

FICHE TECHNIQUE : EQUILIBRES ACIDO-BASIQUES

Mise à jour : 04/01/2010

Sources : <http://www.vulgaris-medical.com>
<http://www.medinfos.com>
<http://www.medix.free.fr>

DEFINITION

Modifications diversement associées des concentrations sanguines des ions H⁺, des bicarbonates et de l'acide carbonique, responsables de variations de la valeur du pH sanguin.

INTERET

Les troubles de l'équilibre acido-basique sont retrouvés dans de multiples situations et relèvent de multiples mécanismes.

Minimes, elles n'entraînent pas de traitement spécifique en dehors du traitement de la cause.

Majeures, elles peuvent engager le pronostic vital et appellent un traitement visant à corriger le trouble et simultanément un traitement étiologique

Régulation de l'équilibre acido-basique

Le pH sanguin est normalement de 7,40 ±0,02, la bicarbonatémie entre 23 et 28 mM, la pCO₂ de 36 à 40 mmHg.

La relation entre ces 3 variables est donnée par l'**équation d'Henderson-Hasselbach**:

$$\text{pH} = 6,1 + \log \frac{\text{HCO}_3^-}{\text{H}_2\text{CO}_3} = 6,1 + \log \frac{\text{B}}{\text{A}}$$

NB: le taux d'acide carbonique est en relation directe avec la pCO₂: H⁺+HCO₃⁻ ⇌ H₂CO₃ ⇌ CO₂+H₂O

La '**réserve alcaline**' est une *entité biochimique correspondant au contenu total du plasma en CO₂* (CO₂ obtenu par dissociation des bicarbonates et de l'acide carbonique). Chez le sujet normal, elle correspond à 95% à la bicarbonatémie; elle s'écarte de cette valeur lors des variations extrêmes du pH.

Les variations de pH en situation physiologique ou pathologique sont contrôlées par **3 systèmes de régulation**:

- Les **systèmes tampons intra- et extracellulaires**, le plus important d'entre eux étant le *système bicarbonate /acide carbonique extracellulaire*

REMARQUE À PROPOS DES BICARBONATES :

Le bicarbonate est un système tampon.

L'organisme s'est donné des systèmes de régulation de son pH. Ils permettent d'atténuer les variations acides ou alcalines du sang. Le principal est l'hémoglobine sanguine : 150 g/l Une autre est les bicarbonates.

La perturbation des bicarbonates est significative de la perturbation du pH sanguin. Si les ions bicarbonates baissent, c'est le signe d'une perturbation acide : ils ont dû se combiner avec des ions H⁺ qui s'étaient déversés dans le sang, afin de les neutraliser.

- Le **contrôle respiratoire de la pCO₂**
- Le **contrôle rénal de l'excrétion d'ions H⁺** sous la forme d'ions NH₄⁺ ou ammoniurie, **et de la réabsorption des HCO₃⁻**. L'estimation de la capacité du rein à excréter les ions H⁺ par la seule mesure du pHu est insuffisante. Cette capacité est estimée par le calcul du *trou anionique urinaire* (Na + K - Cl), car NH₄⁺ est éliminé sous forme de NH₄Cl. Sa valeur normale est de 70mmol/24h.

En pratique, le dosage des bicarbonates et la mesure des gaz du sang permet, en se référant à l'équation d'Henderson-Hasselbach, de retrouver la cause initiale du trouble acido-basique.

	<i>pH</i>	<i>HCO₃⁻</i>	<i>pCO₂</i>
acidose métabolique	diminution	diminution	diminution
alcalose métabolique	augmentation	augmentation	augmentation
acidose respiratoire	diminution	augmentation	augmentation
alcalose respiratoire	augmentation	diminution	diminution

Il est nécessaire de dissocier l'étude des 4 grands troubles acido-basiques.

ACIDOSE

Introduction

Le terme acidose désigne l'acidité du sang (dont le pH devient inférieur à 7,40).

Généralités

Chaque jour l'organisme produit une certaine quantité d'énergie. Cette énergie est contenue dans les corps gras (lipides), les protéines (protides) et des sucres (glucide) qui proviennent de l'alimentation d'une part et des réserves d'autre part. Ces réserves se font sous la forme de glycogène pour le sucre à l'intérieur du foie, d'acides gras pour les graisses à l'intérieur du tissu adipeux et pour les protéines à l'intérieur du muscle.

On parle de métabolisme énergétique qui est source de calories mais aussi de déchets. L'urée est un exemple de déchets.

Ces déchets sont acides dans la plupart des cas. Il peut s'agir du gaz carbonique, d'hydrogène ou de toutes les substances provenant d'une dégradation de certaines cellules de l'organisme. L'acétone également provient des cellules quand celles-ci sont en carence glycémique (manque de sucre). Il s'agit d'une autre source de déchets.

Normalement, c'est-à-dire physiologiquement, l'hydrogène est éliminé par les reins, et le gaz carbonique par les poumons, et ceci au fur et à mesure où ils sont produits. Néanmoins certaines personnes, et plus précisément leurs organes, présentent quelques difficultés à éliminer totalement ces produits de dégradation que sont les déchets.

On appelle système tampon les moyens que possède un organisme pour neutraliser le pouvoir acidifiant c'est-à-dire l'acidité provenant de ces substances qui ont été préalablement transportées par le sang à l'intérieur du système circulation général.

Le terme acidose désigne, au final, les situations se caractérisant par une impossibilité, pour un organisme, d'éliminer convenablement l'excès d'acide. Cet excès d'acide provient soit d'un défaut d'élimination soit d'un excès de production comme c'est le cas par exemple au cours du diabète qui se complique d'un coma diabétique ou acidocétose.

L'acidose peut également être le fruit d'une intoxication par une substance, le plus souvent un médicament. Un des médicaments acide les plus connus du grand public est susceptible d'entraîner une acidose, il s'agit de l'aspirine ou acide acétylsalicylique.

Une ou plusieurs altérations de l'élimination des déchets et par voie rénale ou par voie pulmonaire entraîne une acidose. Dans le premier cas il peut s'agir d'une insuffisance rénale aiguë et dans le deuxième cas d'une insuffisance respiratoire aiguë.

- **L'acidose métabolique** se définit comme un excès de production d'acidité ou un défaut d'élimination de cette acidité par les reins.
- **L'acidose respiratoire** est le résultat d'une insuffisance d'élimination du gaz carbonique qui est acide. Ceci en raison, par exemple, d'un trouble de la ventilation qui survient, entre autres, au cours de l'asphyxie.

Classification

L'acidose métabolique est principalement due à l'insuffisance d'élimination d'acides par les urines. Elle peut être également causée par :

- Un diabète sucré non contrôlé
- Un jeûne
- Une forte diarrhée
- Une intoxication par l'aspirine

L'acidose lactique est due à l'accumulation d'acide lactique dans le sang, qui peut être la conséquence d'une chute de tension ou d'une insuffisance respiratoire. Elle s'observe dans l'insuffisance rénale, certaines leucémies, le diabète sucré, les intoxications médicamenteuses, les intoxications alcooliques. Elle se caractérise par :

- Des crampes musculaires
- Une très grande fatigue générale
- Des douleurs abdominales
- Des troubles digestifs
- Une déshydratation

Elle nécessite un placement en soins intensifs et la perfusion de bicarbonates par voie intraveineuse, ainsi que la régularisation de la cause. Elle est mortelle dans plus d'un cas sur deux.

L'acidose rénale est due à un fonctionnement insuffisant des reins. Elle peut être congénitale. Son traitement est basé sur la diététique (diminution des protéines, apport de bicarbonate de sodium).

L'acidose respiratoire est due à une mauvaise élimination respiratoire du gaz carbonique qui reste en excès dans le sang. Elle peut être causée par :

- Une asphyxie (en cas de noyade)
- Une strangulation
- La poliomyélite
- Une bronchite chronique
- Un emphysème
- Une scoliose ou une cyphose importantes
- Certains médicaments (les curares par exemple) Elle peut aussi être chronique, en cas de bronchite chronique ou d'emphysème par exemple.

Labo

Le diagnostic d'acidose est porté à partir de la mesure du degré d'acidité du sang que l'on appelle le pH. Celui-ci est normalement de 7,40 plus ou -0,5. L'acidocétose finit par une mesure inférieure à sa valeur.

Il est également nécessaire de mesurer le taux de bicarbonates intérieurs du plasma sanguin de façon à avoir une idée du fonctionnement (satisfaisant ou pas) du Système patron. La pression partielle du gaz carbonique à l'intérieur du sang permet, quant à elle, d'orienter le diagnostic et de connaître la nature du trouble qui a engendré l'acidose. Il peut s'agir par exemple d'une baisse des bicarbonates dans l'acidose métabolique ou d'une augmentation primitive du gaz carbonique dans l'acidose respiratoire. Autrement dit, dans le premier cas, la baisse des bicarbonates entraîne l'acidose de nature métabolique et dans le deuxième cas l'augmentation du gaz carbonique qui est le résultat d'une insuffisance d'élimination de ces gaz provoque l'acidose respiratoire.

Evolution

L'acidose entraîne, pour l'organisme, à plus ou moins long en termes, le plus souvent rapidement, des situations dangereuses car créant des conditions de fonctionnement anormal pour certains organes et en particulier le coeur. D'autre part le maintien de la pression artérielle est difficile voire impossible en cas d'acidose.

Traitement

Le traitement de l'acidose dépend bien entendu de sa cause et de son mécanisme au départ. En cas d'accumulation de toxines provoquant l'acidose il est nécessaire, par exemple, d'effectuer une épuration par rein artificiel.

La ventilation assistée et la correction d'un diabète sont d'autres moyens thérapeutiques pour corriger l'acidose.

Dans tous les cas le traitement de l'acidose nécessite l'admission en soins intensifs et en service de réanimation.

ACIDOSE METABOLIQUE

Définition

Abaissement du pH sanguin en dessous de 7,38 et des bicarbonates plasmatiques en-dessous de 21mM.

Physiopathologie

Le *pH urinaire est bas* en cas d'acidose métabolique (<5,3). Un pH retrouvé élevé (>6) témoigne d'une anomalie rénale.

Circonstances de découverte

1) Typiques

a) Signes fonctionnels

Le signe fondamental est la **dyspnée sine materia de Kussmaul**, ample, profonde et lente. Elle est la manifestation de l'hyperventilation alvéolaire destinée à éliminer le CO₂.

Les Signes généraux et Signes physiques dépendent de l'étiologie de l'acidose.

2) Par une complication

Une **torpeur, un coma ou un collapsus brutal** par dépression myocardique et vasodilatation ne se voient que pour des pH très abaissés. En effet, les catécholamines sécrétées en cas d'acidose deviennent inefficaces du fait même de l'acidose.

3) Biologie

La biologie fait le diagnostic en montrant une baisse concomitante du pH, des bicarbonates et de la pCO₂. L'hyperkaliémie est fréquente.

Le trou anionique plasmatique doit être déterminé devant toute acidose métabolique. Il représente les anions indosés du plasma. Physiologiquement: Na - (HCO₃ + Cl) est compris entre 8 et 16mEq/l (12 mEq/l ± 4).

Les acidoses métaboliques avec **trou anionique augmenté** (³18mEq/l) sont dues à la *rétenion anormale des phosphates, sulfates, d'acides organiques ou la présence de toxiques exogènes*: l'augmentation des anions indosés équivaut à la baisse du bicarbonate et la *chlorémie reste normale*. A l'opposé, les acidoses métaboliques à **trou anionique normal** sont *toujours hyperchlorémiques* car l'HCO₃⁻ consommé est remplacé par le chlore.

Diagnostic étiologique et mécanisme de l'acidose métabolique

1) Acidoses métaboliques par charge acide excessive: trou anionique élevé

La surcharge acide est soit d'origine endogène lors de l'*acidocétose diabétique* et de l'*acidose lactique* (état de choc+++, CEC, IEA massive, et biguanides chez l'insuffisant rénal ou hépatique), soit exogène par *intoxication* (acide acétylsalicylique, éthylène glycol, méthanol).

Dans l'acidose lactique, l'élévation des lactates, normalement inférieurs à 5mM, fait le diagnostic.

2) Acidoses métaboliques par perte intestinale de bases: trou anionique normal avec hyperchlorémie

La kaliémie est souvent basse.

Les *syndromes cholériformes* et *certaines fistules duodénales ou pancréatiques* peuvent donner ce tableau.

3) Acidoses métaboliques par défaut d'excrétion d'acide: ammoniurie insuffisante et inadaptée au pH

a) Les acidoses tubulaires

Il s'agit d'acidoses métaboliques à trou anionique normal, à *filtration glomérulaire conservée* et *non-expliquée par une autre cause*.

Il en existe 3 types:

- *type I ou distale avec hypokaliémie*: le pH urinaire est alcalin car l'origine est un *défaut d'excrétion des ions H⁺*. Les néphropathies interstitielles chroniques, les maladies auto-

immunes avec hypogammaglobulinémie, une intoxication au lithium, amphotéricine B et plomb peuvent provoquer ce type d'acidose métabolique.

- *type II ou proximale avec hypokaliémie*: le pH urinaire peut être acide. Ce défaut de réabsorption des bicarbonates se rencontre dans le *syndrome de Fanconi* avec diminution de tous les systèmes de cotransport lié au sodium (phosphate, glucose, acides aminés) que l'on retrouvera dans l'urine.
- *type IV ou distale avec hyperkaliémie*: il s'agit d'un *trouble de l'ammoniogénèse*, le pH urinaire peut être acide. Il existe de plus une insuffisance de réabsorption distale du sodium entraînant une insuffisance de sécrétion du K^+ . Elle se rencontre dans certaines néphropathies diabétiques, les néphropathies interstitielles avec hypoaldostéronisme et hypo-réninisme, l'amylose rénale et les uropathies obstructives.

b) Acidose de l'insuffisance rénale chronique

Elle apparaît pour une *filtration glomérulaire* $< 30 \text{ ml/min}$ et s'aggrave parallèlement à la réduction néphronique. Le trou anionique est augmenté par rétention de sulfates, phosphates et d'acides organiques.

ACIDOSE RESPIRATOIRE

Définition

Abaissement du pH sanguin en-dessous de 7,38 et augmentation de la pCO₂>42mmHg.

Circonstances de découverte

1) Signes fonctionnels

Les signes sont ceux d'une hypercapnie mais sont intriqués avec ceux de la maladie causale. Ce sont:

- des *signes cardiovasculaires*: hypertension artérielle ou au contraire collapsus, tachycardie, insuffisance ventriculaire droit
- des *signes neuropsychiques*: céphalées, anxiété, agitation, hallucinations, voire torpeur et coma
- des *signes cutanés*: érythrose et sueurs liées à l'hypercapnie, cyanose liée à l'hypoxie.

Les Signes généraux et Signes physiques dépendent de l'étiologie de l'acidose

2) Biologie

Il y a *élévation des bicarbonates plasmatiques* mais cette compensation est plus efficace dans l'hypercapnie chronique que dans l'hyper-capnie aiguë. Elle est de 4mM d'HCO₃⁻ (au-dessus de 25mM) pour une augmentation de 10mmHg de la pCO₂.

Une *hyperkaliémie* modérée est fréquente. L'*hypochlorémie* est constante, corrélée à l'augmentation des bicarbonates. Le trou anionique est normal. Le pH urinaire est acide.

La *pO₂* est *abaissé* puisque l'acidose est toujours secondaire à une hypoventilation alvéolaire.

Diagnostic étiologique

Toutes les affections s'accompagnant d'une hypoventilation alvéolaire peuvent entraîner une acidose respiratoire.

1) Anomalie de la commande neuromusculaire

a) Affections du système nerveux central

Lésions infectieuses, tumorales, vasculaires et traumatiques
Médicaments dépresseurs respiratoires
Syndrome de Pickwick.

b) Affections neuro-musculaires d'origine

- médullaire: poliomyélite, traumatisme
- périphérique: Guillain-Barré, polynévrite, porphyrie intermittente aiguë
- musculaire: myasthénie, myopathie, dyskaliémie.

2) Anomalie thoracopulmonaire

a) de la paroi thoracique

Cyphoscoliose, spondylarthrite ankylosante, obésité, épanchement pleural et pneumothorax.

b) de l'appareil bronchopulmonaire

- par syndrome restrictif: fibrose interstitielle diffuse, réticulose, sarcoïdose.
- par syndrome obstructif: broncho-pneumopathie chronique obstructive (BPCO), état de mal asthmatique.

ALCALOSE

Introduction

L'alcalose (basicité, alcalinité) est le contraire d'acidose (acidité). Il s'agit d'un trouble de l'équilibre acido-basique de l'organisme secondaire à une baisse de l'acidité dans le plasma (partie liquidienne du sang) et les autres liquides de l'organisme comme les liquides interstitiels (liquide dans lequel baignent les cellules) à l'exception du liquide circulant dans les vaisseaux.

Classification

On distingue deux variétés d'alcalose :

- **L'alcalose métabolique** correspond à un trouble de l'équilibre acido-basique dû à un apport excessif d'alcalins comme les bicarbonates de soude (entre autres) ou à une perte importante d'acide, comme c'est le cas lors des vomissements importants entraînant une perte de suc gastrique (qui est un liquide acide).
- **L'alcalose respiratoire**, appelée également alcalose gazeuse, correspond également un trouble de l'équilibre acido-basique secondaire à une élimination excessive par les poumons de gaz carbonique, due le plus souvent à une accélération de la respiration (hyperventilation) qui devient plus rapide et plus profonde. L'alcalose respiratoire se voit par exemple lors d'une crise d'anxiété importante, d'un épisode de spasmophilie, en altitude ou encore après une carence en oxygène de l'air respiré.

En chimie organique, la rupture de l'équilibre acido-basique du plasma est indiquée par une valeur du pH qui devient supérieure à 7,40. Le pH correspond à l'abréviation : potentiel hydrogène. C'est le coefficient qui caractérise l'état acide ou basique d'une solution.

Pour les spécialistes, le pH d'une solution est le cologarithme décimal de sa concentration en ions H⁺: $\text{pH} = -\log_{10}[\text{H}^+]$. Une solution est neutre si son pH est égal à 7, acide s'il est inférieur à 7, basique s'il est supérieur à 7.

ALCALOSE METABOLIQUE

Définition

Augmentation du pH sanguin au-dessus de 7,42 et des bicarbonates plasmatiques au-dessus de 28mM.

Circonstances de découverte

1) Signes fonctionnels

Il s'agit d'une **hypoventilation alvéolaire éventuellement associée à des myoclonies et une tétanie**. Mais ces signes ne sont nets qu'en présence d'une *alcalose sévère* ($pH > 7,55$, $HCO_3^- > 50mM$).

Les Signes généraux et Signes physiques dépendent de l'étiologie de l'alcalose.

2) Biologie

La **baisse de la calcémie ionisée** explique les troubles neuro-musculaires.

L'**hypokaliémie** est fréquente

La **pO₂ est diminuée** pouvant atteindre des valeurs de 45-50mmHg; elle vient aggraver une insuffisance respiratoire préexistante.

Diagnostic étiologique et mécanisme de l'alcalose métabolique

1) Alcalose métabolique par excès d'apport exogène de bicarbonates

Elle survient surtout chez l'**insuffisance rénale chronique** chez qui les capacités d'excrétion des bicarbonates sont diminuées. L'alcalose cesse à l'arrêt des apports.

2) Autres types d'alcalose métabolique

L'association alcalose métabolique/hypokaliémie est très fréquente, l'une tendant à aggraver l'autre.

a) par perte digestive d'ions H⁺

C'est le cas des **vomissements et des aspirations gastriques non-compensées**. Elle s'accompagne de déshydratation et d'hypokaliémie.

b) par perte rénale d'ions H⁺

- avec **déshydratation extracellulaire**:

L'administration excessive de *diurétiques de l'anse et de thiazidiques* est une des causes les plus fréquentes d'alcalose métabolique

L'*hypercalcémie* cause des vomissements, une polyurie et une sécrétion obligatoire d'ions H⁺

- avec **hyperhydratation extracellulaire**: hypertension artérielle par *hyperaldostérisme* primaire ou secondaire, prise de *glycerrhizine*, syndrome de *Cushing*. Une hypokaliémie est un signe d'appel.

c) de la déplétion potassique

Une **hypokaliémie** peut provoquer une acidification excessive de l'urine par augmentation de l'ammoniogénèse et transfert d'ions H⁺ du plasma vers les cellules.

ALCALOSE RESPIRATOIRE

Définition

Élévation du pH sanguin au-dessous de 7,42 par diminution de la pCO₂ en dessous de 36mmHg.

Physiopathologie

L'alcalose respiratoire s'accompagne d'une diminution de la bicarbonatémie, plus sensible si l'alcalose est chronique.

Circonstances de découverte

1) Signes fonctionnels

Les signes d'une alcalose respiratoire sont neurologiques: *paresthésie, crise de tétanie* par abaissement du calcium ionisé. Des convulsions sont possibles.

Les Signes généraux et Signes physiques dépendent de l'étiologie de l'alcalose.

2) Biologie

Une *hypokaliémie* et une *hypophosphorémie*, par transfert du plasma vers les cellules peuvent être observés.

Diagnostic étiologique

Il faut distinguer les hyperventilations alvéolaires hypoxémiques des hyperventilations non-hypoxémiques d'origine centrale avec poumon normal.

1) Hypocapnie avec hypoxémie (hypoxémie : Diminution du taux d'oxygène dans le sang)

- embolie pulmonaire
- pneumonies
- OAP cardiogénique
- pneumopathies interstitielles telles que la sarcoïdose.

2) Hypocapnie sans hypoxémie

- hyperventilation psychogène: spasmophilie, douleurs aiguës
- tumeurs, infections, traumatismes cérébraux
- insuffisance hépatique, cirrhose avec encéphalopathie
- intoxication salicylée aiguë.

Traitement

Le traitement de l'alcalose respiratoire est celui de sa cause. En particulier, l'apport suffisant d'oxygène (plusieurs l/min) par sonde nasale ou masque suffit à corriger l'alcalose respiratoire des maladies pulmonaires.

HYPOCAPNIE

Définition

L'hypocapnie correspond à la diminution de la concentration du gaz carbonique dans le sang.

L'inhibition (le ralentissement) du centre respiratoire est utilisée dans le cas de la plongée libre prolongée afin d'en augmenter la durée, ce qui provoque une alcalose volontaire avant la plongée.

L'hypocapnie est due à l'élimination trop importante de gaz carbonique traduisant une hyperventilation c'est-à-dire une augmentation des entrées et des sorties de l'air dans les poumons (alvéoles pulmonaires).

Plus précisément, on constate une diminution de la pression sanguine en CO₂ (gaz carbonique) dissous à l'intérieur du plasma sanguin. Ceci est le résultat d'une élimination excessive de CO₂ par augmentation de la ventilation (respiration) pulmonaire.

L'hypocapnie, en cas de survenue brutale, peut éventuellement entraîner une alcalose respiratoire appelée également alcalose gazeuse, c'est-à-dire une alcalinité du sang trop importante. L'alcalinité est le contraire de l'acidité. Si l'alcalose gazeuse devient chronique (s'étend sur une longue période), les reins permettent de réguler, c'est-à-dire de compenser par un abaissement du taux des bicarbonates contenus dans le plasma (partie liquidienne du sang).

L'hypocapnie peut également aboutir (chez quelques patients seulement) à un ralentissement voire une perturbation plus ou moins importante de la respiration. Ce mécanisme est le résultat d'une inhibition du centre respiratoire aboutissant au ralentissement, voire à l'arrêt de la respiration.

Causes

- L'hypocapnie est le plus souvent due à un exercice physique trop intense.
- Plus rarement, l'hypocapnie est due à une maladie pulmonaire telle qu'une embolie ou une infection pulmonaire entre autres.
- L'émotivité est susceptible d'aboutir à une hypocapnie.