



# Equilibrio Acido-Base

Interpretazione dell'emogasanalisi  
basata su approccio a 6 step

# Obiettivi

- Conoscere i **normali valori** dei parametri riportati nell'emogasanalisi
- Utilizzare un approccio in **6 step** per interpretare disturbi semplici e complessi dell'equilibrio acido base

# 6 Step

- 1 Step: A chi appartiene l'EGA?
- 2 Step:  $pO_2$  – Valutazione dell'ossigenazione
- 3 Step: Valutazione del pH – acidosi o alcalosi?
- 4 Step:  $pCO_2$  - è un disturbo respiratorio?
- 5 Step:  $HCO_3$  - è un disturbo metabolico?
- 6 Step: E' un disturbo semplice o complesso?

# 1° Step

- **A chi appartiene l'EGA?**
  - BPCO
  - Donna gravida
  - Cirrosi
  - Pazienti neurologici
  - ...

# 2° Step

- **Valutare l'ossigenazione**
- $pO_2 > 60 \text{ mmHg} = SaO_2 > 90\%$

O<sub>2</sub>

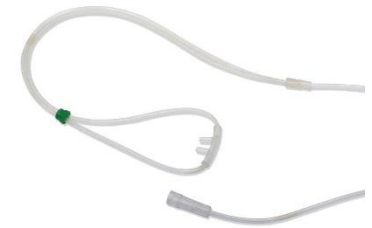
# 2° Step - Ossigenazione

<b>Analizzatore</b>		
Modello:	GEM® Premier 4000	
Area:	MAGRIA	
Nome:	MAGRIA40K	
S/N:	09102944	
<b>Misurati (37.0°C)</b>		
pH	7.45	
pCO <sub>2</sub>	43	mmHg
pO <sub>2</sub>	85	mmHg
Na <sup>+</sup>	↓ 132	mmol/L
K <sup>+</sup>	3.5	mmol/L
U <sup>+</sup>	102	mmol/L
Ca <sup>++</sup>	↓ 1.09	mmol/L
Glu	↑ 114	mg/dL
Lac	1.0	mmol/L
<b>Temperatura corretta (36.5°C)</b>		
pH(T)	↑ 7.46	
pCO <sub>2</sub> (T)	42	mmHg
pO <sub>2</sub> (T)	82	mmHg
<b>CO-Ossimetro</b>		
tHb	↓ 9.6	g/dL
O <sub>2</sub> Hb	95.5	%
COHb	2.1	%
MetHb	0.9	%
HHb	1.5	%
sO <sub>2</sub>	98.5	%

- E' presente insufficienza respiratoria?

# 2° Step - Ossigenazione

Analizzatore		
Modello:	GEM® Premier 4000	
Area:	MAGRIA	
Nome:	MAGRIA40K	
S/N:	09102944	
Misurati (37.0°C)		
pH	7.45	
pCO <sub>2</sub>	43	mmHg
pO <sub>2</sub>	85	mmHg
Na <sup>+</sup>	↓ 132	mmol/L
K <sup>+</sup>	3.5	mmol/L
Cl <sup>-</sup>	102	mmol/L
Ca <sup>++</sup>	↓ 1.09	mmol/L
Glu	↑ 114	mg/dL
Lac	1.0	mmol/L
Temperatura corretta (36.5°C)		
pH(T)	↑ 7.46	
pCO <sub>2</sub> (T)	42	mmHg
pO <sub>2</sub> (T)	82	mmHg
CO-Ossimetro		
tHb	↓ 9.6	g/dL
O <sub>2</sub> Hb	95.5	%
COHb	2.1	%
MetHb	0.9	%
HHb	1.5	%
sO <sub>2</sub>	98.5	%



## 2° Step – P/F

- **$P/F = pO_2/FiO_2$**
- $V_n > 300-350$
- 200-300: insufficienza respiratoria
- $< 200$ : insufficienza respiratoria grave



# 2° Step – P/F

Analizzatore		
Modello:	GEM® Premier 4000	
Area:	MAGRIA	
Nome:	MAGRIA40K	
S/N:	09102944	
Misurati (37.0°C)		
pH	7.45	
pCO <sub>2</sub>	43	mmHg
pO <sub>2</sub>	85	mmHg
Na <sup>+</sup>	↓ 132	mmol/L
K <sup>+</sup>	3.5	mmol/L
U <sup>+</sup>	102	mmol/L
Ca <sup>++</sup>	↓ 1.09	mmol/L
Glu	↑ 114	mg/dL
Lac	1.0	mmol/L
Temperatura corretta (36.5°C)		
pH(T)	↑ 7.46	
pCO <sub>2</sub> (T)	42	mmHg
pO <sub>2</sub> (T)	82	mmHg
CO-Ossimetro		
tHb	↓ 9.6	g/dL
O <sub>2</sub> Hb	95.5	%
COHb	2.1	%
MetHb	0.9	%
HHb	1.5	%
sO <sub>2</sub>	98.5	%

- Uomo 25 anni
- Si reca in PS per difficoltà respiratoria riferita
- Periodo stressante
- EGA in AA

# 2° Step - P/F

Analizzatore		
Modello:	GEM® Premier 4000	
Area:	MAGRIA	
Nome:	MAGRIA40K	
S/N:	09102944	
Misurati (37.0°C)		
pH	7.45	
pCO <sub>2</sub>	43	mmHg
pO <sub>2</sub>	85	mmHg
Na <sup>+</sup>	↓ 132	mmol/L
K <sup>+</sup>	3.5	mmol/L
U <sup>+</sup>	102	mmol/L
Ca <sup>++</sup>	↓ 1.09	mmol/L
Glu	↑ 114	mg/dL
Lac	1.0	mmol/L
Temperatura corretta (36.5°C)		
pH(T)	↑ 7.46	
pCO <sub>2</sub> (T)	42	mmHg
pO <sub>2</sub> (T)	82	mmHg
CO-Ossimetro		
tHb	↓ 9.6	g/dL
O <sub>2</sub> Hb	95.5	%
COHb	2.1	%
MetHb	0.9	%
HHb	1.5	%
sO <sub>2</sub>	98.5	%

- Uomo 25 anni
- Si reca in PS per difficoltà respiratoria riferita
- Periodo stressante
- EGA in AA
- **$P/F = 85/0,21 = 404$**

# 2° Step - P/F

Analizzatore		
Modello:	GEM® Premier 4000	
Area:	MAGRIA	
Nome:	MAGRIA40K	
S/N:	09102944	
Misurati (37.0°C)		
pH	7.45	
pCO <sub>2</sub>	43	mmHg
pO <sub>2</sub>	85	mmHg
Na <sup>+</sup>	↓ 132	mmol/L
K <sup>+</sup>	3.5	mmol/L
U <sup>+</sup>	102	mmol/L
Ca <sup>++</sup>	↓ 1.09	mmol/L
Glu	↑ 114	mg/dL
Lac	1.0	mmol/L
Temperatura corretta (36.5°C)		
pH(T)	↑ 7.46	
pCO <sub>2</sub> (T)	42	mmHg
pO <sub>2</sub> (T)	82	mmHg
CO-Ossimetro		
tHb	↓ 9.6	g/dL
O <sub>2</sub> Hb	95.5	%
COHb	2.1	%
MetHb	0.9	%
HHb	1.5	%
sO <sub>2</sub>	98.5	%

- Donna 75 anni
- Si reca in PS per difficoltà respiratoria, tosse e febbre
- In triage posizionato O2
- EGA in Ventimask 35%

# 2° Step - P/F

Analizzatore		
Modello:	GEM® Premier 4000	
Area:	MAGRIA	
Nome:	MAGRIA40K	
S/N:	09102944	
Misurati (37.0°C)		
pH	7.45	
pCO <sub>2</sub>	43	mmHg
pO <sub>2</sub>	85	mmHg
Na <sup>+</sup>	↓ 132	mmol/L
K <sup>+</sup>	3.5	mmol/L
U <sup>+</sup>	102	mmol/L
Ca <sup>++</sup>	↓ 1.09	mmol/L
Glu	↑ 114	mg/dL
Lac	1.0	mmol/L
Temperatura corretta (36.5°C)		
pH(T)	↑ 7.46	
pCO <sub>2</sub> (T)	42	mmHg
pO <sub>2</sub> (T)	82	mmHg
CO-Ossimetro		
tHb	↓ 9.6	g/dL
O <sub>2</sub> Hb	95.5	%
COHb	2.1	%
MetHb	0.9	%
HHb	1.5	%
sO <sub>2</sub>	98.5	%

- Donna 75 anni
- Si reca in PS per difficoltà respiratoria, tosse e febbre
- In triage posizionato O2
- EGA in Ventimask 35%
- **$P/F = 85/0,35 = 242$**

# 2° Step - P/F

Analizzatore		
Modello:	GEM® Premier 4000	
Area:	MAGRIA	
Nome:	MAGRIA40K	
S/N:	09102944	
Misurati (37.0°C)		
pH	7.45	
pCO <sub>2</sub>	43	mmHg
pO <sub>2</sub>	85	mmHg
Na <sup>+</sup>	↓ 132	mmol/L
K <sup>+</sup>	3.5	mmol/L
U <sup>+</sup>	102	mmol/L
Ca <sup>++</sup>	↓ 1.09	mmol/L
Glu	↑ 114	mg/dL
Lac	1.0	mmol/L
Temperatura corretta (36.5°C)		
pH(T)	↑ 7.46	
pCO <sub>2</sub> (T)	42	mmHg
pO <sub>2</sub> (T)	82	mmHg
CO-Ossimetro		
tHb	↓ 9.6	g/dL
O <sub>2</sub> Hb	95.5	%
COHb	2.1	%
MetHb	0.9	%
HHb	1.5	%
sO <sub>2</sub>	98.5	%

- Uomo 35 anni
- Incidente stradale auto-moto frontale
- Dal 118 posizionato O2
- EGA in Reservoir 85%

# 2° Step - P/F

Analizzatore		
Modello:	GEM® Premier 4000	
Area:	MAGRIA	
Nome:	MAGRIA40K	
S/N:	09102944	
Misurati (37.0°C)		
pH	7.45	
pCO <sub>2</sub>	43	mmHg
pO <sub>2</sub>	85	mmHg
Na <sup>+</sup>	↓ 132	mmol/L
K <sup>+</sup>	3.5	mmol/L
U <sup>+</sup>	102	mmol/L
Ca <sup>++</sup>	↓ 1.09	mmol/L
Glu	↑ 114	mg/dL
Lac	1.0	mmol/L
Temperatura corretta (36.5°C)		
pH(T)	↑ 7.46	
pCO <sub>2</sub> (T)	42	mmHg
pO <sub>2</sub> (T)	82	mmHg
CO-Ossimetro		
tHb	↓ 9.6	g/dL
O <sub>2</sub> Hb	95.5	%
COHb	2.1	%
MetHb	0.9	%
HHb	1.5	%
sO <sub>2</sub>	98.5	%

- Uomo 35 anni
- Incidente stradale auto-moto frontale
- Dal 118 posizionato O2
- EGA in Reservoir 85%
- **$P/F = 85/0,85 = 100$**

# 3° Step - pH

- $\text{pH} = 7,35 - 7,45$
- $\text{pH} < 7,35$
- $\text{pH} > 7,45$

# 3° Step - pH

- $\text{pH} = 7,35 - 7,45$  (NORMALE)
- $\text{pH} < 7,35 = \text{ACIDOSI}$
- $\text{pH} > 7,45 = \text{ALCALOSI}$



## 4° Step – pCO<sub>2</sub>

- pCO<sub>2</sub>: 35-45 mmHg
- pCO<sub>2</sub> = acido
- ↑ pCO<sub>2</sub> = acidosi (respiratoria)
- ↓ pCO<sub>2</sub> = alcalosi (respiratoria)

# 4° Step – pCO<sub>2</sub>

- pH = 7,10
- pCO<sub>2</sub> 67 mmHg (vn 35-45)
- **Acidosi Respiratoria**

# 4° Step – pCO<sub>2</sub>

- pH = 7,60
- pCO<sub>2</sub> 17 mmHg (vn 35-45)
- **Alcalosi Respiratoria**

## 4° Step – pCO<sub>2</sub>

- pH = 7,60
- pCO<sub>2</sub> 67 mmHg (vn 35-45)
- I valori di pCO<sub>2</sub> non giustificano l'alcalosi, passa allo step 5.

## 5° Step – $\text{HCO}_3$

- $\text{HCO}_3$ : 22-26 mmol/L
- $\text{HCO}_3$  = base
- $\uparrow \text{HCO}_3$  = alcalosi (metabolica)
- $\downarrow \text{HCO}_3$  = acidosi (metabolica)

# 5° Step – HCO<sub>3</sub>

- pH = 7,50
- pCO<sub>2</sub> 47 mmHg (vn 35-45)
- HCO<sub>3</sub> 34 mmol/L (vn 22-26)
- **Alcalosi Metabolica**

# 5° Step – HCO<sub>3</sub>

- pH = 7,10
- pCO<sub>2</sub> 25 mmHg (vn 35-45)
- HCO<sub>3</sub> 12 mmol/L
- **Acidosi Metabolica**

# 6° Step – Disturbo misto

- E' presente un **disturbo misto** dell'equilibrio acido-base?
- Calcolo del **compenso atteso**



# 6° Step – Compenso

- pH = 7,10
- pCO<sub>2</sub> 25 mmHg (vn 35-45)
- HCO<sub>3</sub> 12 mmol/L (vn 22-26)
- Acidosi Metabolica
- Quali sono i valori di pCO<sub>2</sub> attesi per compensare HCO<sub>3</sub> 12 mmol/L ?

# Il meccanismo del Compenso

- Il compenso **cerca di normalizzare** i valori di pH
- Nessun meccanismo di compenso può **normalizzare completamente** il pH

# Compenso Polmonare

- Mediante **iperventilazione** o **ipoventilazione** il polmone cerca di compensare un disturbo metabolico variando i **valori di pCO<sub>2</sub>** (acido respiratorio)

# Compenso Polmonare

- Mediante **iperventilazione** o **ipoventilazione** il polmone cerca di compensare un disturbo metabolico variando i **valori di pCO<sub>2</sub>** (acido respiratorio)
- Acidosi Metabolica

# Compenso Polmonare

- Mediante **iperventilazione** o **ipoventilazione** il polmone cerca di compensare un disturbo metabolico variando i **valori di pCO<sub>2</sub>** (acido respiratorio)
- Acidosi Metabolica → Iperventilazione

# Compenso Polmonare

- Mediante **iperventilazione** o **ipoventilazione** il polmone cerca di compensare un disturbo metabolico variando i **valori di pCO<sub>2</sub>** (acido respiratorio)
- Acidosi Metabolica → Iperventilazione → Diminuzione della pCO<sub>2</sub>

# Acidosi Metabolica - Compenso

- ↓ di **1,2 mmHg di pCO<sub>2</sub>** per ogni ↓ 1 mmol di HCO<sub>3</sub>
- pH = 7,10
- pCO<sub>2</sub> 25 mmHg (vn 35-45)
- HCO<sub>3</sub> 12 mmol/L (vn 22-26)

# Acidosi Metabolica - Compenso

- ↓ di **1,2 mmHg di pCO<sub>2</sub>** per ogni ↓ 1 mmol di HCO<sub>3</sub>
- pH = 7,10
- pCO<sub>2</sub> 25 mmHg (vn 35-45)
- HCO<sub>3</sub> 12 mmol/L (vn 22-26)
- Variazione HCO<sub>3</sub> = 24-12 = 12 mmol



# Acidosi Metabolica - Compenso

- ↓ di **1,2 mmHg di pCO<sub>2</sub>** per ogni ↓ 1 mmol di HCO<sub>3</sub>
- pH = 7,10
- pCO<sub>2</sub> 25 mmHg (vn 35-45)
- HCO<sub>3</sub> 12 mmol/L (vn 22-26)
- Variazione HCO<sub>3</sub> = 24-12 = 12 mmol
- Variazione pCO<sub>2</sub> = 12 x 1,2 = 14,4 mmHg

# Acidosi Metabolica - Compenso

- $\downarrow$  di **1,2 mmHg di pCO<sub>2</sub>** per ogni  $\downarrow$  1 mmol di HCO<sub>3</sub>
- pH = 7,10
- pCO<sub>2</sub> 25 mmHg (vn 35-45)
- HCO<sub>3</sub> 12 mmol/L (vn 22-26)
- Variazione HCO<sub>3</sub> = 24-12 = 12 mmol
- Variazione pCO<sub>2</sub> = 12 x 1,2 = 14,4 mmHg
- pCO<sub>2</sub> attesa = 40 – 14,4 = **25,6 mmHg**

# Acidosi Metabolica - Compenso

- ↓ di **1,2 mmHg di pCO<sub>2</sub>** per ogni ↓ 1 mmol di HCO<sub>3</sub>
- pH = 7,10
- pCO<sub>2</sub> 25 mmHg (vn 35-45)
- HCO<sub>3</sub> 12 mmol/L (vn 22-26)
- pCO<sub>2</sub> attesa = 40 – 14,4 = 25,6 mmHg
- **ACIDOSI METABOLICA COMPENSATA (disturbo semplice)**

# Acidosi Metabolica - Compenso

- ↓ di **1,2 mmHg di pCO<sub>2</sub>** per ogni ↓ 1 mmol di HCO<sub>3</sub>
- pH = 7,01
- pCO<sub>2</sub> 35 mmHg (vn 35-45)
- HCO<sub>3</sub> 12 mmol/L (vn 22-26)

# Acidosi Metabolica - Compenso

- ↓ di **1,2 mmHg di pCO<sub>2</sub>** per ogni ↓ 1 mmol di HCO<sub>3</sub>
- pH = 7,01
- pCO<sub>2</sub> 35 mmHg (vn 35-45)
- HCO<sub>3</sub> 12 mmol/L (vn 22-26)
- Variazione HCO<sub>3</sub> = 24-12 = 12 mmol
- Variazione pCO<sub>2</sub> = 12 x 1,2 = 14,4 mmHg
- pCO<sub>2</sub> attesa = 40 – 14,4 = **25,6 mmHg**
- **ACIDOSI METABOLICA + ACIDOSI RESPIRATORIA**

# Acidosi Metabolica - Compenso

- ↓ di **1,2 mmHg di pCO<sub>2</sub>** per ogni ↓ 1 mmol di HCO<sub>3</sub>
- pH = 7,30
- pCO<sub>2</sub> 15 mmHg (vn 35-45)
- HCO<sub>3</sub> 12 mmol/L (vn 22-26)

# Acidosi Metabolica - Compenso

- ↓ di **1,2 mmHg di pCO<sub>2</sub>** per ogni ↓ 1 mmol di HCO<sub>3</sub>
- pH = 7,01
- pCO<sub>2</sub> 15 mmHg (vn 35-45)
- HCO<sub>3</sub> 12 mmol/L (vn 22-26)
- Variazione HCO<sub>3</sub> = 24-12 = 12 mmol
- Variazione pCO<sub>2</sub> = 12 x 1,2 = 14,4 mmHg
- pCO<sub>2</sub> attesa = 40 – 14,4 = **25,6 mmHg**
- **ACIDOSI METABOLICA + ALCALOSI RESPIRATORIA**

# Alcalosi Metabolica - Compenso

- $\uparrow$  **0,5 mmHg di pCO<sub>2</sub>** per ogni  $\uparrow$  1 mmol di HCO<sub>3</sub>
- L'ipoventilazione è efficace ma sino ad un certo punto
- Sempre subordinata ai valori di O<sub>2</sub>



# Compenso Renale

- Mediante **eliminazione** o **rigenerazione di  $\text{HCO}_3$**  il rene cerca di compensare il disturbo respiratorio
- E' un meccanismo che **inizia subito** ma **impiega 2-3 giorni** per entrare a regime
- Distinguere tra disturbi **respiratori acuti e cronici**  
(ricorda il 1° Step)

# Compenso Renale – Acidosi Respiratoria

- **Acuto:**  $\uparrow$  **1 mmol/L  $\text{HCO}_3$**  per ogni  $\uparrow$  10 mmHg di  $\text{pCO}_2$
- **Cronico:**  $\uparrow$  **3,5 mmol/L  $\text{HCO}_3$**  per ogni  $\uparrow$  10 mmHg di  $\text{pCO}_2$

# Acidosi Respiratoria

- Uomo, nessuna patologia di rilievo. Trauma policontusivo. PA 90/60. FC 110. GCS 8/10
- pH 7,10
- pCO<sub>2</sub> 60 mmHg (vn 35-45)
- HCO<sub>3</sub>: 20 mmol/L (vn 22-26)

Acuto: ↑ 1 mmol/L HCO<sub>3</sub>  
per ogni ↑ 10 mmHg di  
pCO<sub>2</sub>

# Acidosi Respiratoria

- Uomo, nessuna patologia di rilievo. Trauma policonfusivo. PA 90/60. FC 110. GCS 8/10
- pH 7,10
- pCO<sub>2</sub> 60 mmHg (vn 35-45)
- HCO<sub>3</sub>: 20 mmol/L (vn 22-26)
- **Disturbo acuto:** Gap pCO<sub>2</sub> 60-40= 20 mmHg
- Gap HCO<sub>3</sub>: 1 mmol ogni 10 mmHg = 2 mmol
- HCO<sub>3</sub> atteso: 24 + 2 = 26 mmol/L

# Acidosi Respiratoria

- Uomo, nessuna patologia di rilievo. Trauma policonfusivo. PA 90/60. FC 110. GCS 8/10
- pH 7,10
- pCO<sub>2</sub> 60 mmHg (vn 35-45)
- HCO<sub>3</sub>: 20 mmol/L (vn 22-26)
- **Disturbo acuto:** Gap pCO<sub>2</sub> 60-45= 15 mmHg
- Gap HCO<sub>3</sub>: 1 mmol ogni 10 mmHg = 1,5 mmol
- HCO<sub>3</sub> atteso: 24 + 1,5 = 25,5 mmol/L
- **ACIDOSI RESPIRATORIA + ACIDOSI METABOLICA**

# Compenso Renale – Alcalosi Respiratoria

- **Acuto:**  $\downarrow$  2 mmol/L  $\text{HCO}_3$  per ogni  $\downarrow$  10 mmHg di  $\text{pCO}_2$
- **Cronico:**  $\downarrow$  5 mmol/L  $\text{HCO}_3$  per ogni  $\downarrow$  10 mmHg di  $\text{pCO}_2$

# Alcalosi Respiratoria

- Gravida, nessuna patologia di rilievo. Dispnea e febbre
- pH 7,50
- pCO<sub>2</sub> 20 mmHg (vn 35-45)
- HCO<sub>3</sub>: 15 mmol/L (vn 22-26)

# Alcalosi Respiratoria

- Gravida, nessuna patologia di rilievo. Dispnea e febbre
- pH 7,50
- pCO<sub>2</sub> 20 mmHg (vn 35-45)
- HCO<sub>3</sub>: 15 mmol/L (vn 22-26)

Cronico: ↓ 5 mmol/l  
HCO<sub>3</sub> di per ogni ↓ 10  
mmHg di pCO<sub>2</sub>



# Alcalosi Respiratoria

- Gravida, nessuna patologia di rilievo. Dispnea e febbre
- pH 7,50
- pCO<sub>2</sub> 20 mmHg (vn 35-45)
- HCO<sub>3</sub>: 15 mmol/L (vn 22-26)
- **Disturbo cronico:** Gap pCO<sub>2</sub> 40-20= 20 mmHg
- Gap HCO<sub>3</sub>: 5 mmol ogni 10 mmHg = 10 mmol
- HCO<sub>3</sub> atteso: 24 - 10 = 14 mmol/L
- **ALCALOSI RESPIRATORIA ACUTA COMPENSATA**



Domande?

# Conclusioni

- Conoscere i **normali valori** dei parametri riportati nell'emogasanalisi
- Utilizzare un approccio in **6 step** per interpretare disturbi semplici e complessi dell'equilibrio acido base