

## L'equilibrio Acido - Base

Dott. Gaetano Serviddio

$$[H^+] = 24x \frac{[PaCO_2]}{[HCO_3^-]}$$

## Equazione di Henderson-Hasselbach

$$pH = 6.1x \log \frac{[HCO_3^-]}{[PaCO_2^-] x 0.0031}$$

$$[H^+] = 24x \frac{[PaCO_2]}{[HCO_3^-]}$$



## Equazione di Kassirer - Bleich

$$[H^+] = 24x \frac{[PaCO_2]}{[HCO_3^-]}$$


$$[H^+] = 24x \frac{[PaCO_2]}{[HCO_3^-]}$$

...quindi  $\uparrow [H^+] = \downarrow pH$

$$pH = \text{Log} \frac{1}{[H^+]}$$

## Valori di riferimento

$$pH = \underline{7,35 - 7,45}$$

$$PaCO_2 = \underline{35 - 45} \text{ mmHg} \quad \textcircled{40}$$

$$Na^+ = \underline{135 - 145} \text{ mEq/L} \quad \textcircled{140}$$

$$K^+ = \underline{3,5 - 4,5} \text{ mEq/L} \quad \textcircled{4}$$

$$Cl^- = \underline{100 \pm 5} \text{ mEq/L} \quad \textcircled{100}$$

$$HCO_3^- = \underline{22 - 26} \text{ mEq/L} \quad \textcircled{24}$$

$$[H^+] = 24x \frac{[PaCO_2]}{[HCO_3^-]}$$

**Acidosi: pH < 7.35**

**Alcalosi: pH > 7.45**

$$[H^+] = 24 \times \frac{[PaCO_2]}{[HCO_3^-]}$$



## Regole del compenso

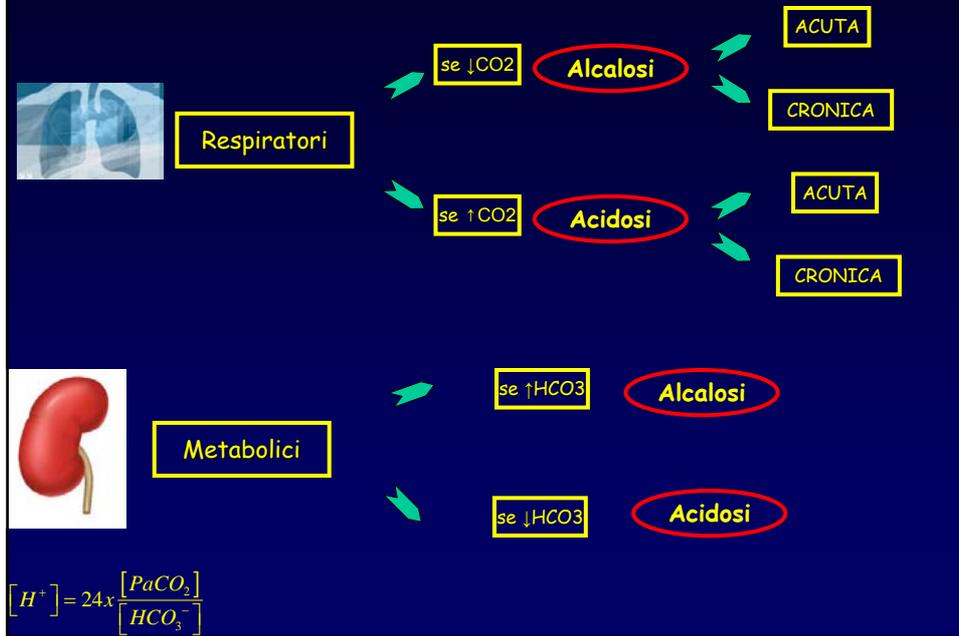
Il compenso non è mai completo

### REGOLA DEL COMPENSO ATTESO

$$\Delta CO_2 = CO_2 \text{ attuale} - 40$$
$$\Delta HCO = HCO_3 \text{ attuale} - 24$$

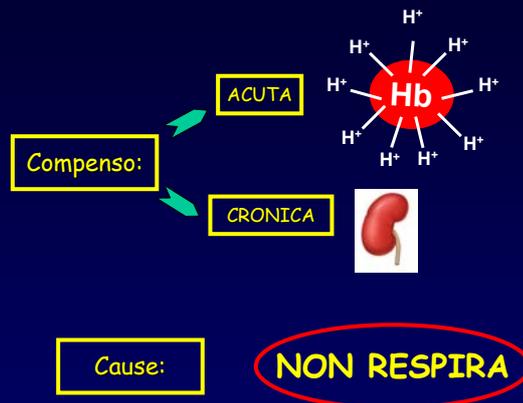
$$[H^+] = 24 \times \frac{[PaCO_2]}{[HCO_3^-]}$$

## Disturbi semplici

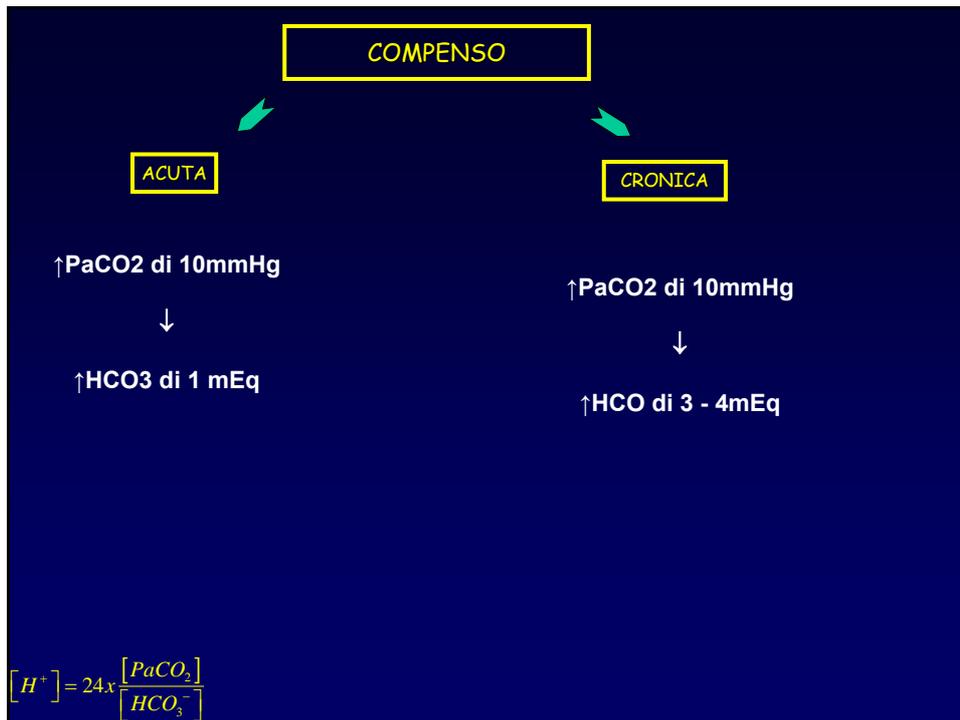


## Acidosi Respiratoria

↑PaCO<sub>2</sub>



$$[H^+] = 24 \times \frac{[PaCO_2]}{[HCO_3^-]}$$



Un ragazzo di 24 anni, tossicodipendente, viene soccorso ai giardini pubblici in stato di incoscienza da alcuni passanti e portato in pronto soccorso. PAS 90 mmHg; FC 64 b/min; FR 10 a/min. Viene eseguita emogasanalisi: pH 7,10; PO<sub>2</sub> 33 mmHg; PaCO<sub>2</sub> 95 mmHg; HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 29 mEq/l; Na<sup>+</sup> 140 mEq/l; Cl<sup>-</sup> 98 mEq/l; K<sup>+</sup> 3,5 mEq/l.

$\Delta PaCO_2 = PaCO_2 \text{ attuale} - 40$	<b>95 - 40 = +55</b>
$\Delta PaHCO = HCO_3 \text{ attuale} - 24$	<b>29 - 24 = +5</b>
Aumento atteso dei bicarbonati	<b>5,5 × 1 = 5,5</b>

$$[H^+] = 24 \times \frac{[PaCO_2]}{[HCO_3^-]}$$

Acidosi Respiratoria Acuta

Un uomo di 62 anni arriva in pronto soccorso per dispnea. Forte fumatore, da circa 10 anni presenta tosse mattutina con espettorato. Nessuna terapia. All'auscultazione del torace rumori umidi a medie bolle diffusi con rumori da broncospasmo. La radiografia del torace evidenzia un rinforzo della trama vascolare. L'emogasanalisi rileva pH 7,34; PaCO<sub>2</sub> 67 mmHg; HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 35 mEq/l; PaO<sub>2</sub> 44 mmHg. L'anamnesi e l'esame clinico depongono per broncopneumopatia cronica ostruttiva.

$$\Delta PaCO_2 = PaCO_2 \text{ attuale} - 40$$

$$67 - 40 = +27$$

$$\Delta PaHCO = HCO_3 \text{ attuale} - 24$$

$$35 - 24 = +11$$

Aumento atteso dei bicarbonati

+9



$$[H^+] = 24 \times \frac{[PaCO_2]}{[HCO_3^-]}$$

**Acidosi Respiratoria CRONICA**

## Alcalosi Respiratoria

↓ PaCO<sub>2</sub>

ACUTA

Compenso:

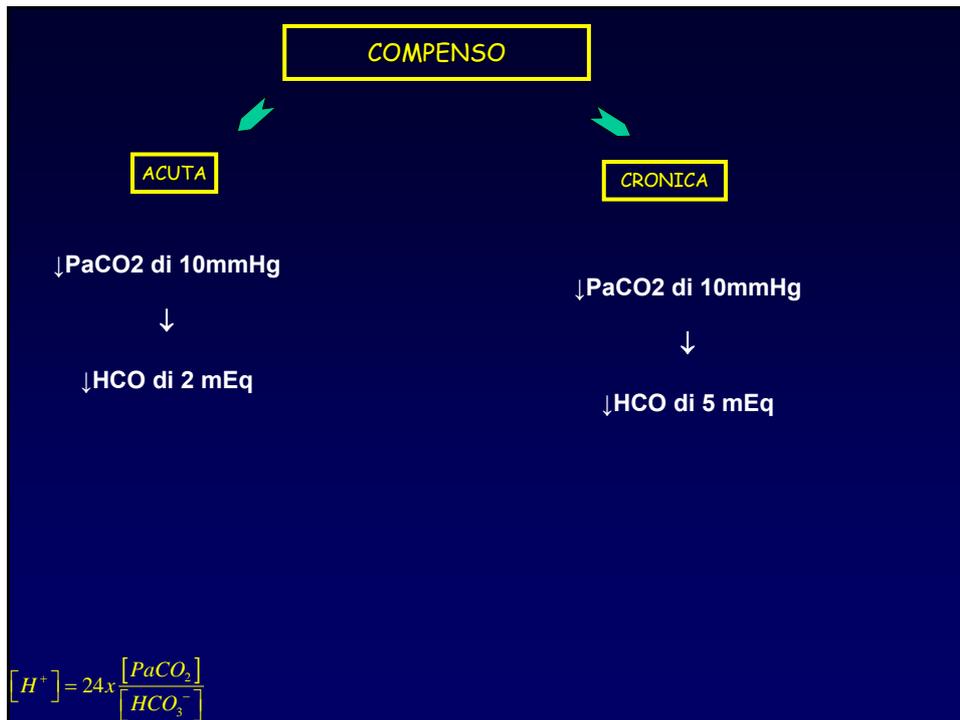
CRONICA



Cause:

IPERVENTILA

$$[H^+] = 24 \times \frac{[PaCO_2]}{[HCO_3^-]}$$



Donna di 45 anni, affetta da sclerosi a placche e conseguente vescica neurologica. In anamnesi frequenti episodi di infezione delle vie urinarie da gram-.

Arriva in pronto soccorso per ipertensione, disuria, vomito, disidratazione con ipotensione (PAS 80 mmHg).

Emogasanalisi: pH 7,55; PaCO<sub>2</sub> 23 mmHg; HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 20 mEq/l; Na<sup>+</sup> 140 mEq/l; Cl<sup>-</sup> 98 mEq/l; K<sup>+</sup> 3,0 mEq/l. Viene effettuato il prelievo di un campione di urine per urocultura.

$\Delta PaCO_2 = PaCO_2 \text{ attuale} - 40$	<b>23 - 40 = -17</b>
$\Delta PaHCO = HCO_3 \text{ attuale} - 24$	<b>20 - 24 = -4</b>
Aumento atteso dei bicarbonati	<b>-3.4</b>

**Alcalosi Respiratoria Acuta**

$$[H^+] = 24 \times \frac{[PaCO_2]}{[HCO_3^-]}$$

Una donna di 35 anni arriva in pronto soccorso perché da quattro giorni accusa dispnea da sforzo e cardiopalmo.  
 Da circa 5 anni è in trattamento estroprogestinico.  
 PAS 120/75 mmHg; FC 100 b/min; FR 28 a/min. Obiettività polmonare negativa.  
 Radiografia del torace negativa.  
 Emogasanalisi: pH 7,43; PaCO<sub>2</sub> 30 mmHg; HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 20 mEq/l; PaO<sub>2</sub> 83 mmHg; Na<sup>+</sup> 140 mEq/l; Cl<sup>-</sup> 100 mEq/l; K<sup>+</sup> 3,2 mEq/l.

$$\Delta PaCO_2 = PaCO_2 \text{ attuale} - 40$$

$$30 - 40 = -10$$

$$\Delta PaHCO = HCO_3 \text{ attuale} - 24$$

$$20 - 24 = -4$$

Aumento atteso dei bicarbonati

$$-5$$



## Alcalosi Respiratoria Cronica

$$[H^+] = 24 \times \frac{[PaCO_2]}{[HCO_3^-]}$$

## Alcalosi Metabolica

↑HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>

Compenso:



Cause:

Cl<sup>-</sup> - responsiva

Ipovolemia, diuretici, steroidi, vomito, sondino naso-gastrico

non Cl<sup>-</sup> - responsiva

Iperaldosteronismo, Cushing, Bartter, grave deplezione di potassio

$$[H^+] = 24 \times \frac{[PaCO_2]}{[HCO_3^-]}$$

### COMPENSO



↑HCO di 10 mEq



↑CO2 di 5 mmHg

$$[H^+] = 24 \times \frac{[PaCO_2]}{[HCO_3^-]}$$

Uomo di 72 anni affetto da scompenso cardiaco in terapia con diuretici. Negli ultimi quattro giorni comparsa di vomito e febbre. Arriva in pronto soccorso disidratato, astenico, PAS 100 mmHg, FC 100 b/min, FR 13 a/min.  
Emogasanalisi: pH 7,49; PaCO<sub>2</sub> 48 mmHg; HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 36 mEq/l; Na<sup>+</sup> 138 mEq/l; Cl<sup>-</sup> 96 mEq/l; K<sup>+</sup> 2,8 mEq/l.

$$\Delta PaCO_2 = PaCO_2 \text{ attuale} - 40$$

$$48 - 40 = +8$$

$$\Delta PaHCO = HCO_3 \text{ attuale} - 24$$

$$36 - 24 = +12$$

Aumento atteso della CO2

$$+6$$



**Alcalosi Metabolica**

$$[H^+] = 24 \times \frac{[PaCO_2]}{[HCO_3^-]}$$

# Acidosi Metabolica

↓  $HCO_3^-$

Compenso:



Cause:

Anion gap elevato

Acidosi lattica, chetoacidosi, uremia, avvelenamenti

Anion gap normale

Diarrea, acidosi tubulare renale, nefrite interstiziale

$$[H^+] = 24 \times \frac{[PaCO_2]}{[HCO_3^-]}$$

Cationi



Anioni

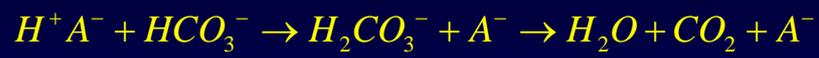


ANIONI		CATIONI	
Cl <sup>-</sup>	103	Na <sup>+</sup>	142
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	27	K <sup>+</sup>	5
Proteine	17	Ca <sup>++</sup>	5
		Mg <sup>++</sup>	2
	<b>154</b>		<b>154</b>



$$Anion\_Gap = [(Na^+) - (HCO_3^- + Cl^-)] = 12 \pm 4$$

$$[H^+] = 24 \times \frac{[PaCO_2]}{[HCO_3^-]}$$



$$Anion\_Gap = \left[ (Na^+) - (HCO_3^- + A^- + Cl^-) \right] = 12 \pm 4$$

$$[H^+] = 24x \frac{[PaCO_2]}{[HCO_3^-]}$$

COMPENSO



↓ HCO di 1 mEq

↑ ΔAG = ↓ HCO3-



↓ CO2 di 1,3 mmHg

$$[H^+] = 24x \frac{[PaCO_2]}{[HCO_3^-]}$$

Un uomo di 58 anni arriva in pronto soccorso, trasportato dal 118 perché trovato in stato stuporoso dopo aver accidentalmente ingurgitato del liquido antigelo per il motore del trattore che teneva in una bottiglia dell'acqua minerale. Nulla di significativo in anamnesi, glicemia e creatinina nella norma.  
 Emogasanalisi: pH 6,95; PaCO<sub>2</sub> 12 mmHg; HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 3 mEq/l; Na<sup>+</sup> 140 mEq/l; K<sup>+</sup> 5 mEq/l; Cl<sup>-</sup> 103 mEq/l.

$$\Delta\text{bicarbonati} = \text{Bicarbonati attuali} - 24$$

$$3 - 24 = -21$$

$$\Delta\text{PaCO}_2 = \text{PaCO}_2 \text{ attuale} - 40$$

$$12 - 40 = -28$$

$$\text{Riduzione attesa della PaCO}_2$$

$$27,3$$

$$\text{Gap Anionico}$$

$$140 - (103 + 3) = 34$$



$$[H^+] = 24 \times \frac{[PaCO_2]}{[HCO_3^-]}$$

**Acidosi Metabolica Gap Alto**

Una donna di 68 anni arriva in pronto soccorso perché affetta, da circa tre giorni, da diarrea, con molte scariche al giorno. La paziente ha seguito, recentemente, terapia antibiotica per polmonite destra ormai risolta.  
 Emogasanalisi: pH 7,29; PaCO<sub>2</sub> 28 mmHg; HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 14 mEq/l; Na<sup>+</sup> 141 mEq/l; K<sup>+</sup> 3,0 mEq/l; Cl<sup>-</sup> 115 mEq/l.

$$\Delta\text{bicarbonati} = \text{bicarbonati attuali} - 24$$

$$14 - 24 = -10$$

$$\Delta\text{PaCO}_2 = 40 - \text{PaCO}_2 \text{ attuale}$$

$$40 - 28 = 12$$

$$\text{Riduzione attesa della PaCO}_2$$

$$13$$

$$\text{Gap Anionico}$$

$$141 - (14 + 115) = 12$$



$$[H^+] = 24 \times \frac{[PaCO_2]}{[HCO_3^-]}$$

**Acidosi Metabolica Gap Normale**