

Poruchy Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , minerální rovnováha



October 2020
and beyond...

Petr Maršálek

Bilance sodíku, (natria, Na^+), draslíku (kalia, K^+) a vápníku (kalcia, Ca^{2+})

Minerál	Příjem	–	Výdej močí	–	stolicí	–	potem
Na^+	- - - 100..260	- -	100..260	- -	10	- -	50 i více
K^+	- - - - 30..100	- -	30..90	- -	5..10	- -	nic
Ca^{2+}	- - - - 20..40	- - -	3..7	- -	30..35	- -	nic

Obsah Na^+ , K^+ a Ca^{2+} v potravinách...

Příjem minerálů a vody v potravě:
slaná chuť (amiloridový epiteliální sodný
kanál, ENaC), kalciová chuť, žízeň

Osnova

- Příjem minerálů potravou.
- Definice k pohybu vody a iontů v organismu.
- Distribuční prostory, osmolarita, osmolalita.
- Vylučování minerálů ledvinami, kvantitativní popis, poruchy.
- Koncentrace a hotovost.
- Hydratace, dehydratace, hyperhydratace.
- Ionty a Nernstův potenciál, nervosvalová dráždivost, arytmie.
- Ionty a výživa.
- Terminologie minerálních poruch.
- Endokrinní řízení, endokrinní poruchy.
- Závěr.

Bilance kalcia v organismu

Denní příjem
přibl. 25 - 30 mmol
(fosfáty, oxaláty, fytáty)



17 - 25 mmol / d

absorpce
do 15 mmol / d

sekrece
až 7 mmol / d

ECT
2,5 mmol / l
celkem jen 35 mmol

ICT
signální funkce
0,1 μ mol / l

filtrace
240 mmol/d

tubulární resorpce
230 mmol / d



5 - 6 mmol / d

remodelace kosti
7,5 mmol / d

Minerální depozita
25-30 mol Ca
(rychle směnitelných
100 mmol)

rychlá směna
500 mmol / d



Extra-celulární a intra-celulární koncentrace a hotovost

...koncentrace (celkem jednoduchá), udává se například v hmotnosti/L, molech/L, či v Osmolech/L. Osmotický tlak odpovídá tlaku, jako kdyby se jednalo o plyn...

... hotovost = (rychle, či pomalu)
mobilizovatelná zásoba

Pohyb tekutiny a solutů (látek)

- **Difúze/ osmóza**

Přesun podle koncentračního rozdílu (gradientu).

- **Facilitovaná difúze**

Transmembránové proteiny fungují jako póry, či transportéry pro látky, které membránou neprocházejí.

- **Primární aktivní transport**

Membránové proteiny přesunují látky s požitím energie proti gradientu.
Příklad: Na-K ATPáza

- **Sekundární aktivní transport/ ko-transport**

Kotransport/ antiport přesouvá 2 či více látek společně přes membránu, či proti sobě. Příklad: kotransport Na⁺-Glukózy.

Kompartmenty tekutin/ = fyziologie

- **Intracelulární tekutiny (ICT, Intracellular Fluid, ICF),**
2/3 celkové tělesné vody (která činí 60% hmotnosti u dospělého). ICT: voda, K^+ , organické anionty, proteiny, jejich koncentrace je udržována membránovými mechanismy.
- **Extracelulární tekutina (ECT, Extracellular Fluid, ECF)**
1/3 celkové tělesné vody (která činí v průměru 60% hmotnosti u dospělého). ECT: voda, NaCl, bikarbonáty.
 - - Intersticiální tekutina (Interstitial Fluid, ISF) ~ 3/4 ECT.
 - - Plasma ~1/4 ECT.
 - - Transcelulární tekutina (transcellular fluid) 1-2 litry: mozkomíšní mok (CSF), trávicí šťávy, hlen, etc.

Kompartmenty tekutin

40% x 70 kg = 28 L vody	IST, 10 L	P l a s m a / 4 L	T r a n s / 1 L	60-40-20: 60 % hmotnosti tvoří celková tělesná voda: 40% hmotnosti: ICT 20% hmotnosti: ECT
Intracelulární Tekutina =40%	ECT=20%			
Celková tělesná voda = 60% váhy				

Měření distribučního objemu / = fysiologie

- Diluční metoda: podání měřitelného volně distribuujícího se agens.
- Výpočet objemu = (množství podané látky- množství vyloučené látky)/ změřená koncentrace
- Přímé měření: Triciová voda (T_2O , měření celkové tělesné vody), sacharosa nepřechází do ICT (měření ECT), radioaktivní albumin, Evansova modř (měření plazmy).
- Oligosacharid inulin, podobně jako endogenní kreatinin, jsou vhodné pro sledování glomerulární filtrace.

OsmolaLita (na kg)/ OsmolaRita(na L), /= fysiologie

- celkové množství osmoticky aktivních částic rozpuštěných v roztoku na jednotku hmotnosti rozpouštědla (mol/ kg, **osmolarita** v mol/ L)
- **Osmolarita** vyjadřuje chování roztoku v prostorech ohraničených polopropustnými membránami (tj. membránami relativně prostupnými pro rozpouštědlo, nejčastěji vodu, a naopak špatně prostupnými pro ostatní rozpuštěné částice).
- Pokud je na každé straně polopropustné membrány roztok o jiné osmolaritě, začne se projevovat rozdíl osmotických tlaků obou roztoků a na membráně budou probíhat osmotické děje.

Zjištění osmolarity / = fysiologie

- Osmolalita = součin molality a počtu částic vzniklých disociací jedné molekuly, vyjadřuje se v osm/ kg. (Zjednodušení: v plasmě je dominantní NaCl, proto je možné odhadnout osmolalitu plasmy zdvojnásobením koncentrace Na v mol/ L.)
- Výpočet platí pouze pro ideální, tzn. extrémně zředěné roztoky. U většiny tělesných tekutin je reálná osmolalita menší než osmolalita ideální (osmotický koeficient roztoku).
- Např. 1M roztok glukózy, 1M roztok NaCl a 1M roztok Na_2SO_4 mají stejnou molalitu, tj. 1 mol/ kg. Molekula glukózy nedisociuje, proto je osmolalita tohoto roztoku rovna 1 osmol/ kg. Roztok NaCl disociuje, z jedné molekuly NaCl vzniknou dva ionty (Na^+ , Cl^-), z nichž oba jsou osmoticky aktivní, proto osmolalita tohoto roztoku je 2 Osmol/ kg. Roztok Na_2SO_4 disociuje na tři aktivní ionty – Na^+ , Na^+ a SO_4^- , proto je osmolalita tohoto roztoku 3 osmol/ kg.
- Fyziologická hodnota osmolality plazmy je asi 300 mOsmol/ kg.

Osmolarita v roztocích/ efektivní osmolarita / = fysiologie

- Dva roztoky jsou **izosmotické**, pokud obsahují stejné množství rozpuštěných částic, nezávisle na tom, zda nějaká voda bude proudit přes membránu, která je odděluje. Dva roztoky jsou **izotonické**, pokud žádná voda přes membránu proudit nebude, nezávisle na počtu rozpuštěných částic.
- Roztok 150 mmol/l NaCl je izosmotický vzhledem k intracelulárnímu prostoru a také je izotonický – buňka nebude ani otékat, ani se svrašťovat. Oproti tomu 300 mmol/l roztok močoviny, i když je izosmotický, povede ke zvětšování (a případnému prasknutí) buňky, a proto není izotonický, je hypotonický, močovina má nižší efektivní osmolaritu.

Tubulární funkce, vylučování ledvinami

Hlavní funkcí tubulů je zpětná **resorpce** látek a vody z glomerulárního filtrátu a **sekrece** odpadních látek do moče.

Posouzení tubulárních funkcí vyžaduje přesné měření GFR, protože hodnotu tubulárních transportů posoudíme na základě rozdílu mezi profiltrovaným

množstvím sledované látky ($GFR \times P$) a vyloučeným množstvím v moči ($U \times V$).

Je-li $GFR \times P > U \times V$, došlo k efektivní **resorpci** sledované látky v tubulech.

Je-li $GFR \times P < U \times V$, došlo k efektivní **sekreci** sledované látky v tubulech.

„Efektivní“ znamená, že vypočítaný rozdíl, je výsledkem všech transportních procesů – řada látek je v některých úsecích nefronu resorbována, v jiných secernována (urea, kyselina močová, kalium).

1. TUBULÁRNÍ RESORPCE:

$$\frac{\text{GF v ml/s} - \text{objem definitivní moče v ml/s}}{\text{GF v ml/s}}$$

Normální hodnota **tubulární resorpce** je **0,988 – 0,998** (98,8 – 99,8%).

2. FRAKČNÍ EXKRECE:

Celková frakční exkrece je tedy 0,2 – 1,2%; tj. podíl primární moči (glomerulárního filtrátu), který je vyloučen jako definitivní moč.

Frakční exkrece sledované látky se dá vypočítat dle vzorce:

$$\frac{U \times V}{GFR \times P \times f}$$

f...udává, jaká část plazmatické koncentrace sledované látky je volně filtrovatelná (jestliže koncentrace látky je ve filtrátu stejná jako v plazmě, pak $f = 1$; jestliže jde o látku, která je z části vázaná na sérové proteiny, pak $f < 1$ – např. Ca^{2+} , Mg^{2+})

FE sodíku je cca 0,01 (1%) – to znamená, že pouze 1% sodíku z celkového profiltrovaného množství je vyloučeno do moči.

FE < 1 (100%).....tubulární resorpce převládá nad sekrecí

FE > 1 (100%).....tubulární sekrece převyšuje nad resorpcí

3. OSMOLÁRNÍ CLEARANCE (COSM) je objem primární moči nutný k vyloučení všech močových solutů. Průměrná denní osmotická nálož je cca 600 mOsm (nejdůležitější je urea, dále Na⁺, K⁺, H⁺, Cl⁻, SO₄⁻⁻, H₂PO₄⁻).

(To je množství na průměrného jedince o váze 75 kg)

$COSM = UOSM \times V / POSM$ = 2 – 3 ml/min - konstantní

UOSM = osmolalita moči, V = objem moči/min,
POSM = osmolalita plazmy

4. **VODNÍ CLEARANCE (C_{H_2O})** = voda prostá solutů, která musí být přidána *do* nebo odebrána z primární moči, aby byla zachována normální osmolarita plazmy.

- **$C_{H_2O} = V - C_{OSM}$** - není konstantní, závisí na působení ADH v distálním nefronu
- Je-li pozitivní (nízký ADH) – je vytvářena dilutovaná moč (hypoosmolární vůči plazmě).
- Je-li negativní (vysoký ADH) – je vytvářena koncentrovaná moč (hyperosmolární vůči plazmě).
- Je-li nulová – je vytvářena moč izoosmotická s plazmou.

- 5. OSMOLARITA MOČI** se může pohybovat v rozmezí 30 až 1200 mOsm/l. 30 mOsm/l je cca 10x méně než osmolalita plazmy a odpovídá diuréze cca 20 ml/min. 1200 mOsm/l je cca 4x více než osmolalita plasmy a odpovídá diuréze cca 0,5 ml/min. Je možné změřit hustotu moči hustoměrem a přepočítat ji na osmolaritu.
- Ledviny jsou tedy daleko více schopné chránit tělo před dilucí než před dehydratací.
 - Obvykle je C_{H_2O} kolem -1,2 až -1,8 ml/min (tedy záporná).

- **Osmotická diuréza:** při přítomnosti osmoticky aktivních látek v moči (glukóza, manitol atd.)
- $U_{OSM} > P_{OSM}$, frakční exkrece vody i osmoticky aktivních látek je zvýšená.
- **Vodní diuréza:** při poklesu ADH
- $U_{OSM} < P_{OSM}$, frakční exkrece vody je zvýšená, frakční exkrece osmoticky aktivních látek je normální.
- Ke koncentraci moče je nutná: intaktní dřeň (vytváření hyperosmolárního prostředí v intersticiu ledvinné dřene působením protiproudového mechanismu Henleova klička/ vasa recta), působení ADH v distálním tubulu a sběrném kanálku.

6. KONCENTRAČNÍ SCHOPNOST LEDVIN – adiuretinový test:

- Po večeři bez tekutin vyšetřovaný nepije celkem 12 hodin. Ráno 2 kapky (10 ug) adiuretinu (ADH) do každého nosního průduchu. Poté sběr moči po 1 hodině, celkem 4x. Alespoň v jedné porci moči by měla být osmolalita (v mOsm/l) minimálně:
 - 15-20 let 970
 - 21-50 let 940
 - 51-60 let 830
 - 61-70 let 790
 - 71-80 let 780

1000 mOsm/l je cca 3.3 x více, než plasma (= 300)

- Nízká osmolalita ve všech porcích = snížená koncentrační schopnost ledvin u:
 - diabetes insipidus (nedostatek ADH)
 - hydronefrózy (deformace dřeně), tubulointersticiálních nefritid a v reparační fázi akutního renálního selhání (zde je příčinou porucha dřeně, která není schopná vytvářet hyperosmolární prostředí nutné ke koncentraci moče).

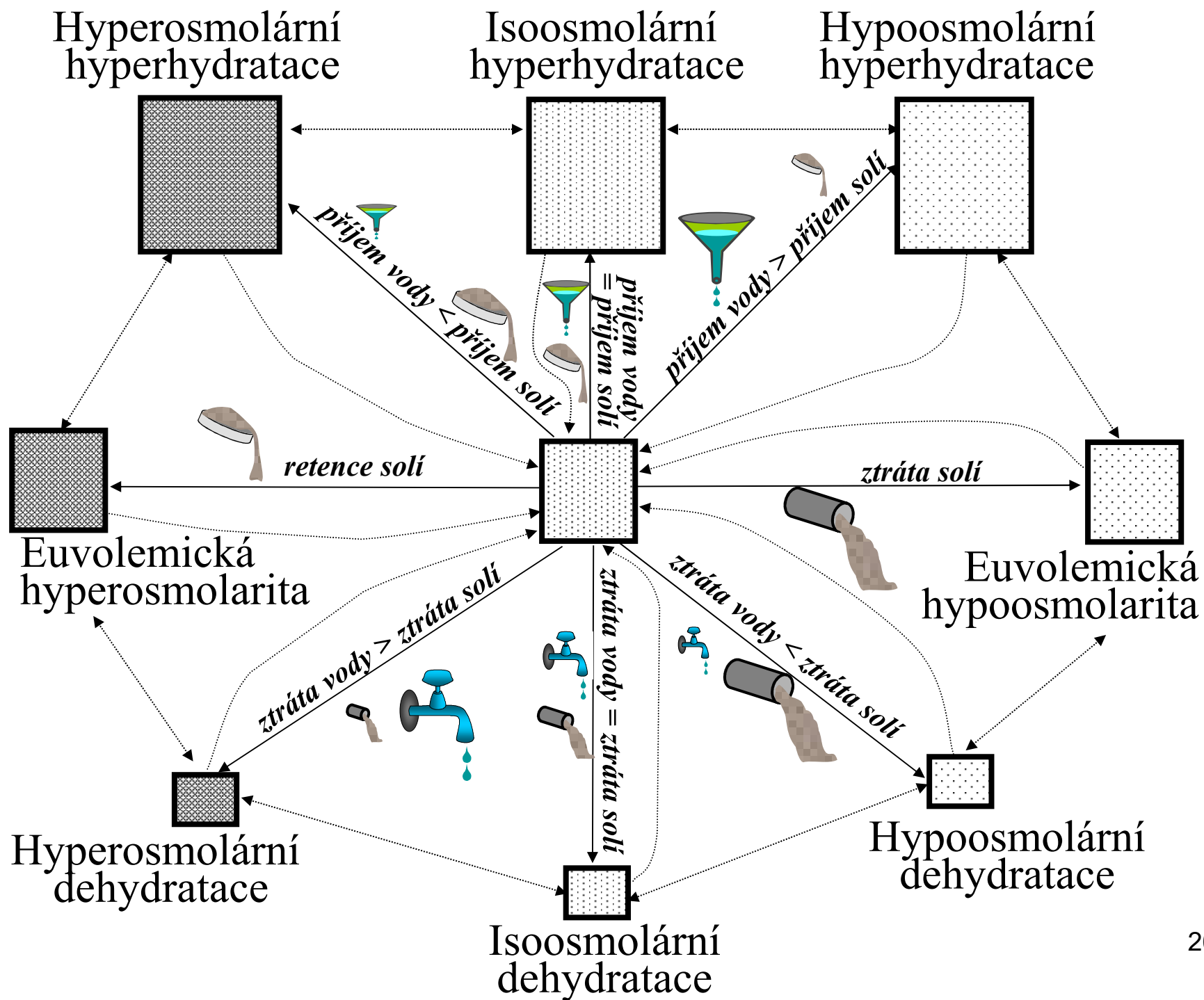
Extra-celulární a intra-celulární koncentrace a hotovost [skripta Nelék.S.]

<i>(1) EC a IC koncentrace a hotovost</i>					
<i>Látka</i>	<i>jednotky</i>	<i>EC konc.</i>	<i>IC konc.</i>	<i>EC hotovost</i>	<i>IC hotovost</i>
Na ⁺	mmol/l	128–141	3–30	2000 mmol	1600 mmol
K ⁺	mmol/l	3,8–5,4	120–160	60 mmol	3200 mmol
Ca ⁺⁺	mmol/l	2,25–2,75	<10 ⁻³	25 mmol	kost 30 mol
Cl ⁻	mmol/l	96–113	30	1400 mmol	800–1000 mmol
H ₂ PO ₄ ⁻	mmol/l	0,6–1,2	100	5–7 mmol	(k)
(o)	mOsmol	280–300	–	19–22	–
H ₂ O	TBF, (t), 60 % = 20 % + 35 % + 5 %			5–101	20–301
energie	MJ/kg	–	10 MJ/kg	–	700 MJ

Dehydratace

- dehydratace = nedostatek vody v organismu
- způsobena ztrátou, nedostatečným příjmem, či kombinací obou příčin.
- častější je ztrátová při zvracení a průjmech.
- děti jsou ve větším riziku: větší povrch/ hmotnosti, nedostatečné bariery, větší obrat vody a tekutin..
- senioři, nemocní, podvyživení a podobní jsou také ve větším riziku (nedostatečný příjem tekutin).

Těžká dehydratace je život ohrožující stav.



Etiologie

- **Ztrátové dehydratace (močí, stolicí, kůží):**
 - Zvracení a průjem
 - Polyurie (diabetická či po diureticích)
 - Zvýšené pocení (přehřátí organismu, sportovní výkony)
 - Horečnaté stavy
- **Příjmové dehydratace:**
 - Nausea (poléková, onemocnění gastrointestinálního traktu =GIT)
 - Anorexie (bývá nejenom mentální, je při nádorových onemocněních, u seniorů)
 - Mucositis, gingivitis, oropharyngitis (infekční či toxické etiologie, např. po transplantaci kostní dřeně)

Symptomy

- Suché sliznice dutiny ústní a jazyka
- Malý objem koncentrované (tmavé) moči
- Malý objem další sekretů (slzy)
- Suché sliznice (oči, genitálie)
- Vtahující se fontanely u novorozenců
- Duševní stav (agitovanost, následně letargie až komatosní stav)

Základní klinické znaky

- Krevní tlak (hypotenze, ortostatická hypotenze)
- Tachykardie (známka aktivace sympatiku)
- Snížený kožní turgor (větší kožní řasa)
- Kožní nález (opocení a eventuálně studená kůže při centralizaci oběhu)
- Před-šokový stav/ šok (diferenciální diagnostika, emergentní přístupy, infuzní terapie, žilní přístup, monitorace základních životních funkcí)

Dehydratace sníží kožní turgor



Laboratorní vyšetření

- Biochemie (elektrolyty Na^+ , K^+ , HCO_3^-)
- Specifická hmotnost moči (zvýšená)
- Urea, Kreatinin (zvýšené)
- Krevní obraz (hemokoncentrace)

Elektro-chemický (Nernstův) potenciál na membráně [skriptaNelék.S.]

<i>iont</i>	<i>ECF [mmol/l]</i>	<i>ICF [mmol/l]</i>	<i>E_x [mV]</i>
K ⁺	4,5	160	−95
H ⁺	4 × 10 ^{−5} (pH 7,4)	1 × 10 ^{−4} (pH 7,0)	−24
Na ⁺	144	7	+80
Ca ²⁺	2,5	3 × 10 ^{−4}	+120

<i>iont</i>	<i>ECF [mmol/l]</i>	<i>ICF [mmol/l]</i>	<i>E_x [mV]</i>
Cl [−]	114	7	−75
HCO ₃ [−]	28	10	−27
H ₂ PO ₄ [−]	2	100	+100
HSO ₄ [−]	1	20	+80

Elektro-chemický (Nernstův) potenciál na membráně [skriptaNelék.S.]

Úzce souvisí se stavem výživy:

Anabolický stav = přísun glukózy

= vstup K^+ do buněk

Katabolický stav = nedostatek glukózy

= výstup K^+ z buněk

Toto je zprostředkováno Na^+ / K^+ -ATPázou (pumpou)

K^+ je regulován inzulinem

(K^+ i Na^+ samozřejmě také aldosteronem

a dalšími hormony)

Extra-celulární a intra-celulární koncentrace a hotovost

- ...koncentrace (celkem jednoduchá), udává se například v molech, či v osmolech. Osmotický tlak odpovídá tlaku, jako kdyby se jednalo o plyn, atd, atd...
- ... hotovost = (rychle, či pomalu) mobilizovatelná zásoba

(normální) +/- hospodaření
ionty a vodou -/ balance = obrat [skriptaNelék.S.]

<i>(2) Obrat za 24 hodin, v mmol</i>				
<i>Látka</i>	<i>příjem</i>	<i>výdej močí</i>	<i>stolicí</i>	<i>potem</i>
Na ⁺	100–260	100–260	10	40–50, i více
K ⁺	30–100	30–90	5–10	–
Ca ⁺⁺	20–40	2,5–7,5	30–35	0–5<, i více
Cl ⁻	100–260	100–260	10	10–50<, i více
H ₂ PO ₄	20–50	18–40	10	–
(o)	(q)	900–1200	10–50	50–400
H ₂ O	1,5–2,5l + (m)	1,5–2,5l	100–200 ml	300–800, (p)
(e) energie	příjem	rovný	výdeji	za 7–14 dnů

Hospodaření vodou – bilance, neboli obrat [skripta Nelék.S.]

Pøehled bilance vody (vše v ml za den):

PØÍJEM:		VÝDEJ:	
pití	1000-1500 (i více)	močí	1000-1500
v potravì	1000	perspirací	550-800
oxidací	500	dechem	400
-----		stolicí	100
celkem	2500-3000	potem	0-2000
Oxidací se uvolní:		Ztráty perspirací závisejí na tělesné teplotì (ml/d):	
z 1 g bílkovin	0,4 ml vody	pøi norm. teplotì	550
z 1 g glycidù	0,6 ml vody	pøi 37.2°C	600
z 1 g tukù	1,07 ml vody	pøi 37.8 °C	700
		pøi 38.3 °C	800
		pøi 38.9 °C	900
		pøi 39.4 °C	1000

Rovnost:

množství_metabolické_vody_za_den = perspiratio_insensibilis
není samozřejmá, nicméně umožňuje sledování vodní bilance

Přesuny mezi intracelulárním a extracelulárním oddílem (kompartmentem)

I když jsou ICT a ECT odděleny membránami, dochází mezi nimi k výměně vody a solutů, tedy k osmotickým přesunům. Většina těchto přesunů se děje aktivním transportem. Jako modelový příklad uvažme suspenzi erytrocytů /= fyziologie.

Poruchy rovnováhy tekutin/ fluids and salts imbalances

Condition	Example	EC Fluid		IC Fluid	
		Osmolality	Volume	Osmolality	Volume
Hyposmotic expansion	excessive water intake	↓		↓	
Hyposmotic contraction	salt wasting (Loss by kidneys)	↓	↓	↓	
Isosmotic expansion	IV infusion, edema	↔		↔	↔
Isosmotic contraction	hemorrhage, burns	↔	↓	↔	↔
Hyperosmotic expansion	Drinking of concentrated saline				↓
Hyperosmotic contraction	severe sweating		↓		↓

Základní biochemie

(ve vztahu k endokrinopatiím)

Na⁺, K⁺ ... aldosteron, kortizol, ADH

Ca²⁺ ... PTH, vitamin D, (kalcitonin)

Glykémie/ K⁺ ... inzulín, glukagon,

Osmolarita / diuréza

... vodní / osmotická polyurie (diabetes insipidus, diabetes mellitus...)

Základní biochemie

Vodní a Na^+/K^+ bilance

- Aldosteron
- Kortizol
- Vasopressin (ADH)
- Natriuretické peptidy (ANP, BNP, CNP)
- Inzulín

Základní biochemie

Diferenciální diagnóza polyurie

Vodní diuréza

- diabetes insipidus centralis
- diabetes insipidus renalis
- psychogenní polydipsie

Osmotická diuréza

- glykosurie (dekompenzovaný DM)
- kalciurie (hyper-PTH, kostní metastázy, sarkoidóza...)
- natriurie (osmotická diuretika, addisonský syndrom)

Základní biochemie

↓ **Ca²⁺**

Etiologie:

- **Hypoparatyreóza (↓PTH, ↓Ca²⁺, ↑HPO₄²⁻)**
- **Vitamin D₃ deficiencie (↑PTH, ↓Ca²⁺, ↓HPO₄²⁻)**
- **Pankreatitida**
- **Chronické selhání ledvin (↑PTH, ↓Ca²⁺, ↑HPO₄²⁻)**
- **Malnutrice (↑PTH, ↓Ca²⁺, ↓Mg⁺⁺)**

Základní biochemie

↑Ca²⁺

Etiologie:

- **Primární hyperparatyreóza (↑ PTH, ↑Ca²⁺, ↓HPO₄²⁻)**
- **Vit. D₃ intoxikace (↓PTH, ↑Ca²⁺, ↑HPO₄²⁻)**
- **Insuficience kůry nadledvin**
(kortizol inhibuje resorpci Ca²⁺ ve střevě)
- **Malignity (ca prsu, bronchogenní ca, myelom)**
(PTHrP, IL-6 nebo jiný cytokin)
- **Imobilizace**
- **Sarkoidóza (tvorba 1,25-OH-D₃ vit. v makrofázích)**

Poruchy rovnováhy tekutin a minerálů - souhrn

- Poruchy hydratace jsou dány expanzí anebo snížením objemu extracelulární tekutiny, hyper-, či de-hydratací. Název odpovídá poruše, například hypo-osmolární expanze, neboli zvětšení objemu ECT může nastat při sníženém onkotickém tlaku při podvýživě.
- EC a IC kompartmenty jsou vždy v rovnováze, osmoticky aktivní látky zůstávají v daných kompartmentech a proto poruchy osmolarity a hydratace v těchto dvou kompartmentech jsou stejné.
- Minerální rovnováha je řízena hormonálně a homeostáza hydratace je udržovaná pomocí funkce ledvin (pokud není porucha ledvin) na straně výdeje a pomocí signálu a pocitu žízně na straně příjmu. Stavy hydratace se mění typicky řádově v hodinách, jsou ale akutní stavy, kdy se hydratace mění i rychleji (vykrvácení, šok, pocení, průjem a podobně).

Děkuji

Vám za pozornost

Toto je v jakékoliv formě
(PDF, PPT, PPTX atd.)
neoficiální výukový materiál
ÚPF 1.LF UK

- pro interní potřebu
- nešířit
- pro dotazy kontaktujte:

Prof. MUDr. RNDr.

Petr Maršálek, PhD.,
Petr.Marsalek@LF1.CUNI.CZ.

Starlingova hypotéza = teorie

Starlingova teorie v normě - přesuny mezi intracelulárním kompartmentem a plasmou

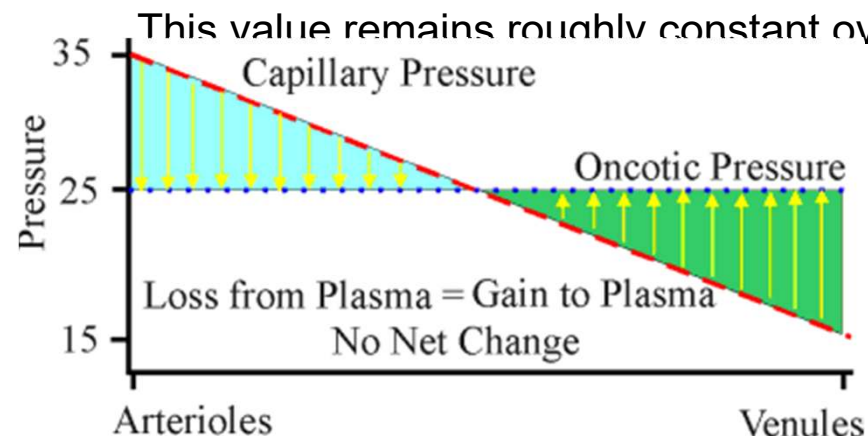
Hydrostatický Tlak krve v kapiláře

Na arteriolárním konci je tlak cca **35 mm Hg**, na konci venuly je tlak cca **15 mm Hg**.

Přepočty osmolarity a osmotického tlaku: $P = CRT$, C je koncentrace, 0,001 osmol/ L, R je plynová konstanta, 62,364 L mmHg/(K mol), T je teplota, 310 K (= 37 st.C), potom P je 19,33 mmHg.

Osmotic forces in the capillaries

Because the capillary wall is permeable to water, but essentially impermeant to the plasma proteins, these molecules generate an osmotic pressure - known as the **Colloid Oncotic Pressure**. The net Oncotic Pressure is thus about **25 mm Hg**.

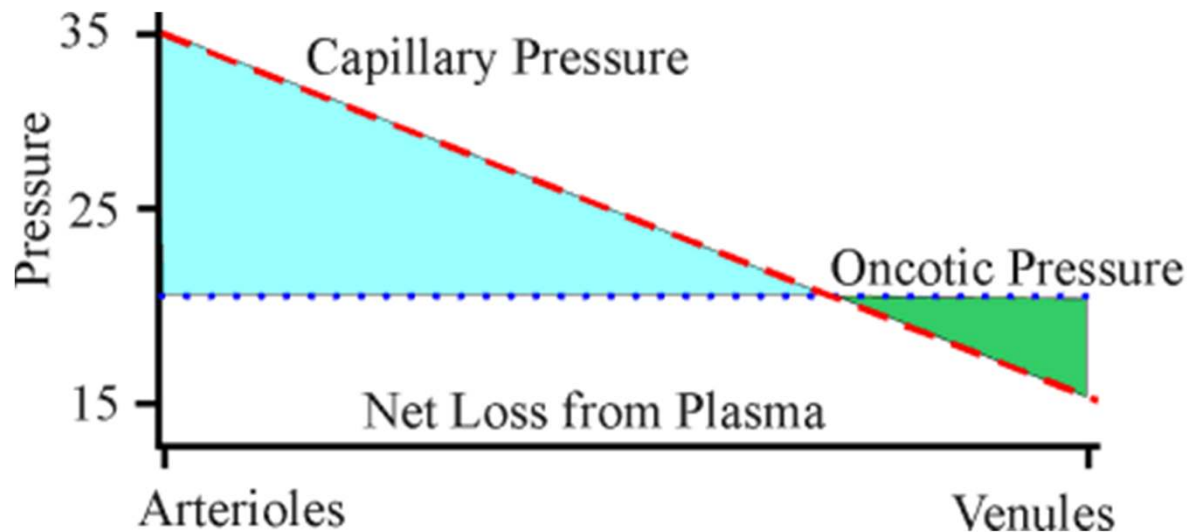


Starlingova teorie/ rovnováha

Tlak filtruje plasmu skrz stěnu cévní do intersticia, a onkotický tlak ji nasává zpět. Přesuny tekutin jsou v rovnováze.

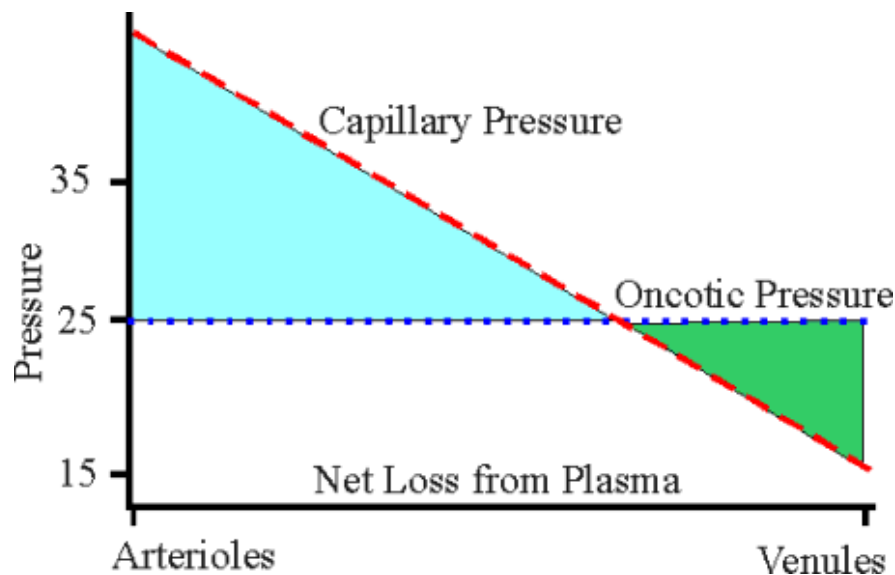
Starlingova teorie u patologických stavů – pokles plasmatických proteinů

- When the plasma does not contain sufficient protein - this results in a net increase in the region where hydrostatic pressure exceeds oncotic. **Edema** results.



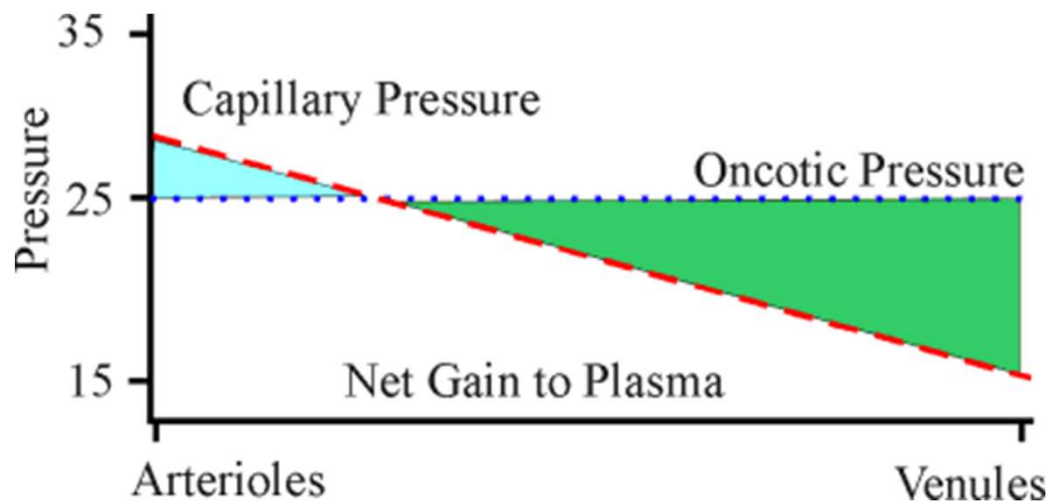
Starlingova teorie u patologických stavů - vazodilatace

- ***Vasodilation reduces the pressure drop*** across the arterioles, bringing the capillaries closer to the arterial pressure. The venous pressure may not be altered. In this case, there is a greater region where fluid leaves the plasma, and a reduced regions where it returns.
- This imbalance results in a ***net loss of fluid from the plasma***. The result is an expansion of the interstitial fluid in this tissue. If this expansion continued, it would result in the clinical symptom known as ***edema***.



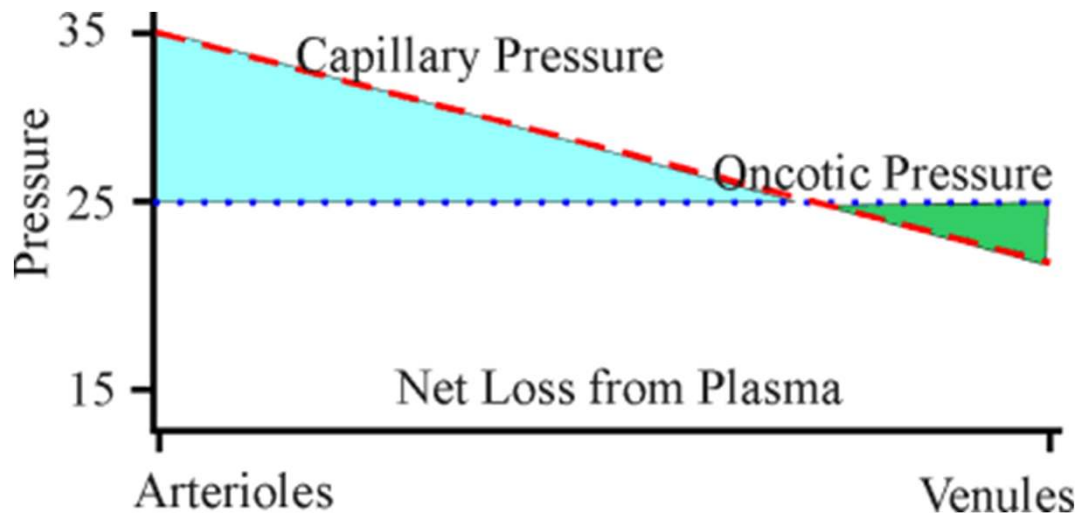
Starlingova teorie u patologických stavů - šok

- When the central blood pressure declines, the ***pressure at the capillaries usually also decreases***. In addition, most vascular beds will participate in reflex attempts to maintain the central blood pressure via arteriolar vasoconstriction. This further reduces the pressure at the start of the capillary.
- The decrease in hydrostatic pressure results in a diminution in the region where fluid is lost from the plasma, and an expansion in the region where fluid returns back to the plasma. There is a **net gain of fluid to the plasma**.



Starlingova teorie u patologických stavů – městnavé srdeční selhání

- When the heart's function is compromised, it cannot pump blood as effectively, so **venous pressure rises**. This rise in venous pressure diminishes the region where fluid is reabsorbed into the plasma.
- As with the case (above) of vasodilation, this condition results in a net loss of fluid from plasma to ISF. The resulting **edema can be seen in the swollen ankles (and other tissues) that are symptomatic of congestive heart failure**.



**Příklad: muž o váze 70 kg
vypije 2 L destilované vody osmolalita ECT 290 mOsm/ kg**

Do ECT přibydou 2 litry čisté vody.

Initial total body water	$0.6 \times 70 \text{ kg} = 42 \text{ liters}$
Initial ICF volume	$0.4 \times 70 \text{ kg} = 28 \text{ liters}$
Initial ECF volume	$0.2 \times 70 \text{ kg} = 14 \text{ liters}$
Initial total body osmoles	TBW volume x osmolality $42 \text{ liters} \times 290 \text{ mOsm/liter}$ 12180 mOsm
Initial ICF osmoles	ICF volume x osmolality $28 \text{ liters} \times 290 \text{ mOsm/liter}$ 8120 mOsm
Initial ECF osmoles	ECF volume x osmolality $14 \text{ liters} \times 290 \text{ mOsm/liter}$ 4060 mOsm

Příklad: muž o váze 70 kg..., osmolalita ECT 290 mOsm/kg. Do ECT přibydou 2 litry čisté vody.

Final osmolality	(Total body osmoles)/(new TBW) 12180 mOsm/(42+2) kg water 277 mOsm/kg water
Final ICF volume	(ICF osmoles)/(new osmolality) 8120 mOsm/(277 mOsm/kg water) 29.3 kg water = 29.3 liters
Final ECF volume	(ECF osmoles)/(new osmolality) 4060 mOsm/(277 mOsm/kg water) 14.65 kg water = 14.65 liters

