



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.

EL AGUA, LOS ELECTROLITOS Y EL EQUILIBRIO

=====

ACIDO - BASICO

=====

(O un abecedario del metabolismo hidroelectrolítico en una introducción y tres capítulos)

- a) Introducción : Generalidades, bioquímica y anatomía clínica del agua
- b) Evaluación clínica y de laboratorio del metabolismo hídrico
- c) El manejo del proton  $H^+$  , las bases y los tampones
- d) Los electrolitos

EL AGUA, LOS ELECTROLITOS Y EL  
EQUILIBRIO ACIDO-BASICO

(O un abecedario del metabolismo hi  
droelectrolítico en una Introduc-  
ción y tres Capítulos)

Dr. Arnaldo Foradori C.

INTRODUCCION

GENERALIDADES, BIOQUIMICA Y ANATOMIA CLINICA DEL AGUA

Durante el período de un año, un adulto de características biológicas promedio ingiere alrededor de una media tonelada de alimentos, que contienen alrededor de 300 Kg. de agua y sin embargo escasamente cambia su peso. Este maravilloso equilibrio propio de los seres vivos en estado de salud se puede mantener gracias a la ingesta de elementos nutritivos y del solvente básico : el agua, y por la excreción proporcional de los productos de desecho, también en fase líquida.

Esta demanda cuantitativa de agua, co-factores y energía varía ampliamente con el tipo corporal, la edad, el sexo, el tipo de trabajo, su entrenamiento previo y los rasgos biológicos individuales, entre otros factores.

Como cualquier otro ser vivo, el hombre puede

sobrevivir, en términos de termodinámica, sólo si se le aporta en forma continua energía. Esta se ingresa en forma de energía química de enlace de varias moléculas disueltas o suspendidas en el agua como vehículo. Los productos de desecho de estas transformaciones químicas sólo se pueden eliminar del organismo en forma de soluciones o suspensiones líquidas y por esto el hombre requiere de este solvente en forma inexorable : frente a su incapacidad bioquímica de una síntesis suficiente, el hombre está obligado a una ingesta periódica y permanente de este solvente (5) .

El organismo humano puede tolerar estar en pérdida de agua sólo por períodos cortos de tiempo ; después de tres, cuatro días sin ingerir líquido, aparecen los síntomas de la deshidratación. Estos se hacen muy evidentes en clínica cuando las pérdidas corresponden a un 4 - 10 % del peso corporal total (2.8 a 7 Kg. en el hombre promedio de 70 Kg.) y si las pérdidas alcanzan a un 20 - 25 % del peso corporal total, ya no es posible la sobrevida (5) .

Existen múltiples factores que influyen las pérdidas de agua de un organismo vivo y por esto se hace difícil la estimación de la necesidad mínima de agua en el hombre.

En condiciones normales y con aporte adecuado de agua se estima que para el adulto el requerimiento diario es de 1 ml. por Kcal. ingerida, por la íntima relación del requerimiento de agua y del metabolismo energético, y como la estimación promedio del requerimiento energético en el adulto es de unas 30 Kcal./día, resulta a su vez un requerimiento base aproximado de 30 ml. por Kg. de peso.

De esta manera, el total estimado para mantener en una condición normal a un adulto sano es de alrededor de 2 litros de agua al día. Debemos recordar a este respecto que el metabolismo de los nutrientes de la dieta generan una cantidad discreta de agua por su metabolismo intermedio, lo que nos reduce el requerimiento de agua propiamente tal ( se ha

estimado que con una ingesta de 50 gr. de aminoácidos , 140 gr. de hidratos de carbono y 140 gr. de lípidos se generan por la vía metabólica alrededor de 500 ml. de agua, lo que reduce el requerimiento de ingesta de agua propiamente tal a unos 1.500 ml.). Debemos destacar que el mayor aporte metabólico de agua proviene de la metabolización de los lípidos ; de ahí que en condiciones de ausencia de ingesta de estos alimentos se pierde esta fuente importante de agua metabólica.

En la tabla anexa N° 1 puede verse la variación del requerimiento basal de ingesta de agua para grupos de hombres y mujeres de diferentes edades. Es evidente que hay una reducción paulatina del requerimiento hídrico a medida que se envejece, siendo la necesidad de agua del anciano de un 60 % aproximadamente del requerimiento del adolescente y, por otro lado, también puede verse que el requerimiento de la mujer es inferior al del hombre, en cuanto ambos sexos están sexualmente bien diferenciados ; después de la menopausia y especialmente sobre los 65 años, las diferencias de requerimientos prácticamente desaparecen.

Conviene recordar entonces que en el adulto sano normal es una buena estimación el nivel de aporte hídrico de unos 30 ml. por Kg. de peso, corrigiéndose el valor de este aporte de acuerdo al sexo, edad y tipo de aporte dietético de cada caso.

Este aporte en el adulto sano se ve compensado con una pérdida muy similar, lo que determina el estado de equilibrio dinámico que lo caracteriza. Este equilibrio es muy inestable, porque la ingesta es variable y caprichosa y la pérdida es una constante biológica inexorable, independiente del ingreso ; se puede modular dentro de márgenes amplios, se

REQUERIMIENTOS BASALES DE AGUA EN EL ADULTO  
(ml./Kcal.ingesta/Kg.peso)

EDAD	HOMBRES	MUJERES
9-12	38	35
12-15	31	29
15-18	28	25
18-35	25	24
35-65	23	24
65-75	23	23
+ 75	21	21

RECUERDE: en el adulto es una buena aproximacion un nivel basal de aporte de:

30

ml/Kg. (con aporte energetico de 30 Kcal./Kg.)

puede reducir a valores mínimos, pero finalmente se pierde agua aunque no se ingiera. Este equilibrio tan frágil está defendido por varios mecanismos fisiológicos de alarma (por ejemplo la sed, que se inicia en cuanto el organismo pierde más agua de la que se ingere), pero no se dispone de mecanismos alternativos que sean eficaces en suprimir las pérdidas de agua o bien mecanismos biosintéticos capaces de reemplazar el agua que debemos ingerir. Solamente algunos saurios o aves de nichos ecológicos desérticos pueden hacer excepciones a estos principios ; y lo pueden hacer por la excreción de metabolitos tóxicos o inútiles en forma de sólidos o semisólidos, por una excelente síntesis metabólica endógena de agua y por haber reducido las pérdidas, especialmente cutáneas, prácticamente a cero.

El hombre, muy por el contrario, pierde agua en todas las zonas de contacto con el medio ambiente, presentando así múltiples vías de escape :

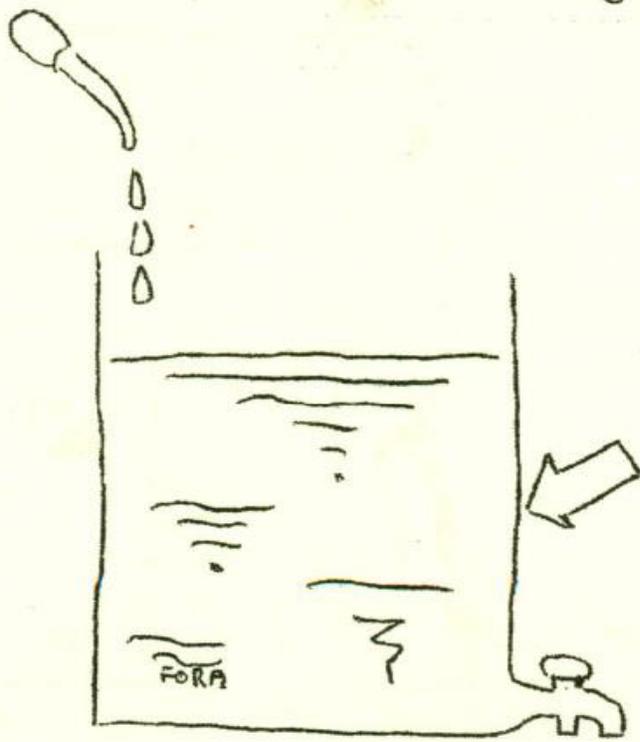
1. ELIMINACION DE CATABOLITOS EN SOLUCION (VIA RENAL)
2. ELIMINACION DE DESECHOS EN FASE SEMISOLIDA (VIA FECAL)
3. HUMIDIFICACION DE GASES (VIA RESPIRATORIA)
4. TERMOREGULACION POR EVAPORACION DE SECRECIONES CUTANEAS

Todos estos mecanismos de pérdida de agua son parte integral de diferentes aparatos homeostáticos que no pueden suprimirse ; de ahí la ineludible necesidad de reponer día a día las pérdidas de agua que significa la operación de estos aparatos homeostáticos.

En el gráfico N° 1 hemos esquematisado este balance de ingreso/egreso de agua en situaciones normales en situaciones basales; obviamente, en situaciones de enfermedad, este balance se puede romper y así se puede alterar el contenido del agua del organismo (Fig. 1A y 1B).

INGRESO

300 ml/kg/dia



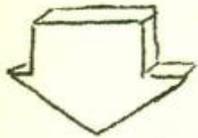
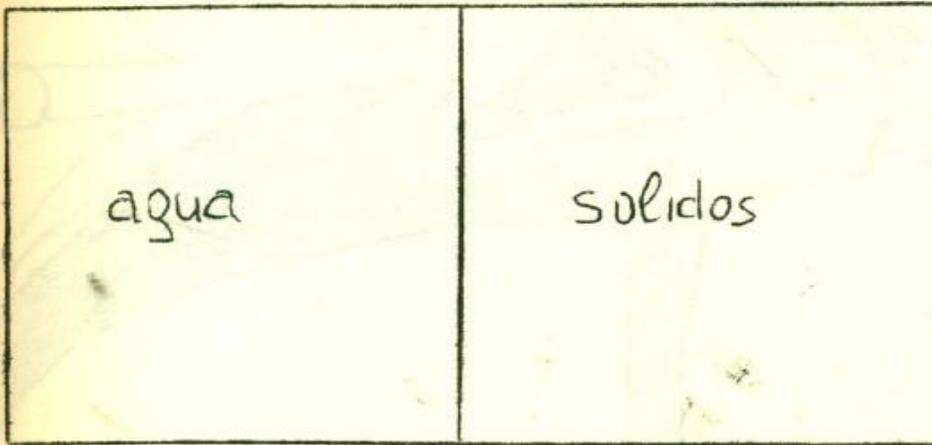
aprox 500 ml/kg

EGRESO

aprox.

300 ml/kg/dia





□ ~ 1%

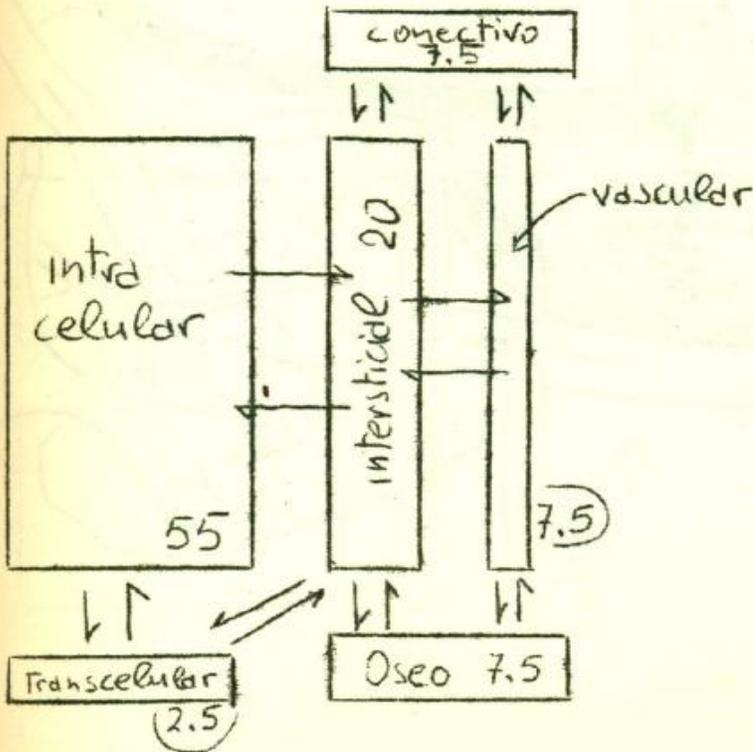
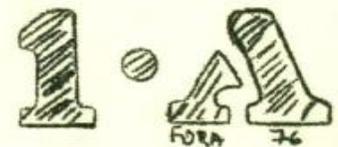


fig.-



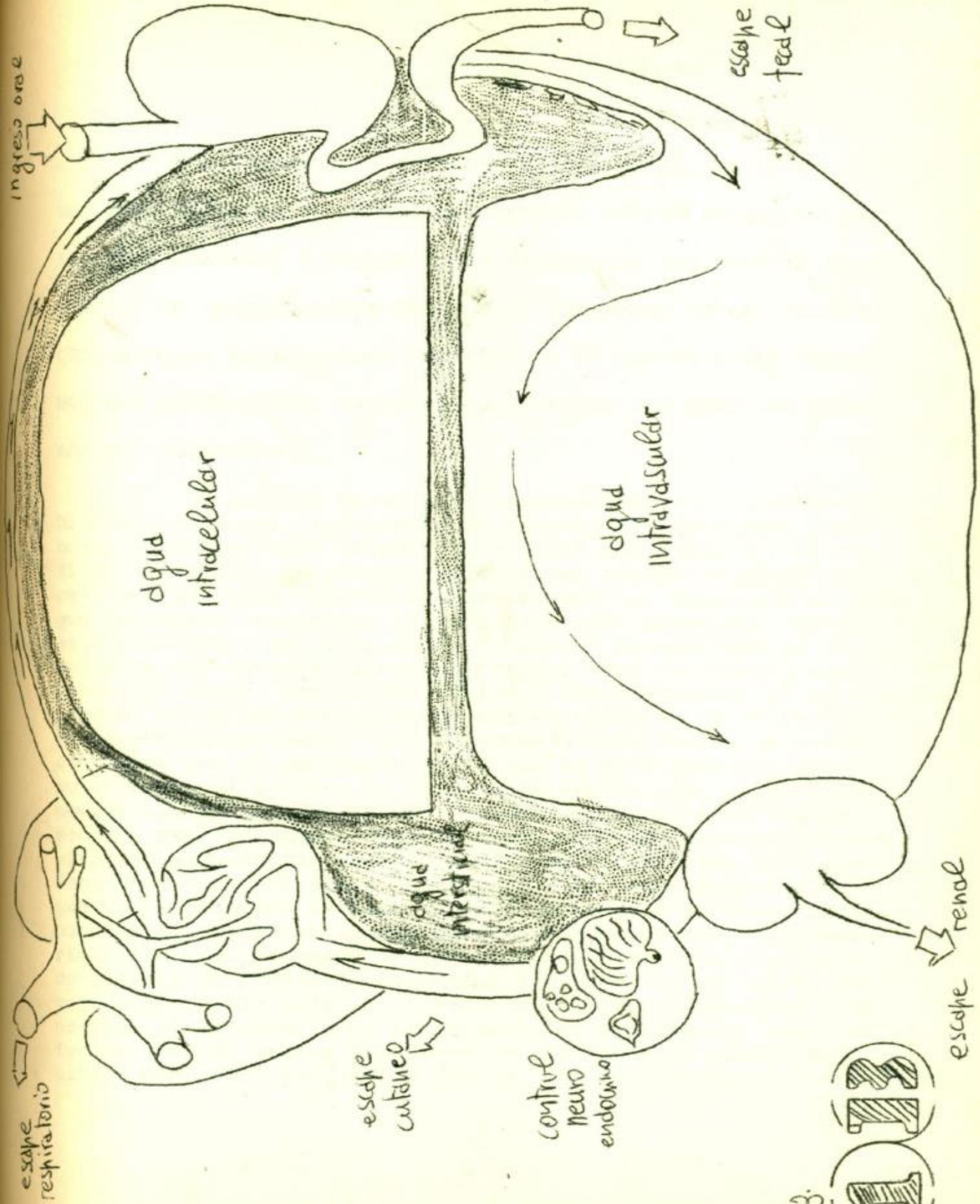


fig.

113

LA ALTERACION DEL EQUILIBRIO HIDRICO QUE SE VE CON MAS FRECUENCIA ES EL INCREMENTO ANORMAL DE LAS PERDIDAS POR LAS VIAS NORMALES O FISIOLOGICAS DE ELIMINACION DE ESTE SOLVENTE ; EN SEGUNDO LUGAR TENEMOS LA REDUCCION DE LA INGESTA CON PERDIDAS FISIOLOGICAS NORMALES, Y EN TERCER LUGAR TENDREMOS LAS ALTERACIONES DE INGRESO AUMENTADO CON PERDIDAS FISIOLOGICAS CONSERVADAS.

El ingreso de agua al organismo es normalmente muy bien regulado por el fenómeno de la sed. El individuo sano busca o rechaza agua de acuerdo al agua que dispone ; es muy difícil, incluso en presencia de graves anomalías psiquiátricas, que se pueda establecer una ingesta tan exagerada de agua que realmente incremente el agua total del organismo. En forma fisiológica, por otro lado, el exceso de agua que se absorba es rápidamente eliminado por las vías de escape, especialmente renal, con lo que vuelve a reestablecerse el equilibrio. Mucho más frecuente de ver en clínicas es el fenómeno de sobrehidratación, por indicación terapéutica en situaciones en que el mecanismo de la sed no está operante : frecuentemente el ingreso se calcula en exceso y se administra por la vía intravenosa a gran velocidad, resultando una expansión real del agua corporal total, que se compensa por las vías de las pérdidas fisiológicas ; si estas están limitadas funcionalmente, se llega fatalmente a la sobrehidratación grave. Esto último es especialmente relevante en los grupos humanos que presentan características que reducen sus requerimientos (por ejemplo, en los ancianos obesos la necesidad de ingesta de líquido puede reducirse hasta en un 40 % del valor del adulto magro ; el anciano requiere menos agua y menos aún si es obeso : la insistencia en hidratarlos como si fueran jóvenes magros los lleva fatalmente a la sobrehidratación). Con igual frecuencia ( o más aún en los grupos etarios

pediátricos ) se alteran las vías de pérdida de agua por diferentes patologías, incluso triviales (por ejemplo, en el síndrome febril aún de mediana intensidad, tanto por la compensación de la hipertermia por evaporación de secreción sudoral, como por aceleración del catabolismo, que significa aumento de los requerimientos de pérdida de agua renal, y si a esto se agrega la pérdida aumentada por vía de la taquipnea, es fácil de comprender el incremento de pérdidas que puede significar un simple síndrome febril. Si a esto se agrega una limitación de ingesta (estado nauseoso, por ejemplo) o exageración de pérdidas por algún mecanismo fisiopatológico específico (por ejemplo diarreas bacterianas estivales con vómitos y diarrea abundante), puede entenderse el grave riesgo de llegar a deshidrataciones severas y letales.

EL CLINICO DEBE ESTAR MUY ALERTA EN EVALUAR ESTE EQUILIBRIO ENTRE EL INGRESO Y EL EGRESO DE AGUA DEL ORGANISMO, SIENDO ESPECIALMENTE IMPORTANTE EVALUAR EN TODO ENFERMO LA MAGNITUD REAL DE LAS PERDIDAS POR LAS CUATRO VIAS DESCRITAS (ESPECIALMENTE SU RELACION CON LA INGESTA)

Vale la pena preguntarnos ahora por qué el agua es tan necesaria para el ser humano, en qué radica la propiedad biológica de esencialidad de este compuesto, por qué el hombre tolera mucho más la supresión de la ingesta energética que la supresión de la ingesta de agua.

El agua es el solvente Universal de todas las células vivas de este planeta (incluso se utiliza como indicador astronómico de posibilidad de vida planetaria) y la selección de este solvente se debe básicamente a sus propiedades estructurales, muy anómalas si se las compara con las de otros hidruros (amoníaco por ejemplo), (4) .

Los organismos vivos, por un lento proceso de adaptación, han incorporado en su estructura este solvente, porque su conformación espacial es suficientemente estable para asegurar una cierta rigidez espacial, pero por otro lado es suficientemente lábil como para permitir transferir moléculas, iones, radicales e incluso electrones con velocidades que son compatibles con los tiempos de reacción química frecuentes en una célula. Como este solvente tiene una estructura que es función en gran medida de la temperatura, es fácil comprender que los seres vivos, y muy especialmente el hombre, tienen necesidad de una termoregulación muy estricta.

Veamos ahora algunas de estas propiedades que hacen tan útil a este solvente :

Al estado líquido, el agua presenta un alto calor específico, lo que es usufructuado por la célula, por una parte como un tampón térmico interponiendo una capa de agua entre las células y el exterior (asegurando de esta manera una relativa constancia de temperatura en las células nobles), y por otro lado, esta propiedad es explotada eficazmente, estructurando un aparato capaz de evaporar soluciones acuosas muy diluídas, lo que garantiza un buen mecanismo de enfriamiento (como es el caso de secreción sudoral).

El alto factor de cohesión estructural del agua líquida mediante enlaces de hidrógeno, permite la estabilización de estructuras moleculares de interés crítico, como ser proteínas y ácidos nucleicos, los que determinan su forma en el espacio, y por ende su función, en gran medida por la interacción con el solvente.

La escasa tendencia a ionizarse en las condiciones fisicoquímicas de un ser vivo es otra importante propiedad ; una vez que el hidrógeno se une al oxígeno para formar agua, difícilmente vuelve a disociarse a la forma libre. Esto es de importancia crítica si se recuerda que en un adulto normal se generan aproximadamente 50.000 mEq. de protones  $H^+$  por día por el metabolismo energético que, al combinarse con

el oxígeno para formar agua (y por la poca disociación de esta), elimina el riesgo de acidificación que significa esa enorme cantidad de ácido. Si recordamos que un litro de HCl 1 N representa una solución de 1.000 mEq., de no existir la trampa de  $H^+$  que es el agua, tendríamos que manejar al día el equivalente ácido de 50 litros de HCl 1 N ( !!! )

Sin embargo, debemos dejar constancia que esta increíble cohesión interna crea por otro lado algunos problemas, especialmente en el ámbito de las transferencias de moléculas e iones dentro del mismo organismo (incluso dentro de la célula), sobre todo si recordamos que un 50 a 70 % de todos los organismos vivos es agua y las constantes de difusión en agua tienen magnitudes muy pequeñas (precisamente por esa misma cohesión interna) .

En los vertebrados superiores, este problema de "tránsito" se ha resuelto por un lado por un sistema hidráulico de alta velocidad (como es el aparato cardiovascular) y por otro lado por los mecanismos de transporte activo. Ambos aparatos permiten distribuir a todos los solutos en forma muy eficiente en el agua corporal. Estos dos aparatos operan en forma tan eficiente, que se ha demostrado experimentalmente que si se inyecta glucosa radioactiva en una vena periférica del hombre, dentro de escasos 30 segundos se encuentra incorporada en un polímero intracelular hepático (glicógeno) (5) .

Estas propiedades bioquímicas del agua, entre muchas otras cosas nos explican la necesidad de regular en forma muy precisa la cantidad y actividad de la solución acuosa, que es el substrato estructural de toda célula y organismo y en este sentido analizaremos ahora la estructura funcional del agua en un organismo humano adulto (4) :

El agua forma la unidad estructural más importante en términos de masa en el ser humano, alcanzando alrededor de un 40 a 60 % de la masa corporal total. Las primeras estimaciones se realizaron por el simple desecado de cadáveres y

fueron básicamente confirmadas en la actualidad mediante técnicas muy sofisticadas. En forma clínica creemos es de utilidad el estimar el agua total como un 50 % de la masa ponderal total, especialmente para ponderar la relevancia de las pérdidas.

Esta agua total, que forma la infraestructura de todo el organismo, se distribuye en todos los sistemas celulares en una proporción variable, que depende de la función y por ende la estructura de cada uno de ellos. En la figura 1 A hemos esquematizado un diagrama de las diferentes fases del agua corporal y su magnitud relativa. Debemos enfatizar que esta anatomía normal del agua en un enfermo determinado no puede caracterizarse sino en forma indirecta y aproximada (los métodos de evaluación directa de las diferentes fases son muy complejos para una evaluación rutinaria), por las múltiples variables biológicas, como son sexo, edad, tipo antropométrico, profesión, actividad, etc., y porque las dimensiones relativas de cada fase varían en forma considerable, incluso entre individuos muy similares biológicamente entre sí (ver tabla N° 2) . Sin embargo, en esta figura simplificada se puede enfatizar la existencia de alrededor de la mitad del agua, como formando la estructura de las células del organismo ( AGUA O FASE CELULAR O INTRACELULAR ) y varias formas anatómicas ricas en agua, sin consideración de las células que puedan contener ( AGUA O FASE EXTRACELULAR ) .

En esta última fase extracelular se definen varias estructuras de riqueza variable en agua y de propiedades diferentes :

a) EL ESPACIO FASE O AGUA INTRAVASCULAR :

Es la fase móvil de agua, es la fase que perfunde a todos los órganos, es la fase a la que el clínico tiene fácil acceso para caracterizarla y la que más fácilmente puede modificar. Básicamente está formada por el agua plasmática.

AGUA CORPORAL TOTAL (variaciones por edad y sexo)  
(porcentaje del peso corporal)

edad	Hombres	mujeres
10-18	59%	57%
18-40	61%	51%
40-60	55%	47%
+ 60	52%	46%

RECUERDE: es una buena aproximacion estimar en un

50

% del peso corporal el agua total

b) EL ESPACIO FASE O AGUA EXTRAVASCULAR :

Es una fase de agua extracelular de menor movilidad, es el agua que rodea los diferentes sistemas celulares, es la barrera que se interpone entre la célula y el compartimiento vascular.

En esta fase extravascular se diferencian :

- el agua intersticial y linfática
- el agua del tejido y matriz conectiva
- el agua del retículo cristalino óseo
- el agua de las secreciones (especialmente gastroin -  
testinales)

(Esta última fase también llamada TRANSCELULAR)

Cada una de estas fases acuosas tienen múltiples propiedades que las caracterizan, pero - muy especialmente para nosotros - nos interesa definir la velocidad de intercambio del agua de cada una de estas fases entre sí y con el intracelular. Por ejemplo, si bien el sistema óseo representa el mismo valor porcentual del agua intravascular, su agua no está disponible frente a una carencia de este solvente, especialmente si se necesitan aportes rápidos. El agua del hueso está fija en un retículo cristalino que, aunque esté en equilibrio con el agua plasmática, sus constantes de velocidad son muy lentas y por ende este compartimiento no se considera en los equilibrios de distribución de agua, especialmente en tiempos cortos (24 - 48 horas) . El agua plasmática por otro lado, si bien representa sólo un 7.5 % aproximado del agua total, es una fase hídrica fundamental, porque está en equilibrio y contacto con todas las células del organismo, moviéndose a gran velocidad en un sistema hidráulico cerrado. Esta relación agua plasmática/agua intracelular se hace a través del agua intersticial, siendo así esta última una barrera de regulación entre ambas, que protege al agua intracelular de los cambios bruscos de

composición y propiedades del agua plasmática. La magnitud de esta fase intersticial es importante (más o menos 3 veces el agua intravascular), lo que nos permite modificar en forma relativamente rápida la estructura hidroelectrolítica del agua plasmática, con la seguridad que el agua intersticial nos amortiguara el cambio, defendiendo así el agua intracelular de los cambios bruscos. Todo este sistema hídrico está controlado por un aparato neuroendocrino que regula en forma muy precisa sus dimensiones, sobre todo ajustando los mecanismos de excreción y, en menor proporción, los de ingreso (sed). Por otro lado, un sistema hidráulico muy eficiente y de alta velocidad mantiene en interacción constante el fluido plasmático con todas las demás fases, permitiendo en el individuo normal que las diferentes fases de agua estén en equilibrio fisicoquímico dinámico, (steady-state equilibrium de los sajones). A este respecto debemos destacar que hace excepción (y determina su importancia clínica) el agua transcelular que, si bien en circunstancias normales sólo representa el 2.5 % del agua total, en presencia de determinadas patologías puede expandir varias veces su dimensión, haciéndose entonces relevante su característica de comportamiento como una fase poco utilizable para el intracelular; se comporta más como una fase fija (sin equilibrarse en forma rápida con el vascular). En ocasiones llega a tener dimensiones tales que merece llamarse tercer compartimiento (INTRA - EXTRA y TRANSCELULAR), a la que no podemos recurrir en forma rápida y eficiente para compensar un déficit (lo que condiciona con frecuencia una reducción funcional real del agua total; por ejemplo, consideremos las consecuencias hidroelectrolíticas de la obstrucción intestinal baja).

Esta anatomía hídrica, en su forma funcional, se caracteriza porque tiene un escape constante para poder eliminar los productos de desecho metabólico que, si bien es regulado, representa una pérdida inexorable de solvente. Esto significa que si se suprime por cualquier causa el ingreso de agua al individuo, éste sigue perdiendo día tras día una fracción de su agua con la contracción inevitable

de los diferentes volúmenes de las diferentes fases de agua, de acuerdo a su disponibilidad de agua líquida, hasta llegar a una reducción del agua intracelular que, si bien es pequeña en términos cuantitativos, significa la supresión de la función vital.

En la práctica clínica, si la ingesta de agua se hace por la vía oral, es suficiente el aporte que voluntariamente se acepte para mantener el equilibrio hídrico; difícilmente se podrá sobrehidratar por la vía oral un enfermo consciente, incluso cometiendo errores groseros en los cálculos de aporte. Especial cuidado debe tenerse cuando se usen las vías de hidratación parenterales, ya que en ellas es muy fácil de sobrecargar el espacio vascular y, si hay limitaciones en la eliminación de este exceso, puede determinarse una sobrehidratación grave. Por otro lado, el uso de la vía parenteral puede significar una reducción importante del volumen de agua corporal, especialmente frente a pérdidas muy severas, cuando se cometen errores de cálculo de requerimiento.

Esto debe obligar al clínico a tener siempre presente un sistema eficiente de evaluación y control de la relación de ingreso y egreso de agua, de tal manera que dicha relación se mantenga siempre cercana a la unidad o en los valores que requiera el manejo terapéutico del enfermo.

Para ello creemos muy recomendable obtener la coordinación del equipo que maneja el enfermo para poder estructurar el balance hídrico real, evaluándose éste día a día para corregir toda alteración del mismo.

La razón ingreso/egreso de agua deberá ser siempre cercana a la unidad (o el valor que el juicio clínico asigne al enfermo), recordando que índices superiores a 1 siempre representan sobrehidratación e índices inferiores a 1 siempre nos deben representar deshidratación.

La vía de administración de agua debe ser ideal - mente la oral, voluntaria, debiendo anotarse cuidadosamente el volumen ingerido dentro de plazos fijos de tiempo ; a es te ingreso real debe agregarse el estimado por la metaboli- zación y composición de alimentos y finalmente debe agregarse el agua que se administra por otras vías ( intravenosa , intragástrica, balance de peritoneodiálisis, etc.). Todos estos aportes se suman y se evalúa el ingreso real en 24 horas.

Los egresos de agua del organismo deben evaluarse en dos formas físicas en las diferentes rutas de escape que hemos descrito :

- a) Pérdidas de agua LIQUIDA por las diferentes vías descri tas (orina, vómitos, aspiraciones, deposiciones, etc.)
- b) Pérdidas de agua en forma de VAPOR DE AGUA (las llama - das pérdidas insensibles)

Estas últimas se estiman y se adicionan a las otras pér didas, lo que permite precisar el egreso hídrico.

La razón entre el ingreso y el egreso nos va a dar una imagen del balance hídrico en el plazo analizado y la diferencia permite evaluar la magnitud del déficit o su- perávit de agua.

Evaluated así el balance hídrico, se pueden tomar día a día las decisiones terapéuticas que corresponden para el manejo del metabolismo hídrico del enfermo.

Con estos antecedentes elementares analizaremos ahora algunos aspectos clínicos del metabolismo del agua .  
(1, 2)

DEFICIT DE AGUA

El déficit de agua se caracteriza por una reducción del contenido de agua y por ende el volumen de las diferentes fases metabólicas de la misma. Esto determina una contracción mayor de aquellos compartimientos muy ricos en agua disponible, especialmente el vascular y el intersticial, lo que a su vez determina un incremento de la concentración de los solutos y un aumento de la osmolaridad. En la sangre esto determina un aumento de la osmolaridad por el incremento de concentración de electrolitos y proteínas, lo que se refleja en un aumento de las densidades, tanto plasmáticas como sanguíneas, y una reducción concomitante del volumen de las fases, especialmente el volumen sanguíneo. Esto a su vez determina una reducción de los flujos de perfusión de diferentes órganos, por lo que se trata de compensar por un aumento de la velocidad de perfusión (aumento de frecuencia cardíaca). La reducción inicial de los flujos de perfusión, por otro lado, determina que a nivel renal, por ejemplo, se depuren con menor eficiencia algunas moléculas, lo que a su vez determine un aumento de concentración en la fase plasmática (urea, creatinina, etc.) Esta menor perfusión renal determina, por otro lado, un aumento de secreción de la hormona antidiurética, lo que limita parcialmente la pérdida de agua por reducción de la producción de orina (con densidades urinarias altas). Sin embargo, conviene recordar que el riñón humano requiere de volúmenes importantes de agua para poder excretar la carga osmolar de desecho diaria (por ejemplo, con cargas osmolares de 1.400 mOsm el riñón humano requiere 1.000 ml. de agua para excretar orina de densidad 1.035). Este déficit de agua determina la semiología clínica del deshidratado puro caracterizado por sed, piel enrojecida, pérdida rápida de peso, aspecto seco, mucosas secas, taquicardia y oliguria. A medida que la deshidratación aumenta aparece hiperpnea, se exagera la taquicardia, para desembocar finalmente en síntoma de compromiso del sistema nervioso central con alucinaciones, delirio, hasta llegar al coma.

La etiología clínica del déficit de agua se orienta a dos grupos causales :

- a) Reducción de ingreso
- b) Pérdidas aumentadas

Clínicamente conviene recordar que con frecuencia ambas etiologías se asocian, resultando en curso acelerado del proceso de deshidratación.

La reducción de la ingesta resulta generalmente cuando el paciente tiene bloqueado el mecanismo de sed por estar inconsciente o incapacitado para una ingesta voluntaria de agua o por presentar limitaciones graves de la ingesta e ingreso de líquidos, por lesiones estenosantes altas de la vía digestiva, y lo que es muy importante, cuando se calcula mal el requerimiento de agua, especialmente en presencia de pérdidas importantes.

El aumento de las pérdidas se aprecia clínicamente en condiciones que requieren un incremento de evaporación cutánea y pulmonar (para compensar una hipertermia por ejemplo), o cuando se eliminan secreciones en forma exagerada, especialmente si estas son hipotónicas (vómitos incoercibles, diarreas profusas, etc.). Otras causas de pérdidas se refieren a errores o alteraciones en el mecanismo de control renal de pérdida de agua, tanto por causa intrínseca o extrínseca al propio aparato renal (por ejemplo, cantidad inadecuada o respuesta renal inadecuada a niveles altos o normales de hormona antidiurética, diuresis osmótica de diferentes etiologías, defectos tubulares en enfermedades renales, especialmente crónicas, alteraciones de la capacidad tubular de reabsorción por déficit de potasio, síndrome post-corrección de uropatías obstructivas o una terapia diurética

intensa y sostenida sin control de balance hídrico, etc.

### SUPERAVIT DE AGUA

El síndrome de la sobrehidratación o de dilución se caracteriza por la expansión del volumen de las fases acuosas del individuo, especialmente aquéllas formadas por un porcentaje importante de agua libre. Esto determina una reducción de la concentración de los solutos, tanto electrolitos como proteínas, con una reducción de la osmolaridad tanto plasmática como intersticial. Normalmente se inhibe la secreción de la hormona antidiurética, permitiendo que el riñón excrete una orina diluída, eliminando así el exceso de agua.

Difícilmente el síndrome de dilución se determina por una ingesta oral excesiva de agua, por el control muy fino que ejerce la osmolaridad sobre el centro de la sed. Normalmente este síndrome se determina por la determinación y administración de volúmenes exagerados de agua por la vía parenteral, aunque se administren soluciones isotónicas y, por otro lado, puede deberse a la administración de volúmenes aparentemente normales de agua (según las determinantes biológicas del enfermo), pero sin tomar en consideración la limitación funcional o patológica de los mecanismos de excreción de agua en dichos enfermos. Por ejemplo enfermos con insuficiencia renal, cambios funcionales renales (reabsorción anómala de agua con reducción de filtración glomerular, insuficiencia cardíaca, patología hepática con ascitis (se forma un tercer compartimiento patológico de varios litros de agua en equilibrio osmótico con las fases normales de agua corporal), o bien la administración de hormona antidiurética y la secreción inapropiada de símbolos de hormona antidiurética, que se describen en algunos tumores, como efecto de la administración de citolíticos o en alteraciones endocrinas complejas. El exceso de agua es

bastante bien tolerado (un riñón normal puede excretar alrededor de 5 litros de orina de densidad 1.010 0 menor , con una carga osmolar de 1.400 mOsm. día), especialmente si se instala en forma lenta ; pero si es de magnitud importante o se instala en forma rápida, produce el síndrome de intoxicación por agua caracterizado por cefaleas, vómitos ilógicos, calambres y contracturas musculares, dolores cólicos poco precisables, astenia importante, para llegar paulatinamente al estupor, las convulsiones o el coma irrecuperable.

#### REFERENCIAS GENERALES

1. KRUPP M.A. & CHATTON M.J., Editores :  
Current medical diagnosis and treatment.  
Lange Medical Publications ; 1976. Capítulo 2 : Alteraciones de electrolitos y fluidos.
- 2., KLEEMAN C.R. & FICHMAN M.P. :  
The clinical physiology of water metabolism.  
New England J. Med., 290 : 1184 ; 1974.
3. EDELMAN & LIEBMAN :  
Anatomy of body water and electrolytes.  
Am. J. Med., 27 : 256 ; 1959.
4. Forms of water in biologic systems.  
Ann. New York Acad. Sc., Vol. 125, Art. 2 : 249 - 272 ;  
Oct. 13, 1965.
5. WRETLIND A. :  
Complete intravenous nutrition (Theoretical and experimental background).  
Nutr. Metab., Vol. 14, Suppl.: 1 - 57 ; 1972.