

1. Equilibre hydro-électrolytique

M1 Biochimie

Unité : Biochimie médicale

Dr AZZI Rachid

1. Introduction

L'eau représente le constituant le plus abondant de notre organisme : 55 à 70 % du poids du corps. Elle participe par ses molécules autant que par ses ions OH^- et H^+ à tous les échanges et à de très nombreuses réactions.

Son métabolisme et son étude ne peuvent être dissociés de ceux des électrolytes,

Un électrolyte: c'est un corps dont les molécules, lorsqu'elles sont en solution, sont capables de se dissocier en ions.

2. Eau et sels minéraux

Teneur en eau

Entre 55 à 70% du poids total du corps. Varie selon : Age (nourrisson 75 %, vieillard 60 %), Morphologie, Masse grasseuse (le tissu adipeux étant très pauvre en eau) , Suivant les tissus (les tissus mous et les muscles en particulier étant, bien sûr, beaucoup plus riches que le tissu osseux).

L'apport quotidien d'une certaine quantité d'eau est indispensable à la vie. Les besoins sont évalués en fonction de l'élimination qui varie elle-même en fonction des conditions extérieures, ou des conditions pathologiques. Le besoin moyen d'eau chez l'adulte est **de 2 litres/24 heures**, soit 30 ml/kg environ.

Apports d'eau

Ils sont endogènes et exogènes.

L'apport endogène naît de réactions métaboliques de déshydratation de substrats divers et surtout des réactions d'oxydation au cours de la respiration cellulaire. Ainsi environ 300 ml d'eau sont fournis.

L'apport exogène est obligatoire (environ 2 000 ml/24 h) sous forme d'eau de boisson (500 à 1 000 ml) et sous forme d'aliments solides (800 à 1 200 ml).

Apports de sel

- l'eau potable apporte des sels minéraux alcalins (NaCl , KCl) ;
- Les végétaux, les fruits, le lait apportent aussi de nombreux anions et cations. En pratique, l'alimentation normale apporte suffisamment de sel (9 à 15 g/24 h).

Elimination de l'eau et des sels minéraux

- Élimination digestive : Elle est faible (100 à 200 ml/jour) du fait de la réabsorption intestinale,
- Elimination pulmonaire : Elle est proportionnelle à la ventilation pulmonaire
- Elimination cutanée.
- Élimination urinaire : Elle est, pour l'eau, de 1 200 à 1 500 ml/24h

3. Répartition de l'eau dans l'organisme

L'eau, ignorant les barrières cellulaires, est l'objet d'échanges incessants entre les cellules et les milieux extracellulaires. L'état des liquides de l'organisme est régi par les règles fondamentales suivantes :

- **ils sont isotoniques**, c'est-à-dire que le rapport eau/électrolytes est constant ;
- **ils possèdent une neutralité électrique**, c'est-à-dire autant d'anions que de cations.

Compartiment intracellulaire 2/3 Environ 40% du poids du corps	Compartiment extracellulaire 1/3 Environ 20% du poids du corps	
	Liquide interstitiel 4/5 15% du poids du corps	Plasma 1/4 05% du poids du corps
Eau total Environ 60% du poids du corps		

4. Répartition des sels minéraux dans l'organisme

Au niveau du liquide extra cellulaire, le sodium est le principal cation

Au niveau du liquide intra cellulaire, le potassium est le principal cation

Compartiment extracellulaire

Le compartiment extracellulaire représente 20 % du poids du corps chez l'adulte, 40 % chez le nourrisson. Il est composé des compartiments plasmatique (5 %) et interstitiel (15 %).

Compartiment plasmatique

Outre ses 5 % d'eau, ce compartiment renferme de nombreuses substances dissoutes (glucose, urée, créatinine etc.) et des électrolytes, cations et anions.

Cations plasmatiques

- **Le sodium Na^+** , (138 à 145 mmol/1 ou mEq/1). Il est le principal cation extracellulaire.
- **Le potassium K^+** (4,5 à 5 mmol/1 ou mEq/1)
- **Le calcium Ca^{2+}** est présent au taux de 2,3 à 2,5 mmol/1 soit 4,7 à 5 mEq/1.
- **Le magnésium Mg^{2+}** , 1 à 1,2 mmol/1 soit 2 à 2,5mEq/1.

Anions plasmatiques

- **Le chlorure Cl^-** est le principal anion des liquides extracellulaires. Son taux est de **98 à 103mmol/1 ou mEq/1**. En raison de ses affinités avec l'ion sodium, leurs métabolismes sont le plus souvent liés.
- **Le bicarbonate**, sa concentration normale est de 26 à 28mmol/1 ou mEq/1.
- **Les protéines** sont, au pH du plasma, ionisées sous forme de protéinates, R-COO^- , et peuvent donc intervenir comme anions. Leur taux est de 65 à 75 g/1.
- **Les acides organiques**, issus du métabolisme intermédiaire, (pyruvate, lactate, oxaloacétate, oxoglutarate...) représentent environ 6 mEq/1.
- **Phosphates et sulfates** forment environ 3 mEq/1.

Le compartiment plasmatique communique avec l'extérieur grâce aux échanges digestifs, pulmonaires, rénaux et cutanés.

Compartiment interstitiel

Il est en équilibre avec le compartiment plasmatique au travers de la paroi des capillaires et avec le compartiment intracellulaire au travers des membranes cellulaires.

Sa composition est grossièrement celle d'un ultrafiltrat plasmatique, c'est-à dire que seules les protéines sont absentes et remplacées par des chlorures. Le sodium est discrètement diminué (135 mmol/1).

Il est composé à 90% d'eau, le liquide interstitiel, ou liquide interstitium, sert à remplir la partie vide entre les cellules et les capillaires sanguins. Sa présence a pour effet de favoriser l'interaction entre ces deux entités. L'excès de liquide interstitiel est pris en charge par les capillaires lymphatiques. Il devient alors de la lymphe. Celle-ci est alors transportée jusqu'au niveau du cou où elle sera à nouveau intégrée dans le système sanguin via la veine subclavière gauche. Le liquide interstitiel bénéficie d'une composition relativement proche de celle du plasma.

Compartiment intracellulaire

L'eau intracellulaire compte pour 35 à 40 % du poids du corps et 55 à 60 % de l'eau totale de notre organisme.

Son osmolalité est identique à celle du compartiment extracellulaire mais la nature des substances dissoutes est différente.

Le principal cation est le **potassium (110mmol/1 ou mEq/1)**, libre ou lié aux protéines cellulaires. Il participe activement à la contraction musculaire, à la transmission de l'influx nerveux et, d'une manière générale à tous les potentiels de membrane.

Le **magnésium** vient en deuxième place pour les cations cellulaires.

Les anions sont essentiellement des **phosphates** et des **protéinates**.

5. Les transfères liquidiens

Il existe trois grandes différences de pression.

- **La pression hydrostatique** : C'est la pression mécanique due à l'éjection du sang par le cœur. Cette pression mécanique est responsable du phénomène de filtration. Ce phénomène de filtration est la cause essentielle du transfère d'eau du plasma vers le liquide interstitiel.
- **La pression oncotique** : C'est une pression chimique. Elle est liée à la présence d'une différence de concentration en protéines de part et d'autre d'une membrane cellulaire. Cette pression est responsable de transfères d'eau vers les secteurs où la concentration en protéine est plus élevée.
- **La pression osmotique** : C'est une pression liée à la concentration en substances dissoutes. Chaque substance dissoute va avoir un pouvoir osmotique. L'eau suit alors le principe de l'osmose. Ce phénomène d'osmose aboutit à l'égalisation des concentrations de part et d'autre d'une membrane cellulaire.

6. Échanges d'eau et d'électrolytes

Mouvements d'eau

L'eau diffuse librement à travers la membrane cellulaire et la paroi des capillaires en obéissant aux lois de l'osmose. Les principaux responsables de l'osmolalité sont le Na et le Cl, les bicarbonates qui, à eux trois, exercent 85 % de la pression osmotique totale.

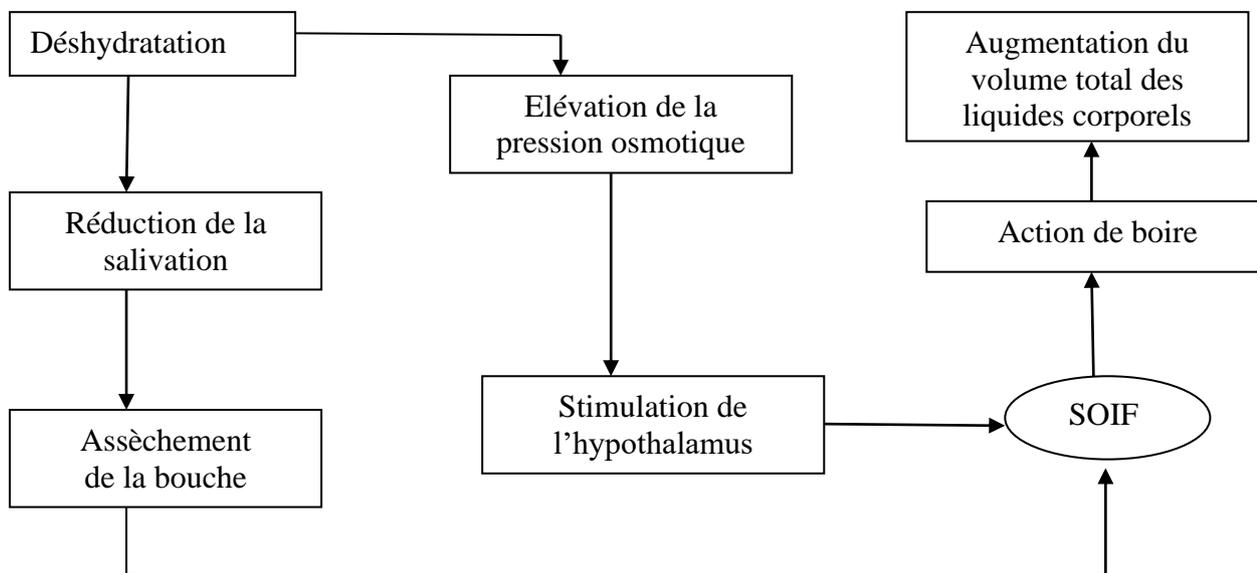
Les mouvements de l'eau sont simples : elle se déplace toujours du milieu le moins concentré vers celui qui est le plus concentré, ayant une osmolalité supérieure qui attire l'eau.

Mouvements et échanges de sels

Le passage des électrolytes salins au travers de la membrane cellulaire se fait soit par diffusion passive, soit par transport actif.

- La diffusion* obéit aux règles de l'équilibre de Donnan, créé lorsque deux solutions différentes sont séparées par une membrane perméable. L'équilibre sera atteint lorsque les concentrations en ions diffusibles seront égales de part et d'autre de la membrane.
- Le transport membranaire actif* affecte essentiellement le sodium qui doit être rejeté hors du compartiment intracellulaire par le mécanisme de la pompe à sodium (10 à 15 mmol/l de Na contre 70 à 150 mmol/l de K). Ce transfert actif consomme de l'énergie, luttant contre un gradient de concentration.

7. Régulation des entrées d'eau



8. Régulation des sorties d'eau

La régulation de l'hydratation du compartiment extracellulaire est sous la dépendance du bilan du sodium, dont les modifications s'accompagneront de modifications parallèles du bilan hydrique.

La régulation de l'hydratation du compartiment intracellulaire est sous la dépendance de l'osmolalité des liquides extracellulaires.

Hormone antidiurétique

L'hormone antidiurétique, ou ADH, est la vasopressine, sécrétée au niveau des noyaux hypothalamiques, Elle contrôle en effet la réabsorption d'eau au niveau des tubes contourné distal et collecteur du néphron, assurant une élimination plus ou moins grande d'eau libre par les reins,

↑ADH ==> ↑réabsorption d'eau par les reins

↓ADH ==> ↓réabsorption d'eau par les reins

Autre hormones

Les hormones thyroïdiennes interviennent faiblement en augmentant l'élimination d'eau cutanée et urinaire.

Les catécholamines augmentent la pression artérielle, donc la filtration glomérulaire et donc la diurèse.

Les stéroïdes interviennent surtout par le cortisol exerçant un faible effet de rétention sodée.

Facteurs responsables des pertes anormales d'eau

Hyperventilation, Vomissement, Diarrhée, Hémorragies, Fièvre, Brûlures

9. Les troubles de l'équilibre hydro électrolytique

L'état hydro-électrolytique de base peut s'écarter de l'équilibre. Ceci peut être du soit à:

Une surcharge digestive (en eau, en électrolytes), Des déperditions cutanées, digestives, fécales ou urinaires,

La variation brutale de l'un des secteurs ou de l'un des compartiments de l'organisme.

Les déshydratations

Il existe des déshydratations extra cellulaires, intra cellulaires et globales (les deux). La survenue de l'une ou l'autre de ces déshydratations teint à la nature de la perte en eau ou en sodium.

- **Les déshydratations extra cellulaires** sont des déficits égaux en eau et en sodium (perte de liquide isotonique) qui peuvent être dus à des pertes soit:
 - Digestives: vomissements, diarrhées, aspirations digestives.
 - Sudorales: sueurs en cas de coup de chaleur.
 - Rénale: en cas d'insuffisance rénale.
- **Les déshydratations intra cellulaires** sont des déficits en eau qui peut être dus à:
 - Des pertes respiratoires: intubation, état comateux.
 - L'impossibilité de satisfaire, d'exprimer, de ressentir sa soif.
 - Des pertes rénales: diabète insipide.
- **Les déshydratations globales** sont des déficits en eau associés à un léger déficit en sodium. Elles peuvent être dues à des pertes:
 - Cutanées: mucoviscidose.
 - Digestives: gastro-entérite du nourrisson.
 - Rénales: diabète sucré.

Les hyper hydratations

Les hyper hydratations intra cellulaires sont dues à des chutes de l'osmolarité plasmatique soit par:

- Chute du taux de sodium du liquide extra cellulaire.
- Chute du taux d'urée.

Les hyper hydratations extra cellulaires ou oedèmes sont dues à une augmentation du sodium dans le liquide extra cellulaire dans les cas de diminution de l'excrétion rénale du sodium (insuffisance rénale, insuffisance cardiaque, les cirrhoses hépatiques et les syndromes névrotiques).

Les hyper hydratations globales sont dues à une association de l'hyper hydratation intra cellulaire et à une hyper hydratation extra cellulaire.

10. Exploration de l'équilibre hydrominéral

- **Mesure des électrolytes**

Osmolarité et osmolalité plasmatiques — Cryoscopie : L'abaissement du point de congélation du plasma (cryoscopie) est proportionnel au nombre total d'ions et de molécules non dissociées. Les résultats normaux, exprimés en milliosmoles/litre (de plasma) sont de 300 mOsm/l (osmolarité).

Détermination séparée des électrolytes — Ionogramme —

Bilan électrolytique (Ionogramme sanguin)

- photométrie d'émission de flamme ou par potentiométrie à l'aide d'électrodes sélectives ou encore par colorimétrie pour doser le sodium et le potassium
- par colorimétrie ou par potentiométrie pour doser le chlore
- par gazométrie ou manométrie pour doser le bicarbonate Les ions CO_3H^+
- biuret et colorimètre pour doser les protéines
- Hématocrite Représentant le rapport du volume globulaire sur le volume sanguin total x 100, il donne des renseignements précieux sur le volume liquidien plasmatique. Les valeurs moyennes sont : **-50 % chez l'homme et 45 % chez la femme.**

Bilan électrolytique urinaire Il ne se conçoit que sur des urines de 24 h, dont la qualité pourra s'apprécier par le dosage de la créatininurie dont on connaît la constance (0,18 mmol/kg de poids chez la femme ; 0,22 mmol/kg chez l'homme). Il ne peut être interprété que couplé à l'ionogramme sanguin.

Ce bilan comprend essentiellement trois examens : urée, sodium, et potassium urinaires.