

L'ÉQUILIBRE AQUEUX et ÉLECTROLYTIQUE
EN PÉDIATRIE

L'ÉQUILIBRE AQUEUX ET ÉLECTROLYTIQUE EN PÉDIATRIE

LUC CHICOINE, M.D.

Nous n'avons pas l'intention de présenter ici un résumé complet sur les problèmes que présente le métabolisme de l'eau et des électrolytes, mais seulement de montrer quelques-uns des points les plus importants pour l'étude théorique et pratique de ce problème.

EAU :

Teneur en eau du corps humain :

Pour l'étude, il est bon de diviser l'eau de l'organisme selon les compartiments dans lesquels elle se trouve. Il faut d'abord distinguer l'eau intracellulaire de l'eau extracellulaire. Et cette eau extracellulaire est soit intravasculaire ou extravasculaire.

La quantité d'eau totale peut être mesurée par le deutérium, par l'antipyrine. Avec ces substances, on évalue aujourd'hui la quantité totale d'eau à 60% du poids du corps en kilos chez l'adulte. Gamble l'évaluait à 70%. Certains auteurs ont calculé 75 à 80% chez le nouveau-né, et 86% chez le prématuré de 7 mois. En général, on s'entend sur un chiffre de 60% pour l'adulte et l'enfant et de 70% pour le nouveau-né.

Le volume du liquide extracellulaire peut être estimé au moyen de substances qui diffusent partout, sauf dans les cellules: sucrose, mannitol, thiocyanate de soude, sodium radio-actif et inuline. On estime ainsi le volume du liquide extracellulaire à 20% du poids du corps ou un peu moins chez l'adulte, bien que ce volume soit en réalité plus en relation avec la surface qu'avec le poids du corps. Chez l'enfant, il sera donc un peu plus élevé proportionnellement (30%). Chez le nouveau-né, on a calculé 35%, et 40% chez le prématuré.

Les estimés du volume sanguin par le Bleu d'Evans ou T-1824 ou par des globules rouges marquées par une substance radio-active, donnent 72.4 c.c. par kilo ou 7.24% du poids du corps chez l'adulte; chez le nouveau-né, les calculs ont donné de 10% à 11% du poids du corps. Le volume d'eau intravasculaire a été estimé à 5% du poids du corps.

Voici en tableau, un résumé de la distribution de l'eau dans le corps humain, selon l'âge :

TABLEAU I

	<i>Eau totale</i>	<i>Eau intracellulaire</i>	<i>Eau extracellulaire</i>
Prématuré	70-80%	30%	40-50%
Nouveau-né	70-80%	35%	35-45%
Enfant (+ 6 m.)	60%	30%	30%
Adulte	55-60%	40%	20%

Besoin en eau :

Les besoins en eau égalent les pertes en eau.

Ces pertes se produisent par plusieurs voies :

- 1) Les pertes insensibles qui se produisent par la peau et par les poumons
- 2) Les pertes sensibles nécessaires à l'élimination de l'urine et des matières fécales.

Les pertes insensibles sont des pertes obligatoires, que l'organisme ne peut diminuer et qui se produisent à un même rythme tant qu'il y a de la vie. Elles peuvent cependant être augmentées. Ces pertes dépendent de la production de chaleur qui est en relation avec la surface du corps. Plus l'individu est petit, plus sa production de chaleur doit être grande par unité de poids, car sa surface est relativement plus grande. Ses pertes insensibles seront donc plus importantes. Et la dépense plus grande en calories amènera plus de produits de déchets qui devront être éliminés dans plus d'urine.

En résumé, on peut dire que les pertes obligatoires d'eau seront plus grandes chez l'enfant proportionnellement à l'adulte et cela d'autant plus que l'enfant est plus petit. C'est pourquoi un enfant pesant 1/10 du poids d'un adulte a des pertes obligatoires d'eau qui sont 1/5 de celles de l'adulte. Les pertes urinaires ne sont pas fixes. Elles peuvent diminuer jusqu'à un minimum nécessaire pour éliminer les déchets à une concentration maximum. Ce minimum sera aussi 2 fois plus grand par unité de poids chez l'enfant que chez l'adulte.

Voici un tableau tiré de Wallace qui illustre bien les pertes et par conséquent les besoins en eau, selon l'âge.

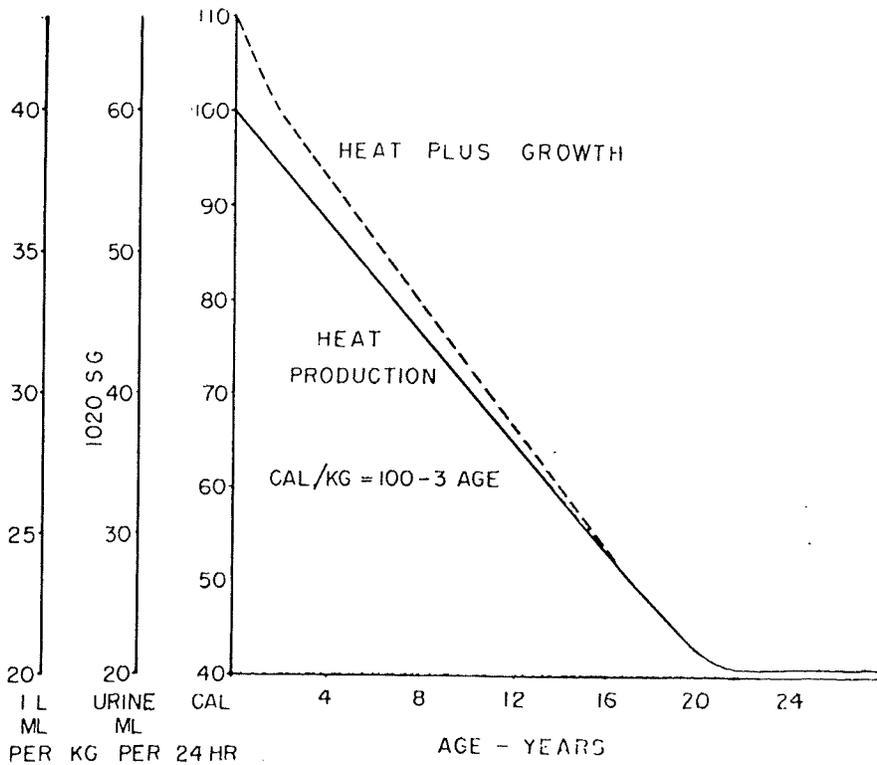


TABLEAU II

Reproduit de l'« American Journal of Clinical Pathology » (23: 1134, 1953) avec l'autorisation de l'éditeur et de « Williams and Wilkins Company » de Baltimore, Maryland.

Dans ce tableau, on remarque que le nombre de calories égale le total des pertes en c.c. Les besoins s'établissent donc à environ 1 c.c. par calorie.

Le nombre de calories par kilo. nécessaires, peut se calculer par la formule suivante: $100 - (3 \times \text{age})$.

Comparons maintenant les pertes chez un adulte de 70 kilo. et chez un enfant de 7 kilos.

TABLEAU III

	70 KILOS		7 KILOS	
	OPTIMUM	MINIMUM	OPTIMUM	MINIMUM
Pertes insensibles	1,000 c.c.	1,000 c.c.	200 c.c.	200 c.c.
Urines	1,500 c.c.	500 c.c.	300 c.c.	100 c.c.
TOTAL	2,500 c.c.	1,500 c.c.	500 c.c.	300 c.c.

Si les apports cessent, l'eau extracellulaire (qui est de 1,400 c.c. chez l'enfant et de 14,000 c.c. chez l'adulte) s'épuisera en 5 jours chez l'enfant et en 10 jours chez l'adulte.

Les pertes par les selles, que nous n'avons pas encore considérées, sont d'environ 100-150 c.c. chez l'adulte et de 30 c.c. chez l'enfant. Il faut aussi se rappeler que l'enfant retient 0.5 à 3% de l'eau ingérée pour sa croissance.

Les pertes causées par la sudation peuvent atteindre 14 litres chez l'adulte. La sudation commence à 78 degrés au repos si l'humidité est de 60% et à 86 degrés au repos si l'humidité est de 30%. Pour chaque augmentation de 5 degrés dans la température ambiante, il y a perte de 1,000 c.c. de solution hypotonique à 0.4% chez l'adulte. Il ne faut pas oublier d'ajouter ces pertes aux autres pertes s'il y a fièvre ou si la température ambiante est élevée (50 c.c./kilo. en moyenne pour l'enfant).

La sueur comprend des électrolytes. Elle est hypotonique (0.4% à 0.6%).

Les besoins en eau sont normalement comblés par 2 sources :

- 1) L'ingestion d'eau ou de substances contenant de l'eau qui remplit à elle seule la presque totalité des besoins.
- 2) L'eau produite par l'oxydation des substances alimentaires dans l'organisme. Cette source fournit 300-350 c.c. chez l'adulte ou en moyenne 14 c.c. par 100 calories utilisées.

100 grammes de graisses	donnent	107 c.c. d'eau
100 " de protéines	"	41 c.c. d'eau
100 " de glucides	"	55 c.c. d'eau
100 " d'alcool	"	117 c.c. d'eau

Sécrétions digestives :

Le volume des sécrétions digestives égale plus du double de celui du plasma ou les deux tiers du volume du liquide interstitiel. Cette énorme quantité de liquide est réabsorbée sauf 100 à 150 c.c. Voici le volume des sécrétions digestives chez l'adulte :

salive	: 1,500 c.c. par jour
estomac	: 2,500 c.c. par jour
bile	: 500 c.c. par jour
Sécr. pancréatiques	: 700 c.c. par jour
" intestinales	: 3,000 c.c. par jour
TOTAL	: 8,200 c.c. par jour

Chez un enfant de 7 kilos, le total serait d'environ un litre. Les sécrétions digestives contiennent la même quantité d'électrolytes que le plasma et elles diffèrent entre elles en ce que les ions prédominants

ne sont pas les mêmes dans chacune d'elles. Les sécrétions hépatiques et jéjunales contiennent des électrolytes en même proportion que dans le plasma. Le suc gastrique contient plus de Cl et beaucoup moins de Na que le plasma. Le mucus gastrique est peu différent du plasma, il contient cependant un peu moins de bicarbonate et de sodium et plus de chlore que celui-ci.

Dans la sécrétion pancréatique il y a plus de bicarbonate et de sodium, et beaucoup moins de chlore que dans le plasma. Toutes les sécrétions digestives contiennent environ 2 fois plus de K que le plasma, et le suc gastrique, 3 fois plus. La composition des sécrétions est un fait très important car il est clair que s'il se fait une perte de sécrétions gastriques par vomissement, le Cl sera retiré plus rapidement du plasma que le Na.

Il faut aussi se rappeler que l'intestin doit absorber 2 fois plus d'eau que l'individu n'en ingère et 7 fois plus de Na que l'alimentation n'en contient. La conséquence en Na sera relativement plus importante que celle en eau.

ÉLECTROLYTES :

Un électrolyte est une substance qui, dans une solution aqueuse, existe sous forme d'ion ou de particule chargée électriquement. Avant de parler des électrolytes, il est bon de se rappeler pourquoi il est préférable de calculer leur quantité en milliéquivalents plutôt qu'en milligrammes.

Les termes milligrammes pour cent et volume pour cent ne tiennent pas compte du comportement chimique et du pouvoir osmotique des électrolytes. Ces termes ne reflètent pas plus le pouvoir osmotique ou chimique que le poids d'un moteur ne reflète sa puissance.

Exemple: Un gramme de Cl dans le plasma est 100 fois plus puissant qu'un gramme de protéine quant à sa capacité de combinaison chimique et 800 fois plus puissant quant à son pouvoir osmotique.

Les termes milliéquivalents et milliosmols expriment la puissance physiologique des substances. Un équivalent est la quantité d'un ion qui, dans les réactions de neutralisation, équivaut à un atome gramme d'hydrogène.

Exemple: 23 grammes de Na
35 grammes de Cl

Un milliéquivalent est le millième d'un équivalent.

Pour passer des milligrammes aux milliéquivalents, on emploie la formule suivante:
$$\frac{\text{mgm. au litre}}{\text{Poids atomique}} \times \text{valence} = \text{mEq./litre.}$$

Voici le poids atomique et la valence des ions les plus importants :

	Poids atomiques	Valences
Na	23	1
K	39	1
Ca	40	2
Mg	24	2
Cl	35	1

Vol. Co²% ÷ 2.22 = mEq.HCO³/litre.

Protéine Gm. % × 2.43 = mEq. protéine/litre.

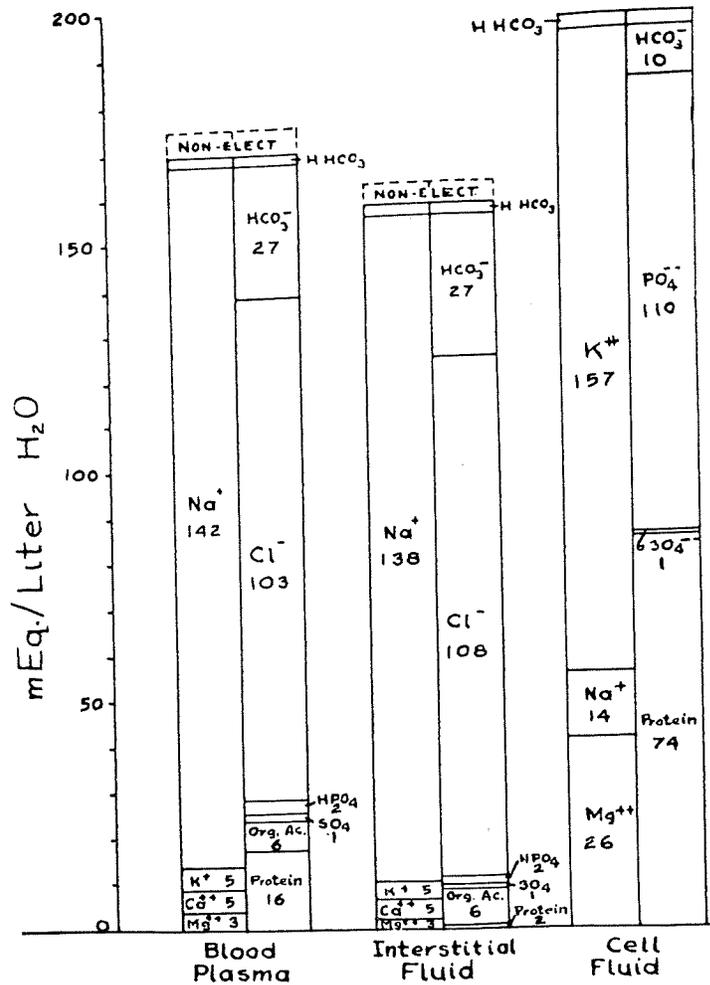


TABLEAU IV

Reproduit de « Clinical Use of Fluid and Electrolyte » par Hill avec l'autorisation de l'auteur, John H. Bland et de l'éditeur, W. B. Saunders Company, 1952.

Un osmol est le poids d'un élément ou d'un composé qui, dissout dans un litre d'eau, va exercer une pression osmotique égale à celle exercée par le poids moléculaire en gramme d'une substance non ionisée dans un litre d'eau. Comme ici on ne tient plus compte du pouvoir chimique, on ne s'occupe plus de la valence et un osmol d'un élément égale son poids atomique en grammes.

Voici sous forme de tableau appelé gamblogramme, la composition en électrolytes des différents liquides de l'organisme :

Maintenant examinons plus en détail la composition du plasma :

<i>Base</i>		<i>Acide</i>	
Na	142 mEq.	HCO ³	27 mEq.
K	5 "	Cl	103 "
Ca	5 "	HPO ⁴	2 "
Mg	3 "	So ⁴	1 "
	—	Ac. Org.	6 "
	155	Prot.	16 "
		—	155

On remarquera que Na forme 91% des ions basiques du plasma et que K prédomine dans le liquide intracellulaire. Il existe 3000 mEq. de K (dont 60 extracellulaire) et de Na dans le corps d'un adulte. Il existe 1900 mEq. de Cl dans le corps d'un adulte.

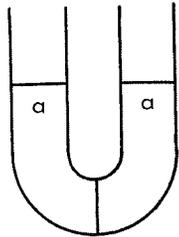
Équilibre osmotique :

Tous les milieux liquides de l'organisme intra et extracellulaire, ont presque la même pression osmotique. C'est une conséquence inévitable du fait que les membranes qui les séparent permettent le libre passage de l'eau. Lorsqu'il y a pathologie, cet équilibre peut varier temporairement, mais divers mécanismes tendent à minimiser rapidement les différences produites.

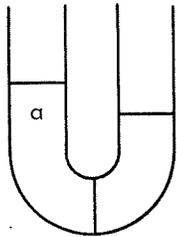
L'eau et l'urée semblent avoir la propriété de traverser sans difficulté les membranes de l'organisme. A l'opposé, se trouvent les protéines, les lipides et les autres composés à poids moléculaires élevés qui ne passent pas par diffusion. Entre ces deux extrêmes se trouvent les électrolytes qui passent facilement la barrière entre le sang et le liquide interstitiel, mais qui ne traversent que difficilement la membrane cellulaire.

Étudions maintenant quelques considérations générales sur l'équilibre osmotique :

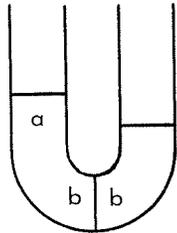
Si dans un tube en U dont les deux branches sont séparées par une membrane, on ajoute diverses solutions, voici ce qui se produira :



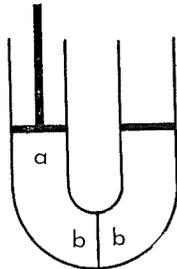
1. Si la membrane est perméable à la solution, celle-ci se distribuera également des deux côtés.



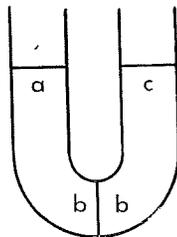
2. Si la membrane est imperméable à la substance A celle-ci va attirer l'eau de son côté jusqu'à ce que la pression hydrostatique de la colonne monte assez pour égaler la pression osmotique de A.



- 3a. L'équilibre restera aussi le même si on ajoute une substance B à laquelle la membrane est perméable.



- 3b. Un piston remplacerait la colonne d'eau.



4. Si maintenant, on ajoute de l'autre côté la même quantité d'une substance C, qui a les mêmes propriétés que A, les colonnes se rétabliront au même niveau.

Ce dernier équilibre est celui qui existe entre le liquide interstitiel et le liquide cellulaire sauf que les perméabilités sont moins bien tranchées.

Échanges entre le sang et le liquide interstitiel :

La différence entre le plasma et le liquide interstitiel consiste dans le fait que le plasma contient plus de lipides et de protéines, substances auxquelles la paroi vasculaire est presque totalement imperméable. Les lipides sont négligeables parce qu'elles sont peu solubles et attachées aux protéines. On réalise donc des conditions comme 3b, la pression hydrostatique du sang servant de piston. Le piston représente plus justement la différence entre la pression hydrostatique du sang et celle des tissus. Ceci explique pourquoi certains tissus très résistants, comme le muscle, sont presque toujours exempts d'œdème et pourquoi certains tissus très lâches comme le tissu sous-cutané, en ont très souvent.

Il existe aussi des protéines dans le liquide interstitiel. La pression osmotique efficace sera donc la différence entre les deux. La pression osmotique du plasma est légèrement supérieure à celle du liquide interstitiel pour deux raisons :

1. La première est la pression osmotique des protéines, qui est plus grande dans le plasma.

2. La loi de Gibbs-Dowson qui veut que si une membrane est imperméable à un anion (protéine) et perméable aux autres anions et cations, les cations vont être plus concentrés du côté de l'anion imperméable.

Ces conditions varient selon la perméabilité de la paroi. Partout il y a un peu de passage de protéines, mais à certains endroits comme le foie, il y en a plus.

La diffusion des électrolytes entre le liquide interstitiel et le plasma n'est pas limitée et ne suit pas celle de l'eau. Elle est réglée par la différence de concentration de chaque élément des deux côtés de la membrane perméable. Les lymphatiques drainent le liquide interstitiel des protéines, lipides et autres substances et, s'ils s'obstruent, l'accumulation de ces substances donne de l'œdème.

Échanges entre la cellule et le liquide interstitiel :

La membrane cellulaire a une perméabilité sélective. La cellule contient plus de K, de Mg, de PO_4 et de protéine et moins de Na, de Ca, de Cl et de bicarbonate. Passent à volonté l'urée, le glucose, la créatinine et les acides aminés. Malgré ces différences, il existe un véritable équilibre osmotique, car la pression osmotique des substances qui entrent peu dans la cellule, égale celle des substances qui en sortent peu. Cet équilibre n'est pas statique mais dynamique car il existe toujours du K et du Na qui traversent la membrane cellulaire.

La relation normale entre les électrolytes et l'eau dans le liquide extracellulaire est de 155 mEq. pour 1000 c.c. d'eau. Une solution contenant ce taux est appelée isotonique. Si ce taux diminue, la pression osmotique baisse et la cellule devra se gonfler pour rétablir l'équilibre osmotique. Ceci est réalisé si une solution hypertonique est perdue, ou si la perte de sel est plus importante que la perte d'eau, et en pratique cela arrive si un malade souffrant d'obstruction boit et vomit, ou s'il y a drainage, parce que le sel qui passe dans la lumière intestinale pour rendre isotonique l'eau, est vomi avec cette eau. Dans ce cas, il peut exister une défaillance circulatoire par manque d'eau alors que les cellules regorgent d'eau. Si le gain ou la perte est hypotonique, la variation dans les volumes intracellulaire et extracellulaire se fera dans le même sens et elle se fera en sens opposé si le gain ou la perte est hypertonique.

TABLEAU VI

		<i>Liquide extracell.</i>	<i>Liquide intracell.</i>	<i>Concentration osmotique</i>
PERTE	Hypotonique	diminué	diminué	augmentée
	Hypertonique	diminué	augmenté	diminuée
	Isotonique	diminué	change peu	normale
GAIN	Hypotonique	augmenté	augmenté	diminuée
	Hypertonique	augmenté	diminué	diminuée
	Isotonique	augmenté	change peu	normale

ÉQUILIBRE ACIDE-BASE :

Tous les liquides de l'organisme sont légèrement alcalins, mais ils s'écartent si peu de la neutralité qu'on peut dire en pratique que la somme des cations égale celle des anions. Les protéines étant amphotères, réagissent donc comme des acides dans le sang qui a un Ph normal de 7.4 (7.35 à 7.45).

MÉCANISME SERVANT À MAINTENIR L'ÉQUILIBRE ACIDE-BASE :

Comment l'organisme peut-il maintenir un Ph stable alors que son alimentation est à prédominance acide et que les produits des métabolismes sont acides ? Il le fait par quatre mécanismes :

1. La dilution :

Une déviation de la normale peut être importante en un endroit du corps et avoir un effet très léger sur l'organisme, à cause de la dilution rapide qui se produit par la diffusion causée par le courant sanguin.

2. Les systèmes tampons :

Un tampon est une substance qui tend à maintenir constante la concentration en H^+ quand une substance acide ou alcaline est ajoutée. Or, la concentration en H^+ dans une solution dépend de sa dissociation. Plus une substance est dissociée, plus elle est acide. Les tampons visent donc à remplacer une substance beaucoup dissociée (très acide) par une substance moins dissociée, et aussi une très peu dissociée (très basique) en plus dissociée, de façon à maintenir le Ph du sang dans les limites physiologiques, c'est-à-dire dans des limites où le métabolisme normal peut s'effectuer.

La mesure de l'acidité, c'est le Ph. Et le $Ph = 6.1 + \log. \frac{\text{base}}{\text{acide}}$.

Le Ph dépend donc de ce rapport $\frac{\text{base}}{\text{acide}}$ et c'est ce rapport que les systèmes tampons du corps tendent à maintenir constant. Pour le sang, il existe plusieurs systèmes tampons :

dans le plasma : $\frac{Na HCO^3}{H^2 CO^3}$, $\frac{Na^2 HPO^4}{Na H^2 PO^4}$, $\frac{Na \text{ protéine}}{H \text{ protéine}}$

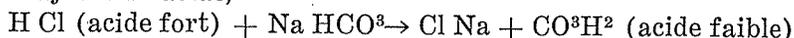
dans les globules : $\frac{KHCO^3}{H^2 CO^3}$, $\frac{KHb}{HHb}$, $\frac{KHbO^2}{HHbO^2}$, $\frac{K^2 HPO^4}{KH^2 PO^4}$.

Les protéines sont quantitativement les tampons les plus importants, tandis que qualitativement ce sont les bicarbonates, parce que eux-mêmes sont aidés et rejetés par les poumons.

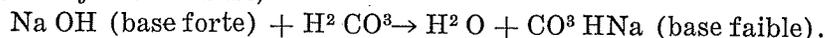
En pratique, on mesure la réserve alcaline en déterminant la teneur totale du plasma en CO^2 , c'est-à-dire la quantité de CO^2 libérée à partir de H.HCO et B.HCO. Normalement, on obtient 63 volumes de CO^2 pour 100 c.c. dont 3 viennent de H.HCO³ et 60 de B.HCO³. On mesure ainsi approximativement la teneur en bicarbonate qui est représentative de l'état de la réserve alcaline totale de l'organisme.

Etudions par deux exemples le mode d'action de ces tampons.

1 — Si on ajoute un acide,



2 — Si on ajoute une base,



Ainsi agissent tous les tampons, mais pour le tampon bicarbonate il y a un autre mécanisme, c'est la respiration qui aide à maintenir fixe le rapport $\frac{\text{base}}{\text{acide}}$ de ce tampon. Dans le premier exemple, H^2CO^3 est formé, donc le rapport $\frac{\text{base}}{\text{acide}}$ diminue et le Ph tend vers l'acidité. Mais les poumons entrent en jeu et éliminent du CO^2 pour tendre à ramener ce rapport à la normale qui est de $\frac{60}{3} = 20$. Le tampon bicarbonate est donc le plus important qualitativement.

Il est vrai que les deux termes diminuent, mais peu importe, car c'est le rapport et non la valeur absolue qui détermine le Ph. Lorsque le rapport est de 20, le Ph est de 7.4. Un rapport de 49 donnerait un Ph de 7 et un rapport de 7.3, un Ph de 7.8. La marge de sécurité est donc grande. On peut mentionner ici le « chloride shift » qui fait que lorsque l'acidité du plasma augmente une partie du chlore plasmatique passe dans les cellules et du bicarbonate en sort pour rétablir l'équilibre.

3. Les poumons :

Nous venons de voir que les stimuli chimiques peuvent influencer les poumons. Ces stimuli agissent de deux manières. Le centre respiratoire bulbaire est directement stimulé ou inhibé par la teneur du sang en H^2CO^3 . Une augmentation de la concentration de ce produit dans le sang stimule le centre et amène ainsi une augmentation de la ventilation pulmonaire et une plus grande élimination du CO^2 qui va ramener le rapport à la normale. Les chémorécepteurs de l'arc aortique et des sinus carotidiens agissent en augmentant la sensibilité du centre bulbaire. Ils sont sensibles aux taux du CO^2 , O^2 , Ph, K, et à la température; et quelque soit le stimulus, il a un effet tendant à le ramener à un taux plus physiologique.

Si le Ph tombe à 7, on obtient une accélération maximum de la respiration. Si le Ph descend plus bas, il y a défaillance de mécanisme et la respiration diminue.

Le poumon joue aussi un grand rôle dans le métabolisme de l'eau, car par cette voie s'élimine en moyenne 5 c.c. d'eau par kilo par heure chez l'adulte, et 1 c.c. chez l'enfant. De plus, s'il y a bronchorrhée il peut s'éliminer en plus 1-2 litres d'eau contenant 4 gms. de NaCl. Si le poumon a un si grand rôle dans la régularisation de l'équilibre acide-base, on comprendra qu'une pathologie de la respiration ou plutôt des échanges pulmonaires amènera des perturbations dans cet équilibre.

C'est ainsi que s'il y a une diminution de la ventilation pulmonaire, à cause d'emphysème, de broncho-pneumonie, de coma barbiturique ou de poliomyélite bulbaire, le CO_2 va s'accumuler dans le sang, le Ph va diminuer, la réserve alcaline va augmenter, et le Cl diminuer. On aura donc une acidose bien que la réserve alcaline soit élevée. Inversement, dans l'alcalose respiratoire, le Ph sera élevé et la réserve alcaline basse. Les principales causes d'alcalose respiratoire sont: la méningite, l'encéphalite, le salicylisme au début, l'hystérie et la fièvre élevée.

Il ne faudra pas oublier que lorsque la cause de la perturbation provient d'un mauvais contrôle du système respiratoire, les modifications de la réserve alcaline ne prennent une signification inverse que lorsque la cause est métabolique. Il faut donc connaître l'histoire de la maladie ou sa nature. Le Ph peut aussi nous renseigner car la compensation n'est jamais complète. Ainsi, si le Ph est bas et la réserve alcaline haute, il y a acidose respiratoire, et si la réserve alcaline et le Ph sont bas, il y a acidose métabolique.

4. Le rein :

Le dernier mécanisme de contrôle de l'équilibre acido-basique et électrolytique, mais non le moindre, est le rein.

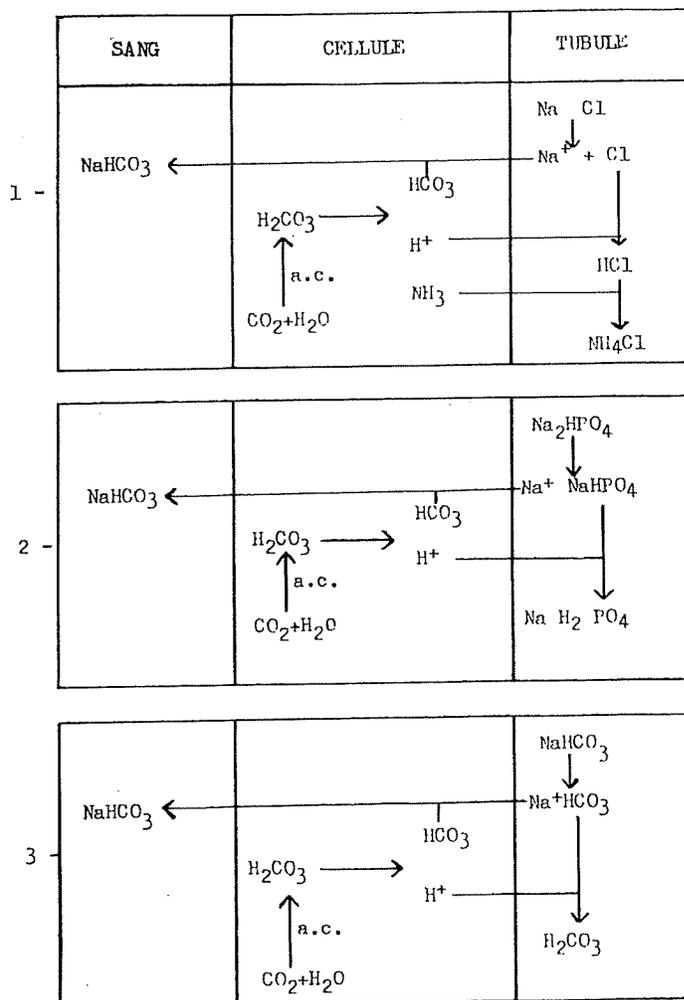
Il faut se rappeler que le rein réabsorbe environ 99.6% du sodium filtré, 99.4% du chlore et de l'eau, et 93% du potassium filtré. Son rôle est donc très important pour la conservation et pour l'élimination des substances contenues dans le sang. L'élimination rénale de chacune de ces substances variera selon la quantité de ces substances dans le sang.

Le rein est aussi l'organe par lequel plusieurs autres organes exercent leur influence sur l'eau et les électrolytes. C'est ainsi que la surrénale et l'hypophyse peuvent par hyperfonctionnement provoquer une rétention d'eau et de Na et une élimination de K. L'hormone antidiurétique du lobe postérieur de l'hypophyse exerce aussi son action par l'intermédiaire du rein. Nous ne pouvons nous étendre plus longtemps sur la physiologie rénale; passons donc maintenant au rôle du rein sur l'équilibre acide-base.

L'alimentation normale contient plus d'acide que de base. Le rein doit donc économiser les bases. S'il y a acidose, les mécanismes normaux de conservation des bases seront exagérés et ils seront diminués ou absents s'il y a alcalose. Pour économiser les bases, le rein excrète une urine acide (Ph 7.8 à 4.8) et cela il le fait par trois moyens:

- 1) Il neutralise des radicaux acides par NH_4 et économise ainsi des bases.

2) Il acidifie les sels tampons et libère certains acides des bases auxquelles ils sont liés dans le plasma avant de les éliminer. C'est ainsi que les phosphates dibasiques du sang sont éliminés dans l'urine sous forme de monobasiques et que l'acide citrique est éliminé tel quel dans l'urine.



A.C.: Anhydrase carbonique.

TABLEAU VII

3) Il réabsorbe presque tous les bicarbonates filtrés tandis que l'acide carbonique est éliminé au même taux qu'il existe dans le sang.

Ces trois moyens s'effectuent par un mécanisme commun qui est l'échange de H^+ formée dans les tubules pour le Na^+ de l'urine. Et pour que cette réaction s'effectue, la présence d'anhydrase carbonique est nécessaire.

Certains auteurs croient aussi qu'une certaine proportion de H^+ serait normalement remplacée par K^+ et que ce remplacement prendrait plus d'importance dans l'alcalose. Ce serait aussi un mode d'élimination du K .

Ainsi, par tous ces mécanismes, l'organisme possède une bonne défense contre les modifications que la pathologie peut amener et que si ces mécanismes régulateurs sont sains, il pourra endurer une pathologie importante sans grand danger.

APPLICATIONS CLINIQUES ET THÉRAPEUTIQUES DES TROUBLES ÉLECTROLYTIQUES :

Il n'y a pas un signe clinique ou une analyse de laboratoire qui permette de juger le ou les troubles électrolytiques dont souffre un malade; mais plusieurs signes, symptômes et analyses groupés peuvent orienter de façon assez sûre le diagnostic.

On connaît bien les signes de déshydratation: perte du « turgor » normal de la peau, pli cutané, sécheresse des muqueuses, dépression de la fontanelle chez l'enfant. Ces signes peuvent être accompagnés de soif, mais ne le sont pas nécessairement. La sensation de soif provient d'une hyperosmolarité des liquides de l'organisme, de la sécheresse de la bouche et de la gorge, et de plusieurs influences psychiques. Elle peut être provoquée par un traumatisme, par une hémorragie, ou par l'habitude, et bien que la concentration osmolaire soit basse, le malade peut boire jusqu'à l'intoxication.

Dans la déshydratation on a aussi ordinairement: de l'apathie pouvant aller jusqu'au coma, des nausées et des vomissements, un pouls rapide et faible, une pression basse, des extrémités froides et des signes fournis par les examens de laboratoire.

S'il y a excès de liquide extracellulaire, les principaux signes seront: une distention veineuse, un bruit de galop, un pouls bondissant, une pression élevée et de la dyspnée. Il pourra y avoir aussi de l'œdème et des râles aux bases pulmonaires.

Le dosage des électrolytes dans le sang peut être très utile si on ne se fie pas aveuglément aux chiffres. Il reflète bien les variations du sang en dehors de la normale, mais moins bien l'état de l'organisme. C'est ainsi que l'organisme peut manquer de potassium bien que le taux sanguin soit normal.

On peut cependant considérer qu'une diminution des bases plasmatiques en l'absence de cyanose ou d'acétonurie, indique une diminution de la concentration osmolaire et un manque de sels. On évalue plus facilement cette concentration en additionnant le chlore et le bicarbonate sanguin. Une somme de 120 mEq. au litre indique une hypoosmolarité et une somme supérieure à 135, une hyperosmolarité.

Si l'excrétion urinaire n'était pas modifiée par la maladie, son taux serait un indice sûr de l'état d'hydratation d'un malade. Ce signe est digne de considération si le processus n'atteint pas l'élimination rénale, une diminution du débit urinaire étant la conséquence d'un manque d'eau, et inversement une augmentation, celle d'un excès d'eau. Il est évident que ce signe n'a aucune valeur s'il y a une néphrite, diabète insipide, et autre condition modifiant le débit rénal ou l'excrétion de l'urine.

La gravité spécifique de l'urine peut aussi aider. Une densité élevée étant habituellement due à un manque d'eau et une densité basse à un excès d'eau. La concentration du chlore dans l'urine, test facile à faire, tend à dépendre du volume liquide extracellulaire et de sa concentration en électrolytes. Son absence fait incliner en faveur d'un déficit du volume extracellulaire et d'une déficience de sel dans celui-ci. Si le chlore existe à un taux supérieur à 5 gms. il est peu probable que ce déficit existe. L'hématocrite, le taux d'hémoglobine et des protéines sanguines sont des examens qui peuvent avoir de la valeur si leur taux est augmenté. Ils indiquent alors un déficit en volume extracellulaire.

Il y a aussi certaines déficiences plus fréquentes qu'il est utile de connaître comme celles en calcium et en potassium.

Tous connaissent l'hypertonie, les crampes musculaires, les convulsions et le spasme carpo-pédal, caractéristiques de la tétanie par déficit en calcium; mais on connaît moins une condition beaucoup plus fréquente qui suit un déficit en K et qui a pour signe de la faiblesse, de l'hyperréflexie, des fibrillations et du tremblement et qui se termine par de l'aréflexie et une paralysie flasque. L'électrocardiogramme est très utile pour diagnostiquer cette condition.

Au point de vue équilibre acide-base, les seuls guides qu'on peut avoir sont les signes cliniques accompagnés de l'histoire de la maladie et la réserve alcaline, accompagnée du Ph sanguin.

Étudions maintenant les conditions cliniques les plus fréquentes qui amènent des perturbations électrolytiques et la physiopathologie de ces troubles.

La diarrhée :

La diarrhée, quelle qu'en soit la cause, amène des perturbations physiologiques. Si elle est importante, les troubles causés sont nombreux.

1) Il y a déshydratation :

Toute diarrhée n'amène pas de la déshydratation, mais le déficit d'eau peut se faire alors de plusieurs manières :

a) par les pertes fécales.

Un adulte perd 150 c.c. par jour dans ses selles, un enfant de 7 kilos perd 30 c.c. Cette quantité est négligeable. S'il y a diarrhée, la perte peut varier de 0 à 70 c.c. par kilos par jour, la moyenne étant de 30 à 40 c.c.

b) par les vomissements qui sont souvent associés.

c) par la diminution des apports d'eau due à l'anorexie et aux vomissements qui surviennent la plupart du temps dans ces cas.

d) par l'augmentation des pertes par la sudation à cause de la fièvre.

Il faut se rappeler que l'enfant se déshydrate deux fois plus vite que l'adulte, et qu'un enfant de 7 kilos atteint de diarrhée sévère et aiguë, peut en 24 heures atteindre le stage de déshydratation clinique évidente (10% du poids du corps), si les apports sont très déficients. Mais si les apports restent normaux, aucune diarrhée ne causera de la déshydratation. Il faut se rappeler aussi que les enfants gras se déshydratent plus rapidement que les enfants maigres.

2) Il y a des déshydratations intracellulaires :

a) à cause des pertes d'eau, car une partie du liquide intracellulaire passe dans l'espace extracellulaire pour compenser les pertes subies par celui-ci. Si la perte est lente, celle-ci sera également répartie entre les deux compartiments.

b) à cause du jeûne, car alors l'organisme métabolise ses protéines et ceci nécessite une élimination d'eau intracellulaire pour maintenir normal le rapport intracellulaire :

$$\frac{\text{Protéines}}{\text{Volume cellulaire}} = \frac{\text{Protéines 1 gm.}}{\text{Eau 3 gms.}}$$

3) Il y a hypotonicité du liquide extracellulaire et perte d'électrolytes : si, comme le cas est rare, il y a seulement de la diarrhée et si l'enfant boit. En effet, l'intestin devant absorber plus de sels que

d'eau, perdra plus de sels s'il y a diarrhée. La tonicité du liquide est très peu constante et très variable. Le déficit en électrolytes est surtout marqué en sodium, parce que cet élément est le plus important quantitativement dans les sécrétions intestinales.

4) Il y a acidose :

a) parce que les pertes de sécrétions intestinales sont plus riches en bases qu'en acides.

b) parce qu'à mesure que la déshydratation progresse, le rein devient de moins en moins capable d'exercer son rôle de conservation des bases.

c) parce que le sodium devient une partie intracellulaire pour remplacer le potassium qui est perdu et moins bien conservé par le rein que le sodium. Une partie cependant du potassium ne peut sortir de la cellule, car elle est liée aux protéines. Selon Darrow, la moitié du K intracellulaire peut être remplacée par les 2/3 de cette quantité en Na. Le taux du Na sanguin montre donc un déficit plus grand qu'il ne l'est en réalité.

d) parce que, à cause du jeûne, il se produit une cétose.

5) Il y a déficit de K intracellulaire :

a) car la cellule doit maintenir normal le rapport: $\frac{\text{K } 1 \text{ m-mol.}}{\text{Eau } 6 \text{ gms.}}$

et si elle élimine de l'eau, elle doit aussi éliminer du potassium. Et la cellule est le grand réservoir de K.

b) De plus, les sources de K sont rarement ingérées dans ces cas et les pertes sont grandes par les selles et augmentées dans l'urine par l'acidose et la déshydratation.

c) L'augmentation de la glycogénolyse et de la sécrétion des minéralocorticoïdes contribuent aussi à donner une balance négative en K.

Il est à remarquer que le déficit de K n'est que tardivement exprimé par un taux bas de K dans le sang et que le déficit se confine longtemps au compartiment intracellulaire. Le taux de K sanguin reflète donc un taux presque normal alors que le déficit est très grand.

Les vomissements :

Il y aura déshydratation proportionnellement à la quantité d'eau perdue et aussi pour les mêmes autres raisons que nous avons énumérées pour la diarrhée.

Les troubles acido-basiques et électrolytiques seront cependant différents. Au début, il y aura tendance marquée vers l'alcalose, à cause des pertes beaucoup plus importantes en chlore qu'en sodium. Cette tendance sera cependant neutralisée ou même inversée chez l'enfant par deux nouveaux phénomènes à mesure que le trouble persiste :

- 1 — Si les vomissements durent, la quantité de suc gastrique sécrété diminuera progressivement tandis que la quantité de mucus, qui est beaucoup moins acide, augmentera.
- 2 — Le jeûne produit causera une cétose d'autant plus importante que le sujet est plus jeune, et que le jeûne est plus strict. Il ne faut pas oublier aussi qu'il se perd du K par cette voie.

La tendance est donc vers l'alcalose hypochlorémique modifiée selon le degré de la cétose. Cette cétose est d'autant plus importante que l'enfant est plus petit. Elle sera aussi plus importante si les vomissements ne sont pas dus à une obstruction.

Acidose diabétique :

Celle-ci est due :

1 — A la cétose, surtout chez l'enfant où elle est précoce. Les acides cétoniques formés par la combustion des graisses, prennent la place des bicarbonates dans la structure électrolytique du plasma.

2 — A la perte de sodium nécessaire à l'élimination urinaire des acides cétoniques et à la perte causée par l'augmentation de la diurèse.

3 — A la rétention des sulfates et des phosphates causée par l'altération de la fonction rénale et par la déshydratation.

Néphrite chronique :

Ici, l'acidose légère est causée par l'insuffisance rénale, qui diminue l'efficacité des mécanismes conservateurs des bases et amène une rétention des sulfates et des phosphates.

Acidose et alcalose respiratoire :

Ici, les modifications humorales sont secondaires à un trouble des échanges respiratoires. S'il y a hyperpnée le CO_2 sera éliminé plus rapidement et la réserve alcaline baissera, bien qu'il y aura alcalose. Secondairement, le chlore intracellulaire aura tendance à sortir vers le liquide extracellulaire, et les mécanismes rénaux de conservations des bases, fonctionneront moins ou pas du tout.

SÉRUMS :

Il est maintenant opportun d'étudier la composition et les propriétés des principaux sérums dont nous nous servons pour corriger les troubles que nous venons de voir.

Le sérum glucosé :

On considère souvent à tort que le sérum glucosé ne fournit à l'organisme que de l'eau et des calories. Outre ces deux actions très importantes, le sérum glucosé agit de plusieurs façons favorables à l'organisme.

1) Il épargne les protéines. Cet effet maximum existe pour les 100 grammes de glucose chez l'adulte, alors que la dépense en protéines est deux fois moindre qu'elle ne l'est sans glucose.

2) Il a un effet anticétogénique bien connu.

3) Il diminue les besoins en eau du rein par les deux effets que nous venons de mentionner, car le rein a moins de déchet à éliminer.

4) Il épargne l'eau intracellulaire en diminuant le catabolisme de la cellule, car celle-ci doit maintenir le rapport $\frac{\text{Protéines 1 gm.}}{\text{Eau 3 gms.}}$.

En diminuant la perte de protéines il diminue la perte obligatoire d'eau intracellulaire et des électrolytes dissout dans celle-ci.

5) Il épargne du sodium extracellulaire. L'effet maximum étant obtenu par 50 grammes de glucose et représente une réduction de la perte en Na de la moitié de la perte durant le jeûne. Cet effet ne peut pas encore être appliqué de façon satisfaisante.

6) Il épargne le potassium en diminuant l'utilisation des protéines et du glycogène.

Le sérum glucosé à 5% est isotonique. Le sérum glucosé à 10% étant hypertonique provoque donc, s'il est donné rapidement, une perte de liquide intracellulaire vers le liquide extracellulaire, et une diurèse provoquée par la glycosurie. La glycosurie débute si l'administration de glucose dépasse 8 gm./K/heure chez l'individu normal et à moins si la personne est débile. Il est vrai que l'équilibre entre les deux compartiments se rétablit assez vite, mais il faut se rappeler qu'il est souvent préférable d'éviter cet effet chez un patient très déshydraté, en administrant du sérum glucosé à 5%. Cet effet existe pour tous les sérums hypertoniques. Ce sérum sera donc utilisé pour combler les besoins en eau tout en fournissant des calories.

Le sérum physiologique (NaCl 9%) :

Ce sérum est isotonique, mais pas réellement physiologique, car il contient comparativement au plasma plus de chlore que de sodium et aucun des autres électrolytes. On peut le considérer comme légèrement acide. Il servira donc à couvrir les besoins en NaCl ou à combler un déficit léger en Na ou Cl, le rein rétablissant les proportions normales si on lui fournit de l'eau.

Le sérum mixte :

Si par là on entend un mélange de sérum glucosé 5% et de sérum physiologique, on peut dire que ce sérum peut être utile, surtout chez les prématurés bien qu'on puisse toujours s'en passer. Si par ce terme on entend, comme c'est le cas la plupart du temps, du sérum glucosé dans lequel on a ajouté 9 grammes de NaCl au litre, il ne faut en parler que pour le condamner, s'il est donné de routine ou sans ses rares indications précises. En effet, il est hypertonique et son effet final est une déshydratation cellulaire. De plus, du glucose se perd et l'effet net est un surplus de sel qui taxe le rein et qui demande de l'eau pour s'éliminer. Il est d'autant plus nocif que la déshydratation est plus importante.

Le sérum lactate ringer :

C'est le sérum le plus physiologique, car il contient plus de Na que de Cl et du K, Ca, Mg. De plus, le lactate est transformé en acide lactique puis en CO² et H²O. Il donne aussi 21 calories au litre et du CO² qui sert à relever le taux des bicarbonates. On s'en sert donc pour couvrir les besoins en sel, comme thérapeutique du shock si on ne peut avoir de sang, et pour traiter l'acidose modérée.

Le sérum lactate Na M/6 :

Il ne fournit que du sodium et beaucoup de lactate. Son indication est donc l'acidose métabolique grave. Il est cependant dangereux de l'employer s'il y a atteinte hépatique importante car alors l'acide lactique sera peu métabolisé et aggravera l'acidose. On doit se rappeler que 1.8 c.c. de ce sérum par kilo élève la réserve alcaline de 1 vol. % environ.

Le sérum de Darrow :

Il contient plus de sodium que de chlore, du lactate, et huit fois plus de potassium que le sang. Cette solution a été conçue par Darrow pour remplacer le K intracellulaire dont le déficit est aussi important quantitativement et qualitativement que celui en Na dans les cas de diarrhée, et il a démontré que le K administré passe rapidement au

compartiment intracellulaire libérant aussi le Na qui le remplaçait et permettant ainsi une meilleure hydratation cellulaire. Darrow emploie de routine cette solution dans le traitement de la diarrhée à des doses que nous verrons plus tard.

Il faut cependant se rappeler que le taux de K sanguin est ordinairement normal ou élevé dans la diarrhée et que si ce taux double, la mort s'ensuit rapidement.

Bien que les choses recommandées ne soient pas supposées être mortelles, même si tout le K injecté demeure dans le sang, cette solution doit être employée avec extrême précaution, surtout si les contrôles de laboratoire sont difficiles ou inexistants. Et si elle est employée intraveineuse, elle ne doit l'être que diluée dans deux parties de sérum glucosé. Toutes les solutions salées, surtout les plus spécialisées, ne doivent être employées qu'après restauration de la fonction rénale par une réhydratation adéquate.

Il ne faut pas oublier aussi que le sang conserve toujours sa place dans le traitement du shock quelle qu'en soit la cause, déshydratation ou traumatisme. Il ne faut pas se faire d'illusions sur la valeur thérapeutique des sérums et, sous prétexte de corriger parfaitement le déséquilibre, négliger les autres parties du traitement. En effet, si le trouble n'est pas trop sévère, la réhydratation par n'importe lequel des sérums courants (glucosé, physiologique ou lactate ringer) permettra au malade de se rétablir dans la majorité des cas. Et cela est d'autant plus vrai que le sujet est plus jeune. Il existe cependant des exceptions et c'est pour cela qu'il faut tout de même toujours donner à l'organisme l'occasion de rétablir sa physiologie normale dans les meilleures conditions possibles en choisissant les solutions les mieux appropriées à son état.

Thérapeutique et prévention des troubles électrolytiques :

Résumons maintenant ce qui doit être fait pour traiter adéquatement et surtout pour prévenir les troubles électrolytiques. Quelle que soit la maladie, il faut assurer à l'individu ce qu'il faut pour son entretien, pour réparer des déficits antérieurs et enfin pour combler les pertes anormales produites par la maladie.

1 — Pour combler les besoins quotidiens en eau, nous avons besoin, comme nous l'avons vu, de 80 à 100 c.c. par kilo chez le petit enfant, et 30 à 40 c.c. chez l'adulte, ou 2,000 à 2,500 c.c. par jour. Si le tiers de cette quantité est donné en sérum physiologique, les besoins en NaCl seront amplement comblés. Le reste sera fourni par du sérum glucosé.

2 — Pour combler le déficit antérieur, il faut calculer 10% du poids du corps au moins lorsque les signes classiques de déshydrata-

tion clinique sont présents. Le sérum à employer sera du physiologique si la perte a été occasionnée par des vomissements et par du lactate ou du Darrow si elle a été causée par la diarrhée ou s'il y a acidose pour quelques raisons que ce soit.

3 — Les pertes anormales seront comblées de façon différente selon la qualité de cette perte.

Pour la sueur, on calcule 0-50 c.c. par kilo et une moyenne de 20 c.c. qui sera remplacée par des quantités égales de sérum glucosé et de sérum physiologique.

Pour la diarrhée, on calculera 0-70 c.c. par kilo et une moyenne de 30 à 40 c.c. qui sera remplacée par du sérum L. Ringer ou du Darrow dans du glucosé. Les pertes causées par le drainage intestinal ou une fistule seront comblées de la même manière en se rappelant qu'il y a $\frac{1}{2}$ gm. de K par litre de drainage. Les pertes occasionnées par les vomissements seront mesurées ou évaluées, et remplacées par du sérum physiologique.

On peut calculer ainsi pour la première journée de traitement, les besoins d'un enfant souffrant de diarrhée et déshydraté: (d'après Wallace)

TABLEAU VIII

	MINIMUM	MAXIMUM	MOYEN	SÉRUM
Peau, Poumons	20 c.c.	150 c.c.	40 c.c.	Glucosé
Urines	20 c.c.	150 c.c.	40 c.c.	Glucosé
Selles	0 c.c.	70 c.c.	30 c.c.	L. Ringer Darrow
Déficit	0 c.c.	150 c.c.	100 c.c.	L. Ringer
TOTAL			210 c.c.	

par kilo.

Ce total de 210 c.c. corrigera en 24 heures. Si on désire corriger en 40 heures comme certains auteurs (Wallace) le recommandent, on calculera la moitié du déficit et on devra donner 160 c.c. par jour durant 2 jours. Il est ordinairement recommandé d'administrer $\frac{1}{3}$ de la quantité calculée dans les premiers 4 à 6 heures et d'administrer

10 à 20 c.c. de sang par kilo s'il y a shock ou si l'enfant est dans un état grave. On recommande aussi de n'administrer que du sérum glucosé tant que la déshydratation persiste et de ne pas dépasser 200 c.c. par kilo par jour.

Il convient aussi de parler de la voie d'introduction de ces liquides. Ils peuvent être administrés oralement, par voie sous-cutanée ou intra-veineuse. Aucune voie n'a d'avantages sur une autre par elle-même et on devra juger selon le cas. Evidemment, il ne convient pas de les administrer oralement si le malade vomit et la voie intra-veineuse sera préférable s'il y a état de shock.

Parlons maintenant un peu du traitement proné par Darrow. Celui-ci recommande dans les cas de diarrhée infantile 80 à 150 c.c./kilo de sa solution dans les premières 24 heures, puis 20 à 50 c.c./kilo/jour tant que les selles demeurent liquides, puis 1 gm. de KCl oralement par jour tant que la diète contient moins de 70 calories par kilo par jour. Il complète évidemment les besoins par du sérum glucosé.

En chirurgie :

Il est évident que les calculs se feront de la même manière dans les conditions chirurgicales, mais il faut se rappeler :

1 — Qu'il se fait une rétention de sel et d'eau durant la période opératoire et post-opératoire et que par conséquent, le malade n'a pas besoin de sérum salé durant l'opération et les premiers 24 à 48 heures qui suivent, s'il n'y a pas de pertes anormales. L'administration de sérum salé peut même lui faire beaucoup de tort.

2 — Que le malade n'a pas besoin de K pour les trois premiers jours après l'opération s'il n'y a pas de pertes anormales.

3 — Que les pertes en eau durant l'opération sont de l'ordre de 100 à 200 c.c. par heure chez l'adulte si l'air est climatisé et la température normale et qu'elles peuvent atteindre 600 c.c. par heure dans de moins bonnes conditions. Ces pertes doivent être remplacées par du sérum glucosé.

4 — Que les pertes sanguines sont de préférence remplacées par du sang. Il faut aussi se rappeler que les traumatismes graves et les brûlures amènent des conditions particulières. Il y a emprisonnement de grandes quantités de liquides par l'œdème, et libération de K par les cellules lésées.

Il faut considérer le liquide ainsi emprisonné comme perdu et traiter le shock par du sang, du plasma ou un de ses substituts et du sérum salé.

Dans les brûlures, on peut considérer les besoins des premières 24 heures comme étant de 1 c.c. de sang ou plasma par kilo par % de brûlé, et une quantité égale de sérum salé. On conseille ordinairement de donner oralement, s'il n'y a pas contre-indication, une solution contenant une cuillère à thé (3-4 gms) de NaCl et une cuillère à thé (1.5-2 gms) de bicarbonate de soude par litre d'eau. Si on remplace ainsi le sérum intraveineux il faut calculer le double. On ne doit pas donner d'eau pure, à cause du danger d'intoxication aqueuse et des vomissements, ni de jus de fruits, à cause du danger d'hyperpotassémie. Le débit urinaire est alors le signe le plus fiable. Un débit de 25 c.c. par heure chez l'enfant et de 50-60 c.c. chez l'adulte est satisfaisant.

Nous terminons en répétant que cet exposé ne contient que les principaux points de base que le médecin d'aujourd'hui doit connaître pour suivre les progrès qui se font à pas de géant dans cette branche de la médecine.

BIBLIOGRAPHIE

- 1 — I. JAMES, L. GAMBLE: Constitution chimique, physiologie et pathologie du liquide extra-cellulaire. G. Doin & Cie, Paris, 1948.
- 2 — CARL A. MOYER: Fluid balance. The Year Book Pub. Inc. Chicago, 1952.
- 3 — W. A. SODEMAN: Pathologic Physiology. W. B. Saunders Co., Philadelphie, 1951.
- 4 — G. G. DUNCAN: Diseases of metabolism. Troisième édition W. B. Saunders Co., Philadelphie, 1952.
- 5 — C. H. BEST et N. B. TAYLOR: Physiological basis of medical practice. 4ième édition. Williams & Wilkins. Baltimore 1945.
- 6 — D. C. DARROW et E. L. PRATT: Fluid Therapy. J.A.M.A., 143: 365 (27 mai) 1950.
- 7 — D. C. DARROW: Therapeutic measures promoting recovery from the physiologic disturbances of infantile diarrhea. Pediatrics, 9: 519, mai 1952.
- 8 — D. C. DARROW: The retention of electrolytes during recovery from severe dehydration due to diarrhea. J. Pediat., 28: 515, Nov. 1946.
- 9 — D. C. DARROW: The use of potassium chloride in the treatment of the dehydration of diarrhea in infants. J. Pediat., 28: 541, Nov. 1946.
- 10 — M. M. MUSSELMAN: Management of water and electrolyte problems in surgery. Am. J. Clin. Path. 23: 1121, Nov. 1953.
- 11 — A. GILMAN, P. BRAZEAU: The role of the kidney in the regulation of acid-base metabolism. Am. J. Med., 15: 765, Dec. 1953.
- 12 — J. H. BLAND: Role of the kidneys in regulation of fluid and electrolytes balance. Am. J. Clin. Path., 23: 1071, Nov. 1953.
- 13 — H. A. SCHROEDER, H. M. PERRY: Disturbances of the internal environment and their correction. Am. J. Clin. Path., 23: 1100, Nov. 1953.
- 14 — F. L. ASHLEY, H. G. LOWE: Fluid and electrolyte therapy. Am. Pract., 4: Oct. 1953.
- 15 — H. F. WEISBERG: Respiratory factors in disturbance of acid-base balance. Am. J. Clin. Path., 23: 1082, Nov. 1953.
- 16 — W. M. WALLACE: Quantitative requirements of the infant and child for water and electrolyte under varying conditions. Am. J. Clin. Path., 23: 1133, Nov. 1953.
- 17 — C. A. SMITH: Physiology of the new-born. C. C. Thomas, 1945.
- 18 — F. S. HILL: Practical fluid therapy in pediatrics. Saunders 1954.