

Acidobase: De lo simple a lo complejo

Pablo Saborío Chacón
Nefrólogo Pediatra

Objetivos Educativos

- Comprender los conceptos sobre: pH, ecuación de Henderson Hasselbach, trastornos acidobase primarios, límites de compensación para cada trastorno, hiato aniónico, hiato osmolar, así como hiato delta.

pH y Concentración de Ión Hidronio

- Valor normal: 40 nmol/L = pH 7.4
- Cada aumento de 1 en pH, disminuye ión hidronio 10 veces y viceversa.
- Cada aumento de 0.01 en pH, disminuye ión hidronio 1 veces y viceversa
- (Válido entre pH que oscilen entre 7.1 a 7.5)

Ecuación Henderson-Hasselbalch

- $\text{pH} = \text{pk} + \log (\text{HCO}_3 / 0.03 \times \text{pCO}_2)$
- $\text{H}^+ = 24 \times \text{pCO}_2 / \text{HCO}_3$.

El Mantra

- $\text{pH} = \text{pk} + \log \text{HCO}_3/\text{CO}_2$
- Acidez = Bicarbonato / Dióxido de carbono
- Posibilidades:
 - Aumento de bicarbonato: Alcalosis metabólica
 - Baja de bicarbonato: Acidosis metabólica
 - Aumento de CO_2 : Acidosis respiratoria
 - Baja de CO_2 : Alcalosis respiratoria.

Compensaciones

Disorder	Primary disturbance / Compensation	How to predict compensation
<i>Metabolic acidosis</i>	<i>decrease in bicarbonate decrease in carbon dioxide</i>	$CO_2 = 1.5 \times HCO_3 + 8 \pm 2$ <i>Winter's formula</i>
<i>Metabolic alkalosis</i>	<i>increase in bicarbonate increase in carbon dioxide</i>	CO_2 increases 0.7 for every 1 mmol increase in HCO_3
<i>Respiratory acidosis</i>	<i>increase in carbon dioxide increase in bicarbonate</i>	Acute: HCO_3 increases 1 for every 10 mmHg of CO_2 Chronic: HCO_3 increases 3 for every 10 mmHg of CO_2
<i>Respiratory alkalosis</i>	<i>decrease in carbon dioxide decrease in bicarbonate</i>	Acute: HCO_3 decreases 2 for every 10 mmHg of CO_2 Chronic: HCO_3 decreases 4 for every 10 mmHg of CO_2

Tips

- En los trastornos metabólicos el pH, HCO_3 y pCO_2 se mueven en una misma dirección.
- En los trastornos respiratorios el pH, HCO_3 y pCO_2 se mueven en direcciones diferentes.

Hiato Aniónico

- Mide el exceso de aniones sanguíneos y determina si son debidos al cloro o no.
- $\text{Hiato Aniónico} = \text{Na} - (\text{Cl} + \text{HCO}_3)$
- Valor normal : 8 – 12.
- En pacientes con hipoalbuminemia la fórmula se readecúa:
- $\text{Hiato Aniónico} = \text{Na} - (\text{Cl} + \text{HCO}_3) + 2.5 \times (4.4 - \text{albúmina del pte})$

Acidosis Metabólica con Hiato Aniónico elevado

- C etoacidosis Diabética
- A spirina
- M etanol
- I nsuficiencia Renal Aguda
- L - Acidosis Láctica
- O xoprolina
- G licoles
- D – Acidosis Láctica

Acidosis Metabólica con Hiato Aniónico normal

- Causas:
- Pérdidas por T.G.I: diarrea, drenos
- Pérdidas renales: Acidosis tubular Renal.

Alcalosis Metabólica (causas)

- Asociada a depleción de volumen (Cl)
- Vómito y succión gástrica
- Uso de diuréticos de asa y tiazidas
- Alcalosis posthipercápnica
- Asociada a hipercorticismo
- Síndrome de Cushing
- Aldosteronismo primario
- Síndrome de Bartter
- Depleción grave de potasio
- Ingestión excesiva de alcalinos
- Aguda
- Síndrome de leche y alcalinos

Causas de Acidosis Respiratoria

- **Ventilación alveolar inadecuada, depresión central respiratoria & otros Problemas de SNC**
- Drogas: opiáceos, sedantes, anestésicos.
- Trauma de SNC, infartos, hemorragia o tumor.
- Hipoventilación por obesidad.
- Trauma de columna cervical.
- Poliomielitis
- Tétanos
- Paro cardíaco con hipoxia cerebral.

Causas de Acidosis Respiratoria

- ***Trastornos musculares o nerviosos.***
- Síndrome de Guillain-Barre
- Miastenia gravis
- **Uso de relajantes musculares.**
- Toxinas: e organofosforados, veneno de serpiente
- Miopatías

Causas de Acidosis Respiratoria

- ***Defectos Pulmonares o de Pared Torácica***
- Trauma de Tórax.
- Neumotórax
- Parálisis Diafragmática
- Edema Pulmonar
- Enfermedad Pulmonar Restrictiva
- Aspiración

Alcalosis Respiratoria (Causas)

- **Inhibición del centro respiratorio bulbar.**
- Drogas: opiáceos, anestésicos, sedantes, oxígeno en hipercapnia crónica.
- Lesiones de SNC (raras) y paro cardíaco.
- **Trastornos de músculos respiratorios y pared torácica.**
- Debilidad muscular: miastenia, parálisis periódica familiar, poliomielitis, esclerosis lateral amiotrófica, aminoglucósidos. Escoliosis, obesidad.

Alcalosis Respiratoria (Causas)

- Trastornos de intercambio gaseoso en pared alveolar.
- Enfermedad pulmonar intrínseca difusa: bronquitis, asma grave, enfisema, edema agudo pulmonar, asfixia.

Hiato Osmolar

- Osmolaridad Calculada = $(2 \times \text{Na}) + (\text{BUN} / 2.8) + (\text{Glucosa} / 18)$
- **Hiato Osmolar** = Osmolaridad Calculada – Osmolaridad Medida.
- Valor normal: < 10 .

Bicarbonato antes...

- Se calcula en pacientes con acidosis metabólica para conocer sus niveles de bicarbonato previo al trastorno.
- Bicarbonato antes= HCO_3 actual + (HA -12).

Cómo Interpretar Gases Arteriales

Paso I. Historia Clínica y Examen Físico

Clinical conditions associated with specific acid–base disorders:

Vomiting	Metabolic alkalosis
Diarrhea	Metabolic alkalosis Metabolic acidosis (normal anion gap)
Severe diarrhea	Metabolic acidosis
Diuretic therapy	Metabolic alkalosis
Sepsis	Respiratory alkalosis Metabolic acidosis
Hypotension, low cardiac output states, severe anemia.	Metabolic (lactic) acidosis
Cirrhosis	Respiratory alkalosis
Renal failure	Metabolic acidosis
Diabetic ketoacidosis	Metabolic acidosis (wide anion gap) at presentation. A normal anion gap metabolic acidosis often develops during therapy.
Severe COPD; see also conditions listed under ‘causes of hypoventilation’ (00.00)	Respiratory acidosis

(continued)

Pregnancy	Respiratory alkalosis
Hypoxemia	Respiratory alkalosis or acidosis depending on whether there is type 1 or type 2 respiratory failure respectively. Metabolic (lactic) acidosis if hypoxemia severe.
Pneumonia (reflex hyperventilation)	Respiratory alkalosis
ALI/ARDS (reflex hyperventilation)	Respiratory alkalosis
Asthma exacerbation	Respiratory alkalosis (respiratory acidosis when respiratory muscle fatigue occurs)
Pulmonary thromboembolism	Respiratory alkalosis
Seizures	Metabolic acidosis (lactic acidosis)
Cyanide, CO poisoning	Metabolic acidosis (lactic acidosis due to histotoxic hypoxia)
Biguanide, INH therapy	Metabolic acidosis (lactic acidosis)
Antibiotic therapy	Metabolic acidosis (D-lactic acidosis)
Renal tubular acidosis	Metabolic acidosis (normal anion gap)

Paso II. Autenticar datos

- Ejemplo: Son los siguientes gases auténticos?
- pH: 7.32, pCO₂: 32, HCO₃: 16.
- $H^+ = 24 \times 32/16 = 48$.
- $7.4 - (8 \times 0.01) = 7.32$
- R/ Los gases son auténticos.

Paso III. Detectar Rango de Acidez

- $\text{pH} < 7.35$: Acidemia
- $\text{pH} > 7.45$: Alcalemia.

Paso IV. Detectar Trastorno Primario

- Posibilidades:
- Aumento de bicarbonato: Alcalosis metabólica
- Baja de bicarbonato: Acidosis metabólica
- Aumento de CO₂: Acidosis respiratoria
- Baja de CO₂: Alcalosis respiratoria

Paso V. Calcular Rango de
Compensación.

Paso VI. Detectar Trastorno Secundario

Determine el trastorno acidobase primario

- 1. pH = 7.27 / pCO₂ = 34 / HCO₃ = 15
- 2. pH = 7.34 / pCO₂ = 50 / HCO₃ = 26
- 3. pH = 7.45 / pCO₂ = 48 / HCO₃ = 32
- 4. pH = 7.32 / pCO₂ = 28 / HCO₃ = 14
- 5. pH = 7.37 / pCO₂ = 50 / HCO₃ = 28
- 6. pH = 7.36 / pCO₂ = 80 / HCO₃ = 44
- 7. pH = 7.32 / pCO₂ = 36 / HCO₃ = 18
- 8. pH = 7.36 / pCO₂ = 48 / HCO₃ = 26
- 9. pH = 7.43 / pCO₂ = 45 / HCO₃ = 29
- 10. pH = 7.47 / pCO₂ = 54 / HCO₃ = 38
- 11. pH = 7.45 / pCO₂ = 18 / HCO₃ = 12

question	pH	pCO2	Total CO2 on lytes	Primary disorder	Predicted pCO ₂ or HCO ₃	Second primary disorder
1	7.73	21	27			
2	7.18	55	20			
3	7.35	30	16			
4	7.56	24	21			
5	7.29	64	30			
6	7.25	38	16			
7	7.67	25	28			
8	7.28	70	32			
9	7.20	16	6			
10	7.56	45	39			
11	7.45	55	37			
12	7.07	18	5			
13	7.73	14	18			
14	7.60	42	40			
15	7.29	52	24			
16	7.58	45	41			
17	7.67	18	20			
18	7.18	66	24			
19	7.56	32	28			
20	6.99	30	7			
21	7.39	56	33			
22	7.43	69	44			
23	7.32	32	16			

Muchas Gracias