



A Practical Approach to Blood Gas Analysis: technical execution and interpretation of clinical cases

16/12/2016

**Collegio Alessandro Volta
Pavia**



*Dr. Carmelo Sgarlata
University of Pavia*

*Department of Internal Medicine and Medical Therapy
FADOI*



PREMESSA

«**L'Equilibrio Acido-Base non è un tema ostico**, anche se i Medici vi si avvicinano con grandi difficoltà, determinate dalla errata impostazione nell'approccio iniziale durante la formazione giovanile. Il modello finora adottato per la didattica di questo importantissimo capitolo della Medicina ha sempre scoraggiato anche quelli animati da buona volontà, in quanto **il tema è stato reso complicato dall'equazione di Henderson-Hasselbalch** (utilizzata per l'insegnamento) **e dalla conseguente presenza dei logaritmi**, che hanno reso difficile la iniziale comprensione, creando la ben nota avversione»

LA PRODUZIONE DI ACIDI

- **L'organismo umano**, per effetto del suo metabolismo, **produce acidi in continuazione.**
- Una normale dieta provoca la formazione di 50-100 mEq di H⁺ nelle 24 ore. Basti pensare, infatti, semplicemente che l'acqua potabile, proveniente dal rubinetto, non ha pH 7, bensì pH 5 (l'acqua pura ha pH 7); il latte ha pH 6,6; la coca-cola ha pH 2,8; la soluzione fisiologica ha pH 7,04; la soluzione glucosata ha pH 4,55.

- **La maggiore preoccupazione del corpo umano, quindi, è quella di difendersi dalla acidità**, perché egli normalmente produce idrogenioni (H^+ , acidi) e non ossidrioni (OH^- , basi), per cui **l'acidosi è molto più frequente dell'alcalosi**.

- **La produzione di idrogenioni avviene in condizioni normali (fisiologiche)**, mentre l'alcalinità si crea solo per una situazione di patologia.
- Non bisogna dimenticare che **l'idrogeno è l'atomo presente in maggiore abbondanza nelle cellule** e che la maggiore quota dell'idrogeno è **sotto forma di acqua**

Gli acidi prodotti normalmente, però, prima di raggiungere gli **organi emuntori, passano nel sangue e questo passaggio, dalla produzione alla eliminazione, deve avvenire senza modificare la normale concentrazione idrogenionica**

"The most significant and the most conspicuous property of blood is the extraordinary ability to neutralize large amounts of acids or bases without losing its neutral reaction"

Henderson L.J. già nel 1908:

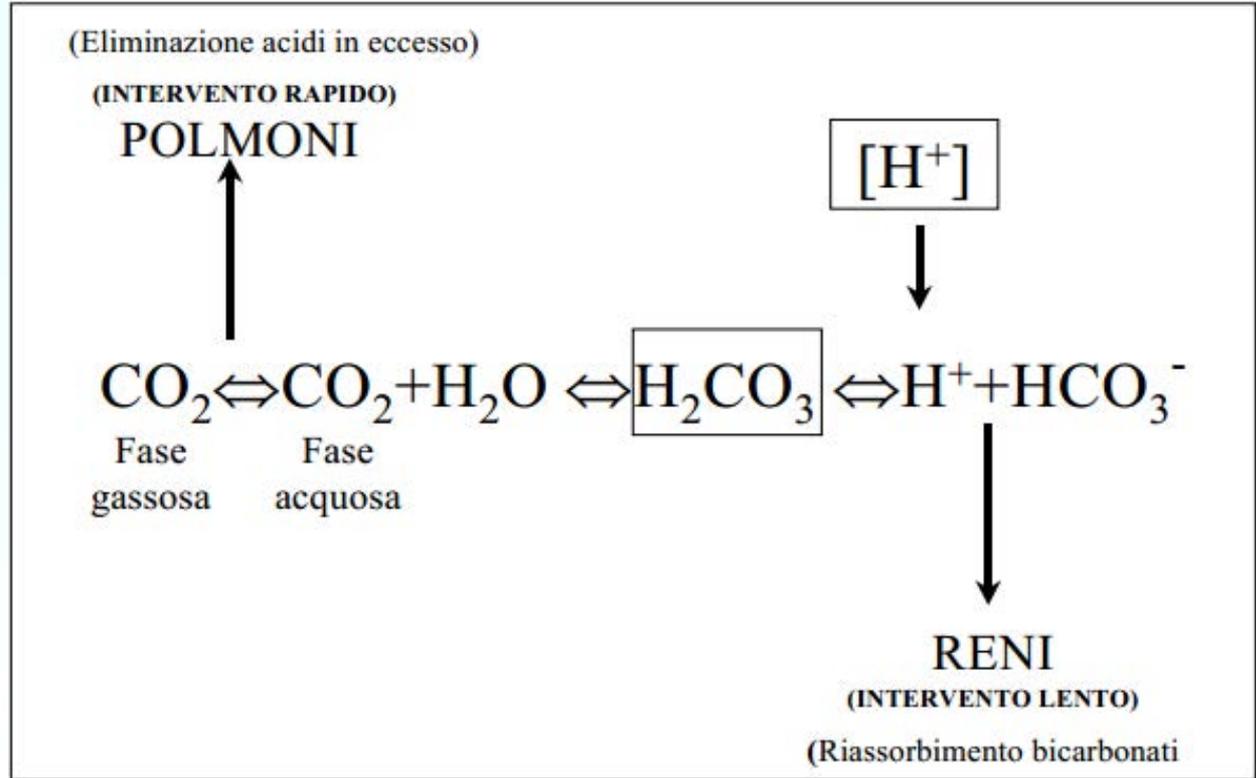
OMEOSTASI DELLA CONCENTRAZIONE IDRIOGENIONICA

Difese contro le variazioni della $[H^+]$

	<u>Tempo di azione</u>
1) Sistemi tampone acido-base	Frazioni di secondo
2) Polmoni: Ventilazione	1-15 minuti
3) Reni: eliminazione di urina acida o alcalina	ore-giorni

OMEOSTASI DELLA CONCENTRAZIONE IDRIOGENIONICA

I SISTEMI TAMPONE	
Bicarbonati / acido carbonico	65 %
Proteinati / proteine	35 %
Emoglobinati / emoglobina	< 1 %
Fosfato bibasico / fosfato monobasico	< 1 %



Sistema tampone BICARBONATO/ACIDO CARBONICO

- Il sistema tampone bicarbonato/acido carbonico è il più importante per tre motivi fondamentali :
 - uno, perché è presente in quantità maggiori rispetto agli altri;(Tab. 2)
 - due, perché è il più ubiquitario (fluido interstiziale, plasma, eritrociti, cellule, ossa);(Tab. 3)
 - tre, perché è l'unico sistema che ha due vie di sfogo: una, rapida, attraverso i polmoni trasformandosi in CO₂ (che viene eliminata immediatamente in pochi minuti) e l'altra trasformandosi in bicarbonato ed idrogenioni, i quali ultimi vengono eliminati con il rene (Tab. 4).

Sistemi tampone Compartimenti	Ac. Carbonico Bicarbonato	Fosfati	Proteine	Hb
Fluido Interstiziale	X			
Plasma	X	X	X	
Eritrociti	X	X		X
Cellule	X	X	X	
Ossa	X	X		

Il fondamentale segreto del suo successo è che l'acido carbonico è l'unico (tra tutti i sistemi tampone) ad avere una scappatoia all'esterno trasformandosi in qualche cosa di volatile (CO₂), mentre l'acqua residua non ha più valore dal punto di vista dell'equilibrio acido-base.

ACIDI PRODOTTI NELLE 24 ORE

Volatili

15 - 20.000 mEq

Acido carbonico
(H_2CO_3)

Non volatili

80 mEq

Acido solforico
Acido urico
Acido fosforico
Acido lattico
Acido citrico
Chetoacidi

Sistemi tampone corporei totali 2.400 mEq

Questa discrepanza tra acidi prodotti nelle 24 ore (15-20.000 mEq) e totale dei sistemi tampone corporei (2.400 mEq) fa intuire la necessità che i tamponi siano continuamente rinnovati nel corso della giornata

RINNOVO DEL POOL DEI TAMPONI ORGANICI

A questa funzione è deputato il rene con la sua attività di rigenerazione e riassorbimento dei bicarbonati.

IN SINTESI:

- Ai **tamponi organici** (basi) è affidato il ruolo di **emergenza ed istantaneità dell'intervento**
- **Al polmone** spetta il compito di eliminare gli **acidi volatili (CO₂)**
- Al **rene** compete quello di **eliminare gli acidi fissi e di recuperare i bicarbonati.**

OSSERVAZIONI

- Il rene collabora bene, però è più lento ad entrare in azione, ed impiega almeno 8-12 ore solo per dare inizio alla sua azione (se fosse solo per il rene moriremmo tutti nelle fasi acute).
- Una volta avviato il suo compenso, però, esso rimane stabile ed il suo contributo è determinante, in quanto se non ci fosse nel rene il recupero dei bicarbonati si assisterebbe al loro completo consumo in pochi giorni.



REASONS TO SAMPLE ARTERIAL BLOOD

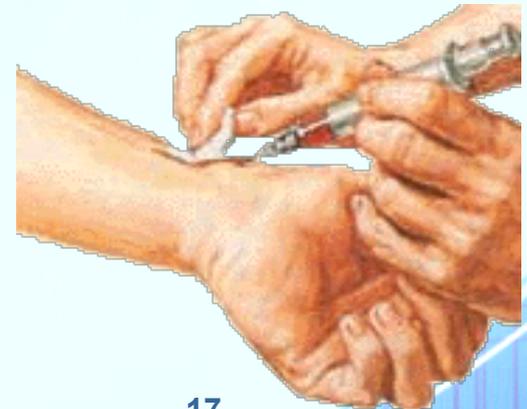
- Firmly establish the severity of an oxygenation abnormality (PaO_2 and FiO_2)
- To evaluate hyper- or hypoventilation
 - Currently no convenient noninvasive way of evaluating pCO_2
- To determine acid-base status (pH , Hco_3 , paCO_2), particularly in patients with metabolic acidosis (e.g., diabetic ketoacidosis) and compensations
- To track the application of mechanical ventilation in a critically ill patient



ABGs: What You Get

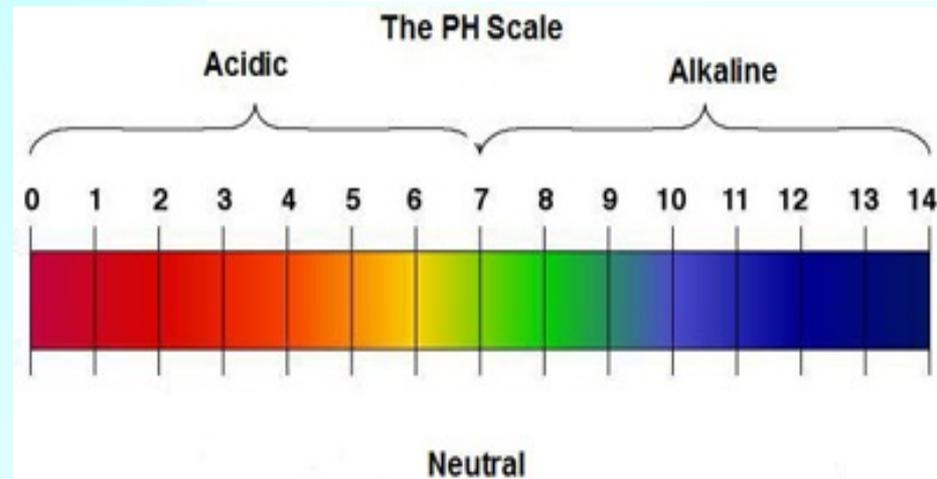
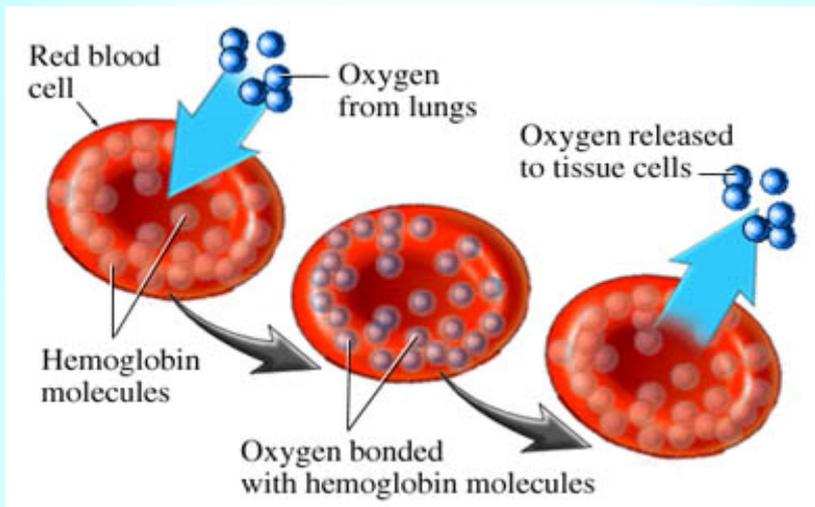
- Arterial PO₂
- Arterial PCO₂
- Arterial pH
- Hb
- Glucose
- Some electrolytes (e.g., Na⁺, K⁺, Ca⁺⁺)
- Lactate
- [HCO₃⁻]
- SaO₂
- Other assorted calculated results

In about 5 minutes...



An Organized Approach to ABG Interpretation

- Determining oxygenation abnormalities
- Determining acid-base status and evaluating compensations



Components of the Arterial Blood Gas

The arterial blood gas provides the following values:

pH

Measurement of acidity or alkalinity, based on the hydrogen (H^+) ions present.

The normal range is 7.35 to 7.45

Remember:

pH > 7.45 = alkalosis

pH < 7.35 = acidosis

PO₂

The partial pressure of oxygen that is dissolved in arterial blood.

The normal range is 80 to 100 mm Hg.

SaO₂

The arterial oxygen saturation.

The normal range is 95% to 100%.

pCO₂

The amount of carbon dioxide dissolved in arterial blood.

The normal range is 35 to 45 mm Hg.

Remember:

pCO₂ > 45 = acidosis

pCO₂ < 35 = alkalosis

HCO₃

The calculated value of the amount of bicarbonate in the bloodstream.

The normal range is 22 to 26 mEq/liter

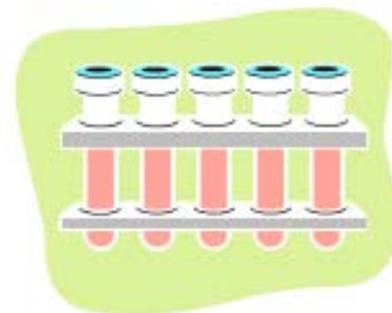
Remember:

HCO₃ > 26 = alkalosis

HCO₃ < 22 = acidosis

B.E.

The base excess indicates the amount of excess or insufficient level of bicarbonate in the system.



Arterial Puncture for Blood Gas Analysis

Shelly P. Dev, M.D., Melinda D. Hillmer, M.D., BSc.PhM., and Mauricio Ferri, M.D.

OVERVIEW

Radial arterial puncture for arterial blood gas analysis is a common procedure performed in adults. It is a fundamental skill that all medical trainees need to acquire.

INDICATIONS

Puncture of the radial artery is the preferred method of obtaining an arterial blood sample for blood gas analysis. The chief indication for blood gas analysis is the need to obtain values for the partial pressures of oxygen and carbon dioxide and for arterial pH. This information is needed in assessing a patient with acute, severe respiratory distress. Measurements of arterial pH and the partial pressures of carbon dioxide and oxygen provide accurate information on the status of acid-base balance and gas exchange. Another indication for arterial blood gas sampling is the need to perform CO-oximetry in order to assess for methemoglobinemia and carboxyhemoglobinemia.

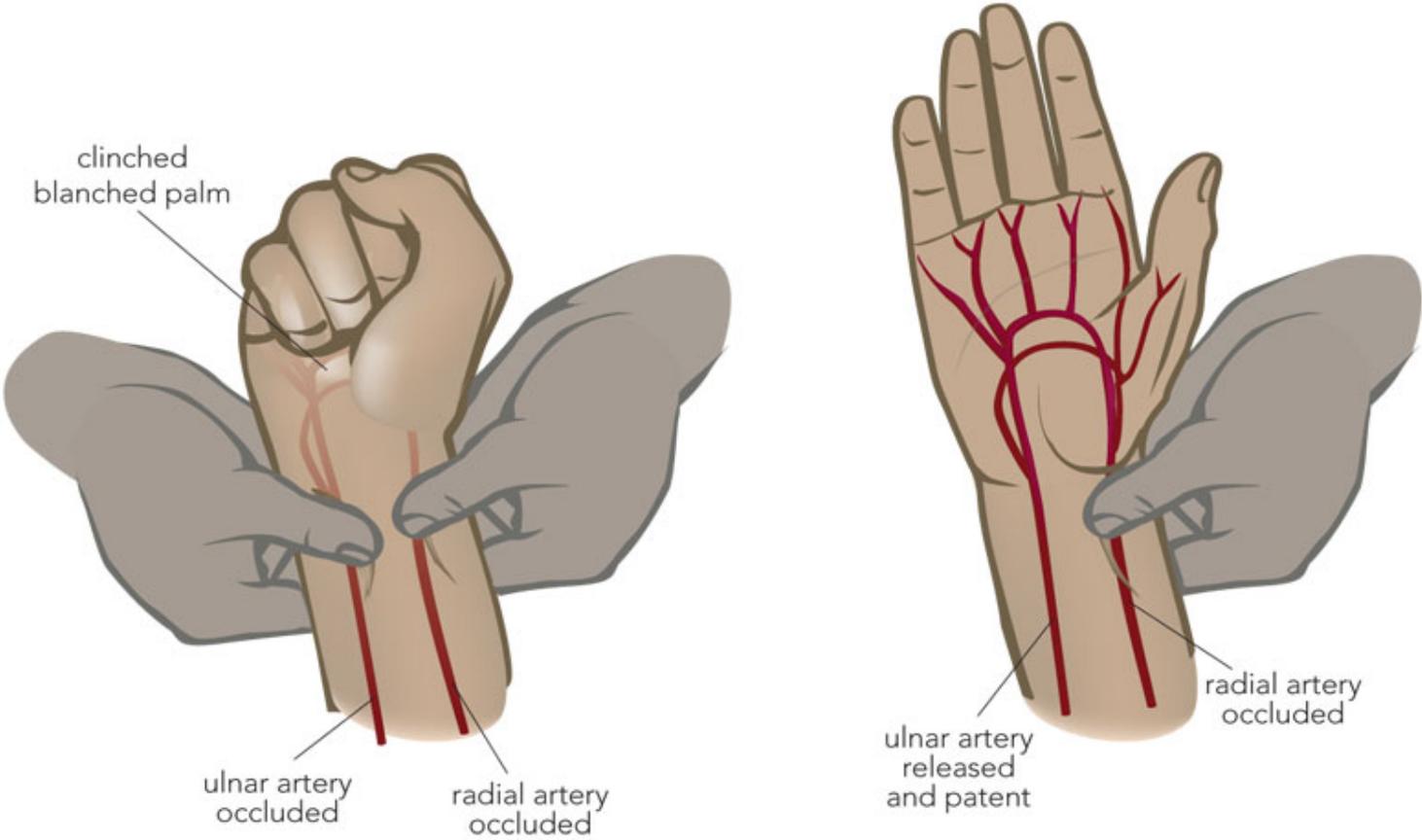
CONTRAINDICATIONS

Radial arterial puncture is contraindicated in the presence of a known deficiency of collateral circulation to the distal upper extremity. A modified Allen test can be performed to assess the adequacy of the collateral circulation of the radial artery by the ulnar artery (Fig. 1). To perform the test, occlude both the ulnar and radial arteries. Instruct the patient to make a fist to drain the blood from the hand; this should be done for approximately 30 seconds. Instruct the patient to unclench the fist. The patient's palm should appear blanched or pale. Now, release pressure only from the ulnar artery. Adequate collateral circulation is indicated by the return of normal color within 10 seconds.¹

There is no agreement as to whether the Allen test can accurately predict the risk of rare ischemic complications.² On the basis of current evidence, its use can be neither refuted nor supported. Alternative techniques to measure collateral circulation of the forearm include color Doppler studies of flow, plethysmography, and magnetic resonance imaging.³ These methods are more often used in assessing the radial artery for more invasive procedures, such as arterial harvesting for coronary bypass.

Radial arterial puncture should not be performed in patients with an overlying skin infection. In patients who are taking anticoagulants or in those with coagulopathies, it should be performed only if absolutely necessary, because of the increased risk of bleeding and hematoma formation.

Allen Test



LIMITATIONS of ABGs

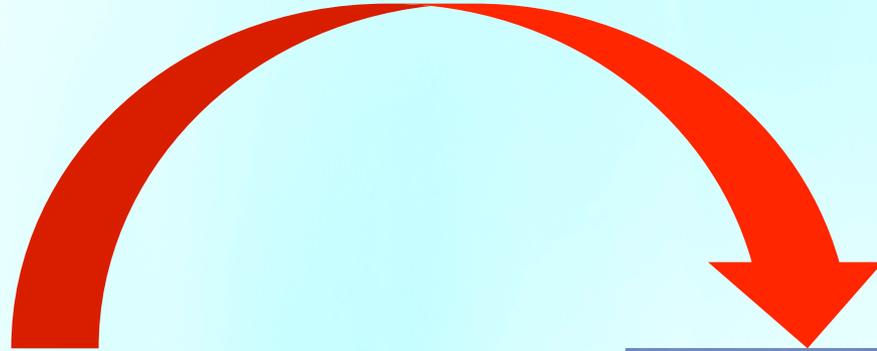
- ABGs measure gas partial pressures (tensions)
 - Remember: PO_2 is not the same as content! A severely anemic patient may have an oxygen content reduced by half while maintaining perfectly acceptable gas exchange and therefore maintaining pO_2
- Technical issues
 - They hurt
 - Sampling from a vein by mistake
 - Finding an arterial pulse can be difficult in very hypotensive patients
 - Complications such as arterial thrombosis are possible, but awfully rare

Technical execution



After a pulse is found, a blood sample is taken from the artery

ADAM.



foundation skills.net

MODERN DAY TRAINING FOR ALL MEDICAL PROFESSIONALS

Radial Artery Puncture

www.foundationskills.net

OPTI Medical OPTI R
Rapporto Paziente
22Mar13 12:39

ID Paz.:
Acc. Nr.:
N' Camp.:404

ACIDO/BASE 37.0°C

pH 7.343
PCO2 38.7 mmHg
PO2 ↓ 66.4 mmHg
tCO2 21.7 mmol/L
HCO3 20.5 mmol/L
BEecf -5.2 mmol/L

ELETTROLITI

Na+ 139.5 mmol/L
K+ 4.85 mmol/L
Ca++ 1.16 mmol/L

STATO EMOGLOBINA/OSSIGENO

tHb 12.4 g/dL
SO2 92.9 %
Hct(c) 37.1 %
SO2(c) 91.2 %
AaDO2 38.0 mmHg
P50(c) 26.6 mmHg

OPTI Medical OPTI R
Rapporto Paziente
22Mar13 13:12

ID Paz.:
Acc. Nr.:
N' Camp.:406

ACIDO/BASE 37.0°C

pH 7.255
PCO2 47.1 mmHg
PO2 ↓ 56.1 mmHg
tCO2 21.7 mmol/L
HCO3 20.3 mmol/L
BEecf -6.7 mmol/L

ELETTROLITI

Na+ ↓134.7 mmol/L
K+ 4.68 mmol/L
Ca++ ↓ 0.88 mmol/L

STATO EMOGLOBINA/OSSIGENO

tHb ↓ 11.1 g/dL
SO2 ↓ 89.3 %
Hct(c) 33.4 %
SO2(c) 87.8 %
AaDO2 44.6 mmHg
P50(c) 26.3 mmHg

OPTI Medical OPTI R
Rapporto Paziente
22Mar13 15:26

ID Paz.:
Acc. Nr.:
N' Camp.:414

ACIDO/BASE 37.0°C

pH 7.359
PCO2 37.6 mmHg
PO2 ↓ 70.0 mmHg
tCO2 21.9 mmol/L
HCO3 20.7 mmol/L
BEecf -4.7 mmol/L

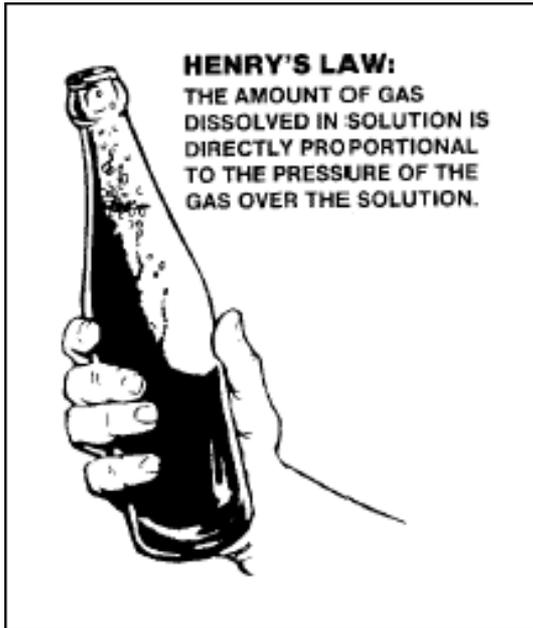
ELETTROLITI

Na+ 141.2 mmol/L
K+ 4.47 mmol/L
Ca++ 1.15 mmol/L

STATO EMOGLOBINA/OSSIGENO

tHb 12.5 g/dL
SO2 93.7 %
Hct(c) 37.5 %
SO2(c) 92.7 %
AaDO2 32.5 mmHg
P50(c) 26.8 mmHg

Henderson and Henderson-Hasselbalch equations:



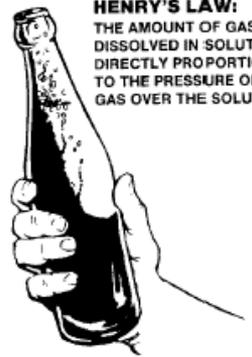
$$[H^+] = K \frac{[H_2CO_3]}{[HCO_3^-]}$$

$$[H^+] = K \frac{pCO_2}{HCO_3^-}$$



Equazione di Henderson-Hasselbalch

$$pH = pK + \log \frac{[HCO_3^-]}{[pCO_2]}$$



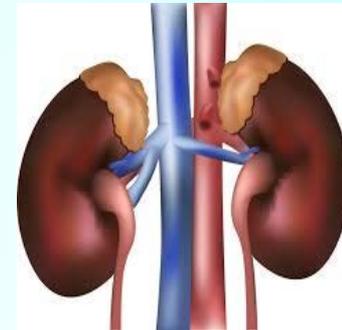
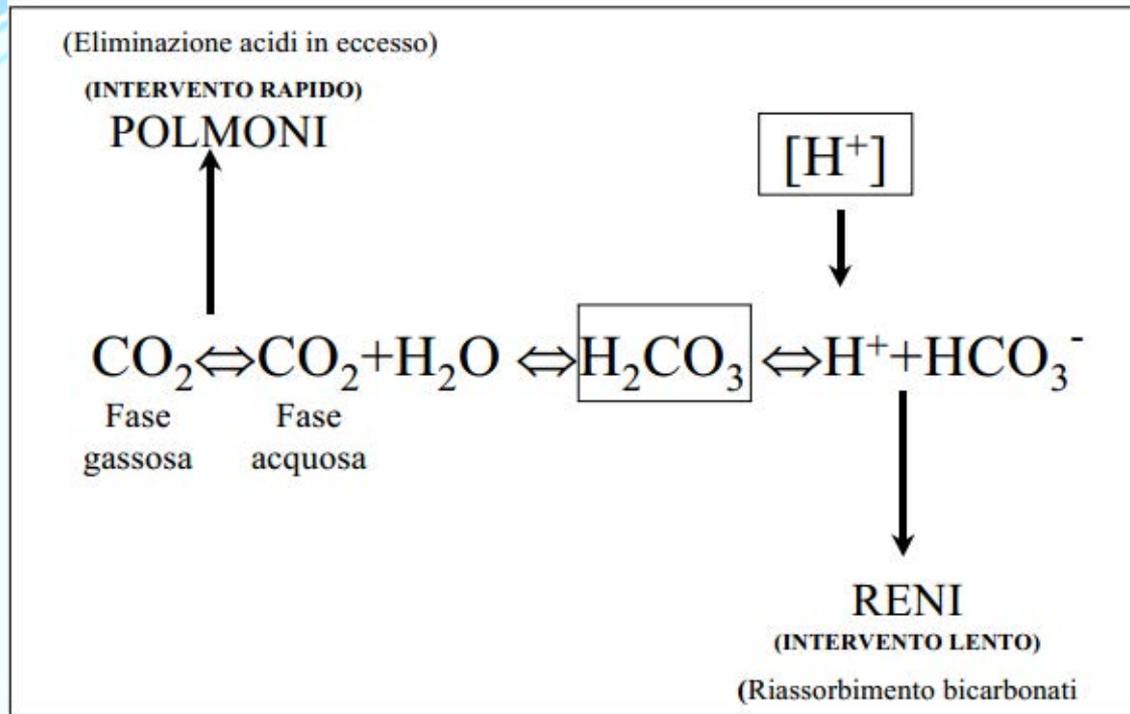
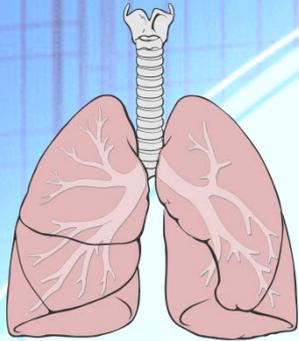
HENRY'S LAW:
THE AMOUNT OF GAS
DISSOLVED IN SOLUTION IS
DIRECTLY PROPORTIONAL
TO THE PRESSURE OF THE
GAS OVER THE SOLUTION.

Equazione di Henderson-Hasselbalch

$$pH = pK + \log \frac{[HCO_3^-]}{pCO_2}$$

La formula esprime chiaramente il concetto che **la concentrazione degli idrogenioni è espressa dal rapporto fra l'acido carbonico (H₂CO₃) ed i bicarbonati (HCO₃⁻) in base ad una costante K** che, nel caso specifico, è numericamente 800. In fondo, però, **l'acido carbonico non è altro che una CO₂ disciolta in acqua** (CO₂ + H₂O = H₂CO₃) e tra le due sostanze (anidride carbonica ed acido carbonico) vi è una correlazione perfettamente lineare in base alla **legge di Henry** : "La quantità di un gas fisicamente disciolto in una soluzione è direttamente proporzionale alla sua pressione parziale".

$$[H^+] = \frac{\text{Polmone}}{\text{Rene}} = \frac{\text{Componente respiratoria}}{\text{Componente metabolica}}$$

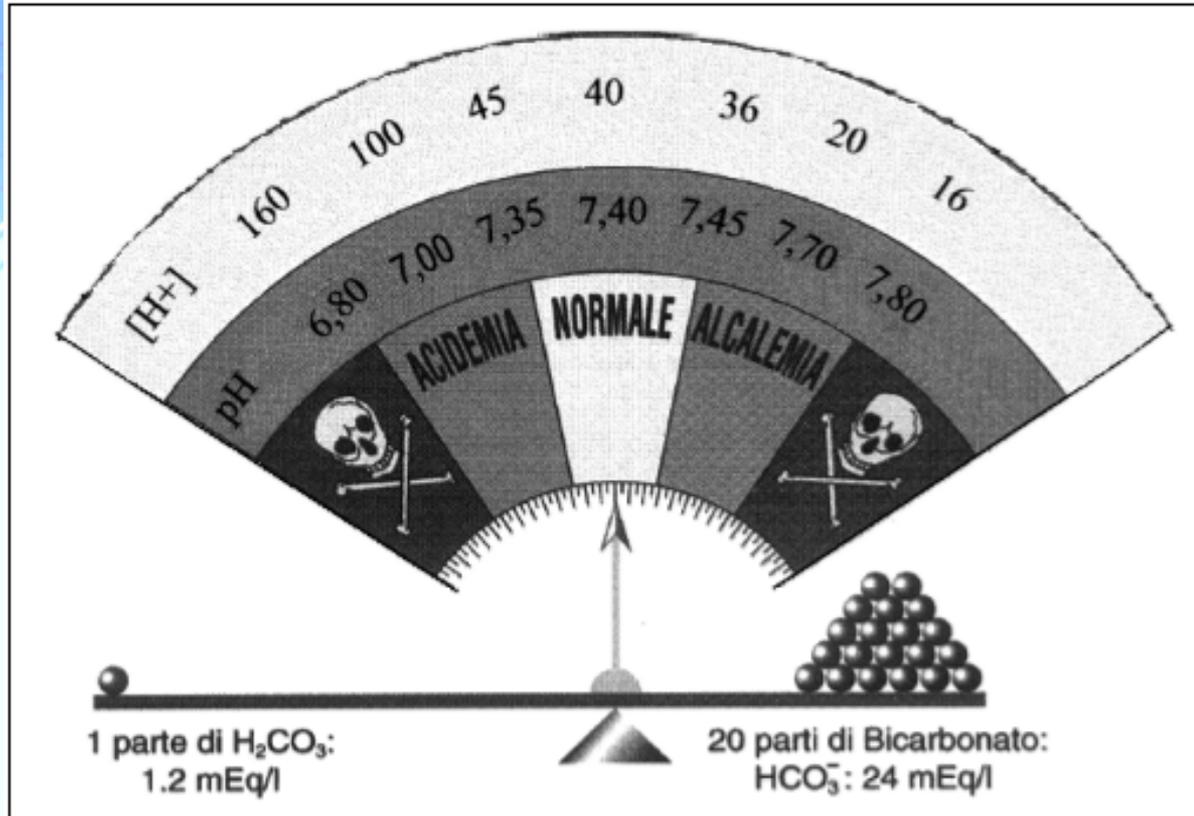


Dal momento che a regolare la pressione dell'anidride carbonica è deputato il POLMONE ed a regolare la concentrazione del bicarbonato è deputato il RENE...



IL CONCETTO DI COMPENSO

- In termini numerici, il mantenimento della concentrazione idrogenionica nel range di normalità dipende dal rapporto fra una parte di acido carbonico (1,2 mEq/L) e venti parti di bicarbonato (24 mEq/L) (Fig. 1), con la costante di dissociazione (K) uguale ad 800. L'acido carbonico, come abbiamo visto, può essere espresso anche come pCO₂ (40 mmHg che moltiplicati per il coefficiente di solubilità 0,03 danno appunto 1,2



La condizione di equilibrio (cioè la concentrazione idrogenionica normale) è data da un rapporto 1 : 20 tra i due piatti della bilancia, cioè tra numeratore e denominatore. Se questo rapporto viene mantenuto, la concentrazione idrogenionica rimarrà normale, indipendentemente dai valori numerici presenti al numeratore e al denominatore : se essi aumentano (o diminuiscono) in maniera corrispondente, il risultato della frazione rimane costante :

$$7 = 14/2 \text{ ma anche } 21/3 = 7$$

- **Questo fatto ci aiuta a capire che, nella lettura dell'emogasanalisi, è importante leggere bene entrambi i valori della pCO₂ e dei bicarbonati, mentre non è affidabile leggere solo il pH o la sola concentrazione idrogenionica, che possono essere fallaci.**

COMPENSI

Se ho una quantità eccessiva di H^+ , devo eliminarli per ritrovare le condizioni di equilibrio, oppure posso temporaneamente aumentare la quantità di bicarbonati. In questo caso l'equilibrio deve poi essere ripristinato mediante l'eliminazione definitiva degli idrogenioni :

1) incorporati sotto forma di H_2O

2) combinati al tampone fosfato od ai tamponi organici (acidità titolabile)

3) sotto forma di ioni ammonio (NH_4^+) principalmente NH_4Cl .

COMPENSO RENALE E RESPIRATORIO AI DISTURBI PRIMARI DELL'EQUILIBRIO ACIDO-BASE NELL'UOMO

DISORDINE	ALTERAZIONE PRIMITIVA	RISPOSTA COMPENSATORIA PREVISTA	LIMITI
Acidosi metabolica	↓ [HCO ₃]	Diminuzione di 1,2 mmHg della pCo ₂ per ogni mEq/l di caduta dei bicarbonati [HCO ₃]	10-15 mmHg
Alcalosi metabolica	↑ [HCO ₃]	Aumento di 0,7 mmHg della pCo ₂ per ogni mEq/l di aumento dei bicarbonati [HCO ₃]	55 mmHg
Acidosi respiratoria	↑ pCo ₂		
- Acuta		Aumento di 1 mEq/l dei bicarbonati [HCO ₃] per ogni 10 mmHg di aumento della pCo ₂	30 mEq/l
- Cronica		Aumento di 3,5 mEq/l dei bicarbonati [HCO ₃] per ogni 10 mmHg di aumento della pCo ₂	45 mEq/l
Alcalosi respiratoria	↓ pCo ₂		
- Acuta		Riduzione di 2 mEq/l dei bicarbonati [HCO ₃] per ogni 10 mmHg di diminuzione della pCo ₂	18 mEq/l
- Cronica		Riduzione di 4 mEq/l dei bicarbonati [HCO ₃] per ogni 10 mmHg di diminuzione della pCo ₂	12-15 mEq/l

DALLA SEMPLICITA' DI HENDERSON ALLA COMPLESSITA' DI HASSELBALCH

Equazione di Henderson

$$[H^+] = K \frac{[pCO_2]}{[HCO_3^-]}$$

Equazione di Henderson-Hasselbalch

$$pH = pK + \log \frac{[HCO_3^-]}{[pCO_2]}$$

L'equazione di Henderson (1909) che non presenta logaritmi, già esprimeva benissimo tutti i rapporti esistenti all'interno del complesso sistema acido-base

- Poi Bjerrum N. (1879-1958, Professore universitario di Veterinaria ed Agricoltura) introdusse i logaritmi in questa equazione e Hasselbalch K. A. (1874-1962) vi apportò (1917) il concetto di pK e li trasferì in Chimica, in Biochimica e poi anche in Medicina. Nacque, così, quella che nel mondo universitario veterinario e dell'agricoltura viene ricordata come equazione di Bjerrum ed in campo medico è diventata la famigerata equazione di Henderson-Hasselbalch.

LA PARABOLA DEI CIECHI DI PIETER BRUEGEL IL VECCHIO:



Lo studio dell'equilibrio acido-base può fare riferimento, invece, alla sola equazione di Henderson

Equazione di Henderson
$[H^+] = K \frac{[pCO_2]}{[HCO_3^-]}$
Equazione di Henderson-Hasselbalch
$pH = pK + \log \frac{[HCO_3^-]}{[pCO_2]}$

La lettura dell'equazione di Henderson consente di capire subito che più alta è la pCO₂, più alta è la concentrazione idrogenionica, con un rapporto diretto e lineare.

Al contrario con la formula di Hasselbalch bisogna fare i ragionamenti all'inverso : se aumenta la pCO₂ diminuisce il pH, il che significa che aumentano gli idrogenioni.

- **Nell' organismo non ci sono i logaritmi della concentrazione degli idrogenioni ma ci sono gli idrogenioni, né l'organismo sa calcolare i logaritmi (come anche la maggior parte di noi medici).**

Vi immaginate cosa sarebbe successo se, a proposito del diabete, non ci avessero insegnato che la glicemia dipende dall'azione del glucagone e quella dell'insulina (Formula):

$$\text{Glicemia} = \frac{\text{glucagone}}{\text{insulina}}$$

ma ci avessero detto che il pGluc (logaritmo negativo in base 10 della concentrazione di glucosio) è dato dal pK (logaritmo negativo in base 10 della costante di dissociazione) più il logaritmo della concentrazione dell'insulina fratto la concentrazione del glucagone (equazione successiva) :

$$pGluc = pK + \log \frac{[Insulina]}{[Glucagone]}$$

Sono sicuro che nessuno di noi avrebbe studiato
e capito anche il diabete.

ECCESSO DI BASI

- Le modificazioni delle basi ematiche sono dette eccesso o deficit di basi.
- Quando diciamo che un paziente ha un eccesso di basi di meno dieci "significa" che questo paziente ha un eccesso di acido metabolico (acidosi) di 10 mEq/L.

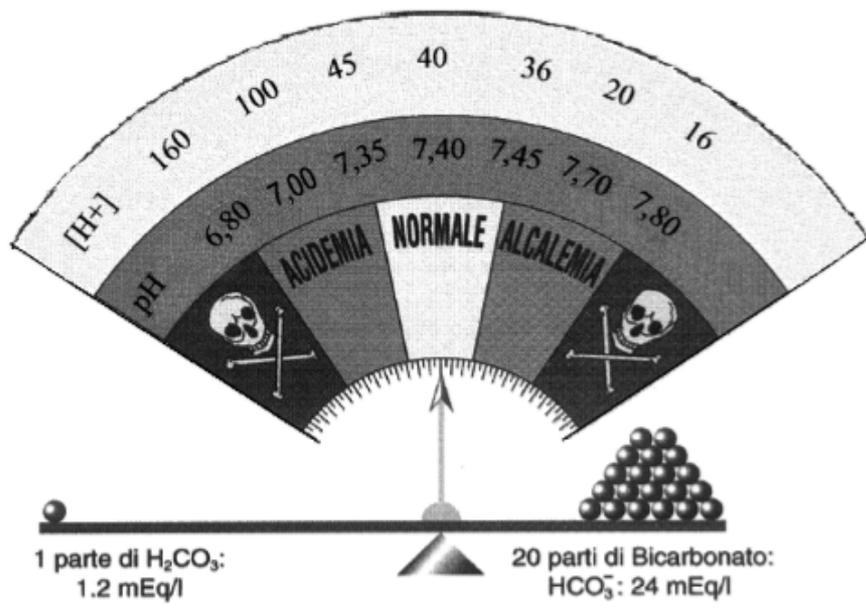
- The predominant base contributing to base excess is bicarbonate. Thus, a deviation of serum bicarbonate from the reference range is ordinarily mirrored by a deviation in base excess. However, base excess is a more comprehensive measurement, encompassing all metabolic contributions.

Base Excess / Base Deficit

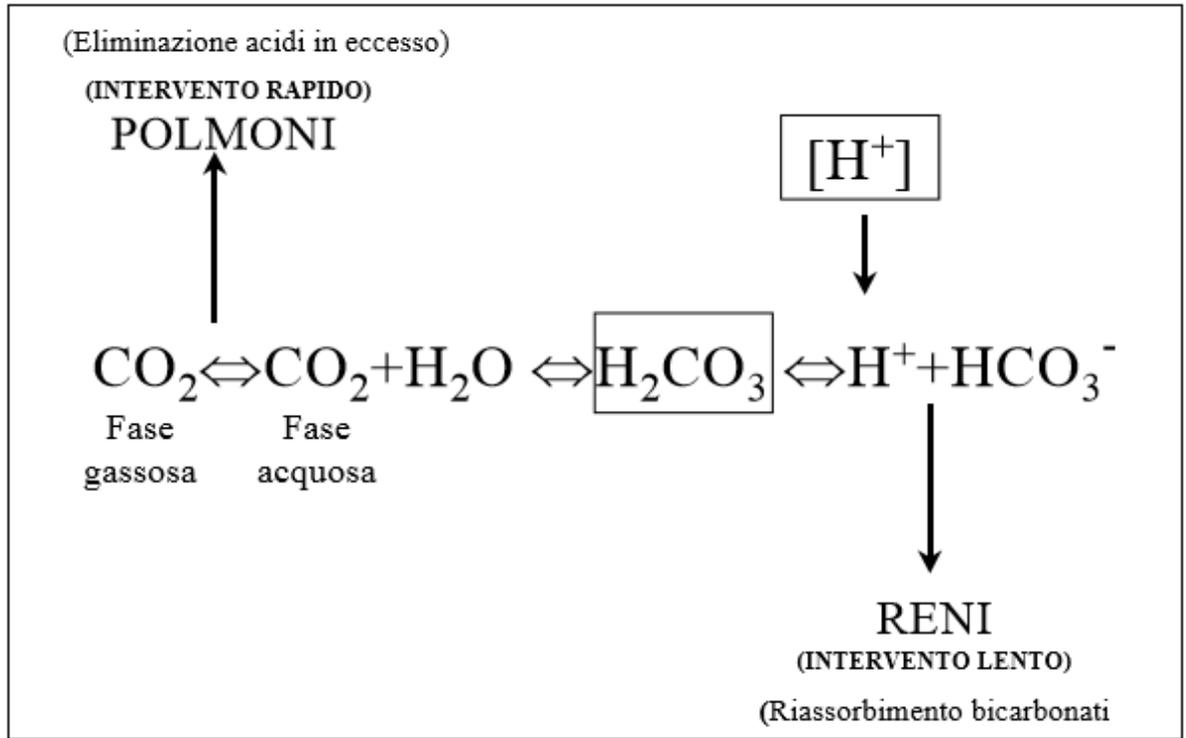
- Calculation of the base excess or deficit is a way of quantifying HCO_3^- .
- Base excess is the quantity of base (HCO_3^- , in mEq/L) that is above or below the normal range of buffer base in the body (22 -28 mEq/L). This cannot be calculated from PCO_2 and pH as the hemoglobin also contributes to the buffer base. One can use the Siggaard-Andersen nomogram to estimate base excess or deficit.

L'equilibrio acido-base è un argomento semplice se studiato con l'equazione di Henderson senza i logaritmi e memorizzato con tre schemi.

[H+] nel sangue = 0,0004 mEq/L = 40 nEq/L.
• pH = log 1/40 nEq.



$$[H^+] = \frac{\text{polmone}}{\text{rene}}$$



OPTI Medical OPTI R
Rapporto Paziente
22Mar13 12:39

ID Paz.:
Acc. Nr.:
N' Camp.:404

ACIDO/BASE 37.0°C

pH	7.343	
PCO2	38.7	mmHg
PO2	↓ 66.4	mmHg
tCO2	21.7	mmol/L
HCO3	20.5	mmol/L
BEecf	-5.2	mmol/L

ELETTROLITI

Na+	139.5	mmol/L
K+	4.85	mmol/L
Ca++	1.16	mmol/L

STATO EMOGLOBINA/OSSIGENO

tHb	12.4	g/dL
SO2	92.9	%
Hct(c)	37.1	%
SO2(c)	91.2	%
AaDO2	38.0	mmHg
P50(c)	26.6	mmHg

OPTI Medical OPTI R
Rapporto Paziente
22Mar13 13:12

ID Paz.:
Acc. Nr.:
N' Camp.:406

ACIDO/BASE 37.0°C

pH	7.255	
PCO2	47.1	mmHg
PO2	↓ 56.1	mmHg
tCO2	21.7	mmol/L
HCO3	20.3	mmol/L
BEecf	-6.7	mmol/L

ELETTROLITI

Na+	↓ 134.7	mmol/L
K+	4.68	mmol/L
Ca++	↓ 0.88	mmol/L

STATO EMOGLOBINA/OSSIGENO

tHb	↓ 11.1	g/dL
SO2	↓ 89.3	%
Hct(c)	33.4	%
SO2(c)	87.8	%
AaDO2	44.6	mmHg
P50(c)	26.3	mmHg

OPTI Medical OPTI R
Rapporto Paziente
22Mar13 15:26

ID Paz.:
Acc. Nr.:
N' Camp.:414

ACIDO/BASE 37.0°C

pH	7.359	
PCO2	37.6	mmHg
PO2	↓ 70.0	mmHg
tCO2	21.9	mmol/L
HCO3	20.7	mmol/L
BEecf	-4.7	mmol/L

ELETTROLITI

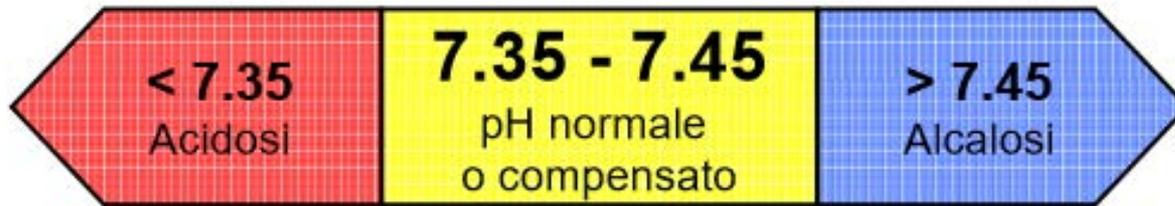
Na+	141.2	mmol/L
K+	4.47	mmol/L
Ca++	1.15	mmol/L

STATO EMOGLOBINA/OSSIGENO

tHb	12.5	g/dL
SO2	93.7	%
Hct(c)	37.5	%
SO2(c)	92.7	%
AaDO2	32.5	mmHg
P50(c)	26.8	mmHg

L'EGA NORMALE

	arteriosa	venosa	
pH	7.38 – 7.42	7.32 – 7.38	
pCO ₂ mmHg	36 – 44	42 – 50	
HCO ₃ ⁻	22 – 26	23 – 27	mEq/l
BE	+2 - -2		



Acidemia

Alcalemia

paCO₂: pressione parziale di anidride carbonica



Alcalosi respiratoria

o

Risposta a acidosi metabolica

Acidosi respiratoria

o

Risposta a alcalosi metabolica

Bicarbonati

HCO₃: la concentrazione degli ioni bicarbonato viene calcolata in base a PaCO₂ e pH



Acidosi metabolica

o

Risposta a alcalosi respiratoria

Alcalosi metabolica

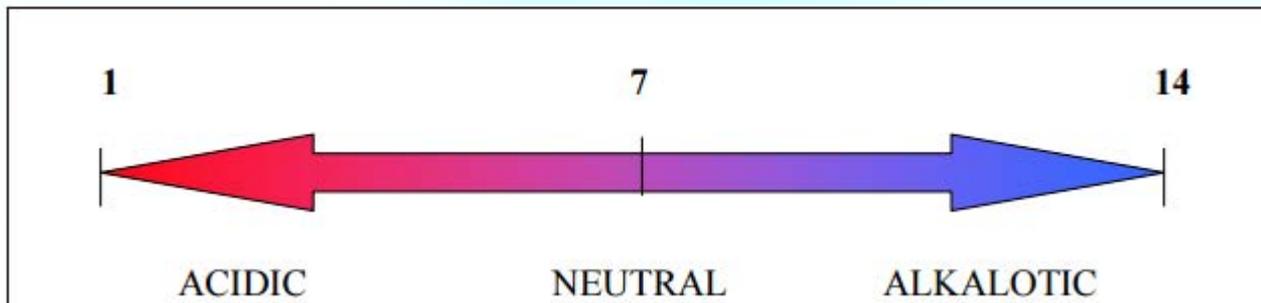
o

Risposta a acidosi respiratoria

nei disturbi metabolici primari HCO₃ e pH si modificano nella stessa direzione

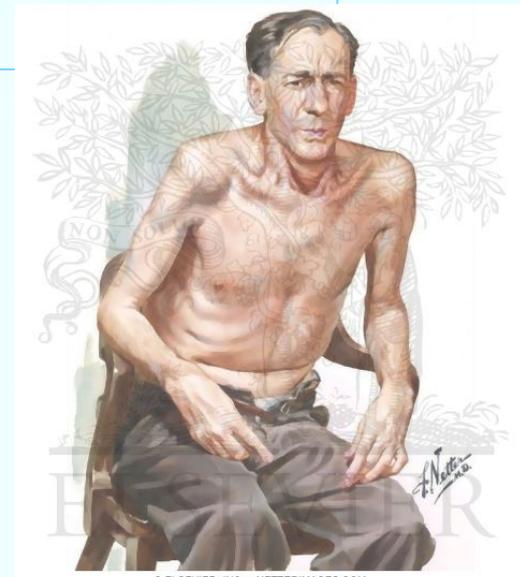
Examples:

PH	PCO2	PaO2	HCO3-
7.10	95	33	29
7.34	67	44	35
7.55	23	100	20
7.43	30	83	20
7.49	48	70	36



Case 1

- Male 80 years, COPD exacerbation in antibiotic therapy with quinolone, oral anticoagulation for atrial fibrillation, admitted for increasing dyspnea



PA 140/80 mmHg
HR 120 AR
Sat O2 94% room air
RR 25 / min

Arterial Blood gas:

- PaO₂ 70 mmHg
- pH 7.21
- PaCO₂ 63.3 mmHg
- HCO₃⁻ 24.8

Started CPAP 5 cmH₂O FI 30%

after 1 h

- PaO₂ 71 mmHg
- pH 7.29
- PaCO₂ 52 mmHg
- HCO₃⁻ 24.8



PaO₂ 70 mmHg

pH 7.21

PaCO₂ 63.3 mmHg

HCO₃⁻ 24.8

Case 2

- Insulin-dependent diabetic of 70 aa, dyspnea and altered consciousness from 6 hours, ischemic heart disease.
- PaO₂ 105 mmHg
- pH 7.15
- PaCO₂ 23.2 mmHg
- HCO₃⁻ 7.9 mEq/L
- Blood glucose 320 mg/dl

Started HCO₃⁻ infusion 1 mmEq/ml/min

After 1 h:

- PaO₂ 96 mmHg
- pH 7.29
- PaCO₂ 20 mmHg
- HCO₃⁻ 10.3 mmEq/L

PaO₂ 105 mmHg
pH 7.15
PaCO₂ 23.2 mmHg
HCO₃⁻ 7.9 mEq/L

References:

Arterial Puncture for Blood Gas Analysis. Shelly P. Dev, M.D., Melinda D. Hillmer, M.D., BSc.PhM., and Mauricio Ferri, M.D. N Engl J Med 2011; 364:e7.

[February 3, 2011](https://doi.org/10.1056/NEJMvcm0803851) DOI: 10.1056/NEJMvcm0803851

Post-test.

1. The solution that would be most alkalotic would be the one with a pH of:
A. Four
B. Seven
C. Nine
➔ D. Fourteen
2. The normal pH range for blood is:
A. 7.00 – 7.25
B. 7.30 – 7.40
➔ C. 7.35 – 7.45
D. 7.45 – 7.55
3. The respiratory system compensates for changes in the pH level by responding to changes in the levels of:
➔ A. CO_2
B. H_2O
C. H_2CO_3
D. HCO_3
4. The kidneys compensate for acid-base imbalances by excreting or retaining:
A. Hydrogen ions
B. Carbonic acid
➔ C. Sodium Bicarbonate
D. Water
5. All of the following might be a cause of respiratory acidosis except:
A. Sedation
B. Head trauma
C. COPD
➔ D. Hyperventilation

pH 7.38 pCO₂ 38 HCO₃ 24

- A. Respiratory alkalosis
- B. Normal
- C. Metabolic Alkalosis
- D. None of the above

pH 7.21 pCO₂ 60 HCO₃ 24

- A. Normal
- B. Respiratory acidosis without compensation
- C. Metabolic acidosis with partial compensation
- D. Respiratory acidosis with complete compensation

pH 7.48 pCO₂ 28 HCO₃ 20

- A. Respiratory alkalosis with partial compensation
- B. Respiratory alkalosis with complete compensation
- C. Metabolic alkalosis without compensation
- D. Metabolic alkalosis with complete compensation

Bibliography

- *Bowers, B., (2009). Arterial Blood Gas Analysis: An Easy Learning Guide. Primary Health Care, 19 (7), 11. Coggon, J.M. (2008).*
- *Arterial blood gas analysis 1: understanding ABG reports. Nursing Times, 104 (18), 28-9. Coggon, J.M.(2008).*
- *Arterial blood gas analysis: 2: compensatory mechanisms. Nursing Times, 104 (19), 24-5. Dunford, F. (2009). Book reviews.*
- *Arterial blood gas analysis: an easy learning guide. New Zealand Journal of Physiotherapy, 37 (2), 97. Greaney, B. (2008). Book mark. Arterial blood gas analysis: an easy learning guide. Emergency Nurse, 16 (7), 6. Lawes, R. (2009).*
- *Body out of balance: understanding metabolic acidosis and alkalosis. Nursing, 39 (11), 50-4. Lynch, F. (2009).*
- *Arterial blood gas analysis: implications for nursing. Paediatric Nursing, 21 (1), 41-4. Palange, P., Ferrazza, A.M.(2009).*
- *A simplified approach to the interpretation of arterial blood gas analysis. Breathe, 6 (1), 15-22 .*