



El presente artículo corresponde a un archivo originalmente publicado en el **Boletín del Hospital Clínico**, actualmente incluido en el historial de **Ars Medica Revista de Ciencias Médicas**. Este tiene el propósito de evidenciar la evolución del contenido y poner a disposición de nuestra audiencia documentos académicos originales que han impulsado nuestra revista actual, sin embargo, no necesariamente representa a la línea editorial de la publicación hoy en día.

TEMA II

E Q U I L I B R I O H I D R O S A L I N O

(ESTUDIO CLINICO Y TEORICO CUANTITATIVO)

Dr. Waldemar Badía C.

El metabolismo del agua y de los electrolitos, y la mantención de un equilibrio, constituye una función vital en Biología y ha sido estudiado extensa y exhaustivamente por diversos autores (1, 2, 3, 4). Creemos que no sería de gran utilidad repetir los conceptos básicos acerca de la importancia que tiene el agua, las funciones de los electrolitos, los mecanismos de regulación, etc., por lo cual remitimos al lector a algún texto o monografía al respecto (5, 6). En cambio, hemos creído de interés presentar el estudio de la evaluación del estado hídrico y salino de los pacientes, con vista hacia una terapia correctiva de los desequilibrios.

La Medicina moderna cuenta hoy con numerosos medios para medir el volumen de los distintos compartimientos en que se divide el agua en el organismo. En general, el principio básico es la inyección en la sangre de una sustancia inofensiva que se distribuye uniformemente en el compartimiento respectivo, midiendo luego su concentración. Así, el Agua Total Orgánica (ATO) es medida con Tritium H^3 ; el Líquido Extracelular (LEC) lo es con Glucosa, Manitol, Tiocianato, Sulfato S^{35} , Cloro radioactivo; el Líquido Intracelular (LIC) se calcula por diferencia entre los dos anteriores; el plasma puede medirse con azul de Evans (T 1824),

Bromosulfonftaleína, albúmina marcada con I^{131} (RISA) o con glóbulos rojos marcados con Cr^{51} . Prescindiendo de la mayor o menor exactitud de tales procedimientos, debemos reconocer que, si bien son relativamente fáciles de realizar en los pacientes, no han llegado en nuestro medio a constituir un examen de rutina en la práctica hospitalaria y sólo los hemos practicado en investigaciones clínicas (8, 9).

El objeto de este trabajo, nacido de la necesidad imperiosa de evaluar cuantitativamente y en forma seriada el estado hidrosalino de los pacientes quirúrgicos, es la presentación de un método simple, de base fisiológica y valiéndose de los exámenes habituales de un medio hospitalario.

El orden en que analizaremos este problema es el siguiente :

- A.- Bases de una teoría para el estudio de los desequilibrios hidrosalinos.
- B.- Desequilibrios hidrosalinos frecuentes en cirugía y su evaluación cualitativa.
- C.- Método de cálculo cuantitativo de los desequilibrios hidrosalinos.
- D.- Método del sulfato de cobre para determinar la protei-
nemia, hemoglobina y hematocrito. Nomograma de Van Slyke.
- E.- Método para determinar las variaciones porcentuales del LEC, LIC, ATO y NaTO (sodio total orgánico funcionante). Nomograma de Badía.

A.- BASES DE UNA TEORIA PARA ESTUDIAR LOS DESEQUILIBRIOS HIDROSALINOS

"En Física se puede distinguir teorías de naturaleza diferente. La mayor parte son teorías constructivas; por medio de un sistema de fórmulas relativamente simple establecido como base, intentan construir una imagen de fenómenos más complejos. Es de esta manera como la teoría cinética de los gases intenta reducir los fenómenos mecánicos, térmicos y de difusión a movimiento de moléculas. Cuando se dice que se ha logrado comprender un grupo de fenómenos naturales, significa que se ha encontrado una teoría constructiva que abarca los fenómenos en cuestión. Pero al lado de esta importante clase de teorías, hay una segunda, que llamaría las teorías de principio, que, en lugar del método sintético, emplean el método analítico. Aquí, el punto de partida y la base no están constituidos por elementos de construcción, sino por propiedades generales encontradas empíricamente, fenómenos naturales, principios matemáticamente formulados, a los que los fenómenos particulares, o sus imágenes teóricas, deben satisfacer. La teoría de la relatividad pertenece a esta segunda categoría". (A. Einstein, 10).

En el estudio del equilibrio hidrosalino también podemos formular una teoría de tipo analítica, partiendo de ciertos principios empíricamente establecidos. ¿Cuáles serían estos principios?

PRIMER PRINCIPIO : Constancia de volumen y distribución del agua orgánica

En un individuo normal la distribución y volumen de agua es constante y tiene sólo pequeñas oscilaciones que no son mayores de un 5 %. El agua total de un hombre normal (con un 20 % de grasa) es equivalente a un 60 % de su peso, alrededor de 42 litros en un hombre de 70 Kg. 55 % de esta agua es

intracelular (23 lt), y 45 % es extracelular (19 lt). Alrededor del 40 % de esta agua extracelular está en el hueso, tejido conectivo denso, cartílago, o está en el transcelular (7 lt). Alrededor del 45 % (9 lt) del extracelular está como líquido intersticial fácilmente utilizable para el intercambio con el agua intravascular o plasma, que comprende el 15 % del extracelular (3 lt).

Hacer una redistribución de las cifras aceptadas como normales y sabiendo que el agua unida al hueso, cartílago, tejido celular compacto y agua transcelular que en conjunto representa un 10 % del peso (7 lt) - tiene muy poca función en el intercambio acuoso, tendremos los siguientes valores para un individuo normotipo :

		Alt. 1.7 m Pes. 72 Kg	1.6 m 60 Kg
SOLIDOS :			
Grasa	20 %	14 Kg	12 Kg
Proteínas	10 %	7 Kg	6 Kg
Hueso	10 %	7 Kg	6 Kg
Total	40 % del peso	28 Kg	24 Kg
Agua unida a hueso y transcelular	10 % del peso	7 Kg	6 Kg
AGUA TOTAL FUNCIONANTE (ATO):			
LIC (2/3 ATO)	33 % del peso	24 lt	20 lt
LEC (1/3 ATO)	17 % del peso	12 lt	10 lt
L. interst. (3/4 LEC)	13 % del peso	9 lt	7.5 lt
Plasma (1/4 LEC)	4 % del peso	3 lt	2.5 lt
Masa glóbulos (2/3 plasma) ..	3 % del peso	2 lt	1.7 lt
Na TOTAL FUNCIONANTE (NaTO)	140 mEq x LEC	1.700	1.400

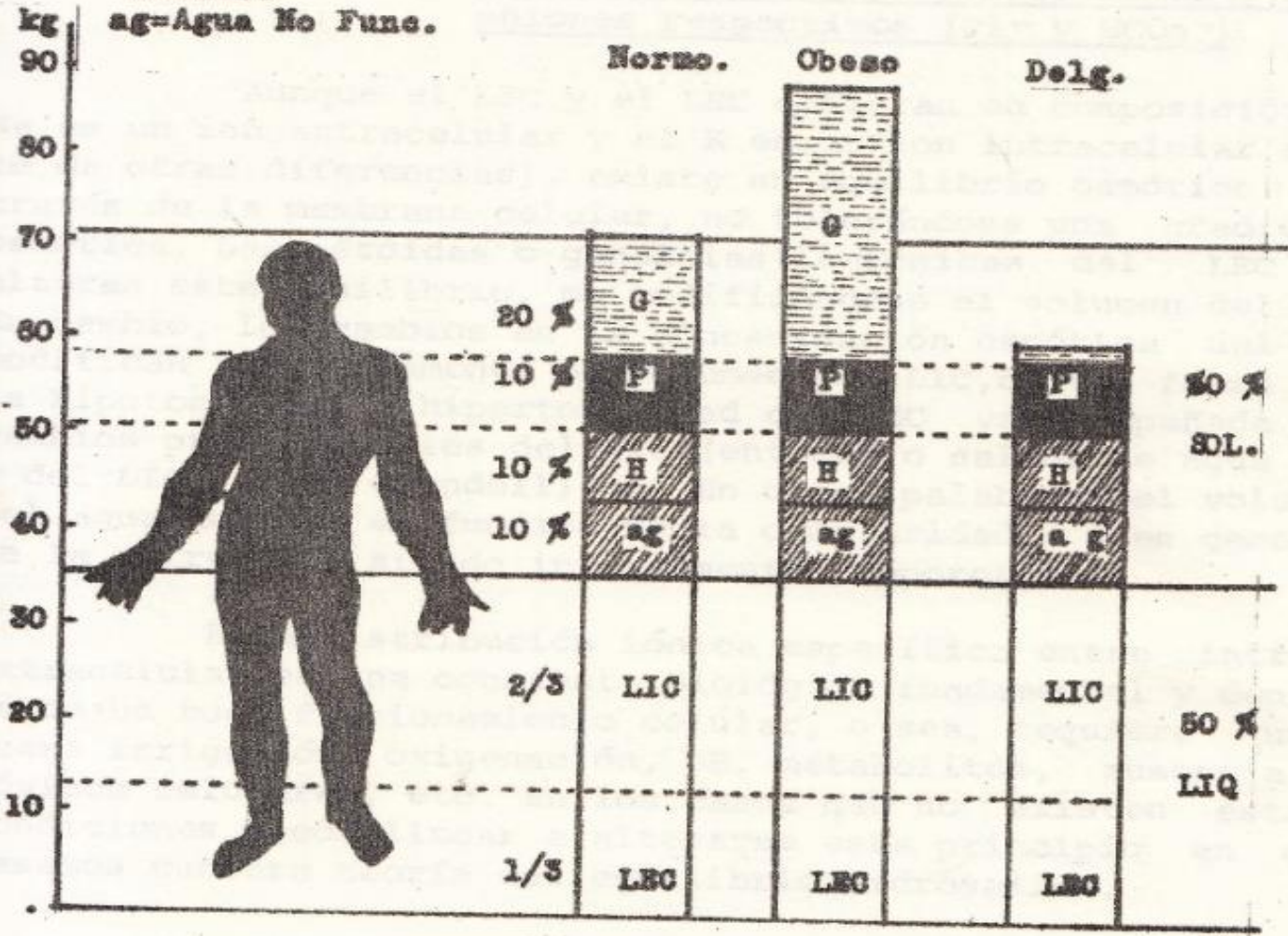
En aquellos pacientes en que el peso corporal se desvía del normotipo hacia el sobrepeso o hacia enflaquecimiento, el cálculo del agua orgánica se complicaría. En general, en los con sobrepeso aumenta el porcentaje de sólidos y disminuye el porcentaje de agua, e inversamente, en los delgados disminuye el porcentaje de sólidos y aumenta el del agua. En un obeso, especialmente si es mujer, el porcentaje de grasa puede subir a 40 y 50 % del peso, y el agua disminuir hasta llegar a un 30 y 20 % respectivamente. En un delgado, por el contrario, la grasa puede llegar a un 5% o menos del peso y el agua aumentar hasta un 70 % del peso corporal. Para obviar el problema que significaría un complicado cálculo, se considera el peso que debe - ría tener en correspondencia a su altura como normotipo, y así el agua total funcionante sería de un 50 % de dicho peso teórico. Por ejemplo: los enfermos de 1.75 m que pesan 90 ó 70 Kg ó 55 Kg; en los tres casos debe considerarse que deberían pesar 70 Kg y por lo tanto el ATO sería de 35 lt. La relación altura/peso en pacientes normotipo, que nos servirá para el cálculo, se ve en la siguiente tabla :

PESO PROMEDIO ADULTOS SEGUN ESTATURA

<u>ALTURA</u>	<u>HOMBRE</u>	<u>MUJER</u>
1.40	52 Kg	49 Kg
1.45	53	50
1.50	55	52
1.55	57	54
1.60	60	57
1.65	63	60
1.70	66	63
1.75	70	66
1.80	74	70
1.85	78	74
1.90	83	79

DISTRIBUCION NORMAL DEL AGUA

G=Grasa
 P=Proteinas
 H=Hueso
 ag=Agua No Func.



En la figura se muestra la distribución normal del agua en el cuerpo humano. Se puede observar que la distribución es similar en los tres tipos de individuos, pero la cantidad de grasa (G) es mayor en el individuo obeso. El agua no funcional (ag) representa el 10% del peso corporal en todos los casos.

SEGUNDO PRINCIPIO : La osmolaridad del LEC es igual al LIC y está dada en un 93 % por el Na y los aniones respectivos (Cl⁻ y HCO₃⁻)

"Aunque el LIC y el LEC difieran en composición (el Na es un ion extracelular y el K es un ion intracelular aparte de otras diferencias), existe un equilibrio osmótico a través de la membrana celular, no tolerándose una gradiente osmótica. Las pérdidas o ganancias isotónicas del LEC no alteran este equilibrio, no modificándose el volumen del LIC. En cambio, los cambios en la concentración osmótica del LEC modifican inmediatamente el volumen del LIC, de tal forma que la hipotonicidad o hipertonicidad del LEC va acompañada de cambios proporcionales del LIC (entrada o salida de agua al o del LIC)". (W. Crandell) (4) En otras palabras, el volumen del agua del LIC es función de la osmolaridad (y en general de la natremia), siendo inversamente proporcional.

Esta distribución iónica específica entre intra y extracelular es una constante biológica fundamental y depende de un buen funcionamiento celular, o sea, requiere una buena irrigación, oxigenación, pH, metabolitos, ausencia de tóxicos celulares, etc. En los casos que no existen estas condiciones puede llegar a alterarse este principio en que basamos nuestra teoría del equilibrio hidrosalino.

TERCER PRINCIPIO : La concentración de proteinemia y de Hb en la sangre es función del agua del LEC, salvo excepción, siendo inversamente proporcional

"Salvo en aquellos casos en que hay un aumento enorme de las globulinas, la proteinemia aumenta sólo cuando disminuye el volumen plasmático" (11-a)

Excepto en casos de poliglobulia, la hemoglobina por ciento y/o el hematocrito demuestran la variación del agua del intravascular y esta variación es inversamente proporcional. "Cuando el volumen del eritrocito permanece normal, la magnitud absoluta del alza de hematocrito es directamente (sic) proporcional al plasma (líquido) perdido"(1).

El plasma y el líquido intersticial contribuyen simultánea y proporcionalmente ante una pérdida de líquido y sólo en los últimos estados se trata de mantener el volumen plasmático a expensas del líquido intersticial, probablemente por un mecanismo oncótico (hiperproteinemia). Este hecho fue demostrado ya en 1946 por Abbot, Mellers y Gregersen (12, 13).

De estos tres principios básicos, demostrados y aceptados por todos los autores, podemos formular la siguiente teoría :

- 1° La concentración plasmática (y habitualmente la concentración de Hb y/o el hematocrito) es inversamente proporcional al LEC.
- 2° La osmolaridad plasmática (y habitualmente la natremia) es inversamente proporcional al LIC.
- 3° El Agua Total funcionante (ATO) es la adición del LEC actual y el LIC actual.
- 4° El NaTO (sodio total funcionante) es igual a la natremia (mEq/l) multiplicada por los litros de LEC actual.

Esta quedaría expresada en las siguientes fórmulas :

1.

$$\text{LEC actual} = \frac{7 \times \text{LEC normal}}{\text{Proteinemia \%}}$$

2.

$$\text{LIC actual} = \frac{140 \times \text{LIC normal}}{\text{Natremia mEq/l}}$$

3.

$$\text{ATO actual} = \text{LEC actual} + \text{LIC actual}$$

4.

$$\text{NaTO actual} = \text{Natremia} \times \text{LEC actual}$$

Basados en los principios establecidos arriba y haciendo las salvedades que se ha expresado, se realizó años atrás, el análisis de los pacientes postoperatorios y de aquellos con desequilibrios hidrosalinos, guiándonos, en la hidratación, por lo que nos dictaba el planteamiento teórico. Comprobamos que, salvo excepciones por causas explicables (poliglobulinemias, enfermedad de Kahler, hipoproteinemias por nefrosis, cirrosis hepática, insuficiencia cardíaca congestiva), en un alto porcentaje se cumplen las predicciones teóricas. Más aún, en aquellos pacientes en que se administraba un tratamiento distinto al recomendado por esta "teoría", el estudio posterior demostraba el error cometido, en forma casi exacta.

Este planteamiento teórico nos ha servido igualmente para la docencia, ya que el equilibrio hidrosalino

suele ser un tema de difícil comprensión.

Por último, nos ha explicado ciertas aparentes paradojas que suceden en las deshidrataciones o en las reposiciones de sodio, sangre o proteínas. Por ejemplo: un paciente pierde por vía gastrointestinal 3 litros de líquido con gran cantidad de Na (aproximadamente 400 mEq) y sin embargo la natremia es en un primer momento normal ; o bien, un paciente pierde 1.5 litros de sangre y presenta posteriormente un hematocrito normal. La explicación de estas paradojas las veremos en las páginas siguientes.

Con el objeto de aclarar conceptos, damos algunas definiciones que no siempre están claras cuando se analiza el problema hidrosalino.

DEFINICIONES

Proteínas orgánicas : Son las proteínas totales celulares y equivalen aproximadamente al 10 % del peso (0.1 x peso). En un individuo normotipo de 70 Kg será pues de 7 Kg, equivalente a 1.100 gr de N. El 80 % corresponde a la masa muscular y dependerá de la musculatura la cantidad de proteínas orgánicas.

Potasio orgánico : Es el K total del organismo, 98 % del cual está en el interior de la célula y se mantiene allí gracias a la "Bomba de Na". Es de alrededor de 47 mEq/Kg, o sea en un hombre normotipo de 70 Kg, hay aproximadamente 3.400 mEq. De esto sólo 50 a 60 mEq están en el líquido extracelular (4.5 a 5 mEq/l).

Relación N/K : En la célula viva hay una relación constante entre el N y el K, que es de 1 gr de N por 3 mEq de K. Cuando se destruye o se atrofia una célula, la pérdida de N y de K es proporcional a esa relación; inversamente, cuando

se sintetizan proteínas se va fijando N y K a la célula en esa misma proporción.

Proteínas plasmáticas circulantes (albúminas, globulinas, fibrinógeno) : Son las proteínas solubles y están especialmente en el plasma (3 lt) y en el líquido intersticial del hígado, tracto gastrointestinal y pulmones. Las plasmáticas son 200 gr (en 3 lt de plasma) en un individuo de 70 Kg. La función principal es la de ejercer la presión oncótica, fuerza que mantiene el líquido intravascularmente.

La cantidad (y calidad) depende fundamentalmente de su síntesis en el hígado y no tiene relación con la cantidad o calidad de las proteínas orgánicas. Es un error común presumir que las proteínas plasmáticas sean índice de la reserva proteica orgánica. El líquido intersticial del hígado, pulmón, corazón y tracto gastrointestinal contiene albúminas en alta concentración, dando un total de otros 200 gr (1). Este último hecho, agregado a la rápida síntesis de proteínas plasmáticas por parte del hígado hace que ante una hemorragia, en que se pierden también proteínas, la proteinemia se recupera rápidamente. La proteinemia, y más particularmente la albuminemia, depende del funcionamiento hepático y no del estado nutricional del paciente.

Proteinemia : Es la concentración de proteínas por 100 ml de plasma y su valor normal promedio es de 7 gr por ciento. Los 2/3 de estas proteínas son albúminas y son las que dan la presión oncótica. En ciertas afecciones (cirrosis hepática, nefrosis, etc.) puede invertirse la proporción, lo cual hace disminuir la presión oncótica con una alteración en la proporción entre plasma y líquido intersticial, que normalmente es 1:3. A pesar que la proteinemia normal es alrededor de 7 gr %, esta proteinemia de 7 gr % puede significar, en algunos pacientes, una disminución de proteínas plasmáticas (quemaduras, trombosis venosas extensas, etc.)

cuando coexiste con un aumento de la hemoglobina % ó del hematocrito sobre sus valores normales (hemoconcentración).

Aqua Total Orgánica funcionante (ATO): Es toda el agua del organismo, con excepción del agua unida al hueso, al tejido conjuntivo fibroso y el agua denominada transcelular, que en conjunto equivale aproximadamente a un 10 % del peso corporal.

Masa globular circulante y Hb total circulante : Masa globular es la cantidad de glóbulos que hay en el aparato circulatorio y corresponde a 30 ml x Kg de peso. En un individuo normotipo de 70 Kg será de alrededor de 2.000 ml. La Hb total circulante en un individuo de 70 Kg es de alrededor de 700 gr (140 gr/l x 5 lts).

Hematocrito (%) : Es la proporción de glóbulos rojos que hay en la sangre total. Para un volumen de sangre normal, el hematocrito normal es de 42 % (40-45) en la población chilena (en la clase media y alta es algo mayor). Sin embargo, un hematocrito de 42 % puede significar anemia; ¿en qué condiciones? : en la deshidratación del LEC (proteíemia sobre 7 gr %).

Sangre total o Volumen Circulante o Volemia : Es la cantidad de plasma más masa globular que está en los vasos. Equivale a alrededor de 70 ml x Kg, o sea, en un adulto normotipo de 70 Kg, a 5.000 ml.

Na Total funcionante (NaTO) : Es la cantidad de Na que hay en el LEC funcionante. En un adulto de 70 Kg es de alrededor de 1.700 mEq (140 mEq x 12 lt) ; no corresponde al total de Na orgánico, ya que hay Na en el LEC no funcionante (alrededor de 1.000 mEq) y en el LIC en cantidad variable para cada órgano y que equivale a otros 1.000 mEq, con

lo cual el Na total orgánico sería de alrededor de 3.700 a 4.000 mEq.

Natremia : Es la concentración de Na en el LEC y es de alrededor de 140-145 mEq/l. Sin embargo, una natremia de 140 mEq puede significar un déficit de Na. ¿En qué condiciones? : en una deshidratación del LEC. También una natremia de 140 mEq/l puede significar un exceso de Na. ¿En qué condiciones? : en una expansión del LEC.

Na urinario diario : Es la cantidad de Na que elimina por la orina un individuo en 1 día. Normalmente es de 150 mEq/día, pero varía con la ingestión de sal.

K urinario diario : Es la cantidad de K que se elimina por la orina en 1 día. Es de alrededor de 50 mEq.

Relación Na/K urinario : Es de alrededor de 2 a 3, ó 2,5 Na/K urinario menor que 2 (puede llegar a 0.1) indica, en general, un aldosteronismo con reabsorción tubular de Na y eliminación de K. Este aldosteronismo es provocado por una elevada tasa de angiotensina en el plasma, la cual es a su vez debido a una mayor secreción de renina por las células yuxtaglomerulares del riñón, mal perfundidas en hipovolemia, en débito bajo, etc.

Relación Proteinemia/Hb/Ht : En la sangre humana normal existe una relación entre la proteinemia y la Hb, que es de 1:2, relación que se conserva cuando aumenta el agua del LEC (sobrehidratación del LEC) o cuando disminuye esta (deshidratación del LEC). También existe una relación muy constante - cuando el glóbulo rojo no está sometido a un cambio de la osmolaridad ni del pH del plasma - entre la Hb y el Ht, que es de 1:3.

Desde un punto estrictamente matemático, la relación entre

proteinemia y Hb no debería ser tan constante ante cambios del agua, ya que la proteinemia está expresada en gramos por cien ml de plasma y la Hb en gramos por cien ml de san gre total. Sin embargo, esta relación la hemos comprobado constante, incluso en grandes sobrehidrataciones o deshi - drataciones en la práctica clínica.

B.- DESEQUILIBRIOS HIDROSALINOS MAS FRECUENTES EN EL POST OPERATORIO Y SU EVALUACIÓN CUALITATIVA

Los desequilibrios hidrosalinos, acompañados o no con trastornos ácido-básicos, se presentan con mucha fre - cuencia en Cirugía y no es exagerado decir que todos los postoperados tienen algún grado de desequilibrio hidrosali - no.

En general se puede tratar de un déficit o super - ávit de agua y/o sal, que significa una reducción o expan - sión del LEC (líquido extracelular) y/o del LIC (líquido in - tracelular) y que se traduce en una hemoconcentración o he - modilución y en una hipoosmolaridad o hiperosmolaridad. A menudo se acompaña cualquiera de estos cuadros de pérdida de proteínas (por plasmaferesis) o de hemoglobina. También pueden acompañarse de acidosis o alcalosis, metabólica o res - piratoria, así como variaciones de la potasemia. Cada uno de estos 12 parámetros (agua, sodio, LEC, LIC, densidad, osmolari - dad, proteinemia, hemoglobina, pH, BE, pCO₂, K) pueden va - riar en más, en menos, o permanecer normal, lo cual en cál - culo combinatorio da varios miles de posibilidades de cua - dros distintos.

Los cuadros más frecuentes en Cirugía son :

1. Disminución del LEC con natremia normal, por pérdida de agua y electrolitos, con acidosis (diarrea, ileo) o alcalosis (vómitos) y que no han recibido tratamiento. Dan signos de hipovolemia : hipotensión ortostática, PV baja, oliguria sólo si el débito cardíaco es muy bajo. El tratamiento será : suero fisiológico (vómitos) o Ringer Lactato (diarreas o ileo) en cantidad suficiente.
2. Disminución del LEC con natremia baja y aumento del LIC, por igual etiología que el anterior, pero que han recibido hidratación oral o hidratación con líquidos hipotónicos (suero glucosado, glucosalino, etc.); igualmente pueden acompañarse de acidosis o alcalosis. Dan signos de hipovolemia, pero con diuresis muy buenas hasta el momento en que caen en shock (flujo renal bajo). El tratamiento es cloruro de sodio en cantidad suficiente y relativamente poca agua.
3. Disminución del LEC con natremia alta y por lo tanto disminución también del LIC. Es frecuente en los niños y más rara en adultos. Se presenta en algunas operaciones neuroquirúrgicas de fosa posterior, en que hay inhibición de la producción de hormona antidiurética, diuresis acuosa abundante y reabsorción de sodio por aldosteronismo. Hay signos de hipovolemia y de hiperosmolaridad (sequedad de mucosas, fiebre, delirios). El tratamiento es suero glucosado en cantidad suficiente.
4. Cualquiera de los trastornos anteriores puede tener además pérdida de sangre (hemorragias) o de proteínas (plasmaferesis en peritonitis, pancreatitis aguda, trombosis venosas, quemaduras, etc.). Al tratamiento hidrosalino correspondiente habrá que agregarle en estos casos transfusión de sangre o plasma en cantidad suficiente.

5. A cualquiera de los cuadros anteriores puede agregarse hiperpotasemia, incluso en aquellos enfermos con depleción previa de K. Cuatro son las causas que pueden desencadenarla :
- gran destrucción celular
 - respuesta corticosuprarrenal a un stress violento
 - hemoconcentración
 - oliguria secundaria a la hipovolemia y acidosis

El tratamiento es la normalización hidrosalina y hemodinámica. A veces es necesario la diálisis.

6. También a los cuadros previos puede agregarse hipopotasemia y/o depleción de K, que puede presentar serios problemas en enfermos cardíacos, especialmente si estos están digitalizados (hay potenciación de esta droga) que puede llevar a la intoxicación digitálica, especialmente si se asocia a alcalosis. El tratamiento es la administración de K en cantidad suficiente o la hiperalimentación hiperproteica.

7. Más raros son los cuadros de hipervolemia, que pueden ser con natremia alta, normal o baja; con acidosis o alcalosis; con potasemia alta, normal o baja; con o sin déficit de hemoglobina o proteínas. Se presentan en enfermos renales con insuficiencia terminal. El tratamiento se basa, además del control de sodio, hemoglobina y proteínas, en diuréticos e incluso las diálisis internas (peritoneo-diálisis) o externa (riñón artificial).

El estudio y evaluación del desequilibrio hidrosalino se ha de hacer con :

- a) Los antecedentes, entre los cuales destacaremos la apreciación por el enfermo o familiares de pérdidas al

exterior (vómitos, diarreas, hemorragias). Además se debe interrogar sobre posibles regímenes alimenticios previos (hiposódicos, hipocalóricos, etc.), uso de drogas (diuréticos, corticoides, antihipertensivos, hipoglucemiantes) y además sobre afecciones previas (cardíacas, renales, etc.). Ciertos regímenes, drogas o afecciones pueden haber tenido al enfermo en un estado potencial de hipovolemia, depleción salina o de K.

- b) El examen físico nos podrá dar signos de hipovolemia y de disminución del LEC : hipotensión ortostática, venas colapsadas, PV baja ; de hipoosmolaridad : vómitos, calambres, apatía ; o de hiperosmolaridad : sequedad de piel y mucosas, fiebre, delirios.

En cuanto a la oliguria, sed y sequedad de las mucosas, hacemos notar que son signos tanto de hipovolemia extrema o de hiperosmolaridad, más que de deshidratación como suele creerse. Así, una deshidratación hipotónica con depleción de sal mantiene una excelente diuresis y humedad de piel y mucosas, hasta que cae en franco shock.

- c) El balance hidrosalino es un elemento bastante bueno para llevar un equilibrio. Sin embargo, está sometido a una serie de errores, de los cuales mencionaremos cuatro :
- a) la perspiración insensible es muy variable según la temperatura y condiciones ambientales (desde 400 ml a 10 lts al día)
 - b) el contenido intestinal (íleos) no puede medirse
 - c) el tercer espacio, que puede llegar a ser de varios litros, no puede ni siquiera aproximarse
 - d) el agua metabólica es variable según el metabolismo.

Estos errores del balance pueden acumularse a lo largo

de 2 ó 3 días y llegar, confiadamente, a un estado de desequilibrio límite vital.

d) De los exámenes de laboratorio nos han sido útiles :

proteïnemia	(N : 7	gr %)
hemoglobina	(N : 14	gr %)
hematocrito	(N : 42	%)
natremia	(N : 140	mEq/l)
potasemia	(N : 4.5	mEq/l)
pH	(N : 7.4)
pCO ₂	(N : 40	mmHg)

Para que estos exámenes tengan un cierto valor, deben ser realizados simultáneamente (por lo menos los 5 primeros) y analizados en conjunto. Independientemente, ninguno nos da una información adecuada y, más aún, nos puede llevar a serios errores de interpretación y de terapéutica. Así por ejemplo, una natremia de 140 mEq/l no significa necesariamente que el Na orgánico esté normal, ya que puede coexistir con una depleción de Na en el caso que el LEC esté disminuído (habrá un aumento de la proteïnemia, Hb y Ht), o bien puede coexistir con una sobrecarga de Na, si el LEC está aumentado (habrá una disminución de la proteïnemia, Hb y Ht).

C.- METODO DE CALCULO CUANTITATIVO DE LOS DESEQUILIBRIOS
HIDROSALINOS

En general, la proteinemia, hemoglobina y el hematocrito nos indican las variaciones agudas de la volemia y del LEC, y la osmolaridad y natremia nos indican las variaciones agudas del LIC. Así, en una hipovolemia debido a deshidratación aumentarán los tres primeros valores mencionados, conservando la proporcionalidad de sus relaciones ($\text{Prot} \times 2 = \text{Hb}$; $\text{Hb} \times 3 = \text{Ht}$). En los casos en que no hay una relación $\text{Prot} \times 2 = \text{Hb}$, se deberá interpretar como que hay un déficit del examen relativamente más bajo, y en aquellos casos en que no se mantiene la relación $\text{Hb} \times 3 = \text{Ht}$, se deberá interpretar como una acción osmótica o de pH sobre el eritrocito, ya sea "achicándolo" como sucede en la hiperosmolaridad y alcalosis, ya sea "agrandándolo" como sucede en la hiposmolaridad y acidosis. En los casos con hiposmolaridad comprobados, ya sea por medición directa o bien deduciéndola de la hipernatremia o de la falta de relación entre Hb y Ht ($\text{Hb} \times 3$ menor que Ht), esta hiposmolaridad nos indicará un aumento del LIC.

Con tal número de variables habrá numerosas posibilidades en que se presenta un desequilibrio hidrosalino, las cuales serán analizadas posteriormente (Nomograma de Van Slyke y Nomograma de Badía). Sin embargo, adelantaremos unos ejemplos :

	<u>Prot</u>	<u>Hb</u>	<u>Ht</u>
a) Hipovolemia por deshidr. pura del LEC	9	18	54
b) Hipovolemia por deshidr. del LEC y anemia	9	14	42
(Nótese que hablamos de anemia, a pesar que la Hb y Ht son normales)			

	<u>Prot</u>	<u>Hb</u>	<u>Ht</u>
c) Hipovolemia por deshidr. del LEC y plasmaferesis	7	18	54
d) Hipovolemia por deshidr. del LEC e hiperosmolaridad	9	18	50
e) Hipovolemia por deshidr. del LEC e hipoosmolaridad	9	18	58
f) Deshidr. del LEC, anemia e hipotonía etc., etc.	9	14	46

(En los ejemplos d), e) y f) deducimos la osmolaridad de la desproporción que hay entre el Ht y la Hb).

Para realizar un cálculo cuantitativo de una determinada alteración se deberá hacer cálculos sucesivos :

1. Cálculo del agua y sodio teórico normal según peso y altura.
2. Cálculo del LEC actual.
3. Cálculo del déficit de glóbulos rojos o de proteínas circulantes.
4. Cálculo del LIC actual.
5. Cálculo del ATO actual y diferencia con el teórico normal.
6. Cálculo del NaTO actual y diferencia con el teórico normal.

1. cálculo del agua y sodio teórico normal :

El ATO es el 50 % del peso que debería tener para la altura respectiva. Del ATO resultante $\frac{2}{3}$ son LIC y $\frac{1}{3}$ es LEC. Del LEC resultante $\frac{3}{4}$ son L. intersticial y $\frac{1}{4}$ es plasma. El LEC, expresado en litros, multiplicado x 140 mEq/l corresponde al Na total funcionante. El plasma, multiplicado x $\frac{2}{3}$ es igual a la masa globular normal. Resumiendo y calculando para un peso de 60 Kg, tenemos :

$$60:2=30 \text{ lt ATO}$$

$$10 \text{ lt LEC} \times 2 = 24 \text{ lt LIC}$$

$$30 \text{ lt ATO} : 3 = 10 \text{ lt LEC}$$

$$10 \text{ lt LEC} : 4 = 2.5 \text{ l Plasma}$$

$$2.5 \text{ l Plasma} \times 3 = 7.5 \text{ l L. intersticial}$$

$$2.5 \text{ l Plasma} \times \frac{2}{3} = 1.7 \text{ l masa globular}$$

$$10 \text{ lt LEC} \times 140 = 1.400 \text{ mEq Na total funcio - nante}$$

2. cálculo del LEC actual :

Suponiendo que un paciente, antes del desequilibrio hidrosalino, presenta valores normales y que con la terapia debemos llegar a esos valores (suposición totalmente aceptable para la gran mayoría de los pacientes quirúrgicos), podemos calcular matemáticamente el porcentaje de desviación que ha habido y por lo tanto la cuantía del desequilibrio.

Por ejemplo, un paciente con un peso teórico de 70 Kg y que presenta una proteinemia de 9 gr %, Hb de 18 gr %, Ht de 50 % y natremia de 120 mEq/l.

Razonamiento :

Si con 7 gr % tiene el 100 % de plasma (y de LEC)
 Con 9 gr % tendrá X %

(nótese que es una "regla de tres inversa", ya que mientras mayor sea la concentración, menos agua habrá)

Cálculo :

$$7 \text{ gr} \times 100 = 9 \text{ gr} \times X$$

$$X = 7/9 \times 100 = 77 \% , \text{ o sea hay un déficit de } 23 \% \text{ del LEC}$$

como el LEC de un individuo de 70 Kg debe ser de 12 lt, el déficit será :

$$0.23 \times 12.000 \text{ ml} = -2.760 \text{ ml y el LEC actual será de } 9.34 \text{ lt}$$

En este caso, el razonamiento y cálculo a partir de la Hb será igual :

$$14 \text{ gr} \times 100 = 18 \text{ gr} \times X$$

$$X = 14/18 \times 100 = 77 \% , \text{ o sea un déficit de } 23 \% \text{ del LEC}$$

Cálculo :

2/9 de 3 lt de plasma = 2/3 litro de plasma = 750 ml	de plasma
2/9 de 210 gr de proteínas plasmáticas = 47 gr	de proteínas

o bien

4. Cálculo del LIC actual :

La natremia, habitualmente, nos informa acerca de la osmolaridad, ya que esta última está dada en un 95 % por el Na y los aniones respectivos (Cl, HCO₃, etc.). Basado en una ley bioquímica, la ley de la isoosmolaridad, uno debe suponer que cualquier variación de la osmolaridad detectable en el LEC tiene su correspondiente y proporcional cambio en el LIC. Este cambio del LIC se debe a una entrada o salida de agua hasta que se produzca el equilibrio osmótico. Así, ante una hiperosmolaridad del LEC habrá una salida de agua desde el LIC hasta llegarse a un equilibrio, y lo inverso se producirá ante una hiposmolaridad del LEC.

Aceptando las suposiciones expuestas, podemos llegar a calcular matemáticamente las variaciones que sufre el LIC con una aproximación bastante aceptable desde el punto de vista clínico. Volvamos al primitivo ejemplo en que había una natremia de 120 mEq/l.

Razonamiento :

Si con 140 mEq/l de Na (280 mOsm) hay un 100 % de LIC
Con 120 _____ habrá X

(otra vez se trata de una "regla de tres inversa")

Cálculo :

$$140 \text{ mEq/l} \times 100 = 120 \times X$$

$$X = 140/120 \times 100 = 1.17 \%, \text{ o sea hay un exceso de } 17 \%$$

Como el LIC de un individuo de 70 Kg es de 24 lt

$$0.17 \times 24.000 \text{ ml} = + 4.080 \text{ ml} \text{ y el LIC actual será de}$$

$$28.08 \text{ lt}$$

5. Cálculo del ATO actual :

Continuando con el mismo ejemplo, y sabiendo que el ATO es la suma del LIC más el LEC, el cálculo de la desviación del agua se hará fácilmente sumando algebraicamente ambas desviaciones.

Cálculo :

$$\text{LEC} = - 2.760 \text{ ml}$$

$$\text{LIC} = + 4.080 \text{ ml}$$

$$+ 1.320 \text{ ml de exceso de agua total funcionante}$$

Como vemos, nos encontramos con la sorpresa que, a pesar del grave desequilibrio hidrosalino que ha llevado a una hipovolemia importante y que nos indicaría un estado de deshidratación, vemos que el ATO total no está disminuída, sino por lo contrario, hay un exceso de 1.32 lt ; el aumento del LIC debido a la hipoosmolaridad ha desviado el agua hacia ese compartimiento.

6. Cálculo del NaTO actual y diferencia con el teórico normal :

Ya hemos dicho que el Na total funcionando es igual a la natremia multiplicado por el LEC. En el ejemplo que estamos analizando sería :

Cálculo :

NaTO normal teórico es	$140 \text{ mEq/l} \times 12 =$	1.680	mEq
NaTO actual es	$120 \text{ mEq/l} \times 9.3 =$	1.116	mEq
Hay un déficit de		564	mEq de Na

Este déficit expresado en NaCl es de 564×58 (p. mol del NaCl) = 32.7 gr de NaCl. Resumiendo el caso analizado, con natremia de 120 mEq/l y proteinemia de 9 gr podemos decir que hay una seria disminución del LEC, un aumento del LIC, lo cual hace que el ATO está discretamente aumentado, pero hay un grave déficit de Na. El tratamiento será pues de administrar el mínimo de agua y 32 gr de NaCl (320 ml de NaCl al 10 %).

Haga los cálculos Usted en los siguientes casos clínicos :

Ahora podríamos ya analizar algunos de los cuadros más frecuentes de alteraciones del equilibrio hidrosalino :

Enferma de 65 años con un íleo obstructivo, que en un momento dado cae la presión arterial y la venosa. Tiene los siguientes exámenes :

Pr : 11 gr
Hb : 20 gr
Ht : 60 %

Na : 142 mEq/l
 Peso : 65 Kg

¿ Cuánto líquido y sal hay que administrar, en lo posible preoperatoriamente ?

Respuesta : 4.200 ml de líquido
 600 mEq de NaCl (34 gr de NaCl)

Enfermo de 70 Kg, después de 5 días de postoperatorio con muy buena diuresis, presenta decaimiento y tendencia a hipotensión. PV baja. Presenta los siguientes exámenes :

Pr : 9 gr %
 Hb : 17 gr %
 Ht : 56 %
 Na : 125 mEq/l

¿ Qué errores se ha cometido en el tratamiento hidrosalino ? ¿ Cuánto líquido hay que administrarle para normalizarlo y cuánto cloruro de sodio ?

Respuesta : Líquido lo menos posible.
 370 mEq de Na (22 gr NaCl)
 Probablemente se hidrató con s. glucosado

Enfermo de 65 Kg, que llega al hospital después de dos hematemesis, que según el enfermo fueron bastante abundantes, seguida de vómitos y régimen hídrico por 72 horas. Es necesario evaluarlo para la operación de urgencia y tiene los siguientes exámenes :

Pr : 9.6 gr
 Hb : 12.5 gr

Ht : 40 %
 Na : 130 mEq/l
 Diuresis de 1.200 ml en 24 horas, pr.art. 120/90,
 pr.ven. 4 cm

¿ Es real la hematemesis a pesar del Ht 40, o el enfermo exagera ? ¿ Qué tratamiento se administra preoperatoriamente ?

Respuesta : 1.560 ml de líquido
 560 mEq de Na (32.5 gr NaCl)
 1.750 ml de sangre
 Probablemente la hematemesis fue severa

Enferma de 30 años, que 6 días antes ha presentado un parto espontáneo, relata que la noche anterior sufre un dolor abdominal intenso, vómitos y falta de expulsión de gases. Llega en shock, abdomen distendido, y tiene los siguientes exámenes :

Pr : 5.6 gr
 Hb : 20 gr
 Ht : 54 %
 Na : 128 mEq/l

¿ Qué diagnóstico sugiere ? ¿ Qué tratamiento haría en el preoperatorio y operatorio ?

Respuesta : 1.200 ml de líquido
 625 mEq de Na
 880 ml de plasma (0.88 gr de albúmina)
 El diagnóstico fue una torción del intestino delgado con gran plasmaferesis hacia el peritoneo y hacia el intestino estrangulado.

D.- METODO DEL SULFATO DE COBRE PARA DETERMINAR LA PROTEINEMIA, CONTENIDO DE HEMOGLOBINA Y HEMATOCRITO, NOMOGRAMA DE VAN SLYKE (14)

Este método es de inestimable valor, sobre todo cuando se requiere informes rápidos, ya que el procedimiento toma alrededor de 2 minutos y nos da valores simultáneos de proteinemia (densidad plasmática), hemoglobina y hematocrito deducido de la hemoglobina.

La técnica consiste en dejar caer gotas de plasma y de sangre en una serie de soluciones de sulfato de cobre de densidades conocidas. Cada gota, al penetrar en la solución se cubre de una película de proteinato de Cu, permaneciendo con su forma durante 20 segundos y caerá o se elevará según su densidad. Se buscará aquella solución en la cual la gota se mantenga suspendida. El frasco respectivo dará la densidad. Los valores de las densidades de plasma y de sangre se llevan al Nomograma de Van Slyke. Como complemento se hace un hematocrito real por centrifugación y se compara con el deducido del nomograma.

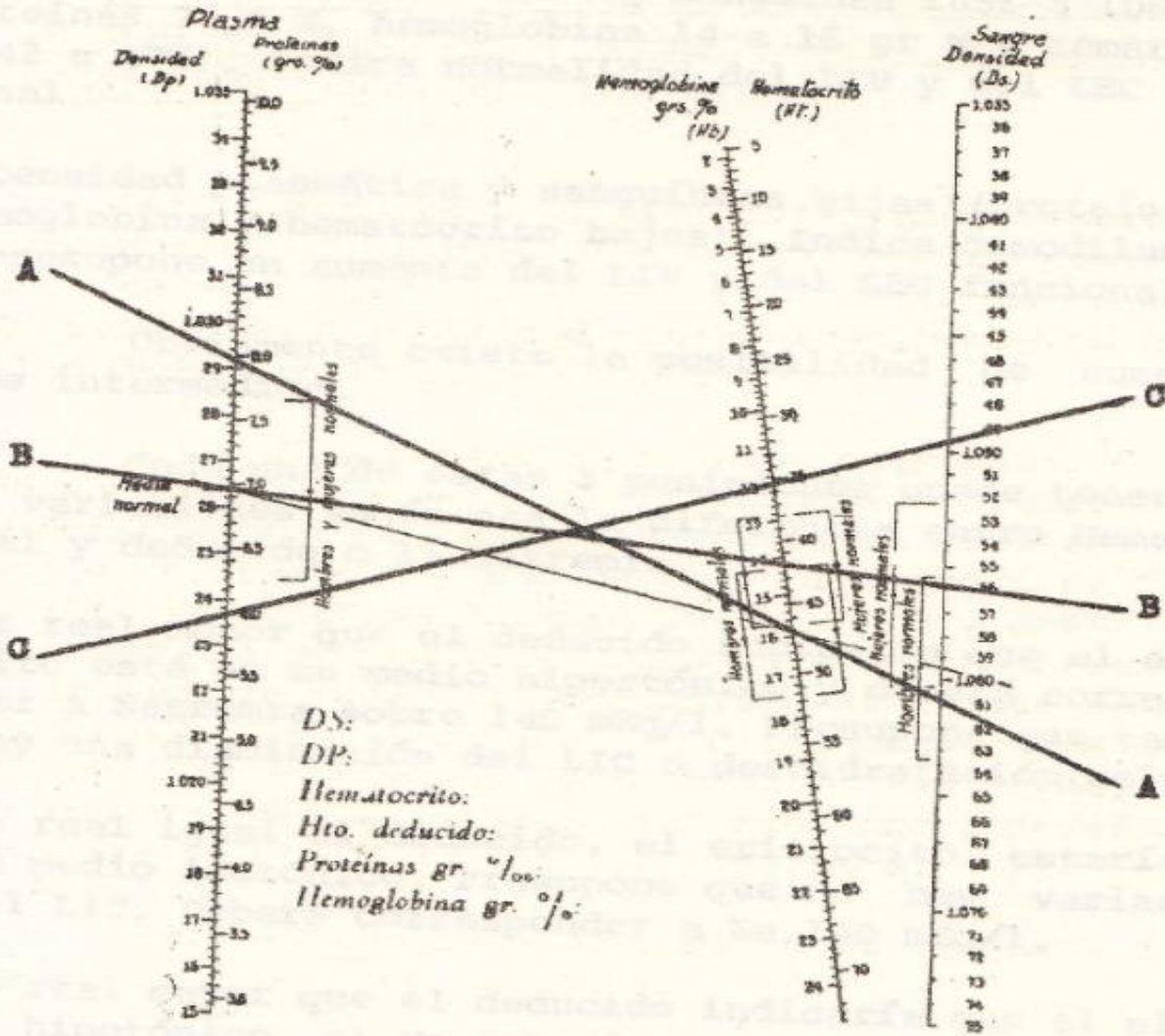
Simultáneamente se determina la natremia y la potasemia en el fotómetro de llama.

Variaciones del Nomograma de Van Slyke (ver cuadro)

El Nomograma de Van Slyke puede tomar 3 posiciones básicas :

- A. Densidad plasmática y sanguínea altas (proteínas, hemoglobina y hematocrito altos). Indica hemoconcentración y presupone una disminución del LIV y por lo tanto del LEC funcional.

NOMOGRAMA DE VAN SLYKE



- A.- Hemoconcentración
- B.- Normoconcentración
- C.- Hemodilución

- I.- Na > 140 mEq/l Hipertonía
- II.- Na = 140 mEq/l Normotonía
- III.- Na < 140 mEq/l Hipotonía

- B. Densidad plasmática 1026 y sanguínea 1056 a 1060 (proteínas 7 gr %, hemoglobina 14 a 16 gr % y hematocrito 42 a 47%). Indica normalidad del LIV y del LEC funcional.
- C. Densidad plasmática y sanguíneas bajas (proteínas, hemoglobina y hematocrito bajos). Indica hemodilución y presupone un aumento del LIV y del LEC funcional.

Obviamente existe la posibilidad de numerosos puntos intermedios.

Cada una de estas 3 posiciones puede tener a su vez 3 variaciones según sea la diferencia entre Hematocrito real y deducido, o la Natremia.

- I. Ht real menor que el deducido indicaría que el eritrocito está en un medio hipertónico y deberá corresponder a Natremia sobre 140 mEq/l. Presupone que también hay una disminución del LIC o deshidratación celular.
- II. Ht real igual al deducido, el eritrocito estaría en un medio isotónico. Presupone que no hay variación del LIC. Deberá corresponder a Na 140 mEq/l.
- III. Ht real mayor que el deducido indicaría que el plasma es hipotónico, el Na deberá ser menor que 140 mEq/l. Presupone un aumento del LIC, o sea, una sobrehidratación celular.

Se ha obtenido así 9 posibilidades básicas del estado hidrosalino (ver cuadro).

- A, I Hipovolemia hipertónica o síndrome de desecación o deshidratación pura.
- B, I Normovolemia hipertónica.
- C, I Hipervolemia hipertónica o sobrecarga de sodio.
- A, II Hipovolemia isotónica o depleción hidrosalina proporcional.
- B, II Normalidad.
- C, II Hipervolemia isotónica o sobrecarga hidrosalina proporcional.
- A, III Hipovolemia hipotónica o depleción de sodio.
- B, III Normovolemia hipotónica.
- C, III Hipervolemia hipotónica o intoxicación acuosa.

Otras 9 posibilidades básicas del estado hidrosalino se obtendrán cuando la variación de la proteinemia no es proporcional con la variación de la hemoglobina, en desmedro de la hemoglobina. Significará que al cuadro hidrosalino correspondiente se ha agregado una pérdida de sangre, la cual se podrá fácilmente calcular.

Otras 9 posibilidades básicas se obtendrán si las variaciones de la proteinemia no es proporcional con la variación respectiva de la hemoglobina, en desmedro de la proteinemia. Significará que al cuadro hidrosalino se ha agregado una pérdida de plasma, la cual se podrá fácilmente calcular.

En ocasiones no hay correspondencia entre la diferencia de hematocritos (real y deducido) y la osmolaridad deducida de la Natrema. Este hecho se debe a que el eritrocito cambia de tamaño no sólo por cambio de la osmolaridad del plasma, sino también por variaciones del pH. El eritrocito se agranda en las acidosis y se achica en las alcalosis y, también, cuando aparecen en el plasma sustancias osmóticamente activas (manitol, hiperglicemia, hiperlipemia, polipéptidos, etc.).

E. METODO PARA DETERMINAR LAS VARIACIONES PORCENTUALES DEL
LEC, LIC, ATO Y NaTO CON LOS VALORES DE PROTEINEMIA, HE-
MOGLOBINA Y NATREMIA, NOMOGRAMA DE BADIA
BREVE RESEÑA CLINICA DE LOS DESEQUILIBRIOS HIDROSALINOS
BREVE PAUTA TERAPEUTICA DE LOS DESEQUILIBRIOS HIDROSA -
LINOS

Hemos visto anteriormente que a través de la proteïnemia y/o la Hb podemos calcular la variación porcentual del LEC, basándose en que las proteínas totales circulante y/o la hemoglobina no varían grandemente en un cuadro de desequilibrio hidrosalino agudo. Igualmente vimos que a través de la natremia podemos calcular la variación porcentual del LIC, basándose en que la osmolaridad del intracelular es prácticamente igual a la del extracelular, la cual está dada especialmente por el Na y los aniones correspondientes. También vimos que el ATO será la suma algebraica del LEC y el LIC y que el NaTO será el resultado de la natremia multiplicada por el LEC.

Con el objeto de obviar los cálculos matemáticos, que ya fueron analizados anteriormente y que son a veces engorrosos, hemos ideado un sistema de coordenadas o ábaco, en que se puede leer fácilmente las variaciones del LEC, LIC, ATO y NaTO y por lo tanto administrar rápidamente la terapia hidrosalina adecuada y que veremos a continuación.

ABACO DEL ESTADO HIDROSALINO O NOMOGRAMA DE BADIA (15,16,17)
 (ver cuadro)

Si en un sistema de coordenadas ponemos en el eje de las X la proteïnemia y en el eje de las Y la natremia (que

es aproximadamente la mitad de la osmolaridad calculada), tendremos las posibilidades hidrosalinas con todas las variaciones cuantitativas. Cada situación especial estará dada por un punto en el sistema de coordenadas.

Eje de las X = proteinemia (gr %), Hb (gr %)

Dado que la concentración de las proteínas depende del volumen del plasma y, por equilibrio osmótico-oncótico, del LEC funcional, podemos agregar a este mismo eje de las X las respectivas variaciones del LEC funcional deducida de las variaciones de la proteinemia. Expresando tales variaciones en porcentaje de lo normal podemos calcular las desviaciones multiplicando dicho porcentaje por el volumen normal del LEC funcional (1/3 del ATO).

Eje de las Y = natremia (mEq/lit) = 1/2 osmolaridad (Os/l)

Dado que la concentración de sodio es aproximadamente la mitad de la osmolaridad y que el LIC funcional es función de ésta, podemos agregar a este mismo eje de las Y las respectivas variaciones de volumen que sufren los glóbulos rojos y el LIC funcional ante las variaciones que experimenta la natremia. Expresando las variaciones del LIC funcional en porcentaje de lo normal podemos calcular las desviaciones multiplicando dicho porcentaje por el volumen del LIC funcional (2/3 del ATO).

(La proteinemia, la hemoglobinemia, el LEC funcional, la natremia, el LIC funcional y el delta ($H_{TR} - H_{TD}$) han sido colocados convencionalmente en escala logarítmica, con el objeto que a un porcentaje dado en una variable corresponda un aumento (o disminución) del porcentaje específico en la otra variante).

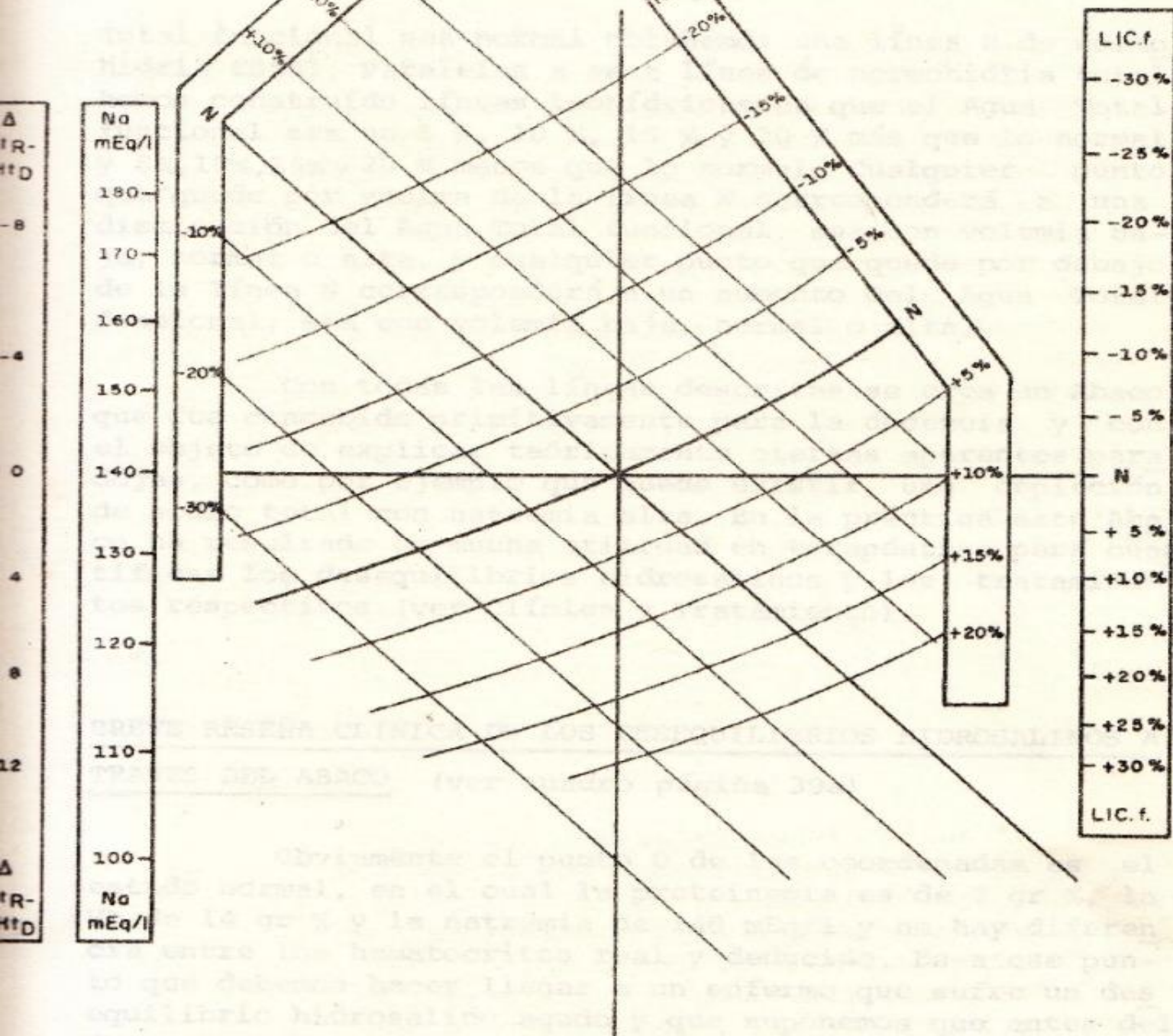
Líneas Isosódicas

Sabemos que el sodio total funcional es igual a la natremia multiplicado por el LEC funcional. Por lo tanto, cada valor de la natremia multiplicado por el volumen de un determinado LEC funcional puede dar un Na total funcional normal. Por ejemplo : una natremia de 168 mEq/l, que es un 20 % más alta que lo normal, multiplicado por el volumen de un LEC funcional, un 17 % más bajo que lo normal dará un Na total funcional normal (en un adulto de 70 kilos aprox. 1.700 mEq). Uniendo los puntos en que sodio total es normal, se obtiene una línea oblicua que parte de N o de normosodio total. Paralelas a esta línea hemos construido líneas isosódicas, en que el sodio total orgánico funcional sea 10 %, 20 % y 30 % más que lo normal y 10 %, 20 % y 30 % menor que lo normal. De este modo cualquier punto que quede por encima de la línea N Na total corresponderá a un aumento del sodio total funcional, sea con natremia alta normal o baja. De igual modo, cualquier punto que quede por debajo de la línea N Na total corresponderá a una disminución del sodio total funcional, sea con natremia alta, normal o baja.

Líneas Isohídricas

Sabemos que el agua total funcional es la suma del LEC funcional más el LIC funcional y por lo tanto la suma algebraica de cada desviación porcentual del LEC funcional con una determinada desviación porcentual del LIC funcional puede dar un Agua Total funcional normal. Así, la disminución de un compartimiento puede ser compensada con el aumento del otro compartimiento. Hay que tener presente que el LIC funcional es prácticamente el doble que el LEC funcional y así, por ejemplo : una disminución en un 20 % del LEC funcional es compensada con un aumento en un 10 % del LIC funcional. Uniendo los puntos en que el Agua

NOMOGRAMA DE BADIA



LEC f. -30% -25% -20% -15% -10% -5% N +5% +10% +15% +20% +25% +30% LEC f.

Prof. g‰ 10 9 8 7 6 5 Prof. g‰

Hb g% 20 18 16 14 12 10 Hb g%

Total funcional sea normal obtenemos una línea N de normohidria total. Paralelas a esta línea de normohidria total hemos construido líneas isohídricas en que el Agua Total funcional sea un 5 %, 10 %, 15 % y 20 % más que lo normal y 5%, 10%, 15% y 20 % menos que lo normal. Cualquier punto que quede por encima de la línea N corresponderá a una disminución del Agua Total funcional, sea con volemia baja, normal o alta, y cualquier punto que quede por debajo de la línea N corresponderá a un aumento del Agua Total funcional, sea con volemia baja, normal o alta.

Con todas las líneas descritas se crea un Abaco, que fue concebido primitivamente para la docencia y con el objeto de explicar teóricamente ciertas aparentes paradojas, como por ejemplo que puede existir una depleción de sodio total con natremia alta. En la práctica este Abaco ha resultado de mucha utilidad en terapéutica para cuantificar los desequilibrios hidrosalinos y los tratamientos respectivos (ver Clínica y Tratamiento).

BREVE RESEÑA CLINICA DE LOS DESEQUILIBRIOS HIDROSALINOS A TRAVES DEL ABACO (ver cuadro página 39a)

Obviamente el punto 0 de las coordenadas es el estado normal, en el cual la proteinemia es de 7 gr %, la Hb de 14 gr % y la natremia de 140 mEq/l y no hay diferencia entre los hematocritos real y deducido. Es a ese punto que debemos hacer llegar a un enfermo que sufre un desequilibrio hidrosalino agudo y que suponemos que antes del desequilibrio era normal, condición que constituye la gran mayoría de los enfermos quirúrgicos. Distinto es el caso de los enfermos que mantienen una afección crónica, generalmente de tipo médica, y que por distintos mecanismos,

mantienen un equilibrio biológico vital con otras cifras que las mencionadas. En este último caso, ante un desequilibrio hidrosalino, debemos correr las reglillas de Proteinemia, Hemoglobina o Natremia hasta que los valores ba sales de dicho enfermo se correspondan con los puntos N respectivos, como es el caso de las hiperglobulinemias, enfermedad de Kahler, policitemias, hiponatremias asintomáticas, etc.

Una vez obtenidas en el Laboratorio las cifras de Proteinemia, Hb y Natremia de un enfermo, localizamos el punto que le corresponde en las coordenadas y leemos qué pasa con el LEC, LIC, ATO y NaTO. Con la variación del ATO y del NaTO, leídas en las respectivas tablillas, sabre mos qué porcentaje del ATO y del NaTO está desviado y podremos aplicarle la terapia respectiva.

A grandes rasgos podemos diferenciar 4 tipos de desviaciones :

<u>HIPOVOLEMIA</u>	(Ubicada en el lado izquierdo del ábaco, con proteinemias más de 7%gr y/o Hb más de 14gr%)
<u>Etiología</u>	Pérdidas gastrointestinales Hemorragias Aparición de 3er espacio
<u>Sintomatología</u>	Hipotensión ortostática Mucosas secas (sólo terminal en caso de hipotonías) PVC baja Oliguria (sólo final en las hipotonías)
<u>Causa de muerte</u>	Shock
<u>Tratamiento</u>	Ringer lactato o S. fisiológico Transfusiones o plasma

HIPERVOLEMIA (Ubicada en el lado derecho del ábaco, con proteinemia de menos 7 gr % y/o Hb de menos de 14 gr %)

Etiología Sobrereposición de líquidos
Cirrosis portal
Insuficiencia renal

Sintomatología

Edemas
Disnea

Causa de muerte

Edema agudo pulmonar

Tratamiento

Diuréticos
Diálisis externa

HIPEROSMOLARIDAD (Ubicada en la parte alta del ábaco, con natremia de más de 140 mEq/l).

Etiología Pérdida de agua pura o no ingestión de ella
Exceso de administración de Na

Sintomatología

Sed. Sequedad mucosas
Fiebre
Delirios
Oliguria

Causa de muerte

Paro respiratorio

Tratamiento

Suero glucosado

HIPOOSMOLARIDAD

Etiología Hidratación oral en pérdidas gastrointestinales
 Hidratación con S. glucosado
 Sonda gástrica e hidratación oral

Sintomatología
 Humedad mucosas y falta de sed
 Vómitos y náuseas
 Estupor, calambres
 Buenas diuresis hasta shock

Causa de muerte
 Tendencia al shock

Tratamiento
 Cloruro de Na
 Transfusiones o plasma

Si observamos el ábaco veremos que tiene cuatro cuadrantes. En las bisectrices de estos cuadrantes tendremos los 4 cuadros de alteración pura del agua o del sodio, sin variación del otro componente, cuadros raros en la práctica médica.

SINDROME DE DESECACION (Depleción de agua pura). Cuadrante superior izquierdo, bisectriz.

SINDROME DE SOBRECARGA DE SODIO PURO Cuadrante superior de recho, bisectriz.

SINDROME DE DEPLECION DE SODIO PURO Cuadrante inferior izquierdo, bisectriz.

SINDROME DE INTOXICACION HIDRICA Cuadrante inferior derecho, bisectriz.

Muchísimo más frecuente que estos cuadros de depleción o de sobrecarga de agua o de sodio son las alteraciones mixtas, en que los datos de proteinemia y de natre-mia pueden estar en cualquier punto de este sistema de coordenadas, mezclándose las sintomatologías dadas por alteración del volumen del LEC con los datos por la osmolaridad y alteración del volumen del LIC. Es ahí donde está la utilidad práctica de este ábaco o nomograma. Al conocer el tipo y la cuantía de una desviación, nos será mucho más fácil corregirla rápida y racionalmente, que es lo que veremos a continuación.

BREVE PAUTA TERAPEUTICA DE LOS DESEQUILIBRIOS HIDROSALINOS

A TRAVES DEL ABACO (ver cuadro, flechas llenas, pág. 83)

Siguiendo la misma lógica hasta ahora aplicada, podemos esquematizar qué sucede en el organismo, por lo menos momentáneamente, al administrar los diversos sueros con que habitualmente contamos. Obviamente, con el transcurso de las horas, la variación que realizamos será modificada por la diuresis, perspiración insensible y pérdidas gastrointestinales.

Un punto cualquiera en el ábaco se correrá en una magnitud y dirección determinada según los siguientes tratamientos (adulto de 70 Kg).

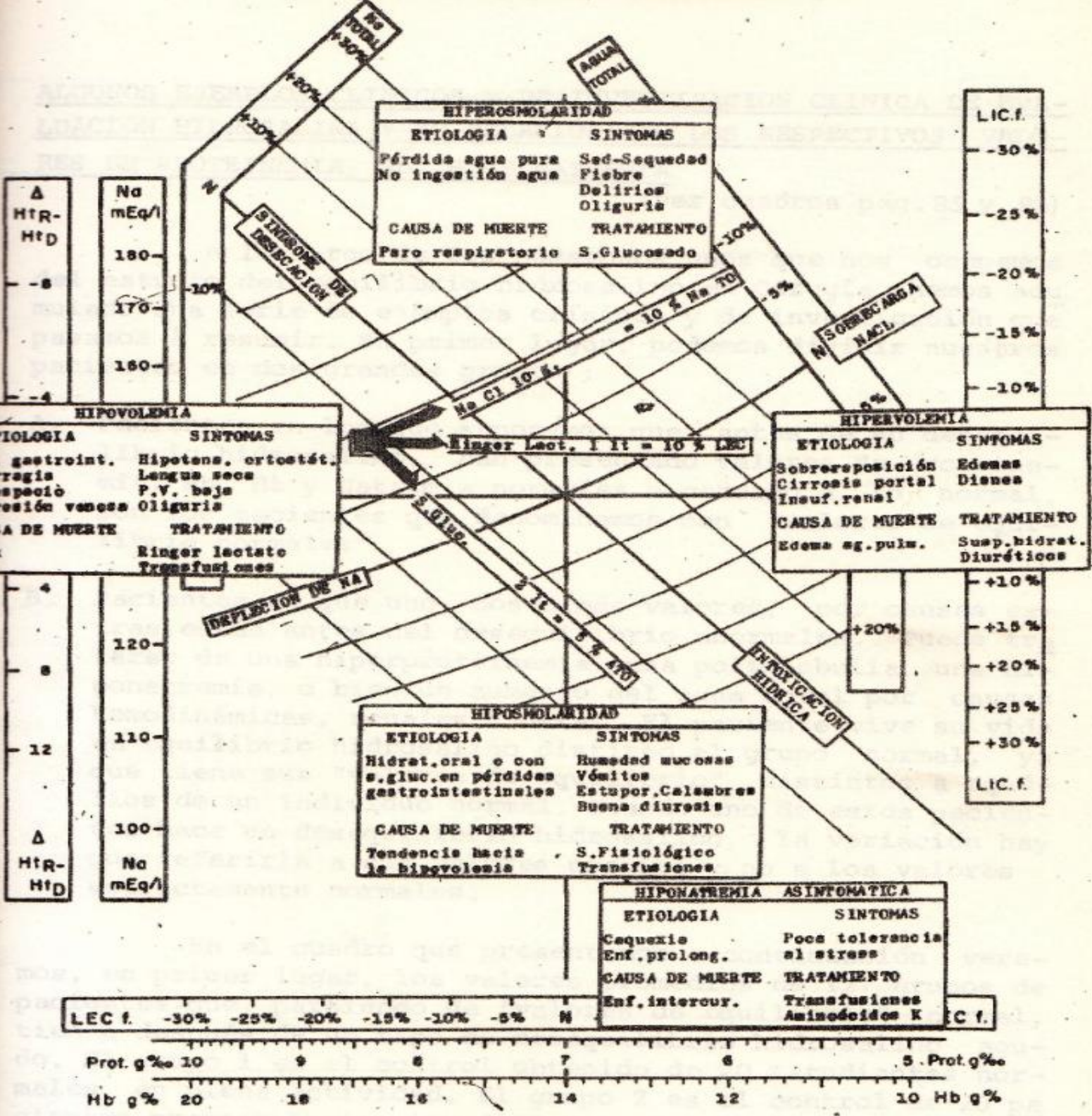
10 gr de NaCl (100 ml de Cloruro de Sodio al 10 %) provoca un ascenso oblicuo paralelo a las líneas isohídricas. La magnitud de dicho ascenso corresponde aproximadamente, en un adulto de 70 Kg, a un 10 % del NaTO funcional, ya que 10 gr de NaCl equivalen a 160 mEq/ y el NaTO funcional es de 1700 mEq (el 10 % del NaTO funcional es la distancia entre 2 líneas isosódicas del ábaco).

1 lt de Ringer lactato (solución isotónica) provoca un traslado horizontal hacia la derecha del ábaco. La magnitud de dicho traslado horizontal corresponde aproximadamente a un 10 % del LEC funcional, ya que el LEC funcional es aproximadamente 12 lts. (El 10 % del LEC funcional puede verse en la tabla correspondiente del eje de las X del ábaco).

2 lts de S. Glucosado al 5 ó 10 % (solución sin Na) provoca un descenso oblicuo, paralelo a las líneas isosódicas. La magnitud de dicho descenso, en un adulto de 70 Kg, es de alrededor de un 5 % del ATO funcional, ya que el ATO es igual a 36 lts (el 5 % del ATO es la distancia entre 2 líneas isosódicas del ábaco).

En nuestra práctica clínica estas variaciones, calculadas teóricamente, se comportan con una aproximación bastante satisfactoria, lo cual nos hace suponer que a pesar que debe existir otros parámetros que no tomamos en cuenta para nuestros cálculos, estos deben ser de magnitud lo suficientemente pequeña para despreciarlos.

CLINICA Y TRATAMIENTO DE LOS DESQUILIBRIOS HIDROSALINO



HIPEROSMOLARIDAD

ETIOLOGIA	SINTOMAS
Pérdida agua pura No ingestión agua	Sed-Seqüedad Fiebre Delirios Oliguria
CAUSA DE MUERTE	TRATAMIENTO
Paro respiratorio	S.Glucosado

HIPOVOLEMIA

ETIOLOGIA	SINTOMAS
rd. gastroint. hemorragia rrespiació opresión venosa	Hipotens. ortostát. Lengua seca P.V. baja Oliguria
CAUSA DE MUERTE	TRATAMIENTO
Shock	Ringer lactate Transfusiones

HIPERVOLEMIA

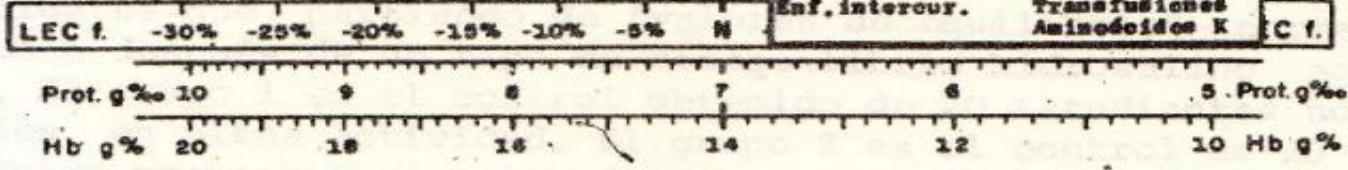
ETIOLOGIA	SINTOMAS
Sobresuposición Cirrosis portal Insuf. renal	Edemas Diseas
CAUSA DE MUERTE	TRATAMIENTO
Edema ag.pulm.	Susp.hidrat. Diuréticos

HIPOSMOLARIDAD

ETIOLOGIA	SINTOMAS
Hidret.oral e con s.gluc.en pérdidas gastrointestinales	Humedad mucosas Vómitos Estupor, Calambres Buena diuresis
CAUSA DE MUERTE	TRATAMIENTO
Tendencia hacia la hipovolemia	S.Fisiológico Transfusiones

HIPONATREMIA ASINTOMÁTICA

ETIOLOGIA	SINTOMAS
Ceguexia Enf.prolong.	Poca tolerancia al stress
CAUSA DE MUERTE	TRATAMIENTO
Enf.intercur.	Transfusiones Aminoácidos K



ALGUNOS EJEMPLOS CLINICOS Y DE INVESTIGACION CLINICA DE EVALUACION HIDROSALINA Y SU RELACION CON LOS RESPECTIVOS VALORES DE PROTEINEMIA, Hb, Ht Y NATREMIA

(ver cuadros pág. 85 y 86)

A lo largo de los numerosos años que nos ocupamos del estudio del equilibrio hidrosalino en Cirugía, hemos acumulado una serie de ejemplos clínicos y de investigación que pasamos a resumir. En primer lugar, podemos dividir nuestros pacientes en dos grandes grupos :

- A. Pacientes en los que suponemos que, antes de su desequilibrio hidrosalino, han presentado valores de Proteínea, Hb, Ht y Natremia normales o cercano a lo normal. Son los pacientes que denominamos con "valores de equilibrio normales".
- B. Pacientes en que uno, dos o más valores, por causas extras, están antes del desequilibrio anormales. Puede tratarse de una hiperproteínea, una poliglobulia, una hiponatremia, o bien un aumento del agua total por causas hemodinámicas, renales u otras. El paciente vive su vida en equilibrio hidrosalino distinto al grupo normal, ya que tiene sus "valores de equilibrio" distintos a aquéllos de un individuo normal. Cuando uno de estos pacientes hace un desequilibrio hidrosalino, la variación hay que referirla a sus valores previos y no a los valores estrictamente normales.

En el cuadro que presentamos a continuación veremos, en primer lugar, los valores promedios de 12 grupos de pacientes que, partiendo de "valores de equilibrio" normal, tienen después de un tipo de desequilibrio hidrosalino agudo. El grupo 1 es el control obtenido de 20 estudiantes normales, en plena actividad. El grupo 2 es el control de 20 pacientes preoperatorios inmediatos, en que se demuestra que llegan

VALORES DE PROTEINEMIA, Hb, Ht y Na EN
DIVERSOS ESTADOS CLINICOS

	Prot	Hb	Ht	Na	Diures	Na/K urin
1. "Valores de equilibrio" normales	7	14	42	140	1.200	2
2. Preoperat. inmediato	8.2	16	48	140	1.000	2
3. Postop. 24 hs. sin hidratación	8.6	15	45	144	300	1
4. Postop. 24 hs. 3.000 ml S.G. 10 %	8.4	15	48	135	2.000	0.8
5. Postop. 24 hs. 3.000 ml S.G. 10 % + 16 gr de NaCl	7	14	42	142	1.000	2
6. Postop. 24 hs. 2.000 ml S.G. 10 % + 8 gr de NaCl	7.5	15	43	138	600	1.5
7. Pérdida ag. de líqu. gastrointest. (sin "hidratación" oral)	9	18	48	140	300	0.8
8. Pérdida ag. de líqu. gastrointest. (con "hidratación" oral)	9	18	50	130	1.200	0.6
9. Pérdida de líqu. + hemorragia (hemorragia digestiva)	9	13	39	140	300	0.5

(continuación) VALORES DE PROTEINEMIA, Hb, Ht y Na
EN DIVERSOS ESTADOS CLINICOS

	Prot	Hb	Ht	Na	Diures	Na/K urin
10. Pérdida de líqu. + plasma resis. (peritonitis, que maduras, etc.)	5	20	60	140	100	0.4
11. Enterocolitis "tóxica"	7	18	48	140	100	0.4
12. Hipernatremia en NC y en TEC	9	18	48	170	1.500	2

"VALORES DE EQUILIBRIO" ANORMALES

A. Hiperproteinemias (Kahler, macroglo- bulinas, cirrosis)	13	10	30	135	800	2
B. Poliglobulias	7	20	60	140	1.300	2
C. Hiponatremia Asin- tomática (fístu- las, infec. crón, Ca)	6	10	28	120	800	3
D. Alteración de la Permeabilidad (Ins. cardíaca, Ins. re- nal, cirrosis)	6	10	30	120	800	1

con cierto grado de deshidratación debido al régimen hospitalario de última ingestión a las 17 horas del día anterior a su intervención. Los grupos 3, 4, 5 y 6 son los valores obtenidos después de 24 horas postoperatorias sometidos a diversos tipos de hidratación y cuyos resultados han sido analizados en otro capítulo de este Boletín (ver Fisiopatología del acto quirúrgico y postoperatorio. Hidratación). Los grupos 7 y 8 son los valores de pacientes con pérdidas gastrointestinales agudas (vómitos, diarrea, íleos). Nótese que en aquéllos que han recibido "hidratación" oral, habitualmente sin sal, o bien hidratación con suero glucosado, presentan una hipotonía del LEC, que va a perpetuar la caída del plasma y del LEC por la presencia de una buena diuresis y de una migración del agua hacia el LIC. Los grupos 9, 10 y 11 corresponden también a pacientes con pérdidas gastrointestinales agudas, a los cuales se ha agregado ya sea una hemorragia digestiva (grupo 9) o una gran plasmaferesis (grupos 10 y 11). Nótese que en estos grupos hay discrepancia entre los valores de proteinemia y Hb, debiéndose evaluar el desequilibrio por el valor relativamente más alto: proteinemia en el grupo 9 y Hb en los grupos 10 y 11. El grupo 12 está representado por pacientes neuroquirúrgicos intervenidos sobre fosa posterior y pacientes con TEC o hemorragias intracerebrales, los cuales presentan una tendencia a hacer hipernatremias con hipertoniya del LEC. En este último grupo probablemente se trate de una inhibición del Hormon Anti Diurético (HAD), que provoca una pérdida de agua por el riñón, agregado a una retención de Na por acción aldosterónica.

En la segunda parte del cuadro presentamos cuatro tipos de pacientes (A, B, C y D) que presentan "valores de equilibrio" anormales o no habituales. El grupo A está representado por pacientes que presentan hiperproteinemia causada por alguna afección no relacionada al equilibrio hidrosalino. Como ejemplo mencionaremos un paciente

de 60 años, con fractura patológica de columna y que presenta, sin haber trastorno hidrosalino, una proteinemia de 13 gr % y Hb de 10 gr %. Obviamente, esta enorme hiperproteinemia no corresponde a hemoconcentración y deshidratación, sino que sugiere de inmediato una enfermedad de Kahler, con presencia de proteínas extrañas.

El grupo B está representado por las poliglobulias debidas a insuficiencia respiratoria crónica o a pacientes provenientes del altiplano.

Tanto en el caso A como en B, obviamente no podrá guiarse la hidratación por el valor sanguíneo que previamente estaba alto, y se podrá hacer con la Hb en el grupo A, y con la proteinemia en el grupo B.

El grupo C está representado por la Hiponatremia Asintomática.

Hiponatremia Asintomática

Hay un cuadro en la práctica hospitalaria que pudiera catalogarse como una hiperhidremia subaguda o crónica. En ellos hay una hemodilución (proteinemia 5 a 6 gr %, Hb 10 a 12 gr %; hiponatremia de 115 a 120 mEq/l). Entre este tipo de enfermos tenemos estudiados :

- 5 Pérdidas gastrointestinales crónicas
- 1 Enterectomía total (infarto mesentérico operado)
- 1 Insuficiencia suprarrenal
- 4 Uropatías con infección pielonefrítica crónica
- 2 Fases de convalecencia de gran quemado
- 1 Diabetes mellitus
- 1 Uso prolongado de Manitol
- 2 Abscesos subhepáticos residuales crónicos

En estos enfermos se supone una permanente pérdida de Na, K y N con una desproteínización lenta y prolongada, que lleva a una hipotonía lenta del LEC que presume una hipotonía también del LIC.

Si bien en un primer momento la hemodilución (proteínea 6 gr %) y la hiponatremia (Na 130 mEq/l) presupone una expansión del LEC y también del LIC, o sea, una verdadera "Intoxicación acuosa", posteriormente los enfermos van cayendo en un estado de atrofia muscular que denota la inanición, en que se demuestra permanentemente un balance de N y K negativo. Este período, en algunos casos, con o sin uso de anabolizantes, se interrumpe para comenzar una franca mejoría con balance N y de K positivo y lenta recuperación de sus valores hematológicos. En otros casos se interrumpe por una afección intercurrente. Por último, la situación se hace crónica y pasa a un estado llamado "hipotonía asintomática". Estos enfermos tienen muy poca tolerancia a las intervenciones o reintervenciones.

Habría que agregar a este grupo muchos casos de enfermedades graves y prolongadas, y a los ancianos en los cuales suele presentarse una hiponatremia, depleción de K (con o sin hipokalemia), hipoproteínea y anemia, que ha sido denominado por V. Wynn "Hipotonía asintomática" (Lancet 2:1212, 1957 y Quart J Med 26:375, 1957) y por More "Starvation hyponatremia" (Metabolic care of the surgical patient. Philad. Saunders Co 349, 1959).

En estos últimos enfermos hay un aumento relativo de la cantidad de agua y el mecanismo ha sido muy discutido, atribuyéndose o bien a un aumento crónico del HAD, a una insuficiencia suprarrenal leve crónica, o bien a una insuficiencia renal crónica tubular con pérdida de Na. El hecho es que el enfermo llega a tener un porcentaje mayor de agua

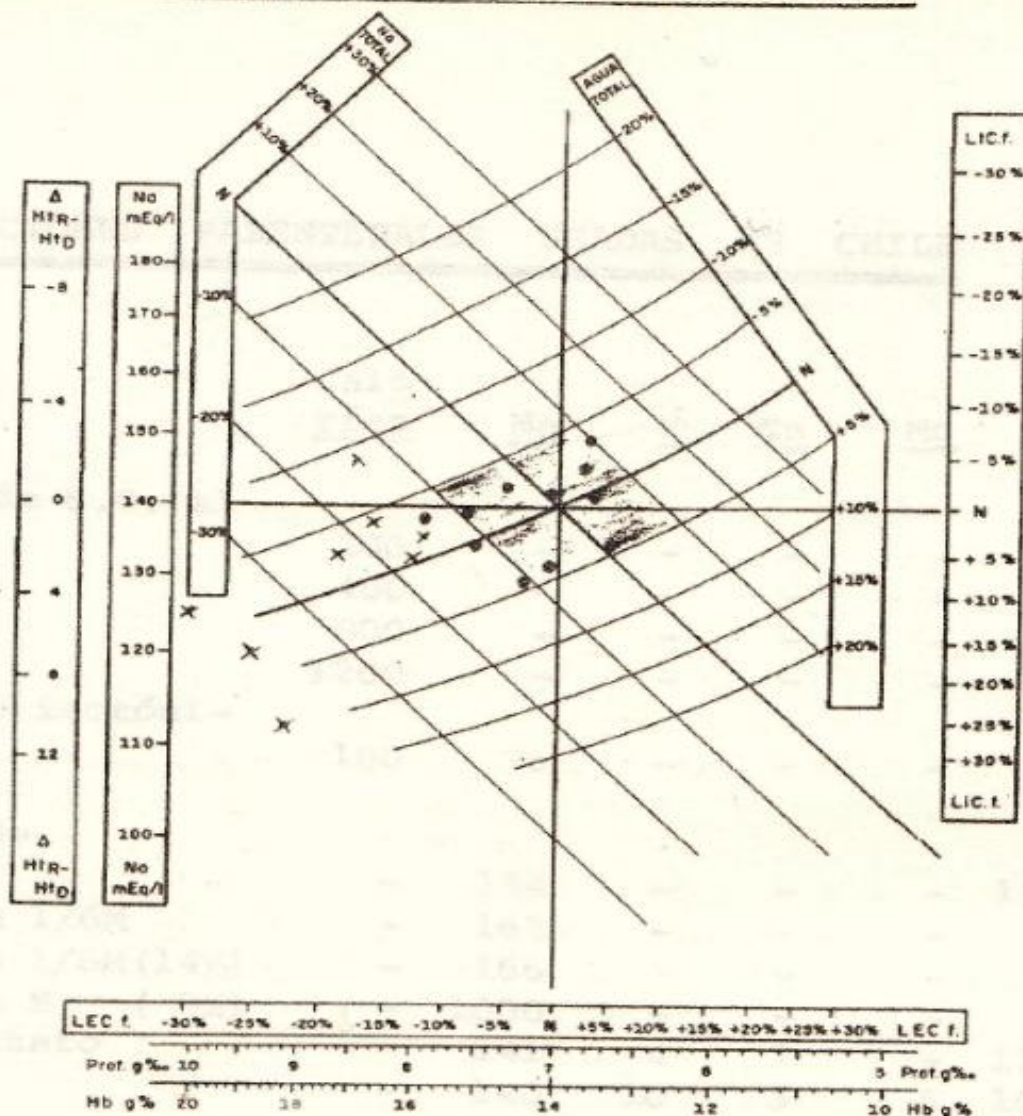
que lo normal, con insuficiencia leve de casi todos los órganos, e hipovolemia, anemia real y muy poca defensa ante las enfermedades intercurrentes. El tratamiento en estos casos no consiste en administrar Na, K, etc., ya que estas iones se pierden por el riñón si se los administra, sino en tratar de aumentar el anabolismo y administrar N, fosfatos y K en proporción adecuada, ayudado por transfusiones y alimentación hiperproteica e hipercalórica.

Al grupo D corresponden los pacientes que presentan, en estado de un equilibrio más o menos estable, un aumento casi permanente del agua corporal debiso a trastor-nos cardiovasculares, renales, hepáticos, etc. Es obvio que en este tipo de pacientes en la evaluación de su esta-do hidrosalino hay que tomar en cuenta los valores en que el paciente logra su equilibrio hemodinámico y funcional y no tratar de llevar los valores de proteinemia y Hb a lo normal, sin tomar en cuenta el estado funcional del cora-zón, riñón, hígado, etc.

A continuación, como ejemplo de estudio clínico de desequilibrios hidrosalinos agudos se presenta un cuad-ro en que se muestran los valores de ingreso y los valo-res obtenidos después de una hidratación calculada de un grupo de pacientes con Ileo Biliar.

Por último, se agregó un cuadro con las solucio-nes parenterales que pueden ser obtenidas en Chile.

NOMOGRAMA DE BADIA EN EL ILEO BILIAR



X VALORES DE INGRESO.

● VALORES PREOPERATORIOS INMEDIATOS, DESPUES DE HIDRATACION CALCULADA.

El íleo es un ejemplo de los graves desequilibrios hidrosalinos con que suelen enfrentar los pacientes una intervención quirúrgica. El diagnóstico y evaluación del desequilibrio, cuantificado en el nomograma permite su rápida corrección preoperatoria (en 1 ó 2 horas), evitando "shock anestésico-quirúrgico". El cuadro muestra que los pacientes ingresan con: a) grave depleción de sodio, b) grave disminución del LEC, c) aumento del LIC y d) moderada disminución del agua total orgánica. La baja mortalidad (6,6%) obtenida en una serie de íleo biliar estudiada por nosotros, la más baja de la experiencia nacional y extranjera, se atribuye en parte importante, a la normalización rápida de los desequilibrios, con lo cual el paciente enfrenta el acto quirúrgico con valores prácticamente normales. (De íleo Biliar. Cubillos, L., Badía, W. y cols. Rev. Chil. de Cirugía 28:3, 1976).

SOLUCIONES PARENTERALES USADAS EN CHILE

	<u>Calo</u> <u>rías</u>	<u>Na</u>	<u>K</u>	<u>Ca</u>	<u>Mg</u>	<u>Cl</u>	<u>Otros</u> <u>anio-</u> <u>nes</u>
I. 1.000 ml de S.G. al							
5 %	200	-	-	-	-	-	-
10 %	400	-	-	-	-	-	-
20 %	800	-	-	-	-	-	-
30 %	1200	-	-	-	-	-	-
S.G.salino isotóni-							
co	100	76	-	-	-	76	-
II. 1.000 ml de							
S.F. 9 %	-	154	-	-	-	154	-
Lactato Na 1/6M	-	167	-	-	-	-	167
Bicarb. Na 1/6M (14%)	-	166	-	-	-	-	166
Bicarb. Na M (8%)	-	1000	-	-	-	-	1000
Ringer lactato	-	141	4	7	-	113	40
BES	-	140	10	3	5	103	45
III. Electrolitos agrega-							
dos							
NaCl al 10 % 20 ml ó							
2 gr	-	35	-	-	-	35	-
KCl 1 gr	-	-	13	-	-	13	-
CaCl2 20 % 10 ml ó							
2 gr	-	-	-	18	-	18	-
MgSO4 20 % 10 ml ó							
2 gr	-	-	-	-	20	-	20

	<u>Calo</u> <u>rías</u>	<u>Na</u>	<u>K</u>	<u>Ca</u>	<u>Mg</u>	<u>Cl</u>	<u>Otros</u> <u>anio-</u> <u>nes</u>
IV. Hidratación habitual diaria	800	140	53	-	-	193	-
2.000 ml S.G.al 10%+							
80 ml NaCl al 10%+							
4 gr KCl							
V. Alimentación hiperca lórica	2800	200	53	18	20	253	38
2.000 ml S.G.al 30%+							
1.000 ml A.A.al 5%+							
sales y vitaminas							

- I. Soluciones con calorías sin electrolitos
- II. Soluciones sin calorías con electrolitos
- III. Electrolitos agregables a las soluciones glucosadas
- IV. Hidratación parenteral hipocalórica sin nitrógeno proteico
- V. Hidratación parenteral hipercalórica con nitrógeno proteico 8 gr de N por litro, o sea, 50 gr de aminoácidos.

B I B L I O G R A F I A

1. MOORE F.D.: Metabolic care of the surgical patient. Filadelfia, Saunders ; 1959.
2. RANDALL H.T., HARDY J.D. & MOORE F.D. : Manual of pre-operative and postoperative care. Filadelfia, Saunders ; 1967.
3. SHIRES G.T. & BAXTER C.R. : Complications of parenteral fluid therapy. En "Complications in Surgery and their Management". Filadelfia, Saunders ; 1967.
4. CRANDELL W.B. : Parenteral fluid therapy. Surg. Cli. N.A., 48 : 707 ; 1966.
5. FORADORI A. : Boletín del Hospital Clínico, Universidad Católica de Chile, 14 : 22 ; 1976.
6. FORADORI A. : Boletín del Hospital Clínico, Universidad Católica de Chile, 15 ; 1977.
7. CROXATTO H., SALVESTRINI R., BADIA W. y ROSATI S.: Contribución al estudio de las modificaciones que sufren las proteínas, hematocrito, hemoglobina y volumen circulatorio en el acto quirúrgico. IX Congreso Chil. de Cirugía, 92 ; 1948.
8. MENA I., MAGGIOLO C., RIOS E. y BADIA W.: Determinación de volumen sanguíneo con albúmina yodo 131. Rev. Méd. de Chile, 90 : 881 ; 1962.

9. MASSA G., URZUA J., BADIA W. : Determinación del volumen sanguíneo en pacientes hipertensos con Cr 51. Rev. Chil. Anestesia, 6 : 324 ; 1972.
10. EINSTEIN A. : Times de Londres ; 1919.
11. EDELMAN I.S. y LEIBMAN J. : Anatomy of body water and electrolytes. Am. J. Med., 27 : 227 ; 1959.
- 11a. ROSENBAUM J. : Water balance and electrolytes. Acidosis and alcalosis. A sillabus of laboratory examination in clinical diagnosis. Harvard Univ. Press, Cambridge ; 1950.
12. ABBOT W.E. : A review of the present concepts on fluid balance. Lab. Digest., 10 : 2 ; 1946.
13. GREGERSEN M.I. y NOSLE R.P. : Blood volume in clinical shock. J. Clin. Invest., 25 : 1566 ; 1945.
14. PHILLIPS R.A. y VAN SLYKE D.D. : The copper sulfate. Method of Phillips and Van Slyke to determine specific gravity of blood and hemoglobin contents. Lab. Digest, 10 : 2 ; 1946.
15. CROXATTO R. Y BADIA W. : Equilibrio hidrosalino en cirugía. Curso de Post-grado. Apuntes. Concepción ; 1971.
16. BADIA W. : Equilibrio hidrosalino. Curso de Post-grado. Apuntes. Soc. Médica, Santiago ; 1975.
17. CUBILLOS L., BADIA W. y cols. : Ileo biliar. Rev. Chil. Cirugía, 28 : 59 ; 1976.
18. WYNN V. : Hipotonía asintomática. Lancet, 2 : 1212 ; 1957.

3. Cálculo de déficit de glóbulos rojos o de proteínas plasmáticas :

En el caso del ejemplo hay una exacta correspondencia entre la concentración de Proteinemia y Hb : relación $9 \times 2 = 18$. Cuando hay discrepancia en la relación, en desmedro de la Hb, podemos calcular el déficit de masa globular. Por ejemplo, supongamos que el paciente hubiera tenido una proteinemia de 9 gr y una Hb de 14 gr : debería tener, para conservar la relación, 18 gr de Hb.

Razonamiento : Para tener una masa globular normal debería tener 18/18. Tiene 14/18. Faltan pues 4/18 de masa globular.

Cálculo :

<p>4/18 de 5 lt de sangre total = 1.100 ml de sangre</p> <p>4/18 de 2 lt de masa globular = 470 ml de glóbulos rojos concentrados</p>

o bien

Cuando hay discrepancia en la relación, en desmedro de la proteinemia, podemos calcular el déficit de proteínas totales. Por ejemplo, supongamos que el paciente hubiera tenido una proteinemia de 7 gr y una Hb de 18 gr. Como para el cálculo del LEC se debe tomar el valor relativo más alto (en este caso la Hb), el déficit de agua del LEC será igual al ejemplo primitivo y se habrá calculado con la Hb.

Razonamiento : Para tener proteínas plasmáticas normales, debería tener una proteinemia de 9 gr %. Tiene pues 7/9 de proteínas. Faltan 2/9 de las proteínas totales.