

Desequilibrios hidroelectrolíticos, primera parte

Participantes

Coordinador: Dr. Jaime Segura del Castillo, editor de la Revista de la Facultad de Medicina

Dr. Arturo Gaytán Becerril, jefe del Servicio de Pediatría, Hospital General, Centro Médico La Raza, IMSS.

Dr. Miguel Guevara Alcina, División de Medicina Interna, Hospital Español, México, D.F.

Dr. Carlos Olvera Hidalgo, jefe del Servicio de Terapia Intensiva Pediátrica, Hospital General, Centro Médico La Raza, IMSS.

Dr. Eduardo Picazo Michel, jefe de Consulta Externa, Hospital de Pediatría, Centro Médico Nacional, IMSS.

Dr. Segura A El agua constituye el 53-60% del peso del organismo adulto y 80% del del niño, distribuida en los espacios intracelular y extracelular (intersticial y vascular); contiene electrólitos: iones (sodio, cloro, bicarbonato, potasio, magnesio) y aniones (proteínas, fosfatos) en equilibrio. El agua ingresa al organismo por la boca y se elimina por piel, pulmones, intestino y riñón.

manera de introducción a esta mesa redonda, y para sentar las bases del análisis de los desequilibrios hidroelectrolíticos que ahora emprendemos, quisiera que el Dr. Olvera expusiera qué se entiende por equilibrio hidroelectrolítico.

Dr. Olvera Claudio Bernard escribió: "En realidad, el organismo viviente no existe en el medio exterior, sino en el medio interno, formado por los líquidos orgánicos circulantes, y que rodea y baña a todos los elementos de los tejidos. La estabilidad del medio interno es condición fundamental para la libertad e independencia de la vida". Así, los organismos pluricelulares, y el hombre en particular, están dotados de un conjunto de sistemas que les permite mantener constante su medio interno, a pesar de las grandes variaciones ecológicas en que viva. Esta estabilidad orgánica se conoce como homeostasis.

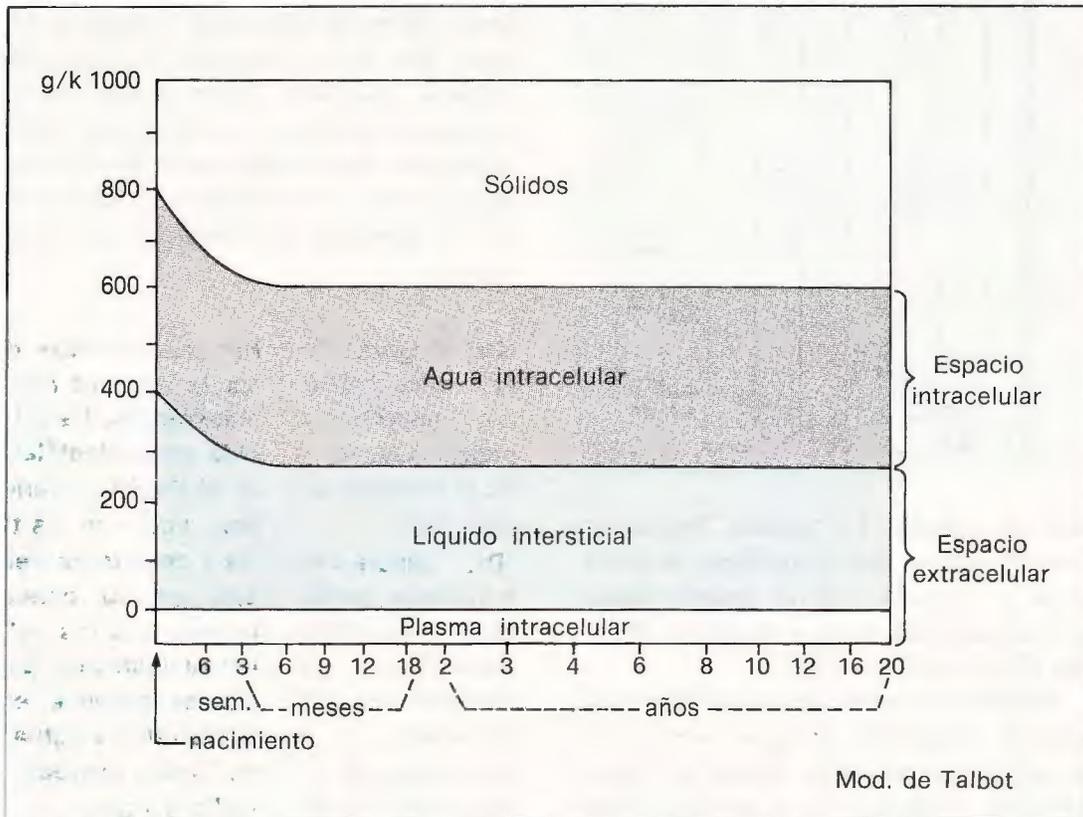
Dr. Segura ¿Cómo se distribuye el agua en el organismo?

Dr. Olvera El medio interno de los seres vivos se compone principalmente de agua; ésta representa 53 a 60 por ciento del peso del humano adulto, dependiendo de su sexo y cantidad de tejido adiposo. Cabe recordar que un kilo de tejido graso proporciona un litro de agua endógena. El recién nacido contiene más agua que el adulto: 80 por ciento de su peso.

El agua del organismo se encuentra dis-



Fig. 1. Variaciones en las proporciones de sólidos y líquidos corporales según la edad.



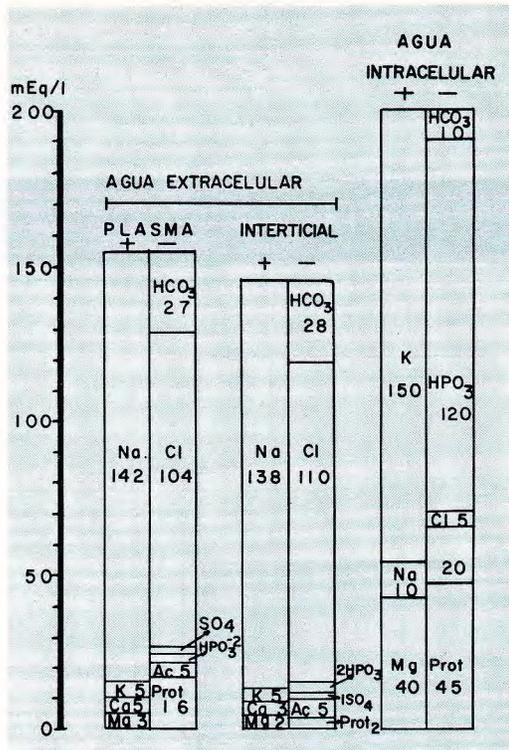
tribuida entre dos espacios: el intracelular y el extracelular. El segundo se divide a su vez en espacio intersticial y espacio vascular (agua del plasma). El agua extracelular corresponde a 20 por ciento del peso del adulto y a 40 por ciento del peso del recién nacido. Entre los 9 meses y un año de edad, las proporciones entre los dos compartimientos de agua ya son similares a las del adulto.

Dr. Segura El agua del organismo contiene electrólitos. ¿Cuáles son y cómo se distribuyen?

Dr. Olvera Gamble nos muestra la seme-

janza del agua de mar con el contenido de electrólitos del agua extracelular en el que predominan el sodio, cloro y bicarbonato. En cambio, la composición electrolítica del agua intracelular es diferente; hay más potasio y magnesio; y, en los aniones, proteínas y fosfatos. Los ionogramas completos nos demuestran el equilibrio que existe en las dos columnas de cationes y aniones, siendo iguales las cargas positiva y negativa. El diferente contenido del agua intracelular se debe a los electrólitos, que forman parte del protoplasma, y se mantienen activamente, con participación de varias enzimas y

Fig. 2. Ionogramas normales (Rev. Méx. Ped. 43: 286, 74).



gasto de energía. La llamada “bomba de sodio” conserva alto el gradiente de sodio fuera de la célula, y el de potasio dentro de ésta por medio de la sodio-potasio-ATPasa (Na-K-ATPasa).

También se observa una ligera diferencia entre la composición del agua intersticial y la del agua plasmática, debido al menor contenido de proteínas en el intersticio. Esto mantiene un gradiente de presión osmótica proteica (presión oncótica) dentro de los vasos, lo que permite el intercambio de líquidos a nivel capilar (véase la ley de Starling).

Dr. Segura ¿Cómo se realiza el intercambio de agua y electrolitos en el organismo?

Dr. Olvera En condiciones normales, el agua sólo tiene una vía de ingreso al organismo: la boca. La ingerimos como tal, o bien como parte constitutiva de los alimentos sólidos. Una pequeña proporción de agua se forma durante el catabolismo (agua de oxidación).

El agua se elimina por cuatro vías: piel,

pulmones, intestino (heces), y riñón; pero solamente esta última vía controla tales pérdidas. La pérdida por piel depende de condiciones externas de temperatura y humedad del medio ambiente; la del intestino, del contenido de agua de las heces y su volumen, muy variables.

El riñón regula tanto el volumen como la osmolaridad del agua extracelular, e indirectamente la del intracelular. En condiciones normales, un adulto puede eliminar desde 500 ml de orina hasta 13 litros en 24 horas por metro cuadrado de superficie corporal. Asimismo, puede desechar gran cantidad de solutos, y concentrar hasta 1200 mOsm por litro o diluir hasta 50. Esto lo logra gracias a dos sistemas de homeostasis: la hormona antidiurética y la aldosterona.

Dr. Segura ¿Podría usted hablarnos respecto al primer sistema, el de la hormona antidiurética?

Dr. Olvera Esta hormona se produce en los núcleos supraóptico y paraventricular del hipotálamo, y la neurofina de los cilindroejes la lleva hasta el lóbulo

posterior de la hipófisis donde se libera en forma constante y en cantidades variables.

Normalmente, su concentración en el plasma es de dos microunidades por mililitro. Cambios del dos por ciento en la osmolaridad del líquido extracelular modifican la liberación de esta hormona; la que también responde a otros estímulos no osmóticos como son: 1) Los cambios de presión que actúan por medio de los órganos perceptores, como el seno carotídeo o las venas pulmonares. 2) La aurícula derecha, que tiene sensores de volumen. En la hipovolemia, los estímulos nerviosos que llegan

Hay dos sistemas de homeostasis: la hormona antidiurética y la aldosterona. La primera, producida en el hipotálamo y liberada en el lóbulo posterior de la hipófisis, actúa en los túbulos distales y colectores del riñón. Cambios en su concentración en plasma, y otros estímulos regulan su liberación. La aldosterona, que se produce en la corteza suprarrenal y actúa sobre el asa de Henle, provoca retención de sodio y agua.

desde la aurícula hasta el hipotálamo inhiben la producción de hormona antidiurética. 3) El sistema reticular activante que regula la secreción de esta hormona. En los estados de coma, las meningoencefalitis, intoxicación por codeína o anestésicos, se produce aumento de tal hormona, situación conocida como síndrome de secreción inapropiada de hormona antidiurética.

La diferencia relativa en la presión osmótica de los líquidos intra y extracelular es el principal estímulo para la liberación de la hormona antidiurética. Cuando la presión osmótica en el espacio extracelular es mayor que en el líquido intracelular, la hipófisis aumenta la liberación de esta hormona; por lo contrario, cuando la presión osmótica del líquido extracelular es relativamente menor que dentro de la célula, disminuye la liberación de hormona antidiurética.

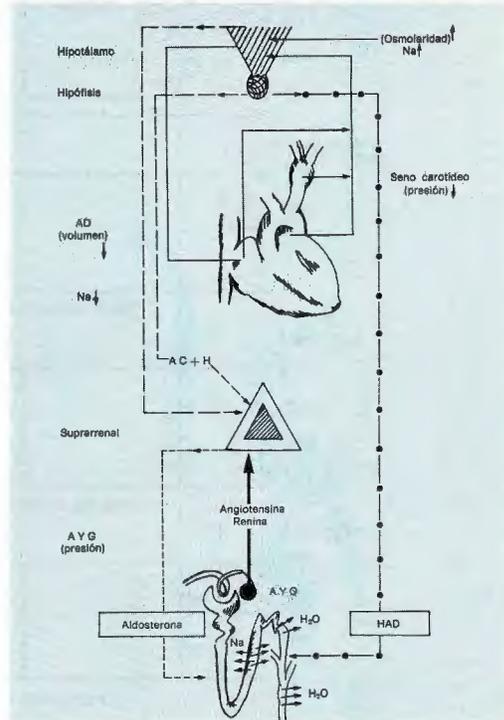
El sitio de acción de la hormona antidiurética se localiza a nivel de los túbulos distales y colectores; al actuar sobre estas estructuras, aumenta su permeabilidad al agua; por ello, ésta se absorbe en mayor cantidad reduciéndose, por lo tanto, el volumen de orina.

Dr. Segura ¿Por qué mecanismos participa la aldosterona en el mantenimiento de la homeostasis?

Dr. Olvera La aldosterona es uno de los esteroides producidos por la corteza suprarrenal; le corresponde el papel más importante en la regulación del líquido extracelular.

El órgano receptor de este sistema se encuentra en el aparato yuxtaglomerular, situado en las arteriolas aferentes glomerulares. Estas estructuras son sensibles a los cambios de volumen circulante, principalmente a la baja presión en estas arteriolas. Este estímulo libera renina, la que a su vez estimula la producción de angiotensinas. La angiotensina II actúa sobre la corteza suprarrenal, induciendo la secreción de aldosterona. El sitio de acción de esta última es el asa de Henle, en donde aumenta la absorción de sodio para recuperar la vole-

Fig. 3. Mecanismos neurohormonales reguladores de la osmolaridad y volumen de agua extracelular (Rev. Méx. Ped. 43: 284, 74).



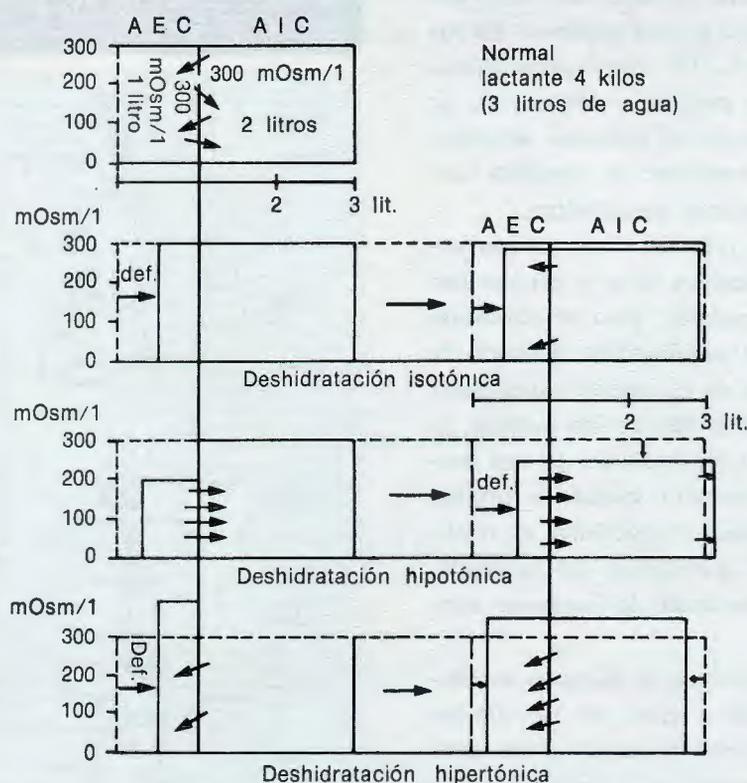
mia; al restablecerse la presión arterial, se inhibe la secreción de renina y aldosterona. En individuos normales, este efecto es pasajero, pues el riñón, después de cierto tiempo, deja de retener sodio. La hiponatremia por sí sola también estimula la corteza suprarrenal, aumentando la secreción de aldosterona.

La disminución de la presión en aurícula derecha (hipovolemia) también es un mecanismo productor de aldosterona. Estos complejos mecanismos homeostáticos reaccionan rápidamente a privación de agua o a cambios bruscos en su ingestión. Por ello, se puede variar la ingestión de agua desde los límites fisiológicos inferiores hasta las cifras de tolerancia máxima, sin que se altere de manera apreciable el equilibrio normal.

Dr. Segura ¿Qué se entiende por osmolaridad de los líquidos intra y extracelular?

Dr. Olvera A pesar de la diferencia entre el contenido de electrolitos de los dos es-

Fig. 4. Desequilibrio osmótico. Deshidrataciones. (Rev. Méx. Ped. 43: 287, 74).



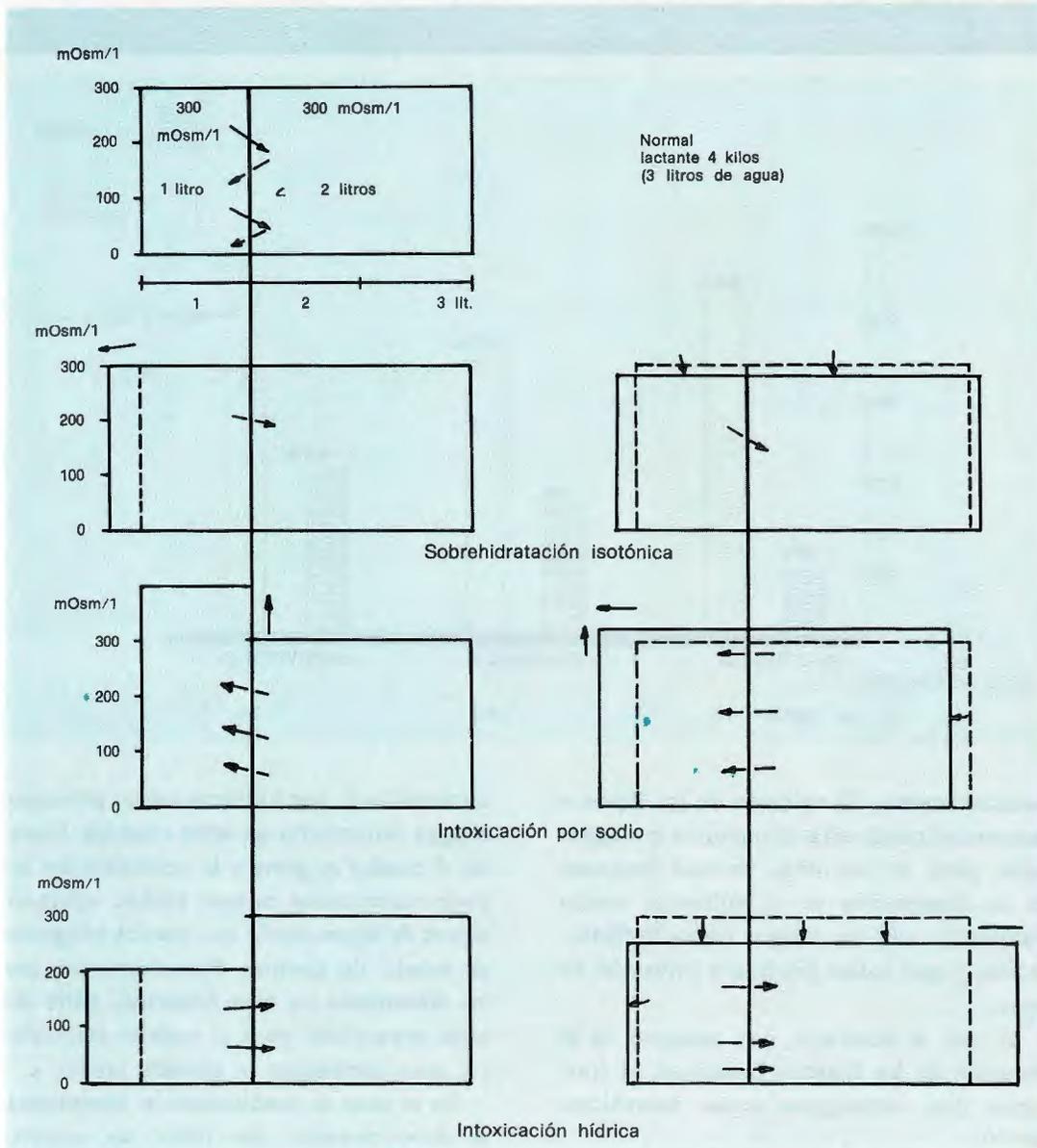
pacios líquidos, en condiciones normales se mantiene un equilibrio osmótico entre ambos. Las partículas disueltas en el agua ejercen una presión semejante a la de un gas en el aire. Una molécula gramo de un gas ocupa 22.4 litros a nivel del mar, o sean 760 torr (torr = mm Hg). Si comprimiéramos este gas hasta que cupiera en un volumen de un litro, tendría una presión de 22.4 atmósferas, es decir 22.4×760 torr = 17.054 torr. En la misma forma, un ion (por ejemplo, 23 gramos de sodio, 35 gramos de cloro, 180 gramos de glucosa) ejercen 17.054 torr si están disueltos en un litro de agua (solución molar). Así pues, si disolvemos 23 mg de sodio, 35 mg de cloro y 180 mg de glucosa en un litro de agua tenemos un miliosmol de cada uno, con una presión de 17 torr.

Se ha determinado en forma directa la presión osmótica de los dos espacios: de 270 a 290 mOsm/l. La diferencia en cuanto al contenido de electrolitos se debe

a diversas causas. Hay electrolitos divalentes, en cuyo caso un miliosmol corresponde a dos miliequivalentes. Las proteínas plasmáticas son octavalentes; por lo tanto, 16 mEq/l corresponden a 2 mOsm/l. Algunas partículas no son iones, como la glucosa; hay iones intracelulares, que no están disociados, por lo que actúan como un miliosmol. Este equilibrio se mantiene también por acción enzimática intracelular.

Dr. Segura Ha- **En el síndrome de desequilibrio**
 biendo ya estable- **hidroelectrolítico se altera el ba-**
 cido qué es el **lance de los líquidos orgánicos**
 equilibrio hidro- **por cambios en: 1) volumen**
 electrolítico, pase- **(deshidratación, sobrehidrata-**
 mos ahora a analiza- **ción), 2) osmolaridad, 3) concen-**
 r el desequilibrio **tración de hidrogeniones y 4)**
 hidro- **concentración de iones especifi-**
 electrolítico? **cos. Los dos primeros están liga-**
Dr. Picazo Desde **dos, así, la deshidratación y la**
tónica, hipotónica o hipertónica.

Fig. 5. Desequilibrio osmótico. Sobrehidrataciones.



el punto de vista fisiopatológico, el desequilibrio hídrico electrolítico constituye un síndrome en el cual el balance de los líquidos orgánicos es negativo o positivo, con alteraciones en el volumen, distribución, osmolaridad, composición electrolítica y equilibrio ácido base.

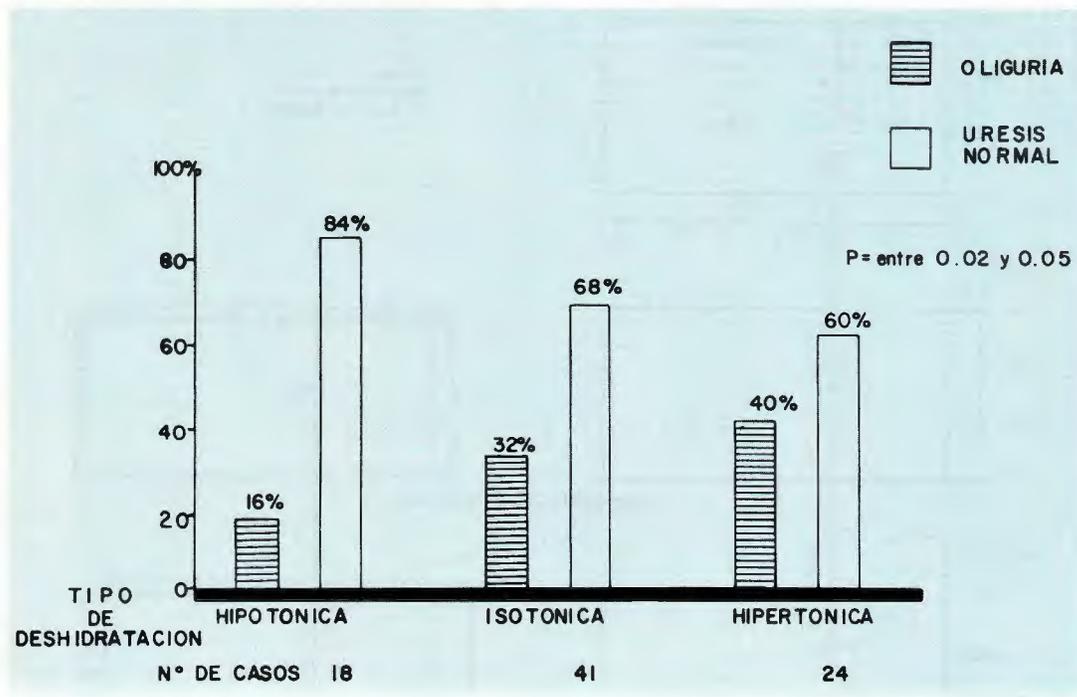
Dr. Segura Esto significa que pueden presentarse diversos tipos de desequilibrio hidroelectrolítico. ¿Cuáles son y en qué se diferencian?

Dr. Guevara Las alteraciones que presentan

los líquidos orgánicos pueden dividirse en: 1) trastornos en el volumen, 2) cambios en la osmolaridad, 3) alteraciones en la concentración de hidrogeniones, y 4) cambios en la concentración de iones específicos.

Debemos conocer todas las variantes de este síndrome, puesto que todas pueden entrar en juego en un paciente en particular. Así, los trastornos en el volumen y en la osmolaridad guardan una íntima relación entre sí; de tal manera que estas dos situaciones no pueden considerarse inde-

Fig. 6. Relación entre el dato de oliguria y el tipo de deshidratación en 83 lactantes con desequilibrio hidroelectrolítico.



pendientemente. El volumen de los líquidos corporales puede estar disminuido o aumentado; pero, en los niños, lo más frecuente es la disminución en el volumen, estado patológico que se conoce como deshidratación, y que indica pérdida o privación de agua.

Si, por el contrario, hay aumento en el volumen de los líquidos orgánicos, el trastorno debe catalogarse como sobrehidratación.

Tanto en la deshidratación como en la sobrehidratación pueden ocurrir cambios en la osmolaridad del líquido extracelular. Así pues, si la osmolaridad se encuentra dentro de los límites de la normalidad, es más alta o más baja, según el caso; se trata de deshidratación o sobrehidratación, isotónica, hipertónica o hipotónica.

En la deshidratación isotónica, ocurre una pérdida proporcional de agua y solutos que conduce a la reducción del agua extracelular. Como la proporción normal agua/solutos no ha cambiado, no hay desequilibrio osmótico entre el espacio extracelular y el

intracelular y, por lo menos en un principio, el agua intracelular no sufre cambios. Cuando el cuadro es grave y la reducción del espacio extracelular es muy rápida, aparecen signos de hipovolemia que pueden progresar al estado de choque. Posteriormente, por un mecanismo no bien conocido, parte del agua intracelular pasa al espacio extracelular para compensar la pérdida inicial.

En el caso de deshidratación hipertónica, se debe recordar que todas las excretas —heces, sudoración, evaporación pulmonar— son hipotónicas; es decir que contienen relativamente menos electrolitos que agua, y que sólo la orina es ligeramente hipertónica. Por esto, una pérdida proporcionalmente mayor de agua que de electrolitos, por ejemplo por sudoración excesiva, fiebre o gastroenteritis, produce disminución del volumen del líquido extracelular con aumento de su osmolaridad. Parte del agua intracelular pasa al espacio extracelular hasta igualar la osmolaridad de ambos compartimientos. El resultado final es la disminución del volumen de ambos, con

aumento en la concentración de los electrolitos (hiperosmolaridad, o hipertonicidad). Como el principal dato de laboratorio es el aumento en la concentración de sodio, se le llama también deshidratación hipernatémica.

La deshidratación hipotónica es el resultado de una pérdida proporcionalmente mayor de solutos que de agua, la que conduce a una reducción del espacio extracelular con disminución en la concentración de solutos en este compartimiento. El espacio intracelular se encuentra con osmolaridad relativamente mayor, y el agua pasa al líquido intracelular, reduciendo aún más el extracelular. Paradójicamente, se produce una deshidratación extracelular con edema intracelular y baja de osmolaridad en ambos espacios. Para que se produzca este tipo de deshidratación es necesario que el cuadro patológico sea relativamente prolongado, y que el agua ingerida carezca de solutos, pues todas las pérdidas pueden considerarse prácticamente como hipotónicas.

Las dos principales causas de muerte en menores de 4 años, en México, son las diarreas y las bronconeumonías que cursan con desequilibrios hidroelectrolíticos. Los lactantes son las principales víctimas de la deshidratación isotónica. La desnutrición favorece las infecciones graves y prolongadas y, de ahí, los desequilibrios hidroelectrolíticos.

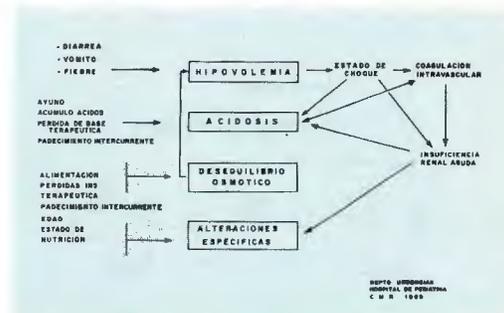
Dr. Segura ¿Cuál es en México, la morbimortalidad por trastornos hidroelectrolíticos? y ¿Cuál su importancia desde el punto de vista epidemiológico?

Dr. Guevara La morbilidad y la mortalidad guardan

una estrecha relación con el padecimiento causante del desequilibrio y el tiempo de evolución de este último antes de que el paciente busque atención médica.

Dr. Picazo La morbimortalidad del desequilibrio hídrico electrolítico, por lo menos en pediatría, no se puede conocer con certeza, puesto que necesariamente es una complicación de una enfermedad primaria. Como ejemplo, cabe mencionar que, en 1976, las dos principales causas de muerte en los niños menores de cuatro años en la

Fig. 7. Mecanismos fisiopatológicos esenciales en el desequilibrio hidroelectrolítico por diarrea.



República Mexicana, fueron los procesos bronconeumónicos y la enfermedad diarreica, y ambos cursan con desequilibrio hídrico electrolítico; aquéllos, con acidosis respiratoria o mixta, y éstos con acidosis metabólica y variantes en el desequilibrio hídrico y osmótico.

Desde el punto de vista epidemiológico, la enfermedad diarreica es la causa más frecuente, sobre todo en el lactante menor de un año; pero también deben mencionarse otras causas, como la intoxicación por salicilatos (aspirina) en lactantes menores de un año, y la insuficiencia renal aguda, probablemente como complicación de diarrea o bronconeumonía.

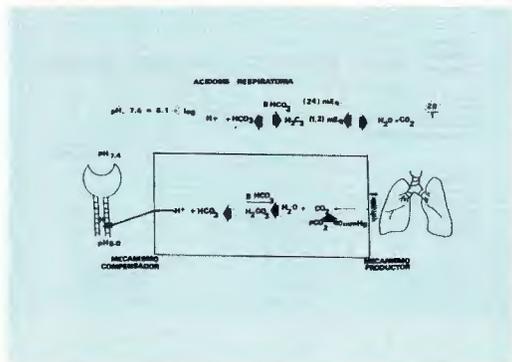
Teniendo en cuenta que el síndrome diarreico es la causa fundamental de los desequilibrios hidroelectrolíticos en pediatría, cabe considerar que, por lo menos en la ciudad de México, éstos deben coincidir con las alzas epidémicas de gastroenteritis infecciosa, que se presentan entre los meses de abril a junio, con un ascenso menor entre los meses de septiembre y octubre.

Dr. Segura ¿Qué grupos resultan más afectados de acuerdo a su edad?

Dr. Olvera Los niños, y en particular los lactantes, son los que resultan afectados con mayor frecuencia, y además en quienes este síndrome es más grave.

Dr. Picazo En pediatría, el grupo de edad más afectado es el de los menores de un año. La causa más común de desequilibrio hidroelectrolítico en este grupo de edad es

Fig. 8. Desequilibrio ácido base. Acidosis respiratoria.



la enfermedad diarreica. En un grupo de enfermos menores de un año de edad con gastroenteritis, encontramos que la deshidratación isotónica (valores de Na sérico entre 135 a 149 mEq/l) resultó ser el tipo de desequilibrio osmótico más frecuente. Estamos convencidos que ni la edad, ni el estado de nutrición tienen influencia sobre el desequilibrio osmótico. Son más importantes la dieta y las condiciones climatológicas y ambientales, de tal manera que puede haber variaciones de un lugar a otro, en diversas épocas del año y de los líquidos administrados al lactante antes y durante el episodio diarreico.

En este mismo estudio, encontramos que el lactante menor de seis meses desarrolla un desequilibrio hídrico electrolítico con características especiales para este grupo de edad, con acidosis más grave que el lactante mayor; en lugar de presentar niveles bajos de potasio, sus cifras de este ion son normales, e inclusive altas; además, la retención nitrogenada es más frecuente que en niños de mayor edad con desequilibrio hídrico por síndrome diarreico. Esto parece indicar que el lactante menor de seis meses, tiene lo que hemos calificado una "insuficiencia renal relativa."

Dr. Segura ¿Cuál es la importancia de la desnutrición y de padecimientos agudos y crónicos en el desarrollo de estos desequilibrios?

Dr. Guevara Indudablemente, toda persona mal nutrida está más dispuesta a sufrir in-

fecciones y a que éstas sean graves o prolongadas, lo que favorece los problemas de desequilibrio hidroelectrolítico. Por otra parte, en ellas, el tratamiento de esos desequilibrios debe ser más metódico, por el riesgo de sobrehidratación yatrogénica.

Dr. Picazo El niño desnutrido tiene menor poder homeostático que el niño eutrófico, lo que implica una gran desventaja. Por otra parte, se infecta con frecuencia y desarrolla más fácilmente complicaciones intrabdominales de la gastroenteritis, como son neumatosis intestinal, infarto, etc.

Todo proceso agudo que interfiera con los mecanismos homeostáticos del organismo agrava el desarrollo de los desequilibrios hídrico electrolítico. Así, los procesos bronconeumónicos o la sedación por antieméticos (fenotiazinas) o por barbitúricos, al interferir con los procesos pulmonares de compensación de las acidosis, agravan ésta de manera importante, como lo hace también la intoxicación por salicilatos, que en ocasiones coexiste con procesos infecciosos. Sin embargo, las infecciones concomitantes, o que complican el desequilibrio hídrico electrolítico, son las que ensombrecen el pronóstico en el paciente pediátrico. Tratado oportunamente el desequilibrio hídrico electrolítico por diarrea, y en ausencia de complicaciones infecciosas, su pronóstico suele ser bueno. La bronconeumonía, la septicemia, la coagulación intravascular diseminada y el estado de choque séptico, son las causas de muerte en estos pacientes.

Entre los padecimientos crónicos que agravan el pronóstico de los desequilibrios destacan los pulmonares y renales, y las cardiopatías congénitas que interfieren con los mecanismos homeostáticos normales.

Dr. Guevara En **La causa directa más frecuente de deshidratación que amerita hospitalización en adultos son vómitos, diarreas y poliuria diabética. En pacientes hospitalizados pueden presentarse desequilibrios yatrogénicos por mal manejo de líquidos y electrolitos,**

como la hiponatremia por dilución en desnutridos con infecciones, o la sobrehidratación en el postoperatorio. Las deficientes condiciones sanitarias propias de los bajos niveles socioeconómicos, y los climas cálidos y secos favorecen las deshidrataciones.

diarrea, o resultante de poliuria secundaria a diabetes.

Pero estos desequilibrios también pueden presentarse en pacientes hospitalizados, ya sea por manejo inadecuado de líquidos y electrólitos, en cuyo caso se consideran yatrogénicos; o como consecuencia natural de la evolución de la enfermedad causal o de las medidas necesarias para la atención del paciente. En esta última situación, conviene dar como ejemplo el del paciente desnutrido con una grave infección, que necesita reposición de líquidos, y en el cual es muy fácil que se produzca hiponatremia por dilución.

El problema yatrogénico que se presenta más comúnmente es la sobrehidratación en el postoperatorio, la que se manifiesta después de algunos días de administración de soluciones. El paciente no demuestra interés en el medio ambiente, está soñoliento, y tiene las conjuntivas edematosas. Esta situación puede progresar a congestión pulmonar que pone en peligro la vida del paciente. Suele deberse a hiponatremia, consecuencia de inadecuada valoración del equilibrio electrolítico y excesiva administración de agua; puede cursar con sodio normal, ligeramente aumentado o disminuido, lo que diferencia esta situación de la hiponatremia verdadera.

Dr. Segura ¿Tienen el nivel socioeconómico y cultural alguna influencia sobre la frecuencia de esos desequilibrios?

Dr. Picazo Puesto que la enfermedad diarreica es la principal causa de desequilibrio hidroelectrolítico en los niños, es indudable que todos estos factores tienen gran influencia sobre la presentación y el pronóstico de estos desequilibrios. En la mesa redonda sobre enfermedad diarreica (Rev. Fac. Méd. UNAM XVII, Mayo, 1974), se señaló la importancia de la educación, higiene, acceso a agua potable, drenaje, lavado de manos,

y otras medidas en la prevención de la enfermedad diarreica.

Dr. Segura ¿Tiene alguna importancia el clima?

Dr. Picazo En los climas calurosos, las pérdidas insensibles son mayores que en los fríos. En igualdad de circunstancias, el desequilibrio hídrico electrolítico en un clima caluroso será más grave que en uno templado o frío.

Dr. Segura ¿Son más frecuentes estos padecimientos en el medio rural o en el urbano?

Dr. Picazo El medio urbano, que cuenta con aporte de agua intradomiciliaria, leche de primera categoría, instalaciones sanitarias, refrigeración, etc., tendrá mayores ventajas sobre el medio rural en las que faltan el agua potable y el drenaje, y en donde las condiciones sanitarias no son satisfactorias.

Dr. Segura A continuación, dedicaremos nuestra atención al cuadro clínico de la deshidratación del desequilibrio electrolítico.

Dr. Gaytán La deshidratación se define como la pérdida de agua por el organismo, resulta-

En lactantes con pérdidas de agua de 5 a 10% del peso corporal se presentan los signos universales de deshidratación: fontanela hundida, hipotonía, hundimiento de globos oculares, llanto sin lágrimas, mucosas secas y signo del lienzo húmedo. El diagnóstico del tipo de deshidratación se basa en la historia clínica y la exploración física.

do de aumento en su eliminación, reducción en su aporte, o de la suma de ambos fenómenos. En el lactante, la principal causa de deshidratación es la gastroenteritis infecciosa que provoca un aumento en las pérdidas de agua y electrólitos fecales, las que se han estimado entre 40 a 60 mEq de sodio por litro, y 100 ml de agua por kilogramo de peso corporal en 24 horas. Parece lógico poder calcular la gravedad de la deshidratación, de acuerdo a la magnitud de las pérdidas en líquidos y electrólitos. Sin embargo, no siempre es posible hacerlo. Se estima que la aparición de signos clínicos de deshidratación corresponde a

pérdidas entre 5 a 10 por ciento del peso, y que pérdidas mayores al 15 por ciento reflejan una pérdida grave del líquido extracelular, con manifestaciones de hipovolemia o de choque. Talbott considera que la pérdida de 80 ml de agua extracelular, 30 ml de plasma, o 20 ml de sangre por kilo de peso corporal reduce en un 20 por ciento el espacio extracelular, presentándose evidencias de reducción del volumen circulante. De acuerdo a la magnitud de las pérdidas, hacen su aparición los signos clínicos denominados "signos universales de deshidratación", que se observan en 80 a 100 por ciento de los lactantes deshidratados, y son comunes a todos los tipos de deshidratación. Son: fontanela hundida, hipotonía y hundimiento de globos oculares, llanto sin lágrimas, sequedad de las mucosas y pérdida de la turgencia de la piel (signo del lienzo húmedo).

Dr. Segura ¿Puede el tipo de desequilibrio osmótico deducirse de signos clínicos?

Dr. Gaytán Ningún dato clínico juzgado en forma aislada puede orientar al diagnóstico de un tipo especial de deshidratación. Sólo el análisis de datos del interrogatorio como edad, estado nutricional, patología previa o asociada, terapéutica empleada, antecedentes dietéticos mediatos e inmediatos, unido a los hallazgos de la explotación física como peso, magnitud de las pérdidas, presencia de hiperpnea, tono muscular y reflejos, proporcionarán una orientación diagnóstica adecuada que permita el inicio de una terapéutica acertada.

Dr. Segura ¿Cuál es el cuadro clínico de la deshidratación isotónica?

Dr. Gaytán Es el tipo más frecuente de deshidratación, con osmolaridad entre 270 y 310 mOsm, e isonatremia (135 a 150 mEq por litro). No guarda relación con la edad, estado nutricional, ni tiempo de evolución; sin embargo, con frecuencia se asocia a proceso gastroentérico agudo de corta duración, con antecedentes de alimentación láctea con adecuada dilución. En la explotación física, predominan los signos universales de deshidratación y, en los casos

graves, los signos de hipovolemia (piel marmórea, llenado capilar y venoso lento, taquicardia e hipotensión arterial y venosa), datos considerados como deshidratación de tipo extracelular, así como diversos grados de acidosis metabólica.

Dr. Segura ¿Qué puede usted decirnos respecto a la deshidratación hipotónica?

Dr. Gaytán Se trata de una deshidratación hiponatémica (menos de 130 mEq de sodio por litro) con osmolaridad por debajo de 250 mOsm. En este tipo de deshidratación, los tres factores que controlan los electrolitos y el agua se encuentran afectados. Con frecuencia, se encuentra el antecedente de alimentación con leches diluidas o administración de soluciones carentes de solutos (tisanas o atoles). Puede presentarse en pacientes de larga evolución con antecedentes de administración endovenosa de soluciones hipotónicas o hiponatémicas por periodos prolongados. Durante la deshidratación, el riñón pierde su capacidad para manejar el exceso o la falta de solutos: así que la administración de líquidos sin electrolitos para corregir la hidratación o como alimento puede determinar deshidratación hipotónica. Como resultado de la hiposmolaridad del espacio extracelular, disminuye el líquido en este compartimento, lo que agrava las manifestaciones de hipovolemia. En ocasiones, es difícil evaluar los signos universales de deshidratación y la aparición de hipotermia, depresión, sopor como resultado de edema intracelular, y deshidratación extracelular.

Dr. Segura ¿Qué provoca la deshidratación hipertónica? y ¿cómo se manifiesta?

Dr. Gaytán Es de tipo hipernatrémica (más de 150 mEq de sodio por litro), con osmolaridad mayor de 320 mOsm. Se puede observar con relativa frecuencia en recién nacidos o lactantes muy pequeños, debido a limitación de su capacidad renal. Existe antecedente de administración de leches con alto contenido de sodio (semidescremadas) o con dilución inadecuada (hiperproteicas), así como de soluciones electrolíticas (electrolitos orales). En estos lactantes, además

de los signos universales, y sin ser exclusivos de este grupo, se pueden manifestar datos como: oliguria, inquietud, taquicardia, irritabilidad, sed, hiperreflexia, fiebre (des-hidratación intracelular).

La acidosis, que se presenta cuando el pH es menor de 7.35, puede ser respiratoria (por retención de CO₂ debida a reducción de la ventilación alveolar) o metabólica (por pérdida directa de bicarbonato); la alcalosis debida a aumento del pH por encima de 7.45 es de tipo respiratorio (por pérdida excesiva de CO₂ debida a hiperventilación) o metabólica (por pérdida de ácidos fijos o excesiva administración de bicarbonato y depleción de potasio).

Dr. Segura ¿A qué corresponden los términos acidosis y alcalosis?

Dr. Gaytán Estos términos se refieren a alteraciones en el equilibrio ácido base con cambios en el pH del plasma que normalmente varía entre 7.35 y 7.45. La acidosis corresponde a un pH menor de 7.35, como resultado de un trastorno respiratorio primario (acidosis respiratoria) o de una alteración metabólica (aumento en la producción endógena o en el aporte exógeno de hidrogeniones), así como acúmulo de hidrogeniones por falla en su eliminación renal y en su función de amortiguador.

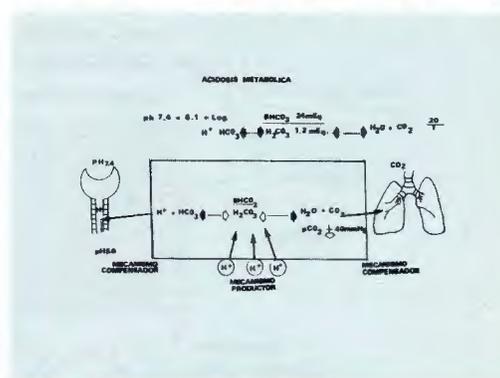
En contraste, el término alcalosis implica aumento de pH superior a 7.45, que puede obedecer a un trastorno respiratorio primario (pérdida de ácido carbónico) o es resultado de un proceso metabólico por pérdida de ácidos o aumento de bases.

Dr. Segura ¿Cuáles son los principales factores precipitantes de los diversos tipos de alteraciones del equilibrio ácido base?

Dr. Guevara En relación a estas alteraciones, existen cuatro problemas básicos; pero que, en la clínica, no siempre son tan obvios, porque en ocasiones pueden tener un mecanismo respiratorio y en otros uno metabólico. Así, en la clínica, la apreciación dependerá del tratamiento y de los mecanismos compensadores que tenga el organismo.

La acidosis respiratoria, la cual se debe a la retención de CO₂ por disminución de la ventilación alveolar, suele resultar de

Fig. 9. Desequilibrio ácido base. Acidosis metabólica.



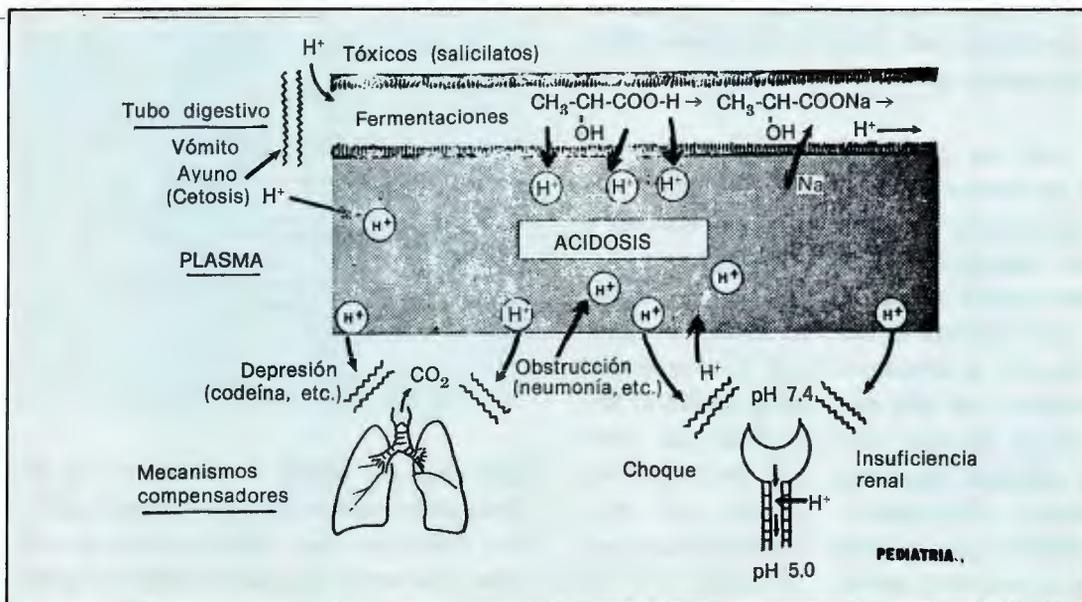
depresión del centro respiratorio o de enfermedades pulmonares, las que en el adulto con frecuencia son crónicas como el enfisema pulmonar, o agudas como las secundarias a infecciones.

La alcalosis respiratoria se produce por la pérdida excesiva de CO₂ debida a hiperventilación; sus causas más frecuentes son las crisis emocionales, el dolor intenso, la ventilación asistida, y algunos problemas cerebrales.

La acidosis metabólica se debe a la pérdida directa de bicarbonato, como puede suceder en las pérdidas digestivas, o en el aumento en su producción o reducción; en la eliminación de los ácidos producidos, como en la diabetes, la azotemia, las fístulas intestinales y la diarrea. Con excepción de la azotemia, generalmente esta acidosis es de presentación aguda.

La alcalosis metabólica se debe a la pérdida de ácidos fijos, o a exceso en la administración de bicarbonato y en la depleción de potasio. Sus causas más frecuentes son vómito y succión gástrica, o todo aquello que haga perder ácido clorhídrico. En algunas ocasiones, la provocan los diuréticos. Probablemente, este tipo de trastornos del equilibrio ácido base es el que se observa con mayor frecuencia en el medio hospitalario, y es común que se presente en los periodos de recuperación del enfermo grave, debido en parte a la administración excesiva de soluciones con bicarbonato, o de sangre

Fig. 10. Mecanismos fisiopatológicos esenciales en la acidosis metabólica en gastroenteritis. (Rev. Méx. Ped. 43: 292, 74).



almacenada de banco; a la pérdida continua de jugo gástrico por sondas nasogástricas; y a diversos grados de déficit de potasio que contribuyen a la pérdida de hidrógeno en orina. Esta se conoce como aciduria paradójica, y se debe al intercambio del potasio por el hidrógeno en el túbulo renal, condición frecuente en clínica.

Dr. Segura ¿Cuáles son los mecanismos causales de acidosis metabólica, en el lactante?

Dr. Gaytán En el lactante con gastroenteritis aguda que sufre acidosis metabólica, ésta es consecuencia de varias alteraciones simultáneas que comprometen la producción de amortiguadores y la eliminación de hidrogeniones. Así, por un lado, son mayores las pérdidas de líquidos electrolíticos a través de intestino, fundamentalmente sodio, potasio, y cloro, lo mismo que las pérdidas insensibles (fiebre, hiperpnea, etc.), y se bloquea la única vía de ingreso (vómitos). Estos tres factores determinan el agravamiento de la pérdida de agua extracelular y el compromiso hemodinámico sistémico, especialmente renal, lo que determina la disminución en la eliminación de hidrogeniones. Por otro lado, existe una mayor producción de hidrogeniones en

el intestino, lo cual aumenta la producción de acidez, resultado del metabolismo energético alterado (cetosis) e hipoxia tisular (lactatos, piruvatos). El organismo tratará de compensar la hiperhidrogenemia resultante, por medio de mecanismos amortiguadores, celular, proteínas, hemoglobina, y principalmente sistema bicarbonato intra o extracelular. Al formarse más ácido carbónico, aumentará la concentración de pCO₂, lo que estimula la hiperpnea a través de quimiorreceptores. Cuando la reducción del bicarbonato es de tal magnitud que rompe la proporción bicarbonato-ácido carbónico que es de 20:1, el pH desciende. Los principales mecanismos de compensación serán los renales y pulmonares. El primero guarda relación directa entre la gravedad de la acidosis y la función renal. Por lo tanto, el mecanismo respiratorio es el de emergencia, de mayor rapidez, y de compensación útil si es proporcional a la severidad del problema. Por ello, en lactantes con grave deshidratación y acidosis metabólica, cualquier proceso que disminuye la difusión-ventilación impide la eliminación de CO₂, agravando el proceso, y dando el carácter de acidosis mixta (metabólica y respiratoria). (Continuará en el próximo número)