

Equilibre Acide - Base

auteur: Dr JC Bartier

jeanclaude.bartier@gmail.com

Pôle Anesthésie-Réanimation SAMU-SMUR-CESU

Hopitaux Universitaires de Strasbourg

date: 22/02/2016

Plan général

- Introduction
- Equilibre acide-base
- Equilibre hydro-électrolytique
- Cas cliniques

Equilibre Acide-Base

- Introduction
- Rappels Physio-Pathologiques
- Les principales anomalies Acido-basiques
- Acidose respiratoire
- Acidose métabolique
- Alcalose métabolique
- Alcalose respiratoire

Les troubles de l'équilibre acide-base (TAB)

- Ce sont des **anomalies biologiques** qui accompagnent tous les *dysfonctionnements aigus* des grandes fonctions vitales.
- Leur mise en évidence nécessite un examen sanguin spécifique appelé **gaz du sang**
- les signes cliniques sont ceux de la **maladie causale** (ex. acidose métabolique et arrêt cardio-respiratoire)
- Le traitement est avant tout celui de la cause initiale.

Physio-pathologie

- Le système acido-basique le plus simple est le verre d'eau
- Arrhenius (1887) définit un **acide** une substance qui produit des ions H^+
- Une solution est acide lorsque le nombre d'ions $H^+ > \text{nombre d'ions } OH^-$
- $H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$
- à $37^\circ C$ il y a 0,00000004 meq ion H^+ par litre de plasma (contre 140 meq de Na^+)

Notion de Potentiel Hydrogène (pH)

- à $37^\circ C$ il y a 0,00000004 meq ion H^+ par litre de plasma
- $\text{Log}(0.000000004) = -7.39794$
- $\text{Log}(\frac{1}{0.00000004}) = 7.39794$
- Finalement $pH = 7,4$
- Fourchette de normalité: $7,38 - 7,42$
- Fourchette compatible avec la vie: **6,8 à 7,8**

En pratique

- Si la $[H^+]$ **augmente** le **pH diminue**
- on parle d'**acidose** ($pH < 7,38$)
- Si la $[H^+]$ **diminue** le **pH augmente**
- on parle d'**alcalose** ($pH > 7,42$)

Origine des ions Hydrogène

- **Respiratoire**
- $O_2 + \text{Glucose} \rightarrow CO_2 + H_2O + 38ATP$ (Krebs)
- $CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-$
- élimination pulmonaire (rapide)
- **Métabolique**
- protéines $\rightarrow \text{protéines}^- + H^+$
- élimination rénale (lente)

- métabolisme **anaérobie** (ACR, Choc)
- $Glucose \rightarrow CO_2 + H_2O + 2ATP + \text{acide lactique}$
- acide lactique $\leftrightarrow lactates^- + H^+$

Les gaz du sang (technique)

REGLEMENTATION

Décret du 29 juillet 2004 ,article 4311.7 36ème alinéa « L'infirmière est habilitée à accomplir sur prescription médicale écrite quantitative et qualitative, datée et signée, les actes et soins infirmiers suivants, à condition qu'un médecin puisse intervenir à tout moment :...Prélèvement de sang artériel pour gazométrie ... »



Figure 1: Prélèvement artériel dans l'artère radiale, après test d'Allen.

Les gaz du sang (technique 2)

- on prélève du sang **artériel**
- acte **douloureux** (EMLA)
- artère radiale (+ test d'Allen)
- éliminer soigneusement les **bulles d'air**

- fermeture **hermétique** du tube
- conservation sur **glace**

Les gaz du sang (résultats)

| Paramètre | Commentaire | Valeur normale |
|----------------|--------------------------------|------------------|
| pH | acidité/alcalinité | $7,4 \pm 2$ |
| $PaCO_2$ | composante respiratoire | 40 ± 2 mmHg |
| $bicarbonates$ | composante métabolique | 24 ± 2 meq/l |
| PaO_2 | pression en O_2 artériel | 100 ± 2 mmHg |
| SaO_2 | saturation artérielle en O_2 | 100% |

- ionogramme

| Paramètre | Commentaire | Valeur normale |
|-------------|---------------|---------------------|
| $sodium$ | hydratation | 140 ± 2 meq/l |
| $potassium$ | tr. du rythme | $3,5 \pm 0,5$ meq/l |
| $chlore$ | TAB | 105 ± 2 meq/l |

En pratique

| Respiratoire | Métabolique | pH |
|--------------|----------------------------|-------------------------------------|
| Acidose | pCO ₂ augmentée | bicarbonates diminués pH < 7.38 |
| Alcalose | PaCO ₂ diminuée | bicarbonates augmentés pH > 7.42 |

Acidose respiratoire

- défaut d'élimination du CO₂
- ex: décompensation respiratoire d'une BPCO
- Toutes les IRA (OAP, pneumopathies hypoxémiantes, etc.)

Acidose métabolique

- accumulation d'**acides non volatiles**
 - acide lactique: ACR, états de choc
 - acido-cétose diabétique
 - insuffisance rénale chronique
- **pertes de bicarbonates**
- diarrhées profuses (choléra)
- signes associés
- hyperventilation (dyspnée de Kussmaul)

Les solutés alcalins

- sont proposés dans le traitement **symptomatique** de l'acidose métabolique
- usage controversé
- ne remplace jamais le traitement étiologique
- le plus utilisé: **bicarbonate de sodium**
- 3 présentations
- la forme à 8.4 % est utilisée dans les états de choc
- se perfuse normalement sur un KT central
- incompatibilité chimique avec les catecholamines (adrénaline)

Alcalose métabolique

- pertes importantes d'acide
- vomissements
- aspiration gastrique

Alcalose respiratoire

- mécanisme = hyperventilation
- psychogène (crise de tétanie)
- erreur de réglage du respirateur
- intoxications
- acide acetyl salicylique

Questions ?

type: section

Anomalies hydro-electrolytiques

type: section

Plan

- Physio-pathologie
- définitions, notion de compartiments, l'eau dans l'organisme
- comment se font les échanges ?
- électrolytes, ions, osmolarité, natrémie
- déshydratation et hyperhydratation
- anomalies du potassium
- cas cliniques

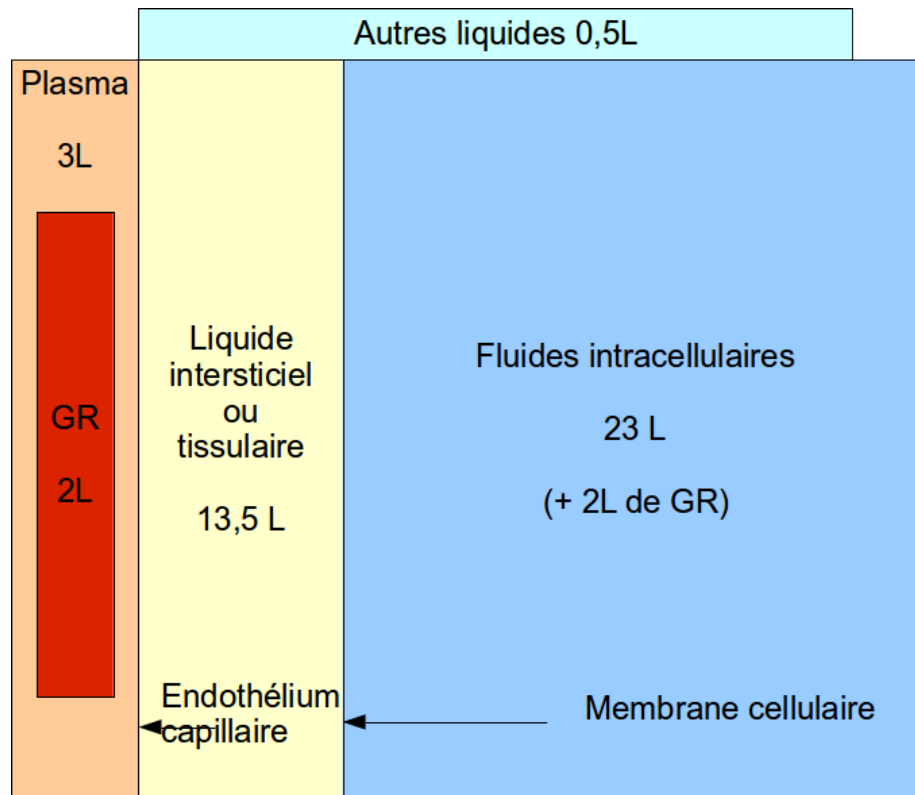
Définitions

- solution = soluté + solvant
- Un **solvant** est une substance liquide qui a la propriété de dissoudre, de diluer ou d'extraire d'autres substances sans les modifier chimiquement et sans lui-même se modifier. L'**eau** est le solvant le plus courant, la solution étant alors qualifiée de solution aqueuse.
- le **soluté** est ce qui est dissous dans le solvant.
- l'eau est un solvant indispensable à la vie.

Compartiments

- l'eau de l'organisme se répartit dans différents secteurs appelés **compartiments** ou **secteurs**.
- il y a 2 compartiments majeurs:
- compartiment **extra-cellulaire** où le *soluté* majeur est le **sodium** (Natrium)
- compartiment **intra-cellulaire** où le *soluté* majeur est le **potassium** (Kalium)
- les échanges d'eau se font au travers de **membranes cellulaires** par un phénomène appelé **osmose**.

eau



Représentation graphique des principaux fluides corporels et de leurs relations chez un homme de 70 Kg. Eau totale = $23 + 13,5 + 3 + 2 + 0,5 = 42$ litres.

Figure 2: Répartition de l'eau dans l'organisme.

Le sodium (NA)

- Les mouvements de l'eau dans l'organisme sont étroitement liés à ceux du **sodium**
- l'ion sodium est toujours entouré d'une "sphère" d'eau qu'il entraîne avec lui au cours de ses déplacements.

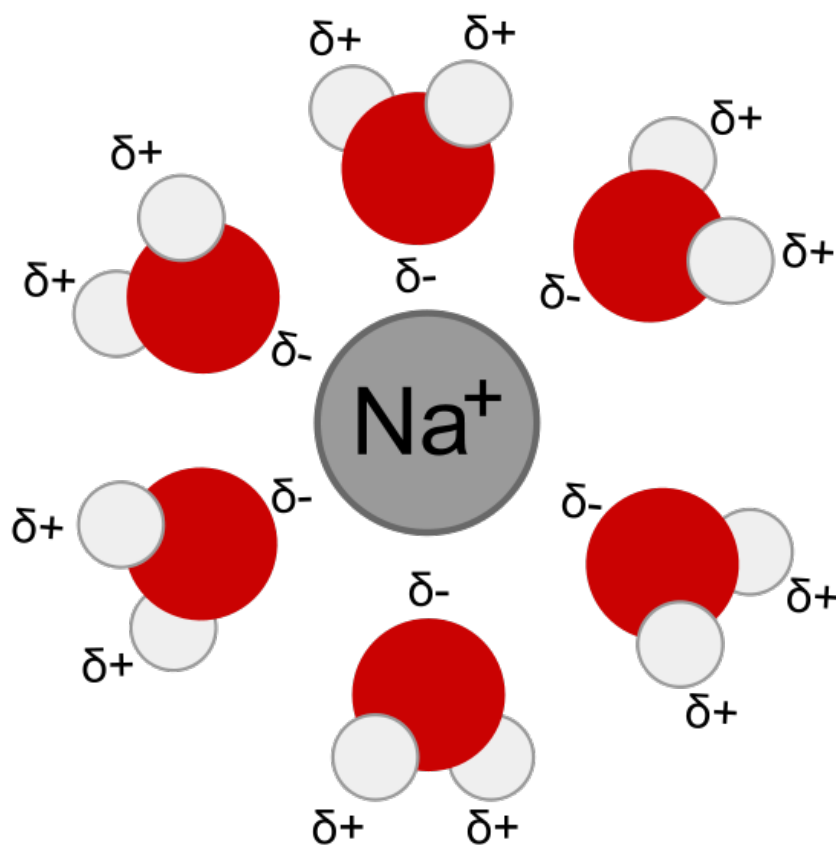


Figure 3: Le sodium est un ion fortement hydraté. Il est entouré d'un groupe de 6 à 8 molécules d'eau.

Expérience de Dutrochet (1827)

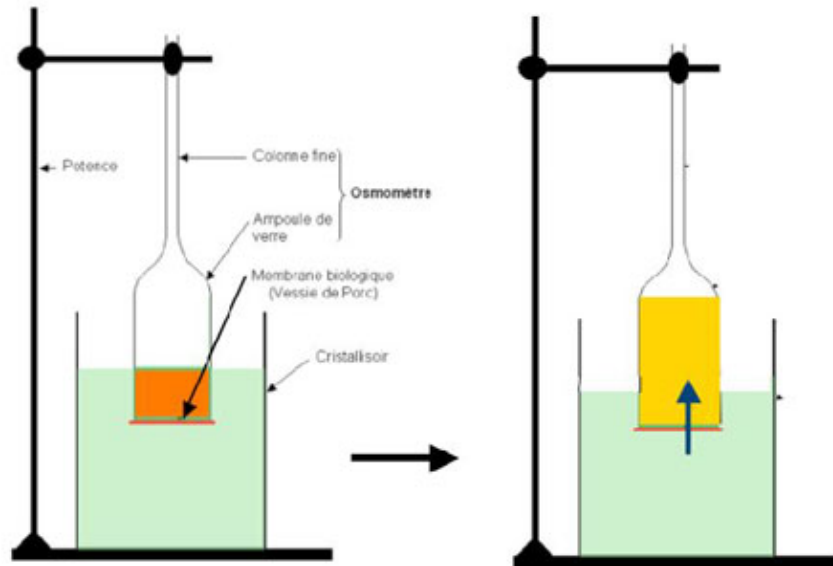


Figure 4: dutrochet

- une cloche remplie d'eau salée et fermée par une membrane semi-perméable (vessie de porc) est plongée dans un récipient d'eau pure.
- Au bout de quelques temps, le niveau de liquide s'élève dans la cloche, proportionnellement à la concentration de sel initiale.

Membrane cellulaire

- Ce sont des membranes **semi-perméables** : leur perméabilité est différente selon qu'il s'agisse du *solvant* ou du *soluté*.
- La membrane cellulaire expulse activement le NA en échange de K par l'intermédiaire de pompes fonctionnant avec de l'ATP.
- Cette inégalité de répartition des solutés de part et d'autre de la membrane cellulaire est responsable du phénomène d'**osmose**.
- On appelle **concentration** le rapport *solutés* / volume du *compartiment* ($C = x \text{ g/l}$).
- L'eau se déplace toujours du compartiment le moins concentré vers le compartiment le plus concentré.

Membrane semi-perméable (1)

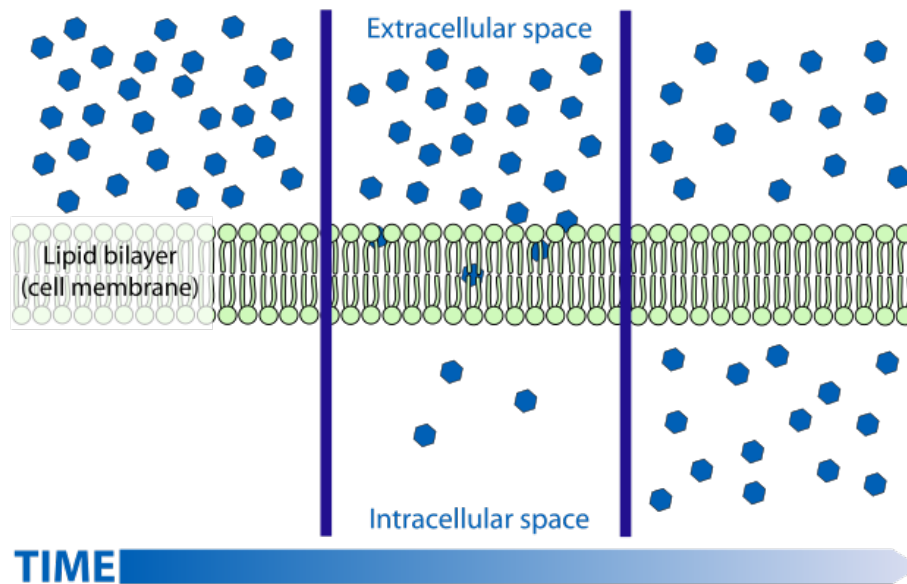


Figure 5: membrane semi-perméable

Membrane semi-perméable (2)

Tonicité

- si les 2 compartiments sont à la même concentration, ils sont dits **iso-toniques**.
- si le compartiment 1 est plus concentré que le compartiment 2:
- le compartiment 1 est dit **hypertonique**
- le compartiment 2 est dit **hypotonique**
- l'eau va se déplacer du compartiment 2 vers le compartiment 1, jusqu'à ce que les concentrations des deux compartiments soient égales.
- Application **hémolyse**.

Hémolyse

- Hémolyse = sang, lyse = destruction
- L'eau pure (eau ppi) est hypotonique.

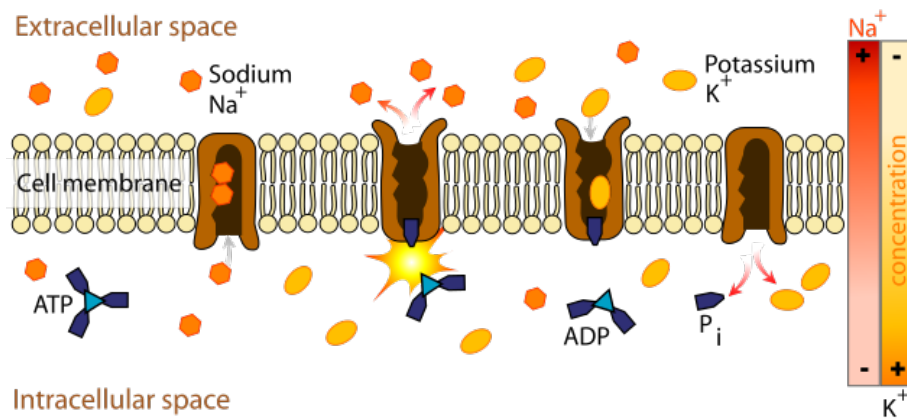


Figure 6: Pompes transmembranaires NaK-ATPase dépendantes

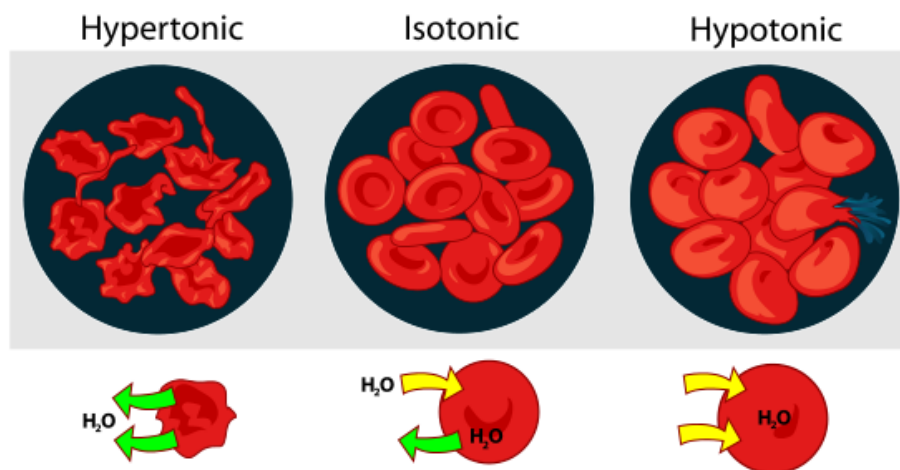


Figure 7: Dans un milieu hypotonique, le GR se remplit d'eau jusqu'à éclater. C'est l'hémolyse.

Les solutés

- protéines (albumine)
- sucres (glucose)
- urée
- (alcool)
- électrolytes (ionogramme)
- Sodium

- Potassium
- Chlore
- Calcium
- Magnésium
- Bicarbonates
- Lactates
- Phosphate

Les électrolytes

- Substances se dissociant dans le solvant en particules chargées électriquement appelées **ions**.
- $NaCl$ (sel de table) $\rightleftharpoons Na^+ + OH^-$
- Valeurs normales de quelques électrolytes de l'ionogramme sanguin

| ion | mEq/l | mmol/l |
|--------------|-----------------|------------------|
| Sodium | 135 à 145 mEq/l | 135 à 145 mmol/l |
| Potassium | 3,5 à 5 mEq/l | 3,5 à 5 mmol |
| Chlore | 95 à 105 mEq/l | 95 à 105 mmol/l |
| Bicarbonates | 22 à 30 mEq/l | 22 à 30 mmol |
| Calcium | 90 à 100 mg/l | 2,25 à 2,5 mmol |

Equivalent ou milliéquivalent

- ne s'applique qu'aux solutés qui se dissocient dans un solvant
- $eq = \frac{\text{masse atomique}}{\text{valence}}$
- valence = nombre de charges électriques
- ex: $Ca^{++} = \frac{40,1}{2} = 20mg/l$
- Pour les ions monovalents, la concentration en eq/l est identique à la concentration en moles/l.

Osmolarité

- c'est une mesure du nombre de particules dissoutes dans le plasma

- unité = **osmoles** ou milliosmoles (mosm) par litre.
- valeur normale: **300 mosm/l** (295 - 305)
- Tout soluté de perfusion ayant la même osmolarité est **isotonique** :
- sérum glucosé à 5%
- sérum salé à 0,9% (sérum physiologique)
- Solutés **hypertoniques** (risques de nécrosescutanées)
- bicarbonate de sodium à 8,4 %
- sérum glucosé à 30%

Le sodium

- C'est lui qui indique l'état d'hydratation
- **hypernatrémie** = déshydratation
- **hyponatrémie** = hyperhydratation

Tableaux Cliniques

type: section

Deshydratation globale

- mécanisme: perte d'eau
- compensation par le secteur intra-cellulaire
- résultat: deshydratation mixte
- survie sans eau: quelques jours (max = 1 semaine)
- Evolution:
- insuffisance rénale
- choc hypovolémique
- arrêt cardiaque par désamorçage cardiaque
- chez le nourrisson le décès survient après une perte de 10% de son poids en eau ($\approx 1kg$)

Où perd t'on de l'eau ?

- Perte sanguine
- sang total: hémorragie (50% masse sanguine)
- Pertes digestives
- vomissements, diarrhées

- SNG, fistules
- Pertes cutanées
- sueurs (mines, tenues NRBC, coup de chaleur)
- plasma: brûlure étendue (mortalité précoce)
- Pertes rénales
- hyperglycémie
- diabète insipide

=== - Troisième secteur - péritonite - pancréatite aiguë - occlusion intestinale

Signes de déshydratation

- soif intense (agitation)
- perte de poids
- somnolence, confusion
- pli cutané (front, manubrium sternal)
- sécheresse des muqueuses
- constantes
- tachycardie
- hypotension
- hyperthermie
- oligoanurie

=====

- **Attention** aux âges extrêmes de la vie et aux patients qui ne s'expriment pas
 - Démence sénile
 - patient intubé (réanimation)
 - psychiatrie
 - AVC

Signes de déshydratation (2)

- biologie:
- **hypernatrémie**: $\text{Na} > 145 \text{ meq/l}$
- hyperosmolarité $> 300 \text{ osm/l}$
- hématoците élevé

Traitement de la déshydratation

symptomatique - Urgence (collapsus): remplissage massif: objectif PA > 80 mmHg (maromolécules) - sérum salé - sinon favoriser la **voie orale** (eau gélifiée)

étiologique - transfusion - apport d'électrolytes

Hyperhydratation

- mécanisme
- apports massifs de solutés hypotoniques, rétention d'eau de de sel
- exemple: **insuffisance cardiaque**
- dilution du secteur extracellulaire
- transfert d'eau vers le secteur intracellulaire
- oedèmes tisiaires

Hyperhydratation: signes

- prise de poids
- oedèmes
- **dégout de l'eau**
- signe neurologiques: crampes, céphalées, convulsions
- biologie:
- **hyponatrémie**

Hyperhydratation: traitement

- **restriction hydrique**
- diurétiques
- épuration extra-rénale dans les formes graves.

Hyperkaliémie

- $K^+ > 4,5 mmol/l$
- complication majeure: **ACR en FV**
- ECG: ondes T amples et symétriques
- Traitement
- stopper les apports de potassium (Ringer)

- résine échangeuses (Kayexalate)
- diurétique rapide (furosémide)
- bicarbonate de sodium
- Glucose + insuline
- Epuration extra-rénale

Hyperkaliémie (ECG)

source: <http://www.wikiwand.com/fr/Hyperkali%C3%A9mie>

Hypokaliémie

- $K^+ < 3,5 \text{ mmol/l}$
- clinique pauvre: crampes
- ECG: apparition d'une onde U
- traitement
- pas urgent: **PO**
- urgent: **Jamais de potassium en IVD**
 - max. 1,5 g de K/heure au PSE

Hypokaliémie (ECG)

source: <http://www.e-cardiogram.com/ecg-banque.php?idcat=8&idscat=62&PHPSESSID=b1023999db1f48b9a3>

Cas Cliniques

type: section

Syndrome des buveurs de bière

H 50 ans amené par ambulance pour crise convulsive inaugurale. A l'examen, le patient est confus, et présente un tremblement au repos. Connue pour être un buveur de bière (plus de 5 litres par jour). En dehors d'une hépatomégalie, l'examen clinique est normal.

- temp: 36 °C
- PA: 120/70 mmHg
- fc: 90

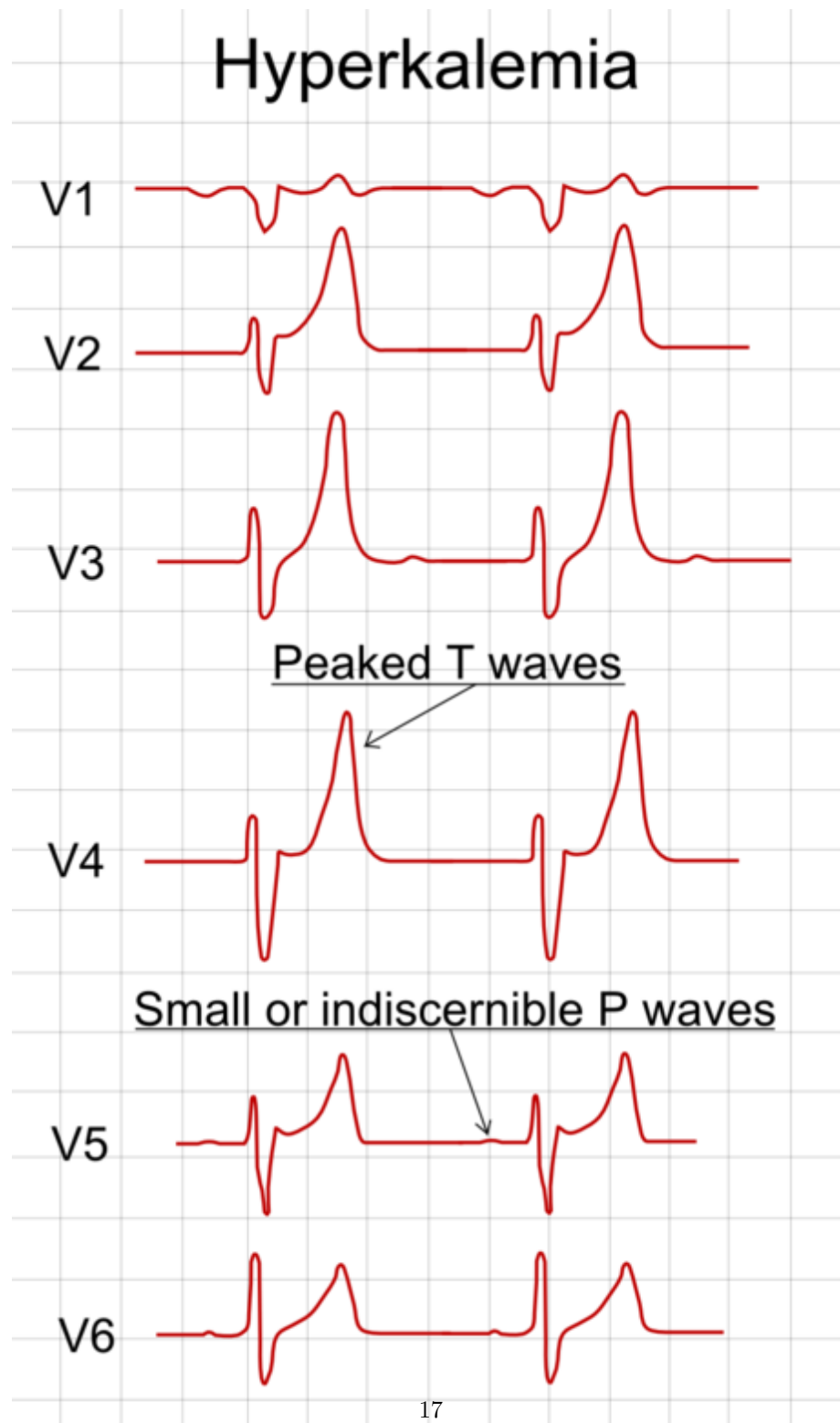


Figure 8: hyperk

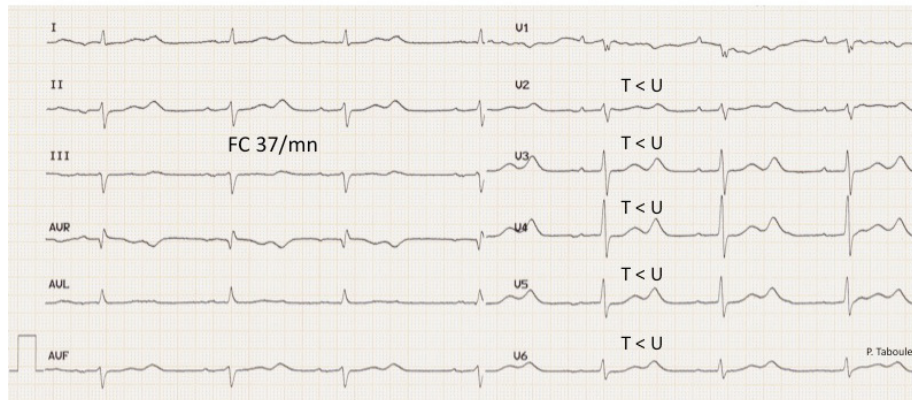


Figure 9: hypok

Syndrome des buveurs de bière

Une gazométrie et un ionogramme sont prélevés:

- sodium: 110 mmol/L (N = 140)
- potassium: 2,5 mmol/L (N = 4)
- chlore: 90 mmol/L (N = 110)
- glycémie: 5,5 mmol/L (N = 5.5)
- pH: 7,5 (N = 7,4)
- bicarbonates: 30 mmol/L (N = 24)
- pCO₂: 39.55 mmHg (N = 40)

Le patient est-il déshydraté, hyperhydraté, en acidose/alcalose respiratoire ou métabolique ?

Même le coca-cola (sans sucre) est dangereux!

Une femme de **54 ans** est admise pour un **état de mal convulsif**. Ce n'est pas une épileptique connue, mais elle est traitée pour dépression et éthyisme. Il n'y a pas de sevrage brutal de l'alcool. Son mari signale la prise de **9 litres** de coca sans sucre dans la journée. Les crises convulsives sont stoppées par 10 mg de diazépam IV.

Le bilan biologique est le suivant:

- natrémie: 109 mmol/L
- osmolarité: 232 mOsm/L

Coca (suite)

Comment peut-on expliquer ce qui s'est passé ?

Les troubles neurologiques sont-ils dus à une deshydratation, une hyperhydratation, à un élément toxique du coca-cola (eau, aspartame 550 mg, cola, caféine) ?

Une diarrhée de fou

Un homme de 88 ans, dément sénile est admis pour une diarrhée liquide évoluant depuis 48 heures. Il est habituellement traité par Risperdal, théralène et sectral (pour une HTA).

À l'admission, il est faiblement réactif, dyspnéique avec une langue rotie. Sa pression artérielle est à 80/60 mmHg (normale 150/90), la fréquence cardiaque est à 95 c/mn, la fréquence respiratoire est à 28 c/mn.

Une diarrhée de fou

Le bilan biologique est le suivant (gazométrie artérielle prélevée sous O₂):

- glucose: 7.2 mmol/L
 - sodium: 155
 - potassium: 5.8
 - chlore: 110
 - urée: 15
 - créatinine: 186
 - calcium 2.07
 - osmolarité: 320
-
- pH: 7.31
 - pCO₂: 2.6 kPa (19.5 mmHg)
 - pO₂: 17 kPa (127 mmHg)
 - bicarbonates: 10 mmol/L
 - saturation en O₂: 98%
-

Quel est le statut hydro-électrolytique et acido-basique de ce patient? Quel traitement d'urgence ?

Mamie à eu chaud...

C'est l'été 2006 et il fait très chaud. Paulette 86 ans est copieusement hydratée par son aide -ménagère comme le recommande la radio. Pourtant l'état général de Paulette se dégrade: une confusion temporo-spatiale s'aggrave, fait des fausses reconnaissances, refuse les boissons qui lui sont proposées. Un matin elle est retrouvée au sol, très confuse avec une hémipégie/parésie droite. Compte tenu de l'âge et de l'absence de possibilités thérapeutiques, le médecin traitant en accord avec la famille décide de ne pas l'hospitaliser. Il prescrit cependant une prise de sang. Les résultats sont les suivants:

Mamie a eu chaud...

- GR: 4.2 M/ml
- Hb: 13.1 g/dl
- Ht: 37.7%
- D-Dimères: 1740 ng/ml ($N < 500$)
- créatinine: 6.7 mg/L
- sodium: 116 mmoles/L
- potassium: 3.59 mmoles/L

Au vu de ces résultats une thérapeutique active est mise en place et Paulette récupère totalement. Comment expliquer ce qui s'est passé ?

soluté de réhydratation de l'OMS

L'organisation mondiale de la santé (OMS) recommande de réhydrater les enfants victimes de troubles digestifs sévères (choléra) à l'aide de la solution suivante (pour 1 litre d'eau propre):

- glucose: 75 mmol (soit $75 \times 180 \text{g} / 1000 = 13.5 \text{g}$)
- sodium: 75 mmol (soit $140 \text{ mmoles de nacl} = 58.5 \times 140 / 1000 = 8.2$)
- chlore: 65 mmol
- potassium: 20 mmol
- citrate: 10 mmol

soit au total **250 mosm/L**

=====

Cette solution est hypotonique par rapport à l'osmolarité du plasma et très sucrée (respectivement 300 mOsm/L et 1g/L). Pouvez-vous expliquer pourquoi ?

Question subsidiaire (plus difficile):

Perdu(e) quelque part sur la planète et confronté à une épidémie de choléra, on vous propose une solution de réhydratation composé de 2.5 morceaux de sucre et une cuillerée à café de sel. Qu'en pensez vous ?