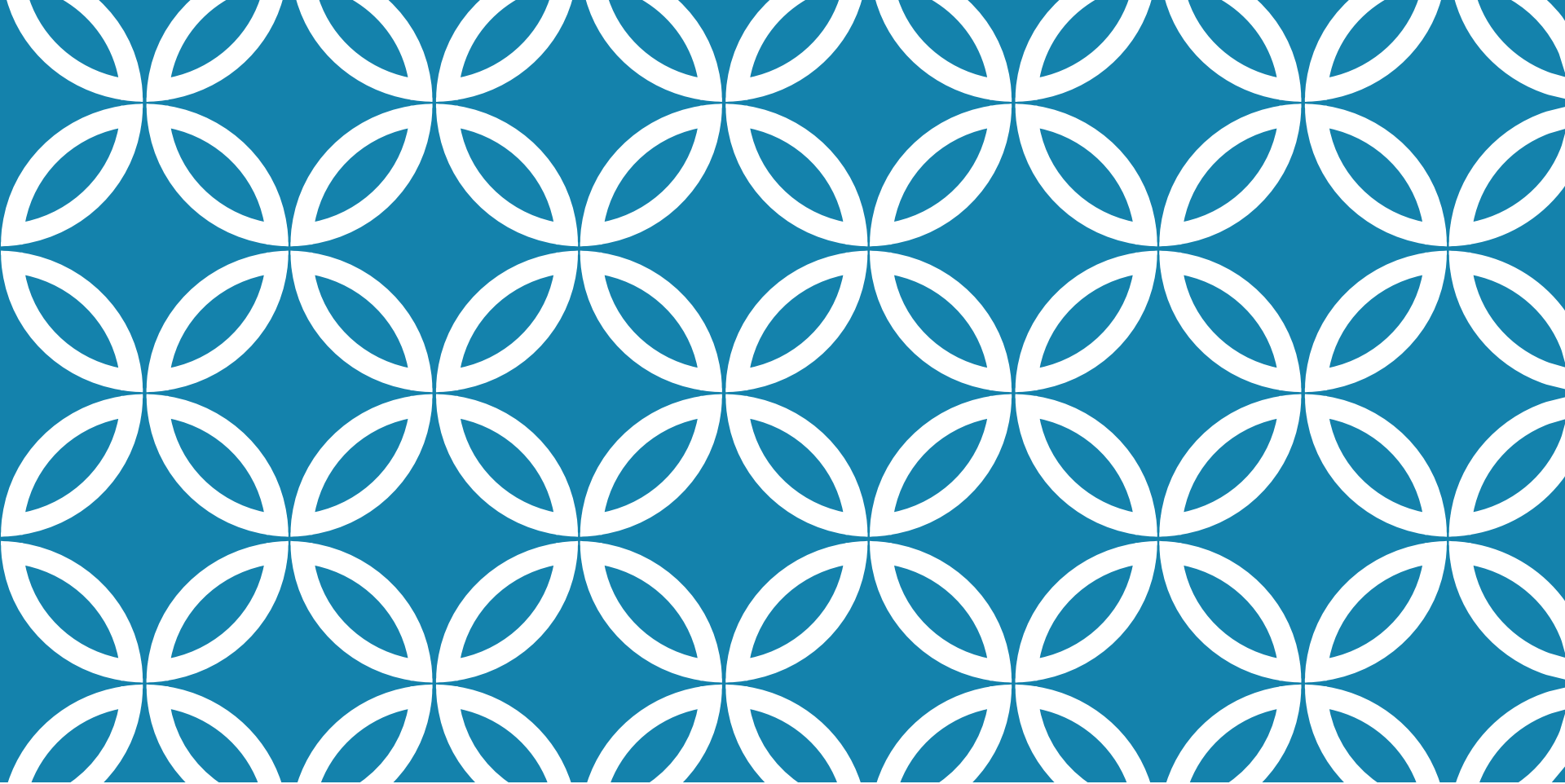




# POREMEĆAJI ACIDO-BAZNE RAVNOTEŽE

Prof. Dr Dragan Gvozdić  
Patološka fiziologija

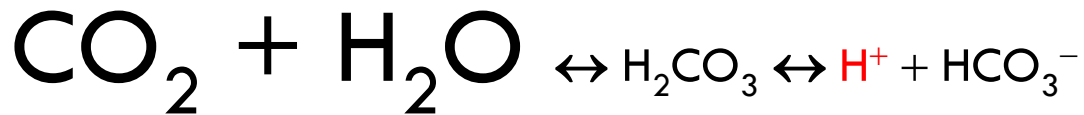
ŠTA JE pH?

$$\text{pH} = -\log([\text{H}^+])$$

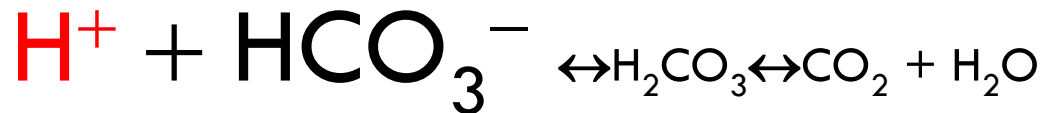
# JEDNAČINA:



Periferna tkiva:



Plúća:



# ŠTA JE NORMALNO...

pH krvi je 7.35-7.45 (7.4)

Maksimalno variranje 7.0-7.8

U toku 24h stvori se 15.000 mmol H jona iz  $\text{CO}_2$  ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) i eliminiše se plućima (jednačina)

U toku 24h stvori se oko 70-80 mmol tzv. „fiksnih kiselina“ i izbacuju se bubrezima (kisele materije čiji se  $\text{H}^+$  joni ne mogu eliminisati preko pluća)

# NORMALNE VREDNOSTI PH!?

## pH and H<sup>+</sup> Concentration of Body Fluids

---

|                     | H <sup>+</sup> Concentration (mEq/L)     | pH         |
|---------------------|------------------------------------------|------------|
| Extracellular fluid |                                          |            |
| Arterial blood      | $4.0 \times 10^{-5}$                     | 7.40       |
| Venous blood        | $4.5 \times 10^{-5}$                     | 7.35       |
| Interstitial fluid  | $4.5 \times 10^{-5}$                     | 7.35       |
| Intracellular fluid | $1 \times 10^{-3}$ to $4 \times 10^{-5}$ | 6.0 to 7.4 |
| Urine               | $3 \times 10^{-2}$ to $1 \times 10^{-5}$ | 4.5 to 8.0 |
| Gastric HCl         | 160                                      | 0.8        |

---

# PUFER – ŠTITE OD PROMENE pH!

- Vodeni rastvori slabih kiselina/baza i njihovih soli
- Puferska širina: granične vrednosti pH koje taj pufer štiti
- Puferski kapacitet (snaga): količina kiseline ili baze koju puferski sistem može da primi da se njegov pH ne promeni

# PUFERI!

| Buffer                               | Reaction                                                                                                                   |
|--------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Extracellular fluid                  |                                                                                                                            |
| Bicarbonate/CO <sub>2</sub>          | $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$ |
| Inorganic phosphate                  | $\text{H}_2\text{PO}_4^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HPO}_4^{2-}$                                                |
| Plasma proteins (Pr)                 | $\text{HPr} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{Pr}^-$                                                                   |
| Intracellular fluid                  |                                                                                                                            |
| Cell proteins (e.g., hemoglobin, Hb) | $\text{HHb} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{Hb}^-$                                                                   |
| Organic phosphates                   | $\text{Organic-HPO}_4^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{organic-PO}_4^{2-}$                                          |
| Bicarbonate/CO <sub>2</sub>          | $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$ |
| Bone                                 |                                                                                                                            |
| Mineral phosphates                   | $\text{H}_2\text{PO}_4^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HPO}_4^{2-}$                                                |
| Mineral carbonates                   | $\text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-}$                                                          |

# ORGANI KOJI UČESTVUJU

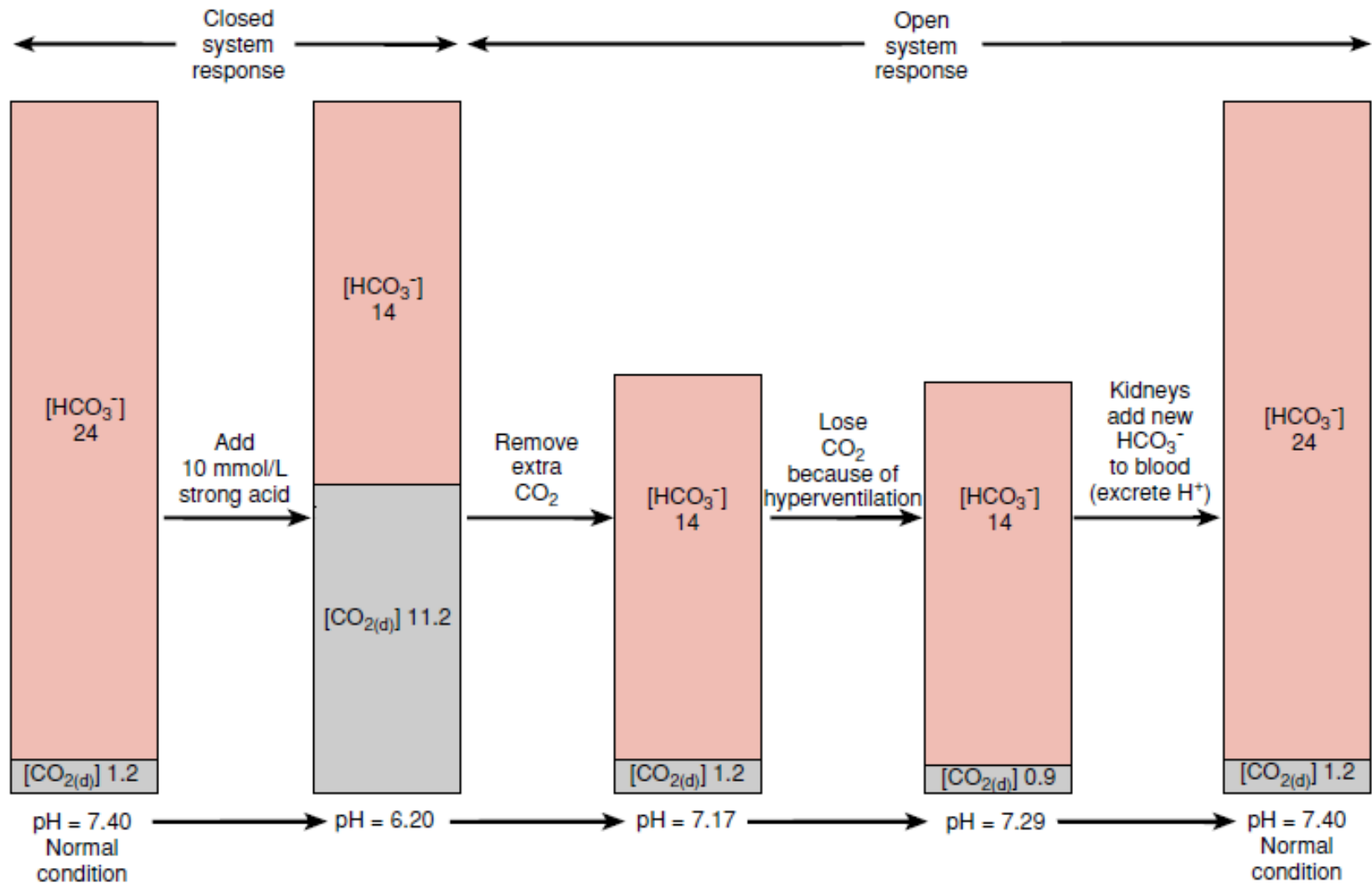
Pluća

Bubrezi

Jetra

Želudac

# OTVOREN I ZATVOREN SISTEM!



# PARAMETRI ACIDO-BAZNOG STATUSA (I)

1. pH (koncentracija jona vodonika u telesnim tečnostima);
  - u fiziološkim uslovima vrednost pH krvi arterijske krvi iznosi 7.35-7.45 (prosečno 7.4, normalna puferska tačka na pH-bikarbonatnom dijagramu);
2.  $p\text{CO}_2$  (parcijalni pritisak ugljen-dioksida);
  - u arterijskoj krvi vrednost  $p\text{CO}_2$  iznosi 5.3 kPa (40 mmHg), sa varijacijama 4.7-6.0 kPa (35-45 mmHg);  $p\text{CO}_2$  je **respiratorna komponenta!!**

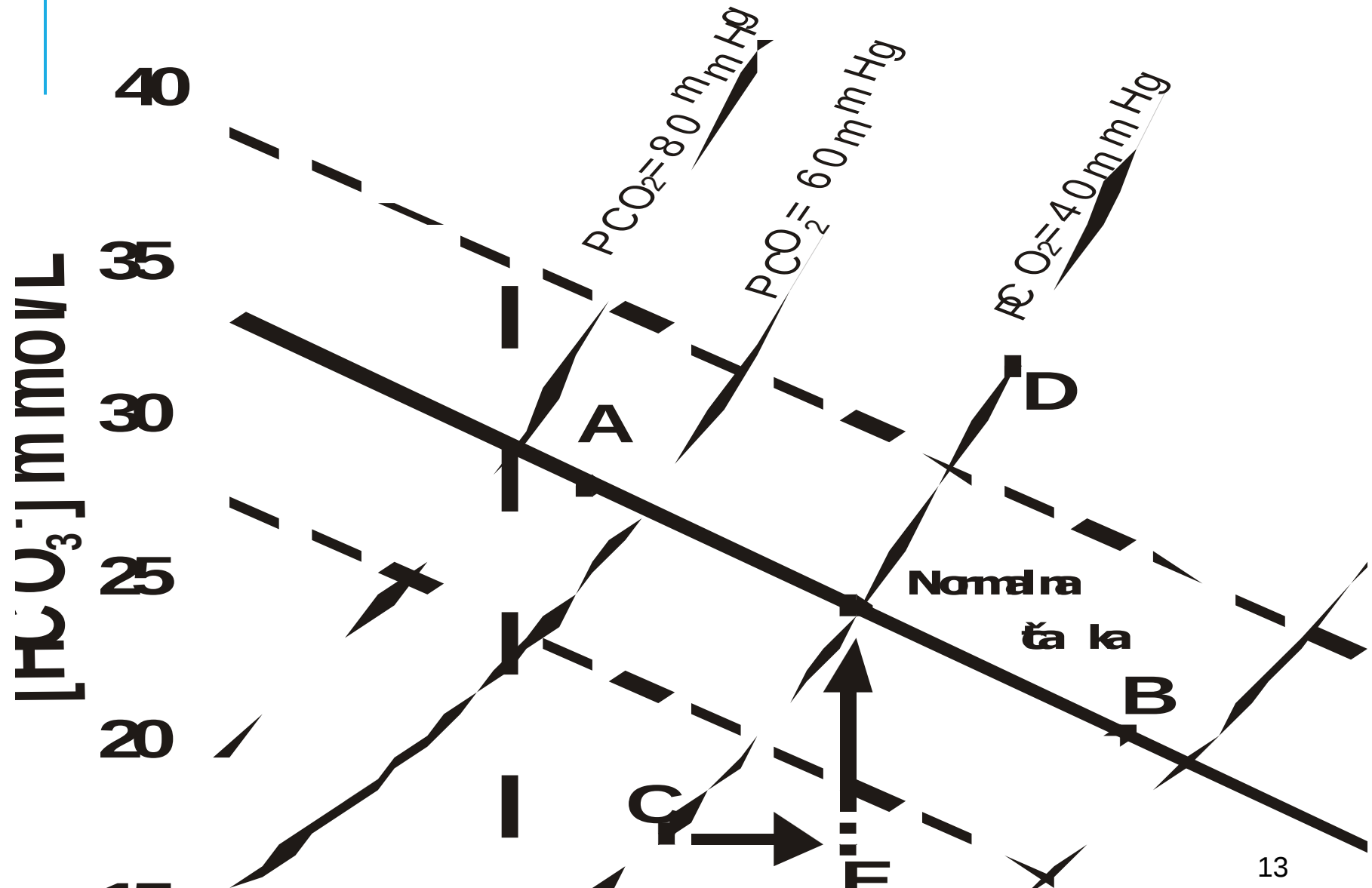
# PARAMETRI ACIDO-BAZNOG STATUSA (II)

3. Standardni bikarbonat (SB, *standard bicarbonate*,  $[\text{HCO}_3^-]$ );
- predstavlja pokazatelj **koncentracije bikarbonatnih jona** u standardnim uslovima ( $\text{pCO}_2=5.3$  kPa;  $t^\circ\text{C}=38^\circ\text{C}$ ; potpuna zasićenost krvi kiseonikom);
  - normalna vrednost standardnog bikarbonata iznosi 24 mmol/L, sa varijacijama 21-25 mmol/L;

# HENDERSON-HASSELBALCH-OVA JEDNAČINA

$$\text{pH} = 6.1 + \log_{10} \frac{[\text{HCO}_3^-]}{0.03 \times \text{pCO}_2}$$

# GRAFIKON JEDNAČINE



# PROSTI POREMEĆAJI

## **Acidoza**

Gasna (respiratorna)

Negasna (metabolička)

Latentna

Manifestna

## **Alkaloza**

Gasna (respiratorna)

Negasna (metabolička)

Latentna

Manifestna

# SLOŽENI POREMEĆAJI

Respiratorna acidoza sa metaboličkom acidozom (težak plućni edem, slabost srca, depresija CNSa)

Respiratorna alkalozna sa metaboličkom acidozom (septički šok, bubrežna insuficijencija sa sepsom)

Metabolička acidoza i alkalozna (bubrežna insuficijencija i povraćanje, povraćanje i hipotenzija)

# PODELA PO TEŽNI:

Acidemija

Umerena

(7.35-7.25)

Teška

(7.25-7.0)

Alkalemija

Umerena

(7.45-7.55)

Teška

(7.55-7.8)

# PROMENA PARAMETARA...

| Naziv poremećaja       | Koncentracija metabolita |                   |                  |                                  |
|------------------------|--------------------------|-------------------|------------------|----------------------------------|
|                        | pH                       | [H <sup>+</sup> ] | pCO <sub>2</sub> | [HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ] |
| normalno               | 7.40                     | 40 mmol/L         | 40 mmHg          | 24 mmol/L                        |
| Respiratorna acidoza   | ↓                        | ↑                 | ↑↑               | ↑                                |
| Respiratorna alkalozia | ↑                        | ↓                 | ↓↓               | ↓                                |
| Metabolička acidoza    | ↓                        | ↑                 | ↓                | ↓↓                               |
| Metabolička alkalozia  | ↑                        | ↓                 | ↑                | ↑↑                               |

# RESPIRATORNA ACIDOZA

Uzroci su **centralni** (paraliza respiratornog centra) i **periferni** (hipoventilacija pluća)

**Akutna** (opšta anestezija, zastoј srca, pneumotoraks, teške pneumonije, edem pluća, bronho i laringospazam...)

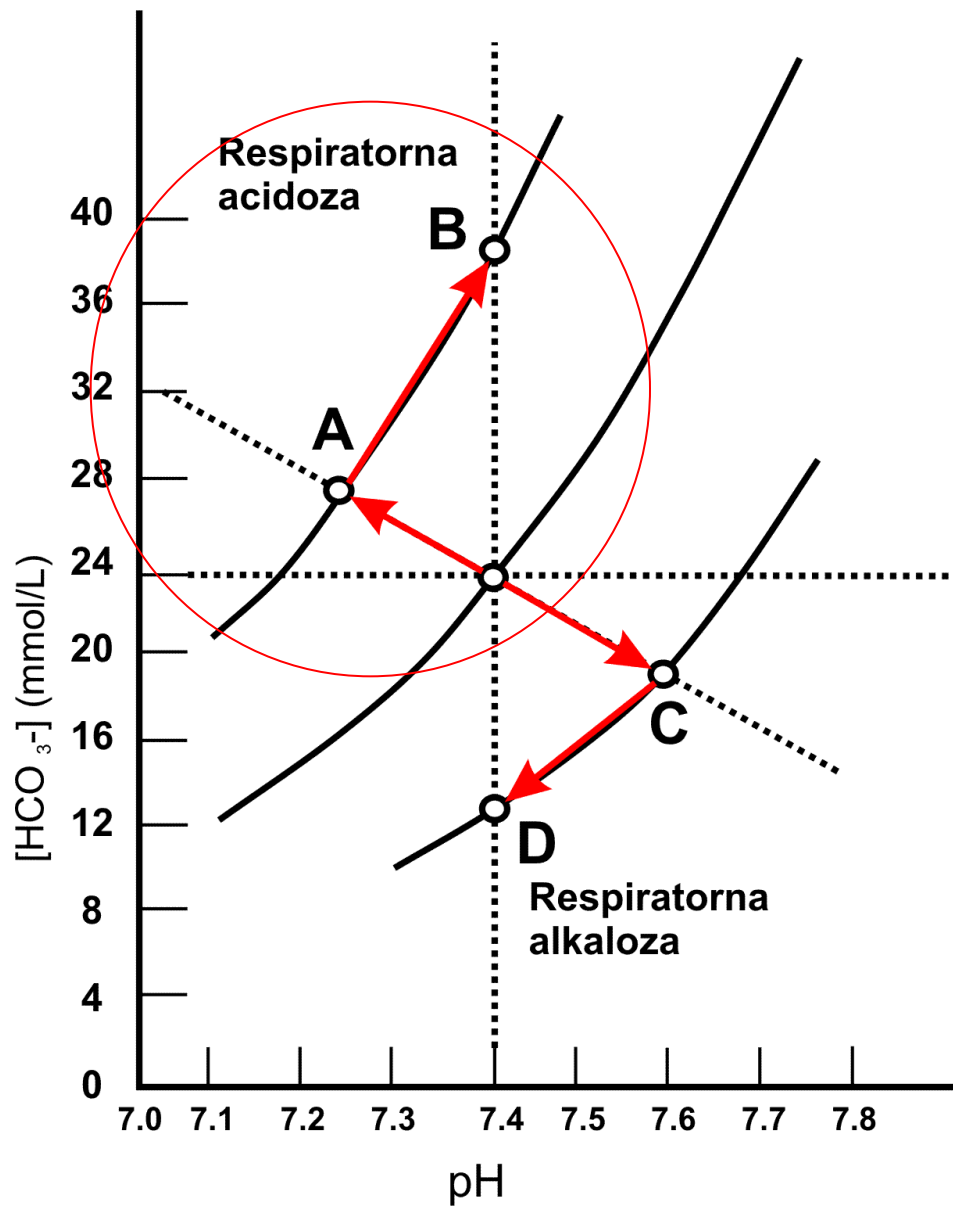
**Hronična** (opstruktivne plućne bolesti, tumori mozga, miopatije resp. mišića...)

# KOMPENZACIJA

Kod **akutne** je **slaba kompenzacija** i vrši se preko ne bikarbonatnih (Hb, proteini, fosfati) i unutarćelijskih pufera perifernih tkiva

Bubrezi počinju kompenzaciju **posle 6-18h** od nastanka hiperkapnije

Kod hronične se uključuju bubrezi: **luče više kiselina** ( $\text{H}^+$  se eliminiše preko mokraće) i **regenerišu bikarbonate** (reapsorpcija  $\text{HCO}_3^-$ )



NA DIJAGRAMU TO  
JE...

# KLINIČKA SLIKA

Akutna hiperkapnija: uznemirenost, osećaj gušenja, glavobolja, gubitak svesti i koma

Hronična hiperkapnija: somnolencija, apatija, tahikardija, vazodilatacija

# TERAPIJA

Što pre uspostaviti plućnu ventilaciju

Podržati hemodinamiku (rad srca, volemiju)

Kod teške acidemije (pH 7.25-7.1)  
dati bikarbonate

# METABOLIČKA ACIDOZA

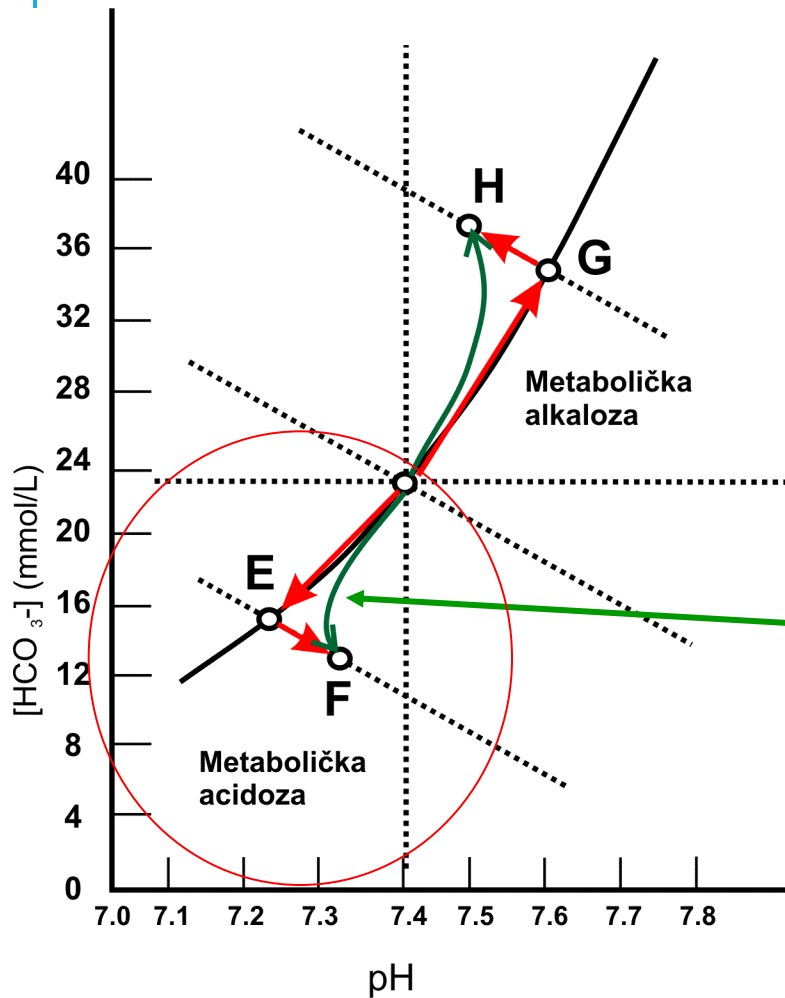
Nekompenzovana metabolička acidoza se karakteriše:

Sniženje pH,

Sniženje  $p\text{CO}_2$  (u početku nepromenjen!),

Sniženje  $[\text{HCO}_3^-]$

# NA DIJAGRAMU JE TO...



- Inicijalno kretanje pH prema tački E
- Kompenzacija je kretanje pH prema tački F
- U praksi se pH kreće krivom linijom direktno prema tački F

# UZROCI METABOLIČKE ACIDOZE

Ketoacidoza

Mlečno-kiselinska acidoza

Dijareja i gubitak alkalija

Bubrežna insuficijencija i zadržavanje fiksnih kiselina (nedovoljna ekskrecija vodonikovog jona)

# AKUTNA KOMPENZACIJA

U **akutnom** kompenzovanju učestvuje **respiratorni sistem** – bikarbonatni puferski sistem krvne plazme

Hiperventilacija dovodi do **sniženja**  $p\text{CO}_2$

Intracelularni puferi - prelazak  $[\text{H}^+]$  u **ćelije** i izlazak  $\text{K}^+$  u **ekstracelularni prostor** (tzv. „**katjonski šift**“)

# HRONIČNA KOMPENZACIJA

Da bi se **hronično** vršila kompenzacija neophodni su **bubrezi!**

Zadržava se bikarbonat i eliminiše  $[H^+]$

Amonijačni puferski sistem važan!

# AMONIJAČNI PUFER U BUBREZIMA

