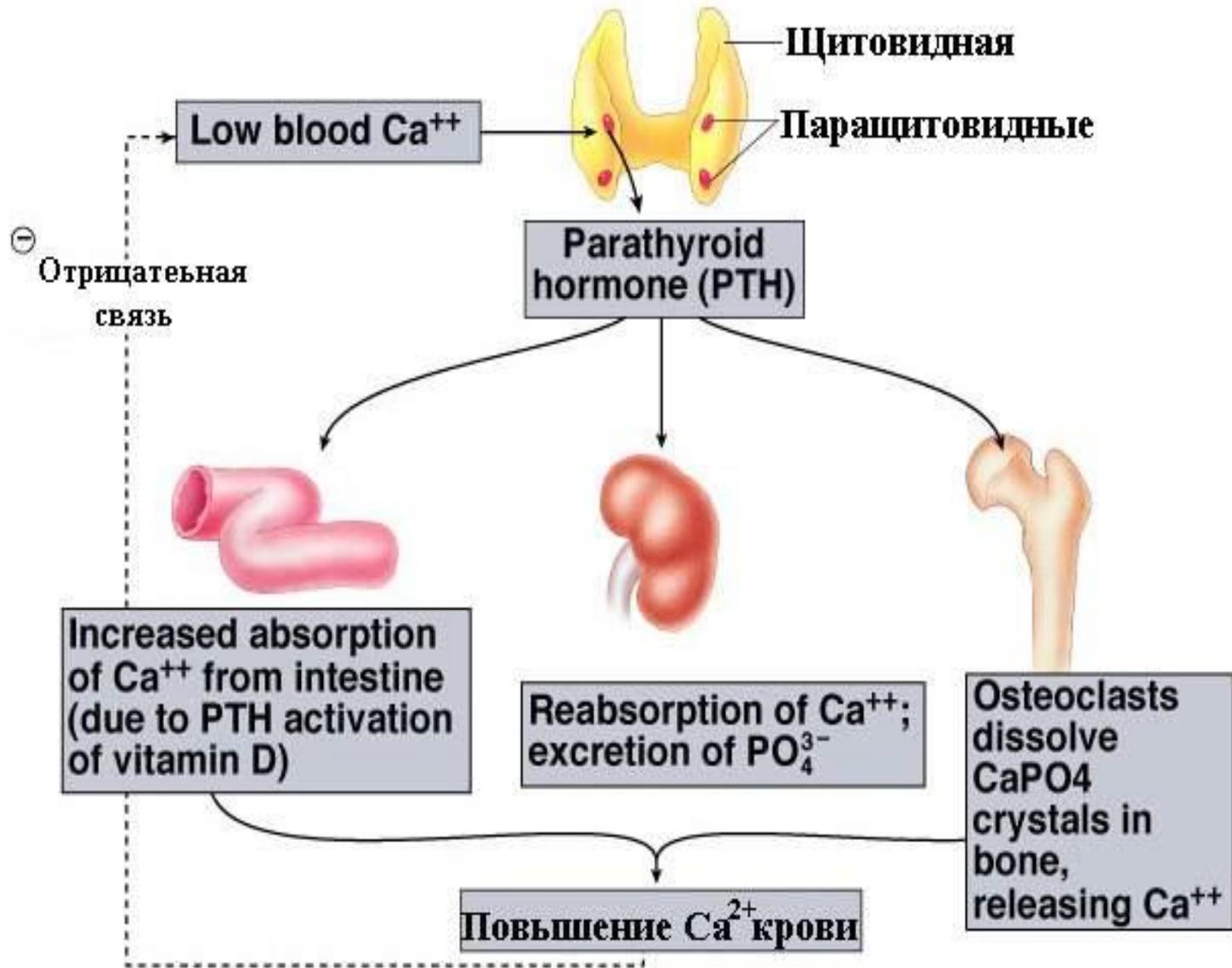
Регуляция водно-солевого обмена

Афферентное звено – рецепторы сосудистого русла, тканей и органов, воспринимающих сдвиги осмотического давления, объема жидкостей и их ионного состава.

В результате, в **ЦНС** создается интегрированная картина состояния водно-солевого баланса в организме:

- изменение **питьевого** и **пищевого** поведения,
- **Эфферентные звенья** - перестройка работы желудочно-кишечного тракта и системы выделения (функции почек), реализуемая через - **нервные и гормональные влияния**.

ПАРАТГОРМОН И ЕГО ОРГАНЫ-МИШЕНИ



ВЛИЯНИЕ НА ОБМЕН КАЛЬЦИЯ

ПАРАТГОРМОНА И

КАЛЬЦИТОНИНА

ГОРМОН	СТИМУЛ	ОРГАНЫ-МИШЕНИ	ОБЩИЙ ЭФФЕКТ
ПАРАТГОРМОН	ПОНИЖЕНИЕ Ca^{2+} В КРОВИ	КИШЕЧНИК ПОЧКИ КОСТИ	ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ Ca^{2+} В КРОВИ
КАЛЬЦИТОНИН	ПОВЫШЕНИЕ Ca^{2+} В КРОВИ	КОСТИ ПОЧКИ	ПОНИЖЕНИЕ УРОВНЯ Ca^{2+} В КРОВИ

