

Poruchy acidobazické rovnováhy

Patobiochemie a diagnostika poruch
ABR a iontového hospodářství

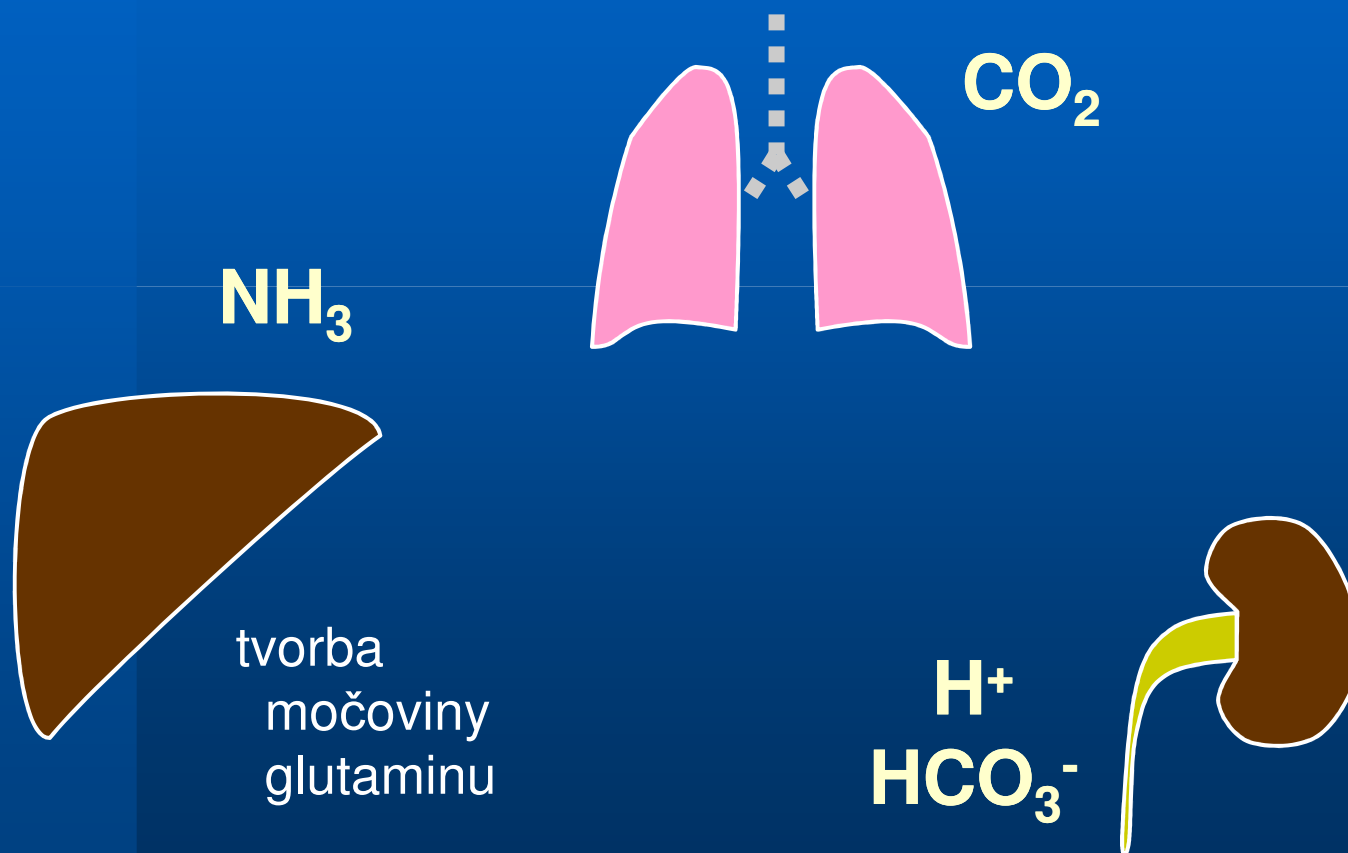
Připojte se!



Room name:
ABR

<http://b.socrative.com>

Regulace kyselosti vnitřního prostředí



Hydrogenuhlíčitánový pufr



Hendersonova-Hasselbalchova rovnice

$$\text{pH} = \text{pK}_a + \log \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]}$$

- $\text{pK}_a = 6,1$
- $[\text{HCO}_3^-] = 24 \text{ mmol.l}^{-1}$
- $[\text{H}_2\text{CO}_3] = 1,2 \text{ mmol.l}^{-1}$

$$\frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} = 20$$

Hendersonova-Hasselbalchova rovnice

$$\text{pH} = \text{pK}_a + \log \frac{[\text{HCO}_3^-]}{\alpha \cdot \text{pCO}_2}$$

- $\text{pK}_a = 6,1$
- $[\text{HCO}_3^-] = 24 \text{ mmol.l}^{-1}$
- $\alpha = 0,224 \text{ mmol.l}^{-1} / \text{kPa}$ $\text{pCO}_2 = 5,3 \text{ kPa}$

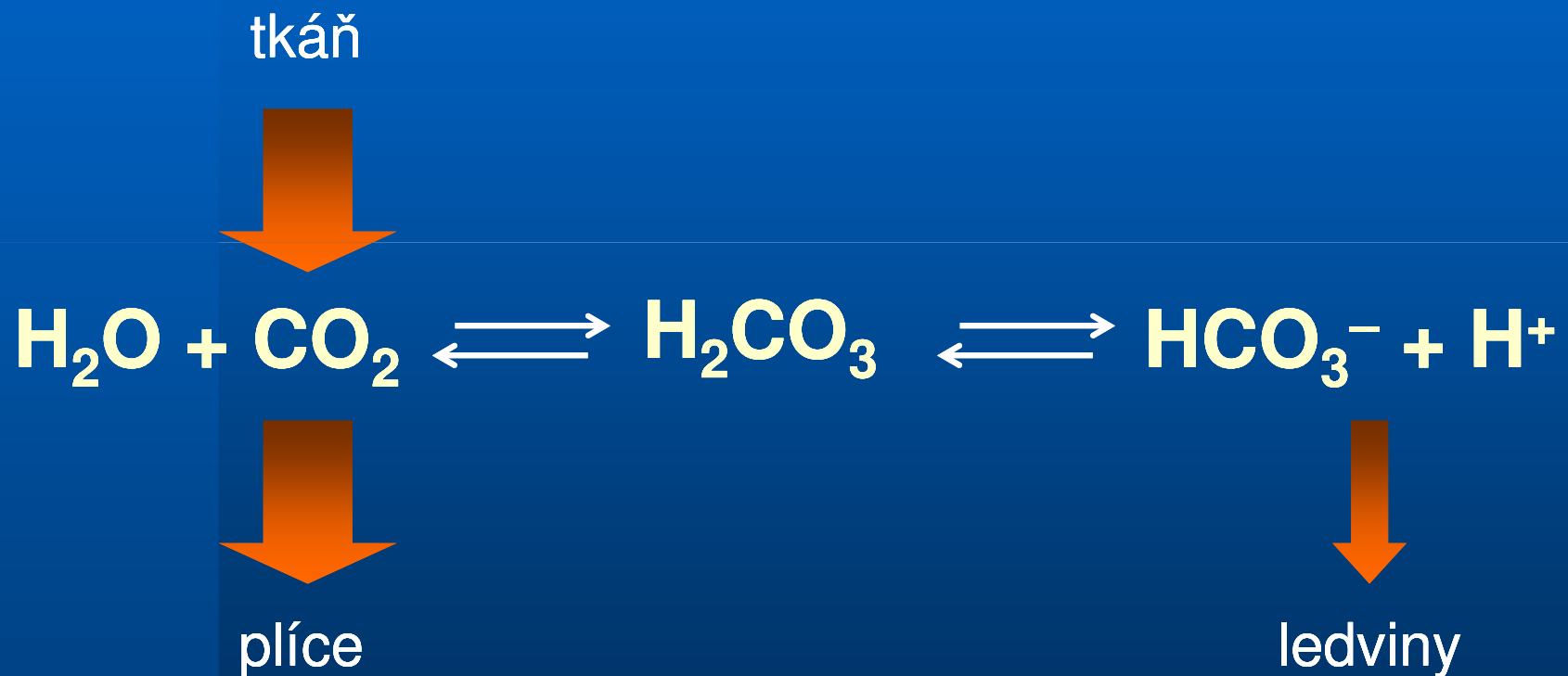
Připojte se!



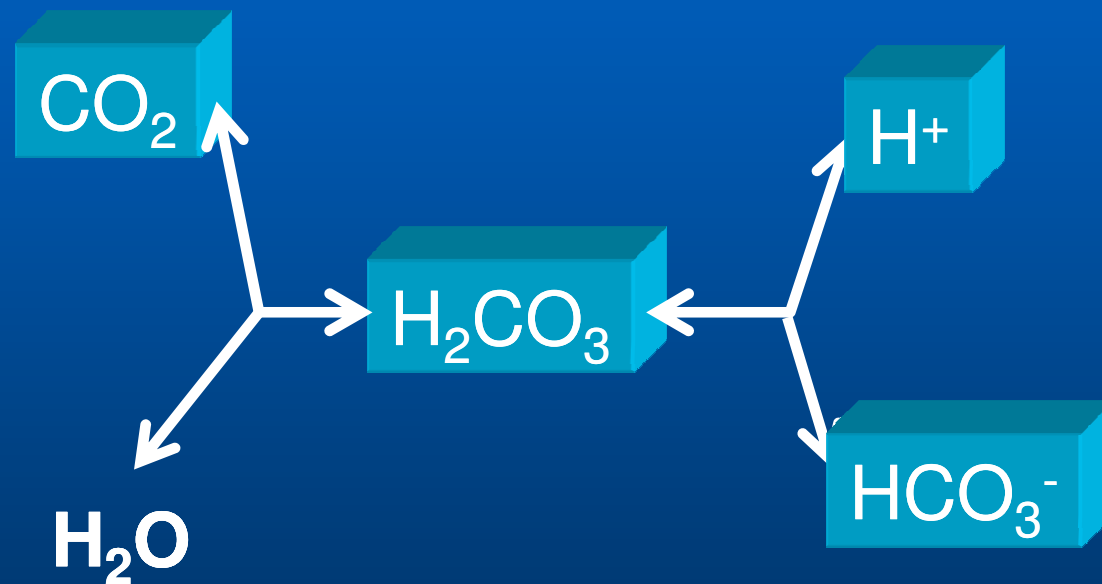
Room name:
ABR

<http://b.socrative.com>

Hydrogenuhlíčitánový pufr

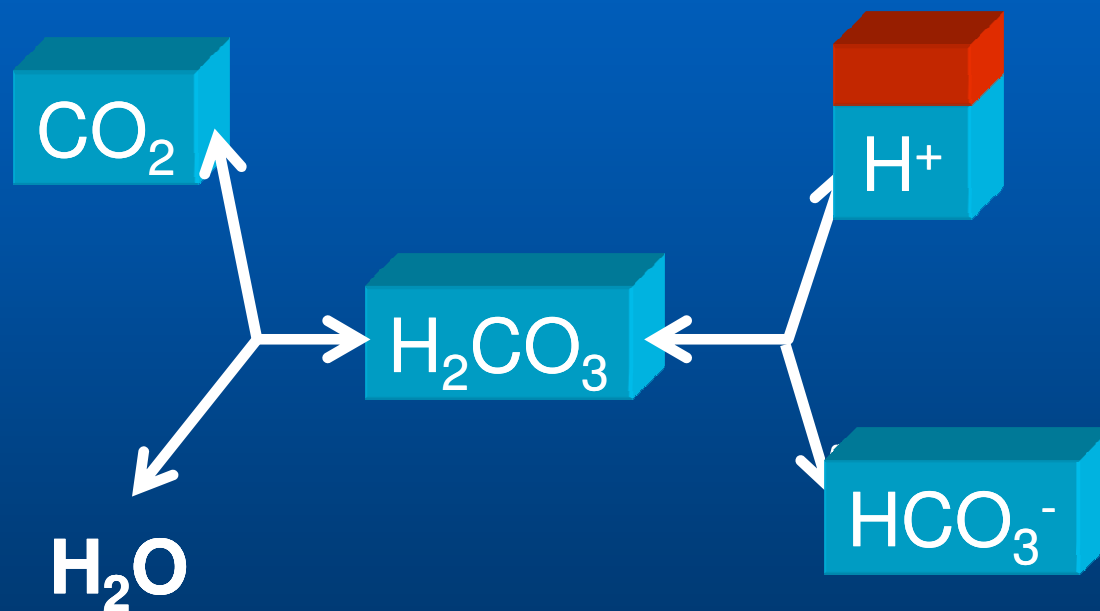


Hydrogenuhličitanový pufr

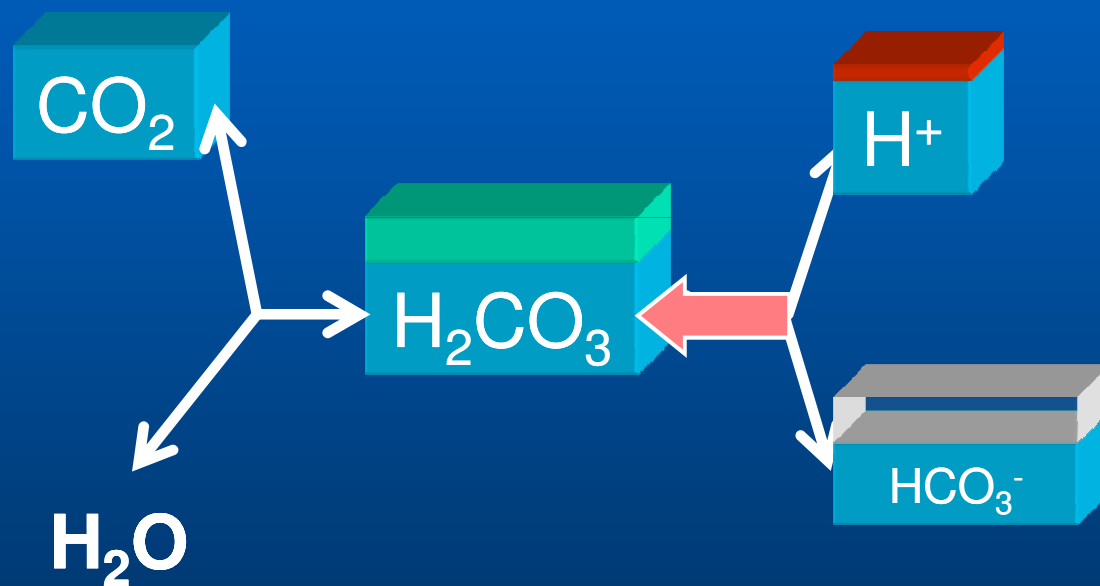


Pozn.: Velikost „krabiček“ v tomto obrázku nemá stálé měřítko!

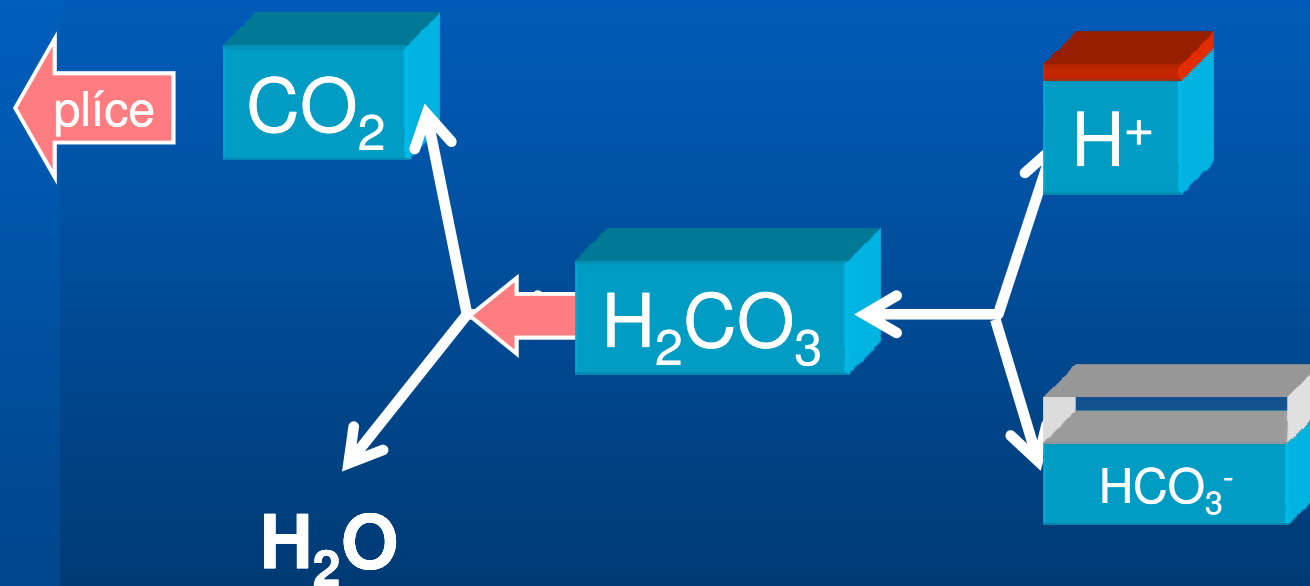
Hydrogenuhlíčitánový pufr



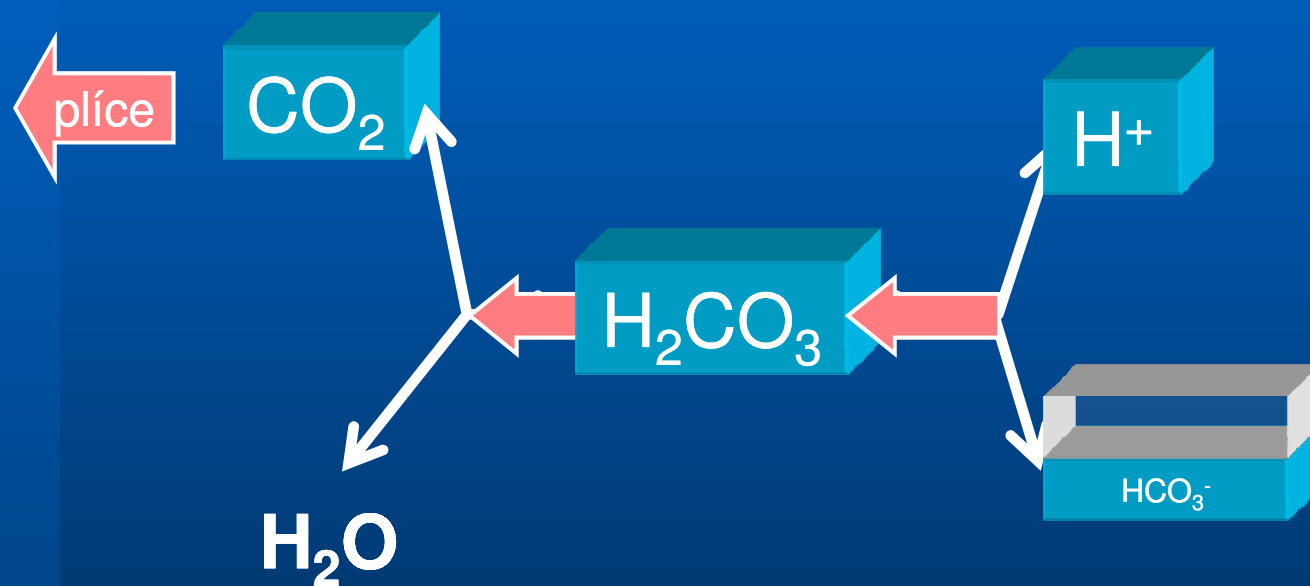
Hydrogenuhlíčitánový pufr



Hydrogenuhlíčitánový pufr



Hydrogenuhlíčitánový pufr



Změna pH při zvracení

- ztráta asi 0,5 l žaludeční šťávy, pH 0,8

– bez pufru pH 7,4 \rightarrow > 14

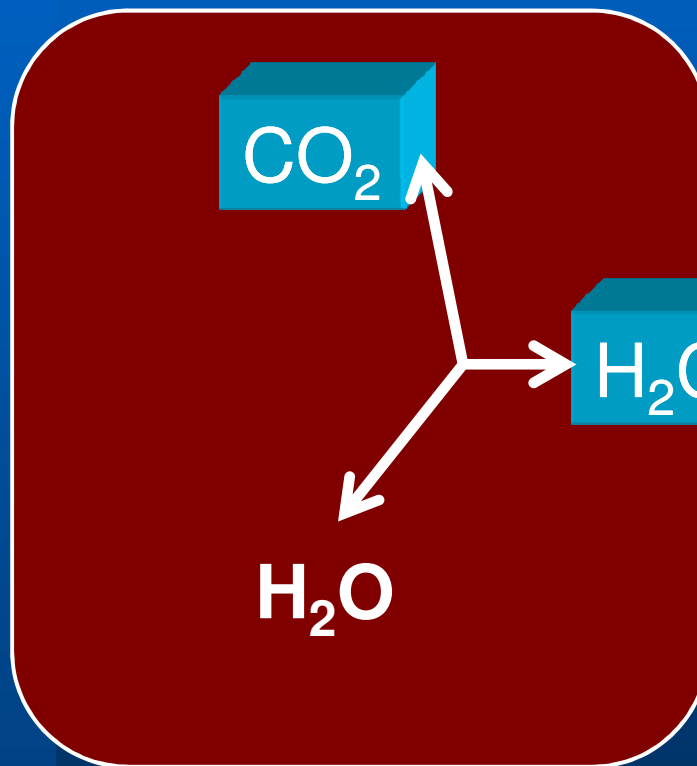
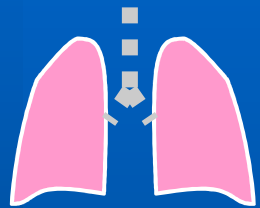
– uzavřený systém 7,4 \rightarrow 7,9

– **otevřený systém 7,4 \rightarrow 7,415**

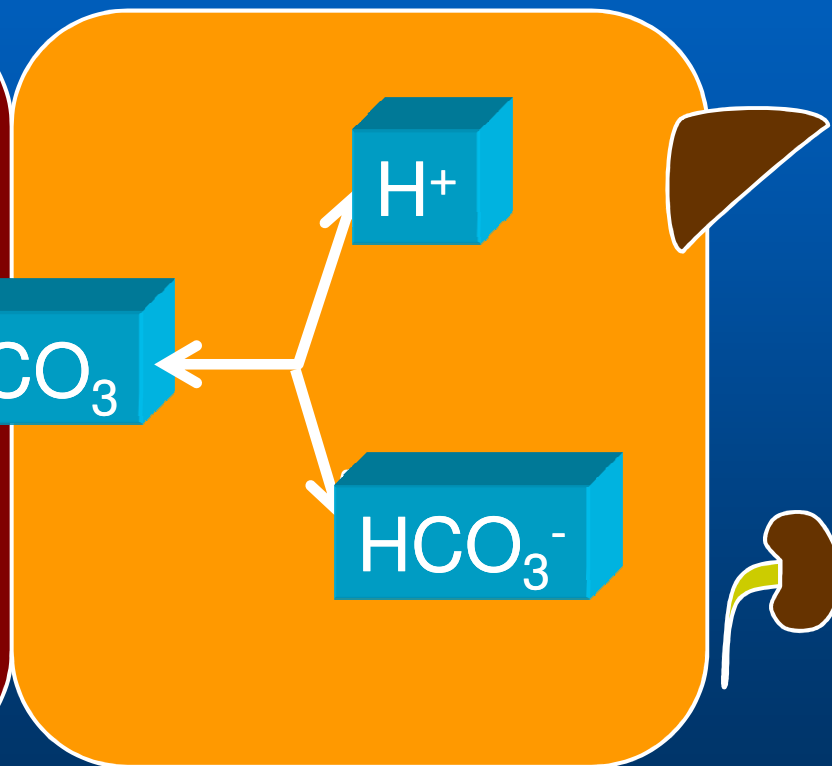


www.e-mago.co.il

Hydrogenuhlíčitánový pufr



Respirační složka



Metabolická složka

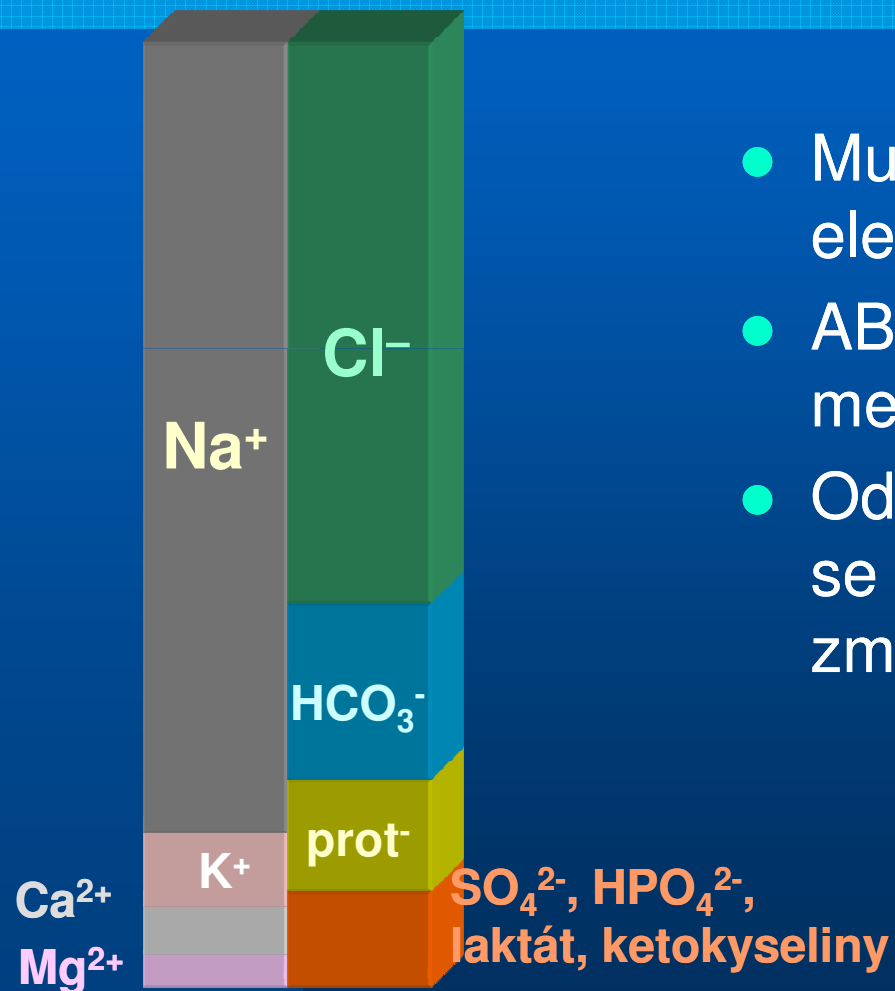
Připojte se!



Room name:
ABR

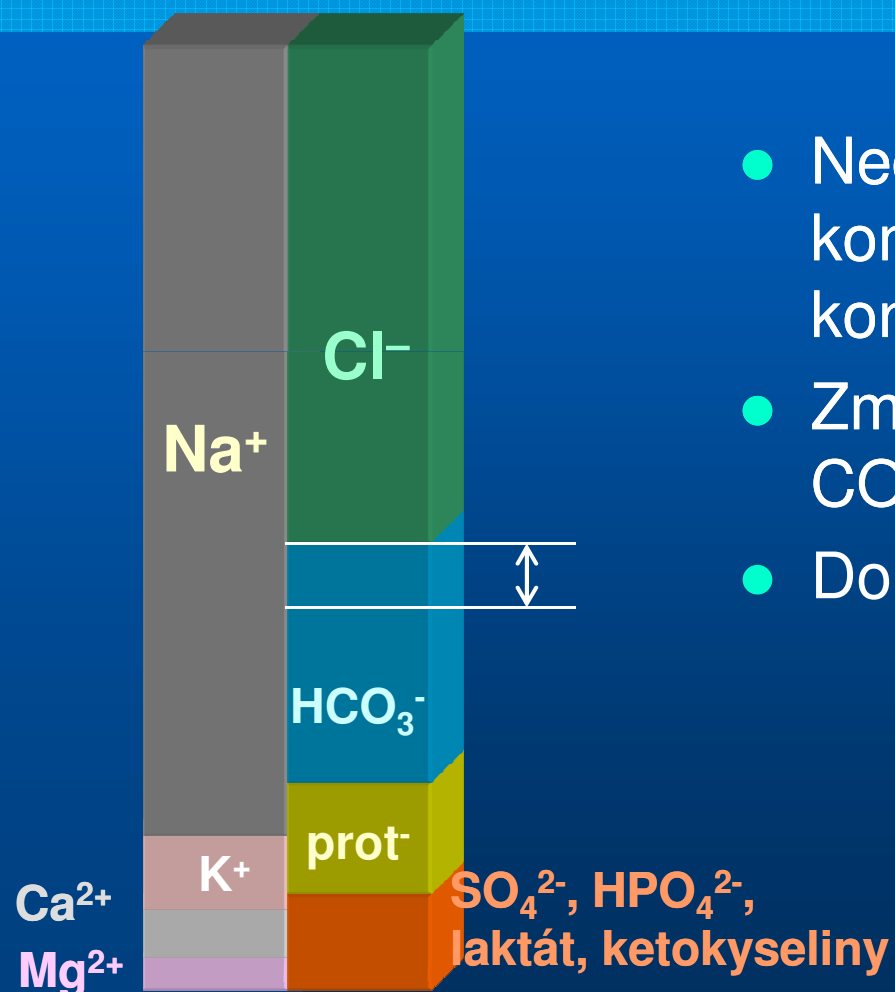
<http://b.socrative.com>

ABR a ionty



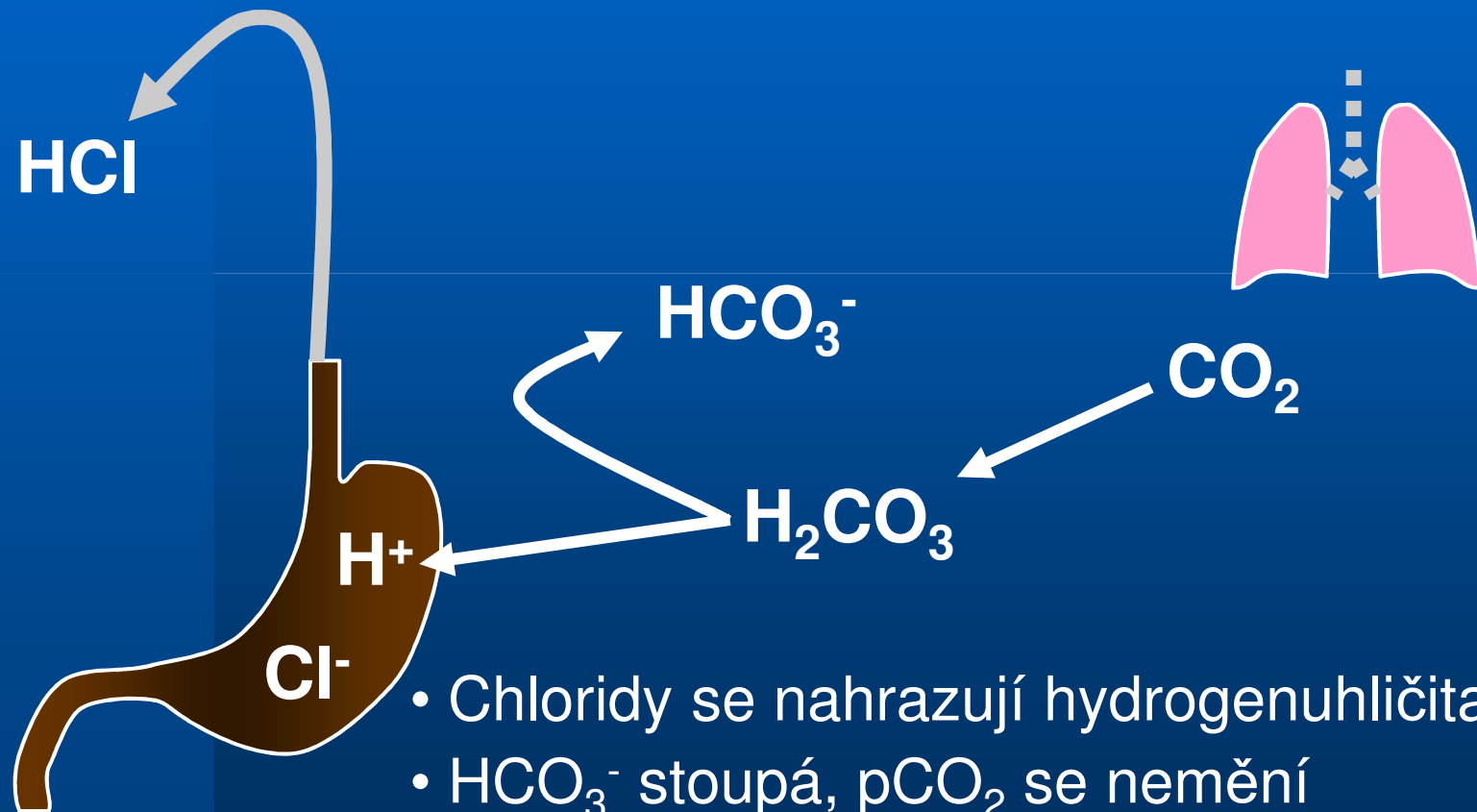
- Musí být zachována elektroneutralita
- ABR tak ovlivňuje minerálový metabolismus
- Odchytky koncentrace iontů se nejnáze kompenzují změnou koncentrace HCO_3^-

Hypochloremická alkalóza



- Nedostatek Cl^- je kompenzován zvýšením koncentrace HCO_3^-
- Změna poměru bikarbonátu a CO_2 vede k alkalóze
- Doprovází např. zvracení

Hypochloremická alkalóza



- Chloridy se nahrazují hydrogenuhličitany
- HCO_3^- stoupá, pCO_2 se nemění

Vyšetření podle Astrupa

7,4

5,3

24,0

24,0

0,0

12,0

98,0

27,0

Vyšetření podle Astrupa

pH

7,4

5,3

24,0

24,0

0,0

12,0

98,0

27,0

● Aktuální pH krve

NH: $7,40 \pm 0,04$

Vyšetření podle Astrupa

| | |
|------------------|---------|
| pH | 7,4 |
| pCO ₂ | 5,3 kPa |
| | 24,0 |
| | 24,0 |
| | 0,0 |
| | 12,0 |
| | 98,0 |
| | 27,0 |

- Parciální tlak CO₂
NH: 5,3 ± 0,5 kPa
– Respirační složka

Vyšetření podle Astrupa

pH 7,4

pCO₂ 5,3 kPa

HCO₃⁻ akt. 24,0 mmol.l⁻¹ ● Aktuální

24,0

hydrogenuhličitany

0,0

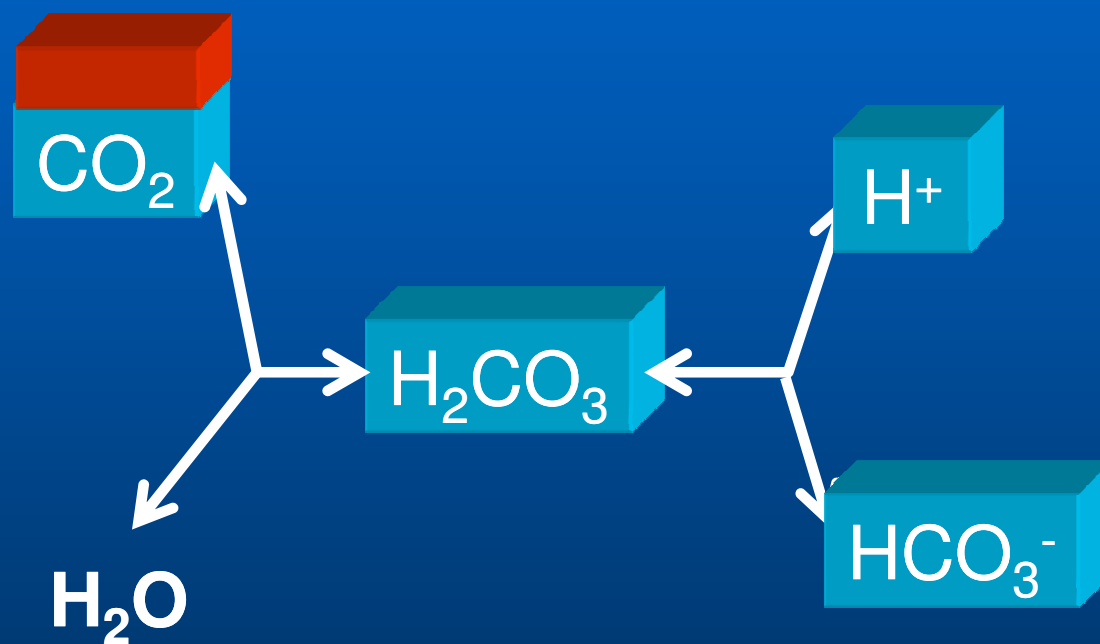
NH: 24 ± 2 mmol.l⁻¹

12,0

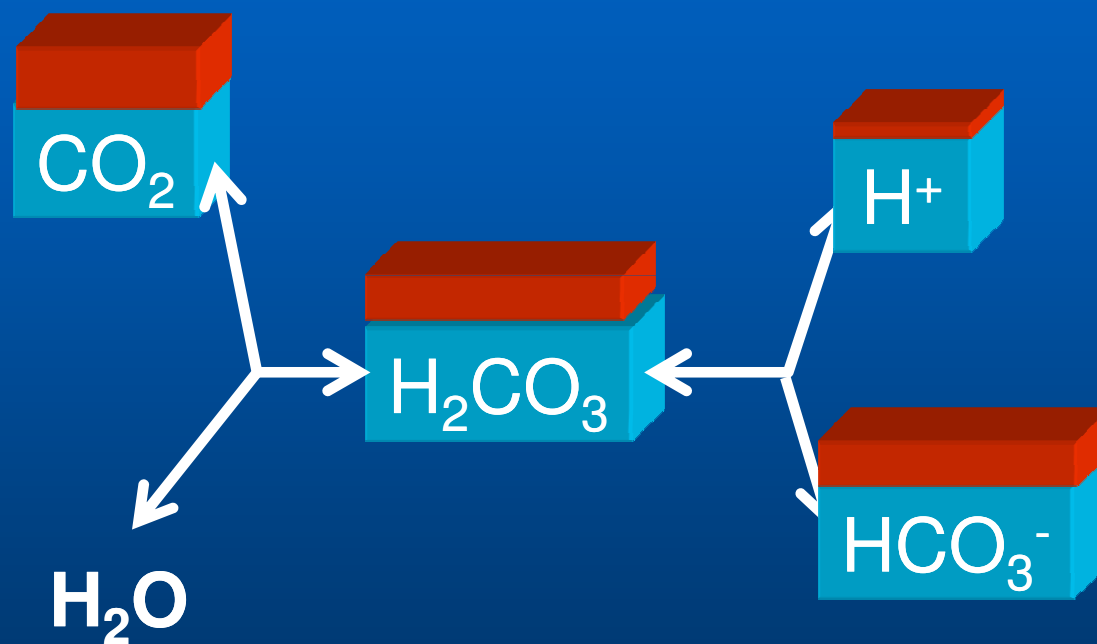
98,0

27,0

Aktuální a standardní hydrogenuhlčitany



Aktuální a standardní hydrogenuhlíčitany



Vyšetření podle Astrupa

| | |
|------------------------------------|---------------------------|
| pH | 7,4 |
| pCO ₂ | 5,3 kPa |
| HCO ₃ ⁻ akt. | 24,0 mmol.l ⁻¹ |
| HCO ₃ ⁻ std. | 24,0 mmol.l ⁻¹ |
| | 0,0 |
| | 12,0 |
| | 98,0 |
| | 27,0 |

- Standardní HCO₃⁻
kolik by bylo HCO₃⁻ při nasycení
krve na 5,3 kPa CO₂
NH: 24 ± 2 mmol.l⁻¹

Vyšetření podle Astrupa

| | | |
|------------------------------------|------|----------------------|
| pH | 7,4 | |
| pCO ₂ | 5,3 | kPa |
| HCO ₃ ⁻ akt. | 24,0 | mmol.l ⁻¹ |
| HCO ₃ ⁻ std. | 24,0 | mmol.l ⁻¹ |
| BE | 0,0 | mmol.l ⁻¹ |
| | 12,0 | |
| | 98,0 | |
| | 27,0 | |

- **Přebytek bazí**
(base excess)

kolik by bylo nutné přidat silné kyseliny při nasycení krve na pCO₂ = 5,3 kPa, aby pH = 7,4

NH: 0 ± 2,5 mmol.l⁻¹

– Metabolická složka

Vyšetření podle Astrupa

| | | |
|------------------------------------|------|----------------------|
| pH | 7,4 | |
| pCO ₂ | 5,3 | kPa |
| HCO ₃ ⁻ akt. | 24,0 | mmol.l ⁻¹ |
| HCO ₃ ⁻ std. | 24,0 | mmol.l ⁻¹ |
| BE | 0,0 | mmol.l ⁻¹ |
| pO ₂ | 12,0 | kPa |
| | 98,0 | |
| | 27,0 | |

- Parciální tlak O₂
NH: 10,0 - 13,3 kPa
– Podíl respirace na
změnách ABR

Vyšetření podle Astrupa

| | | |
|------------------------------------|------|----------------------|
| pH | 7,4 | |
| pCO ₂ | 5,3 | kPa |
| HCO ₃ ⁻ akt. | 24,0 | mmol.l ⁻¹ |
| HCO ₃ ⁻ std. | 24,0 | mmol.l ⁻¹ |
| BE | 0,0 | mmol.l ⁻¹ |
| pO ₂ | 12,0 | kPa |
| sat. O ₂ | 98,0 | % |
| | 27,0 | |

- Saturace hemoglobinu kyslíkem
NH: 94 - 99 %
 - Výhodný pro kontrolu validity výsledků

Vyšetření podle Astrupa

| | | |
|------------------------------------|------|----------------------|
| pH | 7,4 | |
| pCO ₂ | 5,3 | kPa |
| HCO ₃ ⁻ akt. | 24,0 | mmol.l ⁻¹ |
| HCO ₃ ⁻ std. | 24,0 | mmol.l ⁻¹ |
| BE | 0,0 | mmol.l ⁻¹ |
| pO ₂ | 12,0 | kPa |
| sat. O ₂ | 98,0 | % |
| celk. CO ₂ | 27,0 | mmol.l ⁻¹ |

- Celkové uhličitany,
tj. CO₂ + H₂CO₃ + HCO₃⁻

Poruchy ABR

- **Acidémie, alkalémie**
 - odchylka pH krve od normy
- **Acidóza, alkalóza**
 - přebytek/nedostatek kyselin/bazí

Alkalémie

- $\downarrow \text{Ca}^{2+} \rightarrow \uparrow$ neuromuskulární dráždivosti
- $\downarrow \text{K}^+ \rightarrow$ poruchy srdečního rytmu
- Posun disociační křivky hemoglobinu
 \rightarrow hypoxie tkání

Poruchy ABR

- **Kompenzace**

- Metabolická porucha se kompenzuje respirací a naopak

- **Korekce**

- metabolická porucha se koriguje metabolicky

Rozvoj kompenzačních mechanismů:

- respirace: 12 až 24 hodin
- ledviny: asi 5 dní

Kazuistika 1

| | | | | | |
|------------------------------------|-------|----------------------|----|------|----------------------|
| pH | 7,156 | | Na | 141 | mmol.l ⁻¹ |
| pCO ₂ | 4,15 | kPa | K | 6,2 | mmol.l ⁻¹ |
| HCO ₃ ⁻ akt. | 11,1 | mmol.l ⁻¹ | Cl | 110 | mmol.l ⁻¹ |
| HCO ₃ ⁻ std. | 12,4 | mmol.l ⁻¹ | CB | 58,8 | g.l ⁻¹ |
| BE | -15,7 | mmol.l ⁻¹ | | | |
| pO ₂ | 10,1 | kPa | | | |
| sat. O ₂ | 90,8 | % | | | |
| celk. CO ₂ | 12,1 | mmol.l ⁻¹ | | | |

Metabolická acidóza (MAC)

- **Laktátová acidóza**
 - hypoxie, snížené odbourávání laktátu
- **Ketoacidóza**
 - diabetes, hladovění, alkoholismus...
- **Renální acidóza**
 - hromadění sulfátů, fosfátů
- **Intoxikace**

MAC ze ztrát HCO_3^-

- **Průjmy a jiné ztráty z GIT**
- **Renální tubulární acidóza**
 - porucha resorpce HCO_3^- v tubulech
- **Diluční acidóza**
 - podání většího množství infuzí bez nárazníkového systému
(pCO_2 konstantní, HCO_3^- se rychle naředí)

Princip léčby MAC

- NaHCO_3
- **soli organických kyselin**
 - org. kyseliny se metabolizují v Krebsově cyklu na HCO_3^-

Ringerův roztok s laktátem

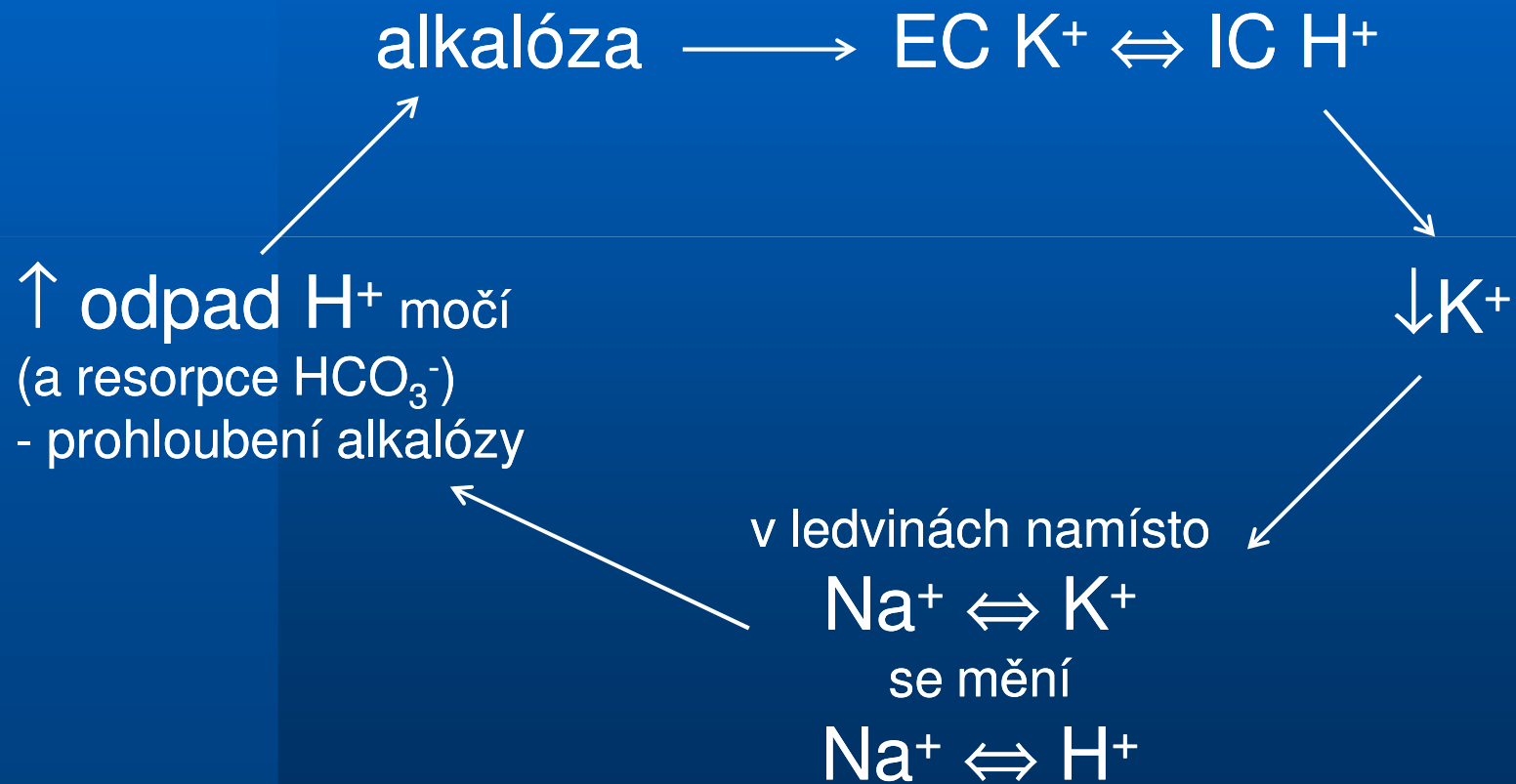
Kazuistika 2

| | | | | | |
|------------------------------------|--------------|----------------------|----|-------------|----------------------|
| pH | 7,378 | | Na | 141 | mmol.l ⁻¹ |
| pCO ₂ | 4,49 | kPa | K | 4,6 | mmol.l ⁻¹ |
| HCO ₃ ⁻ akt. | 19,4 | mmol.l ⁻¹ | Cl | 106 | mmol.l ⁻¹ |
| HCO ₃ ⁻ std. | 20,7 | mmol.l ⁻¹ | CB | 65,7 | g.l ⁻¹ |
| BE | -4,4 | mmol.l ⁻¹ | | | |
| pO ₂ | 8,8 | kPa | | | |
| sat. O ₂ | 92,4 | % | | | |
| celk. CO ₂ | 16,9 | mmol.l ⁻¹ | | | |

Metabolická alkalóza (MAL)

- **Nadměrné ztráty chloridů**
 - zvracení, některá diuretika
- **Dehydratace (koncentrační alkalóza)**
- **Hypoproteinemie**
- **Hyperaldosteronismus**
 - retence Na^+ na úkor K^+ a H^+

Paradoxní acidurie



Princip léčby MAL

- **Argininchlorid**

- **NaCl**

- doplnění Cl^-

- místo NaH_2PO_4 se vylučuje Na_2HPO_4

- diluce HCO_3^-

- **KCl**

- navíc i korekce hypokalémie

Vyšetření podle Astrupa

- **Plná heparinizovaná krev**
 - kapilární (arterializovaná)
 - arteriální
 - venózní

Kazuistika 3

| | | | | | |
|------------------------------------|--------------|----------------------|----|-------------|----------------------|
| pH | 7,454 | | Na | 137 | mmol.l ⁻¹ |
| pCO ₂ | 5,0 | kPa | K | 4,6 | mmol.l ⁻¹ |
| HCO ₃ ⁻ akt. | 25,9 | mmol.l ⁻¹ | Cl | 107 | mmol.l ⁻¹ |
| HCO ₃ ⁻ std. | 26,1 | mmol.l ⁻¹ | CB | 48,8 | g.l ⁻¹ |
| BE | 2,6 | mmol.l ⁻¹ | | | |
| pO ₂ | 5,2 | kPa | | | |
| sat. O ₂ | 76,4 | % | | | |
| celk. CO ₂ | 22,4 | mmol.l ⁻¹ | | | |

Selhání jater

- **Alkalóza**

- hypoproteinémie
- hyperaldosteronismus
- pokles ureosyntézy z amoniaku

Selhání ledvin

- **Acidóza**

- pokles eliminace fosfátů a sulfátů
- nedostatečná acidifikace moči

Kombinované poruchy ABR

- **MAC + MAL**

- zvracení + hladovění
- zvracení + průjem
- urémie + zvracení
- hepatorenální selhání

- **MAC + RAL**

- otrava salicyláty

Kombinované poruchy ABR

- **2× MAC**

- dekompenzovaný diabetes mellitus
ketoacidóza + hypovolémie → laktátová MAC

- **RAC + MAC**

- kardiopulmonální selhání

Kazuistika 4

| | | | | | |
|------------------------------------|-------------|----------------------|----|-------------|----------------------|
| pH | 7,39 | | Na | 137 | mmol.l ⁻¹ |
| pCO ₂ | 3,94 | kPa | K | 5,8 | mmol.l ⁻¹ |
| HCO ₃ ⁻ akt. | 17,5 | mmol.l ⁻¹ | Cl | ??? | mmol.l ⁻¹ |
| HCO ₃ ⁻ std. | 19,6 | mmol.l ⁻¹ | CB | 62,3 | g.l ⁻¹ |
| BE | -5,7 | mmol.l ⁻¹ | | | |
| pO ₂ | 7,1 | kPa | | | |
| sat. O ₂ | 87,2 | % | | | |
| celk. CO ₂ | 15,3 | mmol.l ⁻¹ | | | |