

GASOMETRIA

Consiste na análise dos gases do sangue arterial para determinar o nível do pH, do bicarbonato (HCO_3^-), das pressões parciais de oxigênio (PaO_2) e gás carbônico (PaCO_2) e a saturação de oxigênio (SaTO_2).

GASOMETRIA

EQUILÍBRIO ÁCIDO BÁSICO

- A regulação dos sistemas enzimáticos do organismo são influenciados pela concentração de íons Hidrogênio (H^+).
- Para atingir a homeostasia deve existir equilíbrio de íons de H^+ e a remoção final deste íon pelo organismo.
- A ocorrência de alterações na concentração de H^+ altera as funções celulares e orgânicas.

EQUILÍBRIO ÁCIDO-BÁSICO

Existem 3 sistemas que regulam a concentração de H^+ :

1-TAMPÃO: Sistema químico de tampão ácido-básico dos líquidos corporais.

- Substâncias que combinam imediatamente com ácido ou base para evitar alterações excessivas na concentração de H^+ .
- Ocorre em fração de segundos.
- Não elimina H^+ , somente o mantém fixado.

EQUILÍBRIO ÁCIDO-BÁSICO



↑ H⁺: reação para direita – H⁺ se liga com tampão
↓ H⁺: reação para esquerda – tampão libera H⁺



DESVIOS DO EQUILÍBRIO ÁCIDO-BÁSICO

Acidose e Alcalose podem ser de 2 tipos:

- Respiratória
- Metabólica

Três componentes permitem o diagnóstico do estado ácido-básico do sangue:

- pH
- PaCO₂
- HCO₃⁻

EQUILÍBRIO ÁCIDO-BÁSICO

2-CENTRO RESPIRATÓRIO: Regula a remoção de CO_2 e, portanto, ácido carbônico (H_2CO_3) do líquido celular. Ocorre em poucos minutos.

3-RINS: Excreta diurese ácida ou alcalina, reajustando a concentração de H^+ . Ocorre em horas ou até dias.

DESVIOS DO EQUILÍBRIO ÁCIDO-BÁSICO

➤ DISTÚRBO METABÓLICO:

Alteração na concentração de HCO_3^-

Acidose metabólica: $\downarrow \text{HCO}_3^-$ e $\downarrow \text{pH}$

Causas: Insuficiência renal
Aumento de ácidos metabólicos

Alcalose metabólica: $\uparrow \text{HCO}_3^-$ e $\uparrow \text{pH}$

Causas: Vômitos
Ingestão de medicação alcalina

GASOMETRIA

O pH é inversamente relacionado à concentração de íons H^+ (é o logarítmo do inverso da concentração hidrogeniônica)

$$pH = \log 1/H^+$$

pH ↓ → ↑ concentração de H^+ (acidose).
pH ↑ → ↓ concentração de H^+ (alcalose).

O GÁS CARBÔNICO

A combustão dos alimentos termina na via terminal comum, conhecida como ciclo tricarboxílico ou ciclo de Krebs. Este sistema produz a energia necessária para manter órgãos e sistemas ativos, permitindo a normalidade das funções vitais.

O produto final da combustão aeróbica é H_2O e CO_2 .

Em indivíduos adultos e em condições basais, a produção de CO_2 é de aproximadamente 200 ml/min. A maior parte do CO_2 é transportada dos tecidos ao pulmão pelo sangue venoso, na forma de HCO_3^- . A fração que permanece em solução física é chamada CO_2 livre ou CO_2 molecular. O CO_2 livre não hidratado permeia rápida e facilmente por membranas e tecidos orgânicos, obedecendo sempre aos gradientes de pressão existentes. Em cada líquido orgânico, a quantidade de CO_2 livre é linearmente proporcional à sua pressão parcial.

O GÁS CARBÔNICO



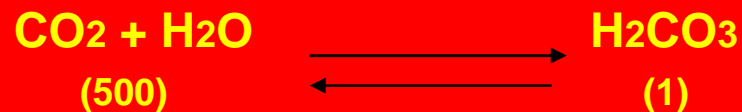
$$\begin{aligned} [\text{CO}_2 \text{ livre}] &= \alpha \times \text{PCO}_2 \\ [\text{CO}_2 \text{ livre}] &= 0,031 \times \text{PCO}_2 \\ 1,2 \text{ mEq/L} &= 0,03 \times 40\text{mmHg} \end{aligned}$$

A concentração de CO₂ no sangue em mEq/L pode ser obtida multiplicando a PaCO₂ (40mmHg) pelo seu índice de solubilidade na água α (0,03)

Taxa de H₂CO₃=1.20mEq/L

O Ácido Carbônico (H₂CO₃), encontra-se no plasma quase todo como gás carbônico (CO₂)

A proporção é: CO₂/H₂CO₃ : 500/1 ou seja,



O GÁS CARBÔNICO



Proporção mantida pela LEI DA AÇÃO DAS MASSAS (a velocidade de uma reação é proporcional à concentração dos reagentes), ou seja, caindo teor de H_2CO_3 , mais CO_2 combina-se com água para restabelecer esta relação e vice-versa.

DESVIOS DO EQUILÍBRIO ÁCIDO-BÁSICO

Sendo a quantidade de H₂CO₃ insignificante (a relação CO₂/H₂CO₃ é 500, pode-se escrever a equação abaixo

Estes elementos estão inter-relacionados através da equação de Henderson-Hasselbach.

$$\text{pH} = \text{PK} + \frac{\log \text{HCO}_3^-}{0,03 \times \text{PCO}_2}$$

Componente Metabólico

Componente Respiratório

$$\text{pH} = 6,10 + \frac{\log 24}{0,03 \times 40 (1,2)}$$

$$\text{pH} = 6,10 + \log 20$$

$$\text{pH} = 6,10 + 1,39$$

$$\text{pH} = 7,40$$

ACIDOSE METABÓLICA

$$\text{pH} = \text{pK} + \log \frac{\text{BASE}}{\text{ÁCIDO}}$$

$$\text{pH} = 6,1 + \log \frac{12}{1,2}$$

$$\text{pH} = 6,1 + \log 10$$

$$\text{pH} = 6,1 + 1,0$$

$$\text{pH} = 7,1$$

A acidose metabólica é o mais freqüente desvio do equilíbrio ácido-básico encontrado na prática clínica. Os quadros mais freqüentes são:

1. Cetoacidose diabética
2. Acidose láctica
3. Acidose renal

Quadros menos intensos e clinicamente menos expressivos podem ocorrer em situações de febre ou jejum prolongado.

COMPENSAÇÃO RESPIRATÓRIA DA ACIDOSE METABÓLICA

Normalmente, a redução do pH do sangue estimula diretamente o centro respiratório, determinando uma hiperventilação pulmonar. A remoção de CO₂ do alvéolo se reflete na redução da pressão parcial de CO₂ no sangue, que, por sua vez, reduz a concentração de H₂CO₃, ou seja, o denominador da equação de Henderson-Hasselbalch.

A relação entre a pressão parcial de CO₂ no sangue, expressa em mmHg, e a concentração de H₂CO₃, em mEq/L, guarda uma correlação linear expressa por uma constante de proporcionalidade α , que resulta de dois fatores: coeficiente de solubilidade do CO₂ nos líquidos e coeficiente de conversão de unidade de mmHg para mEq/L. O coeficiente de proporcionalidade α é igual a 0,03.

Assim, em condições normais, tem-se:

$$\text{HHCO}_3 \text{ (mEq/L)} = \alpha \times \text{PCO}_2 \text{ (mm Hg)}$$

$$\text{HHCO}_3 = 0,03 \times \text{PCO}_2$$

$$\text{HHCO}_3 = 0,03 \times 40$$

$$\text{HHCO}_3 = 1,2\text{mEq/L}$$

COMPENSAÇÃO RESPIRATÓRIA DA ACIDOSE METABÓLICA

Quando o paciente hiperventila, a pressão parcial do CO₂ no sangue arterial passa, por exemplo, para 20mmHg. Nestas condições, o H₂CO₃ passa para 0.6mEq/L.

$$\text{HCO}_3^- = 0,03 \times 20$$

$$\text{HCO}_3^- = 0,62\text{mEq/L}$$

$$\text{pH} = \text{pK} + \log \frac{\text{BASE}}{\text{ÁCIDO}}$$

$$\text{pH} = 6,1 + \log \frac{12}{0,62}$$

$$\text{pH} = 6,1 + \log 20$$

$$\text{pH} = 6,1 + 1,3$$

$$\text{pH} = 7,4$$

A equação de Henderson-Hasselbalch, para um paciente com acidose metabólica e compensação respiratória ideal, é a seguinte:

$$\text{HCO}_3^- \text{ a ser infundido} = \text{Peso} \times 0.3 \times \text{BE}$$

ALCALOSE METABÓLICA

$$\text{pH} = \text{pK} + \log \frac{\text{BASE}}{\text{ÁCIDO}}$$

$$\text{pH} = 6,1 + \log \frac{48}{1,2}$$

$$\text{pH} = 6,1 + \log 40$$

$$\text{pH} = 6,1 + 1,6$$

$$\text{pH} = 7,7$$

A alcalose metabólica é uma situação clínica muito pouco freqüente e ocorre essencialmente em duas situações:

1. Administração excessiva de bicarbonato de sódio.
2. Perda de cloro por obstrução gastrointestinal alta.

ACIDOSE RESPIRATÓRIA

INSUFICIÊNCIA RESPIRATÓRIA AGUDA

$$\text{PH} = \text{pK} + \log \frac{\text{BASE}}{\text{ÁCIDO}}$$

$$\text{pH} = \text{pK} + \log \frac{\text{BASE}}{(\alpha) \times \text{PCO}_2}$$

$$\text{pH} = 6,1 + \log \frac{24}{0,03 \times 80}$$

$$\text{pH} = 6,1 + \log \frac{24}{2,4}$$

$$\text{pH} = 6,1 + 1,0$$

$$\text{pH} = 7,1$$

A acidose respiratória ocorre por retenção de CO₂ decorrente de insuficiência respiratória por hipoventilação alveolar.

Há uma diferença significativa entre a insuficiência respiratória aguda e a insuficiência respiratória crônica, de modo que cada quadro será analisado separadamente.

ACIDOSE RESPIRATÓRIA

INSUFICIÊNCIA RESPIRATÓRIA CRÔNICA

$$\text{pH} = \text{pK} + \log \frac{\text{BASE}}{\text{ÁCIDO}}$$

$$\text{pH} = \text{pK} + \log \frac{\text{BASE}}{(\alpha) \times \text{PCO}_2}$$

$$\text{pH} = 6,1 + \log \frac{36}{0,03 \times 80}$$

$$\text{pH} = 6,1 + \log \frac{40}{2,4}$$

$$\text{pH} = 6,1 + 1,22$$

$$\text{pH} = 7,32$$

ALCALOSE RESPIRATÓRIA

$$PH = pK + \log \frac{\text{BASE}}{\text{ÁCIDO}}$$

$$pH = pK + \log \frac{\text{BASE}}{(\alpha) \times PCO_2}$$

$$pH = 6,1 + \log \frac{24}{0,03 \times 20}$$

$$pH = 6,1 + \log \frac{24}{0,6}$$

$$pH = 6,1 + 1,6$$

$$pH = 7,7$$

A alcalose respiratória ocorre em:

1. Hiperventilação mecânica.
2. Hiperventilação histérica.

Em ambas as circunstâncias, há redução da pressão parcial de CO₂ no alvéolo e, conseqüentemente, no sangue arterial. Por exemplo, se a hiperventilação pulmonar determina PaCO₂ arterial de 20mmHg (Hipocapnia ou hipocarbica), a equação de Henderson-Hasselbalch determina um pH alcalino.

DESVIOS DO EQUILÍBRIO ÁCIDO-BÁSICO

Qual o CO_2 esperado para o bicarbonato encontrado?

$$\text{PaCO}_2 \text{ esperado} = 1,5 \times \text{HCO}_3^- + 8 \pm 2$$

Qual o HCO_3^- esperado para o gás carbônico encontrado?

$$\text{HCO}_3^- \text{ esperado} = 1,5 / \text{CO}_2 - 8 \pm 2$$

EXCESSO DE BASE - BE

Expressa o que teria de acrescentar (BE NEGATIVO) ou subtrair (BE POSITIVO) de bases para que o organismo mantenha o seu pH, corrigindo a anormalidade. Tem um valor de 0 em um pH = 7,4 com CO₂ = 40mmHg

Valor Normal -2,5 a +2,5

O que significa por exemplo um BE = -8?

O excesso de ácido mobilizou certa parte do HCO₃⁻ do sistema tampão, ou depleção de líquidos orgânicos ricos em bicarbonato. Significa queda do bicarbonato com queda do pH (significa que há menos 8mEq de base em relação a uma PaCO₂ = 40mmHg).

GASOMETRIA

	ARTERIAL	VENOSA
pH	7,35 – 7,45	7,35 – 7,45
PaCO₂	35 – 45	40 - 60
PaO₂	80 – 100	40 - 60
HCO₃	22 – 26	22 - 26
BE	-2 +2	-2 + 2
SatO₂	95 – 100%	55 – 60%

DESVIOS DO EQUILÍBRIO ÁCIDO-BÁSICO

DISTÚRBIO	pH	PaCO ₂	HCO ₃ ⁻
Acidose Respiratória	↓	↑	Normal ou ↑
Alcalose Respiratória	↑	↓	Normal ou ↓
Acidose Metabólica	↓	Normal ou ↓	↓
Alcalose Metabólica	↑	Normal ou ↑	↑

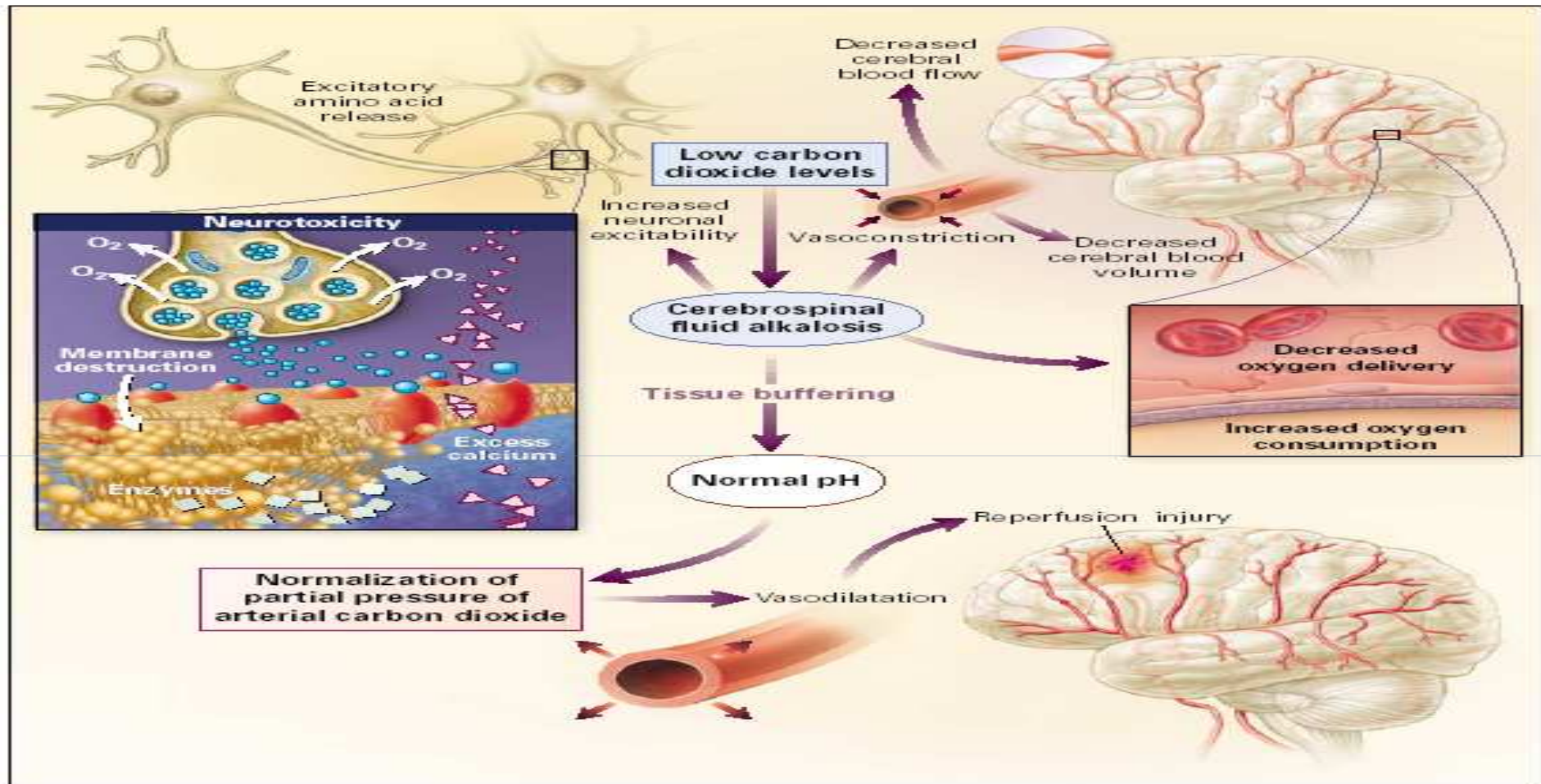


Figure 1. Neurologic Effects of Hypocapnia.

Systemic hypocapnia results in cerebrospinal fluid alkalosis, which decreases cerebral blood flow, cerebral oxygen delivery, and to a lesser extent, cerebral blood volume. The reduction in intracranial pressure may be lifesaving in patients in whom the pressure is severely elevated. However, hypocapnia-induced brain ischemia may occur because of vasoconstriction (impairing cerebral perfusion), reduced oxygen release from hemoglobin, and increased neuronal excitability, with the possible release of excitotoxins such as glutamate. Over time, cerebrospinal fluid pH and, hence, cerebral blood flow gradually return to normal. Subsequent normalization of the partial pressure of arterial carbon dioxide can then result in cerebral hyperemia, causing reperfusion injury to previously ischemic brain regions.

ADAPTANDO SEU VENTILADOR APÓS A GASOMETRIA QUAL A REALIDADE RESPIRATÓRIA DO PACIENTE?

ACIDOSE RESPIRATÓRIA:

- Aumento PaCO₂.
- Diminuição pH.
- Aumento H⁺.
- Tendência de aumento HCO₃⁻ – compensatório.

ADAPTAÇÃO DO VENTILADOR:

- Aumento da Frequência Respiratória.
- Aumento do Volume Corrente.
- Aumento do Fluxo.
- Mudar a relação I:E ; aumentando a fase Expiratória.

**ADAPTANDO SEU VENTILADOR APÓS A GASOMETRIA
QUAL A REALIDADE RESPIRATÓRIA DO PACIENTE?**

ALCALOSE RESPIRATÓRIA:

- **Diminuição PaCO₂.**
- **Aumento do pH.**
- **Tendência a diminuição HCO₃⁻ – compensatório.**

ADAPTAÇÃO DO VENTILADOR:

- **Diminuição do VC.**
- **Diminuição da FR.**
- **Aumento da PEEP.**
- **Mudar a relação I:E ; aumentando a fase inspiratória.**

ADAPTANDO SEU VENTILADOR APÓS A GASOMETRIA QUAL A REALIDADE RESPIRATÓRIA DO PACIENTE ?

HIPOXEMIA (Insuficiência Respiratória)

- $PaO_2 < 55$ mmHg.
- $SatO_2 > 95\%$.
- PaO_2 : Acima de 300 (Normal).
- FiO_2 Entre 200 e 300 (Lesão Pulmonar grave).
- Abaixo de 200 (SARA).

ADAPTAÇÃO DO VENTILADOR:

- Aumento da PEEP (PIT < 35 - 40mmHg).
- Aumento da FiO_2 .
- Aumento da PEEP + FiO_2 .

ADAPTANDO SEU VENTILADOR APÓS A GASOMETRIA QUAL A REALIDADE RESPIRATÓRIA DO PACIENTE ?

HIPER E HIPOCAPNIA

$$PaCO_2 = \frac{V'C_{O_2}(\text{nível de prod. } CO_2)}{V'A \text{ (vent. alveolar)}}$$

$$V'A = (V_t - V_d) \times FR$$

V_t = volume corrente
morto

V_d = espaço

ADAPTAÇÃO DO VENTILADOR:

- Diminuição/Aumento do Volume Corrente.
- Diminuição/Aumento do Fluxo.
- Diminuição/Aumento da Frequência Respiratória.
- Diminuição do espaço morto.