

EMOGASANALISI ARTERIOSA

L'EGA rappresenta l'esame "principe" dell'urgenza, poiché è un'ottima finestra su:

- **VENTILAZIONE ALVEOLARE**
- **SCAMBIO GASSOSO**
- **PH ed EQUILIBRIO ACIDO-BASE**

*In particolare l'equilibrio acido-base è una "spia" di importanti funzioni come lo **STATO DI IDRATAZIONE** (pz disidratati presentano alcalosi metabolica), **LA CIRCOLAZIONE** (pz in stato di shock presentano acidosi metabolica)*

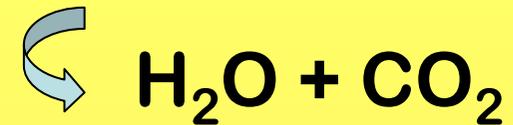
- **Il nostro organismo tende a produrre acidi per effetto del metabolismo:**
quotidianamente vengono prodotti 20.000 nMoli di acidi volatili (CO₂) che vengono eliminati con la respirazione e 80 nMoli di acidi fissi che vengono eliminati dal rene.

- **L'organismo si difende contro le variazioni della concentrazione H⁺ con i sistemi tamponi, che se anche molto efficienti e veloci sono una fonte limitata ed esauribile:**
i polmoni intervengono nel giro di pochi minuti, i reni nel giro di qualche ora, ma completano il loro intervento solo dopo 2-3 giorni.

$$7.35 > \text{PH} < 7.44$$

- Il PH deriva dall'equazione di Henderson-Hasselbach in cui si mette in rapporto l'attività del polmone e quella del rene

$$\text{PH} = \text{pKa} + \log (\text{HCO}_3^-) / (\text{H}_2\text{CO}_3)$$

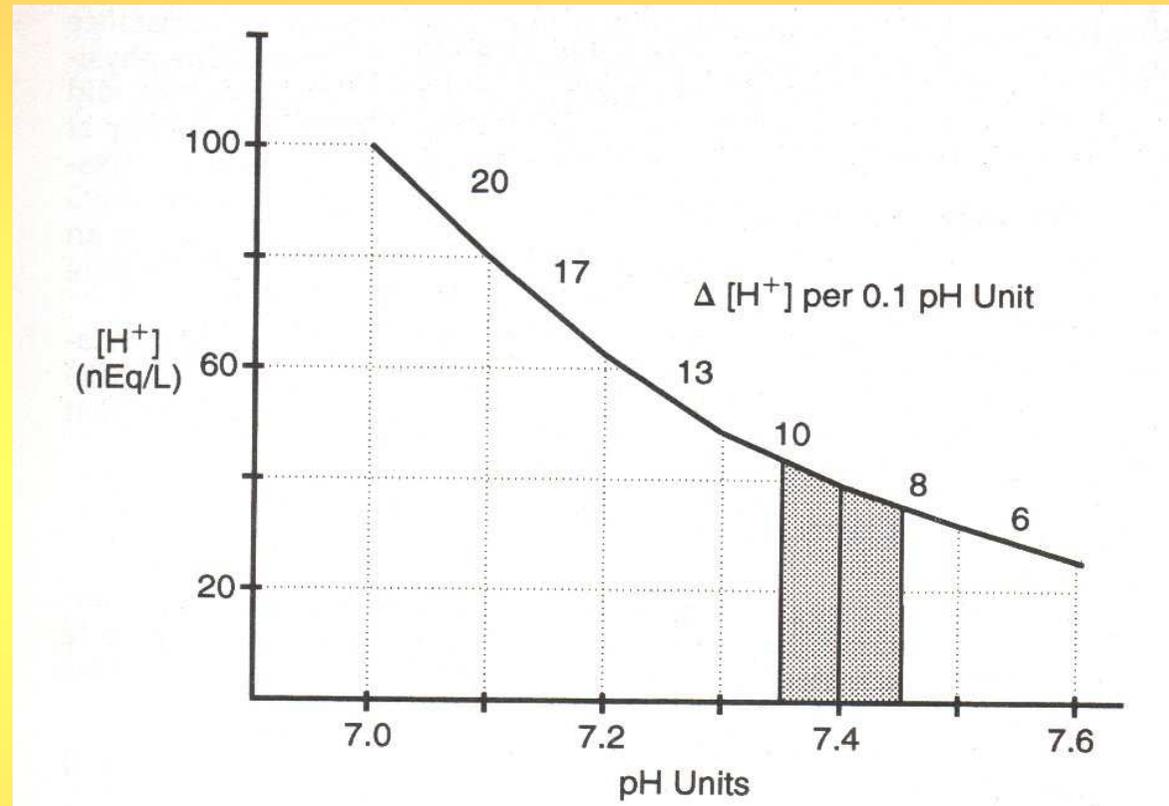


- Utilizzando la concentrazione di H⁺, da cui deriva il PH si può scrivere

$$\text{H}^+ = K \times \text{H}_2\text{CO}_3 / \text{HCO}_3^-$$

$$\text{H}^+ = K \times \text{CO}_2 / \text{HCO}_3^-$$

Correlazione tra $[H^+]$ e PH



La concentrazione di H^+ viene espressa in *nanoequivalenti*, che è un'unità di misura molto piccola, per cui si utilizza per la loro misurazione il LOGARITMO NEGATIVO della concentrazione che è il PH

INTERPRETAZIONE A STEP DELL'EGA

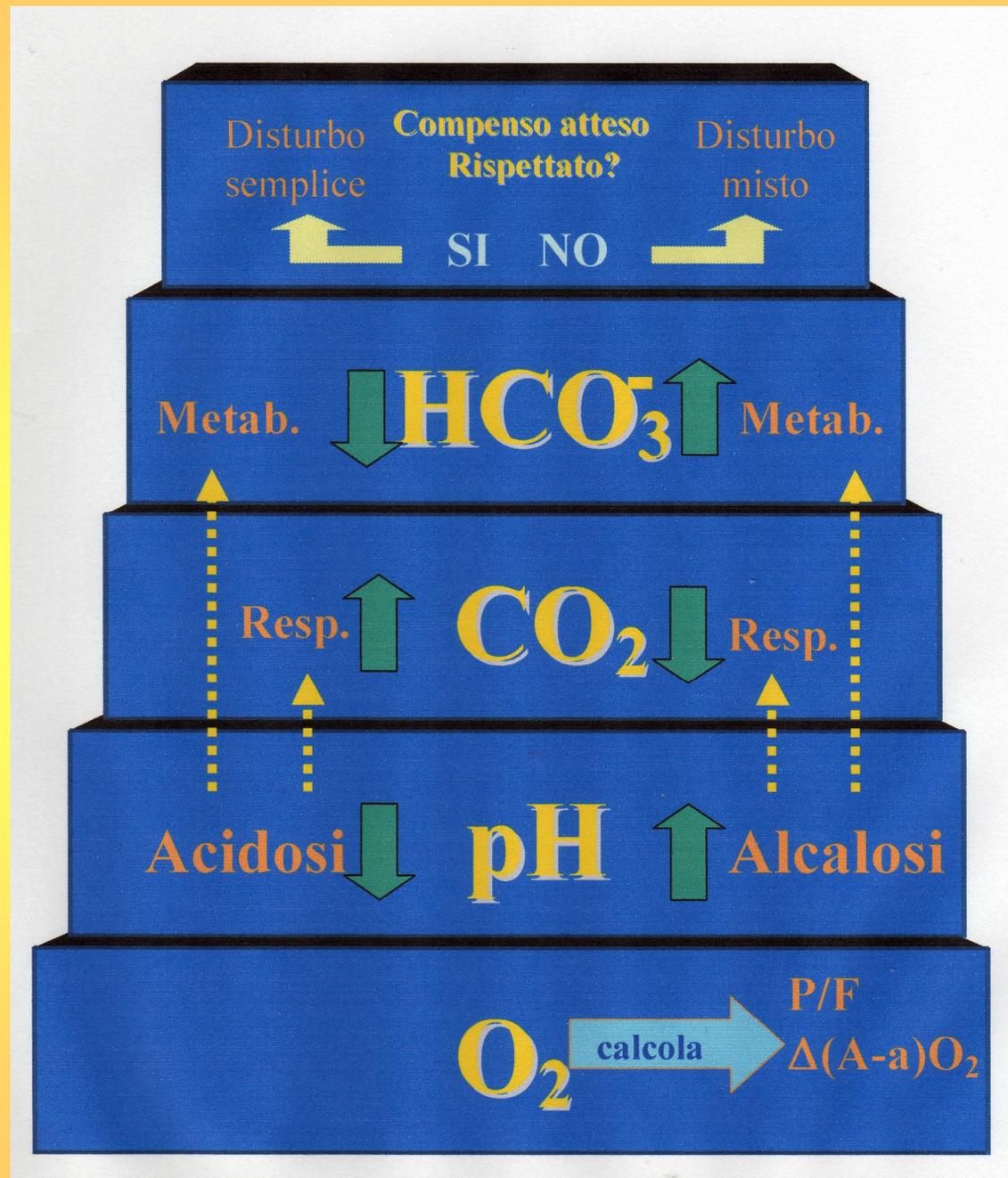
V STEP

IV STEP

III STEP

II STEP

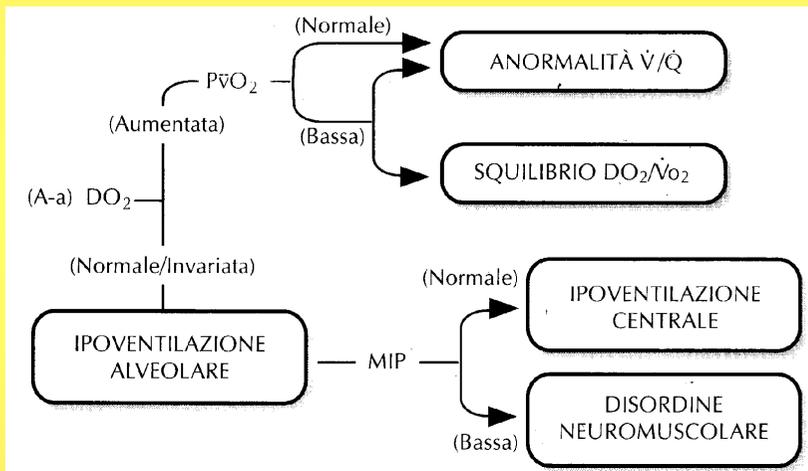
I STEP



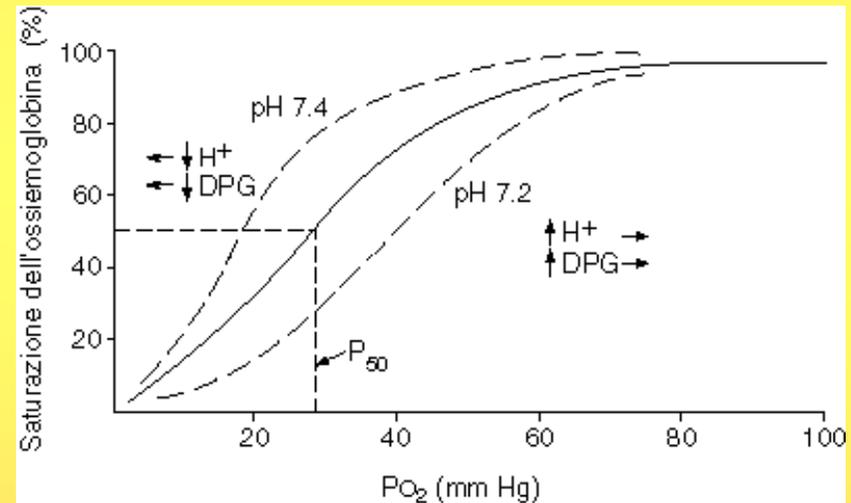
I STEP: O₂

- La PaO₂ e tutti i valori da essa derivati permettono di capire:

1. Pump/lung failure



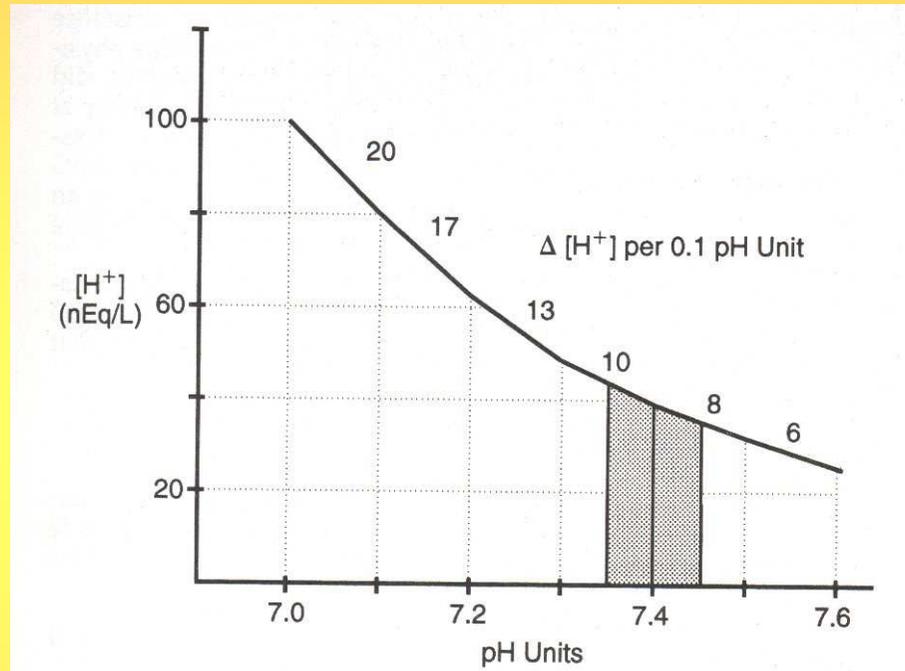
2. Posizione della curva di dissociazione dell'Hb



3. Rapporto PaO₂/FiO₂

Condition	Timing	PaO ₂ /FiO ₂	Rx-torace	P.incuneamento
ALI	Acute	< 300	Infiltrati bilaterali	< 18 mmHg No aum. p. atriale
ARDS	Acute	< 200	Infiltrati bilaterali	< 18 mmHg No aum. P. atriale

II STEP: PH

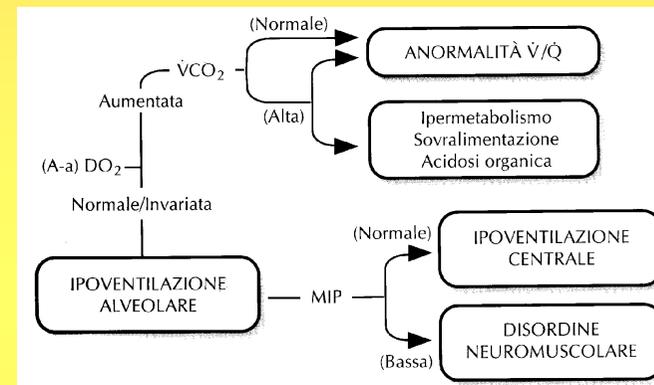


La concentrazione di H^+ viene espressa in *nanoequivalenti*, che è un'unità di misura molto piccola, per cui si utilizza per la loro misurazione il **LOGARITMO NEGATIVO** della concentrazione che è il **PH**

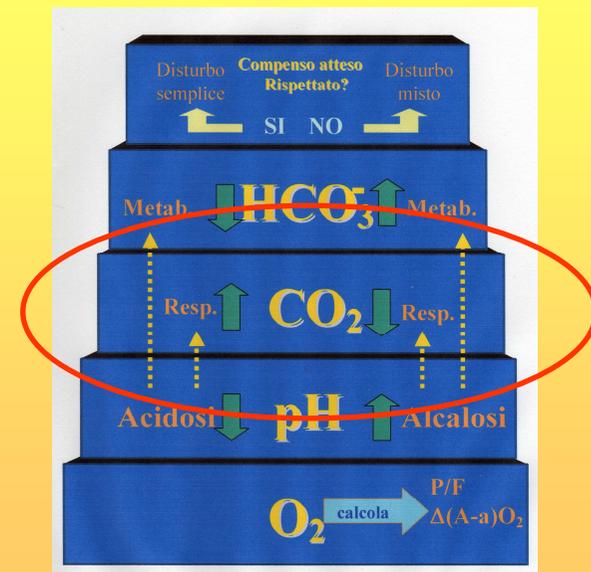
III STEP: CO₂

- La PaCO₂ permette di capire:

1. Quanto e come ventila il paziente

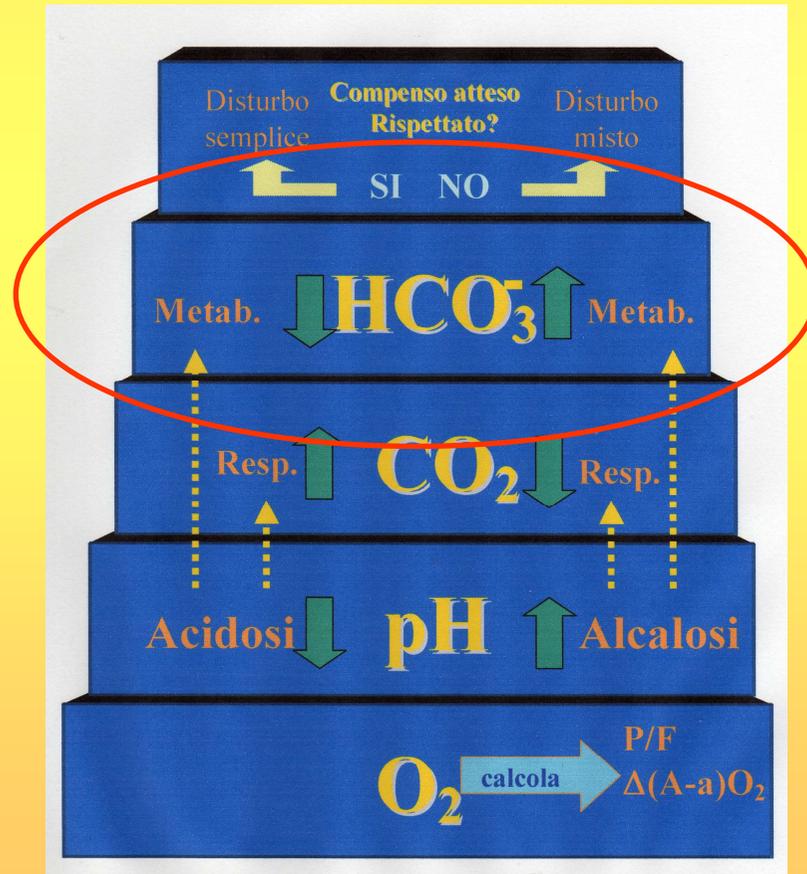


2. Di definire se il disturbo primitivo è o meno respiratorio



IV STEP: HCO_3^-

- I bicarbonati rappresentano la riserva alcalina e il loro valore aiuta a capire il tipo di disordine primitivo



DEFINIZIONE

- **ACIDEMIA:** quando la concentrazione di H^+ è $>$ di 44 nmol/L (PH $<$ 7.36)
- **ALCALEMIA:** quando la concentrazione di H^+ è $<$ di 36 nmol/L (PH $>$ 7.44)
- **ACIDOSI:** condizione fisiologica che determinerà acidemia se non compensata
- **ALCALOSI:** condizione fisiologica che determinerà alcalemia se non compensata

Equilibrio acido-base

ACIDEMIA

$\text{PH} < 7.36$

$\text{H}^+ > 44 \text{ nmol/l}$

ALCALEMIA

$\text{PH} > 7.44$

$\text{H}^+ < 36 \text{ nmol/l}$

ACIDOSI

Condizione patologica in cui c'è tendenza alla diminuzione del PH se non subentra un meccanismo di compenso al processo primario

ALCALOSI

Condizione patologica in cui c'è tendenza all'aumento del PH se non subentra un meccanismo di compenso al processo primario

DISORDINI DELL'EQUILIBRIO ACIDO-BASE

DISORDINE	VARIAZIONE PRIMARIA	PH	COMPENSO
Acidosi respiratoria	↑ PCO ₂	↓	↑ HCO ₃ ⁻
Alcalosi respiratoria	↓ PCO ₂	↑	↓ HCO ₃ ⁻
Acidosi metabolica	↓ HCO ₃ ⁻	↓	↓ PCO ₂
Alcalosi metabolica	↑ HCO ₃ ⁻	↑	↑ PCO ₂

Obiettivo finale è mantenere un rapporto

$$\frac{\text{PCO}_2}{\text{HCO}_3^-} \quad \text{COSTANTE}$$

Correlazione tra H⁺, PH, PCO₂, HCO₃⁻

TABLE 27-2. Comparison of pH Values and H⁺

pH	nmol/L
6.0	1,000
6.8	160
7.0	100
7.2	63
7.4	40
7.6	25
7.8	16
8.0	10
9.0	1

$$H^{+}_{nEq} = 24 \times \frac{PCO_2}{HCO_3^-}$$

Valori normali

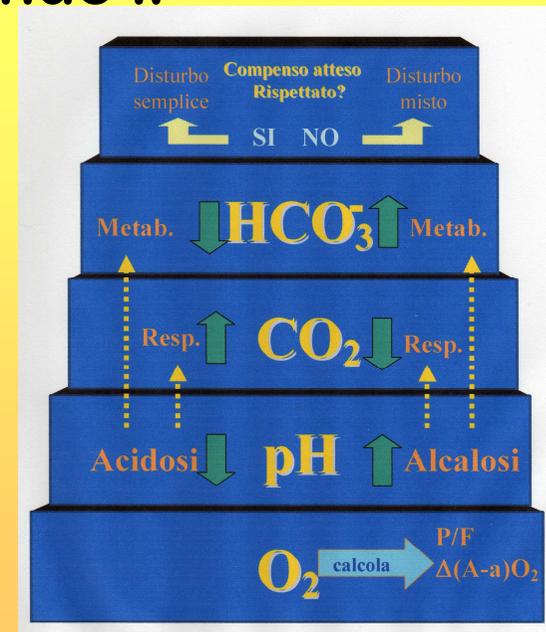
- PH = 7.36-7.44
- PaCO₂ = 36-40
- HCO₃⁻ = 22-26

$$40_{nEq} = 24 \times \frac{40}{24}$$

36 < H⁺ < 44

V STEP: compenso atteso

- Dall'esame di un enorme numero di EGA sono stati derivati i compensi che normalmente sono "attesi".
- Tali "compensi attesi" permettono di capire se il disturbo è **SEMPLICE** (quando il compenso atteso viene soddisfatto) o se è **MISTO** (quando il compenso non è soddisfatto).
- Slatentizzare un disturbo misto significa comprendere un quadro clinico ed eseguire un'adeguata terapia.



DISTURBI RESPIRATORI

Si ha un disordine respiratorio primario quando la PaCO_2 ha valori anormali e la sua variazione è di senso opposto rispetto a quella del PH.

Compenso metabolico per disturbi respiratori primari

$$H^+nEq = 24 \times \frac{PCO_2}{HCO_3^-}$$

- **IPECAPNIA ACUTA:** HCO_3^- aumenta di **1** mmol/l ogni 10 mmHg di aumento della CO_2 .
ES: $Pa\ CO_2 = 60$ ($40 + 20$) $\rightarrow HCO_3^- = 24 + 2 = 26$
- **IPECAPNIA CRONICA:** HCO_3^- aumenta di **4** mmol/l ogni 10 mmHg di aumento della CO_2 .
ES: $Pa\ CO_2 = 60$ ($40 + 20$) $\rightarrow HCO_3^- = 24 + 4 = 28$

- **IPOCAPNIA ACUTA:** HCO_3^- diminuisce di **2** mmol/l ogni 10 mmHg di diminuzione della CO_2 .
ES: $Pa\ CO_2 = 20$ ($40 - 20$) $\rightarrow HCO_3^- = 24 - 4 = 20$
- **IPOCAPNIA CRONICA:** HCO_3^- diminuisce da **5 a 7** mmol/l ogni 10 mmHg di diminuzione della CO_2 .
ES: $Pa\ CO_2 = 30$ ($40 - 10$) $\rightarrow HCO_3^- = 24 - 6 = 18$

DISORDINI METABOLICI

Si ha un disordine metabolico primario quando il PH ha valori anormali e la sua variazione va nello stesso senso di quella della PaCO₂

DISORDINI DI TIPO MISTO

Si ha nel caso in cui il PH è invariato o nella norma e la PaCO₂ è al di fuori dei valori normali.

Oppure se il PH non presenta valori normali e la PaCO₂ è nella norma.

EGA

COMPENSO ATTESO

Modificazioni attese nei disordini semplici

disturbo		correzione	
Acidosi respiratoria	↑ 10 CO ₂	<i>acuta</i>	↑ 1 HCO ₃ ⁻
	↑ 10 CO ₂	<i>cronica</i>	↑ 3,5 HCO ₃ ⁻
Alcalosi respiratoria	↓ 10 CO ₂	<i>acuta</i>	↓ 2 HCO ₃ ⁻
	↓ 10 CO ₂	<i>cronica</i>	↓ 4 HCO ₃ ⁻
Acidosi metabolica	↓ 1 HCO ₃ ⁻		↓ 1,2 CO ₂
Alcalosi metabolica	↑ 1 HCO ₃ ⁻		↑ 0,5 CO ₂

TABLE 27-2. Comparison of pH Values and H⁺

pH	nmol/L
6.0	1,000
6.8	160
7.0	100
7.2	63
7.4	40
7.6	25
7.8	16
8.0	10
9.0	1

$$H^+ = K CO_2 / HCO_3^-$$

$$40 = 24 \times 40 / 24$$

$$55 = 24 \times 60 / 24$$

Valori normali

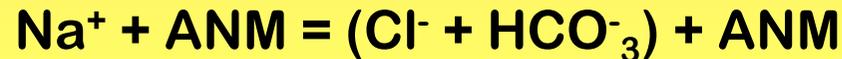
$$PH = 7.36-7.44$$

$$PaCO_2 = 36-40$$

$$HCO_3^- = 22-26$$

GAP ANIONICO

- La concentrazione degli anioni (carichi negativamente) deve bilanciare quella dei cationi (carichi positivamente):



ANM (anioni non misurati) = PROTEINE, ACIDI ORGANICI,
FOSFATI, SOLFATI

CNM (cationi non misurati) = CALCIO, POTASSIO, MAGNESIO

v.n. AG = 3-11 mEq/l

- L'AG è un parametro dello stato acido-base utilizzato nella valutazione dei pz che presentano un'acidosi metabolica, allo scopo di determinare se il problema sottostante sia un accumulo di idrogenioni o una perdita di bicarbonato.
- Il AG è un parametro affidabile soltanto in caso valore proteico normale

GAP ANIONICO

↑ GA
Accumulo di H^+

- ACIDOSI LATTICA
- CHETOACIDOSI
- INSUFFICIENZA RENALE
per diminuzione dell'escrezione di H^+

Gli H^+ che si accumulano si legano ai bicarbonati formando acido carbonico, facendo diminuire la quantità di bicarbonati

GA =
Perdita di HCO_3^-

- DIARREA
- FASE INIZIALE
INSUFFICIENZA RENALE
per perdita di bicarbonati nelle urine

La perdita di ioni bicarbonato viene controbilanciata dagli ioni cloro in modo proporzionale

Caso clinico n 1

- Pz maschio 70 Kg sviluppa ostruzione delle vie aeree acuta durante anestesia.
- EGA:

$$\begin{aligned} \text{PH} &= 7.32 \\ \text{PaCO}_2 &= 70 \text{ mmHg} \\ \text{HCO}_3^- &= 27 \text{ mmol/l} \end{aligned}$$

HCO_3^- aumenta di 1 mmol/l ogni 10 mmHg di aumento della CO_2

$$\begin{aligned} \text{HCO}_3^- &= 24+3 = 27 \\ \text{H}^+ &= 24 \times \frac{70}{27} = 61 \rightarrow \text{PH} = 7.3 \end{aligned}$$

$$\text{H}^+ \text{ nEq} = 24 \times \frac{\text{PCO}_2}{\text{HCO}_3^-}$$

**ACIDOSI RESPIRATORIA
CON BUON
COMPENSO
METABOLICO**

Caso clinico n 2

- Pz maschio 70 Kg sviluppa ostruzione delle vie aeree acuta durante anestesia.
- EGA:

$$PH = 7.1$$

$$PaCO_2 = 70 \text{ mmHg}$$

$$HCO_3^- = 21 \text{ mmol/l}$$

HCO_3^- aumenta di 1 mmol/l ogni 10 mmHg di aumento della CO_2

$$HCO_3^- = 24 + 3 = 27 \rightarrow 27 - 21 = 6$$

$$BE = -6$$

$$H^+ = 24 \times \frac{70}{21} = 80 \rightarrow PH = 7.1$$

$$H^+_{nEq} = \frac{24 \times PCO_2}{HCO_3^-}$$

**ACIDOSI RESPIRATORIA
CON SOVRAPPOSTA
ACIDOSI METABOLICA**

Caso clinico n 3

- Pz 88 anni affetto da COPD giunge al PS per vomito incoercibile.
- EGA:

$$\begin{aligned} \text{PH} &= 7.48 \\ \text{PaCO}_2 &= 68 \text{ mmHg} \\ \text{HCO}_3^- &= 28 \text{ mmol/l} \end{aligned}$$

HCO_3^- aumenta di 4 mmol/l ogni 10 mmHg di aumento della CO_2

$$\begin{aligned} \text{PCO}_2 &= 68 - 40 = 28 & \text{HCO}_3^- &= 24 + 10 = 34 \\ \text{H}^+ &= 24 \times \frac{68}{28} = 58 & \rightarrow \text{PH} &= 7.2 \end{aligned}$$

$$\text{H}^+ \text{ nEq} = 24 \times \frac{\text{PCO}_2}{\text{HCO}_3^-}$$

ACIDOSI RESPIRATORIA
+
ALCALOSI METABOLICA

Caso clinico n 4

- Pz viene ricoverato in TI per uno stato di shock settico e l'anamnesi risulta negativa per patologie polmonari

- EGA:

$$PH = 7.1$$

$$PaCO_2 = 18 \text{ mmHg}$$

$$HCO_3^- = 5.5 \text{ mmol/l}$$

HCO_3^- diminuisce di 2 mmol/l ogni 10 mmHg di diminuzione della CO_2

$$PCO_2 = 40 - 18 = 22 \rightarrow HCO_3^- = 24 - 5 = 19$$

$$BE = -13.5$$

$$H^+ = 24 \times \frac{18}{5.5} = 80 \rightarrow PH = 7.1$$

$$H^+ nEq = 24 \times \frac{PCO_2}{HCO_3^-}$$

**ACIDOSI METABOLICA
CON COMPENSO
RESPIRATORIO**

Caso clinico n 5

- Pz sottoposto ad intervento chirurgico di AAA viene inviato a reparto con insufficiente terapia antalgica

- EGA:

$$PH = 7.38$$

$$PaCO_2 = 30 \text{ mmHg}$$

$$HCO_3^- = 18 \text{ mmol/l}$$

$$PCO_2 = 40 - 30 = 10 \quad HCO_3^- = 24 - 18 = 6$$

$$BE = -6$$

$$H^+ = 24 \times \frac{30}{18} = 40 \rightarrow PH = 7.38$$

$$H^+ nEq = \frac{24 \times PCO_2}{HCO_3^-}$$

ACIDOSI METABOLICA

+

ALCALOSI
RESPIRATORIA

Caso clinico n 6

- Pz ricoverato in TI per trauma cranico grave e sottoposto per lungo tempo a terapia antiedemigena. E' presente inoltre un'importante disionia con ipocl⁻, ipok⁺, ipomg⁺⁺.

- EGA:

$$PH = 7.58$$

$$PaCO_2 = 35 \text{ mmHg}$$

$$HCO_3^- = 28 \text{ mmol/l}$$

$$PCO_2 = 40 - 30 = 5 \quad HCO_3^- = 28 - 24 = 4$$

$$BE = +4$$

$$H^+ = 24 \times \frac{35}{28} = 30 \rightarrow PH = 7.58$$

$$H^+_{nEq} = 24 \times \frac{PCO_2}{HCO_3^-}$$

ALCALOSI METABOLICA
IPOCLOREMICA

da uso di diuretici

(vengono riassorbiti bicarbonati perché scambiati con cl⁻, ed viene perso k⁺ così H⁺ vengono sequestrati all'interno della cellula)

TRATTAMENTO

L'indicazione alla terapia alcalinizzante in caso di acidosi metabolica c'è soltanto se:

- PH < 7.2
- BE > -10

$$\text{HCO}_3^- = \frac{\text{Kg} \times \text{BE}}{5}$$

1/2 infusi nella prima ora

1/2 nelle tre ore successive

EGA

PARAMETRI RESPIRATORI

PO₂ mmHg
PCO₂ mmHg
SO₂ %
TCO₂ mmol/L
O₂CT ml/dL
A mmHg
AaDO₂ mmHg
a/A
P50 mmHg
PO₂/FiO₂ mmHg

ACIDO-BASE

PH **BE** mmol/L
PCO₂ **HCO₃⁻** mmol/L

PO₂

ELETTROLITI

Na⁺ mmol/L **Hct** %
K⁺ mmol/L **Hb** g/dL
Cl⁻ mmol/L
Glc mg/dL

INTERPRETAZIONE EGA

Approccio di STEWART

Stewart 1981...

- Relazione quantitativa tra la concentrazione degli ioni H^+ quella delle altre variabili in una soluzione.
 - Ha definito un nuovo concetto di neutralità, alcalinità e acidità:
SOLUZIONE NEUTRA: $H^+ = OH^-$

Un ACIDO è una sostanza in grado di incrementare la concentrazione H^+ di una soluzione (donatore di protoni).

Una BASE è una sostanza in grado di diminuire la concentrazione di H^+ di una soluzione (accettore di H^+)

Gli elettroliti in H₂O sono dissociati in ioni, definiti da Stewart in forti e deboli...

Table 2 Strong and weak ions.

Strong ions	Weak ions
Na ⁺	HCO ₃
K ⁺	HPO ₃ ²⁻
Mg ²⁺	Albumin
Ca ²⁺	
Cl ⁻	
SO ₄ ²⁻	
Lactate	

STRONG IONS

Sono sempre completamente disciolti in soluzione

In particolare i LATTATI sono costantemente disciolti in ACIDO LATTICO

WEAK IONS

Sono solo parzialmente dissociati in ioni quando disciolti in acqua

In una soluzione acquosa, la somma delle cariche positive deve essere uguale alla somma delle cariche negative, in altre parole una soluzione acquosa è sempre ELETTRICAMENTE NEUTRA

...L'equilibrio acido-base è fondamentalmente regolato da 3 **VARABILI INDIPENDENTI**:

Table 1 Independent variables for the determination of plasmatic acid-base balance.

Strong ion difference (SID)

Carbon dioxide partial pressure

Plasmatic concentration of weak acids

NONVOLATILE WEAK ACIDS (Tamponi *non-bicarbonato*)

Di ognuno si considera la somma della forma dissociata da quella non-dissociata

- ALBUMINA SIERICA
- FOSFATO INORGANICO

**Quindi le variabili dipendenti sono:
PH, BE, HCO₃⁻**

...l'anormalità di una o più variabili indipendenti sottolinea un disturbo dell'equilibrio acido-base.

...l'aggiustamento delle variabili indipendenti è l'essenza degli interventi terapeutici, poiché nessuna variabili dipendente può essere cambiata primariamente o individualmente.

SID: Strong Ion Difference

Differenza tra la somma di tutti i cationi forti (*completamente dissociati: Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}*) e tutti gli anioni forti (*Cl e lattati*)

VALORE NORMALE DI SID

$$150 - 114 = +36 \text{ mEq/l}$$

TABLE 1
CLASSIFICATION OF PRIMARY ACID-BASE DISTURBANCES

	Acidosis	Alkalosis
I. Respiratory	$\uparrow P_{CO_2}$	$\downarrow P_{CO_2}$
II. Nonrespiratory (metabolic)		
1. Abnormal SID		
a. Water excess/deficit*	$\downarrow SID, \downarrow [Na^+]$	$\uparrow SID, \uparrow [Na^+]$
b. Imbalance of strong anions		
i. Chloride excess/ deficit [†]	$\downarrow SID, \uparrow [Cl^-]$	$\uparrow SID, \downarrow [Cl^-]$
ii. Unidentified anion excess [‡]	$\downarrow SID, \uparrow [XA^-]$	—
2. Nonvolatile weak acids		
a. Serum albumin	$\uparrow [Alb]^{\S}$	$\downarrow [Alb]$
b. Inorganic phosphate	$\uparrow [Pi]$	$\downarrow [Pi]^{\parallel}$

DISTURBI METABOLICI

TABLE 1
CLASSIFICATION OF PRIMARY ACID-BASE DISTURBANCES

	Acidosis	Alkalosis
I. Respiratory	↑ Pco ₂	↓ Pco ₂
II. Nonrespiratory (metabolic)		
1. Abnormal SID		
a. Water excess/deficit*	↓ SID, ↓ [Na ⁺]	↑ SID, ↑ [Na ⁺]
b. Imbalance of strong anions		
i. Chloride excess/ deficit†	↓ SID, ↑ [Cl ⁻]	↑ SID, ↓ [Cl ⁻]
ii. Unidentified anion excess‡	↓ SID, ↑ [XA ⁻]	—
2. Nonvolatile weak acids		
a. Serum albumin	↑ [Alb] [§]	↓ [Alb]
b. Inorganic phosphate	↑ [Pi]	↓ [Pi]

ACIDOSI DILUIZIONALE

Se c'è un eccesso di H₂O, questa diluirà i cationi da 150 a 100, ma la stessa quantità diluirà gli anioni da 114 a 86 con conseguente riduzione della SID da 36 a 14 e conseguente acidosi diluizionale.

Es: TURP SYNDROME

ACIDOSI DILUIZIONALE IPERCLOREMICA

In corso di rimpiazzo volêmico con soluzioni saline al 0.9%

ALCALOSI IPERCLOREMICA CONCENTRAZIONALE

Deriva sempre dal fatto che si concentrano di più gli anioni forti piuttosto che i cationi, generando una SID più alta, risultante in alcalosi

Es: USO DI DIURETICI

