



MASARYKOVA UNIVERZITA



Fyziologie zátěže II 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:

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

Udržování ABR patří mezi vitální funkce

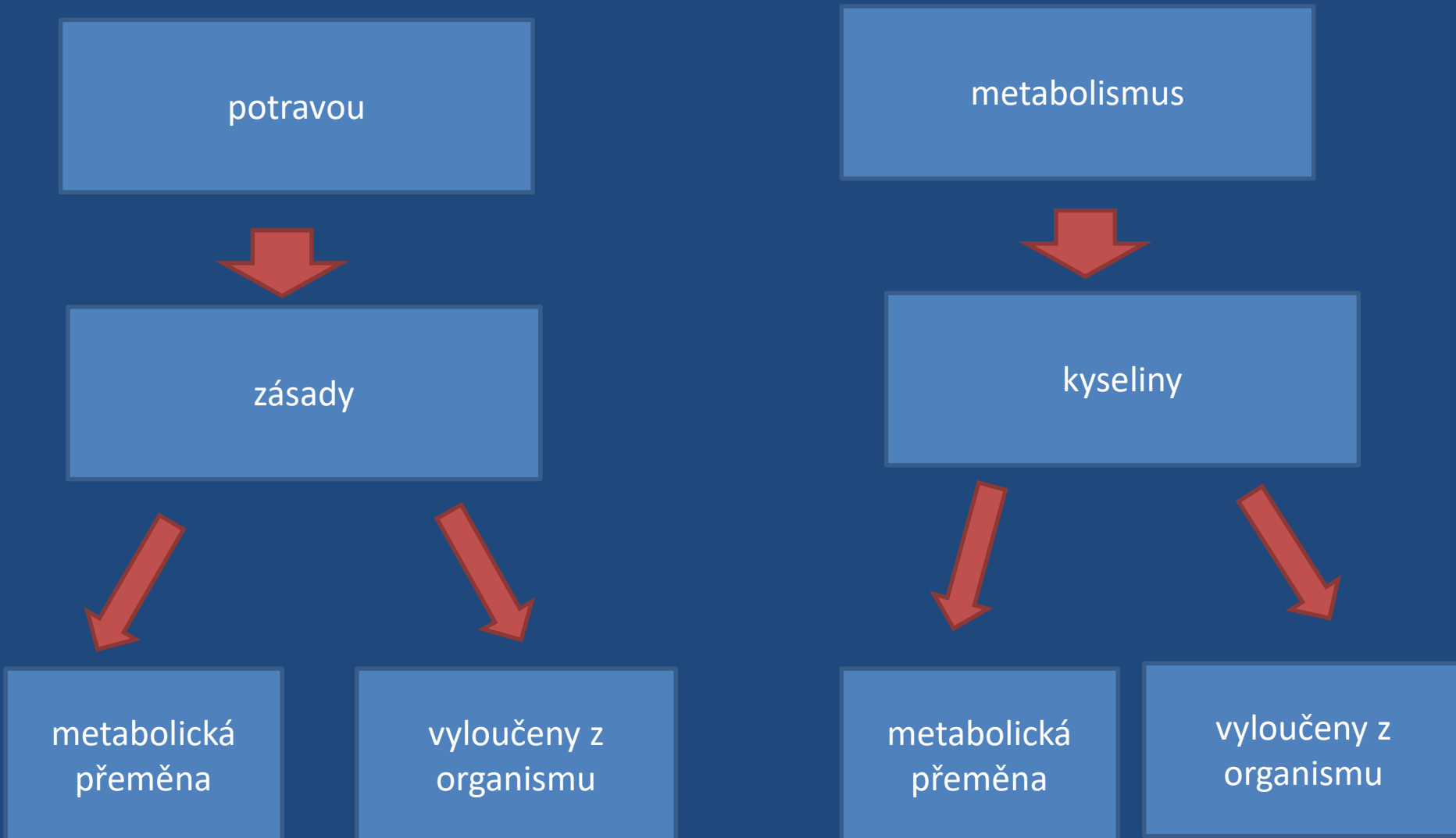
Denní produkce H^+ v lidském organismu

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

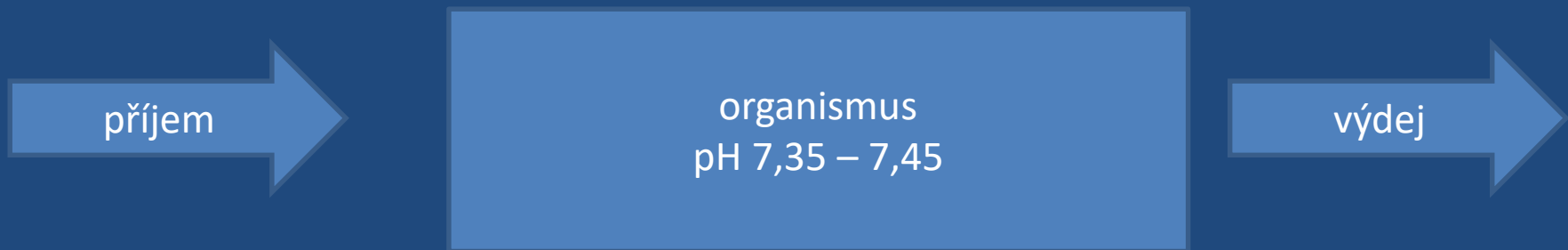
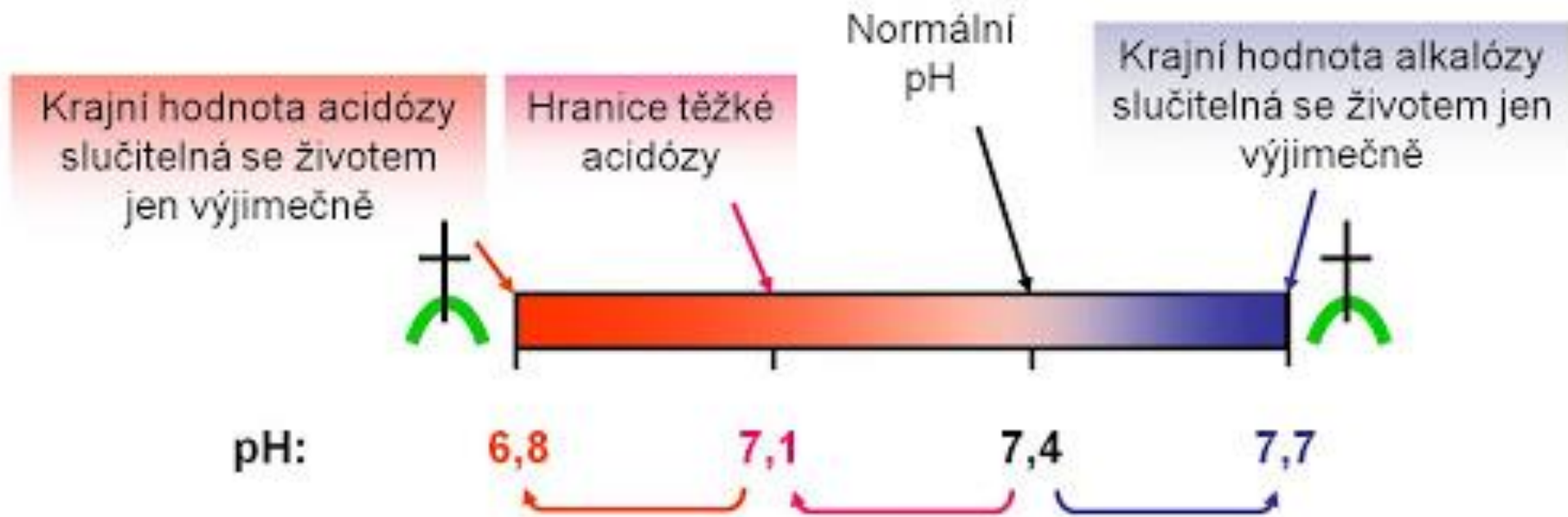
Sacharidy \longrightarrow G \longrightarrow pyruvát, LA + H^+

TAG \longrightarrow MK, ketolátky + H^+

Proteiny \longrightarrow AK \longrightarrow sulfát, močovina + H^+

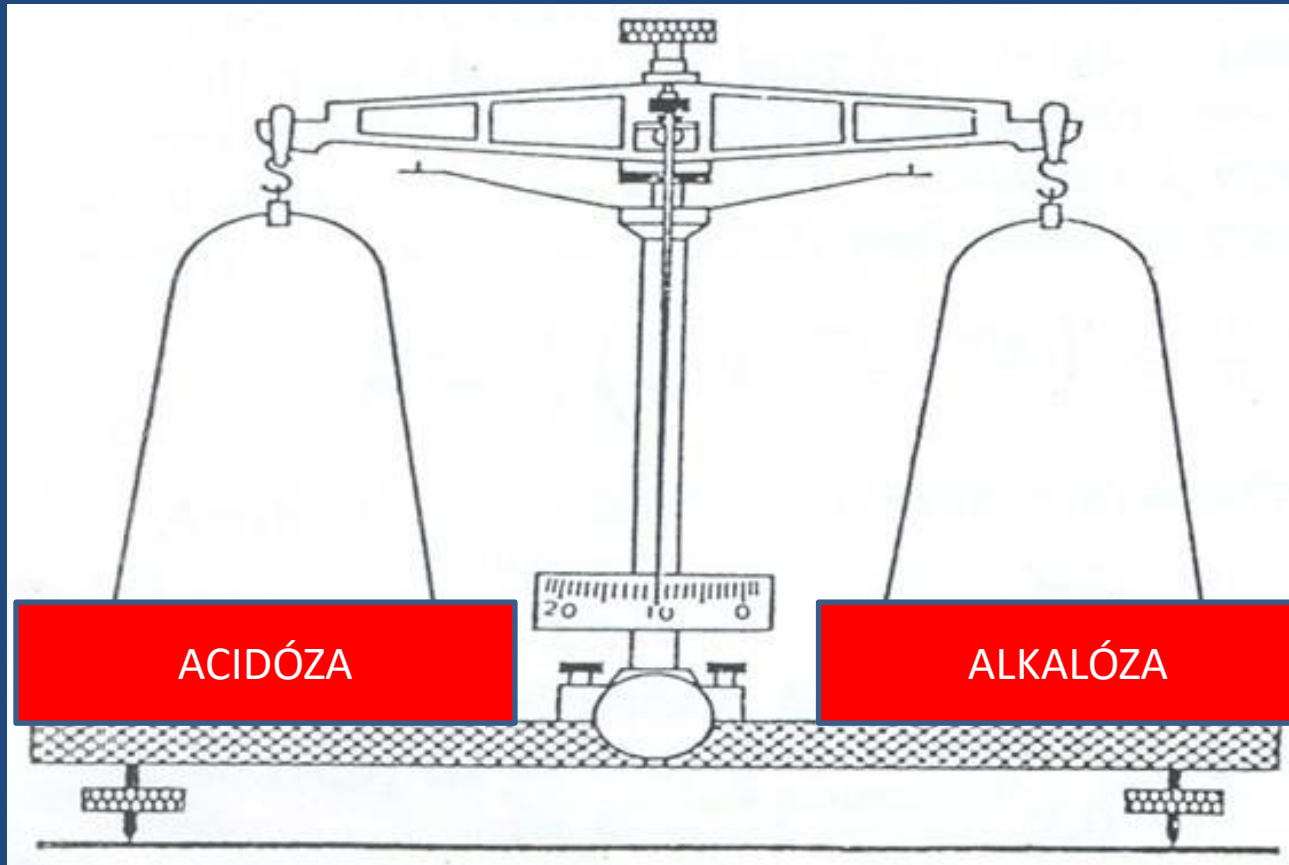
Za normálních okolností kompletně metabolizovány na CO_2 a H_2O

Produkce ATP je spojena s produkcí 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

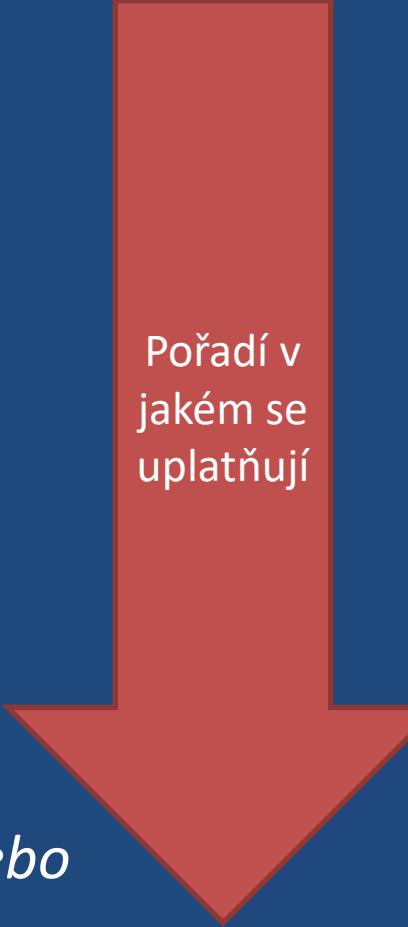
jejich zásah vyžaduje hodiny až dny

4. Játra

podle stavu ABR syntetizují z amoniaku buď glutamin nebo močovinu

5. Myokard

prostřednictvím oxidace LA nebo ketolátek



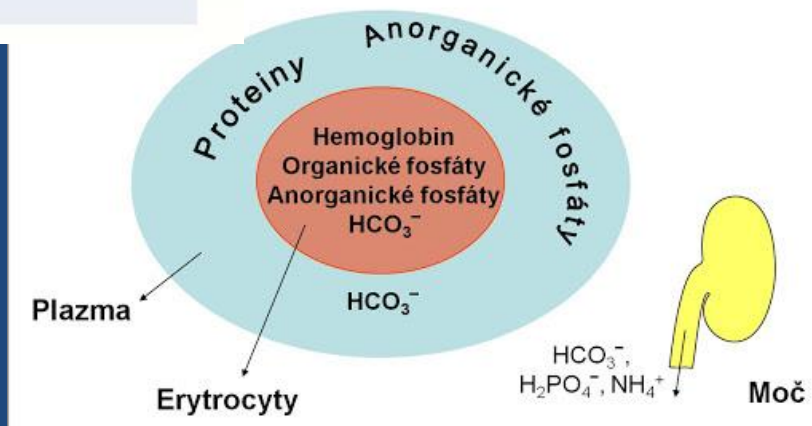
Pořadí v
jakém se
uplatňují

Pufry- okamžitě

bikarbonátový

nebikarbonátové

| Pufr | Pufrační báze | Pufrační kyselina | Hlavní působení |
|------------------------------|---------------------|---------------------------------------|-----------------|
| Hydrogenuhlíčan | HCO_3^- | $\text{H}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2$ | extracelulární |
| Plazmatické proteiny | Protein | Protein- H^+ | intracelulární |
| Hemoglobin erytrocytů | Hemoglobin | Hemoglobin- H^+ | erytrocyty |
| Fosfátový | HPO_4^{2-} | H_2PO_4^- | intracelulární |



Poruchy ABR-směry kompenzace

| | <u>Primární příčina</u> | <u>Kompenzace</u> |
|----------------------|-------------------------|-----------------------|
| Metabolická acidóza | ↓ [HCO ₃] | ↓ pCO ₂ |
| Metabolická alkalóza | ↑ [HCO ₃] | ↑ pCO ₂ |
| Respirační acidóza | ↑ pCO ₂ | ↑ [HCO ₃] |
| Respirační alkalóza | ↓ pCO ₂ | ↓ [HCO ₃] |

Metabolická acidóza

1. Příčina – nadměrná produkce / příjem H^+

- DM, hladovění (β - 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 HCO_3)
- Zvracení (ztráta H^+)

důsledek – hypokalémie

Kompenzace MAL

- Hypoventilace není možná !
- Ledviny – zvýšená eliminace HCO_3

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

Respirační acidóza

Příčina:

- Onemocnění plic a hrudníku (retence CO_2)

Kompenzace RAC

- Pufrování : ne bikarbonátové pufry
- Ledviny : zvýšená eliminace H^+ , NH_4 , zvýšená resorpce 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 HCO_3 , snížená sekrece H^+

Projevy: parestezie, tonicko-klonické křeče

Laboratorní vyšetření ABR

- **Parametry ABR:** pH, pCO₂, HCO₃, pO₂ 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
- $p\text{CO}_2$: 4,80 – 5,90 kPa (35 – 45 mmHg)
nižší = hypokapnie
vyšší = hyperkapnie
- $p\text{O}_2$: 9,9 – 13,3 kPa (80 – 100mmHg)

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

- HCO_3^- : 24 mmol/l
- BE: $0 \pm 2,5$ 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)