

EL USO DE LAS COMPUTADORAS DE MANO EN LAS UNIDADES DE CUIDADOS INTENSIVOS

*JAIME ASSAD-GUTIÉRREZ

**MARÍA EUGENIA MALJA-AGUIRRE

**RICARDO CHÁVEZ-COSÍO

RESUMEN

Las computadoras de mano constituyen por su tamaño y facilidad de manejo una herramienta útil en la evaluación del paciente en estado crítico sometido a complejos sistemas de monitoreo y tratamiento. Se presentan cuatro programas: el primero calcula las variables derivadas de las mediciones de gases sanguíneos; el segundo los índices derivados de las mediciones hemodinámicas directas y los dos últimos calculan los requerimientos para el apoyo nutricional parenteral. Estos programas representan una opción razonable frente a otros sistemas de procesamiento de datos, principalmente por la posibilidad de emplearse en la cabecera del enfermo.

Palabras clave: Computadoras de mano. Programas.

SUMMARY

The hand held computers are useful instruments in evaluation of the critical ill patient subject to complex system of monitoring and treatment. Four programs are present in this paper: the first calculates the variables derivates on arterial blood gases; the second calculates the hemodynamics index; the third and fourth calculate the requeriments in parenteral nutrition. This programs are a better option to other procesing system for their use to the patient bedside.

Key words: Hand held computers. Programs.

Se calcula que hace menos de 25 años se inició la computación médica.¹ y casi junto con el desarrollo de la medicina crítica las computadoras han ido ocupando un lugar cada vez más amplio en esta joven disciplina.

La complejidad del estado de los pacientes en estas áreas de cuidado intensivo obligan al uso de sofisticada tecnología para el "apoyo vital", así como de complejos sistemas de vigilancia fisiológica.

Los sistemas de computación pueden hallar aplicación en la medicina de asistencia crítica de innumerables maneras. Una de ellas es la de cálculo: dado que el monitoreo del paciente presenta al grupo médico una

serie de variables medibles directamente y lo enfrenta a la tarea de calcular otras, muchas de ellas índices más finos del estado fisiológico de dichos pacientes.

Los avances en microelectrónica han sido capaces de desarrollar computadoras de mano con suficiente "poder" de cómputo. Todas las generaciones de computadoras de mano son pequeñas y activadas por baterías, no pierden los programas cuando se apaga la corriente, son programables en lenguaje BASIC, pueden enlazarse con audiocassettes para el almacenamiento de programas a largo plazo, así también pueden conectarse a una impresora de baterías y la computadora misma ofrece un despliegue de cristal líquido de una o varias líneas.

*Médico Anestesiólogo Intensivista.

**Médico Anestesiólogo.

Trabajo realizado en la Unidad de Cuidados Intensivos y el Servicio de Anestesiología, del Hospital Regional "Lic. Adolfo López Mateos", ISSSTE.

Recibido: 12 de febrero de 1988. Aceptado: 28 de abril de 1988.

Sobretiros: Jaime Assad-Gutiérrez. Pílares 206-4, Col. del Valle. 03100 México, D.F.

Se utilizó una computadora Radio Shack TRS-80, modelo PC-3, con las siguientes dimensiones: 13.5 X 7.0 X 0.95 cm, un peso aproximado de 115 g y una capacidad de memoria (RAM) de 3486 bytes.

Para la elaboración de cada uno de los programas se utilizó el lenguaje de programación BASIC.

Con el objeto de generar las variables hemodinámicas y respiratorias se utilizaron fórmulas de uso generalizado.²⁻⁴

En la elaboración de los programas para calcular los requerimientos nutricionales por administrar mediante el régimen de nutrición parenteral total se utilizó la ecuación de Harris-Benedict más un factor de corrección según el nivel de stress y de actividad.⁵⁻⁹

Descripción de los programas:

1. Perfil respiratorio.

En este programa se requiere la introducción de los siguientes datos: hemoglobina (HB) en gramos por decilitro, fracción inspirada de oxígeno (FIO₂) en % (ej. 0.21), presión arterial de bióxido de carbono (PCO₂) en milímetros de mercurio, presión arterial de oxígeno (PO₂) en milímetros de mercurio, saturación arterial de oxígeno (SAO₂) en % (ej. 0.98), saturación de oxígeno en mezcla venosa (SVO₂) en % (ej. 0.63), presión de oxígeno en mezcla venosa (PVO₂) e índice cardíaco (IC) en litros por metro cuadrado de superficie corporal.

Mediante fórmulas convencionales se calculan los índices y variables derivadas:

A) Presión alveolar de oxígeno (PAO₂) = (536 X FIO₂) - PCO₂. mm/Hg.

B) Gradiente alveolo arterial (GAA) = PAO₂ - PO₂. mm/hg.

C) Contenido arterial de oxígeno (CAO₂) = (HB X 1.34 X SAO₂) + (PVO₂ X 0.0034). ml %.

D) Contenido venoso de oxígeno (CVO₂) = (HB X 1.34 X SVO₂) + (PVO₂ X 0.0034). ml %.

E) Contenido capilar de oxígeno (CCO₂) = (HB X 1.34) + (PAO₂ X 0.0034). ml %.

F) Cortocircuito arteriovenoso (QS/QT) = (CCO₂ - CAO₂) / (CCO₂ - CVO₂). ml %.

G) Diferencia arterio venosa de oxígeno (DAVO₂) = CAO₂ - CVO₂. ml/dl de sangre.

H) Índice de Kirby = PO₂ / FIO₂.

I) Tasa de extracción de oxígeno (TE) = (DAVO₂ - CAO₂) / CAO₂ X 100. %

J) Índice de oxígeno disponible (O₂D) = CAO₂ X IC X 10. ml/min/metro cuadrado.

K) Consumo de oxígeno (KO₂) = DAVO₂ X IC X 10. ml/min.

L) Índice de transporte efectivo de oxígeno. (ITEO₂) = KO₂ / IC.

Finalmente presentará cada una de las variables calculadas en las unidades correspondientes. Cuadro I.

CUADRO I
PROGRAMA PARA EL CALCULO DE VARIABLES DERIVADAS
DE LAS MEDICIONES DE GASES SANGUINEOS

```
100: PRINT "TRANSPORTE DE O2"
110: CLEAR: INPUT "HB =", A, "FIO2 =", B, "PCO2 =", C, "PO2 =",
    D, "SAO2 =", E, "SVO2 =", F, "PVO2 =", G
120: INPUT "IC =", H
130: I = 536 * B - C: J = I - D: K = A * 1.34 * E + D * .0031: L = A * 1.34 * F + G
    / .0031: M = A * 1.34 + I * .0034
140: N = (M - K) / (M - L): O = K - L: P = D / B: Q = O * 100 / K: R = H * K *
    10: S = O * H * 10: T = S / H
150: PRINT USING "####.#"; "PAO2="; I: "___TORR"
160: PRINT USING "####.#"; "GAA="; J: "___TORR"
170: PRINT USING "####.#"; "CAO2="; K: "___ML %"
180: PRINT USING "####.#"; "CVO2="; L: "___ML %"
190: PRINT USING "####.#"; "CCO2="; M: "___ML %"
200: PRINT USING "####.#"; "QS/QT="; N: "___%"
210: PRINT USING "####.#"; "DAVO2="; O: "___ML"
220: PRINT USING "####.#"; "IK="; P
230: PRINT USING "####.#"; "TE="; Q: "___%"
240: PRINT USING "####.#"; "O2D="; R: "___ML/MIN"
250: PRINT USING "####.#"; "KO2="; S: "___ML/MIN"
260: PRINT USING "####.#"; "ITEO2="; T: END
```

2. Perfil hemodinámico.

Se deberán introducir los siguientes datos: área de superficie corporal (SC) en metros cuadrados, frecuencia cardíaca (FC) en latidos por minuto, presión arterial media (PAM) en milímetros de mercurio, presión media pulmonar (PMP) en milímetros de mercurio, presión capilar pulmonar (PWP) en milímetros de mercurio, presión venosa central (PVC) en milímetros de mercurio y gasto cardíaco (GC) en litros por minuto.

Mediante fórmulas convencionales se calcula:

A) Índice cardíaco (IC) = GC / SC. litros/metro cuadrado.

B) Índice de resistencia vascular sistémica (IRVS) = (PAM - PVC) X 79.92 / IC din/seg/cm⁵/m²

C) Índice de resistencia vascular pulmonar (IRVP) = (PMP - PWC) X 79.92 / IC din/seg/cm⁵/cm².

D) Índice sistólico (IS) = IC / FC X 1000 ml/metro cuadrado.

E) Índice de trabajo sistólico del ventrículo izquierdo (ITSVI) = IS X PAM X 0.0144 g/m/metro cuadrado.

F) Índice de trabajo sistólico del ventrículo derecho (ITSVD) = IS X PMP X 0.0144 g/m/metro cuadrado.

G) Índice de trabajo cardíaco izquierdo (ITCI) = IC X PAM X 0.0144 g/m/metro cuadrado.

H) Resistencia vascular sistémica (RVS) = PAM - PVC / GC X 79.92 din/seg/cm⁵

I) Resistencia vascular pulmonar (RVP) = PMP - PWP / GC X 79.92 din/seg/cm⁵

Finalmente presentará cada una de las variables calculadas en las unidades correspondientes. Cuadro II.

CUADRO II

PROGRAMA PARA EL CALCULO DE INDICES Y VARIABLES DERIVADAS DE MEDICIONES HEMODINAMICAS DIRECTAS

```
300: PRINT "PERFIL HEMODINAMICO"
310: CLEAR: INPUT "SC=",A,"FC=",B,"PAM=",C,"PMP=",D,
  "PWP=",E,"PVC=",F,"GC=",G
320: Z = 79.92:X = .0144:I = Z*(C-F)/H:J = Z*(D-E)/H:K = H/B*
  1000
330: L = K*C*X:M = K*D*X:N = H*C*X:O = H*D*X:P[(C-E)/G]*Z:
  Q = [(D-E)/G]*Z
340: PRINT USING "###.##";"IC=";H;"_L"
350: PRINT USING "#####";"IRVS=";I;"_DIN"
360: PRINT USING "#####";"IRVP=";J;"_DIN"
370: PRINT USING "#####";"IS=";K;"_ML"
380: PRINT USING "#####";"ITSVI=";L
390: PRINT USING "#####";"ITSVD=";M
400: PRINT USING "#####";"ITCI=";N;"_KG"
410: PRINT USING "#####";"ITCD=";O;"_KG"
420: PRINT USING "#####";"RVS=";P;"_DIN"
430: PRINT USING "#####";"RVP=";Q;"_DIN": END
```

3. Requerimientos para el apoyo nutricional parenteral.

-Se deberán introducir los siguientes datos: peso (W) en kilogramos, estatura (H) en centímetros, edad (A) en años, sexo (SEX), porcentaje de carbohidratos deseado (CH), y nivel de stress (NS) de acuerdo al cuadro III.

Tomando como base la ecuación de Harris-Benedict más un factor de corrección según el nivel de stress y actividad⁵⁻⁹ se calculan:

- Requerimiento calórico total (RCT).
- Calorías por kilogramo de peso (CKP).
- Calorías no protéicas (CNP).
- Porcentaje de carbohidratos (CH).
- Porcentaje de grasas (GR).
- Gramos de proteínas (PR).
- Gramos de nitrógeno protéico (NP).
- Relación calorías nitrógeno (C/N).

Finalmente hará el cálculo, en mililitros, de las soluciones requeridas tomando como base las siguientes soluciones: "Intralipid al 10%", "Aminosol al 8.5%" y sol. glucosada al 50%.

- Mililitros de solución glucosada al 50% (SG).
- Mililitros de sol. de aminoácidos al 8.5% (AA)
- Mililitros de sol. de lípidos al 10% (IL).
- Total de mililitros administrados (LT). (Cuadro IV).

4. Análisis de una solución para nutrición parenteral.

Mediante este programa se desglosa el contenido de una solución de nutrición parenteral a partir de los mililitros dados de sus tres constituyentes básicos. Por lo que se requiere se introduzcan los siguientes datos: "in-

CUADRO IV

FACTORS DE CORRECCION SEGUN EL NIVEL DE ACTIVIDAD Y STRESS

NIVEL DE ACTIVIDAD	FACTOR DE CORRECCION
A) Confinado a la cama c/ventilación mecánica	= 1.1
B) Confinado a la cama s/ventilación mecánica	= 1.2
C) Reposo fuera de la cama	= 1.3
NIVEL DE ESTRESS	
A) PO cirugía menor	= 1.1
B) PO cirugía mayor	= 1.2
C) Infección leve	= 1.2
D) Trauma esquelético	= 1.35
E) Infección moderada	= 1.4
F) Quemaduras hasta 40% de superficie corporal	= 1.5
G) Infección severa	= 1.6
H) Traumatismo craneoencefálico	= 1.6
I) Quemaduras hasta 90% de superficie corporal	= 1.9

CUADRO IV

PROGRAMA PARA CALCULAR LOS REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES POR VIA PARENTERAL

```
500: CLEAR: PRINT "N P T"
520: INPUT "SEX=",S$,"W=",W,"H=",H,"E=",A,"FS=",F,"CH
  =" ,C
530: IF F = 1.3 THEN GO SUB 600
531: IF P = 1 THEN 560
540: IF F = 1.5 THEN GO SUB 601
541: IF P = 1.5 THEN 560
550: IF F = 2 THEN GO SUB 602
560: IF S$ = "M" THEN 565
561: IF S$ = "F" THEN 566
565: Z = 66 + 13.7*W + 5*H - 6.8*A: GOTO 610
566: Z = 65.5 + 9.6*W + 1.7*H - 4.7*A: GOTO 610
590: GOTO 610
600: P = 1:K = 1.3: RETURN
601: P = 1.5:K = 1.2: RETURN
602: P = 2:K = 1.1: RETURN
610: X = Z*K*F:Y = X/W:N = P*W:V = X - N*4
620: M = N/6.5:G = 100 - C:B = V/M:D = V*C/185:E = V*G/110:I =
  N*1000/85:J = D + E + I
640: PRINT USING "#####";"RCT=";X;"_CAL"
650: PRINT USING "#####";"CKP=";Y;"_CAL"
660: PRINT USING "#####";"CNP=";V
670: PRINT USING "#####";"PR=";N;"_G"
680: PRINT USING "#####";"NP=";M;"_G"
690: PRINT USING "#####";"GR=";G;"_%"
700: PRINT USING "#####";"CH=";C;"_%"
710: PRINT USING "#####";"C/N=";B;"_I"
720: PRINT USING "#####";"SG=";D;"_ML"
730: PRINT USING "#####";"IL=";E;"_ML"
740: PRINT USING "#####";"AA=";I;"_ML"
750: PRINT USING "#####";"LT=";J;"_ML": END
```

tralipid al 10%" (IL) en mililitros, "Aminosol al 8.5%" (AA) en mililitros, solución de glucosa al 50% (SG) en mililitros y el peso del paciente, en kilogramos.

Los resultados esperados serán:

- A) Calorías totales (CT).
 - B) Calorías por kilogramo de peso (CKP).
 - C) Calorías no proteicas (CNP).
 - D) Porcentaje de carbohidratos (CH).
 - E) Porcentaje de grasas (GR).
 - F) Gramos de proteínas (P).
 - G) Gramos de nitrógeno (N).
 - H) Relación calorías nitrógeno (C/N).
 - I) Total de mililitros administrados (LT).
- (Cuadro V).

CUADRO V
PROGRAMA PARA ANALIZAR EL CONTENIDO DE
UNA SOLUCION DE NUTRICION PARENTERAL TOTAL A
PARTIR DE LOS MILILITROS DE LOS TRES
CONSTITUYENTES BASICOS

```
800: P. "SOL. NPT"
805: CLEAR: INPUT "IL=",A,"AA=",B,"SG=",C,"P=",D
810: R = 1.1*A + B*.34 + C*1.85: S = R/D: T = 1.1*A + C*1.85: U = (C*
      1.85)*100/T: V = 100 - U
815: W = D*.085: X = B*.0136: Y = T/X: Z = A + B + C
820: PRINT USING "#####"; "CT=";R
825: PRINT USING "#####"; "CKP=";S
830: PRINT USING "#####"; "CNP=";T
835: PRINT USING "#####"; "CH=";U; "___%"
840: PRINT USING "#####"; "GR="; "___%"
845: PRINT USING "#####"; "P=";W; "___G"
850: PRINT USING "#####"; "N=";X; "___G"
855: PRINT USING "#####"; "C/N=";Y; "___1"
860: PRINT USING "#####"; "LT=";Z; "___ML": END
```

Entre las desventajas de las computadoras de mano se encuentra lo limitado de su capacidad de "memoria", y en algunas la falta de minúsculas, lo que nos obliga a redactar los programas de una manera lo más eficiente posible y a emplear abreviaciones, no siempre, internacionalmente aceptadas.

Señalábamos al principio de este trabajo como una ventaja de este tipo de computadoras la velocidad de

cálculo, y como ejemplo, cada uno de los programas presentados requiere poco menos de 15 segundos para la ejecución y presentación de resultados.

Los programas antes señalados al ser comparados con otros^{2, 3, 10} resultan más fáciles de programar consumen menos capacidad de "memoria", y al igual que los anteriores, no requieren de profundos conocimientos de computación, son fáciles de transportar a la cabecera del enfermo, relativamente baratos y exactos.

Estos programas son fácilmente adaptables a otros sistemas de computadoras de mano, por ejemplo: Casio Mod. FX-702P, Casio FX-850P, Casio PB-700, Casio FX-750P, mediante pequeños cambios según las especificaciones del fabricante.

Los programas de cálculo hemodinámico y respiratorio también encuentran gran utilidad dentro del armamentario del anestesiólogo, sobre todo en el manejo del paciente sometido a algunos tipos de cirugía cardiovascular.

Es bien sabido que en la estimación del gasto energético el método más viable para el paciente en estado crítico es la calorimetría indirecta,^{6, 8, 9} sin embargo, este método no siempre está disponible en nuestro medio, por lo que habitualmente se tiene que recurrir a la estimación del gasto energético mediante fórmulas derivadas de múltiples mediciones,^{7, 8} entre las cuales destaca la de Harris-Benedict por su amplio uso,^{5, 8, 9} a la que se le agrega un factor de corrección según el nivel de stress y actividad.^{5, 7} En base a lo anterior se elaboró el programa correspondiente, sin tratar de mediar en la posible controversia acerca de la exactitud del método y solo como ejemplo de la aplicación de las computadoras de mano en esta área del cuidado intensivo.

La utilización de las computadoras de mano y de los programas expuestos, en la práctica diaria de nuestra Unidad de Cuidados Intensivos durante casi dos años nos ha demostrado su utilidad, sin reemplazar el juicio clínico.

Agradecimientos:

Al Ing. Anuar Atala C. por su asesoría técnica.

REFERENCIAS

- GARDNER R M. *Aplicación de datos computarizados en la toma de decisiones en situaciones de cuidado crítico*. Sug Clin North Am 1985; 4:1073-1084.
- LYNN L A, SUNDERAJAN E V. *Bedside respiratory analysis by pocket computer*. Crit Care Med 1986; 14:62-64.
- SHABOT M M, SHOEMALER W C, SATE D. *Rapid bedside computation of cardiopulmonary variables with a programmable calculator*. Crit Care Med 1977; 2:105-111.
- SHOEMAKER W C. *Pathophysiology, monitoring and therapy of shock syndromes*. IN: Shoemaker W C, Thompson W L. Eds. Critical Care. State of the art. 1a Ed. 1980. Vol. 1.
- APELGREN K N, WILMORE D W. *Cuidados nutricionales del enfermo crítico*. Surg Clin North Am 1983; 63:489-499.
- BLAU S A. *Nutritional Support of the neurosurgical patient*. Anesth Clin North Am 1987; 5:653-673.
- COLLEY C M, FLECK A, HOWARD J P. *Pocket computers: a new aid to nutritional support*. Br Med J 1985; 290:1403-1406.
- DAMASK M C, SCHWARZ Y, WEISSMAN C H. *Energy measurements and requirements of critically ill patients*. Crit Care Clin 1987; 3:71-96.
- FEURER I D, MULLERN J L. *Measurement of energy expenditure*. IN: ROMEAU J L, Caldwell M D. Parenteral nutrition. Vol. 2. 1a. Ed. Philadelphia. W.B. Saunders Company. 1986. Pag. 224-236.
- KRASNER J, MARINO P L. *The use of a pocket computer for hemodynamic profiles*. Crit Care Med 1983; 11:826-827.