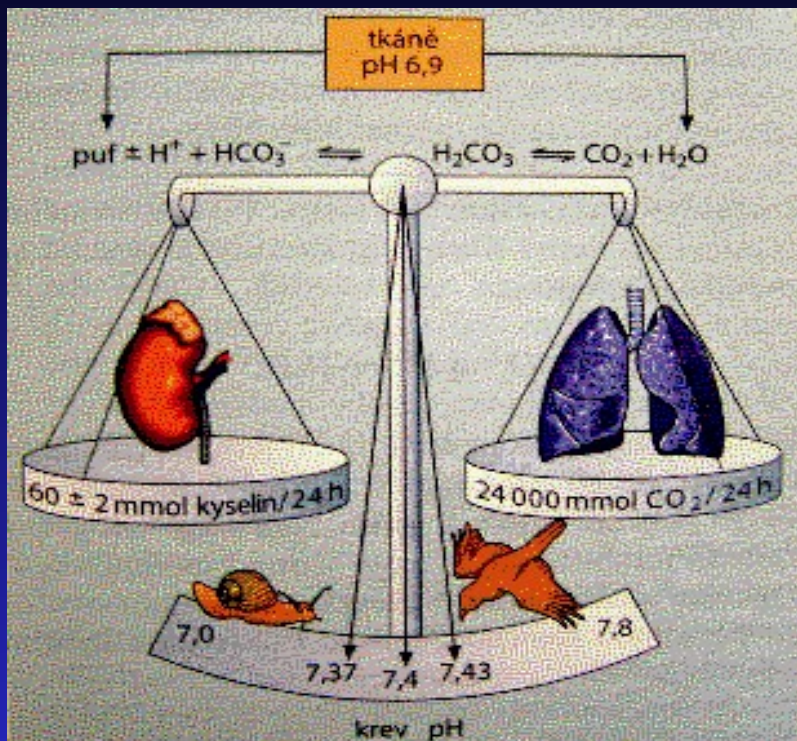


# Poruchy vnitřního prostředí v chirurgii



L.Dadák

ARK, FN u svaté Anny v Brně

[is.muni.cz/el/1411/jaro2012/VLCP0622c/um/](http://is.muni.cz/el/1411/jaro2012/VLCP0622c/um/)

# Never completely trust the laboratory

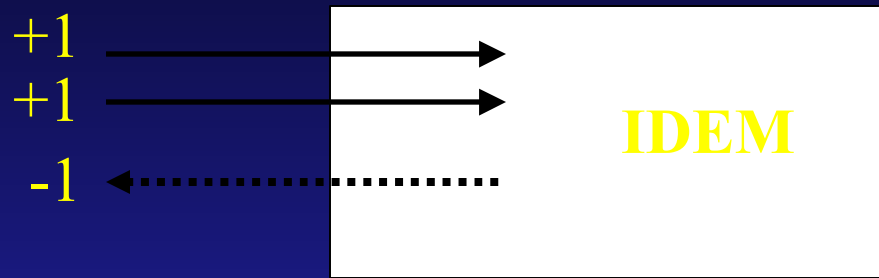
Quick	<0.10	( 0.70 - 1.34 )	<-( )	repeated
aPTT	>150	s ( 20.0 - 40.0 )	<=( )	repeated
Fibrinogen	4.50	g/l ( 1.80 - 4.00 )	( )	->
Antitrombin III	32	% ( 80 - 120 )	<-( )	

----- same patient, 30 min later -----

Quick	0.55	( 0.70 - 1.34 )	<-( )	
aPTT	44.7	s ( 20.0 - 40.0 )	( )	->
Aptt ratio	1.49			
Fibrinogen	5.40	g/l ( 1.80 - 4.00 )	( )	->
INR	1.59	( 0.85 - 1.38 )	( )	->
Antitrombin III	61	% ( 80 - 120 )	<-( )	

# Homeostáza

síla inzultu, kompenzační mechanizmy, léčba



objem, H<sup>+</sup>, pCO<sub>2</sub>, glykémie

- isovolémie
- isohydrie, isoionie
- isoosmie

## Isoosmie

osmotický tlak plasmy ( $280 \pm 10$  mosm/l)

výpočet  $2 \times \text{Na}^+ + \text{glykémie} + \text{urea}$

efektivní osmolalita ( $\text{Na}^+$ )

další osmoticky aktivní látky: manitol, alkohol...

## Onkotický tlak

slouží k udržení náplně cévního řečiště

celková bílkovina (albumin 50g/l ... 15 mmHg)

koloidní roztoky (škrob, želatina, dextran)

# Tělesné kompartmenty

Voda = 75% novorozenec ... 60 % tělesné hmotnosti

ECF = IVF + ISF                      ICF

↔	↔		
5%	15%		40%
<b>Na</b>	<b>Na</b> + -		Na
K	K + -		<b>K</b>
<b>P</b>	P + -		

# Potřeba vody (dospělý)

- základní potřeba            2 ml/kg/h
- příjem – výdej = bilance denní, dlouhodobá

**Table 2-1**  
**Water Exchange (60- to 80-kg Man)**

<i>Routes</i>	<i>Average Daily Volume (mL)</i>	<i>Minimal, (mL)</i>	<i>Maximal, (mL)</i>
<b>H<sub>2</sub>O gain:</b>			
Sensible:			
Oral fluids	800–1500	0	1500/h
Solid foods	500–700	0	1500
Insensible:			
Water of oxidation	250	125	800
Water of solution	0	0	500
<b>H<sub>2</sub>O loss:</b>			
Sensible:			
Urine	800–1500	300	1400/h
Intestinal	0–250	0	2500/h
Sweat	0	0	4000/h
Insensible:			
Lungs and skin	600	600	1500

## Potřeba vody (dospělý)

- základní potřeba            2 ml/kg/h
- další ztráty
  - 1°C horečka = 500ml/d
  - pocení
  - průjem, píštěl ... voda s ionty [mmol/l]

	<b>Sodium</b>	<b>Potassium</b>	<b>Chloride</b>	<b>Bicarbonate</b>
Saliva	10-60	10-20	15-40	30-15
Stomach	40-100	5-15	15-20	—
Bile	130-140	4-6	95-105	30-40
Pancreas	130-140	4-6	40-60	80-100
Small intestine	130-140	4-6	40-60	80-100
Colon	80-140	25-45	80-100	30-50
Sweat	40-50	5-10	45-60	—

# Dehydratace (ztráta převážně ICT)

- starý, žíznící, febrilní pacient

obj:

- suché sliznice
- nízký turgor kůže
- vyšší osmolalita, Na, Cl, hustota moči
- (nemusí být hypotenze)
  
- Th: volnou vodou (Glc 5%)
- $(Na - 145) / 10 * 3$  litry



# Hyperhydratace

- edémy,
- zvýšená náplň krčních žil,
- zvýšený Centrální žilní tlak = CVP
- dušnost
- polyurie
  
- nadbytečná tekutina ECT
  - cirhoza, srdeční selhání, nefrotický syndrom
- Th: restrikce vody a Na (+ diuretika)

# Intra Vascular Fluid = Intravazální tekutina

- dostupná k lab. vyšetření
- léčitelný objem

zajišťuje:

- Nutrici
- Oxygenaci
- Odstranění produktů metabolismu
- Teplotu
- Alkalinity – pH
- přenos hormonů

**Volum = cirkulující tekutina =IVF**

**Hypovolémie** = deficit extracelulární tekutiny:  
nejčastější hemodynamická odchylka  
nedostatečný intravaskulární objem

hypovolémie ( $\neq$  dehydratace);

- absolutní (deficit vody + iontů)
- relativní (vazodilatace)

## Příčiny deficitu tekutin:

- ileus
- předoperační příprava střeva
- chronická diuretika
- sepse
- popáleniny
- trauma

# Fyzikální nálezy hypovolémie

- +/- hypotenze
- +/- (tachykardie)
- chladná kůže periferie
- oligurie ( $< 0,5\text{ml/kg/h}$ )
- laktátová acidóza

# Důsledek hypovolemie:

nízký srdeční výdej (nízký preload):

- špatné prokrvení tkání,
- MAc, nízká PvO<sub>2</sub>, saturace smíšené venozní krve
- tachykardie
- nízká diuréza

Th: roztoky i.v:

- krystaloidy,
- onkotické roztoky (koloidy)

# Infuzní léčba

dodá

- tekutinu
- elektrolyty
- energii (50 ml/h Glukóza 10%)

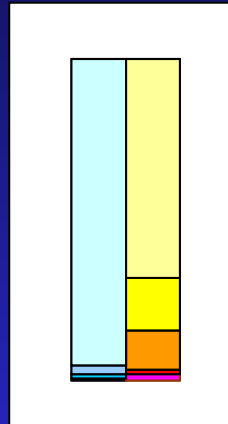
Důvody podání:

- akutní zvětšení intravazálního objemu při hypovolémii
- úprava iontových poruch
- udržet bazální hydrataci

# Infuzní léčba

k pochopení je nutné přijmout 3 zákonitosti

- semipermeabilita buněčné membrány  
Voda a Urea – prostupují volně  
ionty nikoli – ATP, kanály
- elektroneutralita roztoků  
součet všech kladných nábojů  
odpovídá záporným  
během metabolismu vznikne aniont,  
musí zaniknout  $\text{HCO}_3^-$  aniont.
- osmolarita





# Osmolarita, osmolalita

- každá částice rozpuštěná ve vodě na sebe váže množství molekul vody

Serová osmolarita je **měřena** určením **bodu tuhnutí** (teplota, tlak )(freezing point)

norma 275 .. 295 mOsm/l

Calculated osmolarity =  $2 * Na + Glc + Urea$   
[mOsm/l]

$$2 * 140 + 5 + 3$$

Gap > 10 mOsm/l ... nepočítaný solut (laktát, etanol)

Gap > 50 mOsm/l ... často fatální

Osmolalita [mmol/kg vody]

ICF mmol/l

ECF

### Cations

K<sup>+</sup> (150-154)

Na<sup>+</sup> (6-10)

Mg<sup>+2</sup> (40)

Na<sup>+</sup>(142)

Ca<sup>+2</sup> (5)

K<sup>+</sup> (4-5)

Mg<sup>+2</sup> (3)

### Anions

Organic PO<sub>4</sub><sup>-3</sup> (100-106)

protein (40-60)

SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> (17)

HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> (10-13)

organic acids (4)

Cl<sup>-</sup>(103-105)

HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> (24-27)

protein (15)

PO<sub>4</sub><sup>-3</sup> (3-5)

SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> (4)

Organic acids (2-5)

# Krystaloidy

- roztoky solí ve vodě
- difuze přes semipermeabilní membrány
- distribuce tekutiny dle iontového složení prostředí

# Krystaloidy

isotonické:

- Normal Saline = fyziologický roztok (0.9% NaCl)
- Ringer, Ringer-laktát = Hartmann, Plasmalyte, Ringerfundin, ...

hypotonické Ringer 1/2, Ringer 1/3 = zlomek iontů, zbytek tonicity Glc)

Hypertonické:

- NaCl 3; 5; 10% - hypertonické
- „plasma expandery“ zvyšují cirkulující objem přesunem intracelulární a intersticiální vody do intravaskulárního prostoru.

# Fyziologický roztok

## Normal Saline (0.9% NaCl):

- „Iso“tonický  
154 mmol/l Na<sup>+</sup>; 154 mmol/l Cl<sup>-</sup>; 308mOsm/L.
- levný, hyperchloremický, hypernatremický.
- [Cl<sup>-</sup>] v séru 103 mmol/l  
zatížení ledvin nadbytkem Cl<sup>-</sup>  
Diluční hyperchloremická acidóza
- kompatibilní s léky, krevními deriváty
- bez kalorií
- Th: NaCl deficitu

# Ringer-laktát

- isotonický, začátek objemové resuscitace

Složení mmol/l:

130 Na<sup>+</sup>

109 Cl<sup>-</sup>

28 laktát<sup>-</sup>

4 K<sup>+</sup>

3 Ca<sup>++</sup>.

Laktát je rychle metabolizován játry na bikarbonát.

Minimální efekt na pH a distribuci vody.

Složení blízké séru. Nedodává energii.

## Koloidy:

- roztoky částic o velké molekulární hmotnosti
- udržují tekutinu intravaskulárně díky onkotickému tlaku (částice neprostupují cévní stěnu).

### syntetické:

- hydroxyethylškrob = HAES,
- želatina
- (Dextran)

### přírozené:

- Albumin 5%, Plasma
- Albumin 20% = hyperonkotický

# Koloidy versus krystaloidy

- dražší
- syntetické koloidy :
  - ovlivňují koagulaci
  - zánětlivou odpověď
  - ovlivňují renální funkce
  - alergická reakce
- přirozené – získané z plazmy dárců
- snadněji substituují volem



## "Free H<sub>2</sub>O solutions:"

### roztoky cukrů

- iso / hypertonické
- dodání vody bez solutů
  - po zmetabolizování cukru - difuze do všech kompartmentů
- Glukóza 5% , 10% , 20% , 40%

# Ordinace infuzní terapie

- jednoznačná
- nemocnice má svou směrnici (možnosti zkratek)
- lék = co
- mg, ml = kolik
- i.v., p.os, p.r., epidurálně, NG sondou = jak
- od 7:00 do 9:00 = v kolik, jak rychle
- způsob ředění Lék 1,2g / 100ml FR
- rychlost podání: 5ml/h
- ukončení ordinace: /ex podpis, razítko, čas

## Příklady ordinace infuze:

- objemová výzva:  
Ringer-laktát 1/1 2000 ml i.v. od 15:30 do 16:30
- pokrytí bazální potřeby:  
Plasmalyte 1000 ml 100ml/h i.v. kontinuálně od 16:30 (do 2:30)  
Glukóza 5% 500ml 50ml/h i.v. kontinuálně od 16:30

10kg kojeneček:

- Ringer 1/3 250 ml 40ml/h i.v.

## Léky podávané kontinuálně:

- Noradrenalin 2 mg/ 20 ml FR i.v. 0.5 ml/h MAP >65mmHg
- KCl 7,5% 50ml i.v. 4 ml/h kontinuálně
- Augmentin 1,2g / 100ml FR i.v. během 60 min á 8 h (8 – 16 – 24)

# Hypervolémie

(= dehydratace) příčina:

- renální a/nebo kardiální selhání
- přestřelená léčba

Th: odstranění příčiny:

- úprava léčby (příjem/výdej), srdeční výdej,
- podpora diurézy, eliminační techniky

## Léčba poruch vnitřního prostředí:

1. **Volum a perfúze tkání**
2. Korekce pH
3. K, Ca, Mg
4. Na, Cl

## Priority v léčbě:

1. Volume a perfúze tkání
2. **Korekce pH**
3. K, Ca, Mg
4. Na, Cl

## vzorek krve – jednorázově / opakovaně

- arteriální – PaO<sub>2</sub> PaCO<sub>2</sub> = funkce plic
  - a. radialis
  - a. femoralis
- capillar – blízka arteriálním hodnotám
  - prst, ušní lalůček
- venous, mixed venous
  - v.cava, a.pulmonalis
  - PvO<sub>2</sub>, SvO<sub>2</sub> = saturace žilní krve – globální spotřeba O<sub>2</sub> v organismu
- složení iontů, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> bude všude stejné



# Základní pravidla ABR

$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$   $[\text{H}^+]$  36 .. 43 nmol/l

$\text{pH} = \text{pK} + \log (\text{H}^+ \text{ acceptor} / \text{H}^+ \text{ donor})$  buffer

v krvi je pH ... stav se jmenuje

- acidémie ... acidóza  $\text{pH} < 7.36$
- alkalémie ... alkalóza  $\text{pH} > 7.44$

- Respirační ...  $\text{pCO}_2$

- Metabolická ... BE, stand.  $\text{HCO}_3^-$

BE = vypočtené množství přebývajících bazí do pH 7.4 při standardním  $\text{CO}_2$  5,3kPa a teplotě 37°C.

# Acido-bazická rovnováha

arteriální krev:

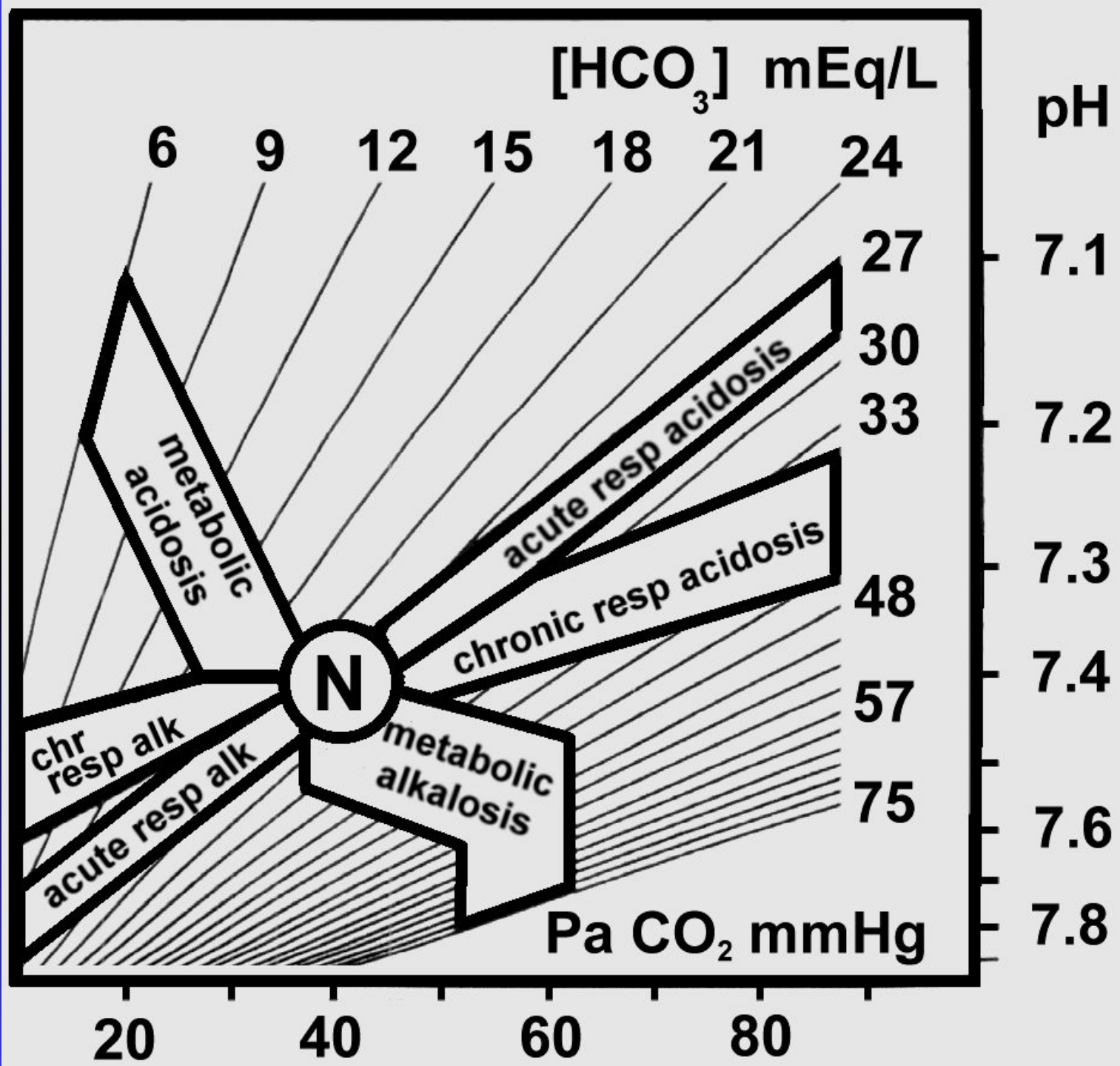
žilní

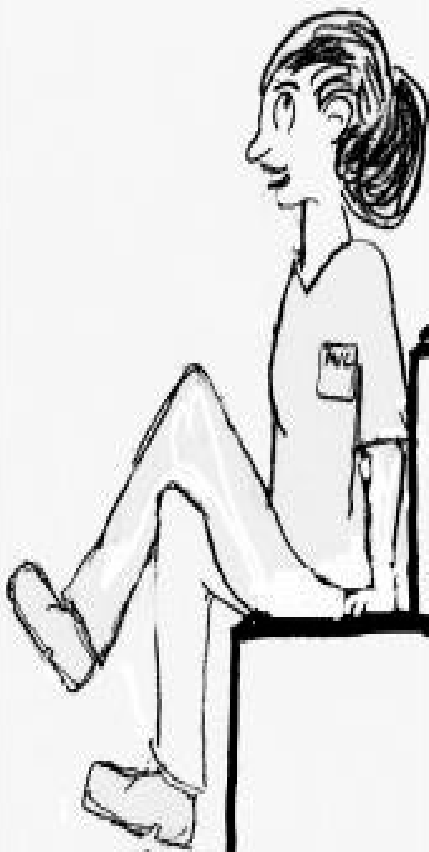
pH	7,35-7,45	
pCO <sub>2</sub>	4,6-6 kPa	4,8-5,9
pO <sub>2</sub>	10-13 kPa	4,5-5,9
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	22-26mmol/L	
BE	-2 .. +2 mmol/L	
SpO <sub>2</sub>	95-98%	70-80%

## bikarbonát [ $\text{HCO}_3^-$ ]

mění se při chronické respirační poruše a/nebo metab. poruše

- aktuální = to co je změřeno (spočítáno) v krvi pacienta ... odráží metabolickou + resp. složku
- standartní = za normální ventilace =  $\text{CO}_2 = 5,3$  a teploty ... odráží metabolickou složku





pH  
7.35 - 7.45  
Acidosis  $\leftrightarrow$  Alkalosis

IF  $PCO_2$  has an indirect relationship to the pH the condition is a Respiratory imbalance.

$PCO_2$   
35 - 45

Normal?

$HCO_3^-$   
22 - 26

Does the  $HCO_3^-$  have a direct relationship with the pH?  $\rightarrow$  then condition is Metabolic Imbalance

Resp. Imbalances  
Look @  $HCO_3^-$  to determine state of compensation. If abnormal = partial compensation

Compensation  
Has occurred if pH is in normal range

Metabolic Imbalances  
Look @  $PCO_2$  to determine state of compensation. If abnormal = partial compensation

# Arterial Blood Gas Analysis

ABG Parameter			ABG result	Calculation and interpretation		
<b>pH</b>	>7.45	Alkalaemia		<b>pH</b>	<b>pCO2</b>	<b>Interpretation</b>
	<b>7.36-44</b>	Normal		↓	↓	Metabolic acidosis
	<7.35	Acidaemia		↑	↑	Metabolic alkalosis
<b>pCO2</b>	>45	High		↑	↓	Respiratory alkalosis
	<b>35-45</b>	Normal		↓	↑	Respiratory acidosis
	<35	Low		<b>Corrected standard AG for albumin</b>		
<b>HCO3</b>	>26	High		$\frac{\text{Albumin} + 1.5 \times \text{Phosphate}}{4}$		
	<b>24+/- 2</b>	Normal		<b>Anion Gap calculation</b>		
	<22	Low		$\{[\text{Na}^+] - [\text{Cl}^- + \text{HCO}_3]\} = 12\pm/4$		
<b>AG</b>	> 16	High		<b>Corrected Na+ for AG in hyperglycemia</b>		
	<b>12+/-4</b>	Normal		Corrected Na+ = Na + $\frac{\text{Glucose} - 5}{3}$		
	< 8	Low		<b>Gap: Gap calculation for metabolic acidosis</b>		
<b>Glucose</b>	>10	High		<0.4	Low or Normal AG metabolic acidosis	
	< 2	Low		0.4-0.8	Normal + high AG metabolic acidosis	
	<b>Gap: Gap</b>	$\frac{\Delta \text{AG}}{\Delta \text{HCO}_3} = \frac{\text{AG} - 12}{24 - \text{HCO}_3}$			0.8-2.0	Pure high metabolic acidosis
		>2.0	Metabolic acidosis with metabolic alkalosis/respiratory acidosis			
		<b>PAO2 = [713 x FiO2] - [pCO2 x 1.25]</b>				
<b>Lactate</b>	<1.9	Normal		<b>A-a gradient = PAO2 - PaO2 = <math>\frac{\text{Age} + 4}{4}</math></b>		
	>2.0	High				
<b>pO2</b>	80-100	Normal				
	< 80	Hypoxia				

### Compensation rules for

Expected PCO2	Metabolic acidosis		Metabolic alkalosis	
		$1.5 \times [\text{HCO}_3] + 8 \text{ (+/- 2)}$		$0.7 \times [\text{HCO}_3] + 20 \text{ (+/- 5)}$
Expected HCO3	Respiratory acidosis		Respiratory alkalosis	
	Acute	Chronic	Acute	Chronic
	$24 + \frac{\text{pCO}_2 - 40}{10} \times 1$	$24 + \frac{\text{pCO}_2 - 40}{10} \times 4$	$24 - \frac{40 - \text{pCO}_2}{10} \times 2$	$24 - \frac{40 - \text{pCO}_2}{10} \times 5$

# Easy equation

	Resp. PCO <sub>2</sub>	Meta HCO <sub>3</sub>
Alka ↑		
Acid ↓		

$\Delta\text{pH}$

0.1

BE

6mmol/l

$\Delta p \text{ CO}_2$

1,6 kPa = 12 mmHg

# Easy equation

	Resp. PCO <sub>2</sub>	Meta HCO <sub>3</sub>
Alka ↑	↓	↑
Acid ↓	↑	↓

↓ ΔpH  
↓ 0.1

↓ BE  
↓ 6mmol/l

↑ Δ p CO<sub>2</sub>  
↑ 1,6 kPa = 12 mmHg



# CO<sub>2</sub>

pCO<sub>2</sub> – vyrovnaný stav (příjem : výdej)



pCO<sub>2</sub> \* Ventilace = konstanta

pCO<sub>2</sub> \* V<sub>T</sub> \* f = konstanta

- normal arterial paCO<sub>2</sub> 40 mmHg ≈ 5.33 kPa ≈ 5.61 %.
- Převést p [mmHg] na [kPa]: dělit hodnotu v mmHg 7.5

ΔpH                      Δ p CO<sub>2</sub>

0.1                      1,6 kPa = 12 mmHg

kyselina = dárce  $H^+$

- laktát
- silné kyseliny ( $HCl$ ,  $H_2SO_4$ )
- k. acetylsalicilová (otravy)
- ...

$\Delta pH$

-0.1

$\Delta BE$

-6 mmol/l

## **Hodnocení:**

- anamnéza
- klinické vyšetření
- laboratoř

## **Léčba:**

- vyvolávající porucha a rychlost jejího vzniku (UPV, inzulin, antiemetika, oběhová stabilizace).

# Metabolická acidóza MAc

BE < 0

$$AG = [Na] + K - ([Cl] + [HCO_3])$$

A)  $AG > 12$  - přítomny neměřené kyseliny  
(urémie, laktátová acidóza, ketoacidóza, renální selhání,  $SO_4$ , intoxikace  $CH_3OH$ , acylpyrin)

B)  $AG = 12$  = normální  
(hyperchloremická acidóza, průjem, drenáž žluči, renální tubulární acidóza)

## Léčba:

ad B) krystaloidy s fyziologický poměrem iontů

ad A)  $NaHCO_3$  (dle etiologie a  $pH < 7,1$ )

# Respirační acidóza RAc

porucha produkce/eliminace CO<sub>2</sub>  $p\text{CO}_2 > 5,33 \text{ kPa}$   
 $40 \text{ mmHg}$

## Léčba:

- snížení produkce (teplota, hyperkalorická výživa)
- zvýšení eliminace  
(stimulace dech. centra, dýchací soustavy, UPV,  
zmenšení mrtvého prostoru)

akutní = bez met. kompenzace / chronická = Met.alkalóza

Dekompenzovaná RAc:  $\text{pH} < 7,2$

## Respirační Alkalóza

$p\text{CO}_2 < 5,33 \text{ kPa}$   
 $40 \text{ mmHg}$

- záměrná hyperventilace
- plicní edém, infekce, hypoxie, anemie
- energeticky nevýhodná

následek:

- pokles ionizovaného  $\text{Ca}^{++}$  (tetania)
- horší uvolnění  $\text{O}_2$  z Hb
- snížení stimulace dechového centra, hrozí hypoxie

## MA1

BE > 0

pH > 7.44

- ↑ ztráty do moči  $\text{NH}_4^+$
- ↑ resorbce  $\text{HCO}_3^-$  ledvinou
- ztráty  $\text{Cl}^-$  (zvracení, odsávání NG sondou)  
elektroneutralita zachována díky vzestupu  $\text{HCO}_3^-$
- kompenzace chronické respirační acidózy

léčba:

- perfuze ledvin
- podání chloridů ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{NH}_3\text{Cl}$ ,  
argininCl)

- **diluční acidóza:**

hrazení FR ( $\text{Na}^+ : \text{Cl}^- = 1:1$ )  $\Rightarrow$  relat. snížení bikarbonátu  
 $\Rightarrow$  acidóza

- **laktátová acidóza:**

hromadění laktátu (silný anion)  $\Rightarrow$  snížení SID  $\Rightarrow$  acidóza  
(proces je omezený - metabolismus laktátu)

- **neměřitelné anionty:**

přítomnost AG - nevysvětlitelné acidózy u sepse a jaterního selhání

- **zvracení:**

ztráta  $\text{H}^+$  a  $\text{Cl}^-$ . (převaha  $\text{Na}^+$ ).  $\Rightarrow$  alkalóza



## Priority v léčbě:

1. Volume a perfúze tkání
2. korekce pH
3. **K, Ca, Mg**
4. **Na, Cl**

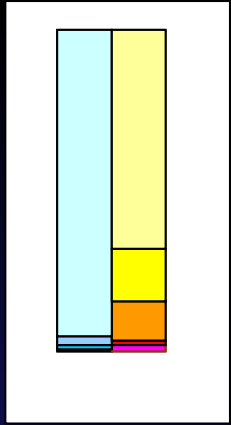
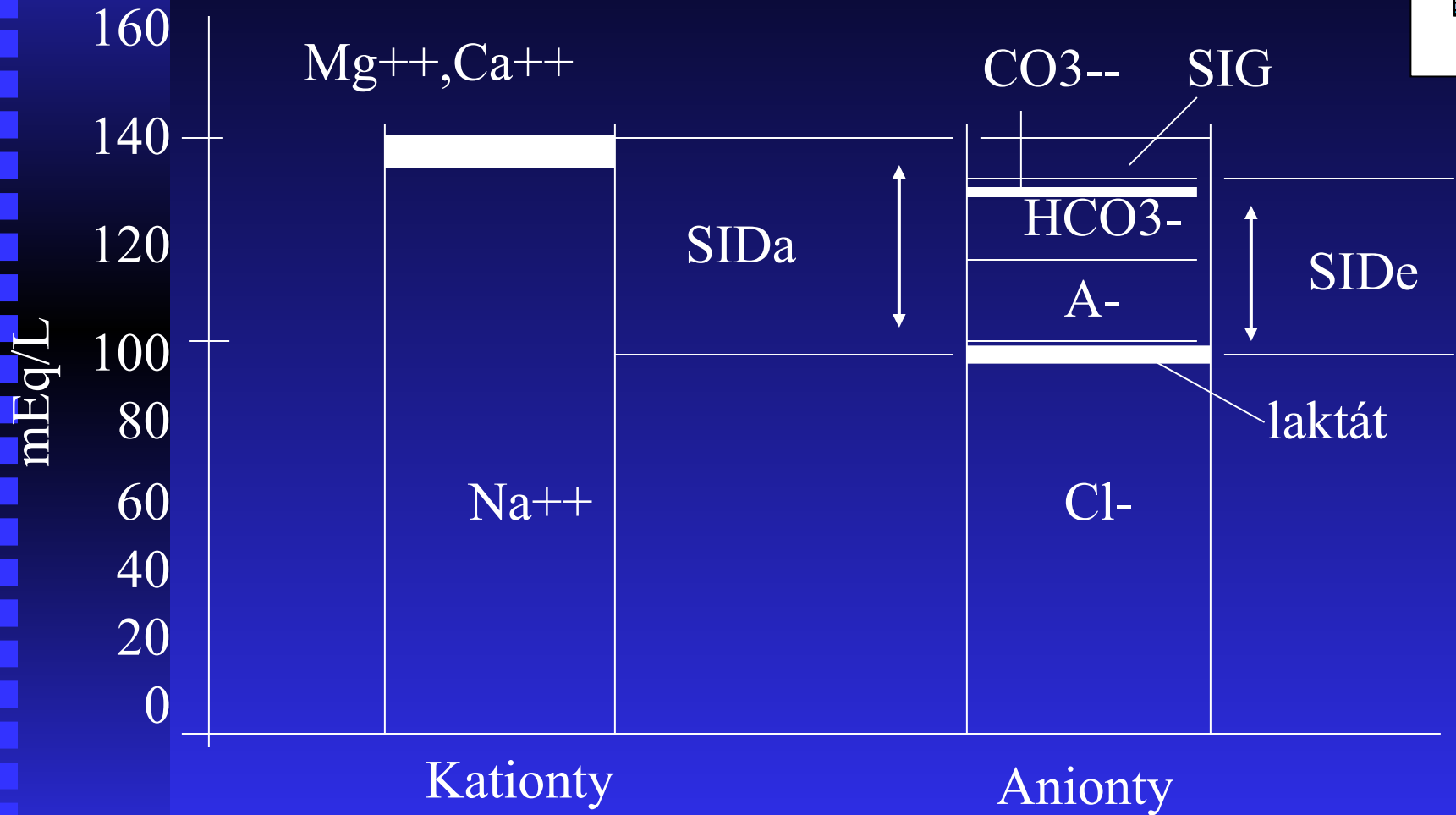
## Ionty v těle:

Table 2 Daily Electrolyte Requirements

	DAILY REQUIREMENT	FOR 70-KG ADULT	FOR 10-KG CHILD
Sodium	1-2 meq/kg	70-140 meq/day	10-20 meq/day
Potassium	0.5-1.0 meq/kg	35-70 meq/day	5-10 meq/day
Calcium	0.2-0.3 meq/kg	1.4-2.1 meq/day	2.0-3.0 meq/day
Magnesium	0.35-0.45 meq/kg	24.5-31.5 meq/day	3.5-4.5 meq/day
Chloride	equal to sodium	equal to sodium	equal to sodium
Bicarbonate/Acetate	use with chloride to balance cations and help pH	use with chloride to balance cations and help pH	use with chloride to balance cations and help pH

- Sodík  $\text{Na}^+$
- Draslík  $\text{K}^+$
- Vápník  $\text{Ca}^{++}$
- Hořčík  $\text{Mg}^{++}$
- Fosforečnany  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$
- Chloridy  $\text{Cl}^-$
- 
- Glukóza Glc

# Plazma



## Na<sup>+</sup>

- extracellular fluid 140 mmol/l
- intracellular fluid 10 mmol/l
  
- Hyponatremia
- Hypernatremia

# Hyponatremie $\text{Na}^+$ v séru $< 120 \text{ mmol/l}$

- hemodiluce
- ztráty:
  - zvracení
  - průjem
  - pocení
  - renální / CNS onemocnění, diuretika
  - únik do 3. prostoru (popálení, pancreatitis, peritonitis)
- zdánlivá (hyperglycemia, hyperlipidemia, manitol) – celková osmolalita N /  $\uparrow$

# Hyponatremie - příznaky

- únava, apatie, koma, **změna kvality vědomí**
  - bolest hlavy
  - svalové křeče, slabost
  - anorexie, nevolnost, zvracení.
- 
- Lehká až středně těžká hyponatremie – často asymptomatická.

## Hyponatremie - th:

- stabilní pac. - omezení příjmu vody (1000ml/d)
- vážná, akutně vzniklá, symptomatická - 3% (10%)  
NaCl i.v.
- nutná pomalá úprava (max +12mmol/den)  
jinak riziko demyelinizace mozku

# Hypernatremie

- nedostatečný příjem vody
- nadměrné ztráty vody
  - průjem
  - zvracení
  - horečka
  - excesivní pocení
  - Diabetes insipidus (ADH) = hypotonická moč
- zvýšený příjem solí
- bezvědomí, bez reakce na žízeň

Th: Glc 5% i.v.



## Draslík $K^+$

- Intracelulárně
- Sérum (2% of total) 3.8 .. 5.6 mmol/l
- elektrický potenciál na membráně ( $Na^+/K^+$  ATPasa)
- arytmie
- deficit 1 mmol/l v plazmě = 100mmol ICT
- extrémně citlivý ke změnám pH !

Acidosa v bb. ( $H^+$ ) vyhání  $K^+$  z bb.  
0,1 pH 0,5 mmol/l

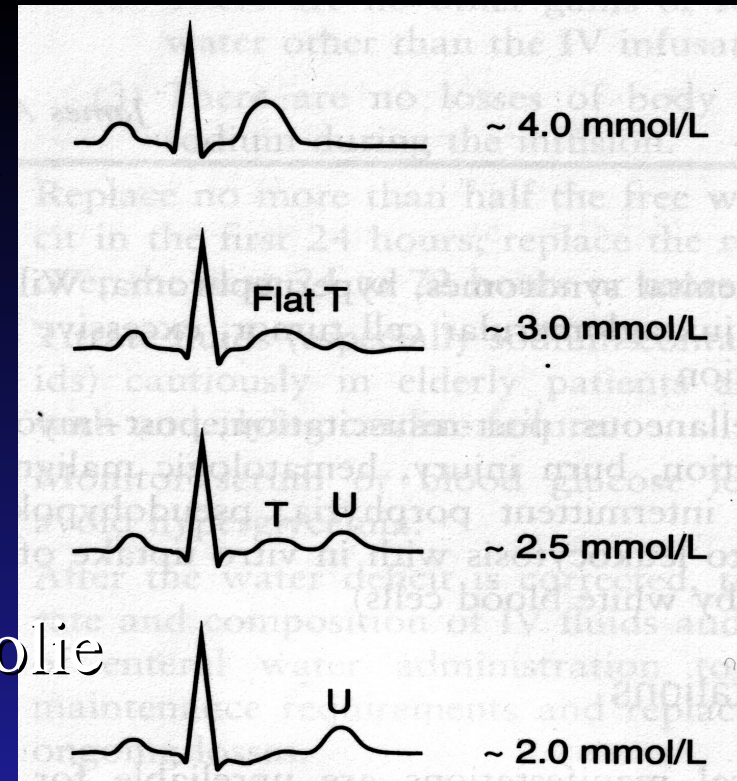
# Hypokalemie $K < 4 \text{ mmol/l}$

- ztráty moči
- diuretika, průjem, zvracení
- snížený příjem
- alkalóza

Projevy: svalová slabost, asystolie

Th:

- KCl p.os; max KCl 40 mmol/h i.v. do centrální žíly
- ECG monitoring !!!!
- často spojena s hypomagnesémií

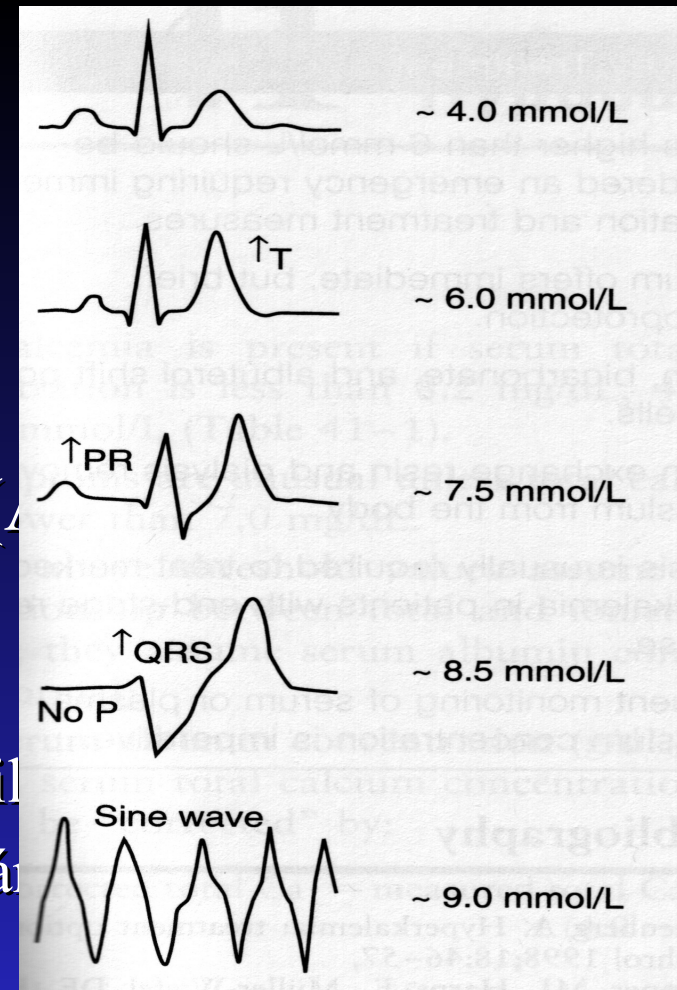


# Hyperkalemie

- hemolýza
- rabdomyolýza
- anurie, akutní renální selhání (AR)
- Acidóza
  - CAVE intrakardiální blokáda (diastolic arrest) / komorová fibrilace
  - svalová slabost – ventilační selhání

Th:

- zastavit příjem
- Glc + HMR i.v., kličková diuretika (furosemid)
- Ca Gluconicum i.v., NaHCO<sub>3</sub> i.v
- resonium p.os
- dialýza



# Kalémie se mění při metabolických poruchách

pH	K	
7,4	5,0	norma
7,3	5,5	
7,2	6,0	
7,5	2,5	
7,4	2,5	těžká hypokalémie
7,2	2,5	!!!!

(Ileus, laktát 10mmol/l, co se stane, když upravím pH k normě bez substituce KCl ??) - exitus

# Kalcium $\text{Ca}^{++}$

- nejvíce zastoupený minerál v těle 2kg
- Parathormone PTH
  - stimuluje osteoklasty
  - stimuluje resorpci -střevo, ledvina
- Calcitonin
  - inhibuje osteoklasty
- Vitamine D
  - potencuje uchování  $\text{Ca}^{++}$

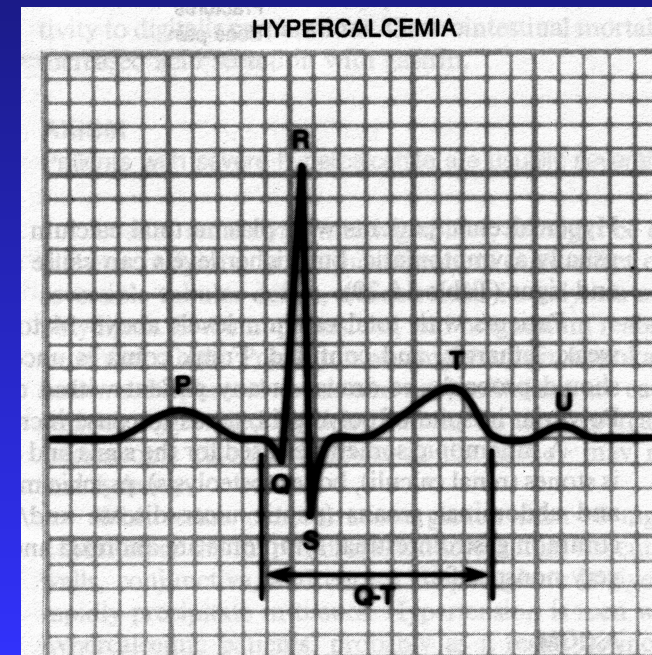
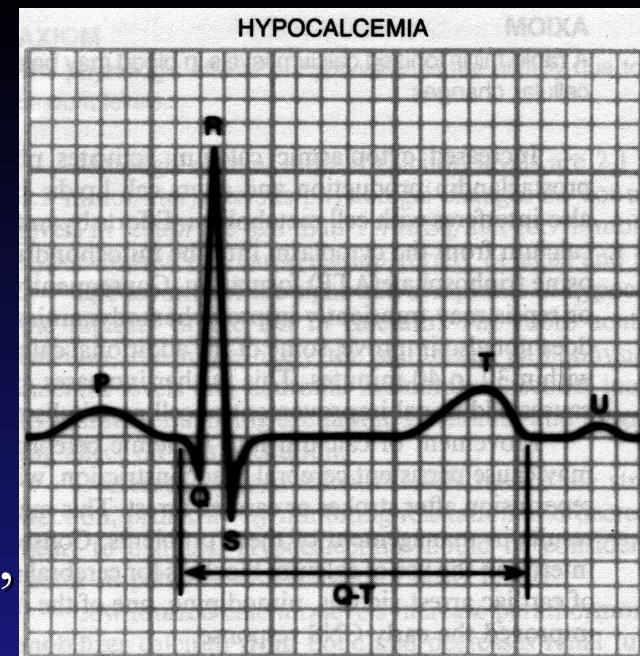
Ionizované  $\text{Ca}^{++} = 1.1 \text{ mmol/l}$  // efekt  
vázané na proteiny

# poruchy $\text{Ca}^{++}$

- Hypocalcemia
  - Respiratory Alkalosis, hypoPTH,
  - šok, sepse, pancreatitis
  - provází hypomagnesémií

## Tetanie

- Hypercalcemia
  - rabdomyolýza
  - malignity



## Chloridy Cl<sup>-</sup>

- ECF
- hyperchloremická acidóza (při nadužití FR Na:Cl = 1:1)
- hypochloremická alkalóza (ztráta Cl<sup>-</sup> zvracením), přebývá bikarbonát.

# Isoionie, stopové prvky

**Fosfor (P 0,65 - 1,60 mmol/l)**

**hypofofatémie** (svalová slabost, chybí fosfor pro ATP)

**hyperfosfatémie** (chronické selhání ledvin)

**Magnézium (Mg 0.78 - 1,03 mmol/l)**

**hypomagnesémie** (s kaliem)

arytmie, poruchy excitability

**hypermagnesémie** (chronické selhání ledvin)

**Vápník (Ca<sup>++</sup> - 1 mmol/l)**

hypokalcémie při hypoalbuminémii - **nehradit**

hyperkalcémie - rozpad svalů...

**Stopové (Fe, Se, Cu, Zn, Mn.....)**



## How to: 1960's

- Co je špatně?
- Co to způsobilo?
- Co s tím udělám?

## 1) Co je špatně?

Odpověď je v měřených a vypočtených veličinách:  
pH, PaCO<sub>2</sub> a HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> (BE)

- všechny jsou v normě - vše je OK, nedělej nic
- pH norma, acidóza nebo alkalóza?
- pH v normě ale PaCO<sub>2</sub> nebo HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> v nepořádku - plně kompenzovaná porucha

## 2) Čím to? Kdo za to může?

- Metabolismus = bikarbonát (BE) může za odchylku od pH 7,4
- respirace = CO<sub>2</sub> může za odchylku od pH 7,4

## 2) Kdo za to může?

- bikarbonát  
vyšší  $\text{HCO}_3^-$  = vyšší pH (MAI),  
nižší  $\text{HCO}_3^-$  = nižší pH (MAc)
- $\text{CO}_2$   
vyšší  $\text{CO}_2$  působí acidózu = snižuje pH
- Pokud je  $\text{CO}_2$  normální nebo vyšší a přitom pH je vyšší - problém je v metabolismu.

$\Delta \text{pH}$	$\Delta \text{BE} = \text{HCO}_3^-$	$\Delta p \text{CO}_2$
0.1	6 mmol/l	1,6 kPa = 12 mmHg

### 3) Kompenzace = co s tím tělo dělá?

- Tělo má jen 2 mechanismy jak měnit pH: respirační ( $\text{CO}_2$ ) a metabolický ( $\text{HCO}_3^-$ )
- Jedna z veličin je na vině, ale druhá upravuje pH k normě, pak se jedná o kompenzaci
- pokud oba  $\text{HCO}_3^-$  i  $\text{CO}_2$  vedou ke stejnému posunu pH, o kompenzaci nejedná.

## Rychlost nástupu kompenzačních mechanismů:

- respirace se mění během minut (hodinu)
- metabolická kompenzace nastupuje během hodin (den), ledviny se zapojí jak při chronické respirační acidóze tak při metabolických poruchách.

Př:

- pac s IM, ventrikulární fibrilace - resuscitace, defibrilace - vzniká respirační i metabolická acidóza. Po rychlé defibrilaci přichází k vědomí, zjišťuje, že se bude muset vzdát svých cholesterolových pochoutek, hyperventiluje.
- ABR: pH=7,44; PaCO<sub>2</sub>= 28 mmHg; HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>= 18,6 (BE = -6 mmol/l)
- plně kompenzovaná (chronická) RAI ?? Nikoli!!
- na terénu MAc vzniká akutní RAI

**!! Vždy se ohlížet na klinickou historii!!**

př:

- Otrava k. acetylsalicylovou působí metabolickou acidózu + respirační alkalózu.
- Podle pH by se mohlo jednat o
  - „kompenzovanou metabolickou acidózu“
  - „kompenzovanou respirační alkalózu“.

Lze odlišit kompenzaci a souběh dvou abnormalit??  
Jen dle anamnézy.



## Léčba extrémní metabolické acidozy při dostatečné ventilaci:

- Dose (mEq) =  $0.3 \times Wt \text{ (kg)} \times BE \text{ (mEq/L)}$
- Dávka bikarbonátu upraví pH k normě 7,4;  
!!!pro obavu z přestřelení a metabol. alkalózy se podá jen  $\frac{1}{2}$  vypočteného bikarbonátu.
- dokud **pH < 7.1** :
  - i.v. bikarbonát 80ml (1 lag)= 80 mmol, za 15 min po vykapání odebrat nový arteriální astrup a opět...
- 100 mmol NaHCO<sub>3</sub> → 2.24 l CO<sub>2</sub>, který (10 minut normální produkce CO<sub>2</sub>).
- !! Vzniklý CO<sub>2</sub> volně difunduje do buněk a horší MAc.

OR / AAA, 5 000ml, hemor. šok, NA i.v.

pH akt.	7.083	( 7.350 - 7.450 )	<=( )
pCO2	6.36 kPa	( 4.80 - 5.90 )	( )->
pO2	30.78 kPa	( 10.66 - 13.30 )	( )=>
BE	-15.8 mmol/l	( -2.6 - 2.6 )	<=( )
BB	32.1 mmol/l	( 40.0 - 44.0 )	<=( )
HCO3 akt.	13.9 mmol/l	( 22.0 - 26.0 )	<=( )
O2 sat.	99.3	( 95.0 - 98.0 )	( )=>

OR / AAA, 6 500ml, hemor. šok, NA i.v.

pH akt.	7.1	( 7.350 - 7.450 )	$\leq$ ( )
pCO <sub>2</sub>	5.0 kPa	( 4.80 - 5.90 )	( * )
BE	-18 mmol/l	( -2.6 - 2.6 )	$\leq$ ( )
lactate	13 mmol/l	( 1 - 2.5 )	( ) $\Rightarrow$

## Try it yourself

pH = 7.21

pCO<sub>2</sub> = 14.0

BE = 20

pH 7,35-7,45

pCO<sub>2</sub> 4,6-6 kPa

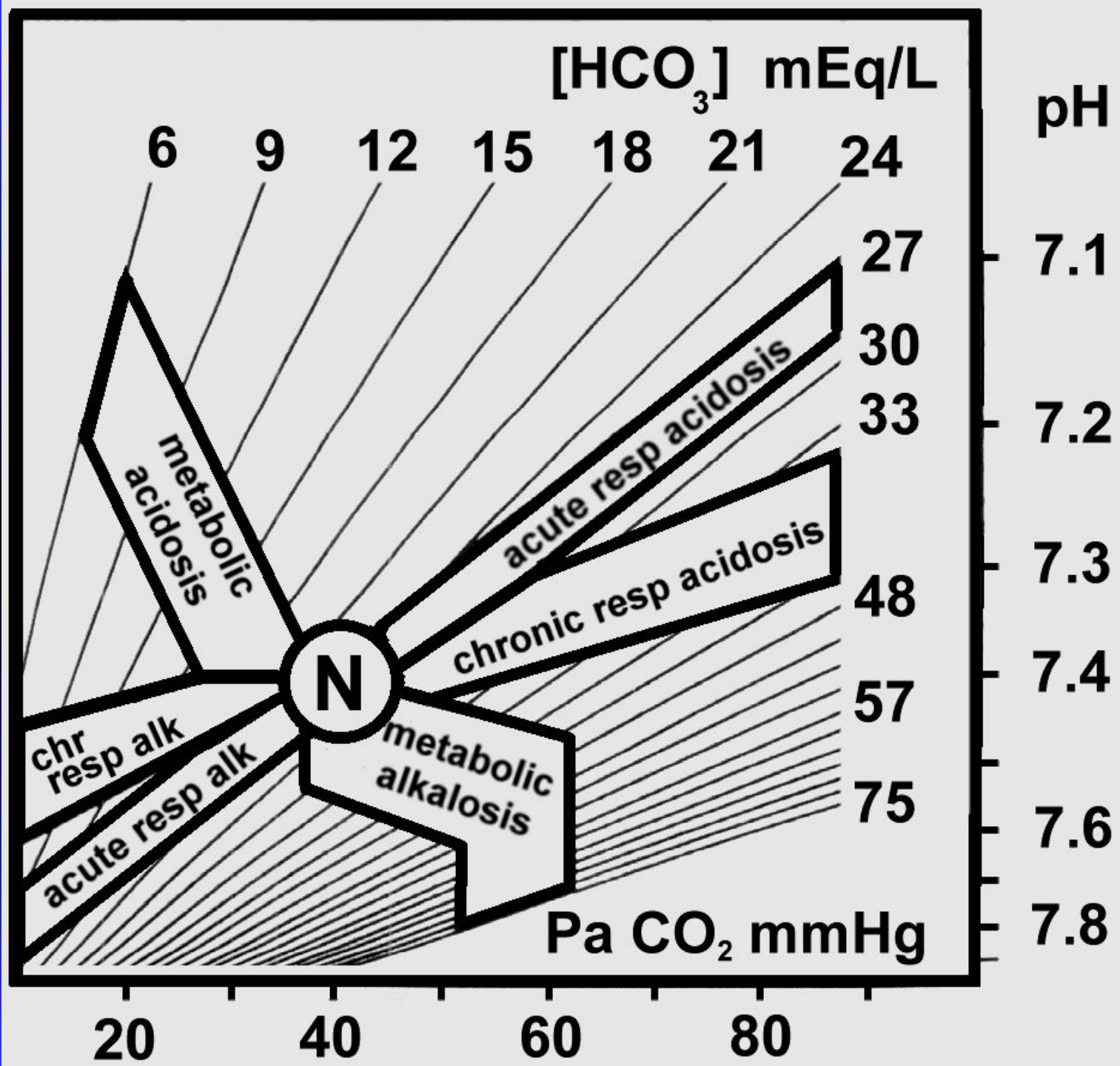
pO<sub>2</sub> 10-13 kPa

HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 22-26mmol/L

BE -2 .. +2 mmol/L

SpO<sub>2</sub> 95-98%

pac. přijata s COPD intermitentně porucha vědomí,



## Try it yourself

pH = 7.452

pCO<sub>2</sub> = 6.6

BE = 7.6

pH 7,35-7,45

pCO<sub>2</sub> 4,6-6 kPa

pO<sub>2</sub> 10-13 kPa

HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 22-26mmol/L

BE -2 .. +2 mmol/L

SpO<sub>2</sub> 95-98%

pac. hospitalizovaný týden na ARK,  
dlouhodobě potíže s ventilací  
- COPD – hypekapnie postupně klesala,  
... přetrvává metabolická kompenzace

- pacient na ICU:

polytrauma

+ sepse

+ pneumonie

NG sonda s velkým  
odpadem

Measured		Calculated	
Na	131 ↓	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	21 ↓
K	4,2 =	BE	-4 ↓
Mg	3,6 ↑		
Ca	2,2 =		
Cl	86 ↓		
Pi	2,3 ↑		
Alb	8 ↓↓		
pH	7,31 ↓		
PaCO <sub>2</sub>	5,4 =		

- pacient na ICU:

polytrauma

+ sepse

+ pneumonie

NG sonda s velkým  
odpadem

Henderson-

Hasselbach:

metabolic acidosis

Measured		Calculated	
Na	131 ↓	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	21 ↓
K	4,2 =	BE	-4 ↓
Mg	3,6 ↑		
Ca	2,2 =		
Cl	86 ↓		
Pi	2,3 ↑		
Alb	8 ↓↓		
pH	7,31 ↓		
PaCO <sub>2</sub>	5,4 =		



- 5. ročník  
kalkulačka

### Stewart-Fencl:

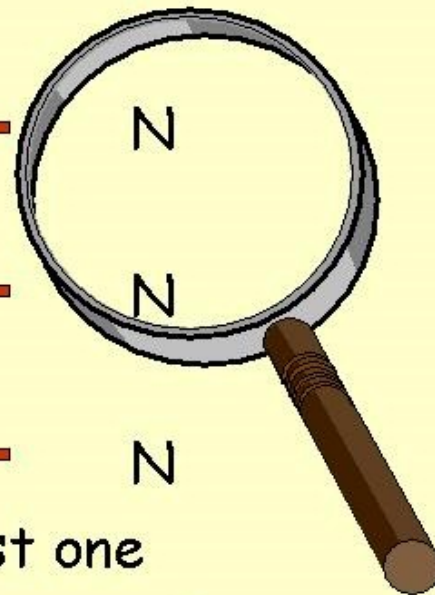
- lactic acidosis
- dilution acidosis
- hypochloremic alkalosis
- hypoalbuminemic alkalosis

Measured		Calculated	
Na	131 ↓	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	21 ↓
K	4,2 =	BE	-4 ↓
Mg	3,6 ↑		
Ca	2,2 =		
Cl	86 ↓		
Pi	2,3 ↑		
Alb	8 ↓↓		
pH	7,31 ↓		
PaCO <sub>2</sub>	5,4 =		

### #3 example

- pH 7.45 — N
- PCO<sub>2</sub> 43 — N
- HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 25 — N

• this is the hardest one  
for beginners... it's normal



## Závěr

- Abnormality vnitřního prostředí mají být léčeny stejně pomalu / rychle jak vznikaly
- DO NOT:
- Nekoriguj chronickou asymptomatickou abnormalitu.

## Priority v léčbě:

1. Volume a perfúze tkání
2. korekce pH
3. K, Ca, Mg
4. Na, Cl

## Kdy vyšetřovat elektrolyty?

- nízký perorální příjem
- zvracení
- chronická hypertenze
- diuretika
- křeče, svalová slabost
- age over 65
- alkoholismus
- OA + : electrolytové abnormality

# Akutní změna vědomí:

příčiny:

- hypoxémie
- hypoglykémie
- hyponatrémie
- sepse