

# Sav-bázis egyensúly és zavarai

Molnár Dénes

# pH

- $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$
- $\text{H}^+$  ion valójában egy proton
- Értéke 0 – 14;  $\text{pH}=7$ =semleges
- Ha  $[\text{H}^+]$  mennyisége (száma) magas, akkor az oldat savas;  $\text{pH} < 7$
- Ha  $[\text{H}^+]$  száma alacsony, akkor az oldat lúgos (alkalikus);  $\text{pH} > 7$

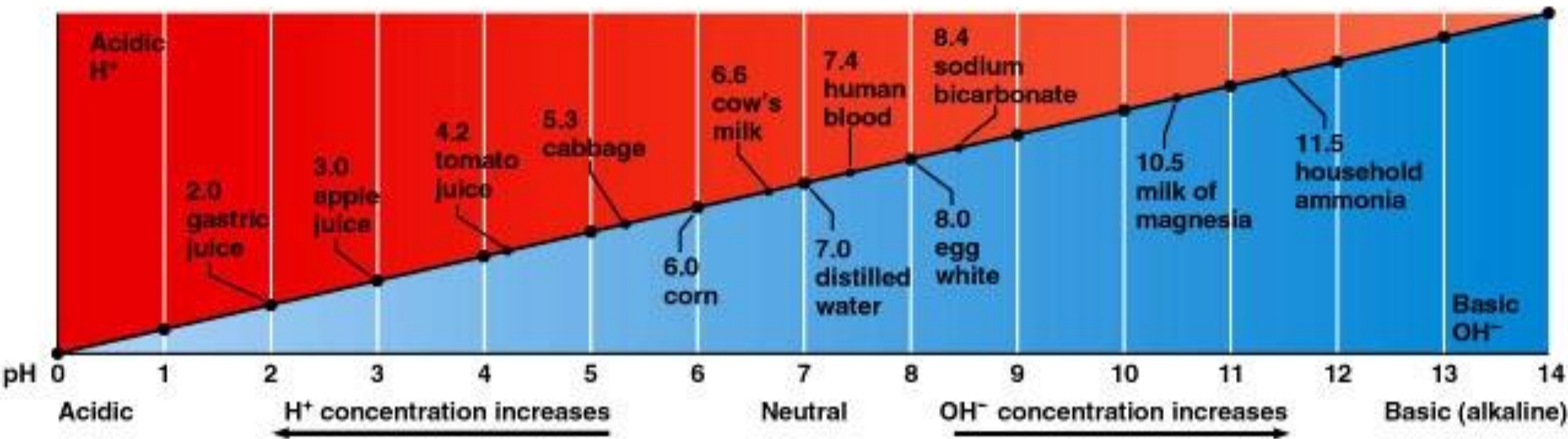


table 2.5 Hydrogen Ion Concentrations and pH		
Grams of H <sup>+</sup> per Liter	pH	
0.0000000000000001	14	↑ Increasingly basic
0.000000000000001	13	
0.00000000000001	12	
0.0000000000001	11	
0.000000000001	10	
0.0000000001	9	Neutral—neither acidic nor basic
0.00000001	8	
0.0000001	7	
0.000001	6	
0.00001	5	
0.0001	4	↓ Increasingly acidic
0.001	3	
0.01	2	
0.1	1	
1.0	0	

- Savak

H<sup>+</sup> donorok.

- Lúgok

H<sup>+</sup> felvevők vagy OH<sup>-</sup> adnak le az oldatban.

- Savak és bázisok lehetnek:

- Erősek – oldatban teljes mértékben disszociálnak

- HCl, NaOH

- Gyengék – oldatban csak részben disszociálnak

- tejsav acid, szénsav

# A szervezet folyadéktartalmának pH-ja

- A sav-bázis homeostasis szűk határok között kontrollált, regulált
- Extracelluláris folyadék = 7.4
- Vér = 7.35 – 7.45
- < 6.8 or > 8.0 élet megszűnik
- Acidosis (acidaemia) pH < 7.35
- Alkalosis (alkalaemia) pH > 7.45

# Foeto-maternalis sav-bázis paraméterek

	<b>Mother</b>	<b>Fetus</b>
pO <sub>2</sub> mmHg	90-100	23-25
pCO <sub>2</sub> mm/Hg	30-32	42-46
pH	7.4-7.44	7.3-7.35
St HCO <sub>3</sub> mE/l	21.3	22.4

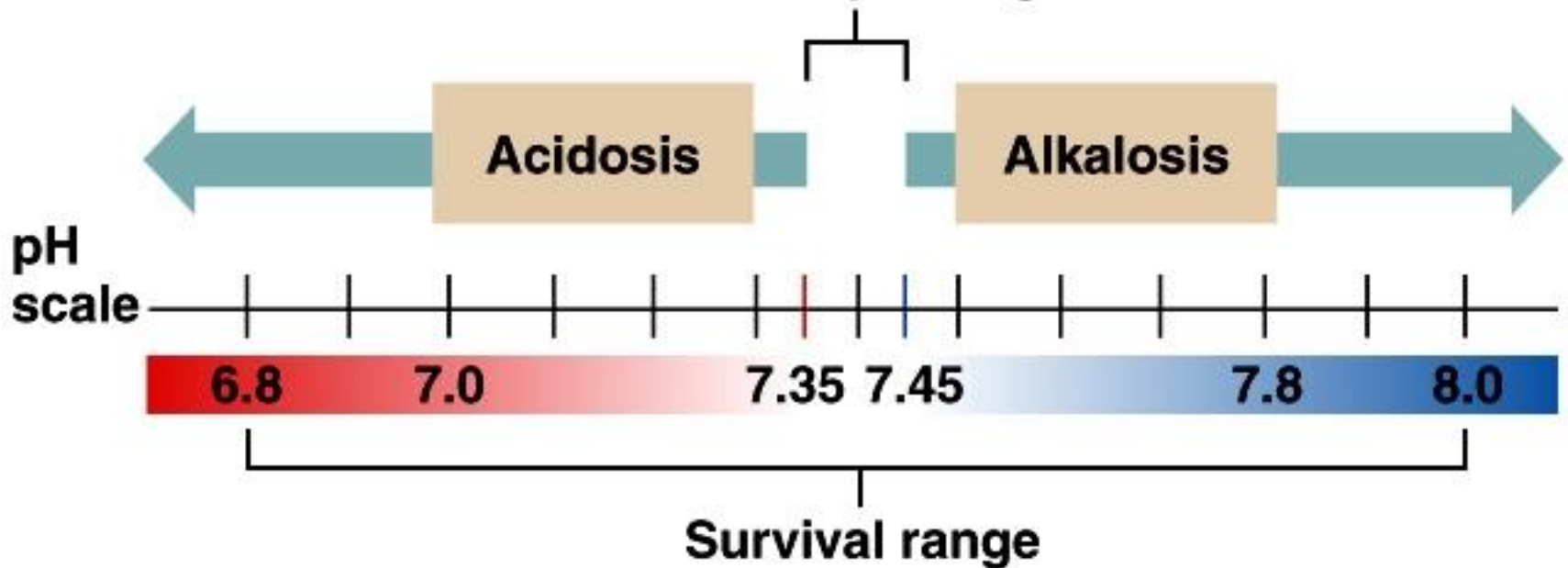
# Anyai és magzati sav-bázis értékek a szülés végén

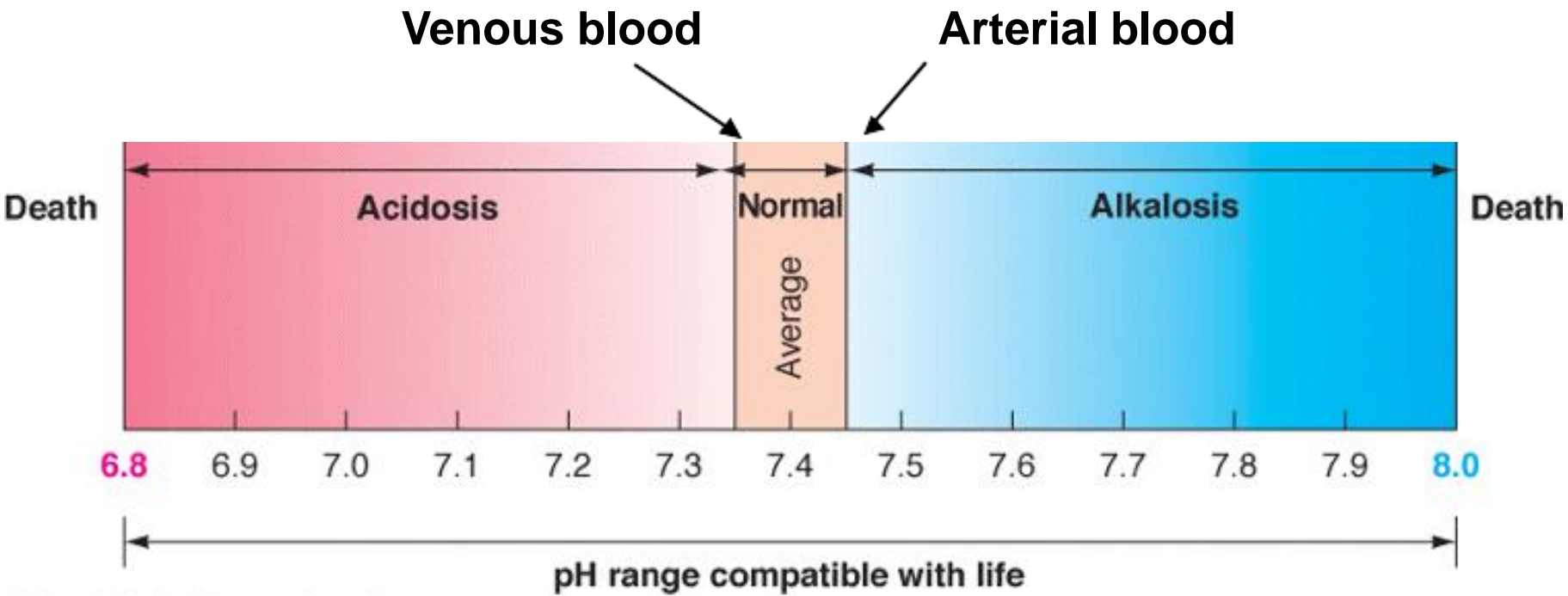
	<b>Mother</b>	<b>Fetus</b>
pH	7.37-7.39	7.25-7.3
St HCO <sub>3</sub>	20,3 mE/l	18-20 mE/l
pCO <sub>2</sub>	30 mmHg	50-52 mmHg
BE	-4.8-5.2 mE/l	-4-7.2 mE/l



## pH of arterial blood

Normal pH range





© Brooks/Cole - Thomson Learning

# A pH kis változásai is jelentős zavarokat okoz a szervezetben

- A legtöbb enzim csak szűk pH határok között működik
- A sav-bázis egyensúly az elektrolit háztartást is befolyásolja ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ )
- Hormonális hatásai is vannak

# Szervezetünk több savat termel, mint lúgos hatású anyagot

- Sok savat fogyasztunk ételleinkkel
- Lipidek és fehérjék metabolizmusa során sok savi termék keletkezik
- A sejtek metabolizmusa során  $\text{CO}_2$  keletkezik.
- $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$

# Hogy védekeznek a szervezet a pH fluktuációja ellen?

- **Három mechanizmus működik:**
  1. Extra- és intracelluláris pufferek
  2. Tüdőn keresztüli gázcsere
  3. Veséken keresztüli kiválasztás

# A termelt savak hatásának csökkentése

## 1. Puffer rendszerek

Felvesznek  $H^+$  iont vagy szükség esetén  $H^+$  iont leadnak

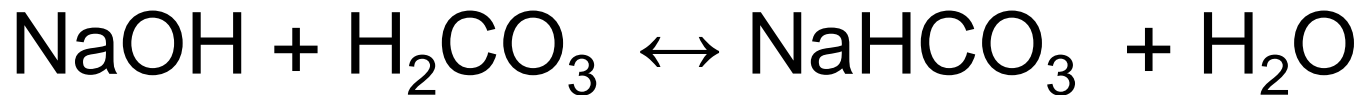
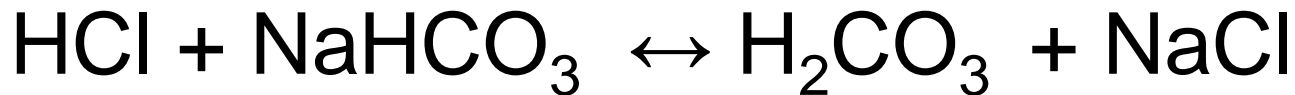
Puffer párok – gyenge savak és gyenge bázisok

Kicserélik az erős savakat, lúgokat gyengékre

Az eredmény – lényegesen kisebb pH változás

# Bicarbonate buffer

- Sodium Bicarbonate ( $\text{NaHCO}_3$ ) and carbonic acid ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ )
- Maintain a 20:1 ratio :  $\text{HCO}_3^-$  :  $\text{H}_2\text{CO}_3$



# Phosphate buffer

- Major intracellular buffer
- $\text{H}^+ + \text{HPO}_4^{2-} \leftrightarrow \text{H}_2\text{PO}_4^-$
- $\text{OH}^- + \text{H}_2\text{PO}_4^- \leftrightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{H}_1\text{PO}_4^{2-}$



# Protein pufferek

- Intracellulárisan haemoglobin, extracellulárisan albumin
- Carboxyl csoportok leadnak  $H^+$
- Amino csoportok felvesznek  $H^+$
- 27 aminosávon található olyan oldalláncok, melyek pufferolni képesek (hisztidin).

## 2. Légzés

- Carbon dioxid eliminálása
- Igen hatásos rendszer, de csak párolgó, gáz állapotú savak esetében működik
- Fix, kötött savak esetében pl: tejsav, nem működik
- $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$
- Szervezetünk pH-ját a légzés számának és mélységének változtatásával tudjuk befolyásolni

# 3. Vese

- Nagy mennyiségű sav eltávolítására képes
- Bázisokat is képes kiválasztani
- Bicarbonátot konzervál (reabszorbeál) és képez
- A pH leghatásosabb regulátora
- Veseelégtelenségben, tubuláris zavarban a sav-bázis egyensúly felborul

# Kompenzáló mechanizmusok belépésének ideje

- A pufferrendszerek azonnal reagálnak
- A respiratoricus komponens néhány perc, illetve órák múlva lép működésbe
- Renális mechanizmusok néhány órát vagy napot követően lépnek be.

**First line of  
defense against  
pH shift**

**Chemical  
buffer system**

**Bicarbonate  
buffer system**

**Phosphate  
buffer system**

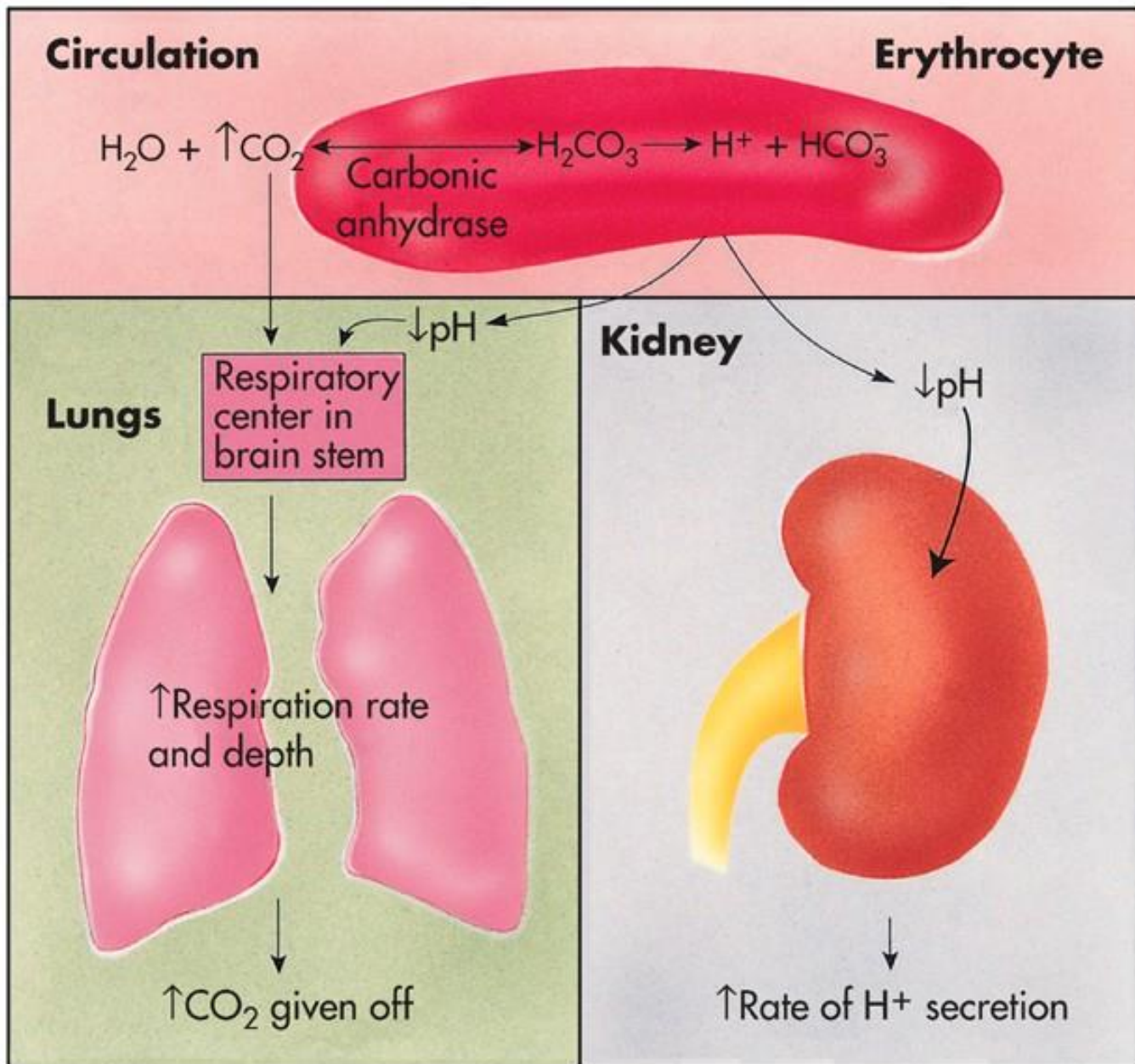
**Protein  
buffer system**

**Second line of  
defense against  
pH shift**

**Physiological  
buffers**

**Respiratory  
mechanism  
(CO<sub>2</sub> excretion)**

**Renal  
mechanism  
(H<sup>+</sup> excretion)**



From Thibodeau GA, Patton KT: *Anatomy & physiology*, ed 5, St Louis, 2003, Mosby.

Mosby items and derived items copyright © 2004, 2000 by Mosby, Inc.

# Sav-bázis egyensúly zavarának négy alaptípusa

- Respiratory Alkalosis
- Respiratory Acidosis
- Metabolic Alkalosis
- Metabolic Acidosis

# Acid-Base Imbalances

- $\text{pH} < 7.35$  acidosis
- $\text{pH} > 7.45$  alkalosis
- A szervezet válaszát a pH eltolódásra **kompensációnak** nevezzük
- A kompenzáció lehet **komplett**, amikor a pH normál határok közé tér vissza
- **Részleges a kompenzáció**, amennyiben a pH a normál határokon kívül marad.



# Kompenzáció

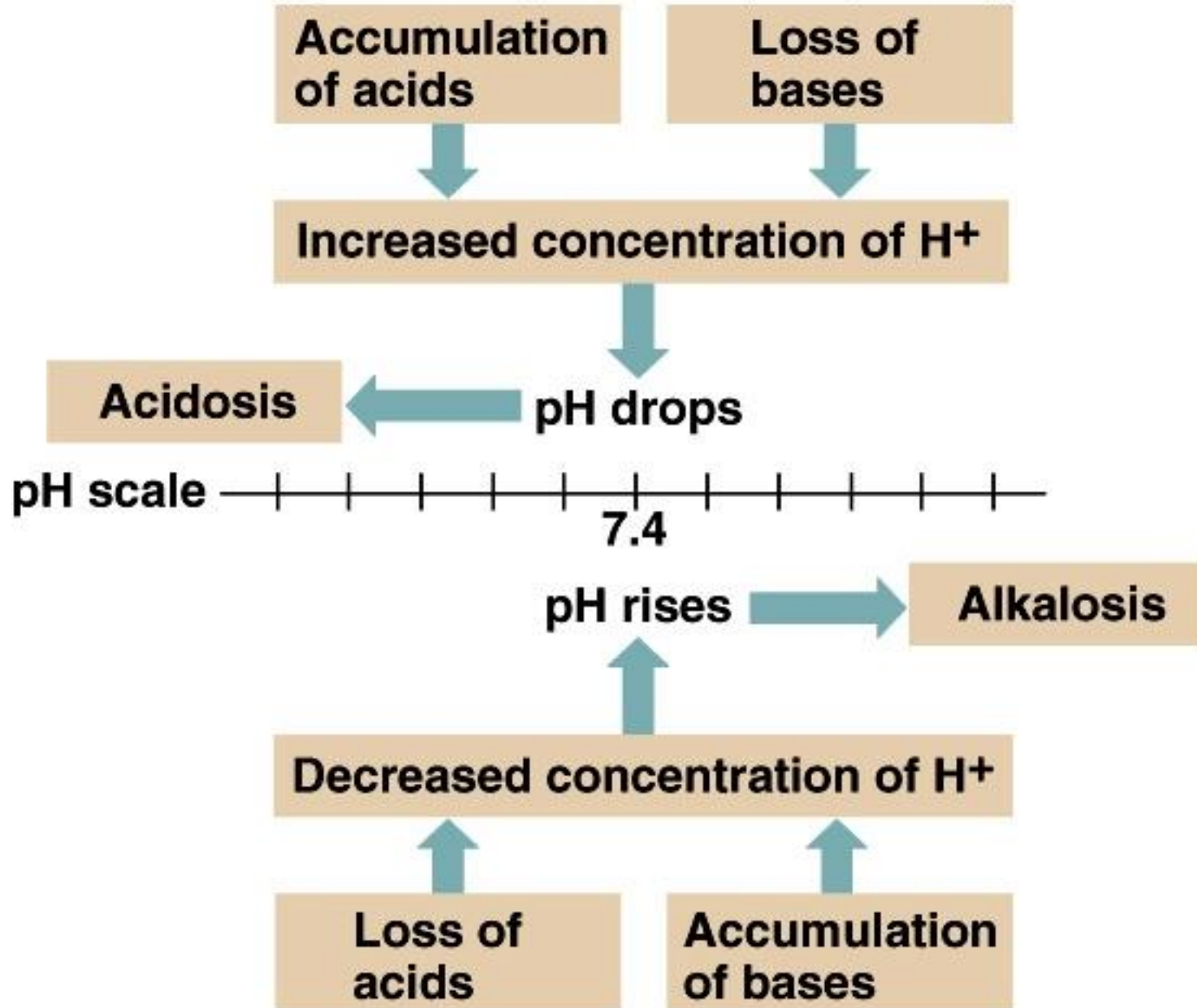
- Ha az alapok metabolikus, akkor hyperventilláció vagy hypoventilláció segíthet: **respiratoricus kompenzáció.**
- Amennyiben a kiváltó ok respiratoricus, akkor a vese mechanizmusai lépnek működésbe: **metabolikus kompenzáció.**

# Acidosis hatásai

- CNS depressziója ↓ synapticus transzmisszió útján.
- Általános gyengeség
- Súlyos acidosis következménye
  - Disorientáció
  - coma
  - halál

# Alkalosis hatásai

- A központi és perifériás idegrendszer excitációjához vezet.
- Szótlanság
- Szórakozottság
- Idegesség
- Izomgörcsök, tetánia
- Konvulziók
- Öntudatvesztés
- Halál



# Respiratoricus acidosis

- $p\text{CO}_2 > 45$  Hgmm
- pH csökken
- $\text{HCO}_3$  normál
- BE normál
- **Hypercapnia** –  $\text{CO}_2$  magas a vérben
  - Depression of respiratory center in brain that controls breathing rate – drugs or head trauma
  - Paralysis of respiratory or chest muscles
  - Emphysema
  - Adult Respiratory Distress Syndrome
  - Pulmonary edema
  - Pneumothorax

# Kompenzált respiratoricus acidosis

- pH normál
- $p\text{CO}_2 > 45$  Hgmm
- $\text{HCO}_3$  emelkedett ( $> 26$ )
- BE pozitív ( $>5$ )

# Resp. Acidosis tünetei

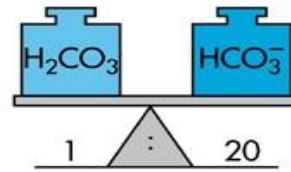
- Légzési nehezítettség
- Nyugtalanság
- Letargia, dizorientáltság
- Tremor, konvulzió, coma
- Légzésszám magas, majd fokozatosan csökken
- Bőr meleg, kipirult a magas CO<sub>2</sub> koncentráció okozta vasodilatatio miatt.

# Resp. acidosis kezelése

- Légzés rendezése
- IV laktát oldat
- Az alapbetegség kezelése

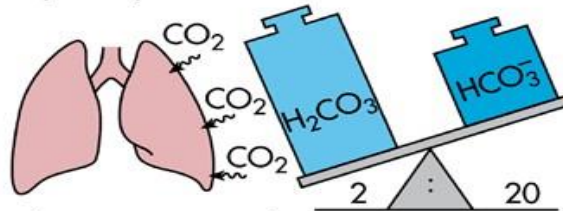


a) Metabolic balance before onset of acidosis



$H_2CO_3$  : Carbonic acid  
 $HCO_3^-$  : Bicarbonate ion  
 ( $Na^+ \cdot HCO_3^-$ )  
 ( $K^+ \cdot HCO_3^-$ )  
 ( $Mg^{++} \cdot HCO_3^-$ )  
 ( $Ca^{++} \cdot HCO_3^-$ )

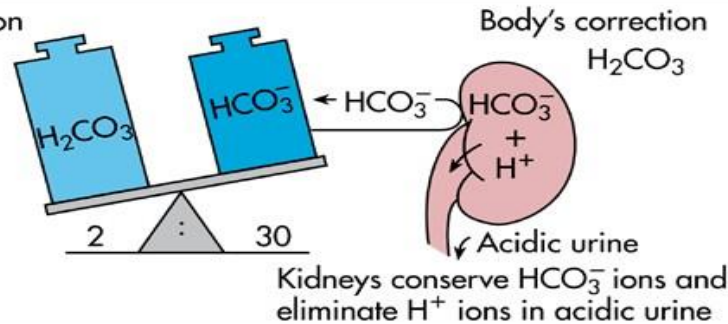
b) Respiratory acidosis



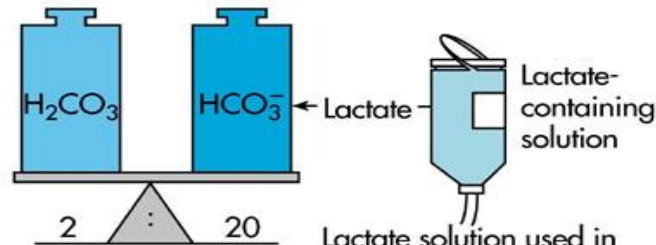
Primary change  
 pH — decreases  
 $PCO_2$  — increases  
 $HCO_3^-$  — no change

Breathing is suppressed, holding  $CO_2$  in body

c) Body's compensation



d) Therapy required to restore metabolic balance



Lactate solution used in therapy is converted to bicarbonate ions in the liver

# Resp. alkalosis

- CO<sub>2</sub> deficit
- pCO<sub>2</sub> < 35 Hgmm (hypocapnia)
- Leggyakoribb sav-bázis zavar
- Ok - hyperventilláció

# Resp. alkalosis - okok

- Oxygen deficiency at high altitudes
- Pulmonary disease and Congestive heart failure – caused by hypoxia
- Acute anxiety
- Fever, anemia
- Early salicylate intoxication
- Cirrhosis
- Gram-negative sepsis

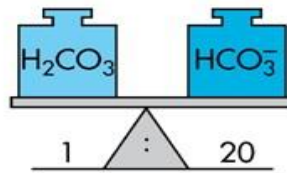
# Kompenzáció resp. alkalosisban

- Vese konzerválja a H iont
- Vese bicarbonátot ürít
  - pCO<sub>2</sub> alacsony < 35 Hgmm
  - HCO<sub>3</sub> csökken <22 Hgmm
  - pH enyhén csökkent vagy normális

# Resp. alkalosis kezelése

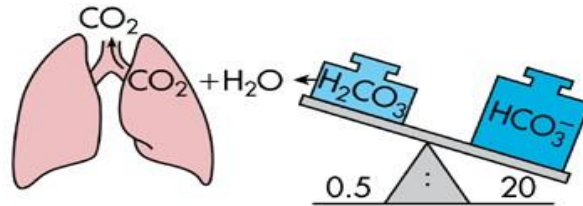
- Alapbetegség kezelése
- Zacskóba lélegeztetni a beteget
- IV Chloridot tartalmazó oldat adás, mely a bicarbonát veszteséget csökkenti

a) Metabolic balance before onset of alkalosis



$H_2CO_3$  : Carbonic acid  
 $HCO_3^-$  : Bicarbonate ion  
 ( $Na^+ \bullet HCO_3^-$ )  
 ( $K^+ \bullet HCO_3^-$ )  
 ( $Mg^{++} \bullet HCO_3^-$ )  
 ( $Ca^{++} \bullet HCO_3^-$ )

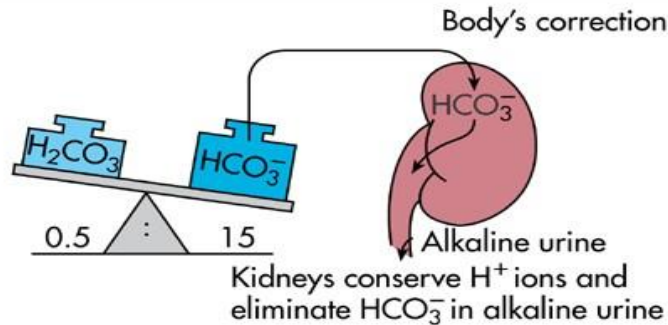
b) Respiratory alkalosis



Primary change  
 pH — increases  
 $PCO_2$  — decreases  
 $HCO_3^-$  — no change

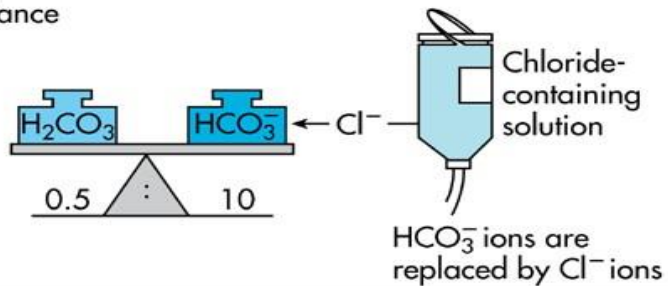
Hyperactive breathing  
 "blows off"  $CO_2$

c) Body's compensation



Body's correction

d) Therapy required to restore metabolic balance



# Metabolic acidosis

- **Bicarbonát deficit  $\text{HCO}_3 < 22 \text{ mE/l}$**
- **Causes:**
  - **Loss of bicarbonate through diarrhea or renal dysfunction**
  - **Accumulation of acids (lactic acid or ketones)**
  - **Failure of kidneys to excrete  $\text{H}^+$**

# Metabolicus Acidosis tünetei

- Fejfájás, lethargia
- Hányinger, hányás, hasmenés
- Coma
- Exitus



# Metabolicus acidosis kompenzációja

- Légzésszám emelkedés
- Vesék H ion ürítést fokozzák
- A  $K^+$  ion kicserélődik a  $H^+$  ionnal (  $H^+$  kerül az intracelluláris térbe és  $K^+$  kerül ki a sejtekből)

# Metabolicus acidosis kezelése

- Alapbetegség kezelése: diabetes, gastroenteritis, vesebetegség,

- Met ac. – NaHCO<sub>3</sub>

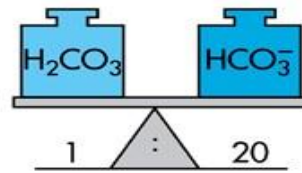
szükséges NaHCO<sub>3</sub> =

NaHCO<sub>3</sub>(célérték) – aktuális NaHCO<sub>3</sub> × f  
× testsúly

F = felnőtt 0.3, csecsemő 0.4, újszülött 0.5

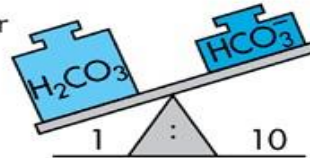
Figyelem!! Ne korigáljuk a HCO<sub>3</sub>-t 15 mE/l szint fölé

a) Metabolic balance before onset of acidosis



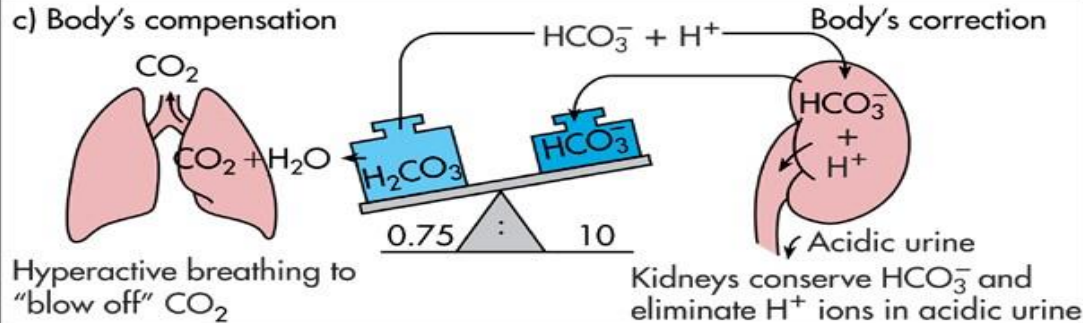
$H_2CO_3$  : Carbonic acid  
 $HCO_3^-$  : Bicarbonate ion  
 ( $Na^+ \cdot HCO_3^-$ )  
 ( $K^+ \cdot HCO_3^-$ )  
 ( $Mg^{++} \cdot HCO_3^-$ )  
 ( $Ca^{++} \cdot HCO_3^-$ )

b) Metabolic acidosis  
 $HCO_3^-$  decreases because of excess presence of ketones, chloride, or organic acid ions

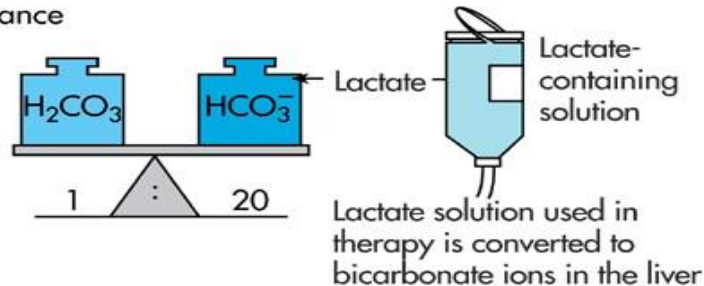


Primary change  
 pH — decreases  
 $P_{CO_2}$  — no change  
 $HCO_3^-$  — decreases

c) Body's compensation



d) Therapy required to restore metabolic balance



# Metabolicus Alkalosis

- **Bicarbonate excessus** -  $> 26$  mEq/L
- Okok:
  - Hányás = HCl veszteség
  - Alkalikus gyógyszerek
  - Egyes diureticumok
  - Antacidumok szedése
  - Súlyos dehydration

# Metabolicus alkalosis kompenzációja

- Vese alkalikus vizeletet választ ki, bicarbonátot ürít, H iont tart vissza
- Hypoventilációnak a hypoxia gátat szab

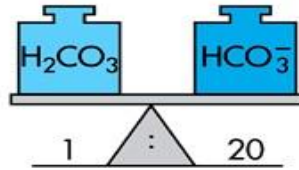
# Metabolicus alkalosis tünetei

- Légzés rika és sekély
- Élénk mélyreflexek, tetánia
- Elektrolitvesztéssel összefügghet
- Pitvari tachycardia
- Dysrhythmia

# Metabolicus alkalosis kezelése

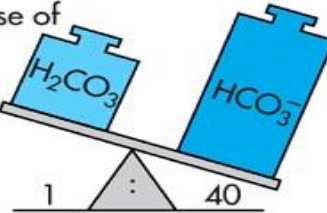
- Electrolyt pótlás
- IV chlorid tartalmú infúzió
- Alapbetegség kezelése

a) Metabolic balance before onset of alkalosis



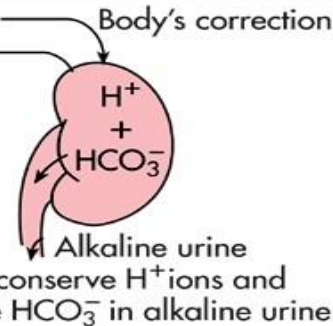
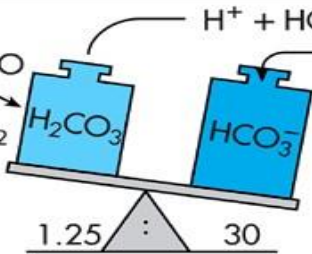
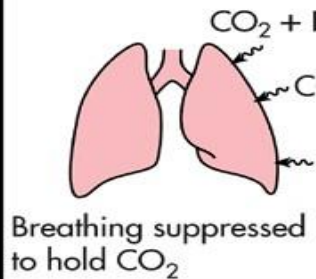
$\text{H}_2\text{CO}_3$  : Carbonic acid  
 $\text{HCO}_3^-$  : Bicarbonate ion  
 ( $\text{Na}^+ \bullet \text{HCO}_3^-$ )  
 ( $\text{K}^+ \bullet \text{HCO}_3^-$ )  
 ( $\text{Mg}^{++} \bullet \text{HCO}_3^-$ )  
 ( $\text{Ca}^{++} \bullet \text{HCO}_3^-$ )

b) Metabolic alkalosis  
 $\text{HCO}_3^-$  increases because of loss of chloride ions or excess ingestion of sodium bicarbonate

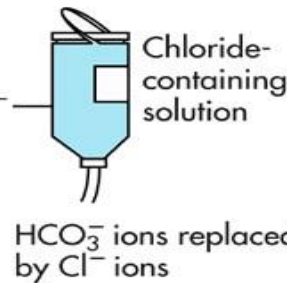
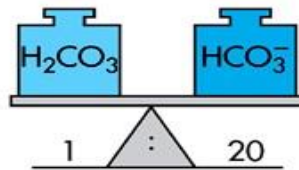


Primary change  
 pH — increases  
 $\text{PCO}_2$  — no change  
 $\text{HCO}_3^-$  — increases

c) Body's compensation



d) Therapy required to restore metabolic balance





# Diagnózis

1. pH alacsony (acidosis) vagy magas (alkalosis)
2. Meg kell nézni melyik érték van a normál határokon kívül a  $p\text{CO}_2$  vagy a  $\text{HCO}_3^-$ .  
Ha a  $p\text{CO}_2$ , akkor az ok respiratoricus,  
ha a  $\text{HCO}_3^-$  akkor metabolikus.

3. Meg kell állapítani, mely paraméter nem felel meg a pH változásának. Ha még normál határok között van, akkor nincs kompenzáció, ha kívül esik, akkor a kompenzáció megtörtént részben vagy teljesen (pH norm.).

# Példa

- Egy páciens az intenzív osztályon három nappal szívinfarktus után. Laboratóriumi értékei közül az Astrup státusza az alábbi eltérést mutatja (arteriás vérminta):
  - pH 7.3
  - $\text{HCO}_3^- = 20 \text{ mEq / L ( 22 - 26)}$
  - $\text{pCO}_2 = 32 \text{ mm Hg (35 - 45)}$

# Diagnosis

- Metabolic acidosis
- With compensation

# Anion gap (RÉS)

- Anion gap =  $\text{Na}^+ - \text{Cl}^- - \text{HCO}_3^-$
- Normál érték: 8-16 (medium: 12)
- Gap vs non-gap metabolicus acidosis