

# Vnitřní prostředí

Vladimír Soška

FAKULTNÍ  
NEMOCNICE  
U SV. ANNY  
V BRNĚ



Voda

# Tělesná voda: 50-80 % hmotnosti

- ▶ 80 % - novorozenci
- ▶ 60 % - štíhlí dospělí
- ▶ 55 % - obézní dospělí
- ▶ 50 % - ve stáří

- Fysiologické oddíly: tekutina

- ▶ Intracelulární      40 % váhy těla
- ▶ Extracelulární      20 %
  - ★ Intersticiální      15 %
  - ★ Intravaskulární    5 %

# Rozdělení vody v těle

- Transcelulární tekutina
  - ▶ Zaživací trakt (po jídle 2-3 litry)
  - ▶ Mozkomíšní mok
  
  - ▶ Dutina břišní (ascites)
  - ▶ Dutina hrudní (hydrothorax)
  - ▶ Střevo (ileus)
  - ▶ Hematomy

# Bilance vody

<b>Příjem</b>		<b>Výdej</b>	
Pití	1500	Moč	1500
Potrava	600	Perspirace	500
Oxidace živin	400	Dech	450
		Stolice	50
<b>Celkem</b>	<b>2500</b>		<b>2500</b>

Lze měřit

Lze odhadnout

# Osmolalita

# Osmolalita

- Poměr vody ke všem rozpuštěným látkám
  - ▶ Bez ohledu na jejich velikost
- Norma: 280-300 mosm/kg H<sub>2</sub>O
  - ▶ Počet x velikost částic
- Hlavní podíl na osmolalitě: Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>
  - ▶ Urea, glukóza, bílkoviny
  - ▶ K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, PO<sub>4</sub><sup>-</sup>

# Regulace osmolality

- Osmoreceptory
- Antidiuretický hormon (ADH)
  - ▶ Ztráty vody v ledvinách



# Změny osmolality

- Nedostatek vody
  - ▶  $\uparrow$  koncentrace látek v krvi =  $\uparrow$  osmolality
  - ▶  $\uparrow$  sekrece ADH
    - ★ Omezení množství moče, pocit žízně
- Nadbytek vody
  - ▶  $\downarrow$  koncentrace látek v krvi =  $\downarrow$  osmolality
  - ▶  $\downarrow$  sekrece ADH
    - ★ Zvýšení množství moče

# Osmolalita v moči

- 50 - 1400 mmol/kg H<sub>2</sub>O
  - ▶ Ve stáří: max. 800
- Je dána
  - ▶ Koncentrační schopností ledvin
  - ▶ Velikostí diurézy (příjem tekutin)

lon ty

# Ionty v krvi a v buňkách

	Krev mmol/l	Buňky mmol/l
Na	<b>140</b>	10
Cl	<b>102</b>	8
K	<b>4,0</b>	155
Ca	<b>2,2</b>	0,001
Mg	<b>1,0</b>	15
P	<b>1,0</b>	65

# Sodík - Na: 135 - 145 mmol/l

- Distribuce

- ▶ ECT 50 %
- ▶ Kostní tkáň 40 %
- ▶ ICT 10 %

- Vazba vody

- ▶ Retence Na = retence vody

- Příjem: NaCl

- ▶ 8-11 g/den (postačuje však 1 g/den)

- Ztráty močí: 120 - 240 mmol/l

- ▶ Pot 10 - 20 mmol, stolice 10 mmol

# Hypernatremie

- Ztráta vody
  - ▶ ↑ osmolality
    - ★ ↑ ADH - ↑ resorbce vody v ledvinách
  - ▶ Příznaky
    - ★ ↑ CB, Hb
- Zvýšený příjem Na
  - ▶ ↑ BNP
    - ★ Omezení resorpce Na, vasodilatace
  - ▶ Příznaky
    - ★ Převodnění, polyurie

# Hyponatremie

- Nadbytek vody
- Dlouhodobě nedostatečný přívod Na
- Hyponatremie při hypoproteinémii
  - ▶ Příznaky
    - ★ Křeče, otoky nohou, ↓ Htk a osmolalita

# Pseudohyponatremie

- Plamenová fotometrie
  - ▶ Konc. Na v celém objemu séra
    - ★ 7 % pevných látek - není Na
    - ★ Při hyperproteinémie, hyperlipidémie vyjde zdánlivě nízké Na
- Iont selektivní elektrody
  - ▶ Aktivita Na ve vodní fázi = správné hodnoty



# Draslík - K

- Zásoba asi 3 500 mmol
- Distribuce: ICT 98 %, ECT 2 %
  - ▶ Plazma 3.7 - 5.1 mmol/l
  - ▶ Buňky 110 - 160 mmol/l (Na-K-pumpa)
    - ★ Ery 95 mmol/l (Odběr krve !)
- Ztráty
  - ▶ Moč: 45 - 90 mmol/24 hod, stolice 5-10 mmol
- Zdroj - rostlinná strava
- Význam
  - ▶ Nervosvalová dráždivost (srdeční sval)

# Hyperkalémie

- Snížené vylučování ledvinami
- Zvýšený přívod (při snížení funkce ledvin)
- Přesun z buněk do krve
  - ▶ Acidóza, hemolýza, katabolizmus
- Příznaky
  - ▶ Poruchy srdečního rytmu, svalová slabost
- Kritické hodnoty:  $> 6,5$  mmol/l
  - ▶ Indikace k HD
  - ▶  $> 9-10$  mmol/l = fibrilace komor

# Hypokalémie

- Zvýšené ztráty
  - ▶ Ledviny (diuretika), GIT
- Snížený příjem
  - ▶ Podmínkou je dlouhá doba trvání
- Přesun do buněk
  - ▶ Přesun do buněk (alkalóza, anabolizmus)
- Příznaky: poruchy srdečního rytmu
  - ▶ Svalová slabost, omezení činnosti střev, ileus

# K - další poznámky

- Vyšetření K (erytrocyty !)
  - ▶ Technika odběru
    - ★ Hemolýza
  - ▶ Skladování krve
    - ★ Doba
    - ★ Teplota
      - ➔ Chladnička !

# Chloridy - Cl

- Distribuce

- ▶ Hlavní anion ECT                    97 - 105 mmol/l
- ▶ ICT                                        3 - 10 mmol/l

- Bilance

- ▶ Ztráty močí 120 - 240 mmol/24 hod
- ▶ Pot 10 - 20 mmol, stolice 10 mmol/24 hod

- Význam

- ▶ Osmolalita
- ▶ Regulace ABR
- ▶ Žaludeční šťáva - HCl

# Změny koncentrace Cl

- Hyperchlorémie
  - ▶ Snížené vylučování - ledviny
  - ▶ Zvýšený příjem při poruše funkce ledvin
    - ★ Přívod NaCl
  - ▶ Příznaky: rozvoj acidózy
- Hypochlorémie
  - ▶ Ztráty
    - ★ Žaludeční šťáva, diuretika, polyurie, pocení
  - ▶ Příznaky: rozvoj alkalózy

# Vápník - Calcium - Ca

- Kostní tkáň 99 % (30 000 mmol = 1,2 kg)
  - ▶ Hydroxyapatit: pevnost kostí, zásoba pro ECT
  - ▶ ECT 1 %
- Příjem 25 mmol (= 1 g), resorpce 35-50 %
- Ztráty- močí
- Ca v krvi:
  - ▶ Vázaný - bílkovina (cca 46 % Ca)
  - ▶ Vázaný v komplex. sloučeninách (cca 6 %)
    - ★ Citrát, laktát, hydrogenkerbonát)
  - ▶ Ionizovaný (cca 48 %)

# Vápník v krvi

- Koncentrace v krvi
  - ▶ Celkový Ca: 2.1 - 2.6 mmol/l
  - ▶ Ionizovaný Ca: 0.9 - 1.3 mmol/l
  
- Význam:
  - ▶ Nervosvalová dráždivost
  - ▶ Propustnost membrán
  - ▶ Svalová kontrakce
  - ▶ Hemokoagulace
  - ▶ Anorganická kostní hmota



# Řízení metabolismu Ca

- Aktivní vitamin D
  - ▶ 1,25-dihydroxycholekalCIFerol (kalcitriol)
  - ▶ ↑ resorpce Ca ve střevě
- Parathormon
  - ▶ ↑ vyplavování Ca z kostí
  - ▶ ↑ reabsorpce Ca v ledvinách
  - ▶ ↑ tvorba kalcitriolu
- Kalcitonin
  - ▶ ↑ ukládání Ca do kosti

# Hořčík - Mg: 0,8 - 1,1 mmol/l

- ▶ Většina v kostech (cca 1000 mmol = 25 g)
- ▶ ICT cca 50 % zásob, ECT < 2 %
  - ★ Vázaný (albumin), Ionizovaný

## ● Bilance

- ▶ Příjem: 10 mmol (resorpce 30-40 %)
- ▶ Ztráty: stolice a moč á 4 mmol/den

# Hořčík - Mg

- Význam

- ▶ Kofaktor > 300 enzymů
- ▶ Krevní srážlivost (fibrinolýza)
- ▶ Snižuje nervosvalovou dráždivost
- ▶ Stabilizace buněčné membrány
- ▶ Moči - brání tvorbě močových konkrementů
- ▶ Tvorba kostní hmoty

# Změny magnezémie

- Hypermagnezémie

- ★ ↑ příjem (při selhávání ledvin), selhání ledvin
- ★ Acidóza

- Hypomagnezémie

- ★ ↓ příjem, porucha vstřebávání
- ★ ↑ ztráty (ledviny, průjmy)

# Fosfor - P

- ▶ Kostní tkáň > 20 000 mmol
  - ★ Plasma 0.7 - 1.6 mmol/l (děti do 2.2 mmol/l)
- ▶ Bilance
  - ★ Moč 25 - 50 mmol/24 hod
- Význam
  - ▶ Kostní hmota, organické sloučeniny
    - ★ DNA, RNA, ATP, fosfolipidy, ....
  - ▶ Metabolizmus cukrů
    - ★ Fosforečněny - pufry (ABR)

# Změny fosfatémie

- Hyperfosfatémie
  - ▶ Růst, chronické selhání ledvin
  - ▶ Hypoparathyreóza, intoxikace vit. D
- Hypofosfatémie
  - ▶ Hyperparathyreóza
  - ▶ Hypovitaminóza D
  - ▶ Poruchy vstřebávání, anacida

# Acidobazická rovnováha

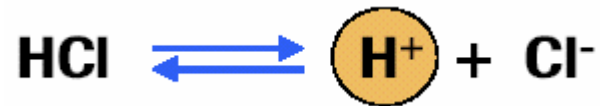
# pH

- Záporný dekadický logaritmus koncentrace vodíkových iontů v roztoku
- Koncentrace: 0,000 000 04 mol/l (40 nmol)
- $10^{-7,4} \approx \text{pH: } 7,4$
- Zvyšuje-li se  $[\text{H}^+]$ , klesá pH.
- Nízké pH: krev je kyselejší
- Vysoké pH: krev je méně kyselá

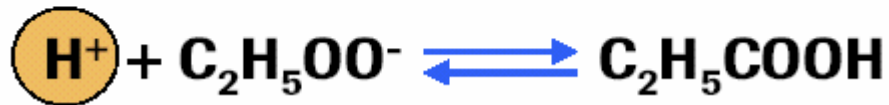
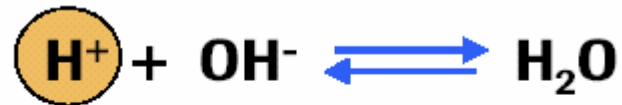


# Kyseliny a zásady

- Kyseliny: uvolňují  $\text{H}^+$  iont



- Zásady: přijímají  $\text{H}^+$  iont



- Kyseliny: mléčná, acetoctová, uhličitá
- Zásady: hydrogenkarbonát (bikarbonát)

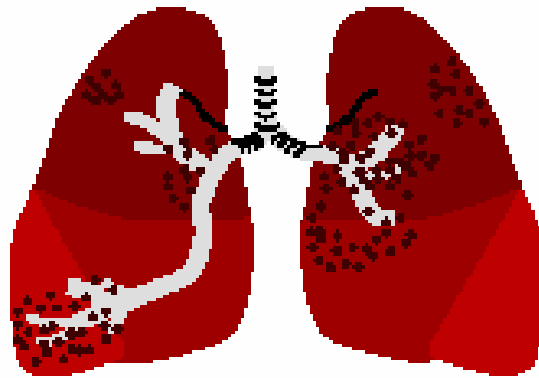
# pH

- Fysiologická hodnota pH: 7,35 – 7,45.
  - ▶ Acidóza: pH < 7.35
  - ▶ Alkalóza: pH > 7.45
- Udržování fysiologického pH
  - ▶ Pufry (nárazníkové systémy)
    - ★ Hydrogenkarbonát, Hb, fosfát
    - ★ Vazba či uvolnění H<sup>+</sup> iontů
  - ▶ Plíce, ledviny
    - ★ Vyloučení přebytečných H<sup>+</sup> z těla

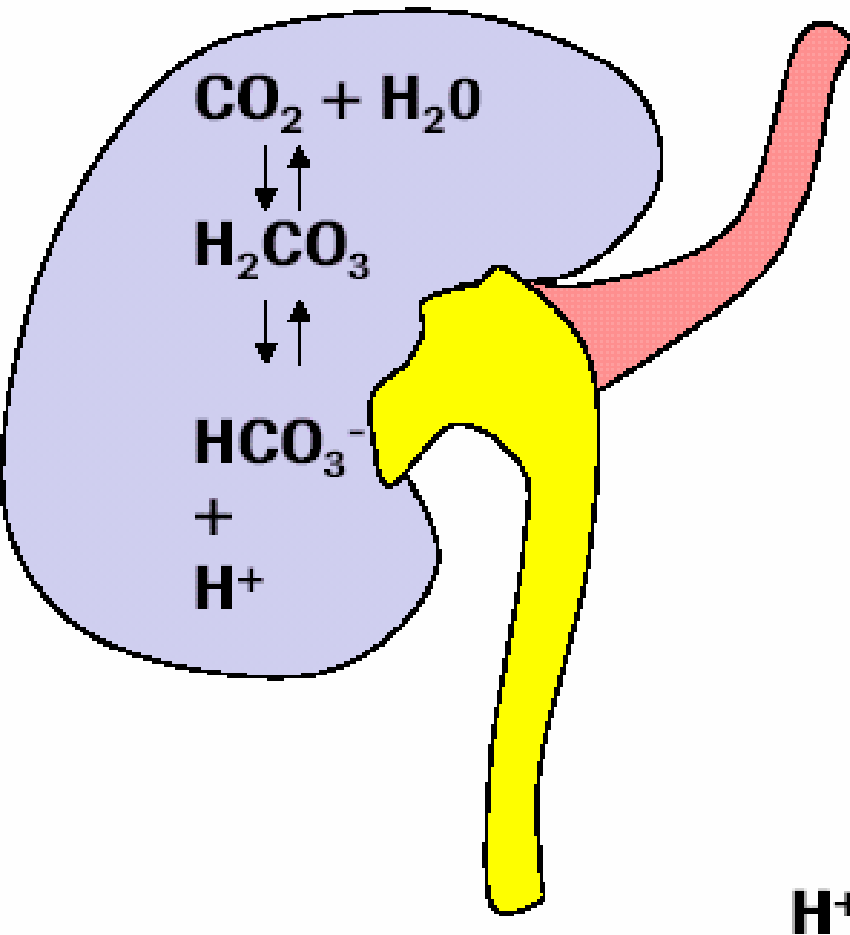
# Plíce



**Vylučování  $\text{CO}_2$   
plícemi posunuje  
reakci doprava.**



# Ledviny



$\text{HCO}_3^-$  vrácené do krve

Regenerace  
hydrogenuhličitanů

Vyloučení  
vodíkových iontů

$\text{H}^+$

# Hydrogenkarbonát ( $\text{HCO}_3^-$ )

- Hydrogenkarbonáty
  - ▶ Koncentrace v krvi:  $24 \pm 2$  mmol/l
  - ▶ Syntéza: ledviny
    - ★ Malé množství - rozpouštění  $\text{CO}_2$  v krvi
- $\text{HCO}_3^-$ : zásadité povahy
  - ▶ Pokles koncentrace - acidóza
  - ▶ Vzestup koncentrace - alkalóza

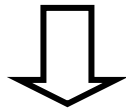
# Základní poruchy ABR

- Acidóza
  - Metabolická
  - Respirační (plicní)
- Alkalóza
  - Metabolická
  - Respirační (plicní)

# Plicní porucha ABR

Změna koncentrace oxidu uhličitého a kyseliny uhličité

Nedostatečné dýchání



↑ koncentrace  $\text{CO}_2$



↑ koncentrace kys.  
uhličité

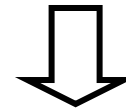


Acidóza

Nadměrné dýchání



↓ koncentrace  $\text{CO}_2$



↓ koncentrace kys.  
uhličité

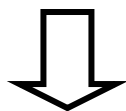


Alkalóza

# Metabolická porucha ABR

Změna koncentrace kyselin nebo zásad

Nadbytek kyselin  
a/nebo  
nedostatek hydrogenkarb.



Acidóza

Nedostatek kyselin  
a/nebo  
nadbytek hydrogenkarb.



Alkalóza



# Metabolická acidóza - příčiny

- Hromadění kyselin:
  - ▶ ketolátky, selhání ledvin, otravy, laktát
- Ztráta bikarbonátu
  - ▶ průjmy, nadbytek chloridů

# Metabolická alkalóza - příčiny

- Ztráta nebo chloridů
  - ▶ Zvracení, žaludeční sonda, diuretika
- Nadbytek bikarbonátu
  - ▶ Předávkování

# Respirační acidóza - příčiny

- Hromadění kyseliny uhličitě při nedostatečném dýchání (hromadění  $\text{CO}_2$ )
  - ▶ Onemocnění plic, bránice, dýchacích nervů, dýchacího centra, otravy
  - ▶ Nedostatečný výkon srdce

# Respirační alkalóza - příčiny

- Nedostatek kyseliny uhličité při nadměrném dýchání (pokles  $\text{CO}_2$ )
  - ▶ Hyperventilace
    - ★ Anxieta, hysterie, stres
  - ▶ Léze CNS
    - ★ Encephalitis, meningitis, tumory, trauma