

UN SISTEMA NOMOGRAFICO PARA EL CALCULO DE LOS REQUERIMIENTOS DE AGUA (*)

GUILLERMO WHITTEMBURY, MANUEL RAMIREZ V., JAVIER FERNANDEZ Y
CARLOS MONGE CASSINELLI

INTRODUCCION :

En condiciones normales el organismo humano se encuentra en balance de agua, o sea que la cantidad de agua excretada es igual a la cantidad de agua ingerida. Para poder apreciar los requerimientos de agua, es necesario conocer la magnitud de las pérdidas que dependen de varios factores. La agrupación tabular o en forma de abacos cartesianos aritméticos, de estos factores, aunque suficientemente descriptiva, no se presta a una lectura fácil y precisa; además, la mayor parte de gráficas publicadas incluyen solamente algunos factores importantes en el balance del agua, siendo entonces necesario recurrir a dos o mas de ellas para obtener información completa.

Con datos tomados de la literatura (1-2-3) hemos construído un sistema nomográfico de escalas logarítmicas paralelas (4) en el cual se encuentran agrupadas las principales variables de las que depende el balance de agua en el ser humano.

PERDIDAS DE AGUA.— El agua del organismo se pierde por vías renal y extrarrenal. El volumen de orina debe ser suficiente para la eliminación de la carga excretora ofrecida al riñón. Esta carga depende de la producción calórica o de la ingesta calórica. La carga urinaria se expresa en miliosmoles por 24 horas y depende de la calidad de la

(*) Cátedra de Clínica Médica, Laboratorio de Investigaciones e Instituto de Biología Andina. Lima, Perú.

dieta: (a) Una dieta habitual se acepta que produce alrededor de 1200 miliosmoles en 24 horas; (b) el ayuno produce alrededor de 800 miliosmoles en 24 horas por combustión endógena (principalmente proteínas); (c) si se bloquee el catabolismo proteico de un sujeto en ayunas, dándole 0.04 a 0.05 gramos de carbohidratos por caloría metabolizada, la carga se reduce a un valor aproximado de 600 miliosmoles en 24 horas; d) una dieta hipercalórica, hipoproteica e hiposalina, puede llegar a bajar la carga renal hasta un mínimo de 200 miliosmoles en 24 horas.

La capacidad de concentración del riñón determina el volumen urinario necesario para eliminar una determinada carga ofrecida al riñón. El volumen urinario, por lo tanto, depende de la capacidad de concentración, de la carga ofrecida al riñón y de la ingesta de agua.

El volumen urinario mínimo depende del máximo poder de concentración del riñón para una determinada carga. Por lo tanto, cuanto mayor sea la capacidad de concentración del riñón y menor la carga que se le ofrece, menor será el volumen urinario necesario para eliminarla. De lo dicho se desprende que el volumen urinario mínimo fijado en 500 cm³/24 horas es arbitrario; así por ejemplo el volumen urinario mínimo correspondiente a una dieta habitual puede ser de 850 cm³/24 horas y el de un sujeto que recibe una dieta hipercalórica, hipoproteica e hiposalina puede ser de 150 cm³/24 horas, siempre que el riñón esté en condiciones ideales de concentración máxima.

Las pérdidas extrarrenales normales son: a) pérdida insensible (evaporación por piel y pulmones); b) sudor; y c) heces.

La pérdida insensible la consideramos, siguiendo a Darrow y Pratt, en 0.42 cm³/Cal/24 horas. Newburg (3), en una excelente revisión de la literatura y con datos de su propia experiencia, acepta que el 25 % de las Calorías totales corresponden a la pérdida insensible, o sea 0.43 cm³/Cal/24 horas.

Aunque la mayor parte de autores no consideran que se produce sudor en condiciones normales, Darrow y Pratt aceptan una pérdida diaria de 0.15 a 0.20 cm³/Cal/24 horas.

Darrow y Pratt señalan una pérdida de agua por las heces de 0.04 cm³ por Caloría de la dieta en 24 horas. Durante el ayuno la cantidad de agua eliminada por las heces es insignificante.

EI SISTEMA NOMOGRAFICO.— En la construcción de este sistema nomográfico, nos hemos basado en valores tomados de Gamble (2) y Darrow y Pratt (1). Hemos partido de la base de un adulto de 70 kg. sano, en condiciones ambientales normales, con una producción de 3,000 Calorías en 24 horas y una pérdida insensible (piel y pulmones)

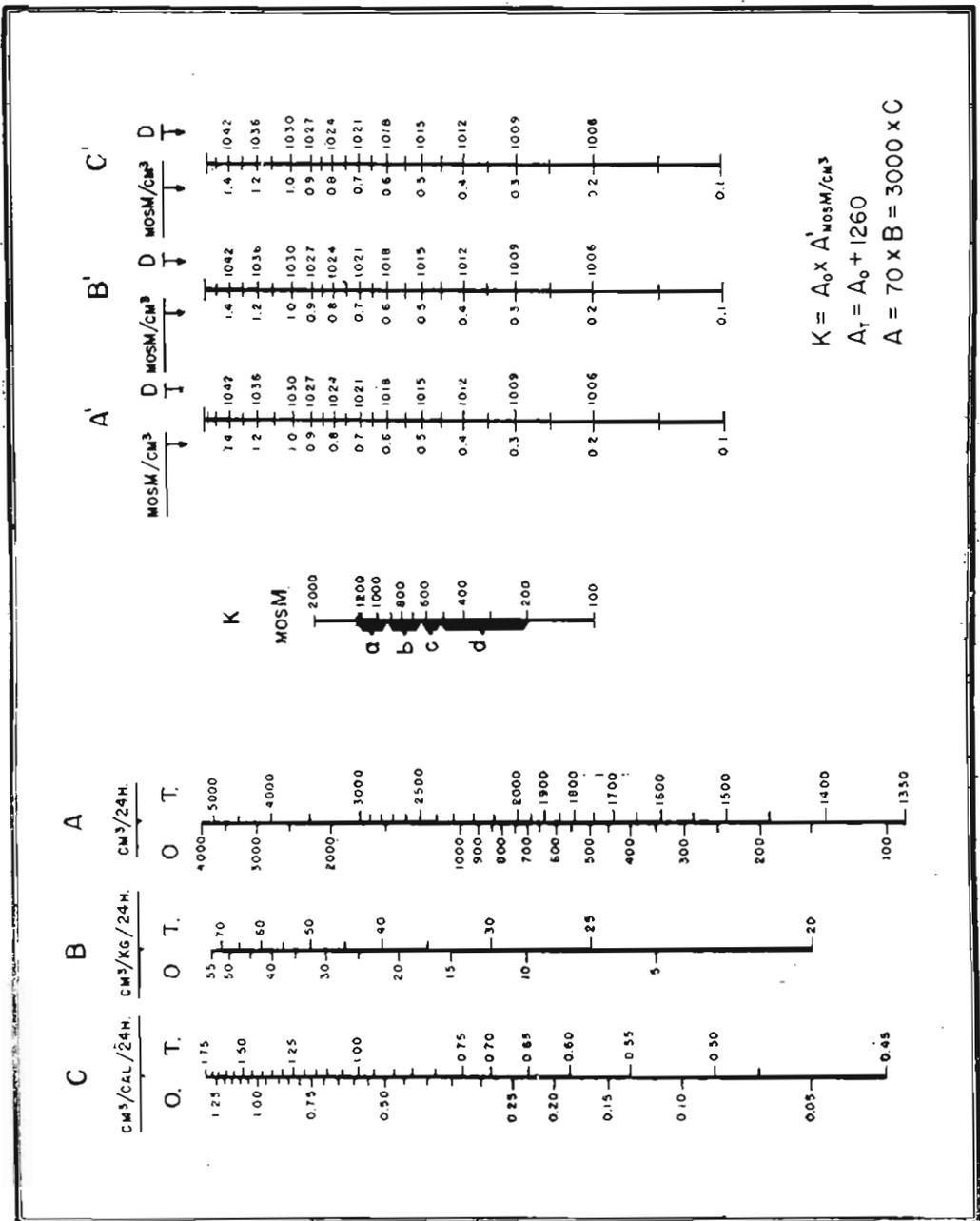
de 1,260 cm³ en 24 horas. No hemos tomado en consideración la pérdida por heces y el aumento de la pérdida insensible o sudor producidos por aumentos de la temperatura ambiente. Las escalas nomográficas han tomado como variables fundamentales el volumen urinario, concentración osmolar urinaria y la excreción osmolar total producida por el riñón; la evaporación por piel y pulmones permanece como una constante. De lo dicho se desprende que en casos de pérdidas anormales, como vómitos, diarreas, sudor profuso, etc., el sistema nomográfico mantiene su valor, pero el cálculo debe ser integrado con los valores de estas pérdidas anormales.

El sistema nomográfico consta de tres escalas fundamentales (Fig. Nº 1) que son A - K - A'. La escala A está expresada en centímetros cúbicos por 24 horas y corresponde a volúmenes urinarios (U) y requerimientos totales de agua (T). La escala K está expresada en miliosmoles urinarios en 24 horas (eliminación total de solutos). La escala A' está expresada en miliosmoles por centímetro cúbico de orina y en las densidades equivalentes. La escala B es equivalente a la escala A pero expresada en centímetros cúbicos de agua por kilogramo de peso en 24 horas. La escala C está expresada en centímetros cúbicos de agua por Caloría por 24 horas. Las escalas B' y C' no son sino repeticiones de A' para completar el sistema nomográfico. Los segmentos a, b, c y d de la escala K, corresponden a diversas osmolaridades dependientes de la dieta. El segmento a corresponde a una dieta habitual, b a un sujeto en ayunas, c a la administración de 0.04 a 0.05 gramos de glucosa por cada Caloría metabolizada, a un sujeto en ayunas y d a la administración de una dieta hipercalórica, hipoproteica e hiposalina.

Las fórmulas empleadas en la construcción del sistema nomográfico son: $K = A_o \times A'$ mosM/cm³; donde K es la eliminación total de solutos en la orina en mosM/24 h; A_o es el volumen urinario en cm³/24 h. y A' mosM/cm³ es la concentración osmolar urinaria en mosM/cm³. $A_T = A_o + 1,260$; donde A_T es el requerimiento total de agua en cm³/24 h.

y 1,260 es la pérdida insensible. La escala B se ha construido con los valores de A divididos por 70 (kg). La escala C con los valores de A divididos por 3,000 (Cal).

En la lectura del sistema nomográfico se usarán las escalas A - K - A'; ó B - K - B'; ó C - K - C', dependiendo de la información que se desee. El lector debe recordar que el monograma A - K - A' está construido sobre la base de 3,000 Calorías metabolizadas y 70 kg. de peso corporal, por lo tanto, da valores prácticamente máximos para orina y requeri-



A', B', C' : concentración osmolar urinaria (mosM/cm3) y densidades urinarias correspondientes (D). K : excreción total de solutos en orina de 24 horas, expresada en miliosmoles (mosM); a : dieta habitual, b : ayuno, c : 0.04 a 0.05 gramos de glucosa por cada Caloría metabolizada (sujeto en ayunas); d : dieta hipercalórica, hipoproteica e hiposalina. A : volumen de orina (O) y requerimiento total de agua (T) en 24 horas (cm3/24 h), correspondientes a un sujeto de 70 kg. que metaboliza 3,000 Calorías. B : los mismos valores de A expr esados por kg. de peso (cm3/kg/24 h). C : los mismos valores de A expresados por Caloría metabolizada (cm3/Cal/24 h).

mientos totales de agua. El monograma B - K - B', basado como el anterior en 3,000 Calorías, tiene la ventaja de expresar los datos corregidos por kilogramo de peso corporal y por lo tanto permite calcular los requerimientos urinarios o totales de agua en sujetos de cualquier peso. El monograma C - K - C' es indudablemente el más útil pues toma en cuenta las Calorías metabolizadas por el sujeto y es en este monograma donde se han puesto en juego todas las variables descritas en el presente trabajo.

Las lecturas se hacen en la forma habitual, usando una recta que una los valores deseados en cada uno de estos tres grupos de escalas. Ejemplo: deseamos conocer cuál será el volumen urinario y el requerimiento total de agua de un sujeto que elimina en la orina de 24 horas 1,200 miliosmoles (dieta habitual) y cuya densidad urinaria deseamos que sea de 1.018. Tomamos el valor de 1.018 en A' y lo unimos por medio de una recta con el de 1,200 en la escala K; la prolongación de esta línea al cortar la escala A, nos da la respuesta: 2,000 cm³ de volumen urinario (escala O) y 3,300 cm³ de requerimiento total de agua (escala T). Ejemplo: ¿qué cantidad de agua necesita un paciente que ingiriendo una dieta hipoproteica e hiposalina que aporta 1,800 Calorías elimina una orina con una densidad de 1.006?. Se usarán las escalas C, K y C'. Uniremos 1.006 en la escala C' con 400 mosM en K (esta cifra es arbitrariamente seleccionada de acuerdo a lo señalado anteriormente) y al prolongar la recta cortaremos C en 1.08 cm³/Cal/24 horas (escala T). Como el valor calórico de la dieta es de 1,800 Calorías, multiplicaremos 1.08 x 1 800 = 1 944 cm³/24 horas. El paciente debe recibir aproximadamente 1 950 cm³ de agua en 24 horas. Es obvio que el nomograma puede ser usado en cualquier sentido y que siempre que se conozcan dos variables relacionadas, podremos obtener la tercera.

DISCUSION: La importancia del balance de agua en la clínica es aceptada universalmente. A menudo, el médico se conforma con el conocimiento de los valores absolutos de volumen urinario, pérdida insensible y requerimiento total de agua. El sistema nomográfico presentado permite, aún a la rápida inspección visual, tener una idea de las amplias variaciones que pueden experimentar estos valores, dependiendo del peso corporal, la dieta y la densidad urinaria. Darrow y Pratt (1) recomiendan hacer los cálculos de requerimiento total de agua sobre la base de una orina cuya densidad sea de 1.012, porque de esta manera el riñón tiene suficiente reserva para cubrir las pequeñas deficiencias que puedan producirse por las heces, el aumento de la perspiración insensible y el sudor.

El sistema nomográfico no solamente tiene valor práctico para la determinación de los requerimientos totales de agua, sino sirve también para calcular los volúmenes urinarios mínimos correspondientes a dietas y densidades urinarias diferentes. Conocidos el volumen y densidad urinarios de un determinado paciente, el médico puede calcular la carga osmolar eliminada en 24 horas y de esta manera saber si el paciente está eliminando o reteniendo sólidos. El sistema nomográfico también puede ser aplicado al cálculo del requerimiento de agua en los niños, recordando solamente que la carga renal de un lactante alimentado artificialmente cae en la parte baja de la zona α de la escala K y que si la lactancia es materna es casi tan baja como la correspondiente a la zona ϵ de la escala K.

Los valores tomados en la construcción del sistema nomográfico, son necesariamente aproximados a la realidad y de ninguna manera deben tomarse con absoluta rigidez. La intención de los autores ha sido ayudar al médico en la interpretación cuantitativa del balance del agua y su mejor aplicación a los casos individuales, pero no pretenden reemplazar el criterio clínico que debe guiar todo estudio de balance en sus aplicaciones prácticas.

RESUMEN

Se presenta un sistema nomográfico que relaciona las siguientes variables: volumen urinario, osmolaridad urinaria total y concentración osmolar urinaria. La pérdida insensible se ha tomado como constante, con un valor de 0.42 cm³/Cal/24 horas. El sistema nomográfico permite calcular los requerimientos totales y urinarios de agua en cm³/24 horas, cm³/kg. peso/24 horas y en cm³/Cal/24 horas. Los autores discuten las aplicaciones prácticas de este sistema nomográfico y sus limitaciones.

SUMMARY

A nomographic system is presented in order to calculate the urinary and total body requirements of water in ml/24kg/h; ml/kg/24 h; and ml/Cal/24 h. The fundamental variables used to construct the system were: total urinary solutes (mosM) in 24 hours, urinary osmolar concentration (mosM/ml) and 24 hours urinary output. The insensible loss of water was maintained constant at 0.42 ml/Cal/24 h, in the construction of the nomographic system. The practical applications of the nomographic system in clinical medicine are discussed.

BIBLIOGRAFIA

- 1.— DARROW, D. C., y PRATT, E. L.
Fluid Therapy; relation to tissue composition and the expenditure of water and electrolyte.
J. A. M. A. 1950, 143, 365.
- 2.— GAMBLE, J. L.,
Chemical Anatomy, Physiology and Pathology of Extracellular Fluid.
Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 1947.
- 3.— NEWBURGH, L. H., y JOHNSTON, M. W.
The insensible loss of water.
Physiol. Reviews 1942, 22, 1.
- 4.— SOTILLO, P., C.
Apuntes sobre la construcción de Abacos o Nomogramas.
Ingeniería Civil, 1952, Año II, N° 2, Pág. 45.