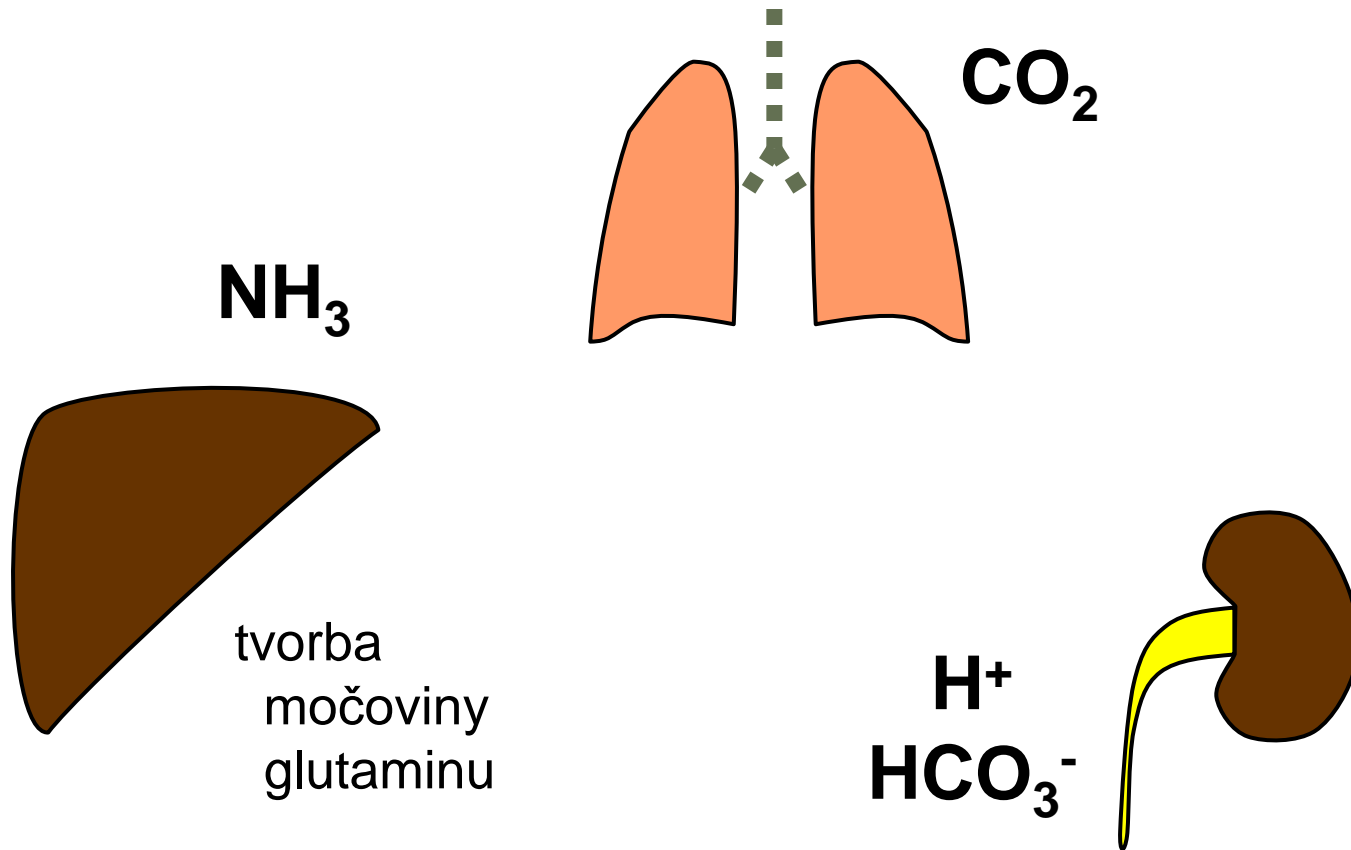


Poruchy acidobazické rovnováhy

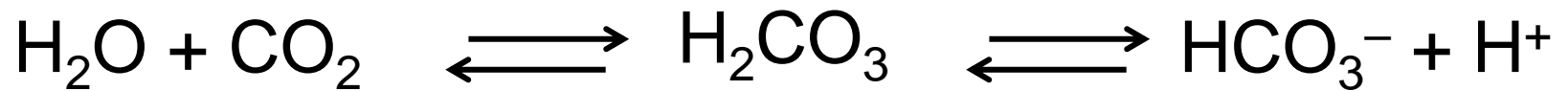
PATOBIOCHEMIE A DIAGNOSTIKA
PORUCH ABR A IONTOVÉHO HOSPODÁŘSTVÍ

MUDR. MARTIN VEJRAŽKA, PHD.

Regulace kyselosti vnitřního prostředí



Hydrogenuhličitanový pufr



Hendersonova-Hasselbalchova rovnice

$$pH = pK_a + \log \frac{[HCO_3^-]}{[H_2CO_3]}$$

$$pK_a = 6,1$$

$$[HCO_3^-] = 24 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$$

$$[H_2CO_3] = 1,2 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$$

$$\frac{[HCO_3^-]}{[H_2CO_3]} = 20$$

Hendersonova-Hasselbalchova rovnice

$$pH = pK_a + \log \frac{[HCO_3^-]}{\alpha \cdot pCO_2}$$

$$pK_a = 6,1$$

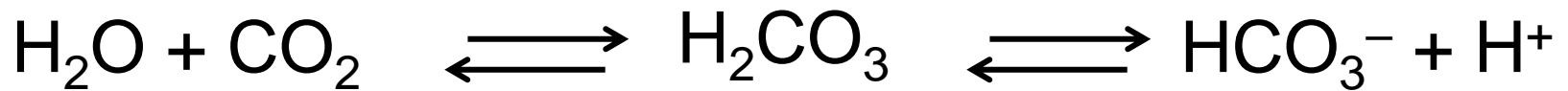
$$[HCO_3^-] = 24 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$$

$$\alpha = 0,224 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1} \cdot \text{kPa}^{-1}$$

$$pCO_2 = 5,3 \text{ kPa}$$

Hydrogenuhlíčitánový pufr

tkáň

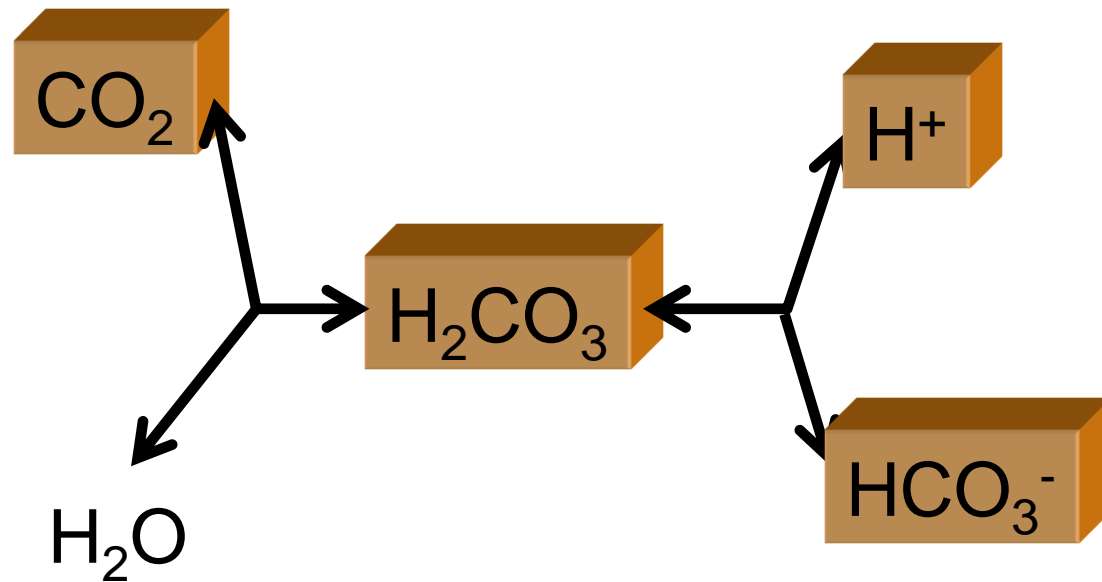


plíce



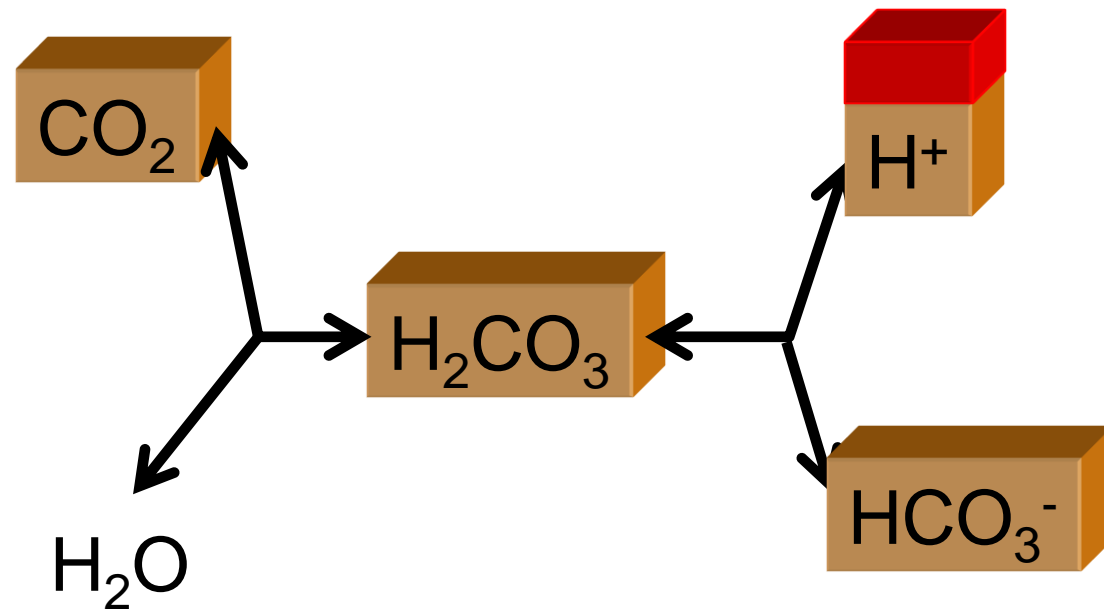
ledviny

Hydrogenuhlíčitánový pufr

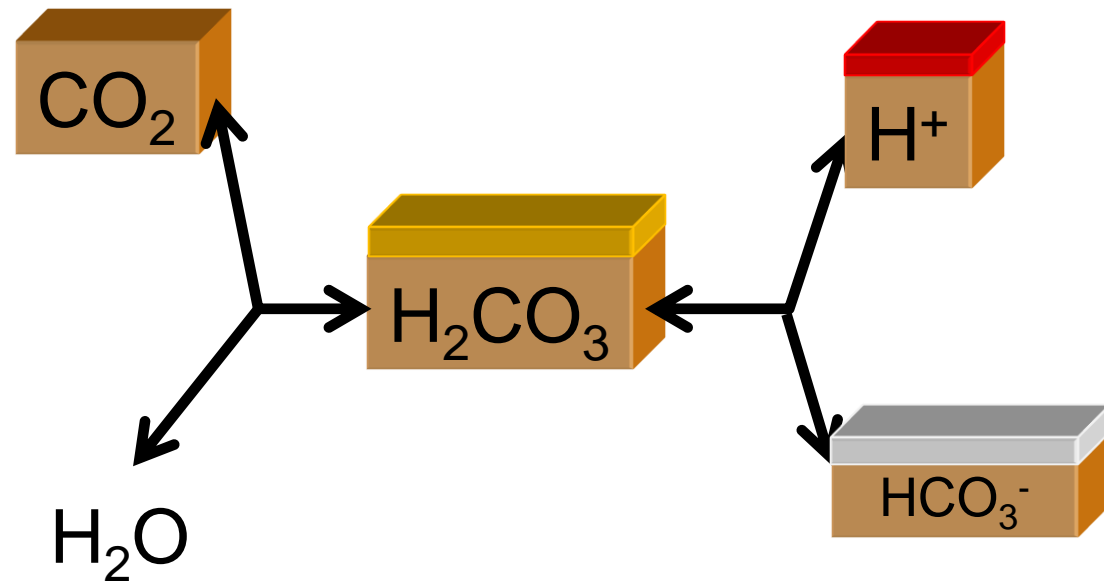


Pozn.: Velikost „krabiček“ v tomto obrázku nemá stálé měřítko!

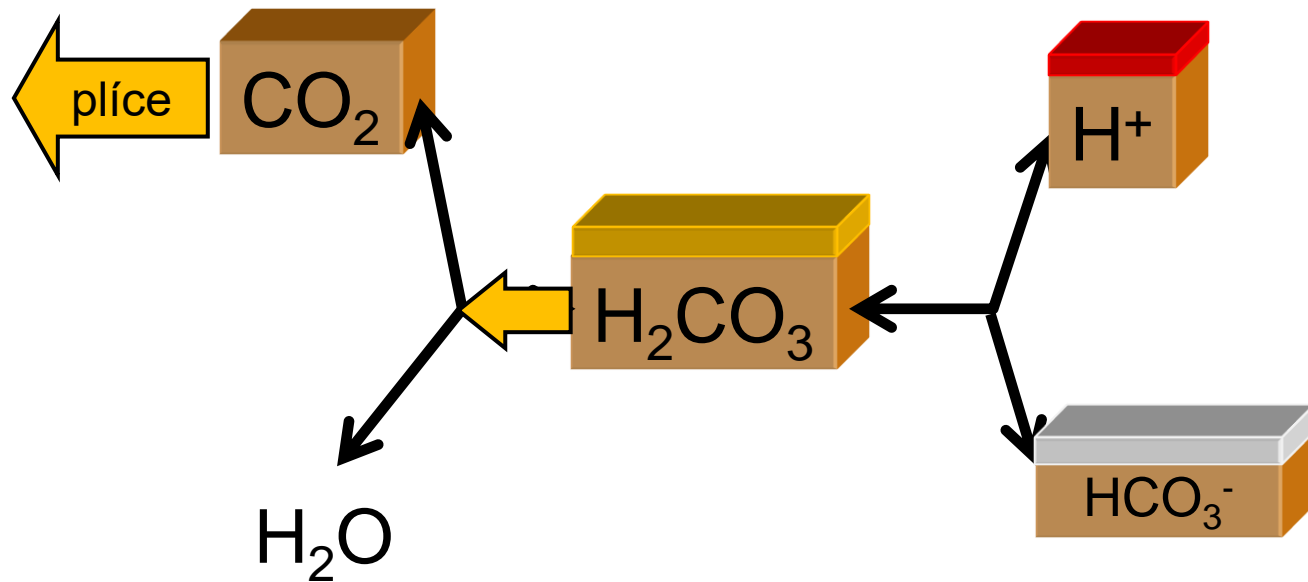
Hydrogenuhlíčitánový pufr



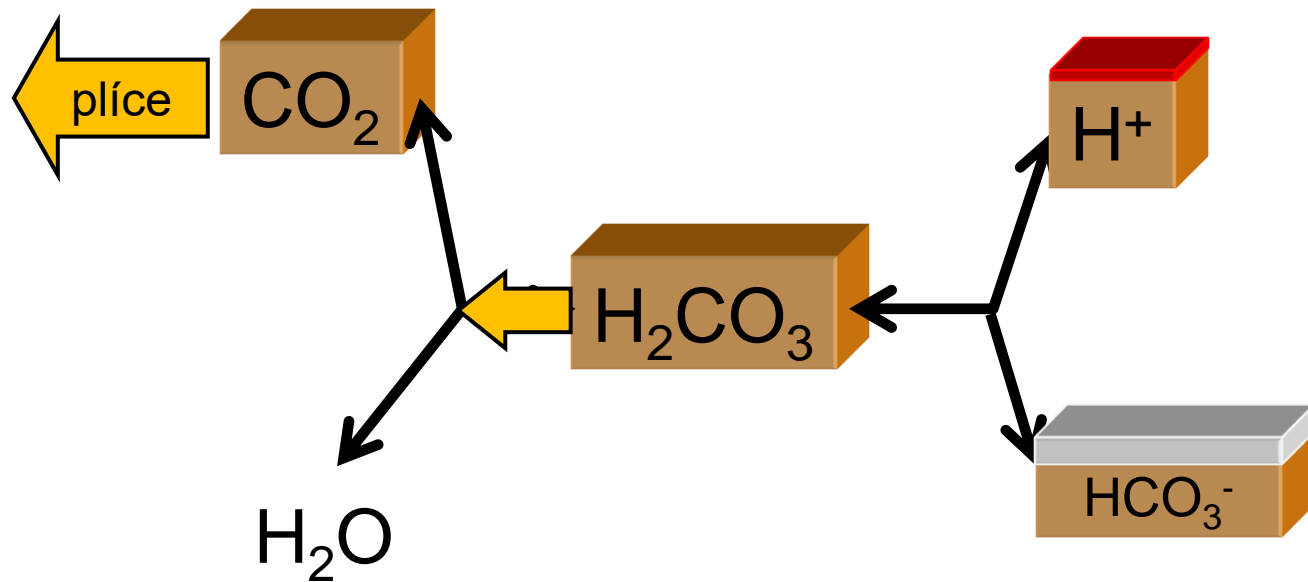
Hydrogenuhlíčitánový pufr



Hydrogenuhlíčitánový pufr



Hydrogenuhlíčitánový pufr



Změna pH při zvracení

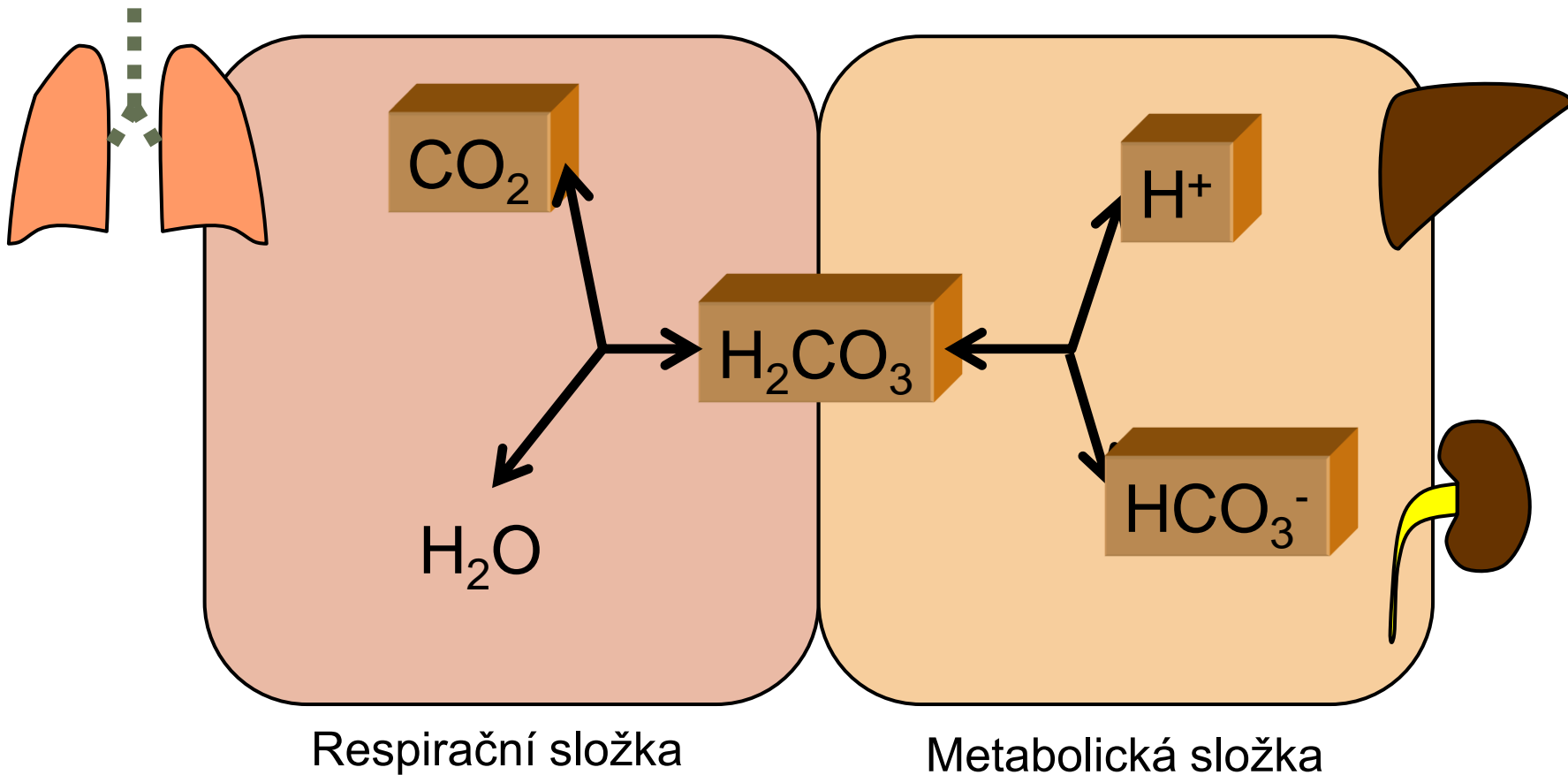
ztráta asi 0,5 l žaludeční šťávy, pH 0,8

uzavřený systém 7,4 → 7,9

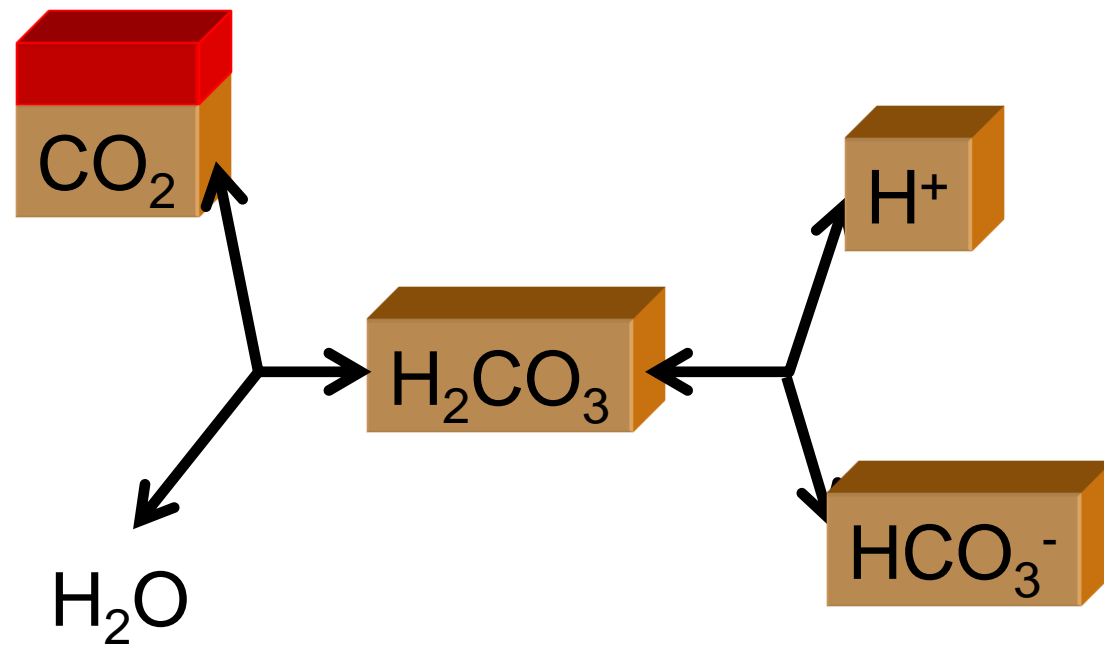
otevřený systém 7,4 → 7,415



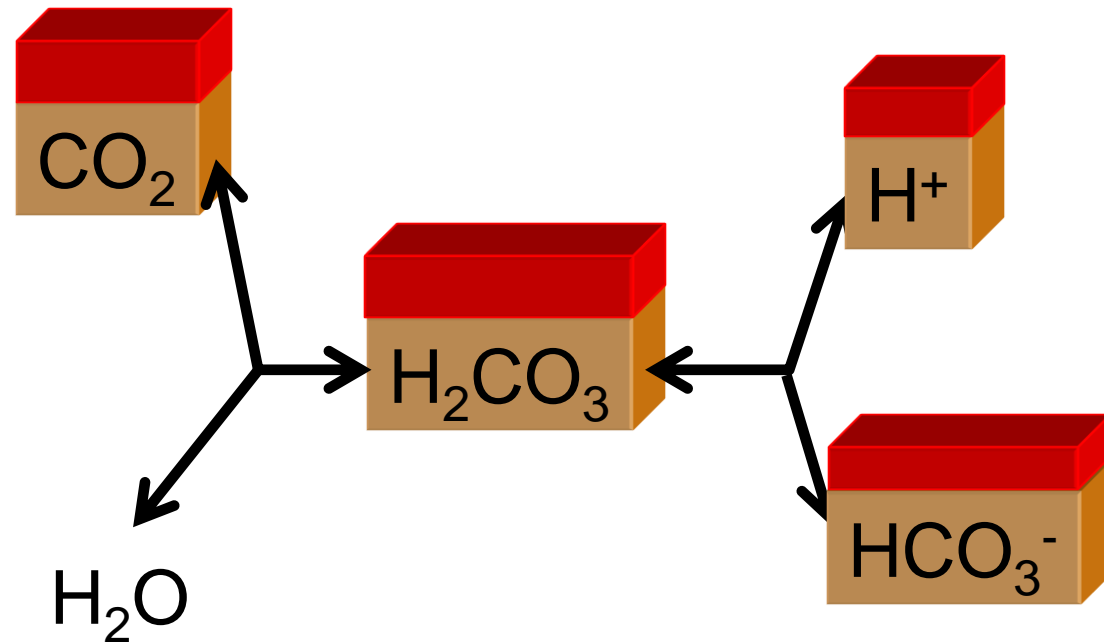
Hydrogenuhlíčitánový pufr



Aktuální a standardní hydrogenuhličitany



Aktuální a standardní hydrogenuhličitany



ABR a ionty

ABR a draslík

Směna K^+ a H^+ na buněčné membráně

- acidémie → hyperkalémie
- alkalémie → hypokalémie
- hyperkalémie → acidémie
- hypokalémie → alkalémie

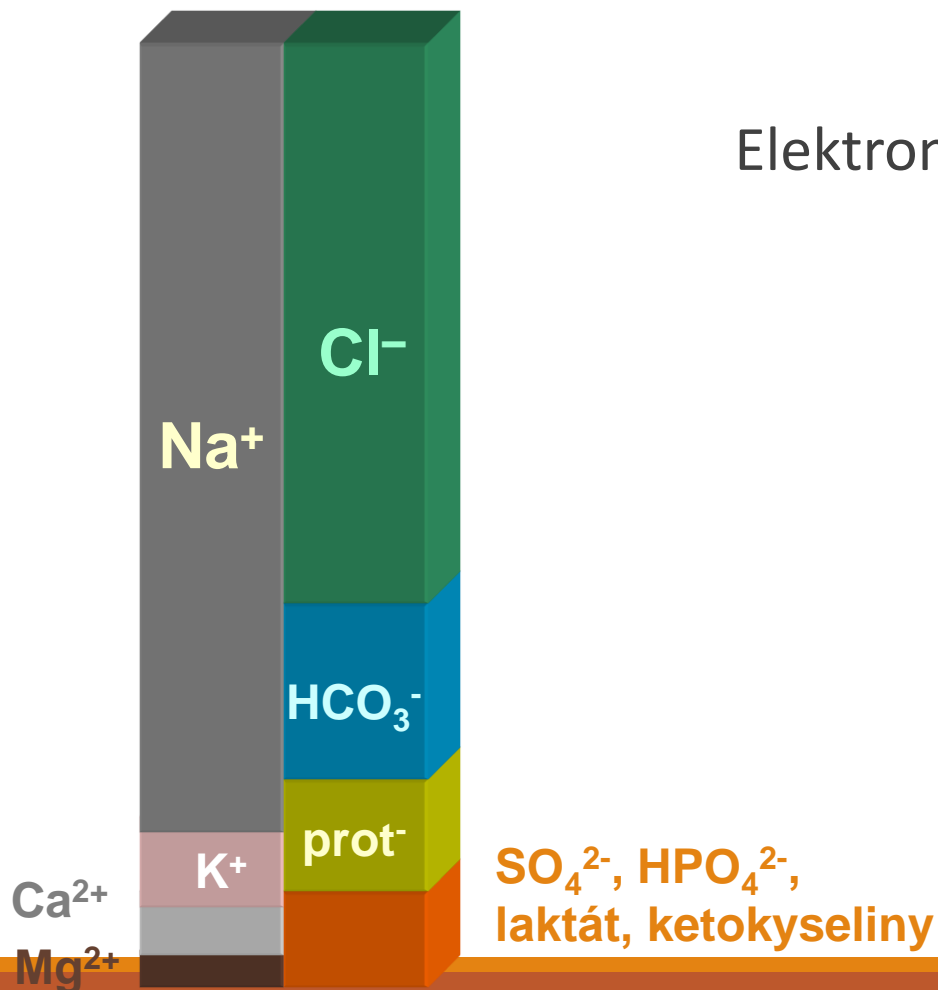
ABR a vápník

Výměna H^+ a Ca^{2+} vázaných na plazmatických bílkovinách

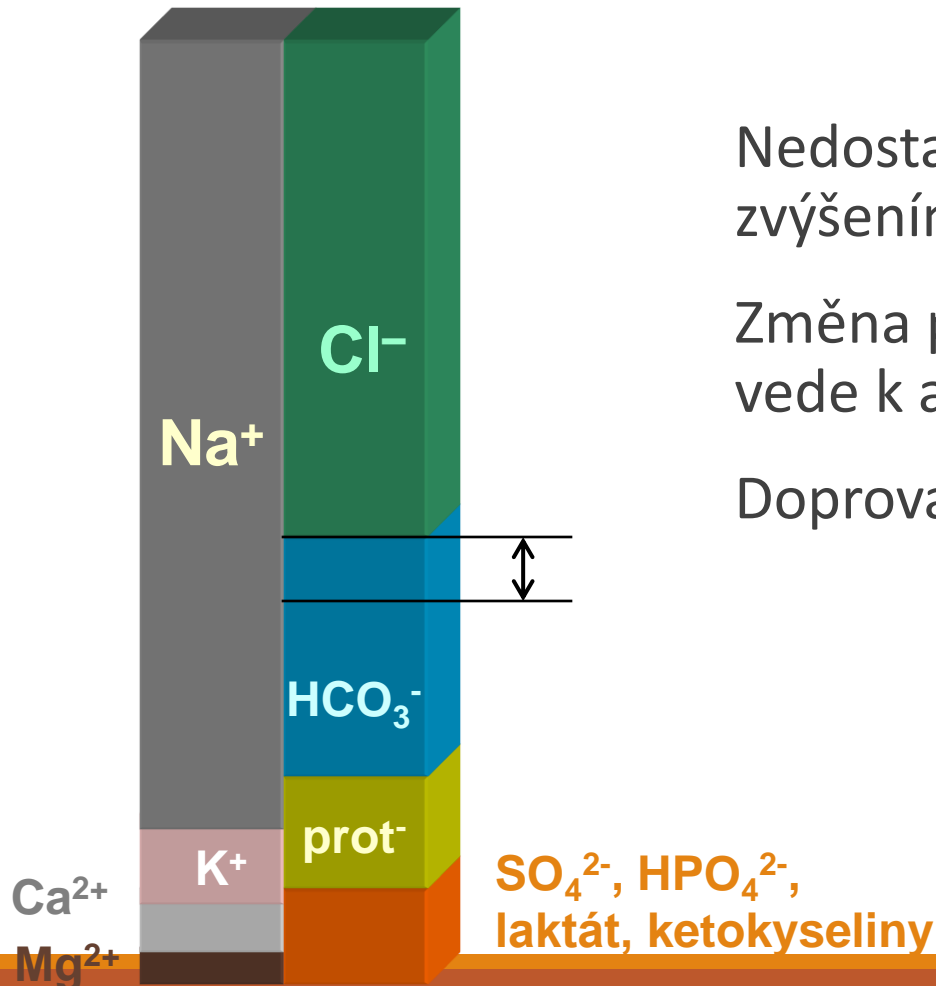
- acidémie → ↑ ionizovaného Ca^{2+}
- alkalémie → ↓ ionizovaného Ca^{2+}

ABR a ionty

Elektroneutralita tělesných tekutin



Hypochloremická alkalóza

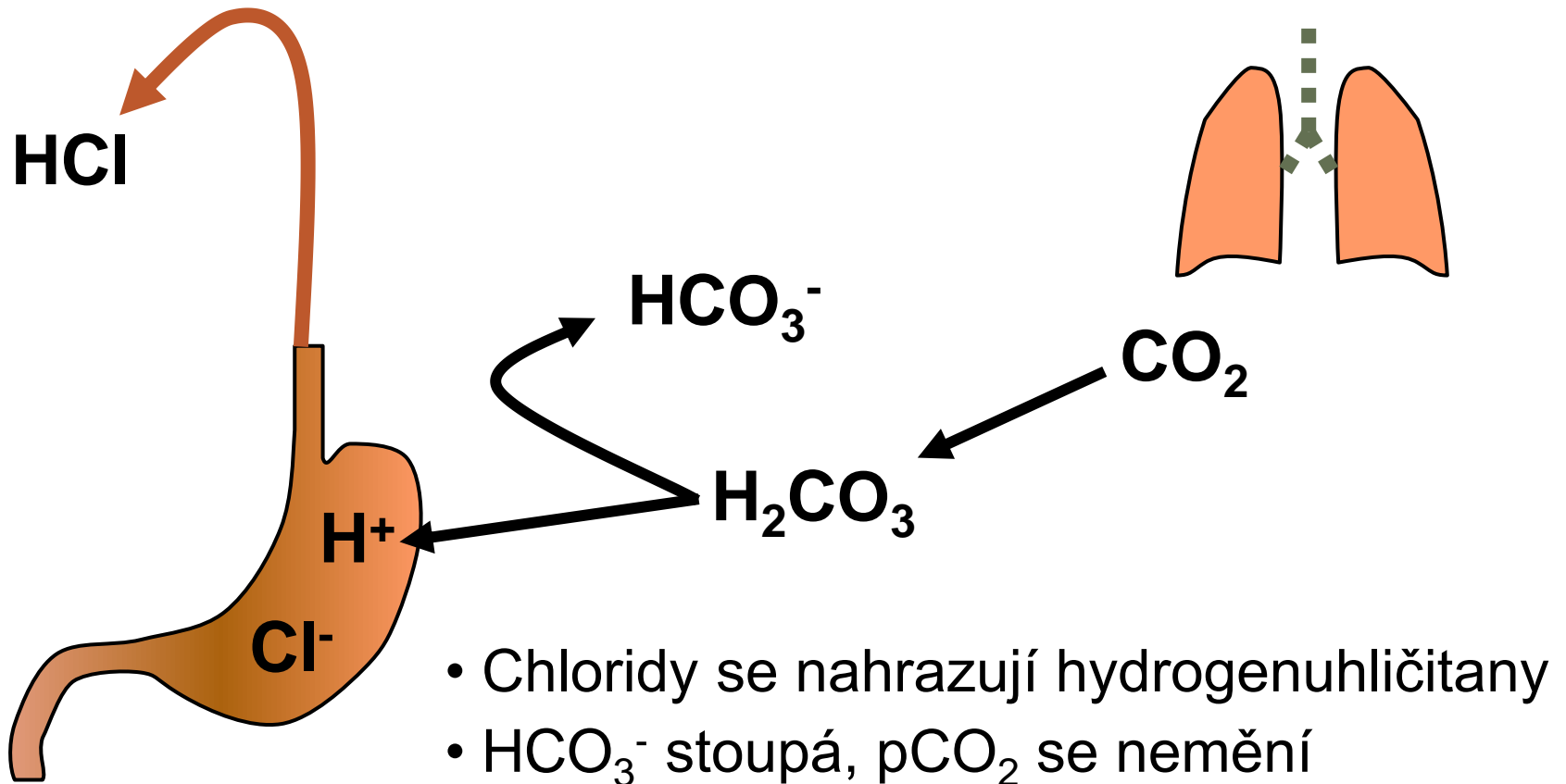


Nedostatek Cl⁻ je kompenzován zvýšením koncentrace HCO₃⁻

Změna poměru bikarbonátu a CO₂ vede k alkalóze

Doprovází např. zvracení

Hypochloremická alkalóza



Acidobazická rovnováha

Neuvažuj v první řadě o změně koncentrace

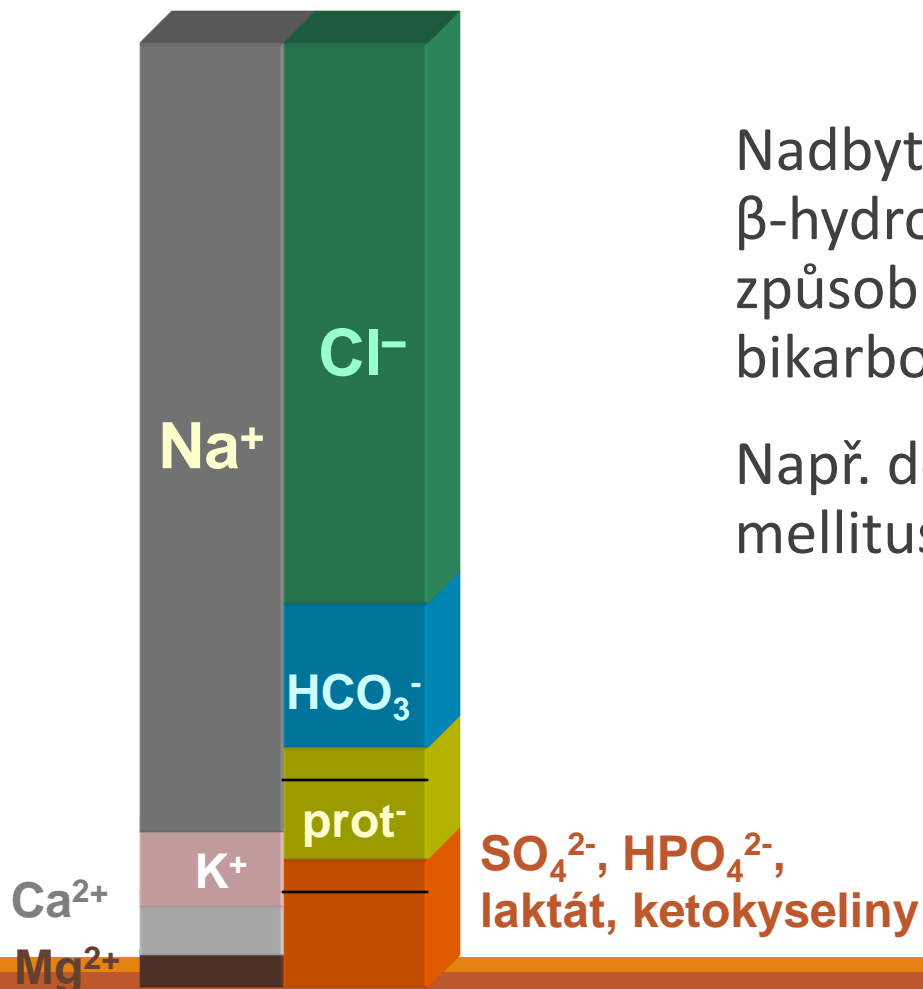
~~H⁺ nebo OH⁻~~

ale o změně

koncentrace hlavních iontů

změna pH je až druhotná v důsledku změny poměru
HCO₃⁻ / pCO₂

Ketoacidóza



Nadbytek kyseliny
 β -hydroxymáselné a acetoctové
způsobí pokles koncentrace
bikarbonátu

Např. dekompenzovaný diabetes
mellitus, hladovění...

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)

Metabolická alkalóza (MAL)

Nadměrné ztráty chloridů

- zvracení, některá diuretika

Dehydratace (koncentrační alkalóza)

Hypoproteinémie

Hyperaldosteronismus

- retence Na^+ na úkor K^+ a H^+

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

pCO₂ 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

24,0

0,0

12,0

98,0

27,0

- Aktuální hydrogenuhličitany
NH: 24 ± 2 mmol·l⁻¹

Vyšetření podle Astrupa

pH 7,4

pCO₂ 5,3 kPa

HCO₃⁻ akt. 24,0 mmol·l⁻¹

HCO₃⁻ 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
– 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
	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
sat. O ₂	98,0	%
celk. CO ₂	27,0	mmol·l ⁻¹

Vyšetření podle Astrupa

Plná heparinizovaná krev

- kapilární (arterializovaná)
- arteriální
- venózní



Vyšetření podle Astrupa

pH 7,4

pCO₂ 5,3 kPa

HCO₃⁻ akt. 24,0 mmol·l⁻¹

HCO₃⁻ std. 24,0 mmol·l⁻¹

BE 0,0 mmol·l⁻¹

pO₂ 12,0 kPa

sat. O₂ 98,0 %

celk. CO₂ 27,0 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

- hepatorenální selhání
- urémie + zvracení
- zvracení + průjem
- zvracení + ketoacidóza, laktátová acidóza

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			

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			

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			

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			