



# MASARYKOVA UNIVERZITA



## Fyziologie zátěže III Patofyziologie zátěže



### ABR



MUDr. Kateřina Kapounková, Ph.D.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



# Co je acidobazická rovnováha?

= rovnováha mezi acidifikujícími a alkalizujícími vlivy

**nerovnováha** znamená, že se:

- změnilo se poměry kyselin a bází
- změnilo se pH **organismu** (  $\text{pH} = -\log c(\text{H}^+)$  )
- narušily regulační mechanismy
- postupně uplatňují kompenzující mechanismy

Udržování ABR patří mezi vitální funkce

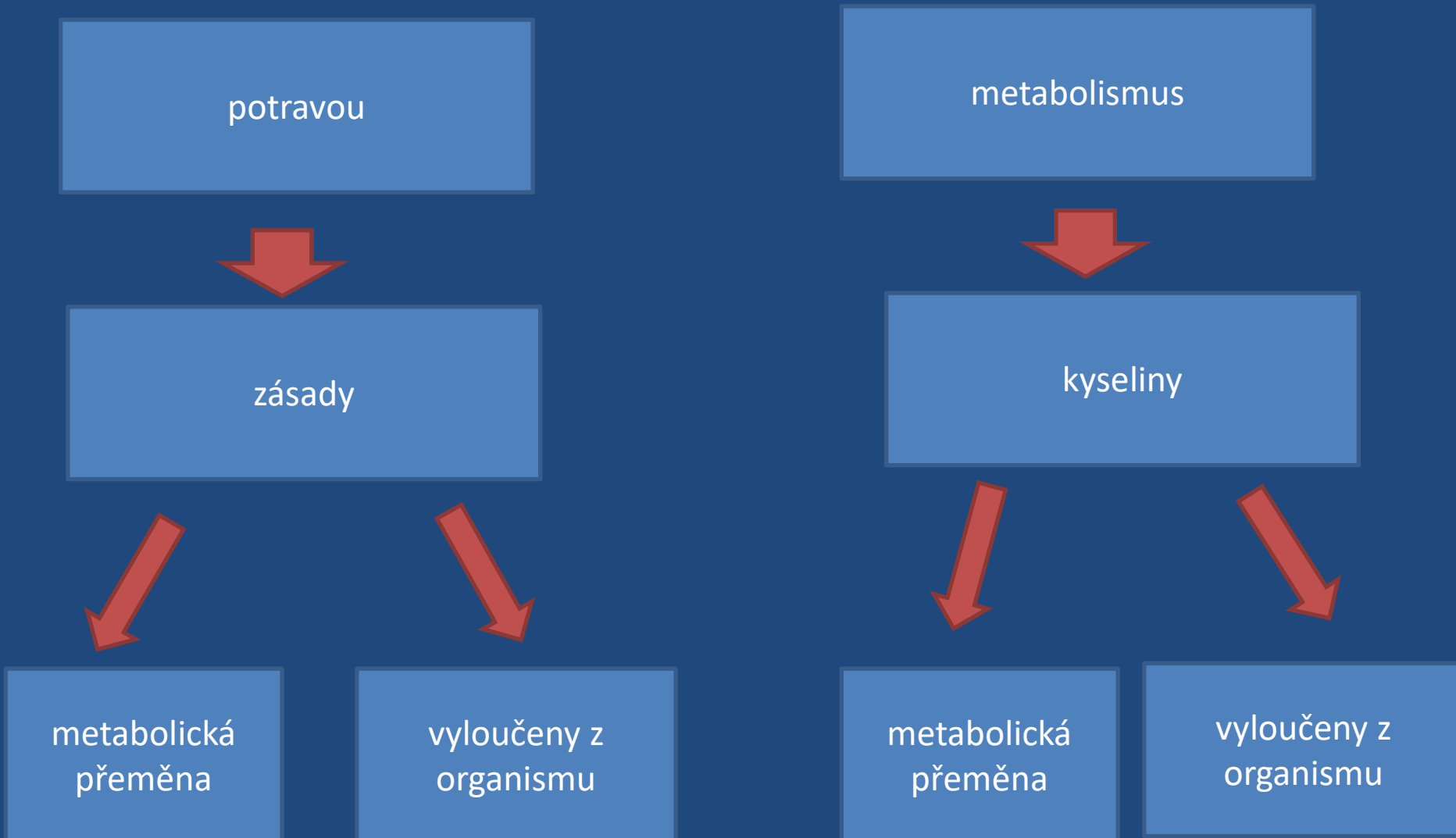
# Denní produkce $H^+$ v lidském organismu

Lidské tělo denně produkuje:

- **Prchavé ( těkavé ) kyseliny** – schopné vyloučit plícemi: kyselina uhličitá (z  $CO_2$  a vody)
- **Netěkavé kyseliny** – nutno vyloučit ledvinami: kyselina fosforečná, kys. močová, kys. sírová

Za fyziologických okolností těkavé kyseliny se eliminují plícemi a netěkavé ledvinami - rovnováha

# Kyseliny a zásady v organismu



# Z hlediska ABR rozlišujeme 3 druhy reakcí

## protonproduktivní

- Anaerobní glykolýza ( svaly, erytrocyty):



- Ketogeneze



- Lipolýza



- Syntéza urey ( v játrech)



protonproduktivní

protonkonsumpční

protonneutrální

## protonkonsumpční

- Glukoneogeneze



## protonneutrální

- Kompletní oxidace glukózy
- Lipogeneze z glukózy

Celkově **kyselin** vzniká 1 mmol/kg tělesné hmotnosti /za den

Lidský organismus denně vyprodukuje velké množství kyselin

## A, kompletní oxidací látek

Uhlíkatý skelet  $\longrightarrow$   $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{HCO}_3^- + \text{H}^+$

## B, nekompletní oxidací

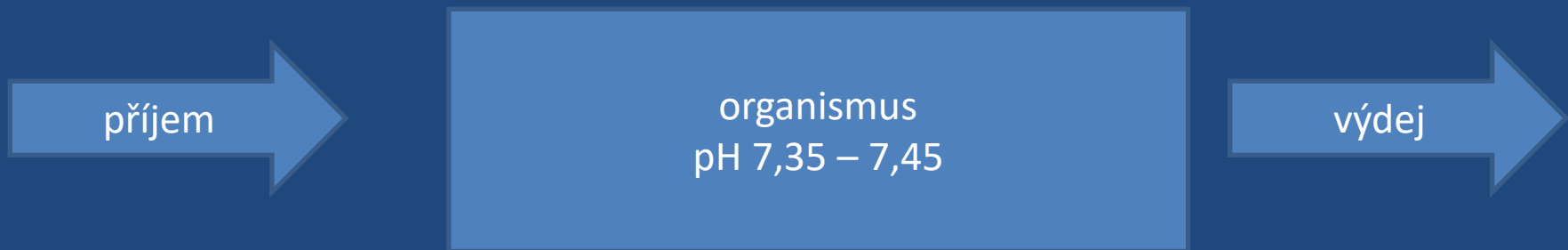
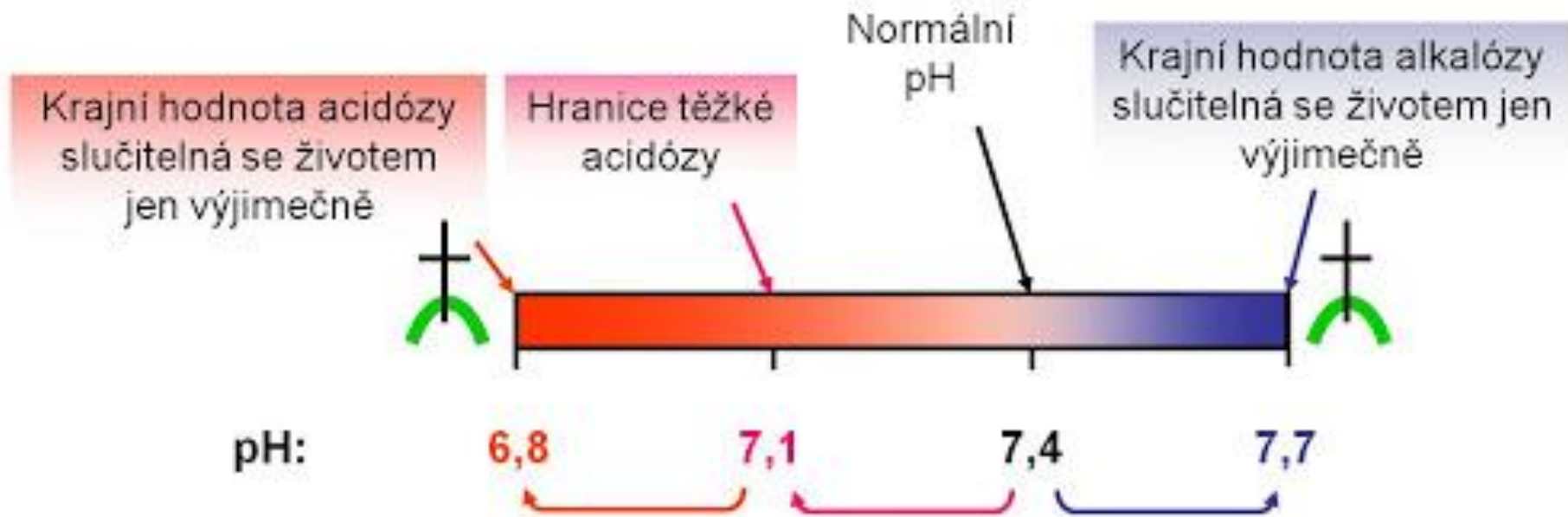
Sacharidy  $\longrightarrow$  G  $\longrightarrow$  pyruvát, LA +  $\text{H}^+$

TAG  $\longrightarrow$  MK, ketolátky +  $\text{H}^+$

Proteiny  $\longrightarrow$  AK  $\longrightarrow$  sulfát, močovina +  $\text{H}^+$

Za normálních okolností kompletně metabolizovány na  $\text{CO}_2$  a  $\text{H}_2\text{O}$

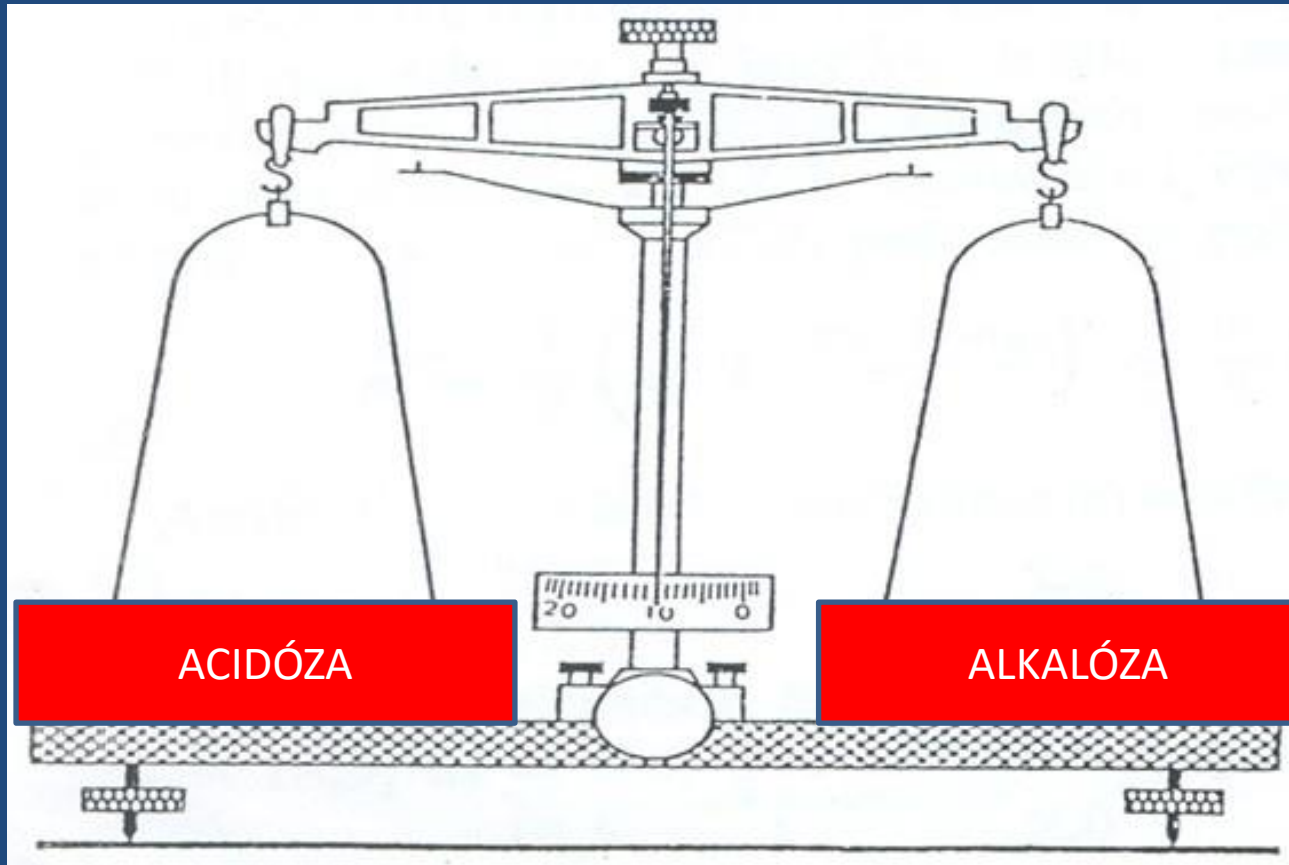
Produkce ATP je spojena s produkcí  $\text{H}^+$



pH je nepřímým ukazatelem  $H^+$



# Poruchy ABR



Acidémie

Alkalémie

respirační

metabolická



# Systemy odpovídající za udržení ABR

## 1. Chemické pufrční systémy

*reagují okamžitě, krátkodobá, akutní regulace*

## 2. Respirační systém

*respirační centrum reaguje cca za 1-3 min*

## 3. Ledviny

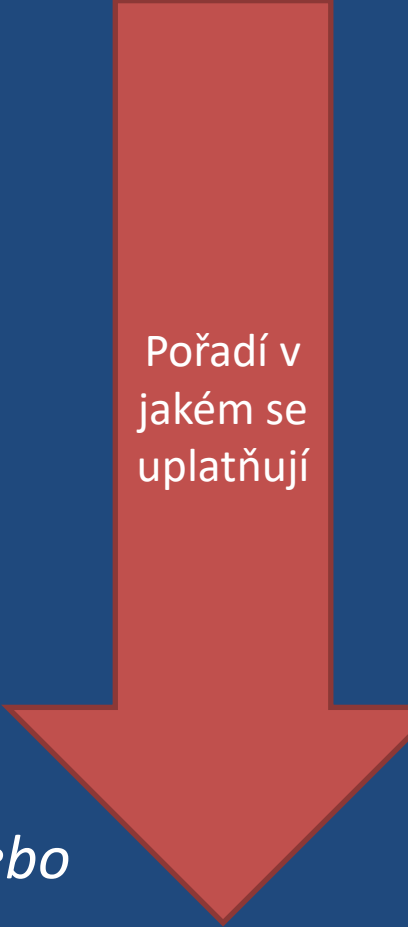
*jejich zásah vyžaduje hodiny až dny*

## 4. Játra

*podle stavu ABR syntetizují z amoniaku buď glutamin nebo močovinu*

## 5. Myokard

*prostřednictvím oxidace LA nebo ketolátek*



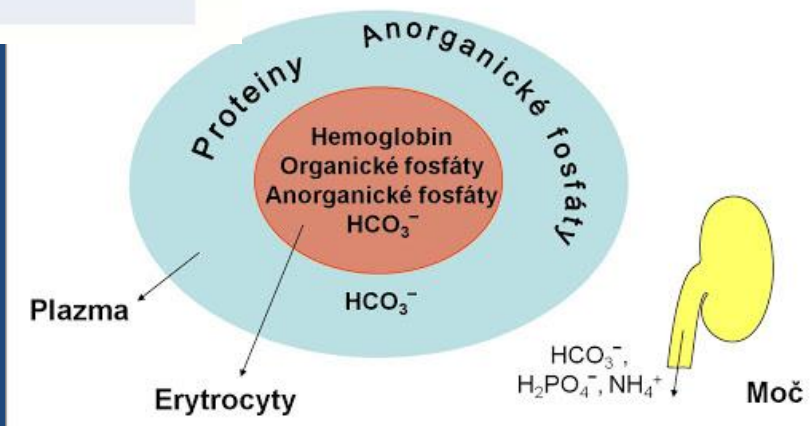
Pořadí v  
jakém se  
uplatňují

Pufry- okamžitě

bikarbonátový

nebikarbonátové

Pufr	Pufrační báze	Pufrační kyselina	Hlavní působení
<b>Hydrogenuhlíčan</b>	$\text{HCO}_3^-$	$\text{H}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2$	extracelulární
<b>Plazmatické proteiny</b>	Protein	Protein- $\text{H}^+$	intracelulární
<b>Hemoglobin erytrocytů</b>	Hemoglobin	Hemoglobin- $\text{H}^+$	erytrocyty
<b>Fosfátový</b>	$\text{HPO}_4^{2-}$	$\text{H}_2\text{PO}_4^-$	intracelulární



# Poruchy ABR-směry kompenzace

	<u>Primární příčina</u>	<u>Kompenzace</u>
Metabolická acidóza	↓ $[\text{HCO}_3]$	↓ $\text{pCO}_2$
Metabolická alkalóza	↑ $[\text{HCO}_3]$	↑ $\text{pCO}_2$
Respirační acidóza	↑ $\text{pCO}_2$	↑ $[\text{HCO}_3]$
Respirační alkalóza	↓ $\text{pCO}_2$	↓ $[\text{HCO}_3]$

# Metabolická acidóza

## 1. Příčina – nadměrná produkce / příjem $H^+$

- DM, hladovění (  $\beta$ - oxidace MK – ketokyseliny)
- **Fyzická zátěž**, hypoxie ( anaerobní glykolýza)

## 2. Příčina – porucha v ledvinách

Kompenzace MAC

- ❖ Pufr – bikarbonátový
- ❖ Plíce – hyperventilace
- ❖ Ledviny – zvýšená eliminace  $H^+$ , zvýšená resorpce  $HCO_3$

**Projevy:** Kussmaulovo dýchání, psychické poruchy

důsledek – hyperkalémie

*(Výměna  $H^+$  za  $K^+$  v buňkách)*

# Metabolická alkalóza

Příčina :

- Přívod bází ( infuze  $\text{HCO}_3$ )
- Zvracení ( ztráta  $\text{H}^+$ )

důsledek – hypokalémie

Kompenzace MAL

- Hypoventilace není možná !
- Ledviny – zvýšená eliminace  $\text{HCO}_3$

**Projevy:** tetanie, kardiální příznaky – arytmie ( zvýraznění vlny T, prodloužení QT

# Respirační acidóza

Příčina:

- Onemocnění plic a hrudníku ( retence  $\text{CO}_2$ )

Kompenzace RAC

- Pufrování : ne bikarbonátové pufry
- Ledviny : zvýšená eliminace  $\text{H}^+$ ,  $\text{NH}_4$ , zvýšená resorpce  $\text{HCO}_3$

**Projevy:** zřejmé z viditelné poruchy dýchání, rozvoj cyanózy, cefalea, poruchy vědomí

# Respirační alkalóza

Příčina:

Hyperventilace, nadmořská výška

Kompenzace RAL

- Pufrování : ne bikarbonátové pufry
- Ledviny : zvýšená eliminace  $\text{HCO}_3$ , snížená sekrece  $\text{H}^+$

**Projevy:** parestezie, tonicko-klonické křeče



# Laboratorní vyšetření ABR

- **Parametry ABR:** pH, pCO<sub>2</sub>, HCO<sub>3</sub>, pO<sub>2</sub> a BE
- **Vyšetření ostatních látek s vlivem na ABR:**
  - 1, koncentrace kationtů: Na, K, CA, Mg
  - 2, koncentrace aniontů: Cl, La, albumin
  - 3, koncentrace metabolitů: urea, kreatinin

ASTRUP – kapilární krev ( nesrážlivá – heparin)

# Normální hodnoty ASTRUP

- pH: 7,35 – 7,45
- pCO<sub>2</sub>: 4,80 – 5,90 kPa ( 35 – 45 mmHg)  
nižší = hypokapnie  
vyšší = hyperkapnie
- pO<sub>2</sub>: 9,9 – 13,3 kPa ( 80 – 100mmHg)

Pak se vypočítají ( software- Henderson- Hasselbachovy rovnice) hodnoty:

- HCO<sub>3</sub> : 24 mmol/l
- BE: 0 ± 2,5 mmol/l

**BE**= přebytek bází ( jedná se o počet molů silné kyseliny, kterou je třeba přidat do 1 l okysličené krve, aby bylo dosaženo pH 7,4 při teplotě 37°C)

**Záporné hodnoty** – nadbytek kyselin ( metabolická acidóza)

**Kladné hodnoty**- nadbytek bází( metabolická alkalóza)