

# Acidobazická rovnováha (ABR)

MUDr. Stanislav Matoušek, PhD

# System prezentace

- Složitá oblast?
- Postupné kroky → dobré porozumění, stavím na tom, co už znám
- Aktivní učení:
  - Vložený slide s otázkami k řešení – věnujte čas samostatnému hledání řešení
  - Minimální čas je dole
  - Odpovědi – další slide
- Proč aktivní učení?
  - Větší radost a zájem
  - Hlubší znalosti
  - Pamatuji si déle.
  - ➔ Vložené úsilí navíc se vyplatí



# Základy acidobazické chemie a fyziologie

*Opakování (doufejme)*

# Vodíkové ionty

- Je koncentrace vodíkových iontů v extracelulární tekutině (ECT) malá, velká, obrovská nebo titěrná?
- Proč je udržování přesné koncentrace  $H^+$  mnohem důležitější než např. udržování přesné koncentrace jódu nebo zinku<sup>1</sup>?
- Je přesnější mluvit o  $H_3O^+$  nebo o  $H^+$ ? Proč?
- Co to je vodíkový můstek?
- Je za fyziologických okolností v plazmě více  $H_3O^+$  nebo  $OH^-$  ?
- Minimální čas: 2 min

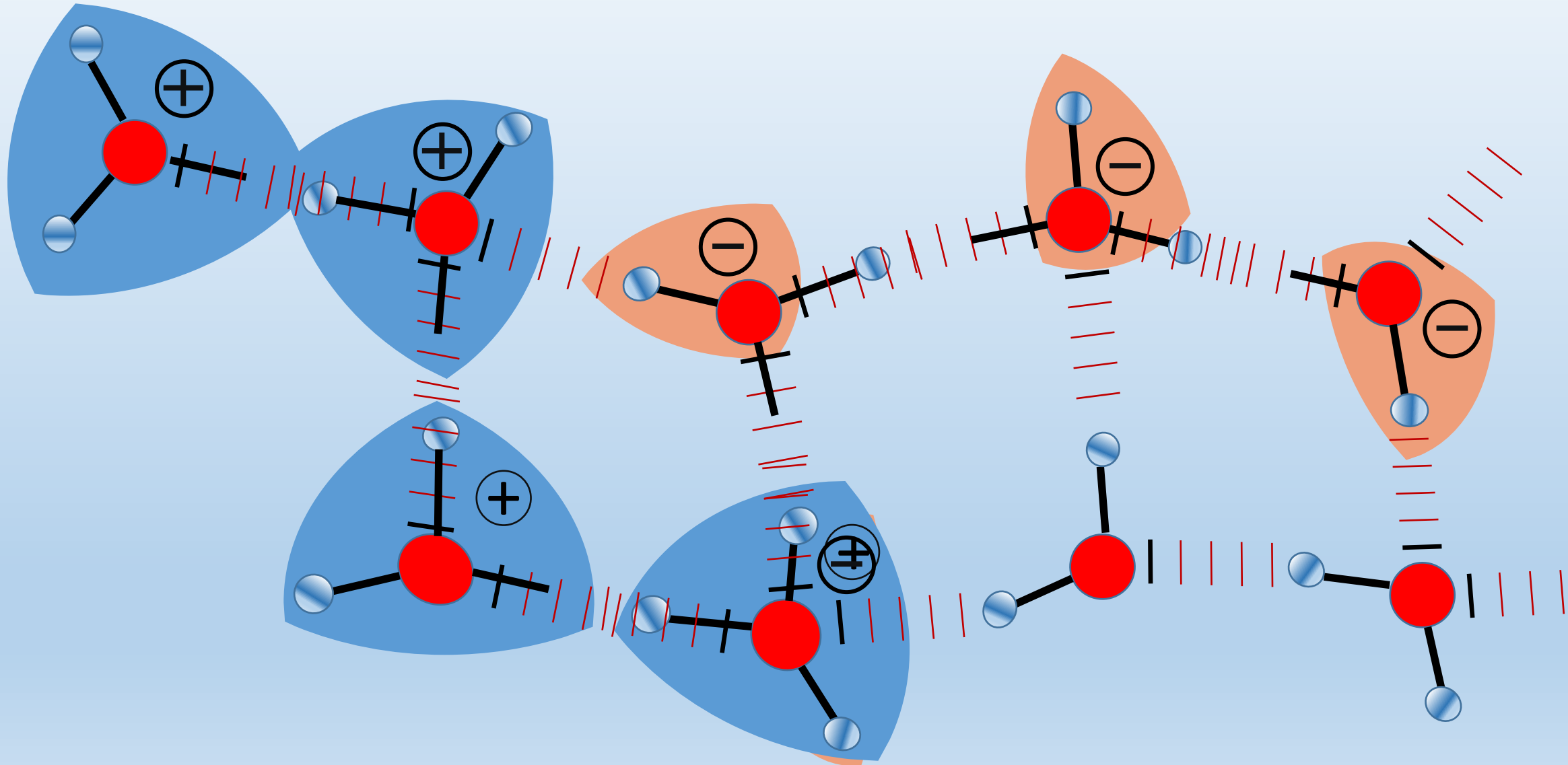
1.Nápověda: Zaměřte se na vlastnosti některých biologických makromolekul a vlastnosti vody jako takové

# Vodíkové ionty

- Koncentrace  $[H^+]$   $\sim$  **1 000 000x**  $\ll$   $[Na^+]$  – velmi malé
- Udržování pH v úzkém rozmezí je důležité kvůli velké reaktivitě  $H^+$  a dále vlivu na konformaci různých látek, především proteinů
- Vodíkový můstek - speciální slabá chemická vazba zahrnující  $H^+$ ; vazba  $H_2O$  mezi sebou  $\rightarrow$  kapalnost vody
- $pH_{\text{plasma, Norm}} \approx 7,4 > 7,0 \rightarrow$  Alkalické pH  $\rightarrow [OH^-] > [H_3O^+]$

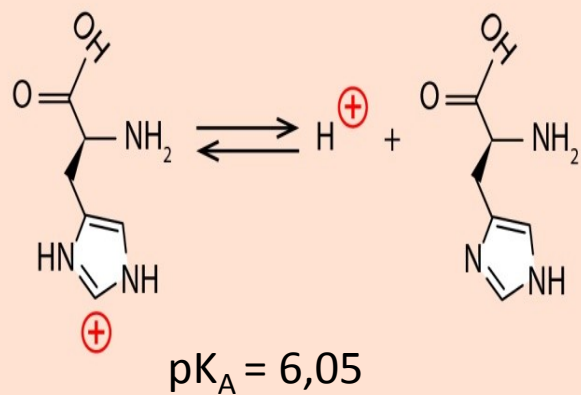
# Dynamika pohybu $\text{H}_3\text{O}^+$ a $\text{OH}^-$ ve

vodě

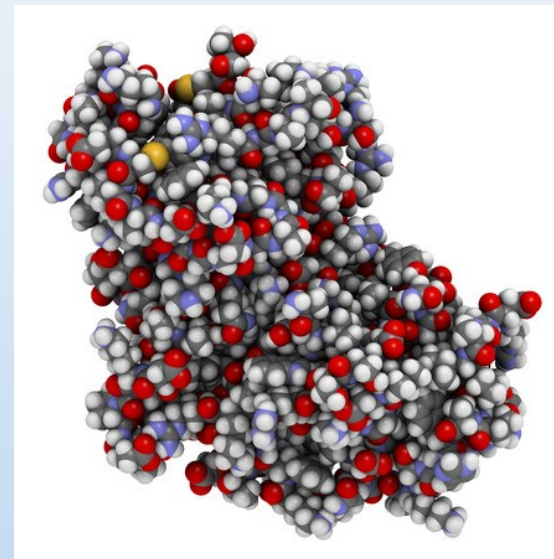
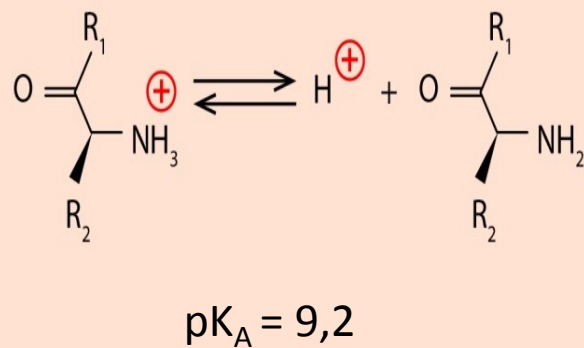


# Náboje aminokyselin a konformace proteinů

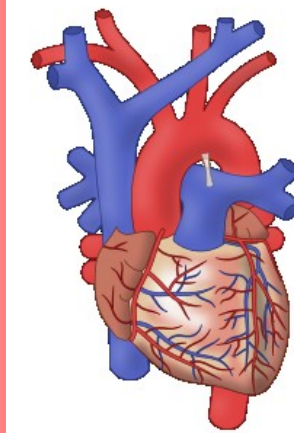
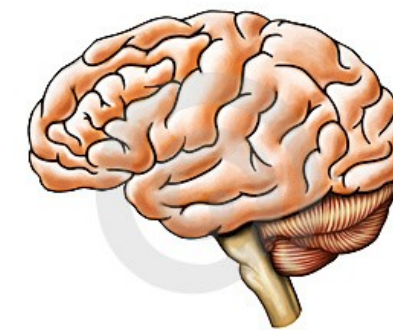
Histidine side chain



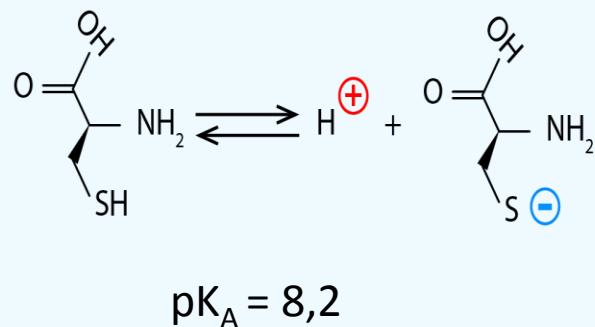
Amino terminus



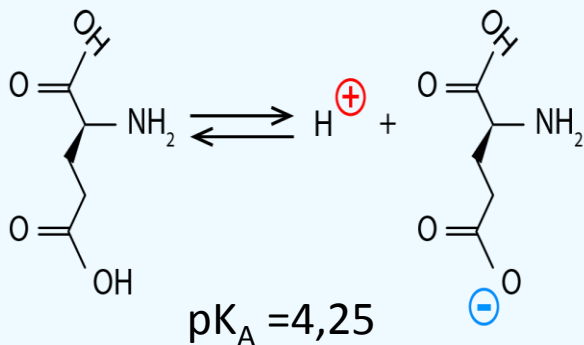
Klíčové orgány:



Cysteine:



Glutamic acid:



Změna konformace

Dysfunkce

# Definice pH a její důsledky

- Vzpomenete si, jak je definováno pH?
  - A jak se počítá s logaritmy? Např.  $\log(A \times B) =$
  - Zkuste vymyslet, co z těchto pravidel plyne pro vlastnosti pH: Např., když koncentrace  $H^+$  (zapisujeme jako  $[H^+]$ ) vzroste 2x, jak se změní pH?<sup>1</sup>
  - Jak se změní pH, když koncentrace  $H^+$  klesne 10x?
  - *Pro jedničkáře: Jak se změní pH, když  $[OH^-]$  stoupne 2x?*
  - Minimální čas: 3 minuty nebo do vyhotovení všech úkolů.
- 
- 1) Může být užitečné připomenout hodnotu  $\log_{10}(2) = 0,3$



# Definice pH a její důsledky - řešení

- $\text{pH} = -\log_{10}([\text{H}^+])$
- $\log(\text{AB}) = \log(\text{A}) + \log(\text{B})$
- Vzrůst koncentrace  $\text{H}^+$  na dvojnásobek:  $[\text{H}^+]_{\text{New}} = 2[\text{H}^+]_{\text{Old}}$
- Z definice pH a pravidel pro logaritmy plyne:  
$$\begin{aligned}\text{pH}_{\text{New}} &= -\log([\text{H}^+]_{\text{New}}) = -\log(2 \times [\text{H}^+]_{\text{Old}}) = -\log(2) + (-\log([\text{H}^+]_{\text{Old}})) = \\ &= -0,3 + \text{pH}_{\text{Old}}\end{aligned}$$

→ Čili: Při dvojnásobné koncentraci  $\text{H}^+$ :  $\text{pH}_{\text{New}} = \text{pH}_{\text{Old}} - 0,3$
- Pokud  $[\text{H}^+]_{\text{New}} = 1/10 \times [\text{H}^+]_{\text{Old}}$ :  $\text{pH}_{\text{New}} = -\log(1/10) + (-\log([\text{H}^+]_{\text{Old}})) =$   
 $= +1 + \text{pH}_{\text{Old}}$ . Při 10násobném poklesu  $\text{H}^+$  vzroste pH o 1.

# Pufry

- Co jsou to pufry / ústojné roztoky?
- Jakým způsobem ovlivňují pufry pH, je-li přidána kyselina nebo zásada?
- Co to je  $pK_a$  jednoduchého pufru?
- Pro jedničkáře: Dokážete napsat rovnici reakční rovnováhy pufru?
- Při jakém pH je jednosložkový pufr nejúčinnější?
  
- Minimální čas: 3 minuty

# Pufry – řešení 1

- Pufry zpomalují změnu pH tím, že na sebe váží  $H^+$  při rostoucí koncentraci  $H^+$  (pokud pH klesá), a uvolňují  $H^+$  při klesající  $[H^+]$  (pH stoupá).
- Pro stabilizaci pH v určitých mezích jsou klíčové!
- Vodíkový iont a pufr reagují vratně podle rovnice:
- $HB \rightleftharpoons H^+ + B^-$       nebo:  
 $HB^+ \rightleftharpoons H^+ + B$

- Reakční rovnováha lze vyjádřit známým vztahem:

$$K_A = \frac{[H^+] * [B_i^-]}{[HB_i]}$$

- Lze upravit na:

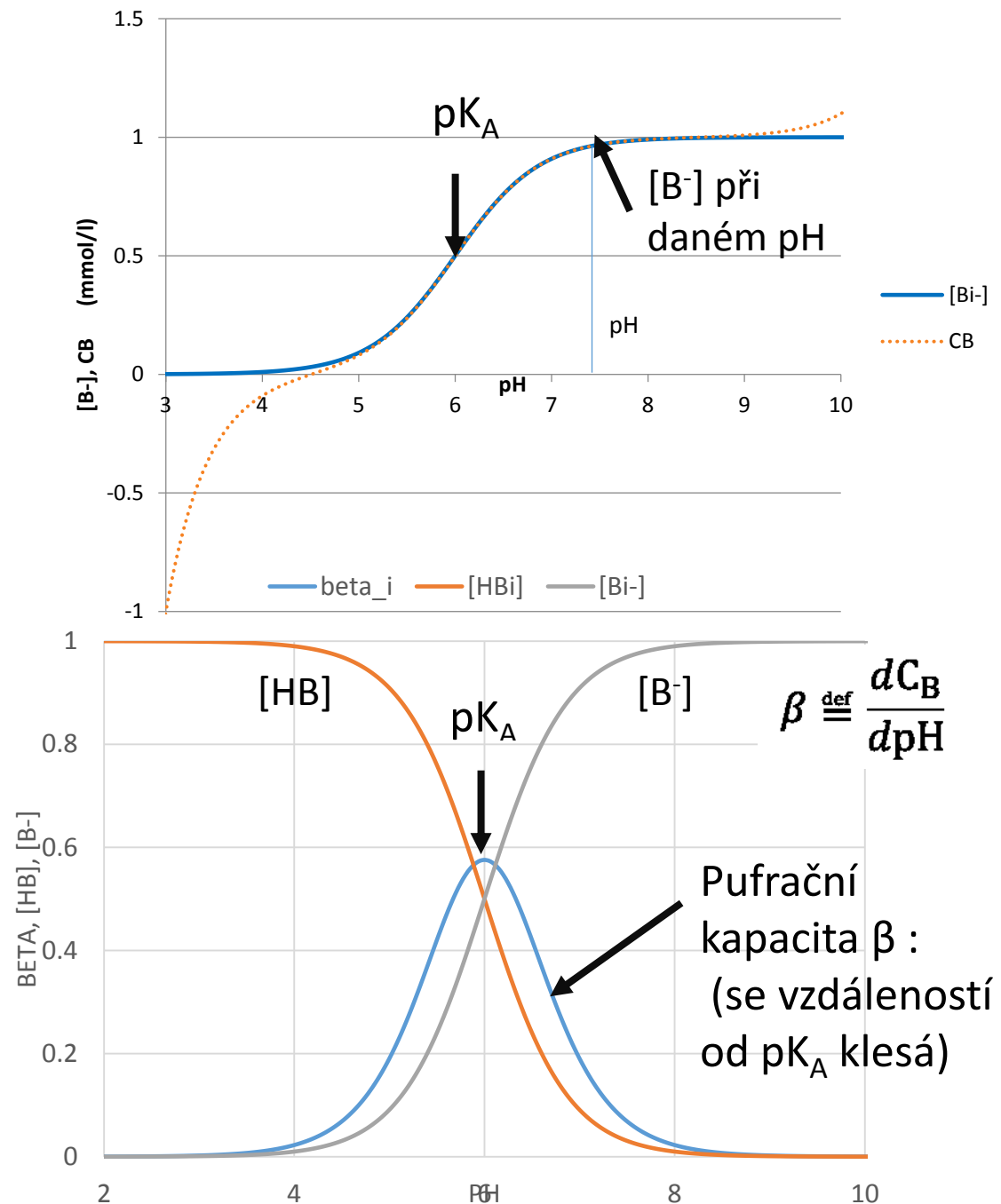
$$pH = pK_A + \log_{10} \frac{[B_i^-]}{[HB_i]}$$

- $[HB]$  a  $[B^-]$  jsou právě v poměru 1:1, pokud je  $pH = pK_A$   
(zkuste dokázat z předchozí rovnice)

# Pufry – řešení 2

- Jednosložkový pufr je nejúčinnější, pokud je pH v okolí jeho  $pK_A$ .
- Účinnost pufru při daném pH lze vyjádřit pufrační kapacitou  $\beta$ .
- Při velké vzdálenosti pH od  $pK_A$  pufru limituje vždy účinnost ta složka pufru, které je málo.
- Například u kyselých pH je  $\downarrow [B^-]$ ,
- U zásaditého pH je  $\downarrow [HB]$
- *Pro jedničkáře: Jak se mění poměr  $[B^-]/[HB]$  s přidáním kyseliny daleko od  $pK_A$ ? Hodně nebo málo?*

Titrační křivka vyjádřená jako  $[B^-]$  vs. pH

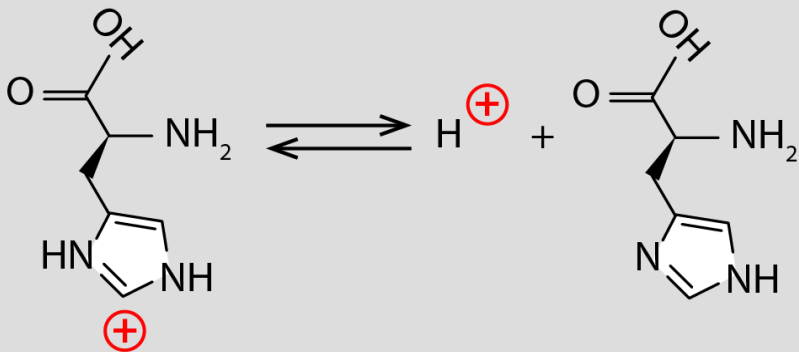


# Proteinové pufrý

- V krvi jsou klíčovými pufrý:
  - **Hemoglobin!**
  - Albumin, popř. další proteiny krevní plazmy

- Klíčovým pufráčním reziduem jsou postranní řetězce histidinu
- $pK_A$  jednotlivých řetězců histidinu se dosti liší (vliv aminokyselin v okolí)

Histidine side chain



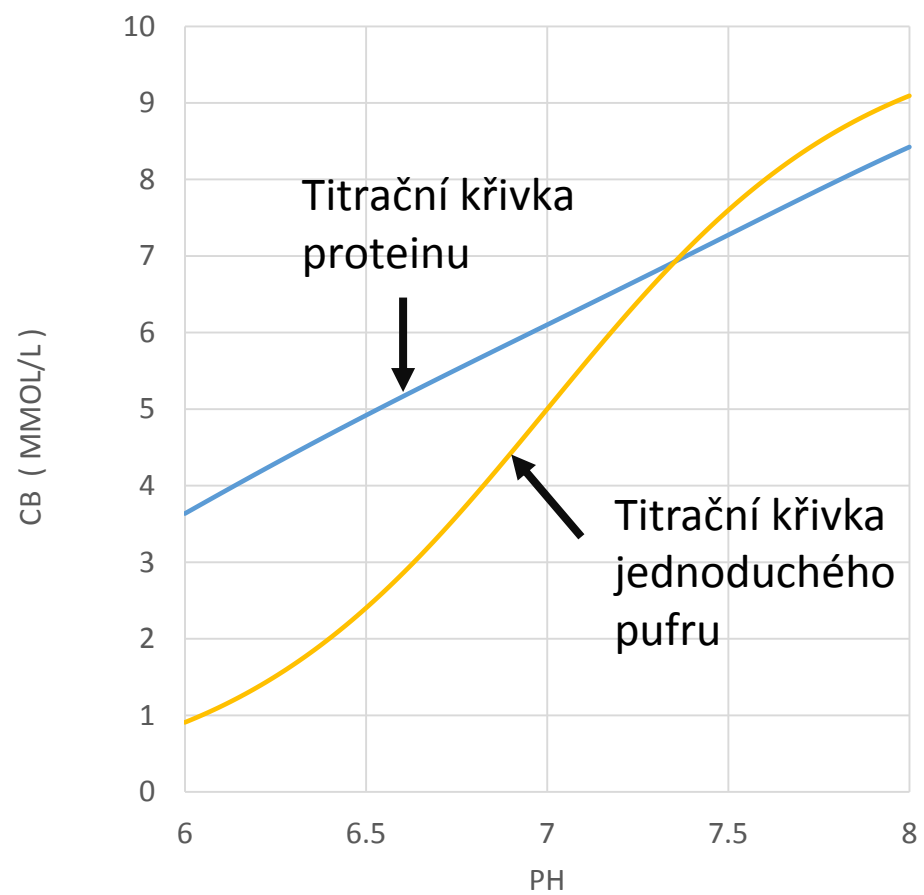
Tab:  $pK_A$

**Důsledek:** Prakticky lineární titrační křivka proteinů  
**Pufráční kapacita** je téměř konstantní v širokém rozmezí pH.

v molekule albuminu (seřazeno vzestupně)

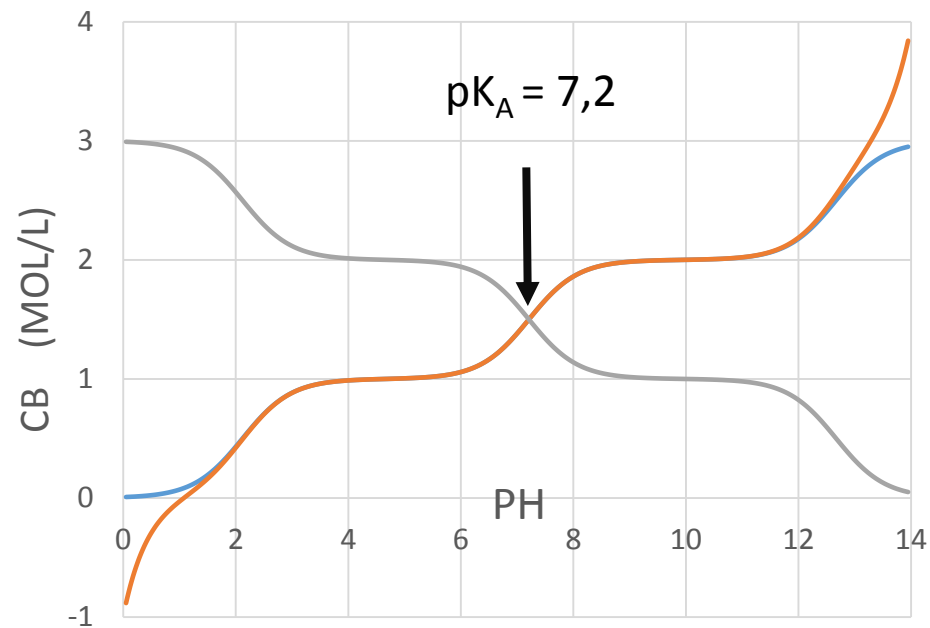
$pK_9$	$pK_{15}$	$pK_{10}$	$pK_{13}$	$pK_{11}$	$pK_8$	$pK_{12}$	$pK_7$	$pK_5$	$pK_3$	$pK_1$	$pK_2$	$pK_{14}$	$pK_{16}$	$pK_6$	$pK_4$
4.85	5.2	5.75	5.82	6.17	6.35	6.73	6.75	7.01	7.10	7.12	7.22	7.3	7.3	7.31	7.49

# Proteinové pufrы



# Fosfátový pufr

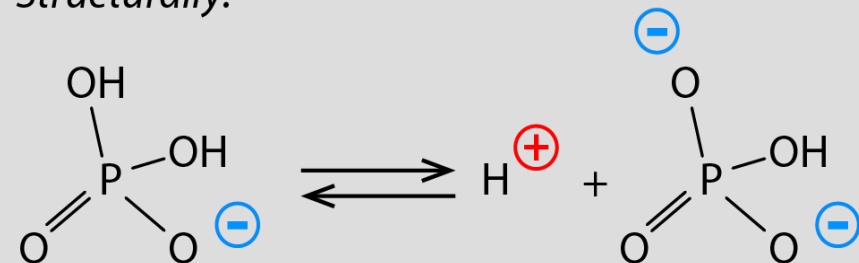
- Je klíčovým pufrům intracelulárně
- Např. součást DNA
- Pro pufování je klíčový 2. disociační krok, který má  $pK_A = 7,2$



Phosphate



Structurally:



# Bikarbonátový pufr



Katalyzátor: Karboanhydráza -  
přítomna v žaludku, ledvinách a  
erytrocytech

Reakční rovnováha: **Henderson-  
Hasselbalchova rovnice:**

$$pH = pK_A + \log \frac{[\text{HCO}_3^-]}{s * p\text{CO}_2}$$

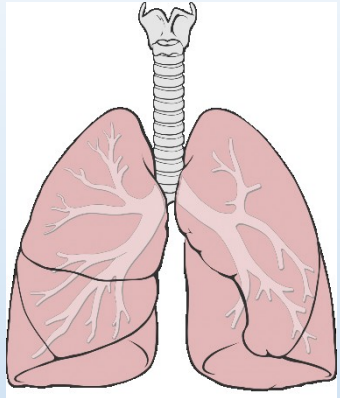
Při dosazení numerických hodnot  
( $p\text{CO}_2$  je v kPa) :

$$pH = 6,1 + \log \frac{[\text{HCO}_3^-]}{0,22 * p\text{CO}_2}$$

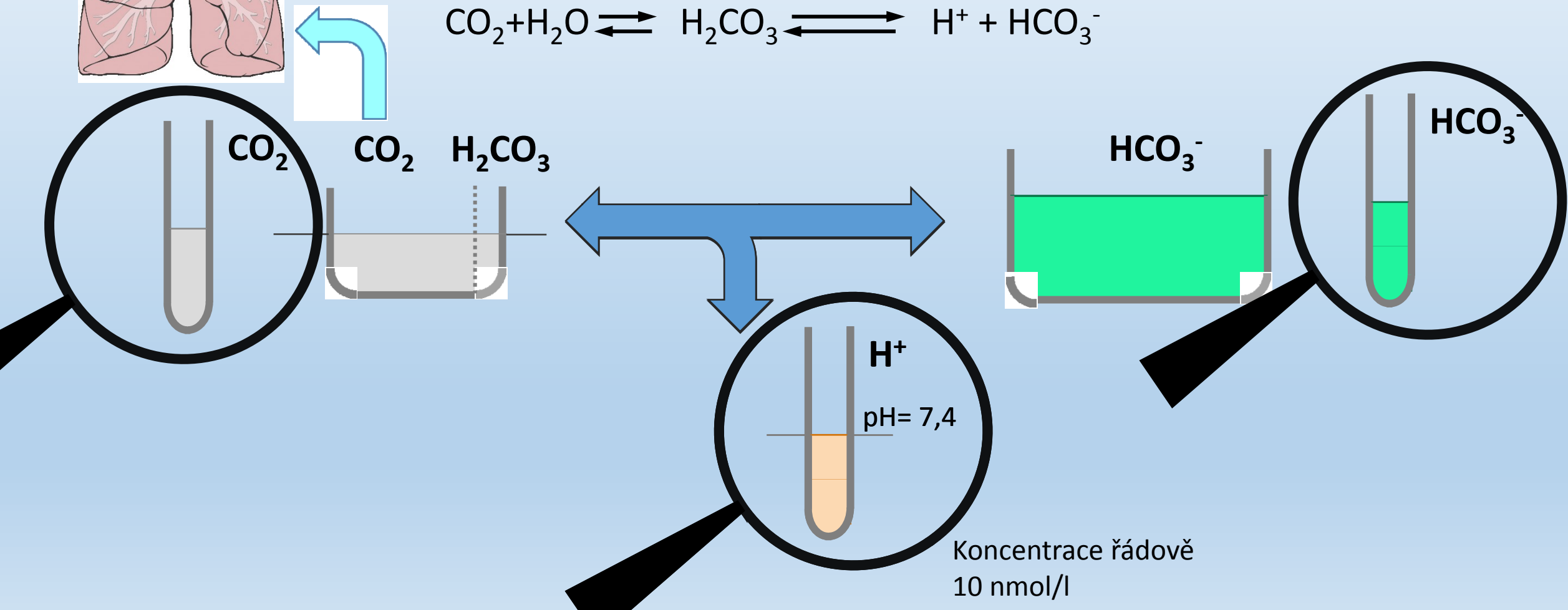
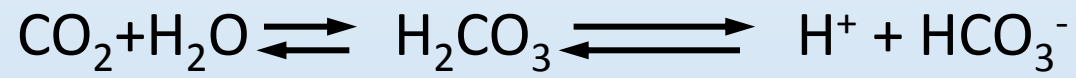
Otázka pro jedničkáře:  $pK_A$   
bikarbonátového pufru je 6,1. To je  
dost vzdálené od fyziologického  $pH$   
= 7,4. Snižuje to pufrací kapacitu  
bikarbonátového pufru?



# Bikarbonátový pufr

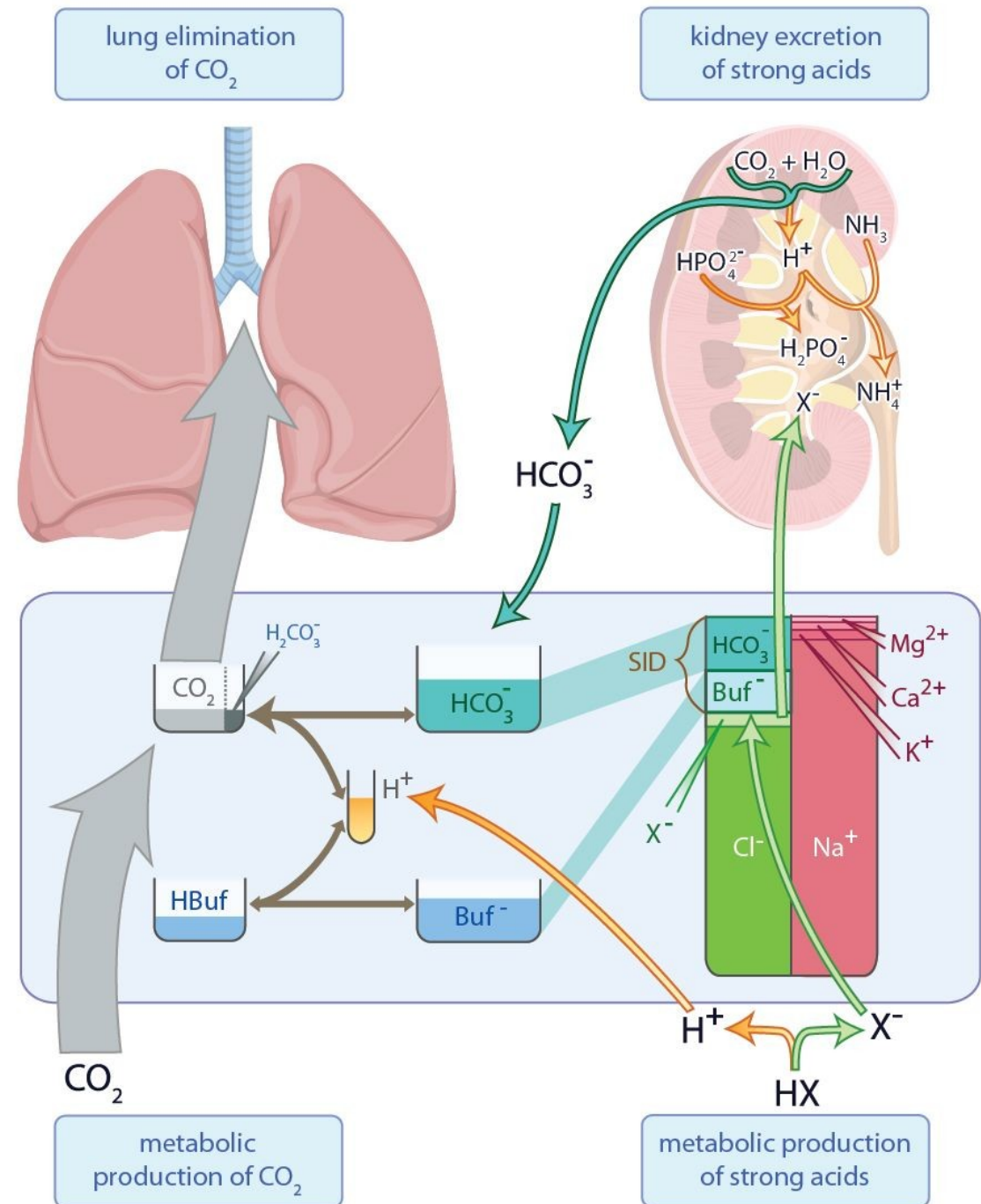


Možné grafické znázornění reakčních rovnováh (dle Henderson-Hasselbalchovy rovnice):



# Metabolismus a systém regulace ABR

- Největší průtok je v systému  $\text{CO}_2$ 
  - Díky tomu lze  $\text{pCO}_2$  dobře regulovat
- Další toky a zapojení do systému iontů (elektroneutralita) jsou zřejmé z tohoto schématu:

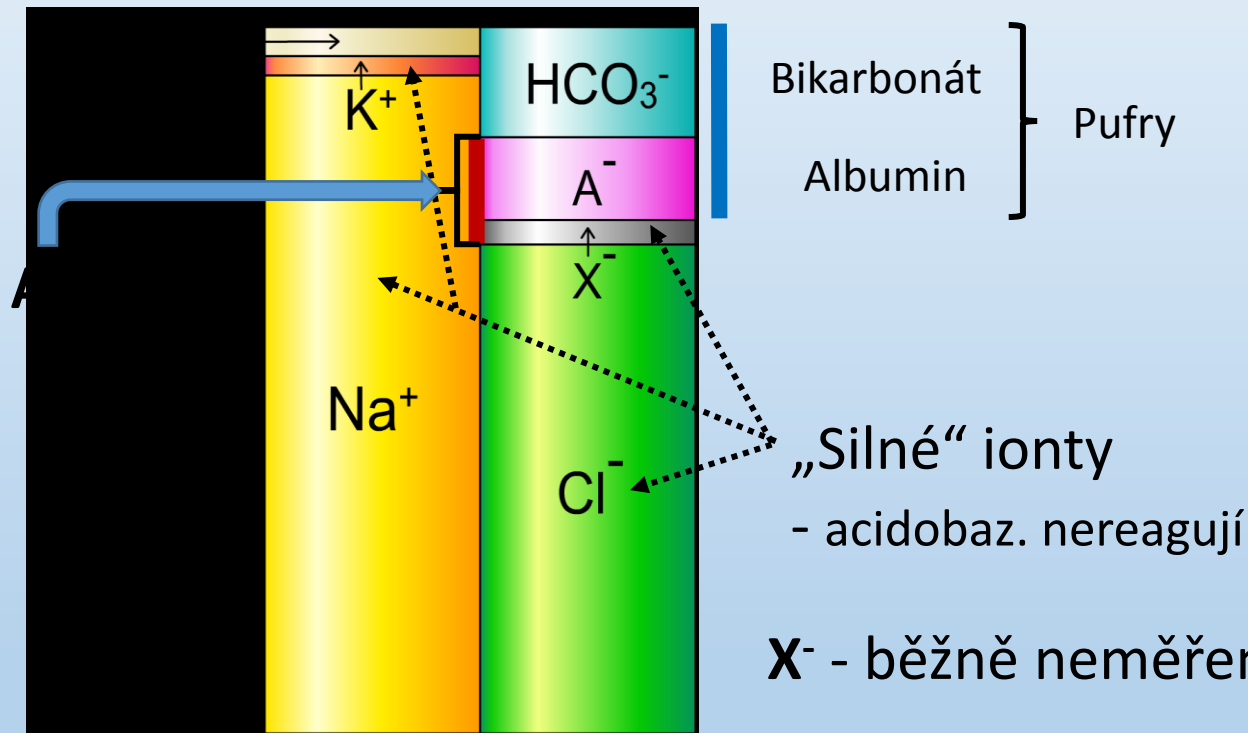


# Bikarbonátový pufr

- Je **klíčový z hlediska regulace** dlouhodobých bilancí  $H^+$  v organismu
- Plíce – regulují  $pCO_2$
- Ledviny – regulace hladiny  $HCO_3^-$  v krvi a exkrece  $H^+$

	Primární porucha	Při $H^+ = 40 \text{ nmol/l}$	Kompenzace
Respirační acidóza	$\uparrow pCO_2$	Reaguje doprava - $\uparrow H^+$	Ledviny - $\uparrow HCO_3^-$ , $\uparrow BE$
Metabolická acidóza	$\downarrow HCO_3^-$	Reaguje doprava - $\uparrow H^+$	Plíce - $\downarrow pCO_2$
Respirační alkalóza	$\downarrow pCO_2$	Reaguje doleva - $\downarrow H^+$	Ledviny - $\downarrow HCO_3^-$ , $\downarrow BE$
Metabolická alkalóza	$\uparrow HCO_3^-$	Reaguje doleva - $\downarrow H^+$	Plíce - $\uparrow pCO_2$

# System pufřů a elektroneutralita



## Elektroneutralita:

Při změně koncentrace pufřů se musí změnit i koncentrace silných iontů.

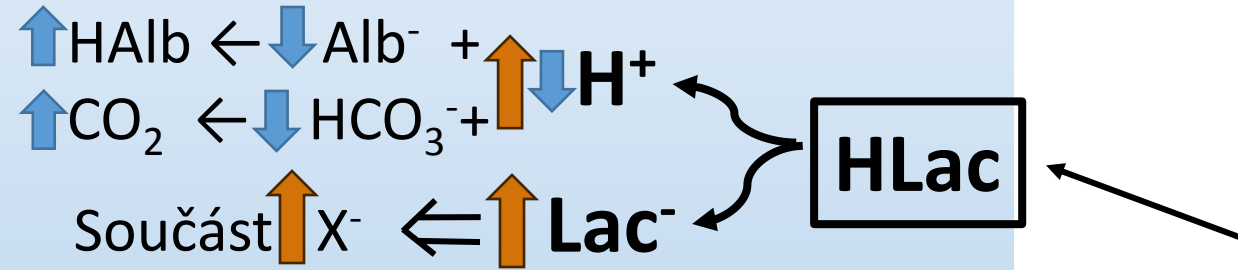
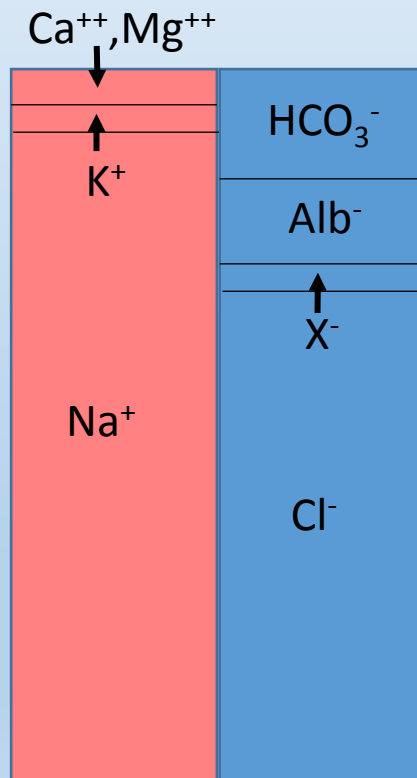
$\text{X}^-$  - běžně neměřené anionty – např. laktát, keto<sup>-</sup>,  $\text{SO}_4^{2-}$

$$\underline{\underline{AG = Anion gap = Mezera aniontů = Na^+ + K^+ - Cl^- - HCO_3^-}}$$

Parametr používaný v dif. dg. metabolických acidóz

# System pufřů a elektroneutralita 2 - přříklad

**Běžec v Tatrách:** Produkce HLac (kyseliny mléčné) ve svalech





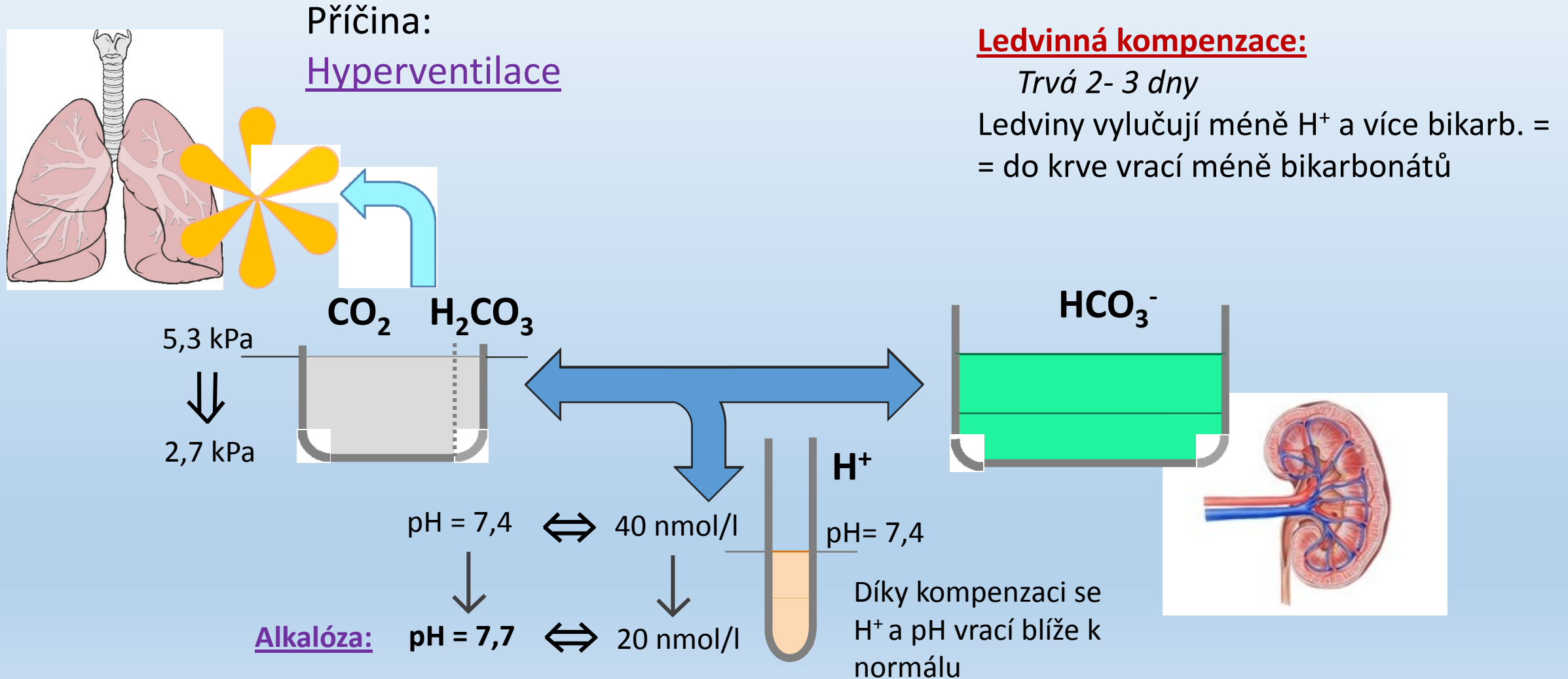
# Poruchy acidobazické rovnováhy

= základy patofyziologie ABR

# Respirační poruchy a jejich kompenzace

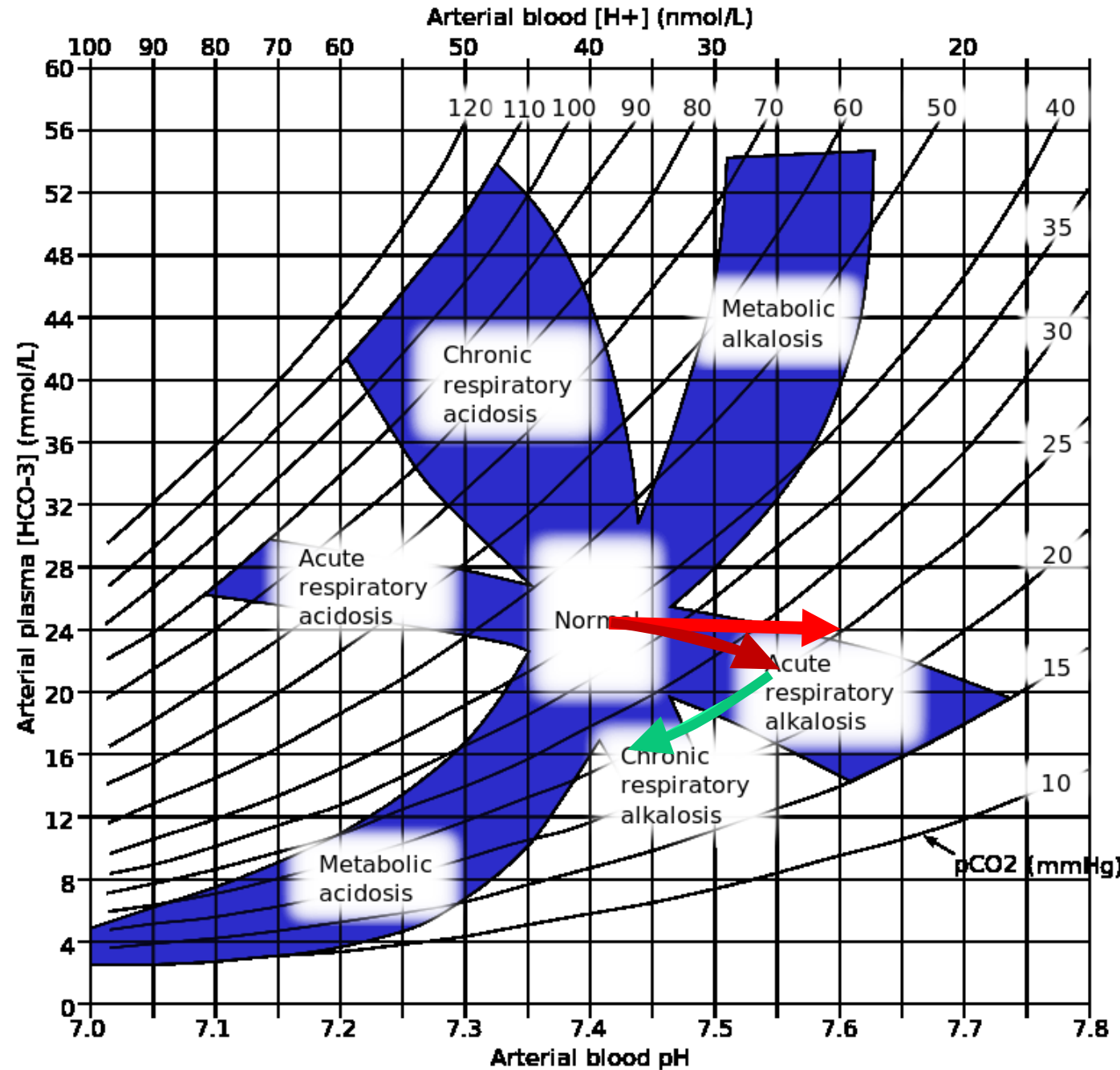
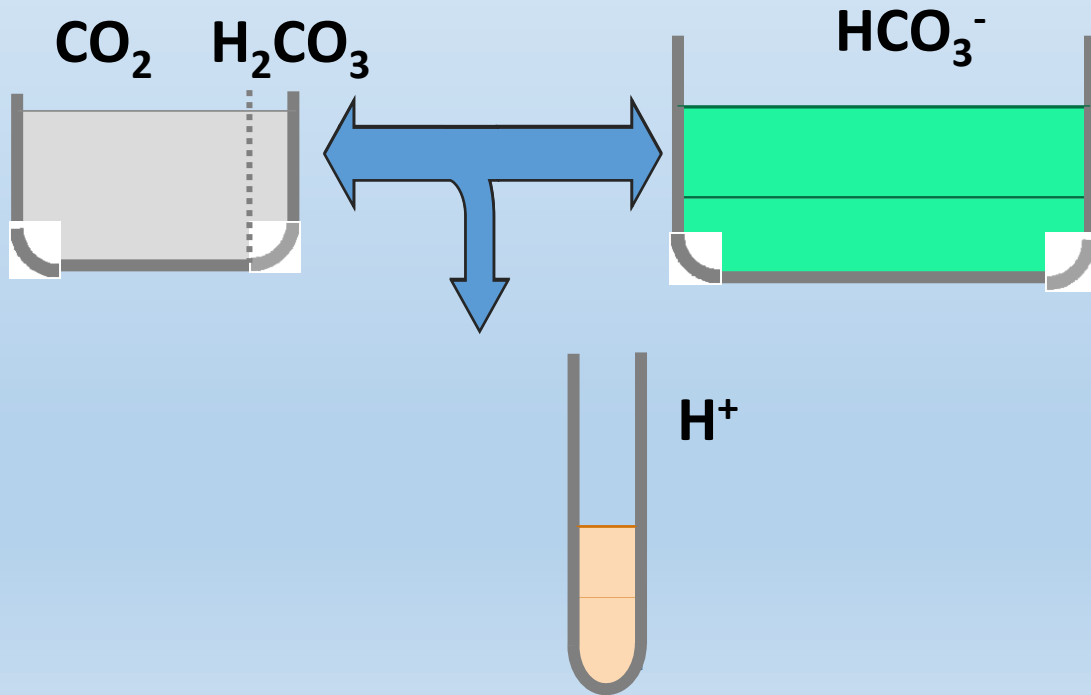


# Respirační alkalóza a její kompenzace

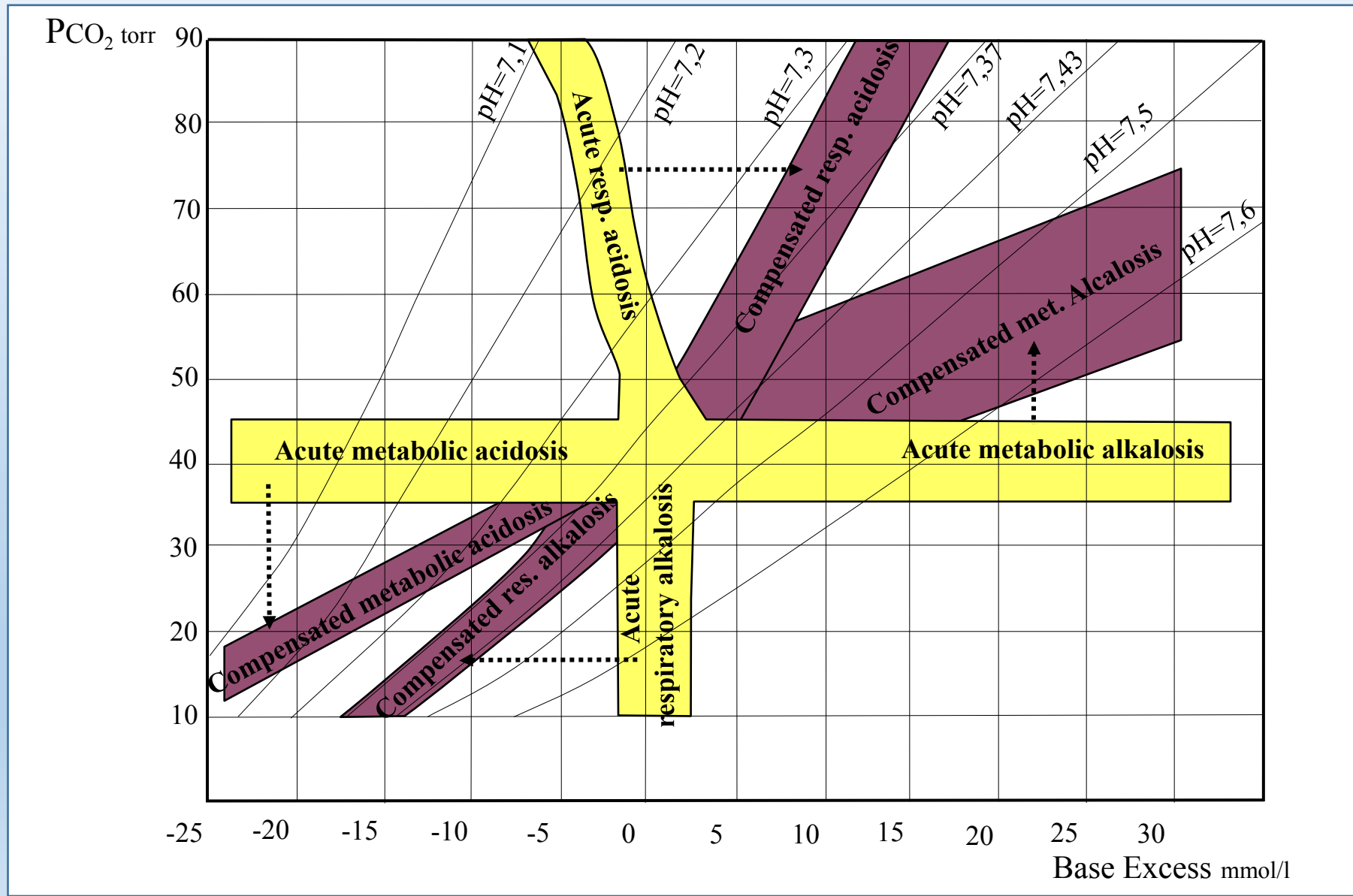




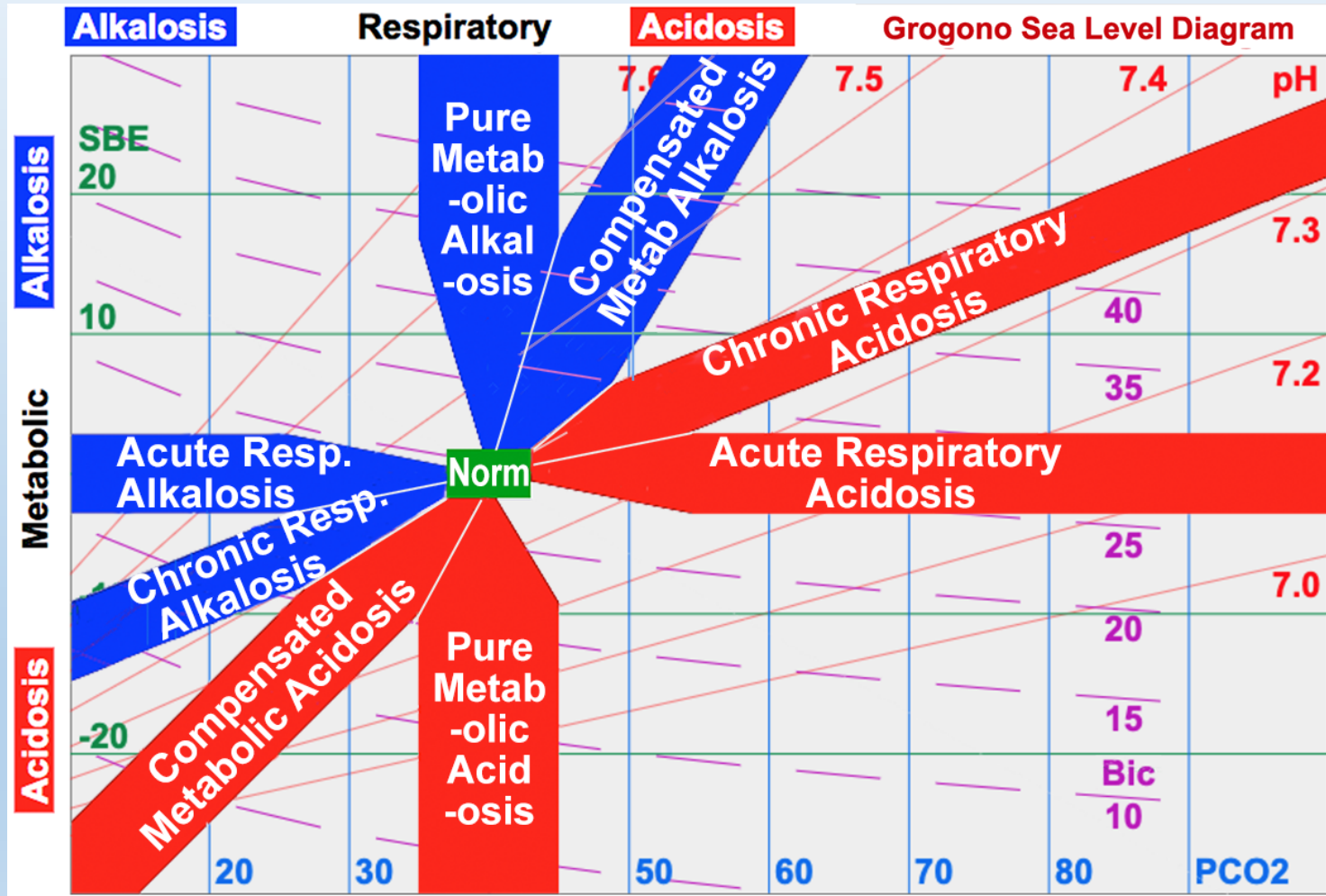
# Kompenzační diagramy



# Kompenzační diagramy 2



# Kompenzační diagram $p\text{CO}_2$ vs BE – jiná verze



# „Bostonská“ pravidla diagnostiky ABR poruch

Alternativa ke kompenzačním diagramům - člověk si je ale musí pamatovat ☹️

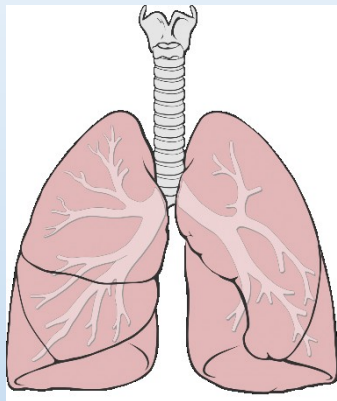
Pro jedničkáře volitelně: U těchto pravidel je  $pCO_2$  v mmHg – převedte na verzi v kPa ( $pCO_2$  40 mmHg = 5,3 kPa)

Metabolic	Acidosis		$(pCO_2)_{EXPECTED} = 1.5 * [HCO_3^-] + 8$ or $\Delta pCO_2 = 1.2 * \Delta [HCO_3^-]$
	Alkalosis		$(pCO_2)_{EXPECTED} = 0.7 * [HCO_3^-] + 20$ or $\Delta pCO_2 = 0.6 * \Delta [HCO_3^-]$
Respiratory	Acidosis	Acute	$[HCO_3^-]_{EXPECTED} = 24 + 1 \left( \frac{pCO_2 - 40}{10} \right)$
		Chronic	$[HCO_3^-]_{EXPECTED} = 24 + 3.5 \left( \frac{pCO_2 - 40}{10} \right)$
	Alkalosis	Acute	$[HCO_3^-]_{EXPECTED} = 24 + 2 \left( \frac{pCO_2 - 40}{10} \right)$
		Chronic	$[HCO_3^-]_{EXPECTED} = 24 + 5 \left( \frac{pCO_2 - 40}{10} \right)$

# Base Excess - BE

- Base excess – přebytek bází – nejexaktnější parametr k hodnocení metabolických poruch (a kompenzací)
- Logika: Plíce přes hladinu  $p\text{CO}_2$  neovlivňují bazickou složku pufrů
- Při  $\text{pH} = 7,4$  a  $p\text{CO}_2 = 5,3$  kPa je  $\text{BE} = 0$  mmol/l
- Přilejeme-li nyní 10mmol/l kyselin, odreaguje část s bikarbonátem a část s B- nebikarbonátových pufrů – BE klesne na -10 mmol/l
- Naopak, odebereme-li při  $\text{BE}=0$  15 mmol/l  $\text{H}^+$ , zvýší se jak hladina bikarbonátu, tak B- nebikarbonátových pufrů – BE stoupne na +15 mmol/l
- Tyto změny jsou následně nezávislé na  $p\text{CO}_2$

# Respirační acidóza a její kompenzace



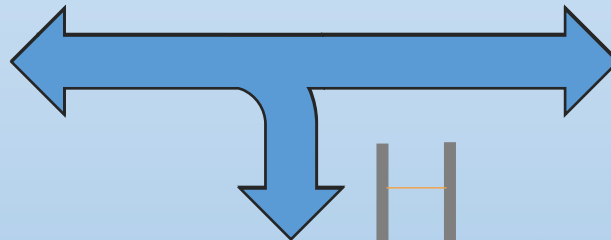
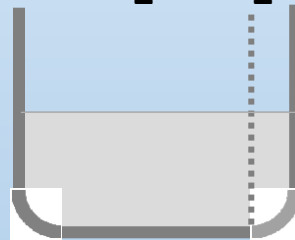
Příčina: Hypoventilace

Součást globální respirační insuficience  
(insuficience II. typu)

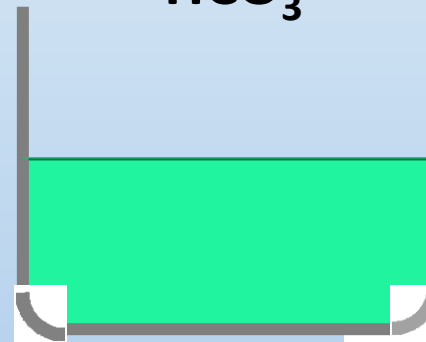


10,6 kPa  
↑  
5,3 kPa

$\text{CO}_2$   $\text{H}_2\text{CO}_3$



$\text{HCO}_3^-$



Acidóza:

pH = 7,1

⇌ 80 nmol/l

↑  
pH = 7,4

⇌ 40 nmol/l



$\text{H}^+$

Díky kompenzaci se  
 $\text{H}^+$  a pH vrací blíže k  
normálu

Ledvinná kompenzace:

Trvá 2-3 dny

Ledviny vylučují více  $\text{H}^+$  =

= led. vrací do krve více bikarb.



# Co se odebírá a hodnotí?

- Měření krevních plynů v arteriální krvi (tzv. „Astrup“)
- Sérové elektrolyty
- Koncentrace pufrů (např. hemoglobin) a dalších látek





# Měření krevních plynů – „Astrup“

Změřeno přístrojem (senzory = selektivní elektrody):

$$\text{pH} = 7,4 \pm 0,04$$

$$\text{pCO}_2 = 5,3 \text{ kPa}$$

$$\text{pO}_2 = 13,3 \text{ kPa}$$

- Vypočítáno přístrojem:
- $[\text{HCO}_3^-] = 24 \text{ mmol/l}$ 
  - *vypočítáno z HH rovnice*
- $\text{BE} = 0 \text{ mEq/l}$ 
  - *Exces bazí, k výpočtu nutná konc. Hb.*



# Kazuistika č. 3

- 68-letý muž přichází do Vaší ambulance.
- Chronická bronchitis a emfyzém v anamnéze.
- Je mírně dušný, antigenní COVID test negativní
- Lab: pH = 7,31
  - pO<sub>2</sub> = 8,0 kPa
  - pCO<sub>2</sub> = 10,6 kPa
  - HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> = 38 mmol/l
  - BE = 12 mmol/l



O jakou acidobazickou poruchu se jedná?  
Jedná se o akutní nebo chronický problém?

# Možné příčiny respirační acidózy

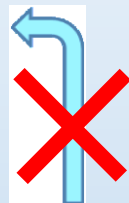
- Snížení alveolární ventilace

- A) Snížená aktivita dechového centra

- Léky, drogy (např. opiáty)
    - Poškození:
      - Trauma
      - Iktus
      - Tumor
      - Edém mozku/nitrolební hypertenze

- B) Nervosvalová onemocnění

- Myasthenia gravis
    - Polyradikuloneuritis
    - Závažná obezita / Pickwickův syndrom



- C) Onemocnění plic

- Restriktivní onemocnění
    - ARDS,
    - Plicní fibrózy
  - Obstruktivní onemocnění
    - Astma
    - Tumor
    - Cizí těleso
  - Vzestup mrtvého prostoru
    - Plicní embolie
    - Plicní emfyzém
  - Trauma, pneumothorax, seriové fraktury žeber

- Zvýšení  $p\text{CO}_2$  ve vdechovaném vzduchu

# Kazuistika č. 2

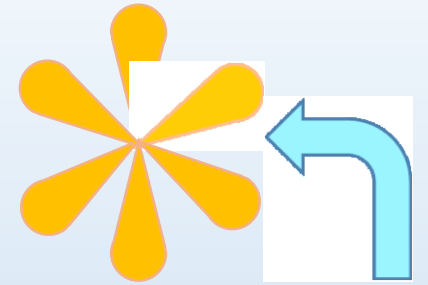
- Na urgentním příjmu nemocnice vyšetřujete 20-letou studentku
- Nemůže se koncentrovat a doma na chvíli přestala ovládat prsty (to ji vyděsilo). Prsty ji nyní stále brní.
- Dosud nebyla vážně nemocná, bez medikace.
- Status praesens – bez pozoruhodností
- SA: Nedávno se rozešla se s přítelem, byli spolu 4 roky. Snáší to špatně.
- Lab: pH = 7,49
  - pO<sub>2</sub> = 13,4 kPa
  - pCO<sub>2</sub> = 4,1 kPa
  - HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> = 22 mmol/l
  - BE = -1 mmol/l



O jakou acidobazickou poruchu se jedná?

O jaký akutní problém se jedná? Co byste jí dále poradili?

# Možné příčiny respirační alkalózy

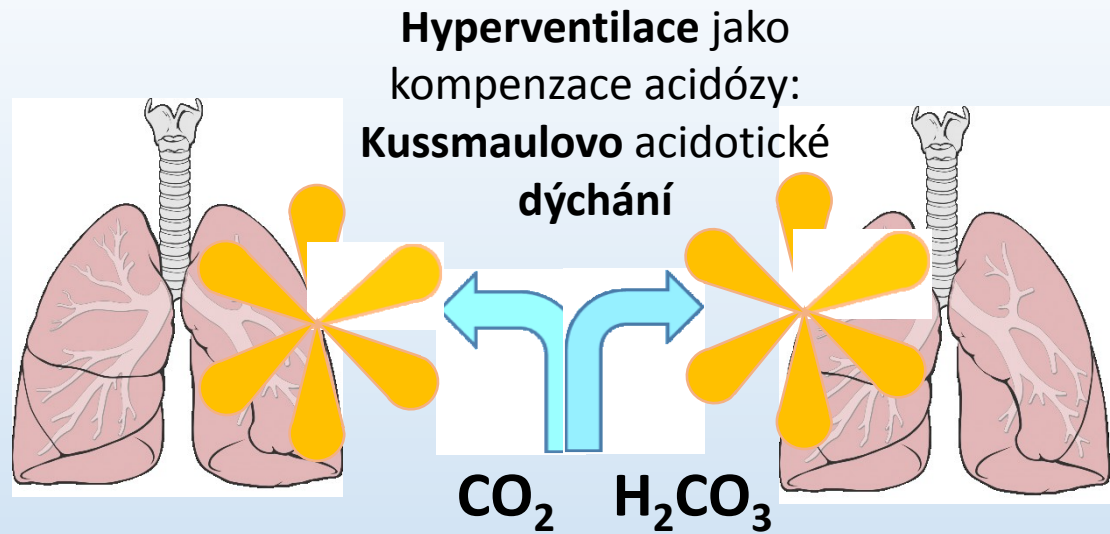


## Hyperventilace

- A) Při hypoxémii
  - Vysokohorská nemoc
  - Pravolevý plicní zkrat
    - A ventilačně-perfuzní nerovnováha charakteru zkratu.
  - Při umělé plicní ventilaci
- B) Jiné dráždění respir. centra
  - Trauma, zánět, salicyláty.
- C) Panický záchvat

# Metabolické poruchy a jejich kompenzace

# Metabolická acidóza 1 + kompenzace



$p\text{CO}_2 = 5,3 \text{ kPa}$

$\text{CO}_2$   $\text{H}_2\text{CO}_3$

$$\uparrow \text{AG} = \text{Na}^+ + \text{K}^+ - \text{Cl}^- - \downarrow \text{HCO}_3^-$$

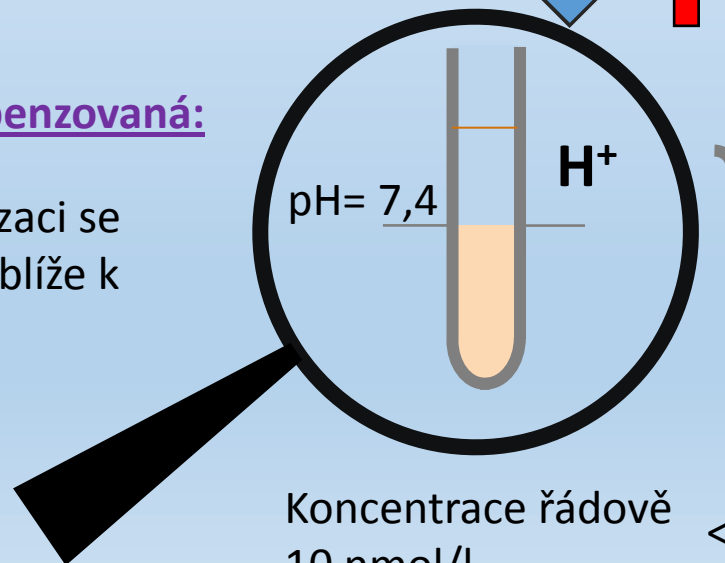
(nezahrnuje  $\text{X}^-$ )

$\text{HCO}_3^-$

→ ↑AG je ekvivalentní ↑ $\text{X}^-$

## Metab. acidóza kompenzovaná:

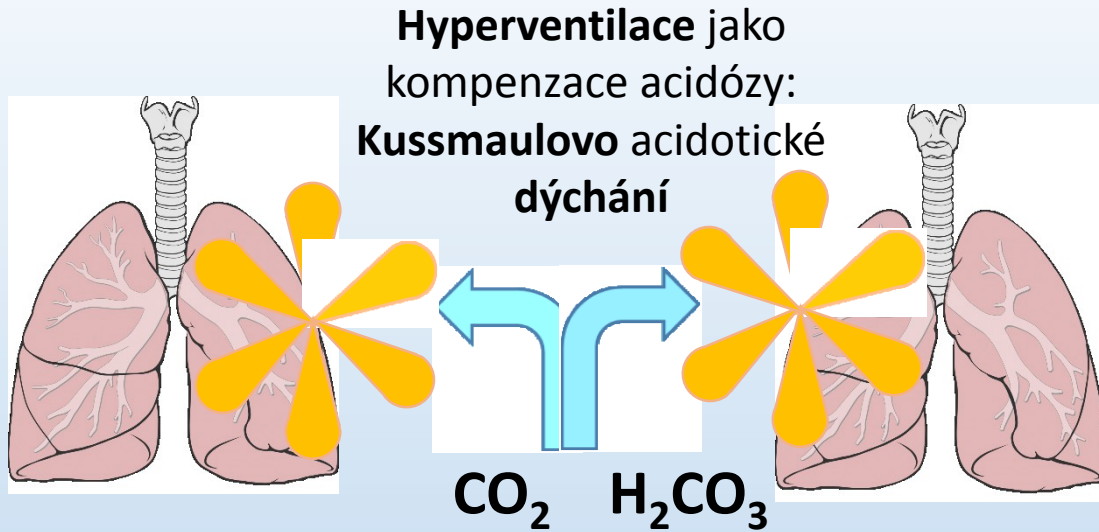
Díky kompenzaci se  $\text{H}^+$  a pH vrací blíže k normálu



Koncentrace řádově < 10 nmol/l

# Metabolická acidóza 2 + kompenzace

$$AG = Na^+ + K^+ - \uparrow Cl^- - \downarrow HCO_3^-$$

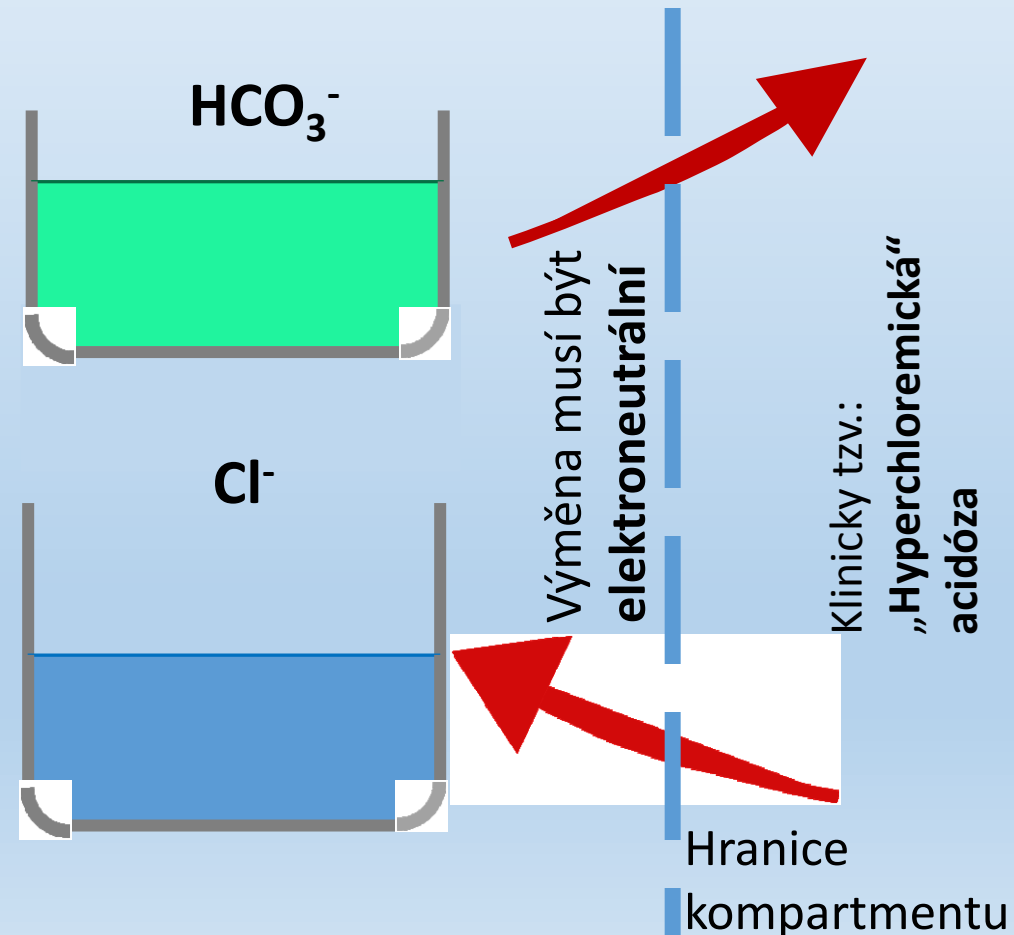


$pCO_2 = 5,3 \text{ kPa}$

## Metab. acidóza kompenzovaná:

Díky kompenzaci se  $H^+$  a pH vrací blíže k normálu

pH = 7,4  $H^+$



# Kazuistika č. 1

- 38-letá žena, anam. DM 1. typu
- Několik dní trvající horečka a zimnice
- Necítila se dobře --> moc nejedla → nepíchlala si insulin
- Před přijetím: Křeče v břiše, několikrát zvracela
- DF=30' TF = 112' tlak: 110/70 v leže a 100/60 v sedě, 37°C
- Suché sliznice a ovocná vůně dechu



## Laboratoř:

pH	7,20
pO <sub>2</sub>	12,8 kPa
pCO <sub>2</sub>	2,8 kPa
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	8 mmol/l
Glc	15 mmol/l
Na <sup>+</sup>	148 mmol/l
K <sup>+</sup>	5,5 mmol/l
Cl <sup>-</sup>	110 mmol/l
Pozitivní aceton v moči	

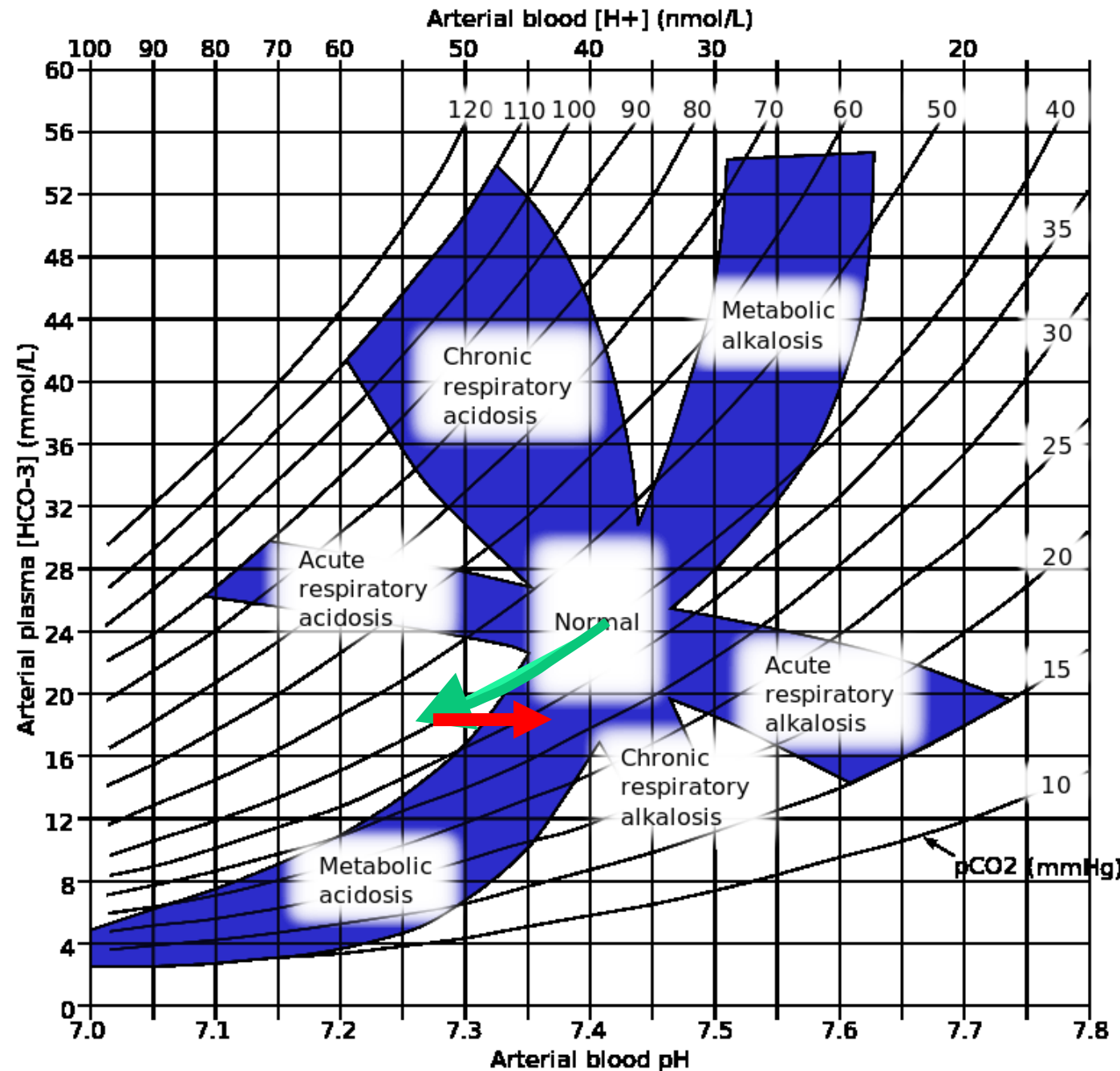
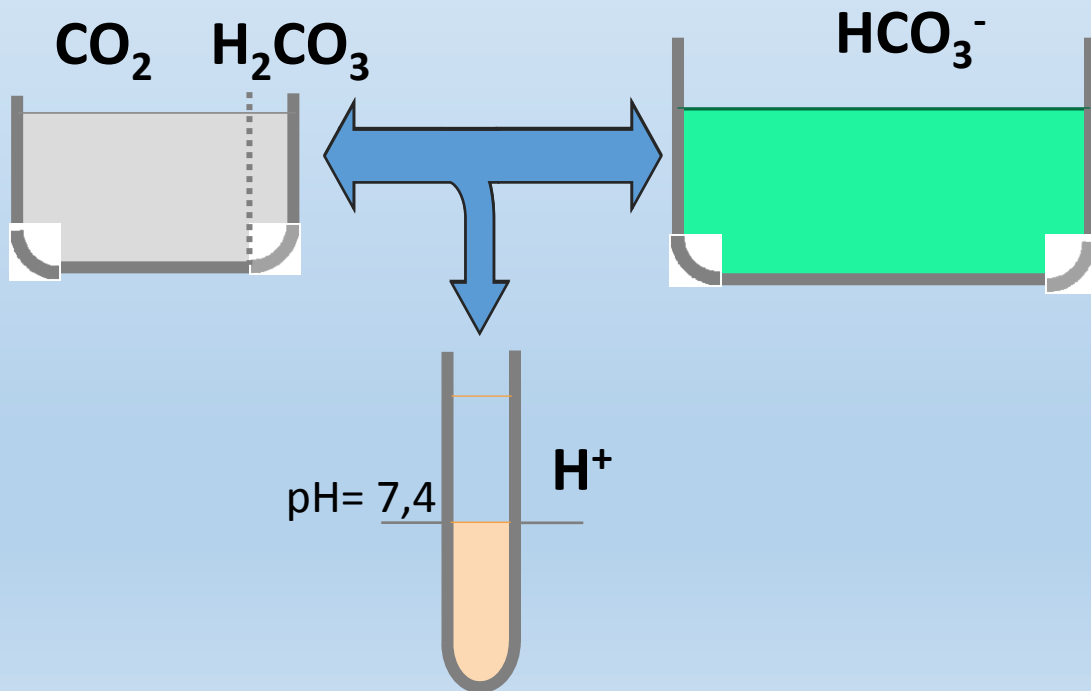
*O jakou acidobazickou poruchu se jedná?  
Jedná se o kompenzovanou poruchu?*

*Co dále byste řekli o stavu hydratace a iontech?*



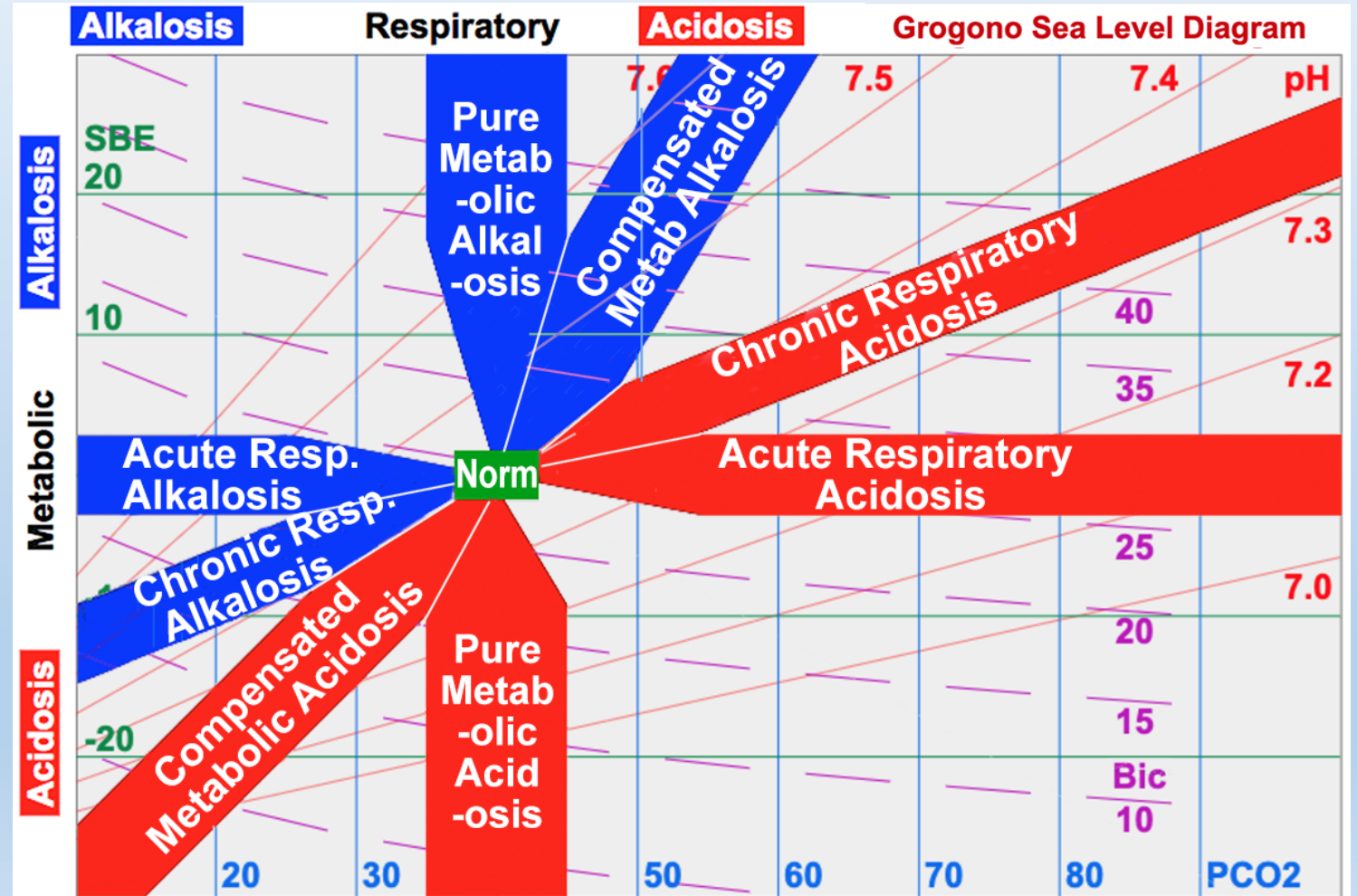
# Metabolická acidóza -kompenzační diagramy

Respirační kompenzace se v praxi rozvíjí rychleji než vlastní metabolická porucha, proto v klinicky zaměřených diagramech chybí dělení metabolických poruch na akutní a chronické



# Metabolická acidóza -kompenzační diagramy

Zkuste nyní zakreslit kádinky po paměti a v souladu do tohoto diagramu zkuste zakreslit šipkami vývoj akutní v chronickou metabolickou acidózu (plná kompenzace se vyvíjí během cca 10 h)



# Možné příčiny metabolické acidózy

## A) Ztráty bikarbonátů vlivem zvýšeného pufrování kyselin

- Ketoacidóza
  - diabetická
  - alkoholová
  - z hladovění
- Laktátová acidóza
  - enormní fyzická zátěž
  - šokový stav / systémová ischemie
- Cizorodé látky
  - Otrava salicyláty

**AG (anion gap) je zvýšený!:** V těle se hromadí aniont z odpufrované kyseliny.

## B) Ztráty bikarbonátů do třetího prostoru/ven z těla

- Střevem
  - Průjmy
  - Fistuly a stomie
- Ledvinami (ztráta regulační fce)
  - Renální tubulární acidózy
  - Selhání ledvin (může mít i ↑AG)

Rozdíl běžných silných iontů reflektuje  
↓  $\text{HCO}_3^-$

Např. ↑  $\text{Cl}^-$  (zaujme místo bicarb.)- tzv. „hyperchloremické acidózy“

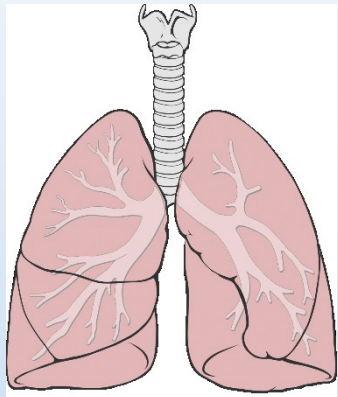
(Nebo může být např. ↓  $\text{Na}^+$  nebo..)

**AG (anion gap) je normální!**

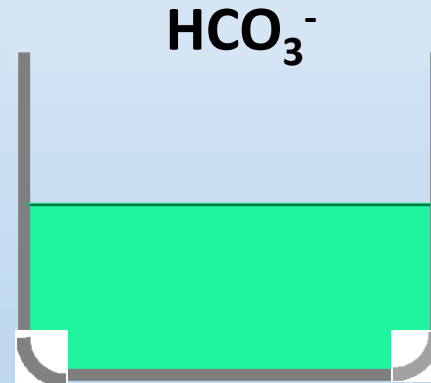
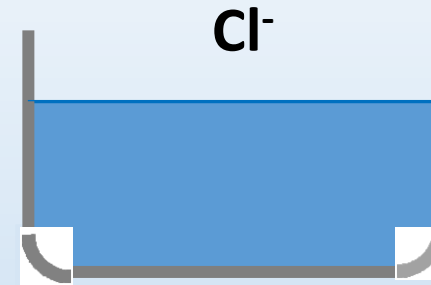
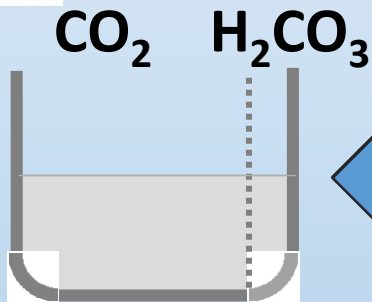
# Cvičení – metabolická alkalóza

- Zkuste odvodit schéma pro vznik a kompenzaci metabolické alkalózy sami. (výsledek zkontrolujte na dalším slidu)

# Metabolická alkalóza + kompenzace



Kompenzaci metabolické alkalózy hypoventilací limituje hypoxie



Výměna musí být elektroneutrální

Klinicky nazýváme často: „Hypochloremická“ alkalóza



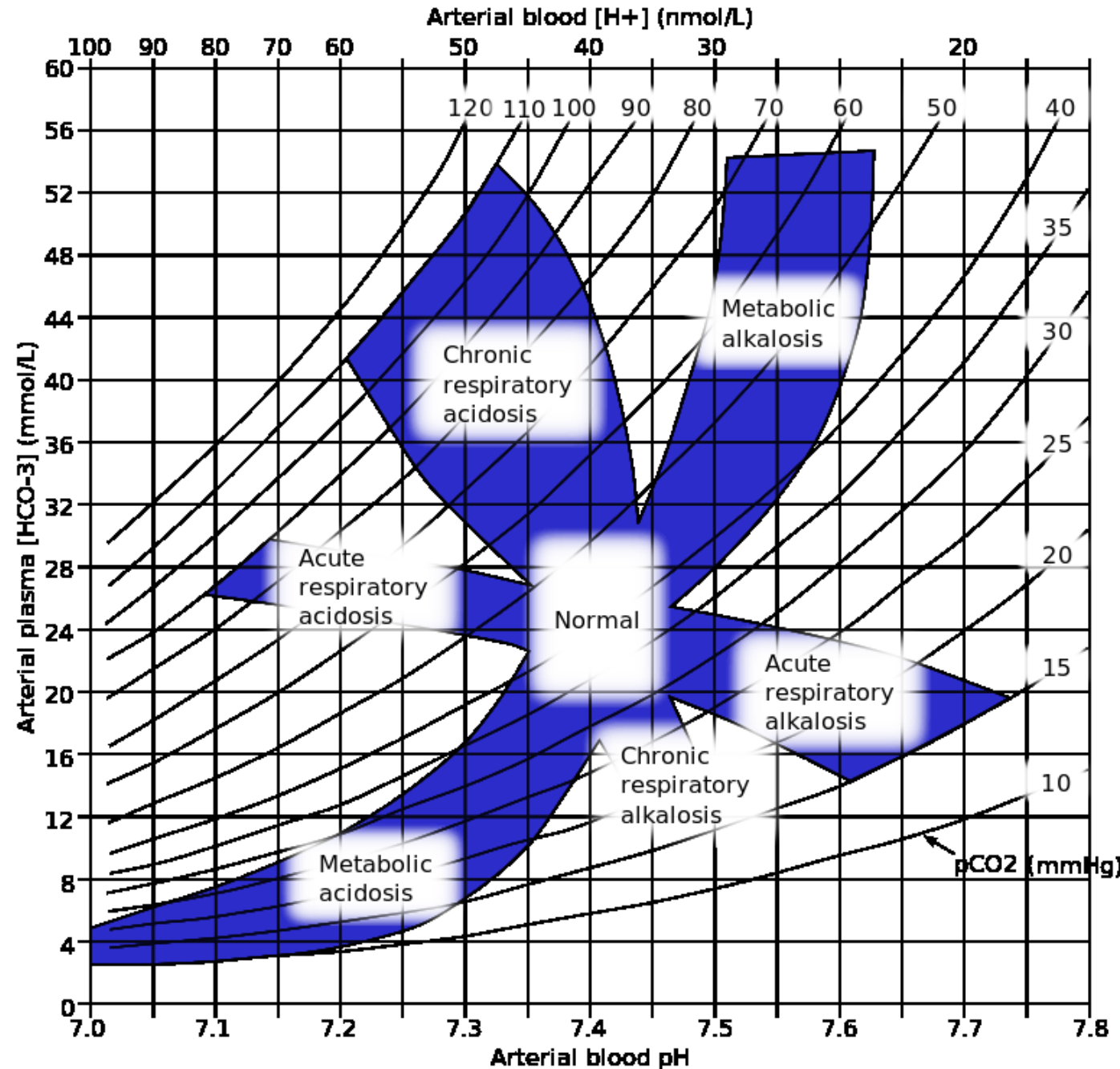
$H^+$   
pH= 7,4

Díky kompenzaci se  $H^+$  a pH vrací blíže k normálu

Hranice kompartmentu (např. mukóza žaludku)

# Kompenzace metaalkalózy

- Zkuste odvodit kádinky a kompenzační šipky sami
- Min 2 minuty



# Příčiny **metabolické alkalózy**

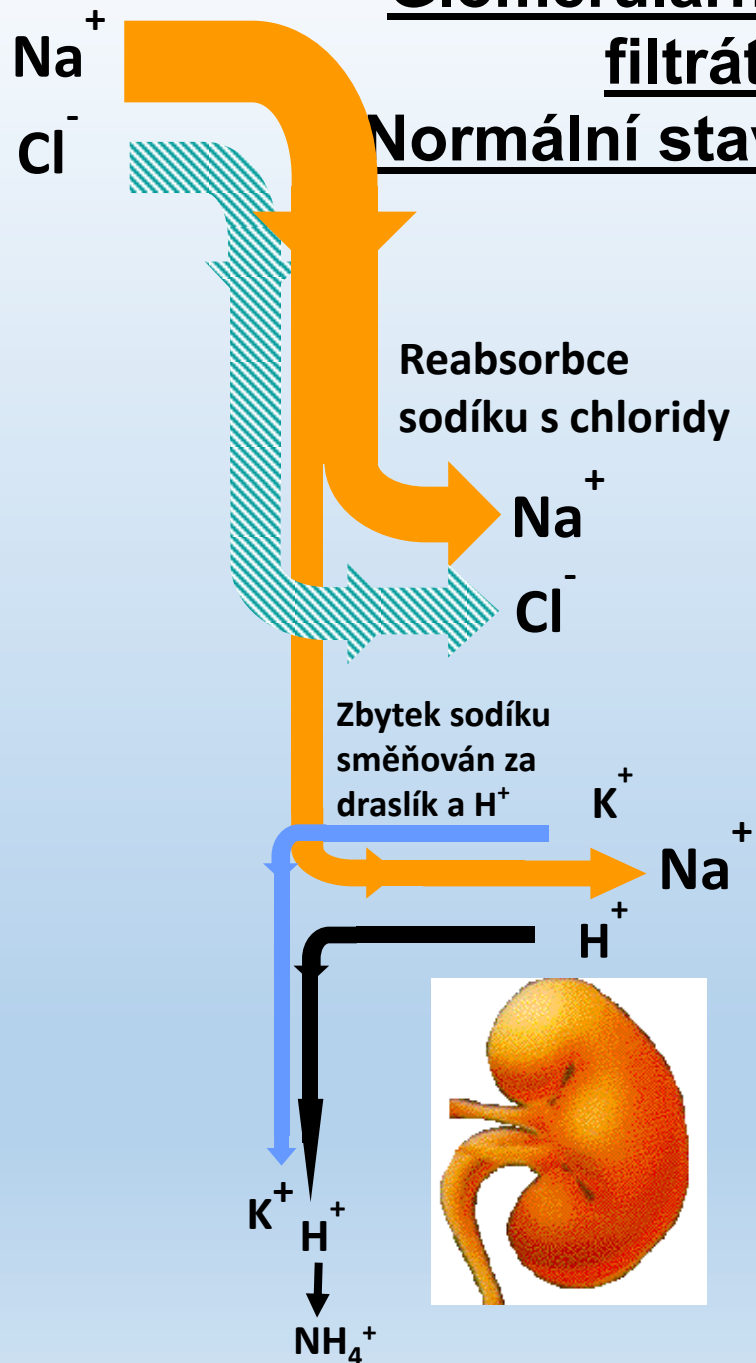
- Ztráta kyseliny zvracením
  - ↑  $\text{HCO}_3^-$ , který se v žaludku směrem do krve vytvořil (při tvorbě  $\text{H}^+$  směrem do lumen).
- Zvýšená tvorba  $\text{HCO}_3^-$  ledvinami/  
zvýšená sekrece  $\text{H}^+$  do moči
  - Hyperaldosteronismus
  - tzv. Bartterův syndrom
- Selhání jater (↓ produkce močoviny z  $\text{NH}_4^+$  - reakce je acidizující)
- Neadekvátní infuze bikarbonátů/  
Ringer laktátu.

# Patogeneze paradoxní acidifikace moči a ztrát draslíku po těžkém zvracení

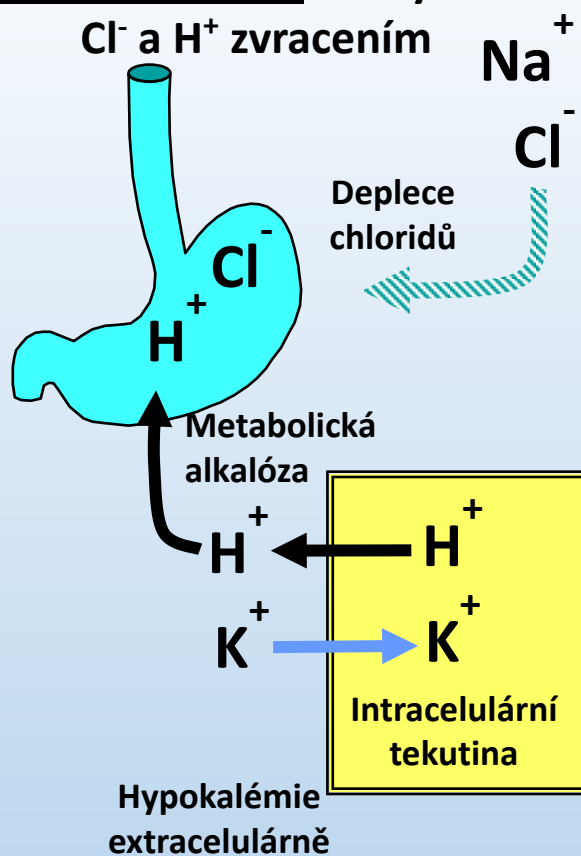
- Klinicky důležité!
- Po těžkém zvracení vzniká **hypochloremická metabolická alkalóza**
- Ledviny by proto měly vylučovat málo acidifikovanou/alkalickou moč
- Místo toho mohou alkalózu zhoršovat
- Viz následující slide



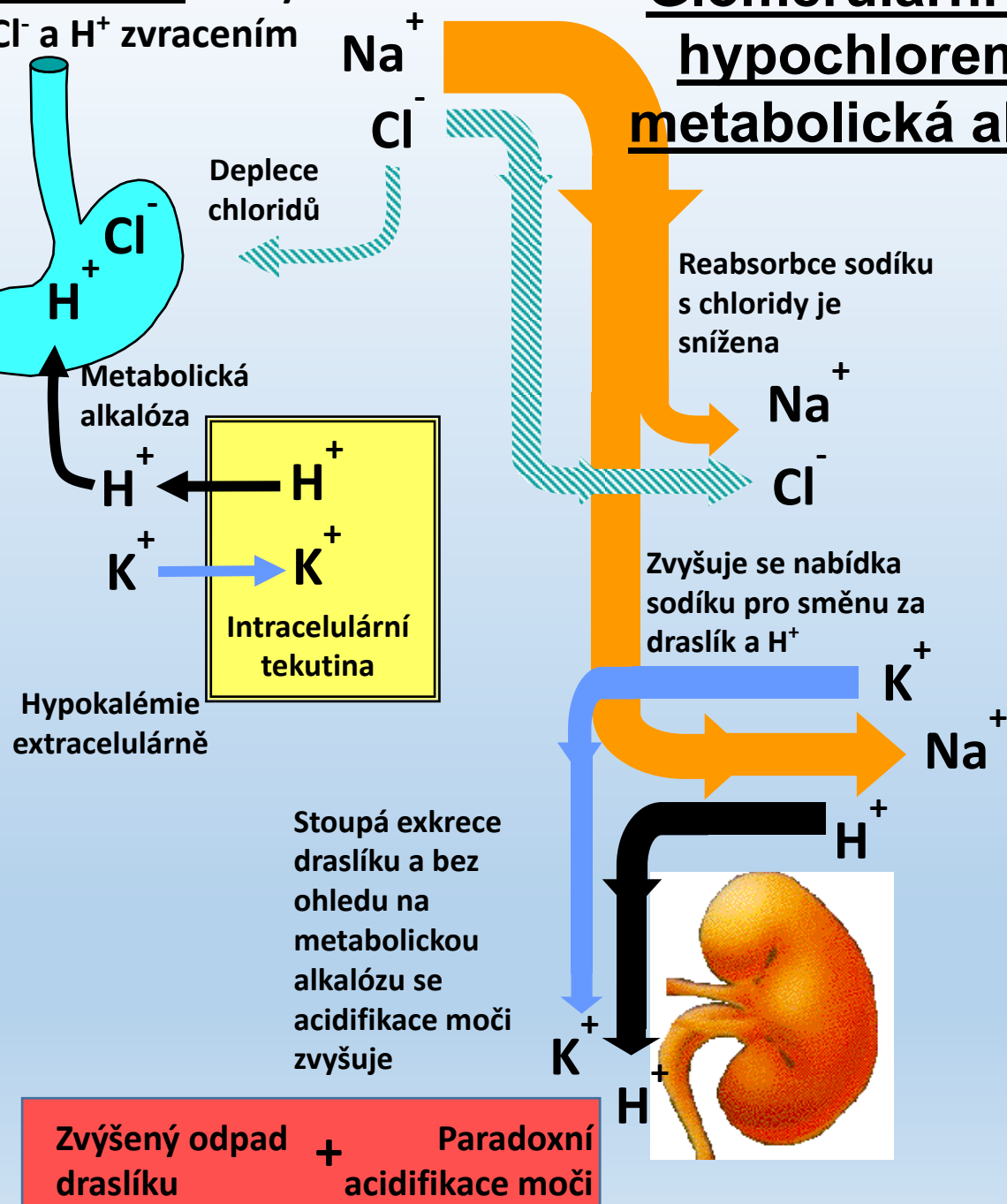
# Glomerulární filtrát: Normální stav

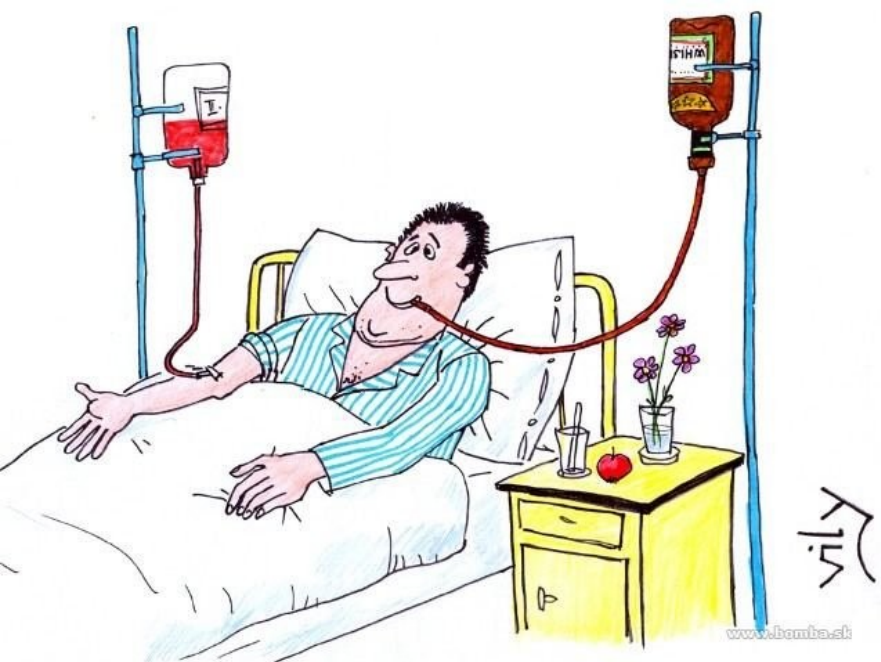


# Primární příčina: Ztráty $\text{Cl}^-$ a $\text{H}^+$ zvracením



# Glomerulární filtrát: hypochloremická metabolická alkalóza





# Klinické příklady poruch ABR

# Shrnutí

## 1. Fyziologie a chemie

H<sup>+</sup>, pH, pufry, zapojení pufřů do metabolismu, HH rovnice, elektroneutralita

## 2. Rozdělení poruch na metabolické a respirační

## 3. Klinické příklady a příčiny

	Primární porucha	Kompenzace
<b>Respirační acidóza</b>	↑pCO <sub>2</sub>	Ledviny - ↑HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , ↑BE
<b>Metabolická acidóza</b>	↓HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Plíce - ↓pCO <sub>2</sub>
<b>Respirační alkalóza</b>	↓pCO <sub>2</sub>	Ledviny - ↓HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , ↓BE
<b>Metabolická alkalóza</b>	↑HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Plíce - ↑pCO <sub>2</sub>

Děkuji za pozornost