

Mechanismy udržení homeostázy vnitřního prostředí

Homeostáza, neboli stálost vnitřního prostředí, je **nezbytná pro normální činnost živých organismů**. Mezi mechanismy udržování stálosti vnitřního prostředí patří **udržování acidobazické rovnováhy (ABR), elektrolytové rovnováhy a vodní rovnováhy**.

Pokud dojde k porušení homeostázy v některých ze zmíněných systémů (udržování acidobáze, elektrolytů, vodní rovnováhy), dojde i poruše rovnováhy iontů na membránách buněk, následně k poruše funkcí enzymů, což vede k selhání syntézy ATP (adenosintrifosfát), což je molekula esenciální pro správné fungování buňky – dochází k smrti buňky.

Obsah vody v organismu

Celková voda u dospělého člověka **tvoří zhruba 60 % celkové hmotnosti**. V kojeneckém věku je tento podíl vyšší (75 %), naopak ve stáří dochází k poklesu podílu vody v organismu (na 50 %). Také v tělesném tuku je výrazně nižší podíl tuku. Voda v organismu se obecně nachází ve třech základních kompartmentech:

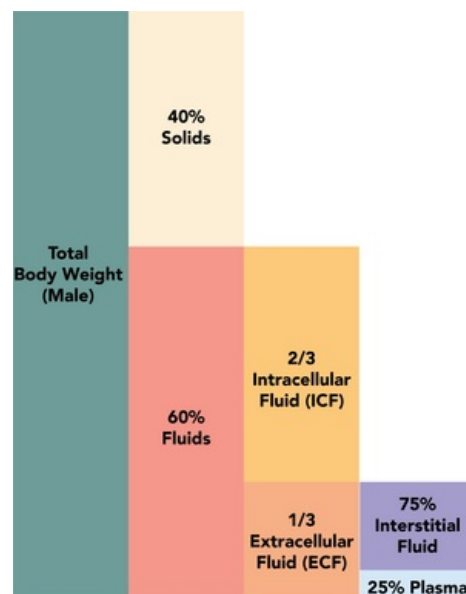
- **Intracelulárně**, kde se nachází zhruba 2/3 celkové vody.
- **Extracelulárně**, která tvoří zbylou 1/3 a dále se dá rozdělit na dva kompartmenty:
 - vodu obsaženou **intravazálně** v cévách (5 % celkové tělesné hmotnosti)
 - a vodu obsaženou **v intersticiálních prostorách** buněk (tvořící krevní plazmu a lymfu a tvořící 15 % celkové tělesné hmotnosti). Někdy se tomuto prostoru říká *třetí prostor*.

Mezi těmito kompartmenty probíhá výměna vody a iontů podle pravidel **izoosmolarity, elektroneutality a isotonie**.

Zákon izoosmolarity říká, že voda může volně procházet mezi všemi kompartmenty podle osmotického gradientu. Protože platí, že osmolarita všech tělesných kompartmentů (s výjimkou dřeně ledvin) je stejná, přesuny vody probíhají právě **podle osmotického gradientu**. Např. pokud podáme infúzi hypertonického roztoku NaCl, voda se přesune z intracelulárního kompartmentu do extracelulárního, aby se vyrovnal osmotický gradient.

Podle **zákonu elektroneutality** je ve všech tělesných kompartmentech **stejný počet kationtů jako je počet aniontů**, což nám umožňuje vypočítat anion gap (AP), což je výpočet, který nám pomáhá určit typ poruchy acidobazické rovnováhy. **Ionty** a jiné nízkomolekulární metabolity, s výjimkou ethanolu a urey, **membránami volně neprocházejí**, ale mohou procházet endotelem cév. Proto platí, že *iontové složení intersticiálního (třetího) prostoru a plasmy je téměř identické*, ale liší se od iontového složení intracelulárního.

Isotonie termín označující **stejný osmotický tlak**. Představuje **požadavek na udržení stále koncentrace iontů**, což je dosaženo jednak udržováním množství iontů a jednak udržováním množství rozpouštědla, tedy vody; je dosaženo udržení stále hodnoty osmolarity. Přes endotel kapilár neprocházejí proteiny a vyšší obsah proteinů v plazmě oproti intersticiálnímu prostoru (třetí prostor) způsobuje onkotický gradient ve prospěch návratu tekutin z intersticiálního prostoru do intravaskulárního kompartmentu.



Rozložení vody v organismu

Iontové složení a osmolarita extracelulární tekutiny

V **intracelulárním** prostoru je dominantním kationtem **K⁺** a dominantní **anionty jsou fosfáty a negativně nabitě proteiny**. Iontové složení v extracelulárním prostoru je odlišné, z kationtů převažuje Na⁺, z aniontů Cl⁻, HCO₃⁻ a negativně nabitě proteiny. Anion gap, neboli aniontová mezera, která se používá pro diferenciální diagnostiku metabolických acidóz, se vypočítá jako součet extracelulárních kationtů a odečet aniontů.

Tj. **AG = (Na⁺ + K⁺) - (Cl⁻ + HCO₃⁻)**. Fyziologicky je rozmezí anion gap **14-18 mmol/l**, a to proto, že v plazmě se kromě iontů vyskytují i anionty organických a anorganických kyselin, kam řadíme např. ketolátky a laktát (anionty organických kyselin), respektive sulfáty a fosfáty (anionty anorganických kyselin).

Abychom spočítali **osmolaritu**, sečteme anionty, kationty a neionizované soluty (neionizované, tj. v plazmě urea, glukóza). Normální osmolarita se pohybuje v **rozmezí 280-295 mM**. V praxi se setkáváme se zjednodušeným výpočtem osmolarity: **osm = 2Na⁺ + urea + glukóza**.

Regulace osmolarity

Osmolarita se dá regulovat buď **změnou množství solutů nebo změnou množství vody**. V lidském organismu se využívá **pro regulaci osmolarity** plazmy **mechanismus zadržování a vylučování vody**, naopak pro regulaci množství objemu extracelulárně tělo využívá mechanismus regulace iontů (Na^+). Na vzestup osmolarity v těle reaguje hypotalamus **vyvoláním žízně (což vede k přijetí vody)**, vylučováním ADH (který způsobí zadržování vody). Na pokles osmolarity naopak hypotalamus zareaguje inhibicí vylučování ADH, což způsobí vzestup osmolarity. Výjimkou je hypovolémie, kdy i přes normální osmolaritu se ADH vylučuje a za cenu snížení osmolarity se retinuje voda a organismus zachovává cirkulující objem. ADH se řadí mezi stresové hormony.

Regulace objemu extracelulární tekutiny

Jak již bylo řečeno, na regulaci osmolarity se podílí především regulace vylučování a přijímání vody, zatímco na regulaci objemu extracelulární tekutiny se podílí především regulace ionty (tj. hlavně Na^+). **Určující pro objem vody v extracelulárním prostoru je tedy množství iontů**, voda se "dorovná" tak, aby výsledná hodnota byla normoosmolární (tj. v rozmezí 280-295 mM). Tělo reguluje množství iontů Na^+ dvěma způsoby – systémem RAAS a natriuretickými peptidy. Systém renin-angiotenzin-aldosteron (RAAS) reaguje na pokles tlaku v glomerulech ledvin a reaguje na něj vylučováním kaskády hormonů, jejíž účinkem mimo jiné je retence Na^+ (na úkor vylučování do moči za pomoci aldosteronu, naopak se vylučuje do moči K^+ a H^+), což způsobí i zadržování vody v organismu. Natriuretické peptidy (ANP, BNP) tvořené v síních srdce, reagující na napětí v síních při zvýšeném objemu krve, naopak zvyšují natriurézu, tj. vylučování Na^+ do moči (a tím způsobí opět pokles Na^+ v plazmě a tím pádem i pokles extracelulárního objemu, který na tento pokles iontů reaguje).

Regulace acidobazické rovnováhy

 *Podrobnější informace naleznete na stránce [Mechanismy udržování acidobazické rovnováhy](#).*

FRANTIŠEK DUŠKA,. *Poruchy vnitřního prostředí v intenzivní medicíně* [online]. [cit. 2024-03-17]. <<https://vyuka.lf3.cuni.cz/vyuka/material/uuid/M2MUMTzL7VvQvqKBxhpRZ/soubor/stahnout/>>.