



PHYSIOPATHOLOGIE DES TROUBLES ACIDO-BASIQUES

Dr. M.MOKRANI
Service d'anesthésie réanimation
Hôpital Centrale de L'Armee
2011-2012



Introduction

- L'organisme humain contient toujours des acides et bases.
- L'équilibre acido-basique, ou homéostasie du pH, est une des fonctions essentielles et vital de l'organisme.
- La quantité d'acides ou de bases est définie par le pH.
- En pratique clinique, l'évaluation de l'équilibre acido-basique et de ses anomalies est centrée sur l'exploration du système tampon
Bicarbonate / Acide carbonique.
- Le pH (potentiel hydrogène) d'une solution est une mesure de sa concentration en ions H⁺. $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$.
- La concentration d'ions H⁺ dans l'organisme est très faible (concentration dans le plasma artériel = 0,00004 mEq/L), par rapport à d'autres ions (ex. du Na⁺ environ 135 mEq/L).



Deux approches

- **Henderson-Hasselbach** (1908 et 1916)
 - pH est dépendant de 2 variables
 - Concentration de HCO_3^- plasmatique
 - PaCO_2
 - Les changements de bicarbonate plasmatique influencent directement le pH: bicarbonate est CENTRAL
- **Stewart** (*Can J Physiol Pharmacol* 1983)
 - pH est dépendant de 3 variables indépendantes
 - PaCO_2
 - SID = strong ion difference
 - Atot = acides faibles
 - Les changements de bicarbonate plasmatique n'influencent pas directement le pH : bicarbonate N'EST PAS CENTRAL



Rappel physiologique

Qu'est ce qu'un acide / une base

Selon la théorie de Brönsted

« Dans une solution biologique un acide est une substance qui tend à diminuer le pH tandis qu'une base tend à l'augmenter »

- un acide = est un donneur de protons
- une base = est un accepteur de protons.

La théorie d'Arrhenius

Cation = base // Anion = acide

- Loi 1 = Électroneutralité [charge + = charge -]
- Loi 2 = loi de dissociation de l'eau [H⁺] \times [OH⁻]



Rappel physiologique

Force d'un acide / une base

- pK valeur de pH pour laquelle la base ou l'acide se trouve pour moitié :
 - ✓ Sous forme dissociée
 - ✓ Sous forme protonisée
- Acide fort = complètement dissocié
- Acide faible = partiellement dissocié



Rappel physiologique

1 - Notion d'ion H⁺:

[NOTION D'ACIDE ET DE BASE EN SOLUTION AQUEUSE]

EAB d'une solution est régit , par les concentrations en ions H⁺ et OH⁻

→ NEUTRALITE c.à.d. l'équilibre entre ion H⁺ et OH⁻.

Le régime alimentaire

1. Ac → cède des ions H⁺
2. Bases → capte des ions H⁺

Selon la théorie de **Brönsted**, un acide est un donneur de protons tandis qu'une base est un accepteur de protons.

La théorie d'**Arrhénius** considère, elle, que tout anion est acide et tout cation est basique.

La [H⁺] dans le sang est très faibles (nano mol)

Il sera utiliser le pH comme colog de cette [H⁺]

Ex: [H⁺] = 10⁻⁷ → pH = 7



Rappel physiologique

2 – notion de système tampon [Mécanismes régulateurs]

L'organisme dispose de 3 lignes de défense par le maintien de $[H^+]$ c.a.d l'EAB

1. Les systèmes de tampons chimiques
 - Les tampons intracellulaires (*immédiat*)
 - Les tampons extracellulaires (*immédiat*)
2. La participation de l'appareil RESPIRATOIRE a la régulation du pH
[Modification de la PCO_2 (*rapide*)]
3. La participation des REINS a la régulation du pH
[Perte ou réabsorption de Bic (*quelques jours*)]



Rappel physiologique

- Les systèmes tampons au niveau

- 1 - Plasma: Protéines (proteinates)

Phosphate dissodique, mono sodique et surtout

le système Ac carbonique – Bicarbonate ($\text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{H}^+$)

- 2 - GR : Hb réduite – oxyHb

- 3 – extra érythrocytaire : proteinates (squelette)



Rappel physiologique

• Régulation → POUMON – REIN

1- Le rôle du poumon système important
système ouvert de l'organisme

→ Il élimine les ions H^+ ou H_2CO_3 issus de l'organisme

2- Le rôle du rein

Il élimine considérablement les ions H^+ en contre partie, il réabsorbe les BCB qui sont filtrés.

L'ionisation de l'ac. carbonique en BCB et en H^+ obéit à la loi d'action et de masse et aboutit à l'équation d' Henderson-Hasselbach

- Réabsorption et régénération des bicarbonates
- Élimination des ions H^+



Base Excess

- Quantité d'acide ou de base à ajouter au plasma pour ramener le pH à sa valeur normale en condition standard ($p\text{CO}_2$ 40 mmHg et T 37° C)



Notion de trou anionique

La somme des anions = à la somme des cations, afin de maintenir l'électroneutralité du milieu. Généralement, on dose le K^+ , Na^+ et HCO_3^- , mais on ne peut pas doser certains anions tels que les protéinates, le phosphate et les sulfates qui constituent les ions anioniques non dosés.

Le calcul du TA nous renseigne sur l'inégalité entre les anions et les cations :

$$TA = (Na^+ + K^+) - (HCO_3^- + Cl^-) = 12 \pm 2$$

= substances chargées négativement qui ne sont pas mesurées dans le plasma (protéines, acides organiques, phosphates, sulfates...)

Attention : le trou anionique doit être corrigé en cas d'albuminémie basse (l'hypoalbuminémie diminue l'AG)

Analyse d'un gaz artériel: en 3 étapes

| | Moyenne | Variations normales |
|-------------|---------|---------------------|
| pH sanguin | 7,40 | 7,35 - 7,45 |
| pH urinaire | | 6 - 7 |
| PCO2 | 40 | 35 - 45 mmhg |
| [HCO3] | 24 | 22 - 29 meq/l |
| PO2 | | 80 - 100 mmhg |
| BE | | 0 (+/- 2) mEq/l |

PaO₂ varie avec l'âge : PaO₂ (kPa) = [100 – (0.5 x âge)] x 0.133

Facteurs de correction :

- passage de kPa en mmHg : x 7.5
- passage de mmHg en kPa : x 0.133



Analyse d'un gaz artériel: en 3 étapes

1 – Déterminer s'il y a acidose ou alcalose

- Si $\text{pH} < 7,35$ → **ACIDOSE**
- Si $\text{pH} 7,35 - 7,45$ → **NORMAL**
- Si $\text{pH} > 7,45$ → **ALCALOSE**



Analyse d'un gaz artériel: en 3 étapes

2 - L'anomalie de pH est-elle respiratoire ou métabolique?

- PCO₂ indique l'état respiratoire (ventilation pulmonaire)
- HCO₃ indique l'état métabolique
- **ACIDOSE**
 1. Si pH ↑ → ACIDOSE RESPIRATOIRE
 2. Si pH ↓ → ACIDOSE METABOLIQUE
- **ALCALOSE**
 1. Si pH ↓ → ALCALOSE RESPIRATOIRE
 2. Si pH ↑ → ALCALOSE METABOLIQUE



Analyse d'un gaz artériel: en 3 étapes

3 - Evaluation si il y a compensation

- S'il y a acidose ou alcalose, l'organisme va chercher a compenser :
 1. Par le **systeme respiratoire** [processus rapide]
 2. Par le **systeme excréteur** [processus lent]



Acidose métabolique

Acidose métabolique

Définition

- Baisse des HCO_3^- -entraînant une baisse de pH
- Consommation (libération H^+) ou fuite de HCO_3^- :
 - 1 - Rétention en production de substances acides (exogènes ou endogènes):
 - ➔ Acide lactique (AL) (EDC +++ , IHC)
 - ➔ Corps Cétoniques (CC) (ACD +++)
 - ➔ Autres (intox: aspirine ; éthylène glycol = antigel ; isoniazide)
 - 2 – Liées a une pertes importantes de bases (BCB=bicarbonates):
 - ➔ Par diarrhées
 - ➔ Par pertes rénale

Diagnostic

- pH < 7,38
- HCO_3^- < 24 mmol/l (cause du trouble)
- PaCO_2 < 38 torr (conséquence : réponse ventilatoire)

Acidose métabolique

Physiopathologie

- ✓ Cette AM est due soit accumulation d'ion H^+ soit fuite de BCB plasmatique
Dans les 2 cas → une ↑ ions H^+ circulants
- ✓ L'organisme réagit par un système tampon:
cellulaire et d'une compensation respiratoire.
- ✓ Au début toute acidification du sang, va ⇒ une stimulation des CR qui vont ⇒ une hyperventilation qui va ⇒ une ↓ PaCO₂ et ⇒ ↑ pH → cette compensation ne dure que qq jrs car au delà le rein prend le relais en excréant les ions H^+ dans les tubules rénaux et une réabsorption des BCB.

Acidose métabolique

Signes cliniques (aspécifiques)

1. Contexte
2. Signes pulmonaires: hyper ventilation // respiration type Kussmaül
3. Signes neurologiques: obnubilation → coma
4. Signes cardio-vasculaires: TDE // vasodilatation artérielle → collapsus (↓TA)
5. Une vasoconstriction périphérique due a une I.C. congestive
6. Signes digestifs: N // V // D

Biologie

pH < 7,38 BCB < 24 mmol/l
PaCO₂ ↓ ou NL // [Ca⁺] ↑ // PaO₂ ↑

Acidose métabolique

Étiologies

Le TA permet de distinguer 2 groupes d'AM:

1 – AM a TA Nle ou \downarrow (< 16 meq/l) avec Hyperchlorémie [**perte de base**]

AM minérale , elle se base sur la Kaliémie == AM minérale

- Kaliémie Nle ou basse = D , fistule pancréatique, dérivations Ur
- Kaliémie \uparrow = IRA , hydronéphrose , hypoaldosteronisme

2 – AM a TA \uparrow (> 16 meq/l) == AM organique [**excès d'anion acide**]

[Acidose lactique // Acidocétose // Insuffisance rénale // Intoxications
(éthylène glycol, méthanol, ..)]



Acidose respiratoire



Acidose respiratoire

Définition

- Baisse du pH secondaire à hausse de la PaCO₂
- Insuffisance respiratoire ou hyperproduction de CO₂ [la ventilation est insuffisante pour éliminer le CO₂]

Toutes les causes d'hypoventilation :

1. Broncho-pneumopathies (obstructions)
2. Neuromusculaire (paralysies)
3. Centrales

Diagnostic

- pH < 7,38
- PaCO₂ > 42 torr (cause du trouble) par hypoventilation alvéolaire
- HCO₃⁻ :
 - Aigu : normaux ou peu élevés (pas de réponse rénale)
 - Chronique : > 26 mmol/l (réponse rénale)

Acidose respiratoire

Physiopathologie

L'hypercapnie tjrs secondaires a l'hypoventilation accompagnée d'hypoxémie (corrigée par le rein)

1 - **AR aiguë** → pas de phénomène de compensation comme la précédente le rein ne répondant que tardivement.

En situation aiguë les seules moyens de protection restent :
les tampons cellulaires.

2 - **AR chronique** → a l'inverse la fonction rénale a le tps de répondre et d'arriver a son max de fonctionnement.

Acidose respiratoire

Signes cliniques ceux de l'Hypercapnie ++++

1 – Hypercapnie aiguë [HTA (\uparrow QC), TC, HIC, N/V, céphalées, cyanose et agitation, crise d'épilepsie voire coma]

[autres: érythème, sueurs, tremblements (asterixis), troubles neuropsychiatries (anxiété, délire, confusion)]

2 – Hypercapnie chronique [CPC, HTAP, TDR dus à l'hypoxémie]

Biologie

pH < 7,38
PaCO₂ \uparrow // PaO₂ \downarrow

Acidose respiratoire

Étiologies

AR == HYPOVENTILATION ALVEOLAIRE

1 – AR aiguë :

- Obstruction des VAS
- Dépression des CR
- Défaillances des CR
- Déficits neuromusculaire [tétanos, botulisme , Sd de Guillain Barre]
- Atteintes thoraco-pulmonaires [PNO, hémothorax , SDRA]

2 – AR chronique:

- BPCO – asthme – emphysème
- Tumeurs cérébrales
- Déficits neuromusculaires chronique (myasthénie – polio)
- Déformations thoracique = cyphose , scolioses



Alcalose métabolique



Alcalose métabolique

Définition

- Hausse du pH secondaire à hausse des HCO_3^-
 - Perte excessive de H^+ ou rétention de HCO_3^-
-
- Survient en cas d'accumulation BCB ou de perte de protons
 - Surcharge alcaline ou perte d'acide (rénale ou digestive)

Diagnostic

↑ primitive des BCB

- $\text{pH} > 7,42$
- $\text{HCO}_3^- > 27 \text{ mmol/l}$ (cause du trouble)
- $\text{PaCO}_2 > 40 \text{ torr}$ (conséquence : réponse ventilatoire)



Alcalose métabolique

Physiopathologie

>>>> Au début

1 - Perte des ions H^+ → 2 origines:

- rénale → c'est tous les phénomènes qui ↑ le flux médullaire = Diurétiques
- digestive → D. chroniques + aspirations gastrique répétées.

2 – Surcharge en BCB due a une alcalinisation excessive d'une acidose tel que les polytransfusées et traitement par les anti acides.

>>>> secondairement

Compensation respiratoire = la réponse est pulmonaire par hypoventilation avec ↑ $PaCO_2$ → une HYPOXEMIE



Alcalose métabolique

Signes cliniques

DISCRETS +++

Hypoventilation alvéolaire = Hypercapnie et risque d'HYPOXIE+

++

1. Signes neuromusculaires [convulsions et coma]
2. Signes d'occlusion
3. Cardiovasculaires (troubles du rythme)
4. Respiratoires (hypoxémie)

Biologie

pH > 7,38 BCB > 24 mmol/l
PaCO₂ ↑ // c'est la compensation



Alcalose respiratoire

Acidose respiratoire

Définition

- Hausse du pH secondaire à baisse de la PaCO₂
- Hyper ventilation alvéolaire

Toutes les causes d'hyper ventilation qq soient l'origine mécanique ou centrale.

La ↓ BCB se fait en 2 tps:

1. Alc R aiguë → rapide étape qui entre en jeu les tampons cellulaires.
2. Alc R chronique → si l'hypocapnie persiste au delà de 2 a 3jrs le rein va ↑

son excrétion en BCB et ↓ l'excrétion des ions ammoniums et ↑ la [H⁺] plasm.

Diagnostic

- pH > 7,42
- PaCO₂ < 35 torr (cause du trouble) par hyperventilation alvéolaire avec comme réponse MB: BCB soit
 - HCO₃⁻-Aigu : normaux ou peu abaissés (pas de réponse rénale)
 - Chronique : < 23 mmo/l (réponse rénale)

Alcalose respiratoire

Signes cliniques ceux de l'HYPOCAPNIE par baisse DSC

1 - Alc R aiguë :

- Signes Respiratoires == Hyperventilation alvéolaire (hypoxémie)
- Signes neuropsychiatriques [confusion mentale, céphalées , convulsions par bas Q cérébrale]
- Signes Cardiovasculaires (troubles du rythme, TC, hypoTA, bas QC)

2 - Alc R chronique : ASYMPTOMATIQUE

Biologie

pH > 7,38 BCB < 24 mmol/l
PaCO₂ ↓ + + +



LES TROUBLES MIXTES



Définitions

1 - Troubles simples (ou purs)

- Réponse respiratoire ou rénale = prévisible
- Jamais de compensation complète

2 - Troubles mixtes

- Association de deux troubles de même sens
- Exemple: acidose métabolique et respiratoire

3 - Troubles complexes

- Association de deux troubles de sens opposé
- Exemple: acidose métabolique et alcalose respiratoire

Perturbation initial

e

| [H ⁺] | Ph | PCO ₂ | HCO ₃ | compensation | trouble |
|-------------------|-----------|------------------|------------------|--------------------|--------------|
| | | Acidose | | | |
| ↖ | < 7,35 | > 40 | | ↗ HCO ₃ | respiratoire |
| | | | < 22 | ↘ PCO ₂ | métabolique |
| | | Alcalose | | | |
| ↘ | > 7,45 | < 40 | | ↘ HCO ₃ | respiratoire |
| | | | > 26 | ↗ PCO ₂ | métabolique |



Aide

- **REGLE N°1**

- En cas d'anomalie de l'équilibre acido basique d'origine respiratoire le Ph et la PCO₂ varient en sens opposé.

- **REGLE N°2**

- En cas d'anomalie de l'équilibre acido basique d'origine métabolique le Ph et la PCO₂ varient dans le même sens.



Conversion

millimètre de mercure, kiloPascal

- $100 \text{ mmHg} = 13,33 \text{ kPa}$
- pour passer des mmHg aux kPa, diviser par 7,5
- pour passer des kPa aux mmHg, multiplier par 7,5

transport du CO2 dans le sang

- 80 % du CO2 sous forme de bicarbonates (HCO₃⁻) (Anhydrase carbonique).
- 10% du CO2 sous forme dissoute.
- 10% du CO2 sous forme de composés carbaminés (carbhémoglobine).



donc le CO2 plasmatique total = HCO₃⁻ plasmatique + CO2 dissous + CO2 carbaminé



Transport de l'O₂ dans le sang

a- forme dissoute

- concentration très faible (0,3 mL/100mLde sang)
- proportionnelle à la pression partielle en O₂ (à la constante de solubilité de l'O₂ près).

b – forme liée à l'hémoglobine (+ + +)

c – Grande majorité de l'oxygène est liée à l'hémoglobine (environ 20 mL/ 100mL de sang soit 65 fois plus que sous forme dissoute)