

ESTUDIO POR COMPUTADORA DE LOS DESEQUILIBRIOS ELECTROLITICOS Y ACIDO-BÁSICOS

CENTRO DE CIBERNETICA APLICADA A LA MEDICINA (CECAM)

Dr. Carlos Colunga Salazar*, Dra. Norma Alejo Inda**, Dr. Sergio Travería Pola*** y Dr. Juan Brito Rodríguez****

Colunga Salazar, C. y otros: *Estudio por computadora de los desequilibrios electrolíticos y ácido-básicos.*

Se expresa que los trastornos del equilibrio electrolítico y ácido-básico, son frecuentes e importantes en la práctica pediátrica y su solución breve cobra una mayor urgencia por tratarse de la vida de un niño; por tal motivo, se ha desarrollado un programa en la microcomputadora personal 8001 MK II que evalúa rápidamente las posibles facetas de los trastornos electrolíticos y del equilibrio ácido-básico. El programa acepta datos clínicos y de laboratorio, contiene instrucciones para realizar cálculos, transmite la evaluación del equilibrio ácido-básico y también pregunta por la concentración de los electrolitos del suero en *mEq/l*. Además, genera como respuesta una nota evaluatoria, una lista de posibilidades etiológicas, una breve discusión de las medidas terapéuticas sugeridas y un número de referencias de la literatura revisada si el médico lo desea. En términos generales, los propósitos del programa son proveer al pediatra de una herramienta útil para resolver en breve tiempo un problema clínico de extremada urgencia como son los trastornos electrolíticos y del equilibrio ácido-básico, así como una importante guía metodológica y docente.

INTRODUCCION

Es de gran importancia el conocimiento del equilibrio ácido-básico y electrolítico del organismo, el cual ha traspasado el dominio del fisiólogo y del bioquímico para invadir el campo de acción del laboratorista, el clínico y el cirujano. Para el pediatra, el enfrentamiento con los trastornos de dichos equilibrios ha sido casi un componente obligatorio en un gran número de afecciones del niño, y el reajuste de ellos es parte diaria de su labor terapéutica.¹

La severidad y la rapidez de la instauración de los síntomas de estos trastornos, ha hecho que el médico deba tomar decisiones rápidas y con mínimas posibilidades de errores que pudieran convertir dichos trastornos en irreversibles, y atenten contra la vida del niño.

Debido a la urgencia de resolver y detectar las alteraciones electrolíticas y del equilibrio ácido-básico de forma confiable y en breve tiempo, se ha hecho necesario desarrollar nuevos procedimientos capaces de diagnosticar tales procesos de una forma segura y rápida.

* Especialista de I Grado en Fisiología Normal y Patológica. CECAM.

** Especialista de I Grado en Bioquímica Clínica. INHA.

*** Especialista de I Grado en Pediatría. Hospital Pediátrico Centro Habana.

**** Especialista en Planificación de Programas. CECAM.

De aquí la importancia del desarrollo de un método automatizado que consiste en la utilización de un programa computacional que tenga los propósitos de proveer al médico de una herramienta útil para resolver de un modo rápido y con ausencia de posibles errores subjetivos, los frecuentes trastornos del equilibrio electrolítico y ácido-básico.

MATERIAL Y METODO

El procesamiento ha sido realizado mediante el empleo de una microcomputadora PC 8001 modelo MK II (NEC) de 8 bits y de fabricación japonesa, que consta de una pantalla en colores, un procesador central o microprocesador Z-80, una impresora de caracteres y la unidad de discos flexibles que sirve para almacenar en discos magnéticos cualquier tipo de información que va a ser utilizada como resultado del procesamiento de los datos.

El programa ha sido desarrollado en lenguaje de programación BASIC N-80 y consta de un programa principal y 2 ficheros, que no son más que un conjunto de información lógicamente unida y almacenada en un medio de soporte determinado. En estos ficheros se conserva almacenada la mayor parte de la información teórica que va a ser posteriormente necesaria en la evaluación de los casos.

El usuario teclea los valores que son los datos clínicos y de laboratorio que acepta el programa, se hacen los cálculos y procesamientos indicados, y se genera como respuesta una nota evaluatoria que brinda un diagnóstico en función de los datos administrados. Posteriormente el programa tiene instrucciones para ir a los discos magnéticos y elegir la información teórica en dependencia del resultado obtenido en la evaluación.

La computadora pide como datos iniciales el nombre y apellidos del paciente, hospital de procedencia y los valores de pH, presión de CO_2 (PCO_2), estándar bicarbonato (S. B.), exceso de base (E. B.), sodio (Na), potasio (K) y cloro (Cl). Todos estos parámetros son reflejados en la pantalla de modo que la computadora esperará que el usuario dé el valor correspondiente por el teclado para cada uno de ellos.

Para el caso particular del pH que varía dentro de un rango estrecho, si el usuario da una cifra que esté fuera de los valores compatibles para la vida, el programa lo ignorará y responderá por la pantalla con el siguiente mensaje: "Este valor que Ud. nos dió es incompatible con la vida, por favor compruebe nuevamente el resultado y teclee el verdadero valor determinado".

El programa presenta además la dualidad de aceptar la PCO_2 en milímetros de mercurio (*mmHg*), como en unidades kilopascal (kPa), y para este caso contiene instrucciones de cálculo con el fin de convertir finalmente la PCO_2 en *mmHg*.

Con respecto a los datos clínicos, el programa hace preguntas a través de la pantalla concernientes a la función ventilatoria del niño, la posibilidad de ingestión de altas dosis de aspirina y salicilatos, así como otras preguntas adicionales necesarias para dar un diagnóstico correcto del trastorno del equilibrio. Además, se evalúa el desorden electrolítico independientemente del número de datos que el usuario suministre o en función de los datos que él disponga, por ejemplo: Na, K o Cl, cada uno de ellos independientemente, combinaciones de 2 electrolitos: Na y K, Na y Cl o K y Cl, y finalmente cuando se dan como datos los valores de los 3 electrolitos conjuntamente.

En la nota evaluatoria el programa puede reflejar distintos tipos de trastornos del equilibrio ácido-básico como: acidosis metabólica compensada y no compensada, alcalosis metabólica compensada y no compensada, acidosis respiratoria compensada y no compensada, alcalosis respiratoria compensada y no compensada, acidemia, alcalemia, hipoba-

semia, hiperbasemia, hipocapnia, hipercapnia y los desequilibrios mixtos: acidosis metabólica + acidosis respiratoria, alcalosis metabólica + alcalosis respiratoria, acidosis metabólica + alcalosis respiratoria y alcalosis metabólica + acidosis respiratoria.²⁻¹⁵ En caso de no existir ningún trastorno del equilibrio ácido-básico, aparecerá el siguiente mensaje: "El pH, PCO₂, S. B. y E. B. son compatibles con algún trastorno del equilibrio ácido-básico".

Conjuntamente se evalúan los trastornos del equilibrio electrolítico como son: hiponatremia, hipernatremia, hipopotasemia, hiperpotasemia, hipocloremia e hipercloruremia, así como todas las posibles combinaciones de estos trastornos como por ejemplo: hiponatremia e hiperpotasemia, hipopotasemia e hipercloruremia etcétera.²⁻¹⁵ Además, en caso de no existir alteraciones el programa responderá igualmente con un mensaje que expresará lo siguiente: "No existen alteraciones electrolíticas al hacer el análisis del ionograma".

Posteriormente, y en dependencia de la evaluación diagnóstica, aparecerá una lista de las posibles causas que pudieran haber desencadenado el proceso. Por ejemplo: en caso de tratarse de una acidosis metabólica no compensada con asociación de una hiponatremia e hiperpotasemia, aparecerán todas las posibles causas que pudieran haber conducido a la acidosis metabólica y a la hiponatremia e hiperpotasemia.²⁻¹⁵

A continuación se brinda un resumen terapéutico de urgencia con los medicamentos y sus dosificaciones para aquellos trastornos que van a ser tratados. En algunos casos, como en los desequilibrios mixtos, se dan las medidas terapéuticas de urgencia y se hace referencia a la página del capítulo correspondiente al tratamiento en las Normas de Pediatría, para que el usuario pueda continuar con la revisión del resto de las medidas terapéuticas.^{2,3}

Por último, si el usuario lo desea, el programa brinda la posibilidad de conocer toda la bibliografía consultada y ordenada, preferentemente según el volumen de información obtenido para la realización de dicho trabajo.

RESULTADOS

Se muestran los resultados de la aplicación del programa computacional a los datos obtenidos de la gasometría y el ionograma realizados a un niño que llega al cuerpo de guardia de un hospital pediátrico con náuseas y vómitos frecuentes.

El anexo 1 muestra los datos generales del niño y los valores de los parámetros cuestionados por la computadora como datos para la realización del diagnóstico. Posteriormente, breves segundos después de la realización de algunas preguntas clínicas que la computadora formula al usuario, aparece una nota evaluatoria, que en este caso, y en dependencia de los datos clínicos y de laboratorio, se trata de una acidosis metabólica no compensada con asociación de una hiponatremia e hiperpotasemia (anexo 1).

En el anexo 2 podemos observar una lista breve de todas las posibles causas que puedan producir una acidosis metabólica y a continuación el anexo 3 nos muestra todas las causas más probables que pudieran haber desencadenado la hiponatremia que se ha instaurado en el paciente.

A continuación aparecerán las posibles causas de hiperpotasemia para que le sirvan al médico de guía conjuntamente con las causas anteriormente expuestas, lo que evita, de este modo, la posibilidad de alguna omisión en la consideración del clínico.

El anexo 4 muestra de una forma esquemática el tratamiento de urgencia con los medicamentos más comunes y sus respectivas dosificaciones.

Anexo 1

DATOS GENERALES Y VALORES DE LOS PARAMETROS CUESTIONADOS POR LA COMPUTADORA COMO DATOS PARA LA REALIZACION DEL DIAGNOSTICO, Y NOTA EVALUATORIA CON EL TIPO DE TRASTORNO INSTAURADO. ESTUDIO POR COMPUTADORA DE LOS TRASTORNOS ELECTROLITICOS Y DEL EQUILIBRIO ACIDO-BASICO

Nombre y apellidos: Rosa Pérez.

Hospital: Pediátrico Centro Habana.

pH: 7,3

PCO₂: 29 mmHg

S. B.: 19

E. B.: -2, 8

Na: 128

K: 7

Cl: 103

NOTA EVALUATORIA

El pH: 7,3 PCO₂: 29, S. B.: 19 y E. B.: -2,8 son compatibles con una ACIDOSIS METABOLICA NO COMPENSADA y con asociación de una HIPONATREMIA E HIPERPOTASEMIA al hacer el análisis del ionograma.

Anexo 2

LISTA BREVE DE TODAS LAS POSIBLES CAUSAS QUE PUEDEN DESENCADENAR UNA ACIDOSIS METABOLICA

Las causas más comunes de Acidosis Metabólica son:

- I. Ingreso de un ácido fuerte.
1. Ingreso de un ácido exógeno:
Acidosis por ingestión de NH₄Cl que se metaboliza en el hígado, en urea y HCl.
2. Oxidación incompleta de las grasas con formación de cuerpos cetónicos.
a) acidosis diabética b) acidosis del ayuno
3. Oxidación incompleta de los carbohidratos (ácido láctico): acidosis láctica.
4. Retención de ácidos inorgánicos producto de un metabolismo normal. (H₃PO₄ y H₂SO₄): acidosis urémica.
- II. Pérdida de bicarbonato.
1. Por vía renal: Acidosis tubular renal, Acetozolamida.

2. Por vía digestiva: acidosis de las diarreas, fístula interna, vómitos.
- III. Expansión del líquido extracelular por soluciones sin CO₃H como en:
a) dilución por administración de solución salina isotónica.
b) dilución por atracción osmótica de líquido intracelular (acidosis por dilución).

Anexo 3

LISTA DE TODAS LAS POSIBLES CAUSAS QUE PUEDEN DESENCADENAR UNA HIPONATREMIA

El descubrimiento de una concentración de Na sérico disminuido significa que: las reservas de Na del organismo han sido significativamente disminuidas.

Las causas más comunes que provocan una depleción de Na incluyen:

- I. Pérdida excesiva de solutos (asociada a una baja reposición de los mismos)
 1. Piel: a) mucoviscidosis b) gran ingestión de H₂O después de sudoración profusa.
 2. Tracto digestivo: a) diarreas agudas b) vómitos c) drenajes, ileostomía.
 3. Tracto urinario: a) nefropatías perdedoras de sal b) nefropatías crónicas c) necrosis tubular aguda d) nefrosis (fase diurética) e) diuresis de solutos: diuréticos (mercuriales, acetozolamida, furosemida, etc.)
- II. Excesiva administración de agua:
 1. Oral: asociada a defectos en la excreción de H₂O como en la Insuficiencia Renal Aguda.
 2. Rectal: a) enemas en pacientes con megacolon y en el tratamiento del Tricocéfalo.
 3. Parenteral: a) iatrogenia por empleo de soluciones excesivamente hipotónicas.
- III. Anormalidad en la excreción de agua (con balance hídrico positivo).
 1. Insuficiencia Renal Aguda.
 2. Estímulo no osmótico de la actividad de la hormona antidiurética.
a) asociado a infecciones del SNC
b) drogas c) cirugía, traumatismo craneal.

ESQUEMA TERAPEUTICO DE URGENCIA

Con respecto a la Acidosis Metabólica que se ha instaurado sólo trataremos las acidosis moderadas (entre 9-16 mEq/l) o las graves (menos de 9 mEq/l)

1. Ante todo hay que detectar y tratar la enfermedad causal además de administrar una hidratación adecuada.
2. Bicarbonato de sodio al 4% a) si desconocemos la R. A.: 7 ml*kg de peso (eleva la R. A. en 10 vol%) b) si conocemos la R. A.: 0,6 ml*kg (35-R. A.)

La cantidad calculada puede inyectarse directamente en vena, lentamente, sin pasar de 40 ml por dosis y repetir a los 30 min la dosis restante.

Por ejemplo: si a un niño le corresponden 70 ml de bicarbonato de Na al 4%, le pasaríamos 40 ml de entrada y a los 30 min los restantes 30 ml

3. Lactato de sodio 1/6 molar. Se prepara diluyendo en 500 ml de dextrosa al 5 ó 10% un ampulita de 20 ml de lactosodio.

Hoy en día su uso ha sido sustituido casi totalmente por el bicarbonato. En caso de decidirse su empleo:

- a) Lactato de sodio 1/6 M : 20 ml*kg que eleva la R. A. en 10 vol%.
- b) Puede utilizarse también según la siguiente fórmula: Lactato de sodio 1/6 M = 1,8 kg (35-R. A.).

Si tenemos el B. E., la cantidad de mEq necesarios de solución alcalinizante se reduce según la siguiente fórmula: mWq. de bicarbonato = kg*0,3*E. B.

Recordar que cada ml de bicarbonato contiene 0,5 mEq. Así, para hallar directamente los ml de bicarbonato se utiliza la fórmula: kg*0,6*E. B.

Por último, en el anexo 5 aparece, en dependencia del interés del usuario, una relación de todas las referencias bibliográficas utilizadas para la revisión de estos trastornos electrolíticos y del equilibrio ácido-básico.

De acuerdo con la necesidad de resolver estos trastornos en el menor tiempo posible, una vez administrados los datos clínicos y de laboratorio a la computadora, el tiempo máximo de obtención de

la respuesta de evaluación diagnóstica, etiológica y tratamiento por paciente es menor de 1 min.

Anexo 5

RELACION DE LAS REVISIONES BIBLIOGRAFICAS CONSULTADAS PARA EL ESTUDIO DEL CASO

1. Pérez Stable, M.: Agua y electrolitos. Equilibrio ácido-básico. Temas de actualización en Pediatría 1: 287, 5, 1975.
2. Normas de Pediatría, Grupo Nacional de Pediatría. Editorial Científico Técnica, Habana, p. 172, 1979.
3. Nelson, W. E.: Text book of Pediatrics. Cap. 5. General considerations in the care of sick children, p. 274, 1979.
4. Guyton, A. C.: Tratado de Fisiología Médica 1, Sexta Edición. Editorial Pueblo y Educación, p. 533, 1981.
5. Ruza, F. y otros.: Cuidados intensivos pediátricos. Cap. XX. Deshidratación en el niño. Ediciones Norma, Madrid 28, p. 192, 1981.

DISCUSION

La aplicación de un método automatizado en la microcomputadora PC 8001 MK II (NEC) para el procesamiento de datos clínicos y de laboratorio obtenidos del ionograma y la gasometría de un niño que llega al cuerpo de guardia de un hospital pediátrico con un posible trastorno del equilibrio electrolítico y ácido-básico, reduce y simplifica el procedimiento lógico del diagnóstico clínico y diferencial que hace el clínico y alivia la sobrecarga asistencial que el médico pudiera tener, con el auxilio de la computadora a su servicio.

El programa ha sido desarrollado no sólo para ayudar el pensamiento clínico, sino también para proveer al estudiante de una práctica muy útil y de una herramienta clínica altamente confiable, rápida, infatigable y particularmente efectiva debido a que enseña y orienta el manejo de un problema clínico muy común en Pediatría.

Además, pretendemos no sólo suministrar información sobre el diagnóstico, causas y medidas terapéuticas de primera necesidad, sino también orientar al estudiante, y en general al médico, sobre la búsqueda de dicha información en la bibliografía correspondiente.

La amplia posibilidad que brinda el programa computacional de aportar información sobre causas y tratamientos así como el intento de realizar un diagnóstico, ofrece grandes perspectivas de aplicación de la computación, la cual vierte una gran utilidad práctica para el médico con fines asistenciales y docentes, que debemos impulsar y apoyar cada vez más para llegar a convertir nuestro país en una verdadera potencia en el campo de la salud.

SUMMARY

Colunga Salazar, C. et al.: *Study by computer of acid-base and electrolyte unbalances.*

It is expressed that disorders of acid-base and electrolyte unbalance, are frequent and important for pediatric practice and their brief solution comes to be of great urgency because deals with the life of children. For that reason, a programme has been developed in personal 8001 MK II microcomputer, which rapidly evaluates possible facets of electrolyte disorders and acid-base balance. The programme accepts clinical and laboratory data, has instructions to perform calculations, offers evaluation of acid-base balance and also ask for serum electrolyte concentration in mEq/l. In addition, as response it generates an appraisal note, a list of etiologic possibilities, a brief discussion of suggested therapeutical measurements and a reference number of reviewed literature is if desired by the physician. In general, the purposes of the programme are to provide pediatricians with an useful tool to solve briefly, an extremely urgent clinical problem such as disorders of electrolyte and acid-base balance, as well as an important methodologic and teaching guide.

RÉSUMÉ

Colunga Salazar, C. et al.: *Etude des déséquilibres électrolytiques et acido-basiques au moyen d'un ordinateur.*

Les troubles de l'équilibre électrolytique et acido-basique sont fréquents et importants dans la pratique pédiatrique, et leur solution rapide est de jour en jour plus urgente, étant donné qu'il s'agit de la vie d'un enfant; aussi a-t-on développé un programme dans le microordinateur personnel 8001 MK II, qui évalue rapidement les possibles aspects des troubles électrolytiques et de l'équilibre acido-basique. Le programme accepte des données cliniques et de laboratoire, contient des instructions pour réaliser les calculs, transmet l'évaluation de l'équilibre acido-basique et interroge sur la concentration des électrolytes du sérum en mEq/l. En plus, il donne comme réponse une note évaluative, une liste de possibilités étiologiques, une discussion sommaire des mesures thérapeutiques suggérées, ainsi qu'un certain nombre de références de la littérature revue, si le médecin en veut. En général, les buts du programme sont d'apporter au pédiatre un moyen utile pour résoudre en peu de temps un problème clinique extrêmement urgent, tel que les troubles électrolytiques et de l'équilibre acido-basique, de même que constituer un guide important en ce qui concerne la méthodologie et l'enseignement.

BIBLIOGRAFIA

1. Pérez Stable, M.: Agua y electrólitos. Equilibrio ácido-básico. Temas de actualización en Pediatría 1: 287, 5, 1975.
2. Grupo Nacional de Pediatría: Normas de Pediatría. Editorial Científico-Técnica, Habana, 1979. P. 172.
3. Nelson, W. E.: Text Book of Pediatrics. Cap. 5. General considerations in the care of sick children. 1979. P. 274.
4. Guyton, A. C.: Tratado de Fisiología Médica I. 6ta edición. Editorial Pueblo y Educación, 1981. P. 533.
5. Ruza, F. y otros: Cuidados intensivos pediátricos. Cap. XX. Deshidratación en el niño. Madrid, 28, Ediciones Norma, 1981. P. 192.

6. *Irvine, R. D.*: Diet and drugs in renal acidosis and acid-base regulation. *Prog Biom Pharmacol* 7: 146, 1972.
7. *Kintner, E. P.*: Acid-base, blood gas and electrolyte balance. *Prog Clin Pathol* 4: 11, 1972.
8. *Davidson, I.; J. B. Henry*: *Clinical Diagnosis. Laboratory methods*. 15 th edition, Philadelphia, W. B. Saunders Co., 1974. P. 145.
9. *Schwartz, W. B.; A. S. Relman*: Effects of electrolyte disorders on renal structures and function. *N Engl J Med* 276: 452, 1967.
10. *Schwartz, W. B.; A. S. Relman*: A critique of the parameters used in the evaluation of acid-base disorders. *N Engl J Med* 268: 1382, 1963.
11. *Grogono, A. W. et al.*: An in vivo representation of acid-base balance. *Lancet* 2: 499, 1976.
12. *Klahr, S.; E. Slatopolsky*: Renal regulation of sodium excretion. *Arch Int Med* 131: 780, 1973.
13. *Thodenius, K.*: Renal control of sodium homeostasis in infancy. *Acta Paediatr Scand (Suppl)* 253, 1974.
14. *Williams, G. H.; R. G. Dluhy*: Aldosterone biosynthesis. Interrelation ship of regulatory factors. *Am J Med* 53: 595, 1972.
15. *Tannen, R. L.*: The control of acid excretion by the kidney. *Annu Rev Med* 31: 35, 1980.

Recibido: 14 de mayo de 1985. Aprobado: 25 de septiembre de 1985.

Dr. *Carlos Colunga Salazar*. Centro de Cibernética Aplicada a la Medicina (CECAM). ISCM-H. Avenida 146 No. 2511 esquina 31, Reparto Cubanacán, municipio Playa, Habana 16, Ciudad de La Habana, Cuba.



MODELO DE SOLICITUD DE SUSCRIPCION
(LLENAR CON LETRA DE MOLDE)



Ediciones Cubanas

Name

Specialty

Institution

Address

City State

Telephone #

EMPRESA DE COMERCIO
EXTERIOR DE PUBLICACIONES

Publicidad y Promoción
Obispo No. 461 - Apartado 605
Ciudad de La Habana. CUBA

MODELO DE SOLICITUD DE SUSCRIPCION
(LLENAR CON LETRA DE MOLDE)



Ediciones Cubanas

Name

Specialty

Institution

Address

City State

Telephone #

EMPRESA DE COMERCIO
EXTERIOR DE PUBLICACIONES

Publicidad y Promoción
Obispo No. 461 - Apartado 605
Ciudad de La Habana. CUBA