

SISTEMA AUTOMATIZADO PARA LA EVALUACION DE LA FUNCION VENTRICULAR IZQUIERDA A PARTIR DE LAS IMAGENES VENTRICULARES

A. M. Riverón, L. Llerena*, L. R. Llerena*, F. Valdés, J. Almira y M. Reyes

Dpto. de Neurocibernética, Dirección de Neurociencias, Centro Nacional de Investigaciones Científicas y *Dpto. de Radiología del Instituto de Cardiología y Cirugía Cardiovascular, Ciudad de La Habana, Cuba

Recibido: 4 de enero de 1986

ABSTRACT. In this paper the implementation of an automatic system for the evaluation of the left ventricular function is presented and its reliability evaluated. The system makes use of diastolic and systolic images from ventriculography and echocardiography. The ventricular contours were digitized into the computer by means of a graphic tablet, for which special software was developed. An APPLE II was used and programmed in PASCAL. It was verified that the system produces reproducible results. The system has been clinically evaluated in the study and analysis of over 600 ventriculographs on patients from the institute of Cardiology and Cardiovascular Surgery of Havana City.

RESUMEN. La implementación y el estudio de la confiabilidad de un sistema automatizado programado para evaluar la función ventricular izquierda, se muestra en el presente trabajo. El sistema utiliza las imágenes diastólicas y sistólicas obtenidas mediante la ventriculografía contrastada o ecocardiografía. Los contornos ventriculares se introducen utilizando la tableta gráfica y el lápiz digitalizador. La programación se realizó en el lenguaje PASCAL, para una microcomputadora APPLE II. Se comprobó que el sistema brinda resultados reproducibles y se validaron clínicamente los subsistemas de análisis de imágenes de ventriculografía contrastada con los que se han procesado las correspondientes a más de 600 pacientes del Instituto de Cardiología y Cirugía Cardiovascular de Ciudad de La Habana.

INTRODUCCION

Los métodos para la evaluación cuantitativa de la función ventricular izquierda son de gran actualidad¹⁻⁶, y cobran particular importancia en el pronóstico de la cirugía cardiovascular. Para cuantificar la función ventricular se han construido equipos de propósito específico¹ que brindan un considerable volumen de información en un mínimo de tiempo, de forma confiable y de fácil manipulación por el especialista. Estos equipos generalmente se basan en la digitalización de las imágenes ventriculares por medio de un lápiz digitalizador y su ulterior análisis. Su inconveniente esencial consiste en la no modificabilidad de su "software" y la imposibilidad de utilizar la microcomputadora en otras funciones. En el presente trabajo se muestran los resultados de la implementación y del estudio de la confiabilidad de un sistema automatizado, programado para el análisis de las imágenes del ventrículo izquierdo en una microcomputadora de propósito general.

Fueron programados los parámetros concernientes a la función ventricular que mayor utilidad clínica poseen⁷, por brindar información acerca de la capacidad de bombeo y motilidad de las paredes del ventrículo. El sistema programado independientemente de no poseer los inconvenientes mencionados anteriormente, ofrece al especialista la posibilidad de comparar los parámetros funcionales obtenidos mediante la ventriculografía y la ecocardiografía. De esta forma se puede validar la utilidad de los parámetros obtenidos mediante la ecocardiografía que es un método no invasivo.

MATERIALES Y METODOS

El sistema fue diseñado e implementado para una microcomputadora APPLE II⁸. Para la digitalización de la imagen se utilizó la tableta gráfica y el lápiz digitalizador⁹, que fueron acoplados al *SBIOS* del sistema mediante un programa en lenguaje ensamblador¹⁰.

El sistema fue programado en PASCAL-UCSD de forma interactiva utilizando la técnica de menú. Se determina la función global y segmentaria del ventrículo por el método de las cuerdas^{6,7}, así como las áreas por el método de suma de áreas trapezoidales.

Puesto que las áreas son el punto de partida para evaluar la función ventricular, la reproducibilidad de las determinaciones de las áreas fue el aspecto esencial analizado en el estudio de la confiabilidad, el cual se realizó de manera siguiente: Se tomaron varias figuras de distintas formas y tamaños (de áreas conocidas) midiéndose consecutivamente cada una de las áreas. Las mediciones se realizaron por quintuplicado por cada operador (cuatro operadores en total: op. 1, op. 2, op. 3, op. 4) (Tabla I). Para determinar si las variaciones individuales causaban una diferencia significativa en el cálculo de las áreas al introducir el dibujo, se realizó un análisis de varianza de clasificación simple de las medias mostradas en la Tabla I. Se docimó la homogeneidad de las varianzas para un mismo operador y entre operadores. Se procesó una ventriculografía diez veces y se calcularon los estadígrafos de todos los parámetros que brinda el sistema (Tabla II).

TABLA I
Valores promedios de las áreas calculadas por varios operadores para distintas figuras utilizando el sistema programado

Figuras	AREAS				
	Operador 1	Operador 2	Operador 3	Operador 4	Real
A	0,94	0,94	0,94	0,92	1,00
B	3,94	4,01	4,06	3,99	4,00
C	9,03	9,05	9,05	8,85	9,00
D	5,83	5,86	5,76	5,82	5,85
E	16,38	16,18	16,35	16,21	16,20
F	2,78	2,68	2,78	2,84	2,00

TABLA II
Estadígrafos de los parámetros funcionales del ventrículo izquierdo obtenidos utilizando el sistema programado

Parámetro	\bar{X}	S^2	CV
Volumen telediastólico (mL)	136,1	0,65	0,59
Volumen telesistólico (mL)	28,9	0,52	2,48
Gasto sistólico (mL)	107,2	0,60	0,72
Gasto cardíaco (mL/min)	10 078,00	5 240,00	0,72
Índice cardíaco (mL/min·m ²)	5 759,00	1 716,00	0,72
Excentricidad diastólica	2,61	0,01	0,42
Excentricidad sistólica	2,37	0,00	0,57
Area total diastólica (cm ²)	63,9	0,04	0,33
Area total sistólica (cm ²)	24,7	0,16	1,60
Fracción de eyección (%)	78,8	0,22	0,59
Fracción de eyección normalizada	2,62	0,00	0,64
Velocidad de acortamiento circunferencial basal (circunferencia/s)	0,96	0,00	3,96
Velocidad de acortamiento circunferencial medial (circunferencia/s)	1,82	0,00	2,25
Velocidad de acortamiento circunferencial apical (circunferencia/s)	2,39	0,01	3,83
Grosor pared ventricular izquierda (mm)	8,6	—	—
Masa ventricular izquierda (g)	155,9	0,23	0,31
Índice masa volumen telediastólico	1,14	0,00	0,48
"Stress" diastólico	11,3	0,00	0,40
"Stress" sistólico	280,9	1,20	0,39
Capacitancia	39,0	0,07	0,67
Índice presión-volumen	6,37	0,03	2,51

Paciente: L. M. F. HC: 23 237. Ventriculografía izquierda contrastada vista oblicua anterior derecha

Los tres primeros subsistemas poseen: un programa que es el encargado de digitalizar el contorno ventricular, y segmentar automáticamente el ventrículo (Fig 1), así como dejar las áreas calculadas en un fichero (este programa está unido a una subrutina en lenguaje ensamblador del 6502 para leer el estado del lápiz digitalizador y su valor en cualquier momento) y un programa que utiliza los datos del fichero mencionado así como los generales del paciente y que calcula los parámetros funcionales del ventrículo izquierdo, brindando los resultados en papel listos para ser incluidos en la historia clínica. Todos los datos concernientes a un paciente son almacenados en un disco flexible.

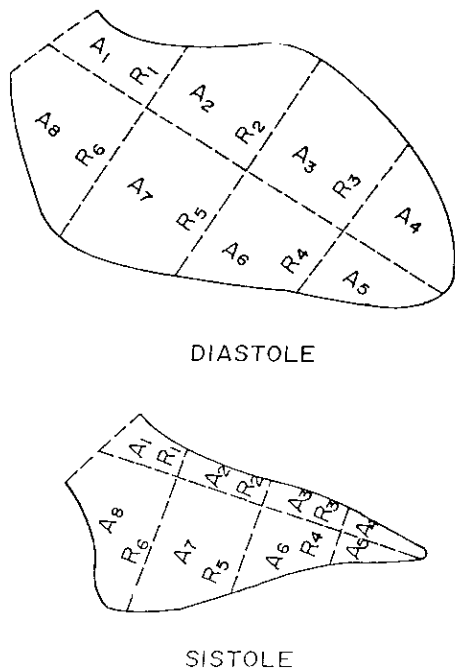


Fig. 1. Ventrículo izquierdo segmentado. La línea continua corresponde al contorno ventricular que se dibuja en la tableta gráfica y que se visualiza en la pantalla mientras que las líneas discontinuas corresponden a la segmentación automática que realiza el sistema. Paciente: L.M.F. HC: 23 237 Ventrículografía izquierda contrastada vista oblicua anterior derecha A, áreas segmentarias, R, cuerdas y L diámetro longitudinal

RESULTADOS Y DISCUSION

Entre las características del sistema programado se tiene que posee "software" general y especializado para el análisis de las imágenes (diastólicas y sistólicas), y a diferencia de los sistemas comerciales, brinda un subsistema para el análisis de las imágenes ecocardiográficas. En general, utiliza la técnica interactiva de preguntas y respuestas entre la computadora y el usuario y consta de los subsistemas siguientes: de análisis de imágenes procedentes de ventriculografía izquierda contrastada de una sola vista oblicua anterior derecha (OAD), de análisis de imágenes procedentes de

ventriculografía izquierda contrastada con dos vistas OAD y oblicua anterior izquierda (OAI), de análisis de imágenes ecocardiográficas (este subsistema evalúa las imágenes ecocardiográficas tomadas simulando las vistas radiológicas), y de "software" general para cálculos alisados de áreas, distancias, etcétera.

Confiabilidad de los resultados

El análisis de varianza efectuado para comparar entre sí las áreas de una figura calculada por diferentes operadores, (Tabla I) demostró que en todos los casos las diferencias no eran significativas ($\alpha = 0,05$).

Se comprobó también (dócima de Bartlett, $\alpha = 0,05$) la homogeneidad de las varianzas en un mismo operador, y entre los operadores. El cálculo de los estadígrafos de los parámetros (Tabla II) mostró un coeficiente de variación bajo, generalmente por debajo del 2 % (salvo en muy pocos parámetros en los que fue un poco mayor). En general, los valores más altos de coeficientes de variación aparecen cuando las áreas son relativamente pequeñas, pues pesan más los errores de cálculo.

Se comprobó además que no existen diferencias significativas al comparar el valor real de las áreas con los valores obtenidos utilizando el sistema programado. En general, la precisión del método está limitada por la representación interna en la computadora de los números enteros (2 bytes) y por el error del cálculo.

El tiempo total que consume procesar los datos de un paciente es de 5 min. En comparación con el método manual que toma varios días representa un ahorro considerable de esfuerzos y de tiempo.

En la actualidad, los subsistemas de ventriculografía contrastada han sido validados clínicamente, habiéndose utilizado para procesar las ventriculografías de más de 600 pacientes, con resultados satisfactorios. Se estudió particularmente su uso en pacientes con cardiopatía isquémica, resultados que aparecerán publicados próximamente.

CONCLUSIONES

Fue programado un sistema que brinda la posibilidad de realizar una evaluación de la función ventricular izquierda utilizando los contornos de las imágenes de ventriculografía contrastada y ecocardiografía.

Para diferentes operadores que introducen el mismo contorno ventricular, o la misma figura, el sistema brinda resultados reproducibles.

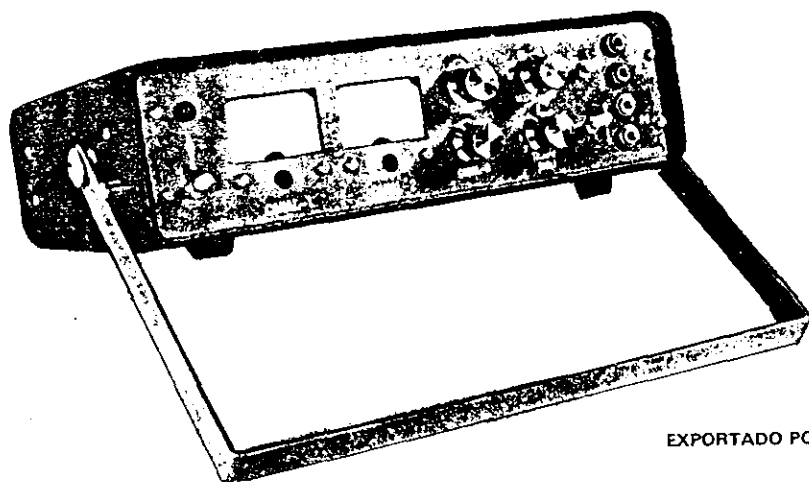
BIBLIOGRAFIA

1. Mannebach H., Fassbender D., Trieb G. and Gleichmann U. *Electromédica*, 85, 1982.
2. Warren S. E., Bhargava V., Vieweg W. V. R., Dennish G. W., Alpert J. S. and Hagan A. D. *The American Journal of Cardiology*, 46, 832, 1980.
3. Petch M. C. *British Medical Journal*, 285, 527, 1982.
4. Moore R., Sung K., Beranek I. and Amplatz K. *Radiology. Work in Progress* 127, 529, 1978.
5. Huisman R. M., Sipkema P., Westerhof N. and Elzinga G. *Medical and Biological Engineering and Computing*. 18, 133, 1980.

6. Gelbert H. J., Brundage B. H., Glantz S. and Parmley W. W. *Circulation* 59, 991, 1979.
7. Llerena L. R. *Ventriculografía izquierda cuantitativa*. 1-7, Publicación del Instituto de Cardiología y Cirugía Cardiovascular, Ciudad de La Habana, Cuba, 1981.

8. APPLE Reference Manual, 67-86. California, EE.UU, APPLE Computer Inc. 1979.
9. Graphics Tablet Operation and Reference Manual, 5-50. California, EE.UU, APPLE Computer Inc. 1979.
10. Sokol D. *Byte*, 6, 388, 1981.

ESTIMULADOR DE CORRIENTE DIADINAMICA DE DOBLE CANAL



PRODUCIDO POR:
PRODUCED BY:



EXPORTADO POR: EXPORTED BY:

mediCuba

Es capaz de dar todas las corrientes diadinámicas más empleadas en la actualidad. Está construido a base de transistores y circuitos integrados digitales CMOS. Posee una protección electrónica y un reloj de tiempo para un mejor tratamiento al paciente. Con este equipo se puede estimular dos regiones simultáneas o dos pacientes al mismo tiempo, tratándose dolencias tales como: herpes zoster, estreñimiento atónico o espástico, disquinosias del estómago, vesícula e intestino, entre otras.

DATOS TECNICOS

Voltaje de alimentación: 110 V CA
Frecuencia: 60 Hz
Amplitud de la corriente de salida: 30 mA/canal
Formas de onda: MF, DF, CP, LP, RS y MM
Tiempo de estimulación: 1-20 min (programable)
Dimensiones: 205 x 276 x 79 mm

This device is able to give all the types of currents more used nowadays. It is constructed with transistors and digital integrated circuit CMOS. It has an electronic protection and a time clock in order to make better the treatment of the patient. With this device we can stimulate two regions or two patients at the same time. The diseases that can be treated with this equipment are: herpes zoster, atonic or spastic obstruction, stomach, vesicle and intestine disquinosias, and so on.

TECHNICAL DATA

Supply voltage: 110 V AC
Frequency: 60 Hz
Output current amplitude: 30 mA/channel
Output signals: DF, MF, CP, LP, RS, MM
Stimulating time: 1-20 min (programable)
Dimensions: 205 x 276 x 79 mm