

LE METABOLISME DE L'EAU ET DU SODIUM RAPPEL PHYSIOLOGIQUE

GENERALITES

Les troubles de l'hydratation sont fréquents. Les difficultés diagnostiques et thérapeutiques qu'ils posent sont variables. Certaines déshydratations ne touchent principalement qu'un secteur hydrique de l'organisme et sont rapidement réversibles avec un traitement adapté. D'autres sont plus complexes car elles concernent les deux secteurs hydriques.

Seule une approche diagnostique basée sur les mécanismes physiopathologiques - l'appréciation des signes cliniques, l'interprétation des anomalies biologiques et la recherche de l'étiologie - permet de les traiter de manière raisonnée.

I- REPARTITION DE L'EAU DANS L'ORGANISME :

EAU TOTALE :

Le contenu en eau de l'organisme = 60 % du poids corporel chez l'homme

50 % chez la femme

La teneur en eau diminue avec l'âge = 65 % chez le nourrisson

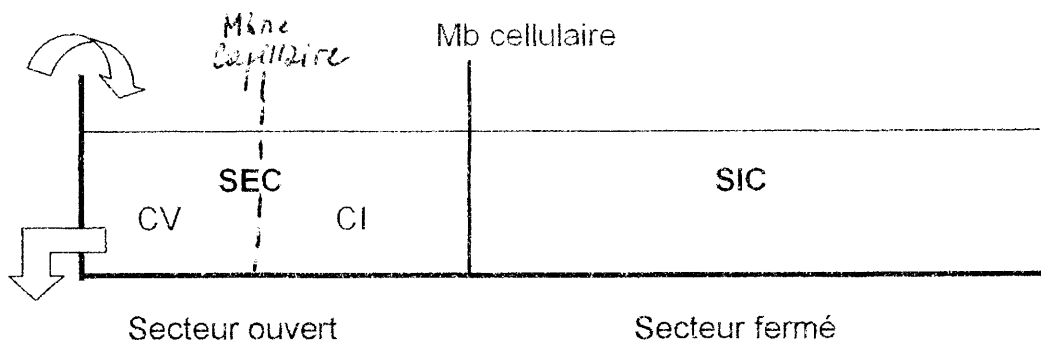
45 % chez le vieillard

COMPARTIMENTS LIQUIDIENS :

Le secteur intracellulaire (SIC): 40 % du poids du corps (constituent environ 55 % de l'eau totale)

Le secteur extracellulaire (SEC): 20 % du poids du corps (45 % de l'eau totale), se subdivisent en compartiment interstitiel (CI : 15%) et compartiment vasculaire (CV : 5%). Le volume sanguin représente environ 6 à 7 % du poids du corps, soit 2.84 l/m² chez l'homme et 2.47 l/m² chez la femme.

Exemple: Adulte de 70 kg – Eau totale : 42 litres – Eau cellulaire : 28 litres – Eau extracellulaire : 14 litres (interstitielle 11 litres, plasmatique 3 litres).



Les liquides transcellulaires (15 ml/kg) sont formés par le transport actif du liquide extracellulaire à travers les membranes épithéliales. Ils sont constitués par les liquides contenus dans le tube digestif (7 ml/kg), les voies biliaires (3 ml/kg), les lymphatiques et le liquide céphalo-rachidien (2 ml/kg). Dans certaines circonstances

pathologiques, les liquides transcellulaires s'accumulent, constituant un troisième secteur (ascite, pleurésie, péritonite).

REPARTITION DES ELECTROLYTES DANS L'ORGANISME :

L'organisme d'un homme de 70 kg contient : 4200 mEq (60 mEq/kg) de sodium
2980 mEq (42 mEq/kg) de potassium.

La composition ionique du plasma (mEq/l) : sodium = principal cation extracellulaire (95% des cations), chlore = principal anion extracellulaire.

CATIONS : 150	Na	K	Ca	MG		
	140	4	4	2		
ANIONS : 150	Cl -	HCO3-	PO4 --	SO4 --	Ac organiques	Protéines
	100	26	2	1	4	16

- Le liquide interstitiel est un ultrafiltrat plasmatique, c'est à dire sans éléments figurés et sans protéines. Les concentrations de cations sont légèrement inférieures et les concentrations d'anions sont légèrement supérieures par rapport au plasma (équilibre de Gibbs-Donnan) **[voir annexe 1]**.
- Les principaux cations des liquides intracellulaires sont le potassium et le magnésium, tandis que les anions les plus abondants sont les protéines et les phosphates organiques.
- « Les pompes ioniques » situées dans la membranes cellulaire, chassent activement le sodium hors de cellule et maintien le potassium. Ce qui explique le contraste entre la composition des liquides de part et d'autre de la membrane cellulaire. Le potentiel de membrane est (+) à l'extérieur de la membrane cellulaire, (-) à l'intérieur.

II- REGULATION DE LA REPARTITION DE L'EAU DANS L'ORGANISME :

REGULATION DU VOLUME DU SECTEUR HYDRIQUE EXTRACELLULAIRE

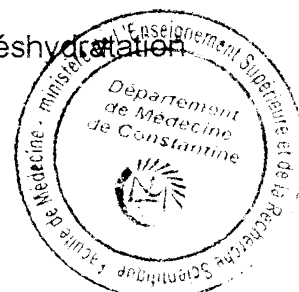
- Le volume globale de l'eau extracellulaire dépend du **CAPITAL SODEE**.
Dans ces états, seules interviennent les variations du **Capital sodé (mesure par le Na échangeable)** **[voir annexe 2]**.

Les échanges entre les secteurs extracellulaire et cellulaire dépendent de l'Osmolarité plasmatique.

La natrémie ne renseigne donc pas sur l'état d'hydratation du secteur extracellulaire, mais sur l'hydratation du milieu intracellulaire.

Un bilan de sodium positif (entrées > sorties) entraîne une hyperhydratation extracellulaire.

Un bilan de sodium négatif (entrées < sorties) entraîne une déshydratation extracellulaire.



- La répartition de l'eau entre les secteurs vasculaire et interstitiel est sous la dépendance de **la pression oncotique** (elle est dans le plasma = 28 mmHg soit 3,72 kPa). Cette répartition se fait selon l'hypothèse de Starling [voir annexe 3].

OSMOLARITE ET OSMOLALITE :

- L'eau totale est répartie de part et d'autre des membranes cellulaires de façon à maintenir une pression osmotique égale dans les secteurs extra et intracellulaire.

L'osmolalité est le nombre d'osmoles par litre de solvant, c'est à dire par kg d'eau plasmatique.

L'osmolalité plasmatique peut être calculée par la formule suivante :

$$\text{Osmolalité} = 1,75 \text{ Na}_c + \text{U}/60 + \text{G}/180 + 10,1 \text{ +/- } 5,6$$

Où

$$\text{Na}_c = \frac{\text{Natremie mEq} \times 1000}{1000 - (\text{lipides} \times 2.5) - (\text{protides} \times 0.745)}$$

Na_c = Na corrigé ; U = urée en mg/l ; G = glucose en g/l ;
Protides en g/l, lipides en g/l

L'osmolarité est le nombre d'osmoles, c'est à dire le nombre d'atomes ou de molécules, par litre de plasma. L'Osmolarité plasmatique peut être mesurée (mesure du Δ cryoscopique), elle est normalement égale à :

$$= \begin{matrix} \text{cations} & \text{anions} & \text{glucose} & \text{urée} & \\ (150) & (150) & (5) & (5) & \end{matrix} = 310 \text{ mmol/l (mOsm/l)} \quad (\text{en mmol})$$

L'Osmolarité calculée est :

$$= (\text{Na}^+ \times 2) + \text{Glycémie (g/l)} \times 5.5 + \text{urée (g/l)} \times 16.6 \\ = 280 - 295 \text{ mOsm/l}$$

L'Osmolarité plasmatique active ou **tonicité plasmatique** est :

$$= (\text{Na}^+ \times 2) + \text{glycémie (g/l)} \times 5.5 = 275 - 290 \text{ mOsm/l}$$

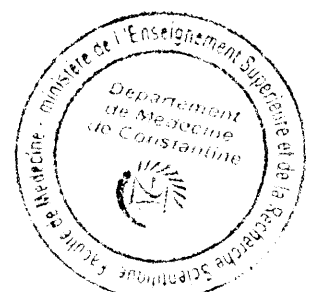
L'urée n'est pas efficace car elle diffuse dans les deux secteurs (eau totale)

Le trou osmolaire = Osmolarité mesuré – Osmolarité calculée

Il traduit la présence dans le plasma d'une substance osmotique mais non dosée habituellement.

Exemple :

Ethanol	1g	= 22 mOsmol
Methanol	1g	= 34 mOsmol
Isopropanol	1g	= 17 mOsmol
Ethylène glycoi		= 20 mOsmol
Mannitol	1 g	= 5 mOsmol
Glycérol	1g	= 3.8 mOsmol



Ainsi :

- L'Osmolarité du secteur extracellulaire est fonction de la natrémie
- Toute augmentation de la concentration plasmatique de sodium (donc hypernatrémie) = s'accompagne d'une déshydratation intracellulaire.
- Toute diminution de la concentration plasmatique de sodium (donc hyponatrémie) = s'accompagne d'une hyperhydratation intracellulaire.

La natrémie renseigne donc sur l'état d'hydratation du secteur intracellulaire.

III- RÔLE DU REIN DANS L'EQUILIBRE HYDROSODE :

Le rein règle l'excrétion du sodium et de l'eau.

EXCRETION RENALE DE SODIUM

La quantité de sodium excrétée = quantité de sodium filtrée – quantité de sodium réabsorbé

- Les modifications de la filtration glomérulaire de sodium influant peu chez l'homme sur la natriurèse.
- La réabsorption de sodium qui s'opère dans le tube proximal est iso osmotique et porte sur 80% du sodium filtré. Elle semble sous la dépendance des pressions oncotiques et hydrostatiques qui règnent dans les capillaires péritubulaires.

Il découle de ces notions physiologiques :

1) Une diminution de la natriurèse peut être la conséquence :

D'une augmentation de la réabsorption proximale de Na :

- par hypotension
- par augmentation des résistances vasculaires rénales (augmentation des catécholamines),
- par diminution du flux sanguin superficiel au cours des hypovolémies.

2) Une augmentation de la natriurèse par :

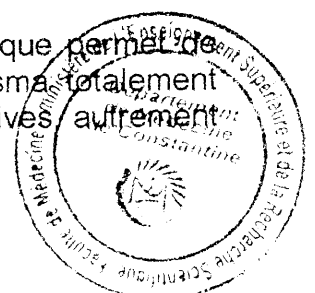
- diminution de la réabsorption proximale de Na (hypervolémie, hyperhydratation extracellulaire).

Les variations de la réabsorption distale de sodium (10% du sodium filtré) sont un phénomène actif, chaque ion Na⁺ réabsorbé étant échangé contre un ion H⁺ ou un ion K⁺. La réabsorption est alors sous la dépendance de l'aldostérone dont la sécrétion est déterminée par l'état de la volémie par l'intermédiaire du système rénine – angiotensine.

EXCRETION RENALE DE L'EAU

Elle est essentiellement sous la dépendance de l'hormone antidiurétique (ADH ou vasopressine) qui rend, le tube distal et le tube collecteur perméables à l'eau (par la synthèse d'aquaporines) [voir cours dysnatrémies]. La production d'ADH est réglée par l'osmolarité plasmatique (P_{osm}) et/ou une hypovolémie.

La mesure du débit urinaire et des Osmolarités urinaire et plasmatique permet de définir une *clearance osmolaire* qui représente la quantité de plasma totalement épurée chaque minute par le rein, de substances osmotiquement actives autrement.



dit c'est le débit fictif d'urine qu'il faudrait pour éliminer la même charge osmotique si les urines étaient isotoniques au plasma.

$$Cl_{osmol} = \frac{\text{Osmolarité urinaire (mOsm/l)} \times \text{débit urinaire (ml/mn)}}{\text{Osmolarité plasmatique (mOsm/l)}}$$

On peut également définir une clearance de l'eau libre, c'est à dire la quantité de plasma totalement débarrassée chaque minute d'eau non liée aux substances osmotiquement actives et directement sous la dépendance de la production d'ADH, autrement dit, c'est le débit fictif d'eau dépourvue de toute substance osmotiquement active qui a été éliminée (clearance positive) ou retenue (clearance négative) au niveau du rein.

La clearance de l'eau libre est positive lorsque l'Osmolarité urinaire (U osm) est inférieure à celle du plasma, elle est négative lorsque les urines sont plus concentrées que le plasma.

Le volume urinaire étant la somme de la clearance osmolaire et de la clearance de l'eau libre.

Toute perturbation de la sécrétion d'ADH a une conséquence sur l'excrétion de l'eau. Elle peut être explorée par la mesure de la clearance de l'eau libre $C_{\text{eau libre}}$.

$$C_{\text{eau libre}} = \text{débit urinaire} - \text{clearance osmolaire}$$

$$C_{\text{eau libre}} = V \times \left(1 - \frac{U_{\text{osm}}}{P_{\text{osm}}}\right)$$

V = volume urinaire ml/min. ; U osm = osmolalité urinaire ; P osm = osmolalité plasmatique.

IV- SIGNIFICATION DE LA NATREMIE :

La natrémie (Na_p) dépend de 3 facteurs (relation d'Edelman): Le capital sodé [Na], le capital potassique [K], et l'eau totale :

$$Na_p = [Na] + [K] / \text{eau totale}$$

- 1) Le *capital sodé* varie proportionnellement avec le « sodium échangeable » qui est mesuré par ^{24}Na et = 42 mEq/kg.
- 2) Le *capital potassique* intervient car, en cas de déplétion potassique, une certaine quantité de sodium extracellulaire passe en intracellulaire.
- 3) La *mesure l'eau totale* se fait par injection d'eau tritiée.

La natrémie standard = concentration de sodium par litre e plasma

La natrémie corrigée = concentration de sodium par litre d'eau plasmatique

$$Na_{\text{corrigée}} (\text{mEq/l}) = \frac{\text{natrémie standard} \times 1000}{1000 - \text{Lipides (g/l)} \times 2.5 - \text{protides (g/l)} \times 0.745}$$

Pour une natrémie mesurée de 140 mEq/l la natrémie corrigée est normalement de 150 mEq/l. Le calcul de la natrémie corrigée permet de diagnostiquer les fausses hyponatrémies dues à une hyperprotéinémie ou à une hyperlipidémie.

