

11224
2ej.
5

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE MEDICINA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

HOSPITAL REGIONAL "LIC. ADOLFO LOPEZ MATEOS"
I S S S T E

"EL USO DE LAS COMPUTADORAS DE MANO EN LAS
UNIDADES DE CUIDADO INTENSIVO"

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE ESPECIALISTA
EN MEDICINA DEL ENFERMO ADULTO EN ESTADO
CRITICO. PRESENTA Jaime Assad Gutiérrez
Médico Cirujano

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

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.

SUMMARY.

The hand held computers is an usefull instrument- in evaluation of the critical ill patient subject to com-plex system of monitoring and treatment. Here it is present four programs: the first calculate the variables derivates- on arterial blood gases; the second calculate the hemodyna- mics 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 bed- side.

Key words: Hand held computers. Programs.

INTRODUCCION.

Se calcula que hace menos de 25 años se inició la computación médica (11), y casi junto con el desarrollo de la medicina crítica las computadoras han ido ocupando un lugar cada vez mas amplio en esta joven diciplina.

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 mesurables 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 computo. 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 (12).

MATERIAL.

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 115g y una capacidad de memoria (RAM) de 3486 bytes.

METODO.

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 (15,18,20).

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 (2,3,6,8,9).

DESCRIPCION 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 cardiaco (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) =
 $(536 \times FIO2) - PCO2.$ mm/Hg
- B) Gradiente alveolo arterial (GAA) =
 $PAO2 - PO2.$ mm/Hg
- C) Contenido arterial de oxígeno (CAO2) =
 $(HB \times 1.34 \times SAO2) + (PVO2 \times 0.0034).$ ml %
- D) Contenido venoso de oxígeno (CVO2) =
 $(HB \times 1.34 \times SVO2) + (PVO2 \times 0.0034).$ ml %
- E) Contenido capilar de oxígeno (CCO2) =
 $(HB \times 1.34) + (PAO2 \times 0.0034).$ 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 (K_{O₂}) =
DAVO₂ X IC X 10. ml/min
- L) Índice de transporte efectivo de oxígeno
(ITEO₂) = K_{O₂} / IC.

Finalmente presentará cada una de las variables -
calculadas en las unidades correspondientes. Cuadro No. 1.

```

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

```

Cuadro No. 1. Programa para el cálculo de variables derivadas de las mediciones de gases sanguíneos.

2. Perfil hemodinámico.

Se deberán introducir los siguientes datos: área de superficie corporal (SC) en metros cuadrados, frecuencia cardiaca (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 cardiaco (GC) en litros por minuto.

Mediante fórmulas convencionales se calcula:

A) Índice cardiaco (IC) =

$$GC / SC. \quad \text{litros/metro cuadrado}$$

B) Índice de resistencia vascular sistémica

$$(IRVS) = (PAM - PVC) \times 79.92 / IC \quad \text{din/seg/cm}^5/\text{m}^2$$

C) Índice de resistencia vascular pulmonar

$$(IRVP) = (PMP - PWC) \times 79.92 / IC \quad \text{din/seg/cm}^5/\text{cm}^2$$

D) Índice sistólico (IS) =

$$IC / FC \times 1000 \quad \text{ml/metro cuadrado}$$

E) Índice de trabajo sistólico del ventrículo izquierdo (ITSVI) =

$$IS \times PAM \times 0.0144 \quad \text{g/m/metro cuadrado}$$

F) Índice de trabajo sistólico del ventrículo derecho (ITSVD) =

$$IS \times PMP \times 0.0144 \quad \text{g/m/metro cuadrado}$$

G) Índice de trabajo cardiaco izquierdo (ITCI) =

$$IC \times PAM \times 0.0144 \quad \text{g/m/metro cuadrado}$$

- 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 No. 2.

```

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="; I; "_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

```

Cuadro No. 2. Programa para el cálculo de índices y variables derivadas de mediciones hemodinámicas directas.

3. Requerimientos para el apoyo nutricional paren teral.

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 No. 3.

Tomando como base la ecuación de Harris-Benedict más un factor de corrección según el nivel de stress y acti
vidad (2,3,6,8,9) se calculan:

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

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

- I) Mililitros de solución glucosada al 50% (SG).
- J) Mililitros de sol. de aminoácidos al 8.5% (AA)

K) Mililitros de sol. de lípidos al 10% (IL).

L) Total de mililitros administrados (LT).

(Cuadro No. 4).

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 STRESS.

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 craneo- encefálico	= 1.6
I) Quemaduras hasta 90% de superficie corporal	= 1.9

Cuadro no. 3. Factores de corrección según el nivel de actividad y stress.

```

500: CLEAR: P. "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: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"

```

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA


```
690: PRINT USING "###"; "GR="; G; "_%"
700: PRINT USING "###"; "CH=+; C; "_%"
710: PRINT USING "#####"; "C/N="; B; ":1"
720: PRINT USING "#####"; "SG="; D; "_ML"
730: PRINT USING "#####"; "IL="; E; "_ML"
740: PRINT USING "#####"; "AA="; I; "_ML"
750: PRINT USING "#####"; "LT="; "_ML": END
```

Cuadro No. 4. Programa para calcular los requerimientos nutri
cionales por vía parenteral.

4. Analisis 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: "Intralipid 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) Calorias totales (CT).
- B) Calorias por kilogramo de peso (CKP).
- C) Calorias no protéicas (CNP).
- D) Porcentaje de carbohidratos (CH).
- E) Porcentaje de grasas (GR).
- F) Gramos de proteínas (P).
- G) Gramos de nitrógeno (N).
- H) Relación calorias nitrogeno (C/N).
- I) Total de mililitros administrados (LT).

(Cuadro No. 5).

```

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

```

Cuadro No. 5. Programa para analizar el contenido de una solución de nutrición parenteral total a partir de los mililitros de los tres constituyentes básicos.

DISCUSION.

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.

Señalabamos 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 (12,14,15,18) 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 facilmente 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 (3,8,9), 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 (6,8), entre las cuales destaca la de Harris-Benedict por su amplio uso (2,8,9), a la que se le agrega un factor de corrección según el nivel de stress y actividad (3,2,6). 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 en 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.

BIBLIOGRAFIA.

1. Augenstein, J S: Uso de sistemas procesadores de datos - en decisiones clínicas. En: Shoemaker, W C; Thompson, W L;- Holbrook, P R. Tratado de medicina crítica y terapia intensiva. 1a Ed. Editorial Médica Panamericana. 1985. Pag. 227-230.
2. Apelgren, K N; Wilmore, D W.: Cuidados nutricionales del enfermo crítico. Surg Clin North Am 1983; 63:489-99.
3. Blau, S A: Nutritional Support of the neurosurgical patient. Anesth Clin North Am. 1987; 5:653-73.
4. Cerra, F B: Nutrition in the critically ill: modern metabolic support in the intensive care unite. In: Chernow, B;- Shoemaker, W C. Eds. Critical Care. State of the art. 1a Ed 1986. Pag. 1-18.
5. Clemmer, T P; Larsen, K G; Orme, J F.: Computer application in clinical nutrition. In: Rombeau, JL.; Caldwell, MD. Parenteral nutrition. Vol. 2. 1a Ed. Philadelphia. W. B. -- Saunders Co. 1986. Pag. 344-357.
6. Colley, CM; Fleck, A; Howard, JP.: Pocket computers: a new aid to nutritional support. Br Med J 1985;290:1403-6.
7. Cottrell, JJ; Pennock, BE; Grenvik, A; Rogers, RM.: Critical care Computing. JAMA 1982; 248:2289-91.
8. Damask, MC; Schwarz, Y; Weissman, Ch.: Energy measure---ments and requeriments of critically ill patients. Crit --- Care Clin. 1987; 3:71-96.

9. Feurer, ID; Mullen, JL.: Measurement of energy expenditure. In: Rombeau, JL; Caldwell, MD. Parenteral nutrition. -- Vol. 2. 1a Ed. Philadelphia. W.B. Saunders Company. 1986. Pag. 224-236.
10. Fried, FA.: Historic notes on the development of the -- computer. Urol Clin North Am. 1986; 13:3-4.
11. Gardner, RM.: Aplicación de datos computarizados en la toma de decisiones en situaciones de cuidado crítico. Sug - Clin North Am 1985; 4:1073-84.
12. Hess, D; Maxwell, Ch; Nikhileshwer, NA; Silage, DA.: Algunas aplicaciones para una computadora de mano en la medicina de cuidado crítico. El Hospital. Ago-sep 1985;19-23.
- 13 Knowles, J.: Computer software for the professional. Urol Clin North Am 1986; 13:17-37.
14. Krasner, J; Marino, PL.: The use of a pocket computer - for hemodynamic profiles. Crit Care Med 1983; 11:826-27.
15. Lynn, LA; Sunderajan, EV.: Bedside respiratory analysis by pocket computer. Crit Care Med 1986; 14:62-64.
16. Miller, RA; Schaffner, KF; Meisel, A.: Ethical and legal issues related to the use of computer programs in clinical medicine. Ann Intern Med 1985; 102:529-36.
17. Orme, JF; Clemmer, TP.: Nutrición en la unidad de asistencia de situaciones críticas. Med Clin North Am 1983; 63: 489-99.
18. Shabot, NM; Shoemaker, WC; Sate, D.: Rapid bedside computation of cardiopulmonary variables with a programmable calculator. Crit Care Med 1977; 2:105-111.

19. Paulus, DA.: Computer in anesthesia. In: Miller, RD. -- 2a Ed. 1986. Churchill livingstone Inc. Pag. 161-184.
20. Shoemaker, WC.: Pathophysiology, monitoring and therapy of shock syndromes. IN: Shoemaker, WC; Thompson, WL. Eds. - Critical Care. State of the art. 1a Ed. 1980. Vol. 1.
21. Short, DD.: Microcomputer database management. Urol ---- Clin North Am. 1986; 13:39-45.
22. Siegel, JH; Coleman, B.: Computers in the care of the - critically ill patient. Urol Clin North Am 1986; 13:101-17.
23. Tillman, J; Keagy, BA.: The microcomputer and basic pe- ripheral equipment. Urol Clin North Am. 1986; 13:5-15.
24. Wiener, F; Fayman, M; Teitelman, U; Bursztein, S.: Com- puterized medical reasoning in diagnosis and treatment of - acid-base disorders. Crit Care Med 1983; 11:470-75.