

Vnitřní prostředí

Spolu s krevním oběhem, plicemi, ledvinami zajišťuje tkáním

- přísun kyslíku, živin a odsun katabolitů
- regulace osmolality, iontového složení, acidobazické rovnováhy a teploty

⇒ ⇒ ⇒ „normální fyziologická existence organismu“

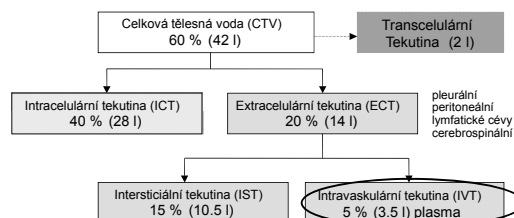
■ Stálost (homeostasa)- dynamický výsledek

- pasivních i aktivních dějů
- rovnováh objemů jednotlivých tělesných prostorů a jejich změn
- rovnováh koncentrací látek, koncentračních spádů, zásob, prostorových přesunů

■ Rovnováha jakékoli látky

- Vnitřní – kompartmentace
- Vnější – příjem versus výdej

Vnitřní rozdělení tělních tekutin



Zastoupení vody v jednotlivých tkáních

kostní	20 %	CTV	muži	65 %
tuková	30 %		ženy	55 %
ostatní	75-80 %		hubení	70 %
			obézní	50 %

Průměrné zastoupení hlavních kationtů a aniontů v tělních tekutinách

! H₂O ~ 93 % objemu plasmy !

IST ~		ECT (plasma)		ICT			
kationty		anionty		kationty		anionty	
Na ⁺	(140)	Cl ⁻	(102)	K ⁺	(160)	fosfáty	(100)
		HCO ₃ ⁻	(24)	Mg ²⁺	(26)	proteiny	(65)
		proteiny	(17)			sulfáty	(20)
K ⁺	(4.5)	fosfáty	(2)	Na ⁺	(10)	HCO ₃ ⁻	(10)
Ca ₂₊	(5)	sulfáty	(1)			Cl ⁻	(3)
Mg ²⁺	(2)						

Gibbs-Donanova rovnováha: IST - ↑ anionty ↓ kationty

2 hlavní faktory distribuce tekutin mezi ICT a ECT, IST a IVT

- Osmolalita
→ pohyb vody přes membrány
- Onkotický tlak

Osmotický tlak (OT)

- Uplatňuje se pouze tam, kde jsou dva prostory odděleny semipermeabilní membránou
= tlak, pod kterým vniká rozpouštědlo do roztoku
(~ c (počtu částic), T)

- Osmolalita ~ osm. tlak látky v 1 kg rozpouštědla (mmol/kg)

- Efektivní OT (látky neprocházející uvažovanou membránou) < teoretický OT (všechny rozpuštěné látky)

- Hlavní podíl na osmolalitě ECF:

Na⁺, K⁺, HCO₃⁻, Cl⁻, glc, (močovina) (ale: aktivní transport, fyziologie,...)

2 hlavní faktory distribuce tekutin mezi ICT a ECT, IVT a IST

- Osmolalita
→ pohyb vody přes membrány
- Onkotický tlak (koloidní osmotický tlak)
 - Spolu s hydrodynamickými faktory ovlivňuje přesun vody a nízkomolekulárních látek mezi intra a extravaskulárním prostorem

Stanovení osmolality

- Přímé měření
 - Různé vzorce zohledňující koncentrace hlavních analytů, jež se podílejí na osmotickém tlaku
- $$\text{Osm (mmol/kg)} = 2 [\text{Na}^+] + 2[\text{K}^+] + [\text{glc}] + \text{močovina}$$
- Fyziologická hodnota = 285 ± 10 mmol/kg (mOsm, mmol/l)
 - Poruchy osmolality
 - Akutní
 - Chronická

Příčiny hyperosmolality (> 300 mOsm)

- Neschopnost pacienta normálně pít, např. v bezvědomí
- Nedostupnost vody s nízkou iontovou koncentrací
- Ztráta pocitu žízně
- Akutní katabolická situace (šok, popálení, krvácení do trávicí trubice)
- Otrava nízkomolekulární látkou (ethanol)
- Nadměrné infuze látek, které pacient nestačí nebo není schopen metabolizovat.

Příčiny hypoosmolality (< 270 mOsm)

- Nadměrný přívod vody přesahující možnost organismu vyloučit vodu ledvinami (tonutí ve sladké vodě)
- Neschopnost organismu vyloučit vodu ledvinami (např. akutní poškození ledvin)
- Nadměrné infuze látek, které se v organismu zmetabolizují a zbudou „prostá“ voda

Udržování rovnováhy v hospodaření s vodou

Denní příjem		Denní výdej	
pití	1 - 1.5 l	diuresa	1-1.5 l*
potrava	1 l	perspirace	600-800 ml
oxidace živin	500 ml	dech	400 ml
1g bílkovin ~ 0.4 ml 1g sacharidů ~ 0.6 ml 1g tuků ~ 1.07 ml		stolice	100 ml

* Anurie (< 50 ml), oligurie (50 – 500 ml), polyurie (> 3000 ml)

- Hlavní regulační mechanismus: vylučování ledvinami hormon vasopresin (arginin-vasopresin, anti-diuretický hormon, ne-adiuretický!)

Regulace hospodaření s vodou

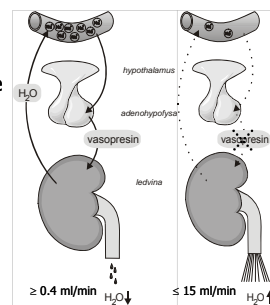
- Příjem: žížeň
- Výdej: vasopresin

Osmoreceptory hypothalamu

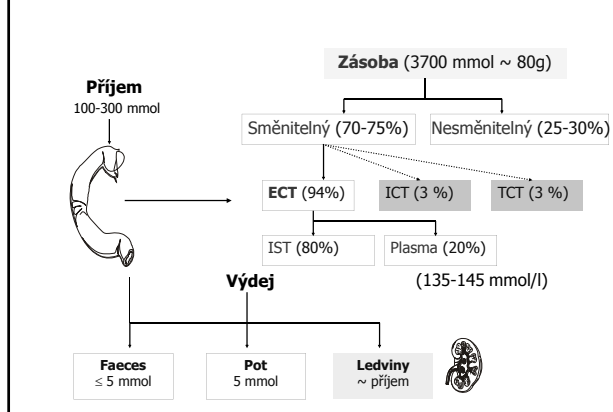
↑↑ osmolalita → žížeň
→ stimulace sekrece vasopresinu

↓↓ osmolalita → potlačení žízně
→ snížení sekrece vasopresinu

Vasopresin je také pod kontrolou baroreceptorů levé předšíně a komory srdce



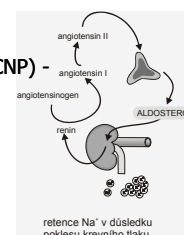
Hospodaření s Na⁺ ionty



Regulace hospodaření s Na⁺ ionty ECT objem

Minimálně 4 mechanismy regulace:

- **systém renin-angiotensin-aldosteron** (pomalý, ale hlavní)
reabsorpce Na⁺ v ledvinách výměnou za K⁺ (případně H⁺)
- GFR (rychlost glomerulární filtrace)
- **atriové natriuretické peptidy (ANP, BNP, CNP)** -
↑ exkrece Na⁺ ledvinami
- **dopamin**
↑ exkrece Na⁺ ledvinami



Poruchy hospodaření s Na⁺ ionty

! koncentrace často neodpovídá skutečnému Na statutu !

■ Hypermatriemie

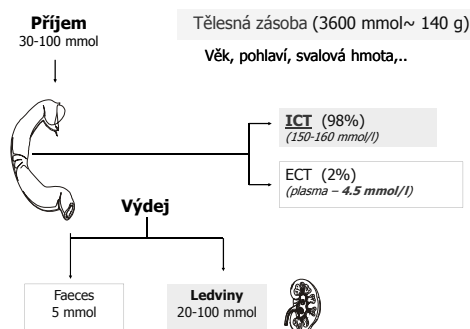
- nedostatku vody
- nedostatku vody i Na⁺ iontů
- nadměrného příjmu Na⁺ iontů nebo jeho zvýšená retence

Tělesná zásoba Na	příklady
↓ (ztráta vody > Na)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Pocení, průjem (mnohem častěji však vede k hyponatremii) ■ Osmotická diureza (diabetes mellitus)
Normalní (pouze ztráta vody)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Horečka, horké podnebí ■ Diabetes insipidus
↑ retence Na > vody)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Nadbytek hormonů (Connův syndrom) ■ Nadbytečný příjem Na

■ Hyponatémie

- ztráty Na
 - GI trakt, kůže (popáleniny, nadměrné pocení) ..
 - ↓ aldosteron (Addisonova choroba)
 - akutní selhání ledvin...
- nadbytek vody
 - akutní nebo chronické selhání ledvin (→ otoky)
 - srdeční selhání (kongestivní)
 - hypoproteinémie (přesun vody z IVT a nízkomolekulárních látek do IST → sekundární aldosteronismus a produkce vasopresinu)

Hospodaření s K⁺ ionty (3.5-5 mM)



■ transport K⁺ do buněk

- insulin
- aldosteron
- alkalosa (reciproční vztah mezi K⁺ a H⁺ ionty)

■ Hyperkalemie (> 5.5 mmol/l)

- poruchy ve vylučování K⁺
 - selhání ledvin
 - poškození kůry nadledvinek – (Addisonova choroba)
- acidosa
- zřídka zvýšený příjem
POZOR na hemolýzu či přípravky proti srážení krve

■ Hypokalemie (< 3.5 mmol/l)

- nedostatečný příjem
- Nadměrné ztráty
 - poškození ledvin
 - hyperaldosteronismus – (Connův syndrom)
 - působení diuretik,
 - GIT
- alkalosa

Hospodaření s Cl⁻ ionty (97 - 108 mM)

- Extracelulární anion provázející sodík. Podílí se spolu s ním na osmotickém tlaku ECT
- Volně procházejí přes membrány
- Rozdíl mezi IST a ICT je dán potenciálem na membránách (ICT je negativněji nabitý oproti ECT, takže koncentrace Cl⁻ vně buňky je vždy vyšší)
- Při ztrátách je nahrazován hydrogenuhlíčitany
 - HCl je však mnohem silnější kyselina než H₂CO₃, takže při ztrátách Cl⁻ vzniká metabolická alkalosa
 - (K „čistě“ hypochloremii dochází pouze při zvracení či odsávání žaludečních šťáv)

Za povšimnutí stojí:

- S-Na⁺ = 140mM, U-Na⁺ = 50-200mM

- S-K⁺ = 4 mM, U-K⁺ = 25-60mM

–v séru Na-K poměr 32:1, v moči 2-3:1

–ledvina brutálně zadržuje Na⁺ a vylučuje K⁺

(změna S-K⁺ nastane až při změně obsahu K⁺ v těle nad 0.1 mol!

–změny kalemie jsou distribuční

–je potřeba sledovat odpady močí a bilance