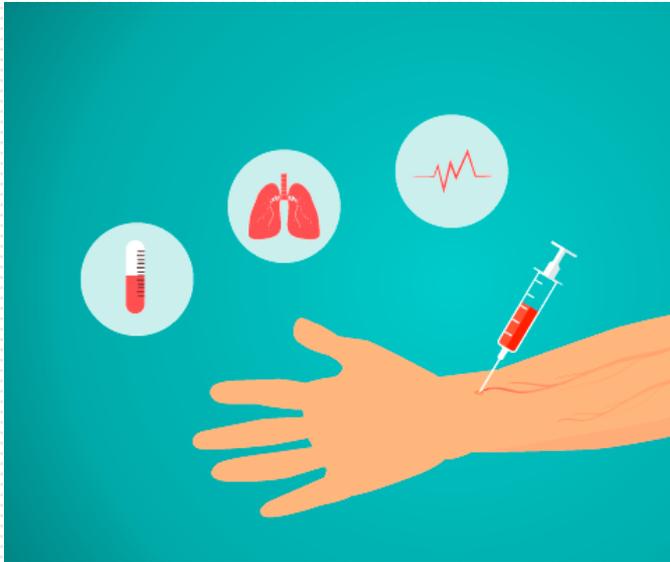


Distúrbios acidobásicos: Desvendando os segredos de uma gasometria



Dra. Maísa Santos V. Talon

www.conepmt.com.br



IPNA TEACHING COURSE
Instituto de Pediatría e Nefrología de la Universidad de Buenos Aires

Distúrbios acidobásicos: Desvendando os segredos de uma gasometria

Não há conflitos de interesse.



www.conepmt.com.br



IPNA TEACHING COURSE
INSTITUTO BRASILEIRO DE NEFROLOGIA

Distúrbios acidobásicos: Desvendando os segredos de uma gasometria

- Objetivos:
 1. Entender a importância da eletroneutralidade e os mecanismos de tampão;
 2. Conhecer os componentes da gasometria;
 3. Identificar os distúrbios primários
 4. Reconhecer a existência de distúrbios compensatórios e/ou mistos
 5. Particularidades de cada distúrbio

Distúrbios acidobásicos: Desvendando os segredos de uma gasometria

- Para assegurar um ambiente ótimo para funções celulares e o funcionamento dos diversos sistemas e aparelhos devemos manter um **fina regulação da concentração de ácidos e bases**.
- O metabolismo celular produz constantemente ácidos que devem ser neutralizados.
- Mensurada através da concentração de H⁺ :

EQUAÇÃO DE HENDERSON-HASSELBACH
MODIFICADA POR KASSIRER E BLEICH

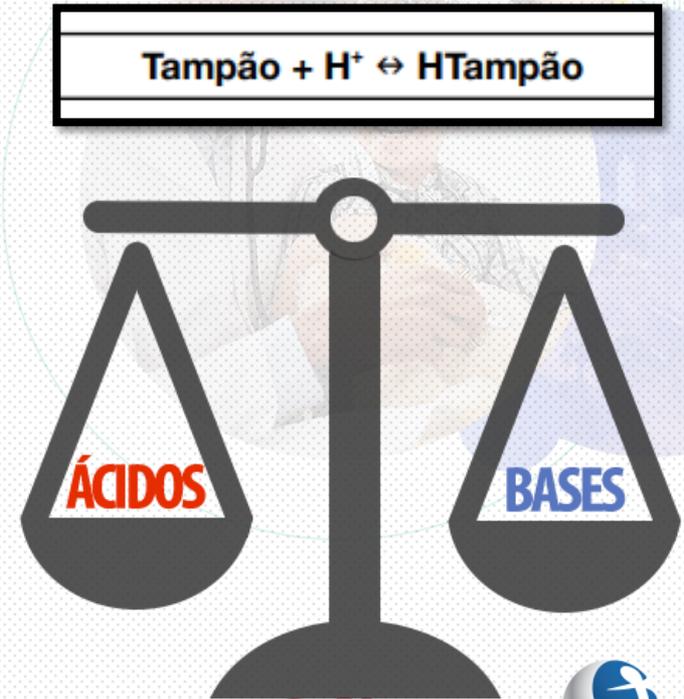


- Equação de Henderson-Hasselbalch:

$$\uparrow \downarrow pH = 6,1 + \log \frac{HCO_3^-}{(0,03 \times PCO_2)}$$

Distúrbios acidobásicos: Desvendando os segredos de uma gasometria

- Principais sistemas tampão são:
 - Bicarbonato;
 - Fosfato;
 - Ossos;
 - Hemoglobina;
 - Proteínas plasmáticas e intracelulares.
- CO_2 : maior ligação à Hb e eliminação pela ventilação. Compensação mais rápida mas menos duradoura.
- H^+ e HCO_3^- : excreção urinária. Leva horas a dias porém mais duradoura.



www.conepmt.com.br



IPNA TEACHING COURSE

Distúrbios acidobásicos: Desvendando os segredos de uma gasometria

Eletroneutralidade
Cargas positivas = Cargas negativas

$$AG = [Na^+] - ([Cl^-] + [HCO_3^-])$$

	AG	
		HCO ₃ ⁻
Na ⁺		Cl ⁻
Normal		

- Hiato aniônico de ânions não mensuráveis
 - Proteínas plasmáticas (albumina)
 - Sulfatos
 - Fosfato
 - Ácidos orgânicos (lático, cítrico, úrico)

Normal: 12 ± 2

AG corrigido pela Alb
 $AG + 2,5 (4,5 - alb)$

Distúrbios acidobásicos: Desvendando os segredos de uma gasometria

- pH: < 7,35 ACIDOSE
> 7,45 ALCALOSE
- pO₂: < 60 HIPÓXIA
> 100 HIPERÓXIA
- pCO₂: < 35 lavando CO₂
> 45 retendo CO₂
- StO₂: 94 – 100 NORMAL
< 90 HIPOXEMIA? VENOSO?
- HCO₃⁻ real sofre influencia pelo pCO₂
- HCO₃⁻ *standart* é aferido corrigido pelo pCO₂ de 40 mmHg. Só se altera quando excesso ou déficit crônico.

Gasometria Arterial

pH -----	7,4	(7,35-7,45)
PaO ₂ -----	84 mmHg	(60-100)
PaCO ₂ -----	40 mmHg	(35-45)
StO ₂ -----	98%	(94-100)
Hb -----	12,4 g/dL	(12 – 16)
Lactato -----	2,3 mmol/L	(<2,5)
Glicose -----	74 g/dL	(70-140)
Na ⁺ -----	142 mEq/L	(135-145)
K ⁺ -----	4,4 mEq/L	(3,5-4,5)
Ca ⁺ -----	1,2 mmol/L	(1,1-1,35)
HCO ₃ ⁻ <i>Standart</i> -----	24 mEq/L	(22-26)
HCO ₃ ⁻ <i>Real</i> -----	24 mEq/L	(22-26)
BB -----	46,7 mEq/L	(45-51)
BE -----	-1,3 mEq/L	(-3 a +3)

www.conepn

Distúrbios acidobásicos: Desvendando os segredos de uma gasometria

- **BB (buffer base):** total de bases no fluído extracelular. O HCO_3^- é o principal mas não o único.

- **BE (base excess):**

Diferença entre o BB do paciente e o BB normal (48 mEq/L)

- > +3mEq/L: organismo está retendo bases

Distúrbio metabólico primário (alcalose metabólica) ou compensatório.

- < -3mEq/L: organismo perdeu bases

Distúrbio metabólico primário (acidose metabólica) ou compensatório.

O BE não se altera em distúrbios agudos pois não há tempo hábil para a compensação renal (± 5 dias)

Gasometria Arterial

pH	7,4	(7,35-7,45)
PaO ₂	84 mmHg	(60-100)
PaCO ₂	40 mmHg	(35-45)
StO ₂	98%	(94-100)
Hb	12,4 g/dL	(12 - 16)
Lactato	2,3 mmol/L	(<2,5)
Glicose	74 g/dL	(70-140)
Na ⁺	142 mEq/L	(135-145)
K ⁺	4,4 mEq/L	(3,5-4,5)
Ca ⁺	1,2 mmol/L	(1,1-1,35)
HCO ₃ ⁻ Standart	24 mEq/L	(22-26)
HCO ₃ ⁻ Real	24 mEq/L	(22-26)
BB	46,7 mEq/L	(45-51)
BE	-1,3 mEq/L	(-3 a +3)

www.conepr

Avaliação e Interpretação dos DAB

1º PASSO: Considerar sempre o cenário clínico

Doença de base, hemodinâmica, condição ventilatória, utilização de medicamentos, disfunção renal, cronologia dos fatos, comparação gasométrica e eletrolítica seriada.

2º PASSO: Identificar o distúrbio primário

Olhe o pH

< 7,35: acidose

> 7,45: alcalose

NORMAL: não há distúrbio ou houve compensação

3º PASSO:

Qual distúrbio justifica o pH?

Acidose:

↑ PCO₂ = ↑ Ácido

Respiratória (hipoventilação)

↓ HCO₃ = ↓ Base

Metabólica

Alcalose:

↓ PCO₂ = ↓ Ácido

Respiratória (hiperventilação)

↑ HCO₃ = ↑ Base

Metabólica

Distúrbios principais e suas compensações

4º PASSO:

Calcular a compensação esperada dos DAB primários

- Há sempre uma resposta compensatória na tentativa de se restabelecer o pH normal
- Exceto nos distúrbios leves, ela nunca é completa, mas evita que haja uma grande variação do pH plasmático, que pode ser fatal

Distúrbio	pH	Distúrbio primário	Resposta compensatória	Regra esperada
Acidose metabólica	↓↓	↑↑ [H ⁺] ↓↓ [HCO ₃ ⁻]	↓↓ PaCO ₂	$PaCO_2 = (BIC \times 1,5) + 8 + 2$
Alcalose metabólica	↑↑	↑↑ [HCO ₃ ⁻] ↓↓ [H ⁺]	↑↑ PaCO ₂	$\Delta [PaCO_2] = 0,6 - 0,7 \times \Delta [BIC]$
Acidose respiratória	↓↓	↑↑ PaCO ₂	↑↑ [HCO ₃ ⁻]	Aguda: $\Delta [BIC] = 0,1 \times \Delta [PaCO_2]$ Crônica: $\Delta [BIC] = 0,3 - 0,35 \times \Delta [PaCO_2]$
Alcalose respiratória	↑↑	↓↓ PaCO ₂	↓↓ [HCO ₃ ⁻]	Aguda: $\Delta [BIC] = 0,2 \times \Delta [PaCO_2]$ Crônica: $\Delta [BIC] = 0,5 \times \Delta [PaCO_2]$

Distúrbios principais e suas compensações

Distúrbio	pH	Distúrbio primário	Resposta compensatória	Regra esperada
Acidose metabólica	⇓	⇑ [H ⁺] ⇓ [HCO ₃ ⁻]	⇓ PaCO ₂	$PaCO_2 = (BIC \times 1,5) + 8 + 2$
Alcalose metabólica	⇑	⇑ [HCO ₃ ⁻] ⇓ [H ⁺]	⇑ PaCO ₂	$\Delta [PaCO_2] = 0,6 - 0,7 \times \Delta [BIC]$
Acidose respiratória	⇓	⇑ PaCO ₂	⇑ [HCO ₃ ⁻]	Aguda: $\Delta [BIC] = 0,1 \times \Delta [PaCO_2]$ Crônica: $\Delta [BIC] = 0,3 - 0,35 \times \Delta [PaCO_2]$
Alcalose respiratória	⇑	⇓ PaCO ₂	⇓ [HCO ₃ ⁻]	Aguda: $\Delta [BIC] = 0,2 \times \Delta [PaCO_2]$ Crônica: $\Delta [BIC] = 0,5 \times \Delta [PaCO_2]$

5º PASSO: Existe outro distúrbio associado?

Caso o pH, PaCO₂ e HCO₃⁻ não correspondam as regras de compensação esperada estamos diante de um distúrbio MISTO

PaCO₂ maior do que a esperado
ACM + Acidose resp = Acidose mista

PaCO₂ menor do que a esperado
ACM + Alcalose resp

Falando especificamente de cada distúrbio acidobásico

www.conepmt.com.br



IPNA TEACHING
COURSE

Alcalose metabólica

Qual o distúrbio primário?

DOSAR CLORETO URINÁRIO

Cloreto < 25 mEq/L

Perda de volume IV

↑ reabsorção renal de Na⁺ e HCO₃⁻ e excreção de H⁺

Perdas GI: estenose hipertrófica de piloro, vômitos, Sd. Zollinger Elison, débito em sonda nasogástrica

Baixa ingesta de Cl

Fibrose cística

Reposição de base

Uso de diuréticos tiazídicos ou de alça

Cloreto > 40 mEq/L

Excreção renal de Na⁺, Cl⁻ e água

PA normal: Sd. Batter, Sd. Gitelman, Sd. Liddle, Diuréticos, Hemotransfusão, Hiperplasia adrenal congênita

PA alta: hiperrreninismo, Sd. Cushing, hiperaldosteronismo, uso de mineralocorticóides

Gasometria Arterial

pH	7,53	(7,35-7,45)
PaO ₂	84 mmHg	(60-100)
PaCO ₂	36 mmHg	(35-45)
StO ₂	94%	(94-100)
Hb	12,4 g/dL	(12 - 16)
Lactato	2,3 mmol/L	(<2,5)
Glicose	64 g/dL	(70-140)
Na ⁺	142 mEq/L	(135-145)
K ⁺	2,9 mEq/L	(3,5-4,5)
Ca ⁺	1,6 mmol/L	(1,1-1,35)
HCO ₃ ⁻ Standart	30 mEq/L	(22-26)
HCO ₃ ⁻ Real	30 mEq/L	(22-26)
BB	46,7 mEq/L	(45-51)
BE	-1,3 mEq/L	(-3 a +3)

Qual o distúrbio primário?

Acidose metabólica

DOSAR AG

> 14: AG aumentado
Acúmulo de ácidos

12 ± 2
Perda de bicarbonato

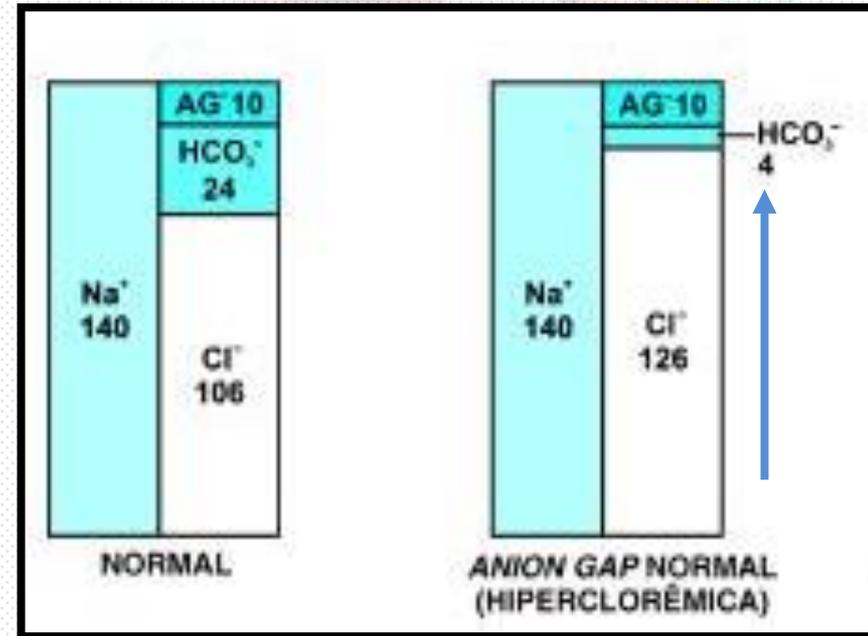
Gasometria Arterial

pH	7,08	(7,35-7,45)
PaO ₂	223 mmHg	(60-100)
PaCO ₂	35 mmHg	(35-45)
StO ₂	98%	(94-100)
Hb	12,4 g/dL	(12 - 16)
Lactato	2,3 mmol/L	(<2,5)
Glicose	74 g/dL	(70-140)
Na ⁺	142 mEq/L	(135-145)
K ⁺	4,4 mEq/L	(3,5-4,5)
Ca ⁺	1,2 mmol/L	(1,1-1,35)
HCO ₃ ⁻ Standart	10 mEq/L	(22-26)
HCO ₃ ⁻ Real	10 mEq/L	(22-26)
BB	35 mEq/L	(45-51)
BE	-13 mEq/L	(-3 a +3)

ACM com AG normal

Perda de bicarbonato

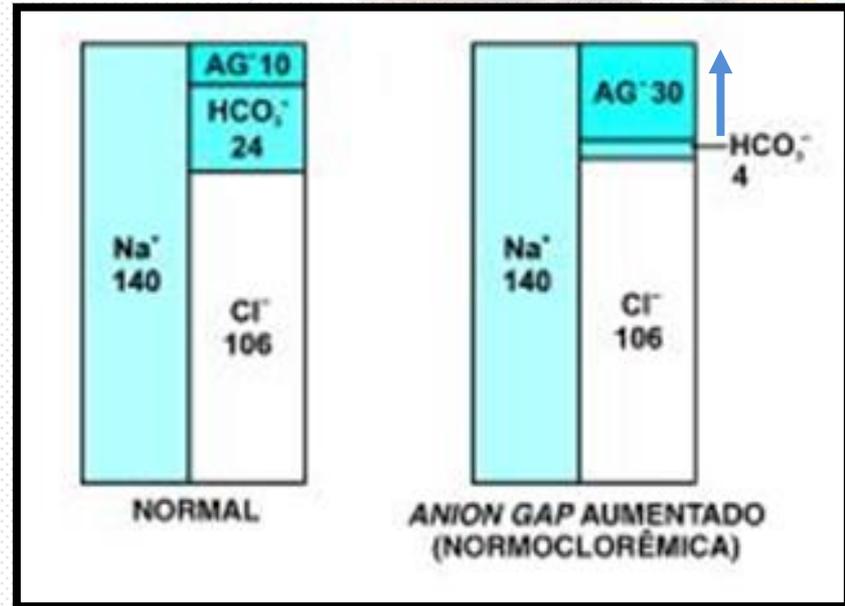
- Perdas direta de bicarbonato
 - GI: Diarreia, Fistula biliar, Fistula pancreática.
 - Urinária: Acidose tubular renal, uso de acetazolamida.
- Perda indireta de bicarbonato:
 - Baixa excreção de amônio (NH_4^+)
 - Cetoacidose com cetonúria excessiva
 - Inalação de cola (intoxicação por tolueno)
- Acidose por excesso de infusão de salina 0,9%
- Hipoaldosteronismo
- Intoxicação por ácido clorídrico, cloreto de amônio
- Anfotericina B



ACM com AG aumentado

Acúmulo de ácidos

- Acidose láctica
- Cetoacidose
 - Diabética
 - Jejum prolongado
 - Alcoólica
- Intoxicação exógena
 - AAS, metanol, etilenoglicol
- Acidose urêmica e DRC
- Rabdomiólise maciça
- Hiperbilirrubinemia
- Acidose metabólica tardia do RN
- Erros inatos do metabolismo



ACM com AG aumentado

Acúmulo de ácidos

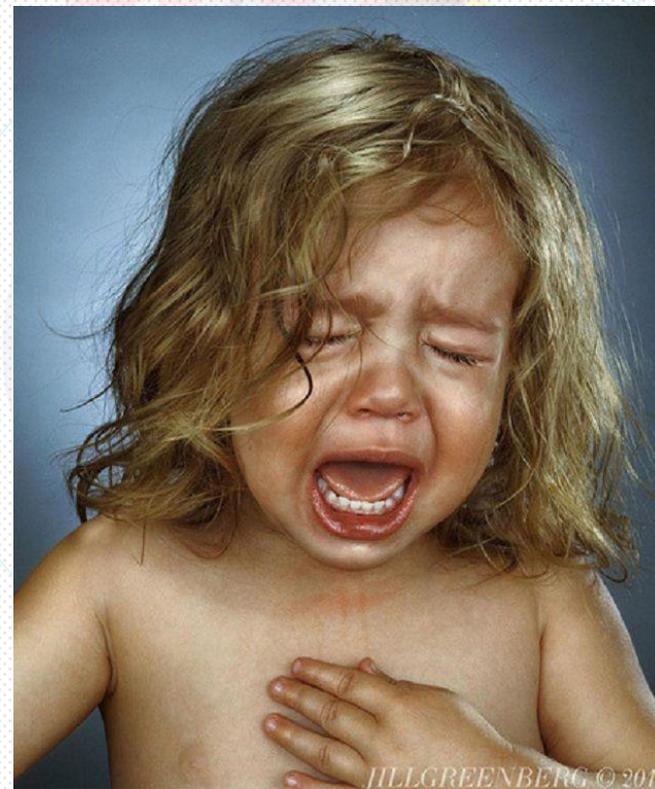
- A queda da concentração plasmática de de Bic deve ser proporcional ao aumento do AG
- $\Delta AG/\Delta BIC$ = entre 1 e 2

1. Varição maior que 2:

A variação do bicarbonato foi menor que a do AG
ACM AG aumentado + Alcalose metabólica

2. Varição menor que 1:

A variação do AG foi menor que a do Bic
ACM AG aumentado + ACM de AG normal



pCO₂ esperado: (10 x 1,5) + 8 = 23

Acidose mista

$$AG = 142 - (10 + 112) = 20$$

$$\Delta AG / \Delta BIC = 20 - 12 / 24 - 10 = 0,57$$

A variação do Bic foi maior que a do AG

ACM AG aumentado

+

AG normal (hiperclorêmica)

www.conepmt.com.br

Gasometria Arterial

pH	7,08	(7,35-7,45)
PaO ₂	223 mmHg	(60-100)
PaCO ₂	35 mmHg	(35-45)
StO ₂	98%	(94-100)
Hb	12,4 g/dL	(12 - 16)
Lactato	2,3 mmol/L	(<2,5)
Glicose	74 g/dL	(70-140)
Na ⁺	142 mEq/L	(135-145)
K ⁺	4,4 mEq/L	(3,5-4,5)
Ca ⁺	1,2 mmol/L	(1,1-1,35)
Cl	112 mEq/L	
HCO ₃ ⁻ Standart	10 mEq/L	(22-26)
HCO ₃ ⁻ Real	10 mEq/L	(22-26)
BB	35 mEq/L	(45-51)
BE	-13 mEq/L	(-3 a +3)

Causas de ACM com AG aumentado correlacionando com o $\Delta AG/\Delta BIC$

$\Delta AG/\Delta BIC$	Interpretação
$< 0,4$	<ul style="list-style-type: none">Habitual na acidose com AG normal hiperclorêmica
$0,4 - 1$	<ul style="list-style-type: none">ACM de AG elevado combinada com ACM AG normalFrequentemente < 1 na acidose por disfunção renal
$1 - 2$	<ul style="list-style-type: none">Habitual na ACM AG aumentado não complicadaAL: valor médio é 1,6Na CAD o valor mais provável é de 1 pelas perdas das cetonas na urina (se paciente não desidratado)
≥ 2	<ul style="list-style-type: none">Sugere níveis de bicarbonato previamente aumentadosConsiderar alcalose metabólica associada ou compensação de acidose respiratória crônica preexistente

Acidose respiratória

pCO₂ > 45 mmHg

Desequilíbrio entre a produção de CO₂ e sua eliminação pulmonar

Distúrbio	pH	Distúrbio primário	Resposta compensatória	Regra esperada
Acidose metabólica	⇓	⇓ [H ⁺] ⇓ [HCO ₃ ⁻]	⇓ PaCO ₂	$PaCO_2 = (BIC \times 1,5) + 8 + 2$
Alcalose metabólica	⇓	⇓ [HCO ₃ ⁻] ⇓ [H ⁺]	⇓ PaCO ₂	$\Delta [PaCO_2] = 0,6 - 0,7 \times \Delta [BIC]$
Acidose respiratória	⇓	⇓ PaCO ₂	⇓ [HCO ₃ ⁻]	Aguda: $\Delta [BIC] = 0,1 \times \Delta [PaCO_2]$ Crônica: $\Delta [BIC] = 0,3 - 0,35 \times \Delta [PaCO_2]$
Alcalose respiratória	⇓	⇓ PaCO ₂	⇓ [HCO ₃ ⁻]	Aguda: $\Delta [BIC] = 0,2 \times \Delta [PaCO_2]$ Crônica: $\Delta [BIC] = 0,5 \times \Delta [PaCO_2]$

Avaliar mecanismos compensatórios e distúrbios associados

Aguda: para cada ↑ CO₂ 10mmHg

↑ 1 mEq/L de Bic

Crônica: para cada ↑ CO₂ 10mmHg

↑ 3 mEq/L de Bic

Obstrução das vias aéreas
Aspiração de corpo estranho ou vômitos
Broncoespasmo, laringoespasmo e epigloteite
Depressão do centro respiratório
Intoxicação por barbitúricos, opiáceos, anestesia geral

Cau

Cau

Embolismo grave
Distúrbios restritivos e de difusão
Fibrose intersticial e doença pulmonar obstrutiva crônica
Ascite grave, obesidade extrema
Malformação congênita
Hérnia diafragmática, cardiopatia cianótica
Ventilação pulmonar mecânica

Alcalose respiratória

pCO₂ < 35 mmHg

Eliminação pulmonar excessiva de CO₂.

Distúrbio	pH	Distúrbio primário	Resposta compensatória	Regra esperada
Acidose metabólica	⇓	⇑ [H ⁺] ⇓ [HCO ₃ ⁻]	⇓ PaCO ₂	$\text{PaCO}_2 = (\text{BIC} \times 1,5) + 8 + 2$
Alcalose metabólica	⇑	⇑ [HCO ₃ ⁻] ⇑ [H ⁺]	⇑ PaCO ₂	$\Delta [\text{PaCO}_2] = 0,6 - 0,7 \times \Delta [\text{BIC}]$
Acidose respiratória	⇓	⇑ PaCO ₂	⇑ [HCO ₃ ⁻]	Aguda: $\Delta [\text{BIC}] = 0,1 \times \Delta [\text{PaCO}_2]$ Crônica: $\Delta [\text{BIC}] = 0,3 - 0,35 \times \Delta [\text{PaCO}_2]$
Alcalose respiratória	⇑	⇑ PaCO ₂	⇑ [HCO ₃ ⁻]	Aguda: $\Delta [\text{BIC}] = 0,2 \times \Delta [\text{PaCO}_2]$ Crônica: $\Delta [\text{BIC}] = 0,5 \times \Delta [\text{PaCO}_2]$

Causas de alcalose respiratória

Pneumopatias: pneumonia, asma, edema pulmonar, TEF, SARA

Avaliar mecanismos compensatórios e distúrbios associados

Aguda: para cada ↓CO₂ 10mmHg

↓ 2 mEq/L de Bic

Crônica: para cada ↓CO₂ 10mmHg

↓ 5 mEq/L de Bic

Ansiedade, febre, dor, estresse

Intoxicação por CO



Vamos praticar!

www.conepmt.com.br



IPNA TEACHING COURSE
INSTITUTO BRASILEIRO DE NEFROLOGIA

Vamos praticar!

pH	7,35	(7,35-7,45)
PaO ₂	223 mmHg	(60-100)
PaCO ₂	15 mmHg	(35-45)
StO ₂	98%	(94-100)
Hb	12,4 g/dL	(12 - 16)
Lactato	2,3 mmol/L	(<2,5)
Glicose	374 g/dL	(70-140)
Na ⁺	145 mEq/L	(135-145)
K ⁺	2,4 mEq/L	(3,5-4,5)
Ca ⁺	1,2 mmol/L	(1,1-1,35)
Cl ⁻	98 mEq/L	(97-107)
HCO ₃ ⁻ Standart	18 mEq/L	(22-26)
HCO ₃ ⁻ Real	18 mEq/L	(22-26)
BB	35 mEq/L	(45-51)
BE	- 3 mEq/L	(-3 a +3)

1º PASSO:
Olhar o pH

2º PASSO
Metabólico ou respiratório?

3º e 4º PASSO
Distúrbio compensado ou misto?

pCO₂ esperado:
(18 x 1,5) + 8 = 35 mmHg

Distúrbio MISTO
Acidose metabólica + Alcalose respiratória

pH	7,35	(7,35-7,45)
PaO ₂	223 mmHg	(60-100)
PaCO ₂	15 mmHg	(35-45)
StO ₂	98%	(94-100)
Hb	12,4 g/dL	(12 - 16)
Lactato	2,3 mmol/L	(<2,5)
Glicose	374 g/dL	(70-140)
Na ⁺	145 mEq/L	(135-145)
K ⁺	2,4 mEq/L	(3,5-4,5)
Ca ⁺	1,2 mmol/L	(1,1-1,35)
Cl ⁻	98 mEq/L	(97-107)
HCO ₃ ⁻ Standart	18 mEq/L	(22-26)
HCO ₃ ⁻ Real	18 mEq/L	(22-26)
BB	35 mEq/L	(45-51)
BE	- 3 mEq/L	(-3 a +3)

Ânio GAP
Aumentado ou reduzido?



AG aumentado
Calcular o $\Delta\text{AG}/\Delta\text{BIC}$

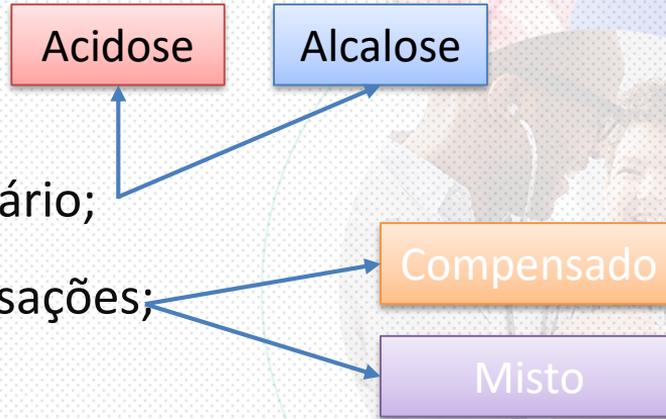
Ânion GAP
 $\text{Na}^+ - (\text{Cl}^- + \text{HCO}_3^-) = 29$

$\Delta\text{AG}/\Delta\text{BIC}$:
 $29 - 12 / 24 - 18 = 2,8$

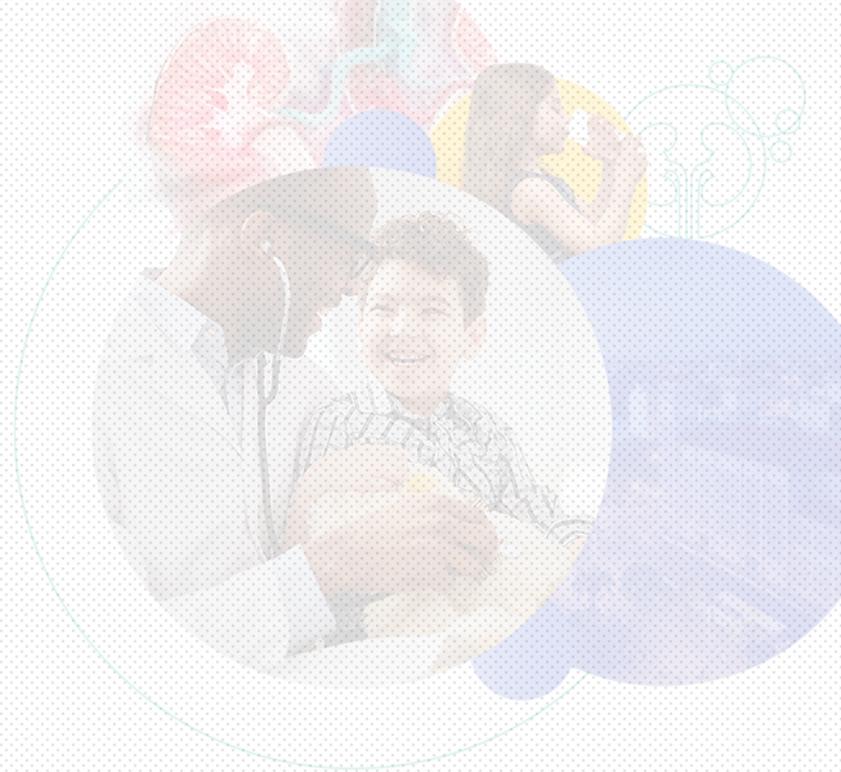
Acidose metabólica com AG aumentado
+
Alcalose metabólica

Resumindo

1. Reconhecer o distúrbio primário;
2. Fazer os cálculos da compensações;
3. Se ACM, calcular AG
 - AG aumentado: calcular o $\Delta AG/\Delta BIC$
4. Se alcalose metabólica, dosar o Cl^- urinário;
5. Analisar o cenário clínico;
6. Tratar a patologia de base.



OBRIGADA!



www.conepmt.com.br



IPNA TEACHING COURSE
INSTITUTO BRASILEIRO DE NEFROLOGIA