

# *НАРУШЕНИЯ В БАЛАНСА НА ВОДАТА И ЕЛЕКТРОЛИТИТЕ (семинар)*

---


*Медицински университет - София  
Клиничен център по Нефрология  
Клиника по Нефрология  
УМБАЛ "Царица Йоанна - ИСУЛ"*

*В. Василев*

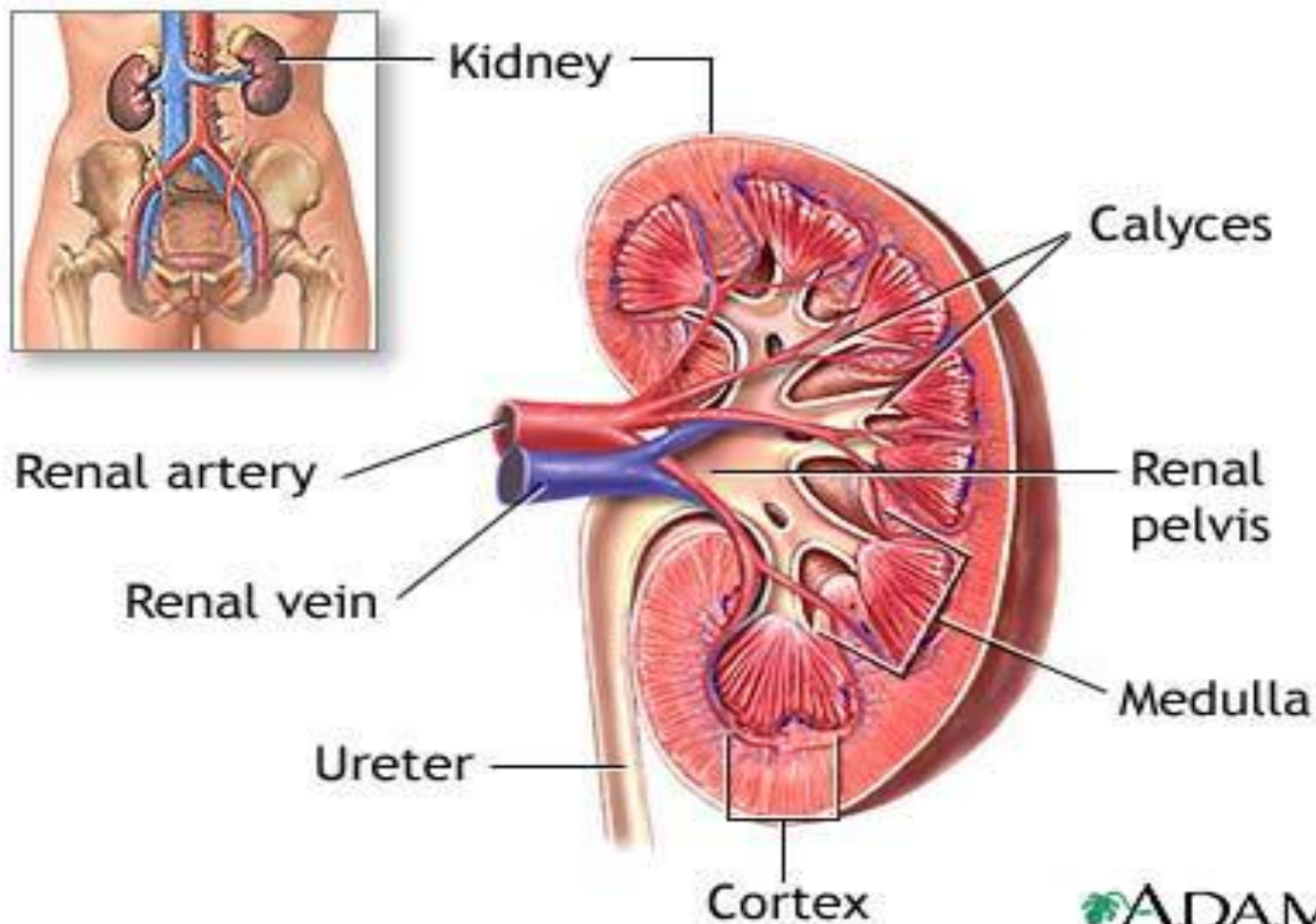


## МЕТАБОЛИЗЪМ НА ВОДАТА И НАТРИЯ

| <b>Вода, постъпваща в организма за 24 часа</b>       | <b>Вода, отделяща се от организма за 24 часа</b> |
|--|--|
| <u>С питейната вода и течностите</u><br>1000-1500 ml | <u>С урината</u><br>1000-1500 ml                 |
| <u>С храната</u><br>700 ml                           | <u>С фекалиите</u><br>100 ml                     |
| <u>Ендогенна вода при катаболизъм</u><br>300 ml      | <u>С perspiratio insensibilis</u><br>900 ml      |
| <u>Общо</u><br>2000-2500 ml                          | <u>Общо</u><br>2000-2500 ml                      |



# МЕТАБОЛИЗЪМ НА ВОДАТА И НАТРИЯ





## МЕТАБОЛИЗЪМ НА ВОДАТА И НАТРИЯ

| Компартименти  | Пример за 60-kg човек                      |
|--|--|
| Обща телесна вода =<br>= 60% от телесната маса           | $60\% \times 60 \text{ kg} = 36 \text{ l}$ |
| Интрацелуларна вода =<br>= 2/3 от общата телесна вода    | $2/3 \times 36 \text{ l} = 24 \text{ l}$   |
| Екстрацелуларна вода =<br>= 1/3 от общата телесна вода   | $1/3 \times 36 \text{ l} = 12 \text{ l}$   |
| Плазмена течност =<br>= 1/4 от екстрацелуларната течност | $1/4 \times 12 \text{ l} = 3 \text{ l}$    |
| Кръвен обем =<br>= плазмена течност / (1-Hct)            | $3 \text{ l} / (1 - 0,40) = 6,6 \text{ l}$ |







## МЕТАБОЛИЗЪМ НА ВОДАТА И НАТРИЯ

| Йони                  | Плазма [mEq/l] | Интрацелуларна течност [mEq/l] |
|-----------------------|----------------|--------------------------------|
| <b><u>Катиони</u></b> |                |                                |
| Калий                 | 4              | 140                            |
| Натрий                | 143            | 12                             |
| Калций                | 2              | 0,001                          |
| Магnezий              | 1              | 38                             |
| <i>Общо катиони</i>   | 150 mEq/l      | 190 mEq/l                      |
| <b><u>Аниони</u></b>  |                |                                |
| Хлориди               | 104            | 4                              |
| Бикарбонати           | 24             | 12                             |
| Фосфати               | 2              | 40                             |
| Протеини              | 14             | 50                             |
| Други                 | 6              | 88                             |
| <i>Общо аниони</i>    | 150 mEq/l      | 190 mEq/l                      |



# МЕТАБОЛИЗЪМ НА ВОДАТА И НАТРИЯ

---

Основни понятия, свързани с обмяната на водата:

**осмоза**

**осмотично налягане**

**осмолалитет**

**осмоларитет**

**осмотично-активно вещество**

**осмотично-ефективно вещество**

**тоничност**





## МЕТАБОЛИЗЪМ НА ВОДАТА И НАТРИЯ

---

За обмяната на **водата** съдим по промяната в концентрацията на осмотично-активните съставки на кръвта, т. е. по плазмения осмолалитет, а главен негов компонент е концентрацията на натрия, затова за водната обмяна съдим по плазмената концентрация на натрия.

За обмяната на **натария** съдим по показатели, касаещи ефективния обем на циркулиращата кръв (ЕОЦК), обема на екстрацелуларната течност (ЕЦО), хемодинамични показатели.



## МЕТАБОЛИЗЪМ НА ВОДАТА И НАТРИЯ

---

Следователно, понятия като *хипонатриемия* и *хипернатриемия* касаят не разстройства в натриевата обмяна, а разстройства във водната обмяна и осморегулацията.



## МЕТАБОЛИЗЪМ НА ВОДАТА И НАТРИЯ

---

$$P_{\text{osm}} = 2 \times ([\text{Na}] + [\text{K}]) + [\text{glu}] + [\text{urea}]$$

или, тъй като  $[\text{K}]$  в плазмата е ниска, то:

$$P_{\text{osm}} = 2 \times [\text{Na}] + [\text{glu}] + [\text{urea}]$$



## *МЕТАБОЛИЗЪМ НА ВОДАТА И НАТРИЯ*

---

$$P_{\text{osm}} (\text{измерен}) = P_{\text{osm}} (\text{изчислен}) \pm 10 \text{ mOsm/kg}$$

**Осмотична разлика ( $N \leq 10 \text{ mOsm/kg}$ )**



## *МЕТАБОЛИЗЪМ НА ВОДАТА И НАТРИЯ*

---

$$P_{\text{osm}} = 285 \div 295 \text{ mOsm/kg}$$





## МЕТАБОЛИЗЪМ НА ВОДАТА И НАТРИЯ

---

Регулаторна система на осмолалитета на телесните течности

(Регулаторна система на водната обмяна)

Рецептори: *осморецептори в хипоталамуса*

Ефекторни механизми:

- *жажда*
- *екскреция на осмотично свободна вода*



## *МЕТАБОЛИЗЪМ НА ВОДАТА И НАТРИЯ*

---

Регулацията на натриевата хомеостаза  
включва:

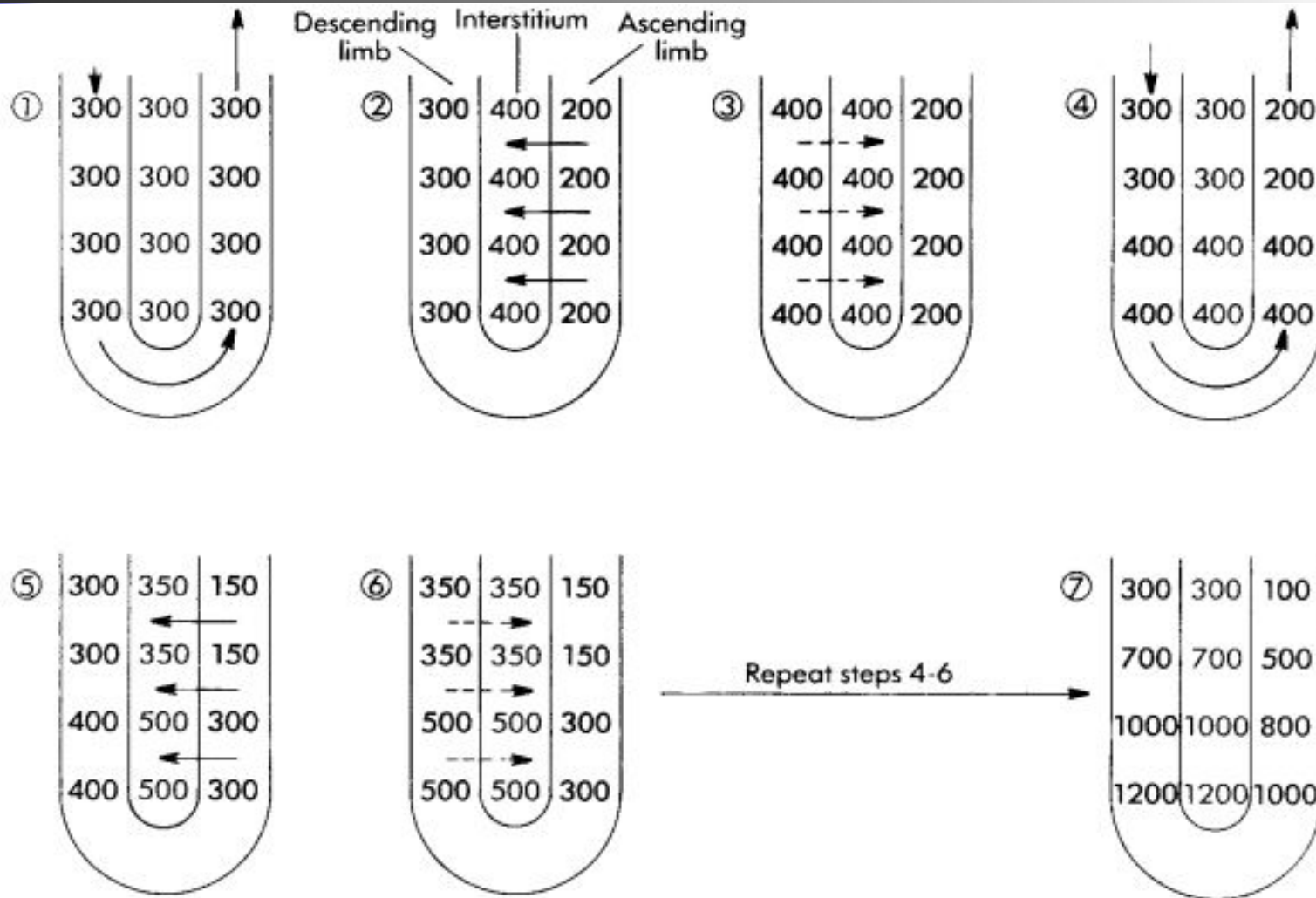
- RAAS
- симпатикусова нервна система
- ANP
- надбъбречни жлези и циркулиращи катехоламини

# ADH

Вазоконстрикция –  $V_1$

Обратна реабсорбция на вода –  $V_2$

# МЕТАБОЛИЗЪМ НА ВОДАТА И НАТРИЯ





## МЕТАБОЛИЗЪМ НА ВОДАТА И НАТРИЯ

---

Най-мощният стимулатор на чувството на жажда и на отделянето на АДН от неврохипофизата е повишеният *осмолалитет* на ЕЦТ.

Достатъчно е повишение на  $P_{osm}$  само с 2%, за да се повиши отделянето на АДН, докато намалението на обема на циркулиращата кръв трябва да е поне с 10%, за да се повиши отделянето на АДН.





## *МЕТАБОЛИЗЪМ НА ВОДАТА И НАТРИЯ*

---

Влияние върху секрецията на АДН оказват:

### **подтискащи**

хипоосмия

хиперволемия

хипертензия

ПНФ

медикаменти

(етанол; антинаркотични;  
фенитоин)

### **стимулиращи**

хиперосмия

хиповолемия

хипотензия

гадене

Ангиотензин II

медикаменти

(никотин; наркотични;  
винкристин; циклофосфамид;  
хлорпропамид)



## *МЕТАБОЛИЗЪМ НА ВОДАТА И НАТРИЯ*

---

**В норма, при възрастни началната точка на отделяне на АДН се намира между стойности на плазмения осмолалитет от 280 и 290 mOsm/kg**



## *МЕТАБОЛИЗЪМ НА ВОДАТА И НАТРИЯ*

---

Началната точка за отделяне на АДН се измества към по-ниски стойности на осмоалитета, от състояния като:

1. Хиповолемия и хипотензия
2. Бременност
3. Карцином
4. Малнутриция
5. Психоза



## МЕТАБОЛИЗЪМ НА ВОДАТА И НАТРИЯ

---

Осмотичен клирънс:

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

Клирънс на осмотично свободната вода:

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



## МЕТАБОЛИЗЪМ НА ВОДАТА И НАТРИЯ

---

### Клиничен случай:

|            | Пациент 1   | Пациент 2   | Пациент 3   |
|------------|-------------|-------------|-------------|
| $P_{osm}$  | 300 mOsm/kg | 300 mOsm/kg | 300 mOsm/kg |
| $U_{osm}$  | 300 mOsm/kg | 150 mOsm/kg | 600 mOsm/kg |
| $V$        | 2 ml/min    | 4 ml/min    | 1 ml/min    |
| $C_{osm}$  | 2 ml/min    | 2 ml/min    | 2 ml/min    |
| $C_{H_2O}$ | 0 ml/min    | 2 ml/min    | - 1 ml/min  |



*Хипонатриемия* не  
винаги е синоним на  
*хипоосмолалитет!*



## *МЕТАБОЛИЗЪМ НА ВОДАТА И НАТРИЯ*

---

**Псевдохипонатриемия:** състояние на измерена ниска концентрация на натрия в плазмата при нормален или висок плазмен осмолалитет. В този случай осморегулацията не е нарушена.

Това състояние се развива при:

- хиперлипидемия
- хиперпротеинемия
- хипергликемия
- наличие на интоксикация с екзогенно осмотично-активно вещество



## МЕТАБОЛИЗЪМ НА ВОДАТА И НАТРИЯ

---

### Клиничен случай:

Пациент на 70 години, страдащ от инсулин-независим захарен диабет с давност от 5 години, постъпва в Спешно отделение с леко нарушение в съзнанието. От прегледа: RR 120/80 mmHg; РСД – 70/min; ДЧ 18/min; нормален кожен тургор, без данни за дехидратация. Състоянието на СС и ДС съответстват на нормите за възрастта. Без данни за огнищна неврологична симптоматика от неврологичния преглед.

От лабораторните изследвания: **натрий – 125 mmol/l**; хлориди – 90 mmol/l; калий – 4,0 mmol/l; SB – 22,0 mmol/l; glu – 39,9 mmol/l; urea – 5,0 mmol/l.

$$P_{\text{osm}} = 2[\text{Na}] + [\text{glu}] + [\text{urea}] = 2 \cdot 125 + 39,9 + 5,0 = 294,9 \text{ mOsm/kg}$$



## МЕТАБОЛИЗЪМ НА ВОДАТА И НАТРИЯ

---

### Клиничен случай:

Алкохолик на 35 години, намиращ се в безсъзнателно състояние е докаран в Спешно отделение. При болния е бил открит отворен флакон с антифриз (разтвор на етиленгликол). От прегледа: RR 110/70 mmHg; РСД 80/min; ДЧ 24/min.

От лабораторните изследвания: **натрий – 120 mmol/l**; калий – 4,0 mmol/l; хлориди – 80 mmol/l; SB – 15 mmol/l; glu – 5,0 mmol/l; urea – 5,0 mmol/l;  $P_{\text{osm(измерено)}} = 290 \text{ mOsm/kg}$ .

$$P_{\text{osm}} = 2[\text{Na}] + [\text{glu}] + [\text{urea}] = 2 \cdot 120 + 5,0 + 5,0 = 250 \text{ mOsm/kg}$$

Осмотичната разлика е  $> 10 \text{ mOsm/kg}$ !



## МЕТАБОЛИЗЪМ НА ВОДАТА И НАТРИЯ

---

След като е отхвърлена псевдохипонатриемията като причина за ниската натриева концентрация, диагнозата е **истинска хипонатриемия** – хипоосмотично състояние с патологични отклонения в осморегулацията (патологична жажда; усилена секреция на АДН; или патологична реакция на бъбреците на АДН)!



## *МЕТАБОЛИЗЪМ НА ВОДАТА И НАТРИЯ*

---

При констатирана **истинска хипонатриемия**, параметрите, необходими за ограничаване на диференциално-диагностичния план, които налагат изясняване, са:

- относителното тегло (осмолалитета) на урината
- нивто на АДН в кръвта



## *МЕТАБОЛИЗЪМ НА ВОДАТА И НАТРИЯ*

---

При хипонатриемия, когато  $U_{osm}$  и [ADH] са ниски – бъбрекът и регулаторната ос “хипофиза – бъбрек” имат запазена функция, тогава патология би следвало да се търси в осморецепторите и в чувството на жажда (напр., психогенна полидипсия).



## МЕТАБОЛИЗЪМ НА ВОДАТА И НАТРИЯ

---

### Клиничен случай:

Жена на 25 години провежда контролен преглед при семеен лекар. Налице е бременност в 20-та гестационна седмица. Липсват субективни оплаквания.

От лабораторните изследвания: **натрий – 132 mmol/l**;  $P_{osm} – 278$  mOsm/kg. До началото на бременността серумният натрий бил около 144 mOsm/kg.

Физиологично състояние, не налагащо лечение!





## *МЕТАБОЛИЗЪМ НА ВОДАТА И НАТРИЯ*

---

Отделянето на АДН се регулира не само от осмолалитета на плазмата, но и от ефективния обем циркулираща кръв (ЕОЦК)

При нормални условия ЕОЦК е правопрпорционален на обема на екстрацелуларната течност



## *МЕТАБОЛИЗЪМ НА ВОДАТА И НАТРИЯ*

---

При излишък на натрий в организма, ЕЦО и ЕОЦК са повишени

При недостиг на натрий в организма, ЕЦО и ЕОЦК са понижени.



## *МЕТАБОЛИЗЪМ НА ВОДАТА И НАТРИЯ*

---

При намаление на натрия в организма се стимулира отделянето на АДН

(намаление на средното АН с поне 10% е стимул за повишение на секрецията на АДН)



## *МЕТАБОЛИЗЪМ НА ВОДАТА И НАТРИЯ*

---

Патологични състояния, при които е налице правопрпорционална зависимост между ЕЦО и ЕОЦК и при които намалението на ЕОЦК води до стимулиране на отделянето на АДН са:

- кръвозагуба
- дехидратация (диария, обилно изпотяване)
- ятрогенна хипотония



## *МЕТАБОЛИЗЪМ НА ВОДАТА И НАТРИЯ*

---

При част от патологичните състояния, свързани с разстройства на осморегулацията, ЕЦО не е пропорционален на ЕОЦК, такива могат да са:

- чернодробната цироза
- хроничната застойна сърдечна недостатъчност
- нефротичния синдром

При тях е налице **хипоосмолалитет, хиперволемия и намален ЕОЦК**



## МЕТАБОЛИЗЪМ НА ВОДАТА И НАТРИЯ

---

### Клиничен случай:

Мъж на 50 години потърсил лекарска помощ с оплаквания от увеличение на телесната маса и оточен синдром в областта на долни крайници.

Съобщил, че ежедневно от половин година изпивал около 3 чаши уиски. Обичайната му телесна маса била около 70 kg, но в момента на прегледа била 110 kg.

От прегледа: RR 110/70 mmHg, без ортостатизъм; кожни разширени капиляри тип “звезда”; палмарен еритем; без шиен венозен застой; без патологични изменения от страна на СС и ДС; клинични данни за асцит; изразени отоци претибиално и перималеоларно; атрофия на тестисите.

От лабораторните изследвания: **натрий – 125 mmol/l**; калий – 4,0 mmol/l; хлориди – 90 mmol/l; ОБ – 53 g/l; албумин – 20 g/l; глюкоза – 4,44 mmol/l; урея – 1,42 mmol/l; SB – 22 mmol/l;  $P_{\text{osm(измерено)}} = 265 \text{ mOsm/kg}$ ; ПУ – 0,25 g/d.



## *МЕТАБОЛИЗЪМ НА ВОДАТА И НАТРИЯ*

---

Информация за намаление на ЕОЦК при хипоосмотично състояние (истинска хипонатриемия) при хипо- или хиперволемия, носят показателите:

- $U_{\text{osm}} > 200 \text{ mOsm/kg}$  (поради  $\uparrow \text{ADH}$ )
- $U_{\text{Na}} < 10 \text{ mmol/l}$  (поради  $\uparrow \text{алдостерон}$ )



## МЕТАБОЛИЗЪМ НА ВОДАТА И НАТРИЯ

---

### Клиничен случай:

Мъж на 65 години, активен пушач (по 40 цигари дневно) в продължение на над 20 години) е доведен от съпругата си на лекар, по повод на периоди на дезориентация от 2-3 дни. Анамнеза за хронична кашлица, редукция на тегло с 11 kg за последните 3 месеца. Не приема никакви лекарства.

От прегледа: RR 140/85 mmHg; РСД 80/min; афебрилен; редуцирана мастна тъкан; влажни лигавици; отслабено дишане в ляво горно белодробно поле; без отоци.

От лабораторните изследвания: **натрий – 115 mmol/l**; хлориди – 80 mmol/l; глюкоза – 5,0 mmol/l; SB – 22 mmol/l; урея – 7,0 mmol/l; P<sub>osm</sub> – 250 mOsm/kg; U<sub>osm</sub> – 280 mOsm/kg.

Рентгенографията на белите дробове показва наличие на плътна сянка с диаметър 6 см в горно ляво белодробно поле.

От цитологичен анализ на храчка – данни за дребноклетъчен карцином.





# МЕТАБОЛИЗЪМ НА ВОДАТА И НАТРИЯ

---

Истинска хипонатриемия при нормоволемиа се развива при:

- синдром на неадекватна антидиуреза (SIAD)
  - карциноми; левкемии; лимфоми (ектопична секреция на АДН)
  - разстройства на ЦНС: Ту; травми; енцефалит; менингит; SLE (повишена секреция на АДН)
  - белодробни инфекции (вероятно ектопична секреция на АДН)
- хипотиреоидно състояние и глюкокортикоидна недостатъчност
- прием на следните медикаменти, усилващи отделянето на АДН:
  - трициклични антидепресанти
  - никотин
  - морфин
  - химиотерапевтици (винкристин; циклофосфамид)
- прием на медикаменти, усилващи ефекта на АДН:
  - НСПВС
  - СУП



## *МЕТАБОЛИЗЪМ НА ВОДАТА И НАТРИЯ*

---

Хипонатриемия при хипер, изо- или хиповолемия може да се развие и при:

- хронична бъбречна недостатъчност с невъзможност за адекватна екскреция на осмотично свободна вода
- прием на диуретици (тиазидни, бримкови)



## МЕТАБОЛИЗЪМ НА ВОДАТА И НАТРИЯ

---

Диагностиката на хипонатриемията е трудна. Системният подход към нея налага във всеки конкретен случай последователното отговаряне на следните въпроси:

*Има ли истинска хипонатриемия или се касае за псевдохипонатриемия?*

*Ако е налице истинска хипонатриемия (хипоосмолалитет), реагира ли бъбрека адекватно с екскреция на осмотично свободна вода?*

*Има ли задръжка на натрий от бъбрека?*



## *МЕТАБОЛИЗЪМ НА ВОДАТА И НАТРИЯ*

---

### **Клинична картина на хипонатриемията**

Неврологични симптоми с предимно количествени промени в съзнанието, които са израз на мозъчен оток.

Рядко настъпват преди  $[Na]$  да спадне под 125 mmol/l.

Появата на симптомите зависи освен от тежестта на хипоосмолалитета, също и от бързината, с която той се развива, от наличието на подлежащо неврологично заболяване и от наличието на подлежащо не-неврологично разстройство (хипоксия, хиперкапния, ацидоза, хиперкалциемия и т. н.)



# МЕТАБОЛИЗЪМ НА ВОДАТА И НАТРИЯ

---

## Лечение на хипонатриемията

- При наличие на хиповолемия – изотоничен 0,9% NaCl, i.v.
- При диуретична нокса – към инфузиите се добавя K (30 до 40 mEq/l), дори ако плазмения K не е нисък (много често е налице хипокалия)
- При наличен SIAD не бива инфузиите с 0,9% NaCl да превишават 1 до 2 l/24 h, лекува се причината
- При надбъбречна недостатъчност и хипотиреоидизъм – заместителна терапия
- При хиперволемия – ограничение на приема на течности
- При сърдечна недостатъчност – Furosemide 20 до 40 mg, i.v.
- **Скорост на корекцията** (зависи от тежестта на хипонатриемията, времето за развитието ѝ, симптомите на пациента) – 0,5 до 1 mEq/l/h при скорост до 12 mEq/l/h на всеки 24-часов период на корекция. Бързата корекция е свързана с риск от понтинна и екстрапонтинна миелинолиза!

*Хипернатриемията*  
винаги е синоним на  
*хиперосмолалитет!*



## МЕТАБОЛИЗЪМ НА ВОДАТА И НАТРИЯ

---

Хипернатриемията е състояние, развиващо се при:

- *задръжка на соли*
- *загуба на хипотонични течности без адекватно заместване с вода*
- *истинска (изолирана) загуба на вода*



## МЕТАБОЛИЗЪМ НА ВОДАТА И НАТРИЯ

---

- *Задръжка на сол се развива най-често ятрогенно – при инфузия на натриеви соли при интензивна терапия*





## МЕТАБОЛИЗЪМ НА ВОДАТА И НАТРИЯ

---

- *Загуба на хипотонични течности*

*Бъбречни загуби: при осмотична диуреза*

*Извънбъбречни загуби: обилно изпотяване,  
диария, повръщане ( $U_{Na} < 10 \text{ mmol/l}$ )*



## МЕТАБОЛИЗЪМ НА ВОДАТА И НАТРИЯ

---

- *Истинска (изолирана) загуба на вода*

*През белите дробове: при хипервентилация и фебрилитет*

*През бъбреците: при безвкусен диабет*



## МЕТАБОЛИЗЪМ НА ВОДАТА И НАТРИЯ

---

### Клиничен случай:

Мъж на 25 години е приет в Неврохирургично отделение в безсъзнание след автомобилна катастрофа. СТ на глава показва фрактура на basis cranii. След около 4 часа се отбелязва драстично увеличение на диурезата (2,5 l за 8h). Съставът на плазмата при постъпването и след 24 часа е следния:

| Кръвна плазма | при постъпването | след 24 часа      |
|---------------|------------------|-------------------|
| <u>Натрий</u> | <u>140</u>       | <u>155 mmol/l</u> |
| Калий         | 3,8              | 4,0 mmol/l        |
| Хлориди       | 102              | 115 mmol/l        |
| SB            | 24               | 35 mmol/l         |
| Урея          | 14               | 30 mmol/l         |
| Креатинин     | 106              | 115 $\mu$ mol/l   |
| Глюкоза       | 4,5              | 4,6 mmol/l        |



## *МЕТАБОЛИЗЪМ НА ВОДАТА И НАТРИЯ*

---

Централният безвкусен диабет е състояние на намалена продукция и отделяне на АДН, бива частичен и пълен и може да се наблюдава при:

- травми с фрактури на черепната основа
- интракраниални тумори
- инфекции (менингит, енцефалит, ТВС)
- аневризми на мозъчни съдове
- хистиоцитоза



## МЕТАБОЛИЗЪМ НА ВОДАТА И НАТРИЯ

---

### Клиничен случай:

Мъж на 40 години, страдащ от биполярно психично разстройство, потърсил психиатър с оплаквания от полиурия, никтурия и полидипсия. Моментното му лечение включва литиев карбонат – 4 x 250 mg/d.

От лабораторните изследвания: **натрий – 150 mmol/l**; калий – 4,0 mmol/l; хлориди – 115 mmol/l; SB – 28 mmol/l; урея – 3,5 mmol/l; креатинин – 133  $\mu$ mol/l; глюкоза – 4,8 mmol/l; литий – 1,5 mmol/l.



## МЕТАБОЛИЗЪМ НА ВОДАТА И НАТРИЯ

---

**Нефрогенният** безвкусен диабет е състояние на намалено действие на АДН на нивото на събирателните бъбречни тубули, бива частичен и пълен и първичен и вторичен, може да се наблюдава при:

- вродени състояния с дефекти във  $V_2$  за АДН
- медикаменти: *литиев карбонат, демеклоциклин, метоксифлуран, амфотерицин В*
- патологични състояния като: *хиперкалциемия, хипокалиемия, интерстициални бъбречни заболявания (саркоидоза, амилоидоза, сърповидно-клетъчна нефропатия, аналгетична нефропатия, хроничен пиелонефрит)*



## *МЕТАБОЛИЗЪМ НА ВОДАТА И НАТРИЯ*

---

### **Лечение на хипернатриемията**

Лечение на подлежащата причина

Корекцията на [Na] да не става със скорост, по-висока от 2 mmol/l за 1 час, поради опасност от мозъчен оток!



## *МЕТАБОЛИЗЪМ НА КАЛИЯ*

---







## МЕТАБОЛИЗЪМ НА КАЛИЯ

---

Общото количество калий в организма е около 3500 mmol.

98% се намира в интрацелуларното пространство  
2% се намира екстрацелуларно

Това разпределение се дължи на Na-K-АТР-аза, която се активира от два хормона, регулиращи клетъчното разпределение на калия: *инсулин* и *адреналин*



МЕТАБОЛИЗЪМ НА КАЛИЯ

---

*3,5 до 5,5 mmol/l*



## *МЕТАБОЛИЗЪМ НА КАЛИЯ*

---

За 24 часа с храната в организма постъпат  
5 до 100 mmol калий

Такова количество се отделя от организма,  
като 90% се екскретира с урината, около  
10% с изпражненията и незначително  
количество с потта



## *МЕТАБОЛИЗЪМ НА КАЛИЯ*

---

В нефрона:

70-80% от филтрирания калий се абсорбира в проксималния тубул

20-30% от филтрирания калий се абсорбира в дебелата възходяща част на бримката на Henle

В дисталния тубул и събирателното каналче калий се секретира в зависимост от няколко фактора



## *МЕТАБОЛИЗЪМ НА КАЛИЯ*

---

Пет основни фактора стимулират секрецията на калий в дисталния нефрон:

- алдостерон
- повишена доставка на натрий до дисталния нефрон
- увеличаване на уринен дебит в тубулите
- повишеното съдържание на калий в тубулните клетки на дисталния нефрон
- метаболитна алкалоза



## *МЕТАБОЛИЗЪМ НА КАЛИЯ*

---

Извънбъбречно преразпределение на калия  
(преразпределение на калия между интрацелуларното и  
екстрацелуларното пространство)

- инсулин
- адреналин
- бикарбонат
- $\beta$ -блокери (неселективни)
- метаболитна ацидоза



# МЕТАБОЛИЗЪМ НА КАЛИЯ - хипокалиемия

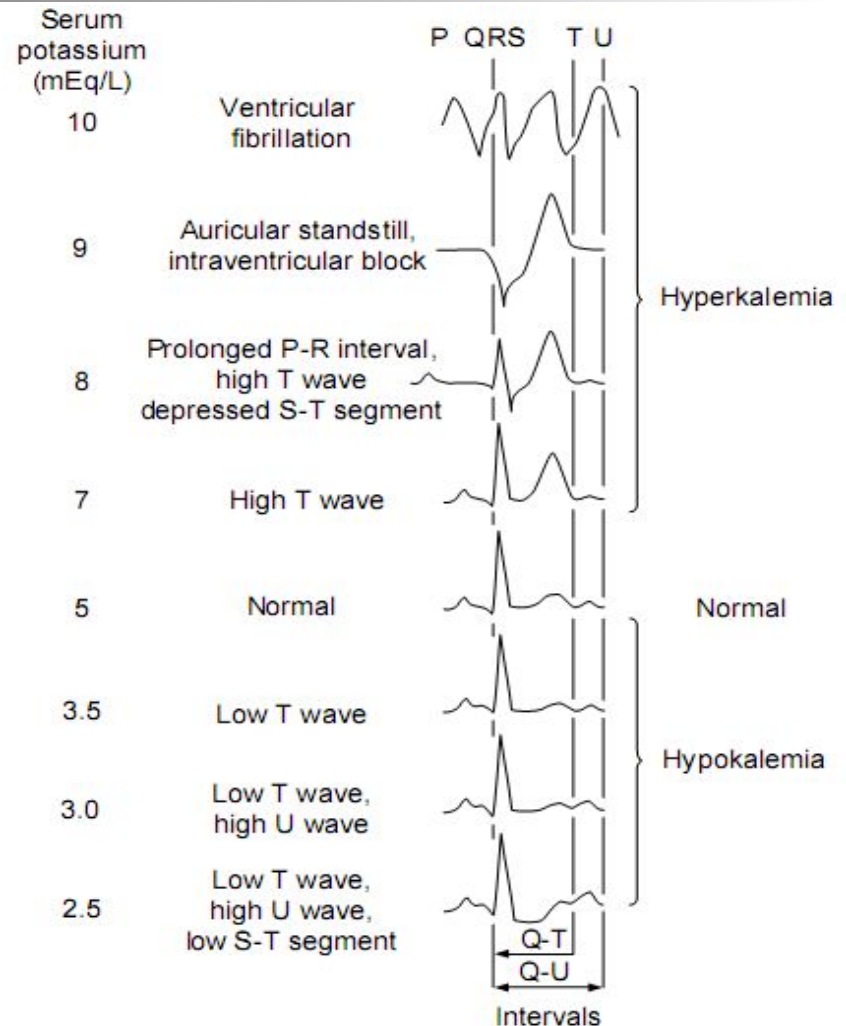
---

- **Неадекватен (нисък) калиев прием (тежка малнутриция)**
- **Извънбъбречни калиеви загуби**
- Повръщане
- Диария
- **Хипокалиемия, дължаща се на загуба на калий с урината**
- Диуретици (бримкови, тиазиди, acetazolamide)
- Осмотична диуреза (напр. при хипергликемия)
- Хипокалиемия с артериална хипертония
- Първичен хипералдостеронизъм (синдром на Conn)
- Глюкокортикоид-опосредствана артериална хипертония
- Малигнена артериална хипертония
- Реновасална артериална хипертония
- Ренин-секретиращ тумор
- Есенциална артериална хипертония с прием на диуретици
- Синдром на Liddle
- 11 $\beta$ -хидроксистероид-дехидрогеназна недостатъчност
- Генетична
- Медикаментозно-индуцирана (тютюн за дъвчене, ликорис, някои френски вина)
- Вродена надбъбречна хиперплазия
- Хипокалиемия с нормално артериално налягане
- Дистална бъбречна тубулна ацидоза (тип I)
- Проксимална бъбречна тубулна ацидоза (тип II)
- Синдром на Bartter
- Синдром на Gitelman
- Хипомагниезимия (цисплатина, алкохолизъм, диуретици)
- **Хипокалиемия, дължаща се на калиево преразпределение**
- Приложение на инсулин
- Високи нива на катехоламините (остър стрес)
- Фамилна периодична хипокалиемична парализа
- Тиреотоксична хипокалиемична парализа

## МЕТАБОЛИЗЪМ НА КАЛИЯ - хипокалиемия

Клинична картина:

- мускулна слабост
- илеус
- уринна ретенция
- полиурия
- ЕКГ-промени







## *МЕТАБОЛИЗЪМ НА КАЛИЯ - хипокалиемия*

---

Лечение:

- **перорално:** Kalinor, Pamaton, Panangin
- **интравенозно:** KCl с максимална скорост до 10 mmol/h при постоянен ЕКГ-мониторинг и контрол на серумния калий на всеки 3 часа



# МЕТАБОЛИЗЪМ НА КАЛИЯ - *хиперкалиемия*

---

- **Псевдохиперкалиемия**
- Хемолиза
- Тромбоцитоза
- Тежка левкоцитоза
- Прекомерно стискане на юмрук при вземане на кръвта
- **Намалена бъбречна екскреция на калий**
- Остра или хронична бъбречна недостатъчност
- Алдостеронов дефицит (напр. тип IV бъбречна тубулна ацидоза)
- Често асоцииран с диабетна нефропатия, хроничен интерстициален нефрит или обструктивна уропатия
- Надбъбречна недостатъчност (болест на Addison)
- Медикаменти, подтискащи екскрецията на калий
- Бъбречни заболявания, които увреждат дисталната тубулна функция
- Сърповидно-клетъчна анемия
- Системен еритематозен лупус
- **Патологично преразпределение на калий**
- Инсулинов дефицит
- $\beta$  – блокери
- Метаболитна или респираторна ацидоза
- Фамилна хиперкалиемична периодична парализа
- **Патологично освобождаване на калий от клетките**
- Рабдомиолиза
- Тумор-лизис синдром



# МЕТАБОЛИЗЪМ НА КАЛИЯ - хиперкалиемия

---

## Намалена бъбречна екскреция на калий

### **Блокиране на натриевите каналчета в дисталния нефрон**

Калий-запазващи диуретици: amiloride, triamterene

Антибиотици: trimethoprim, pentamidine

### **Блокиране на алдостероновата продукция**

АСЕ-инхибитори (напр. captopril, enalapril, lisinopril, perindopril,trandolapril, fosinopril, ramipril, benazepril)

Ангиотензин II рецепторни (I) антагонисти (напр. losartan, valsartan, telmisartan, irbesartan, eprosartan)

НСПВС

Heparin

Tacrolimus

### **Блокиране на алдостероновите рецептори**

Spirolactone

### **Блокиране активността на Na-K-АТР-аза в дисталния нефрон**

Cyclosporine

## Подтискане на извънбъбречното калиево преразпределение

**Блокиране на  $\beta$ 2-адренергично медираното извънбъбречно калиево преразпределение** – неселективни  $\beta$ -блокери (напр. propranolol, nadolol, timolol)

**Блокиране активността на Na-K-АТР-аза в скелетните мускули;** свръхдоза digoxin (не терапевтични дози)

**Подтискане на инсулиновото освобождаване** (напр. от Somatostatin)

## Калиево освобождаване от увредени клетки

**Медикаментозно предизвикана рабдомиолиза** (напр. lovastatin, cocaine)

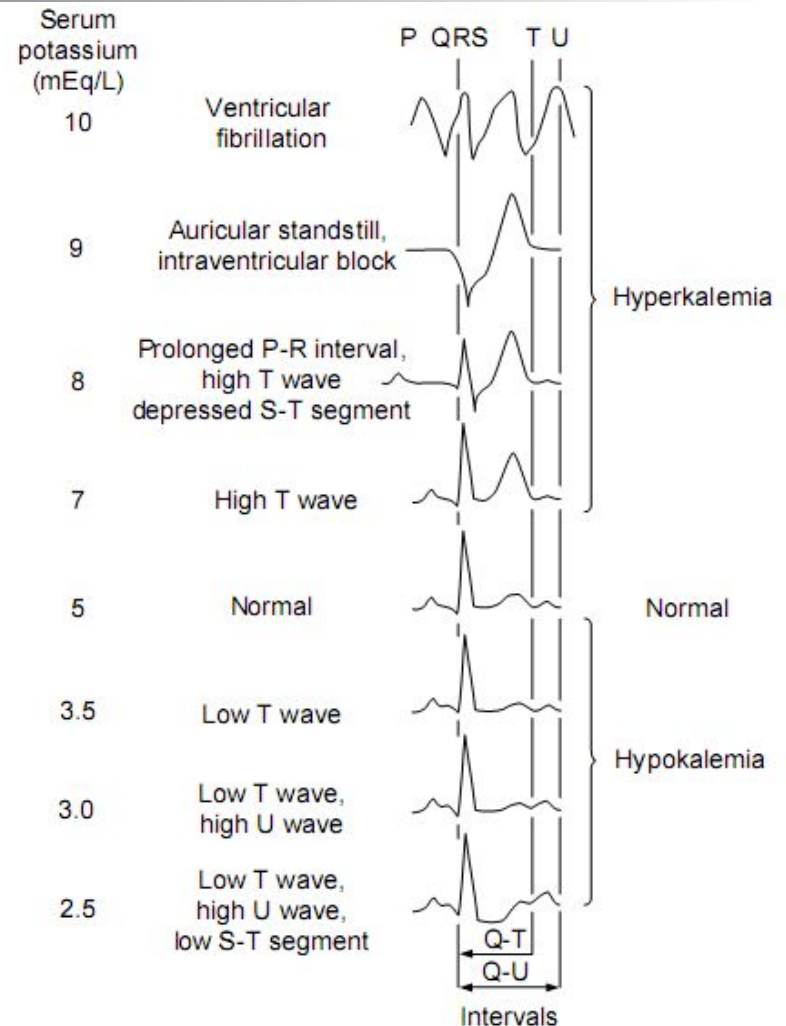
**Медикаментозно предизвикан тумор-лизис синдром** (химиотерапевтични агенти при остри левкемии, лимфоми във високи стадии)

## Медикаментозно предизвикана остра бъбречна недостатъчност

# МЕТАБОЛИЗЪМ НА КАЛИЯ - хиперкалиемия

Клинична картина:

- мускулна слабост
- бъбречна тубулна ацидоза  
IV тип
- повишена ендогенна  
синтеза на алдостерон
- ЕКГ-промени





## *МЕТАБОЛИЗЪМ НА КАЛИЯ - хиперкалиемия*

---

Лечение:

- калциев глюконат
- инсулин с глюкоза;  $\beta_2$ -агонист
- натриев бикарбонат
- бримкови диуретици
- йоннообменни смоли
- хемодиализа

**НАРУШЕНИЯ В БАЛАНСА НА ВОДАТА И  
ЕЛЕКТРОЛИТИТЕ**  
(семинар)

[www.nefrologia.promed.bg](http://www.nefrologia.promed.bg)

