

INSTITUTO DE CARDIOLOGIA Y CIRUGIA CARDIOVASCULAR

Técnica de la ventriculografía nuclear. Su valor en cardiopatía isquémica

Por:

Lic. JUAN M. FRANQUIZ*, Dr. RENE CARDENAS** y Dr. DAVID GARCIA BARRETO***

Fránquiz J. M. y otros. *Técnica de la ventriculografía nuclear. Su valor en cardiopatía isquémica.* Rev Cub Med 23: 5, 984.

Las técnicas nucleares que emplean cámara gamma y computadora digital, han cobrado especial interés en cardiología durante los últimos años. Estos procedimientos presentan como principales ventajas su simplicidad y carácter no invasivo, así como la información que permiten disponer. En el trabajo se presenta la técnica de ventriculografía nuclear empleada en el laboratorio de los autores y los resultados obtenidos en un grupo de sujetos normales y pacientes con cardiopatía isquémica. Los parámetros que se calculan son: fracciones de eyección y velocidades de llenado y vaciamiento para cada ventrículo. Además se determina el retardo de la contracción de un ventrículo respecto al otro. El movimiento de paredes se estudia por medio de las imágenes de fase y amplitud, obtenidas al aplicar el aparato matemático de la transformada de Fourier a la ventriculografía nuclear. Estas imágenes diferencian zonas normokinéticas de aquinesias e hipoquinesias regionales y permiten identificar segmentos con movimiento paradójico. Los resultados obtenidos con la ventriculografía nuclear se comparan con los obtenidos por ventriculografía izquierda y coronariografía en 15 sujetos. Se concluye en la utilidad y valor de la ventriculografía nuclear en una serie de situaciones clínicas.

INTRODUCCION

En los últimos años el empleo de cámara gamma con computadora digital^{1,2} ha cobrado gran importancia en cardiología. Mediante procedimientos no invasivos, las técnicas nucleares permiten estudiar la contractilidad de ambos ventrículos, calcular fracciones de eyección, velocidades de vaciamiento y llenado ventricular e identificar y localizar asinergias regionales.³⁻⁴

*Investigador Auxiliar. Instituto Nacional de Oncología y Radiobiología, Habana. Especialista de I grado en

**Especialista de I grado en oncología. Jefe del departamento de medicina nuclear del Instituto Nacional de Oncología y Radiobiología. Habana.

***Especialista de I grado en cardiología. Jefe del laboratorio de farmacología del Instituto de Cardiología y Cirugía Cardiovascular, Habana.

Estos métodos han mostrado buena correlación con la ventriculografía de contraste⁵⁻⁶ y utilidad en el manejo clínico de pacientes con cardiopatía isquémica, trastornos valvulares e infarto agudo de miocardio.^{4,6,7}

Dos procedimientos son los empleados, el llamado "primer tránsito" y la "ventriculografía nuclear". El primero necesita la administración endovenosa de un bolo radiactivo y el registro de su tránsito a través de las cámaras cardíacas mediante una serie de imágenes secuenciales.⁸ Además de valorar la contractilidad, este procedimiento permite calcular los tiempos medios de circulación pulmonar y a través de cada cavidad.⁹

La ventriculografía nuclear se basa en la proporcionalidad entre radiactividad en las cámaras cardíacas y volumen de sangre contenido en ellas, siempre que el radiotrazador se encuentre mezclado uniformemente con la sangre circulante. Sincronizando el registro de radiactividad con la onda R electrocardiográfica,¹⁰ se obtiene una serie de 16 imágenes digitales en posición oblicua anterior izquierda (OAI), representativa de las variaciones de volumen ventricular durante un ciclo cardíaco promedio (figura 1).

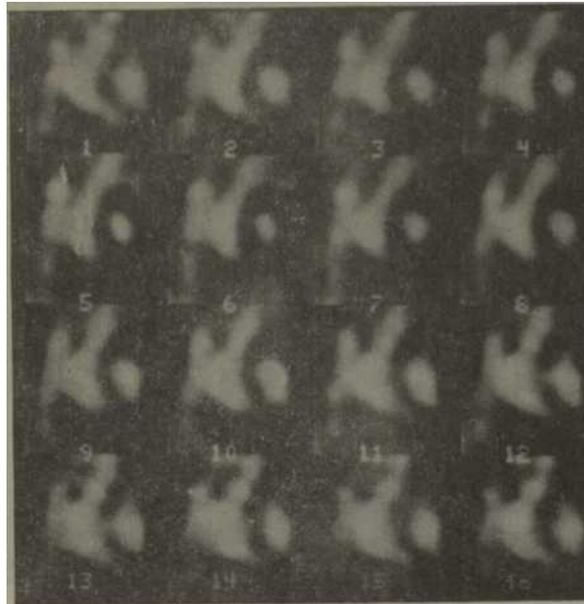


Figura 1

Secuencia de 16 imágenes digitales en posición OAI correspondientes a un ciclo cardíaco. Se observa la reducción de tamaño en ventrículo izquierdo (imágenes 5 a 10) y posterior llenado de esta cavidad. En las imágenes correspondientes a la contracción sistólica (desde la 5 hasta la 10), se visualiza el llenado de aurícula derecha.

La periodicidad del ciclo permite aplicar a la serie de imágenes la transformada temporal de Fourier (ver apéndice). Su resultado son dos imágenes paramétricas, representativas de la fase y amplitud del armónico fundamental. La amplitud muestra la magnitud máxima del movimiento regional durante el ciclo, mientras que la de fase identifica las celdas que modifican su contenido en el mismo sentido y momento (figura 2).

Este trabajo presenta la técnica de ventriculografía nuclear empleada por los autores, así como un procedimiento para el análisis cuantitativo de la imagen de fase. Los resultados en un grupo de sujetos normales y pacientes con cardiopatía isquémica se comparan con los obtenidos por coronariografía y ventriculografía izquierda de contraste.

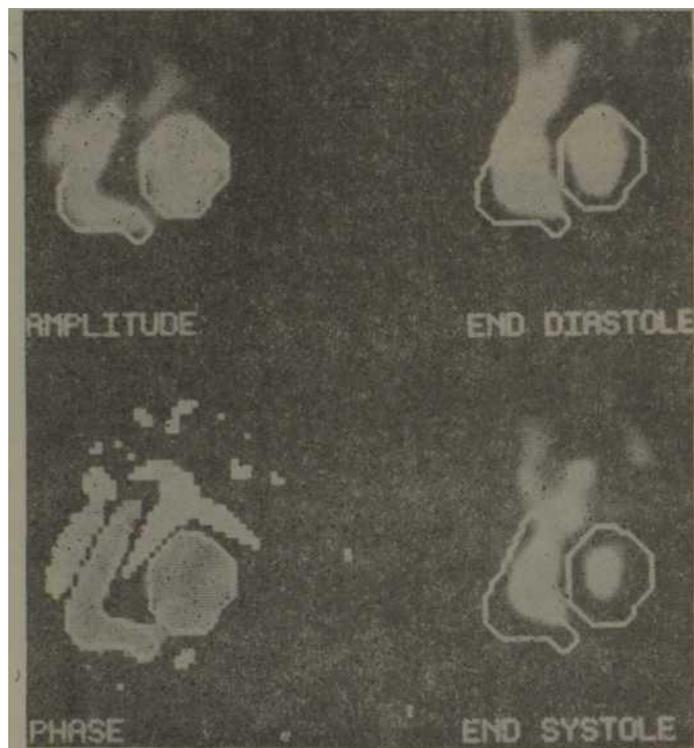


Figura 2
Imágenes de amplitud, telediástole, fase y telesístole en un sujeto normal. Los ventrículos derecho e izquierdo aparecen enmarcados dentro de sus respectivas regiones de interés (ROI).

MATERIAL Y METODO

Se estudiaron 16 sujetos normales y cinco pacientes con cardiopatía isquémica. Los individuos normales tenían una edad promedio de 35 años. Nueve eran del sexo masculino y siete del femenino. En diez de ellos, se realizó coronariografía y ventriculografía izquierda de contraste por presentar dolor torácico atípico y alteraciones electrocardiográficas inespecíficas en la repolarización ventricular. Todas las investigaciones cardiopulmonares en este grupo eran normales.

Los pacientes con cardiopatía isquémica tenían una edad promedio de 46 años, cuatro eran del sexo masculino y uno del femenino. Dos de ellos se estudiaron a la tercera semana de haber sufrido un infarto agudo de miocardio (IMA). En todos, la localización y grado de obstrucción coronaria se demostró por coronariografía contrastada.

Se utilizó una cámara gamma Maxicamera II GE, interconectada a un sistema de procesamiento de datos Simis 3 de Informatek, con computadora Matek 1502 (64 K, 18 bits). El detector de la cámara se colocó en posición OAI, dependiendo el ángulo de inclinación de la proyección que mejor definió el tabique interventricular. Como radiotrazador se emplearon glóbulos rojos marcados *in vivo* con 15 mCi (555 MBq) de ^{99m}Tc .¹¹ Al sincronizar el registro de radiactividad con la onda R electrocardiográfica, se obtuvieron 16 imágenes digitales de 64 x 64 celdas cada una, para un ciclo cardíaco promedio (figura 1). El tiempo de registro (entre 10 y 15 minutos), permitió obtener 400 000 conteos por imagen. Las 16 imágenes se almacenaron en disco magnético y posteriormente se mejoró su resolución y se eliminó el ruido estadístico.¹²

Las imágenes de fase y amplitud se obtuvieron de la serie de 16 imágenes mejoradas y se visualizaron en un monitor de TV mediante una escala de colores cíclica. Se identificaron asinergias ventriculares regionales en base a los siguientes criterios: aquinesia, ausencia regional de la fase y la amplitud; hipoquinesia, amplitud disminuida; desquinesia, retardo regional de la fase junto con amplitud no severamente reducida. La imagen de fase se analizó cuantitativamente construyendo un histograma de su distribución para cada ventrículo por separado (figura 3). Mediante un programa escrito en Fortran IV,¹³ se identificaron los picos en cada distribución, calculándose para cada uno su media y desviación típica (ambas expresadas en grados). El defasaje interventricular se calculó como la diferencia entre las medias obtenidas para ventrículo izquierdo y derecho. El porcentaje de celdas bajo el pico para cada ventrículo también se calculó y se le llamó porcentaje de contracción normal (PCN). En casos con alteraciones, donde la distribución de la fase no fue unimodal, se calculó el defasaje intraventricular como la diferencia entre las medias para cada pico. Como PCN se tomó el mayor valor para el pico, con media entre $X \pm 3 dt$, X y dt son respectivamente la media y desviación típica de la fase calculada para el grupo normal.

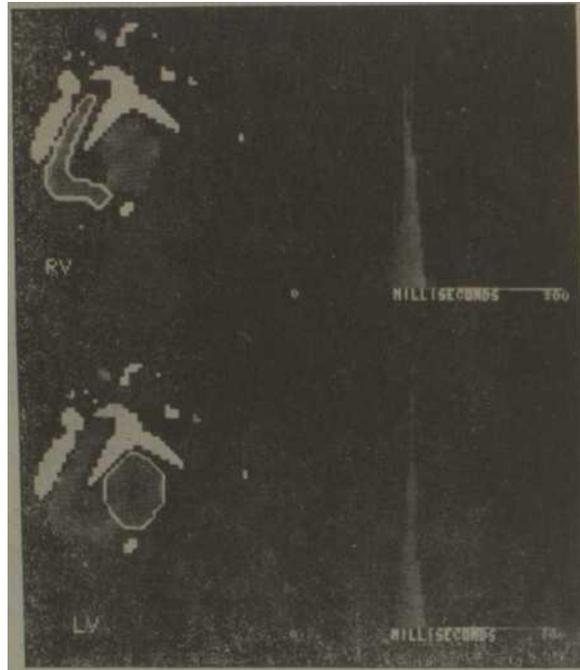


Figura 3
 Histogramas de la distribución de la lase para ventrículos derecho e izquierdo en un sujeto normal.

Las fracciones de eyección para los ventrículos izquierdo y derecho (FEVI y FEVD), se calcularon a partir de las curvas de actividad-tiempo generadas para las regiones de interés (ROI) construidas manualmente sobre cada ventrículo (figura 2). El fondo radiactivo se sustrajo por el método automático de *Goris y col.*¹⁴ Las velocidades de llenado y vaciamiento ventricular se calcularon a partir de la pendiente máxima de las curvas de actividad-tiempo en las fases de diástole y sístole respectivamente.¹⁵ Ambas se normalizaron al volumen diastólico final y se expresaron en porcentaje de este por segundo (figura 4). El cálculo de la FEVI por ventriculografía de contraste se realizó siguiendo una técnica ya publicada.¹⁶

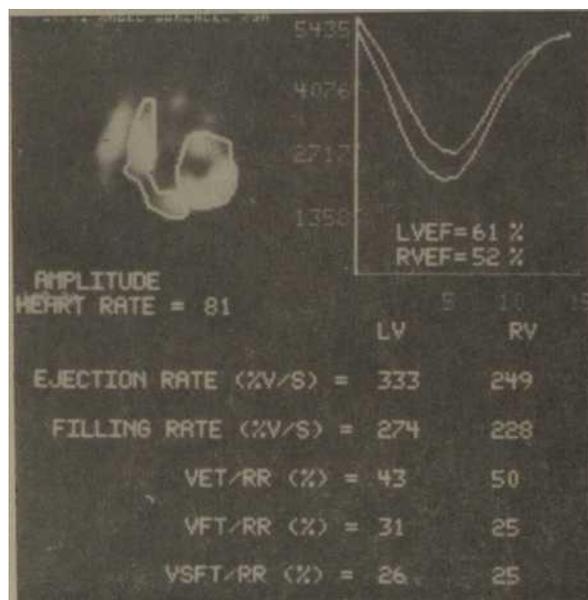


Figura 4
Resultados de la ventriculografía nuclear en un sujeto normal. A la derecha aparecen las curvas de volumen ventricular.

RESULTADOS

El cuadro I compara la FEVI calculada por ventriculografía nuclear y por ventriculografía de contraste en 15 sujetos. El coeficiente de correlación fue de 0,97.

El cuadro II resume los resultados en el grupo de sujetos normales. El número entre paréntesis indica el límite inferior normal, calculado restando al valor medio dos desviaciones típicas. En este grupo la distribución de la fase se aproximó a una gaussiana y el defasaje interventricular se mantuvo entre $\pm 10^\circ$.

En el cuadro III se presentan los resultados en el grupo de pacientes. Tres tuvieron la FEVD por debajo del límite normal, uno de ellos con obstrucción mayor del 90 % en la arteria coronaria derecha y los otros dos con infarto de miocardio y FEVI severamente disminuida. Para el ventrículo izquierdo es de destacar la reducción en la velocidad de llenado, incluso en pacientes con FEVI normal.

CUADRO I

COMPARACION ENTRE LA FEVI CALCULADA POR VENTRICULOGRAFIA NUCLEAR Y POR VENTRICULOGRAFIA DE CONTRASTE

Caso No.	FEVI (nuclear)	FEVI (contraste)	Diagnóstico
1	0,08	0,09	IMA
2	0,11	0,26	IMA
3	0,49	0,61	CI
4	0,53	0,66	CI
5	0,54	0,57	CI
6	0,66	0,65	N
7	0,53	0,63	N
8	0,70	0,78	N
9	0,58	0,67	N
10	0,62	0,65	N
11	0,70	0,76	N
12	0,66	0,76	N
13	0,57	0,60	N
14	0,59	0,62	N
15	0,70	0,75	N

IMA, infarto de miocardio agudo (tres semanas de evolución); CI, cardiopatía isquémica; N, normal.

CUADRO II

RESULTADOS DE LA VENTRICULOGRAFIA NUCLEAR EN 16 SUJETOS NORMALES

FEVD	Ventrículo derecho		FEVI	Ventrículo izquierdo	
	Velocidad de llenado	Velocidad de vaciamiento		Velocidad de llenado	Velocidad de vaciamiento
0,56±0,06 (0,44)	207±37 (133)	260±46 (168)	0,64±0,06 (0,52)	263±30 (203)	308±41 (226)

Las velocidades de llenado y vaciamiento se expresan en porcentaje del volumen diastólico final por segundo.

CUADRO III

RESULTADOS DE LA VENTRICULOGRAFIA NUCLEAR Y CORONARIOGRAFIA
EN CINCO PACIENTES

Caso No.	Ventrículo derecho			Ventrículo izquierdo			Coronariografía
	FEVD	Velocidad de llenado	Velocidad de vaciamiento	FEVI	Velocidad de llenado	Velocidad de vaciamiento	
1*	0,32	211	220	0,08	25	40	Obstrucción > 90 % de arteria DAI
2**	0,31	196	185	0,11	43	71	Obstrucción > 90 % de arteria DAI
3	0,51	198	235	0,49	187	231	Obstrucción > 90 % de arteria CD
4	0,56	165	238	0,53	160	229	Obstrucción > 90 % de arteria DAI
5	0,40	167	207	0,54	154	242	Obstrucción > 90 % de arteria CD y DAI

* Infarto de miocardio anterior extenso, tres semanas de evolución

** Infarto de miocardio anteroseptal, tres semanas de evolución DAI, descendente anterior izquierda; DC, coronaria derecha

En los pacientes con infarto de miocardio se detectaron defasajes intraventriculares mayores de 90°. Las imágenes de fase y amplitud evidenciaron en ambos, movimientos paradójicos en los segmentos apical y anteroseptal, así como extensa aquinesia en cara anterior. El PCN fue 35 % en uno y 26 % en otro. En el resto de los pacientes, las imágenes de Fourier no mostraron asinergias regionales y el PCN se mantuvo superior a 90 %, igual que en el grupo normal.

Sólo un paciente con infarto de miocardio anteroseptal y bloqueo completo de rama derecha, mostró un defasaje interventricular fuera del rango normal, indicativo de un retardo anómalo en la contracción de ventrículo derecho.

DISCUSION

La FEVI media obtenida en nuestro medio por ventriculografía de contraste en sujetos normales es $0,67 \pm 0,07$,¹⁶ equivalente a la calculada por ventriculografía nuclear. La correlación entre los resultados por ambos métodos muestra la exactitud y confiabilidad de los valores calculados empleando la técnica radioisotópica.

La FEVD sólo puede ser determinada por métodos no invasivos empleando técnicas nucleares. De éstas, el primer tránsito en posición oblicua anterior derecha es la que mejor se correlaciona con la ventriculografía derecha de contraste⁶ y se considera el procedimiento más exacto para calcular FEVD.^{4,5,17} Usando este método se han reportado valores medios normales de FEVD entre 0,53 y 0,60.^{4,6,17,18} La ventriculografía nuclear en CAI presenta como causa de inexactitud, la dificultad de construir una ROI sobre ventrículo derecho que contenga solamente esta cavidad. La interposición de la aurícula derecha y el *tractus* de salida de la arteria pulmonar, hace que la FEVD calculada tenga valores reducidos. Aprovechando la separación entre aurícula derecha y ventrículo en la imagen de telesístole, (figura 1) *Maddahi y cols.*¹⁵ proponen tomar dos ROI diferentes, una sobre telesístole y otra sobre telediástole. Siguiendo este método reportan una media normal de 0,48. En nuestra experiencia, la exacta separación entre arteria pulmonar y ventrículo derecho es la principal dificultad al construir un ROI sobre estas imágenes. La imagen de fase al identificar con el mismo código de color aquellas estructuras que cambian su nivel de actividad al mismo tiempo y en el mismo sentido, permiten una mejor separación entre ventrículos, aurículas y grandes vasos (figura 5).

La FEVD media normal calculada para una ROI tomada sobre la imagen de fase fue $0,56 \pm 0,06$, mayor que la determinada por *Maddahi y co/s.*¹⁸ y en el rango de las reportadas por primer tránsito.^{4,5,17-18} No obstante, la imagen de fase no es suficiente para lograr la definición adecuada de las estructuras cardíacas. Como se demuestra en un trabajo anterior,¹² el procesamiento previo de las 16

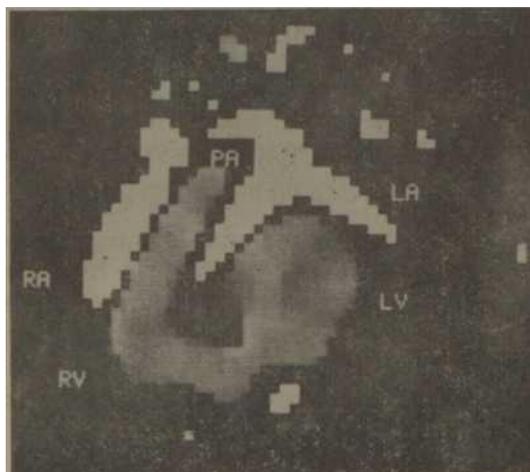


Figura 5
Imagen de fase normal. RA, aurícula derecha; RV, ventrículo derecho; PA, arteria pulmonar; LV, ventrículo izquierdo; LA, aurícula izquierda.

imágenes es crítico. Generalmente la integridad del ventrículo derecho se mantiene en reposo en pacientes con cardiopatía isquémica, incluso con infarto de miocardio.¹⁹ En nuestros casos sólo disminuyó sensiblemente en pacientes con FEVI muy reducida.

Las velocidades de llenado y vaciamiento se consideran actualmente como indicadores más sensibles de una disfunción ventricular, que la fracción de eyección. La velocidad de vaciamiento es una medida de la fuerza de contracción ventricular y se considera de gran valor en situaciones donde se puede suponer que la precarga se encuentra alterada.¹⁹⁻²⁰ En cardiopatía isquémica resulta de mayor importancia la velocidad de llenado. Experimentos en animales e investigaciones en humanos,²⁰ muestran que es en la fase diastólica donde aparecen los signos más tempranos de disfunción ventricular. Se ha explicado esto al decir que es la disminución de la relajación o distensibilidad (*compliance*) ventricular, como consecuencia de un músculo relativamente isquémico. En nuestra serie de cinco pacientes, fue el único parámetro que mostró valores disminuidos en todos.

Una distribución unimodal y estrecha de la fase muestra el sincronismo ventricular de la contracción miocárdica. Defasajes mayores de 90° se deben a movimientos paradójicos²¹ y sugieren la presencia de bolsas aneurismáticas hacia donde la sangre se mueve durante la sístole ventricular.

La contracción se hace así mucho menos efectiva, debido a que parte de la sangre que debe ser expulsada se retiene en la cavidad ventricular. Las FEVI de los dos pacientes que presentaron movimientos paradójicos fueron las más bajas de todas (inferiores a 0,15). En estos casos el PCN estuvo también marcadamente disminuido. Este parámetro es un indicador del daño en la función mecánica ventricular y muestra buena correlación con la FEVI.¹³

El defasaje interventricular representa el sincronismo de la contracción entre ambos ventrículos. Las diferencias de fase entre un ventrículo y otro, generalmente son explicadas por trastornos en la conducción. En el caso incluido en este estudio con defasaje interventricular fuera del rango normal e infarto de miocardio anteroseptal, el retardo en la contracción de ventrículo derecho habla en favor de una necrosis miocárdica extensa que afecta el tabique.¹⁴

CONCLUSIONES

Además del cálculo de la fracción de eyección, la ventriculografía nuclear permite el estudio por separado de las fases sistólica y diastólica. Esto último de gran importancia en la valoración diagnóstica de pacientes con cardiopatía isquémica.

Las imágenes de fase y amplitud condensan toda la información referente al ciclo cardíaco, localizan e identifican asinergias regionales y evidencian la presencia de un aneurisma ventricular. La imagen de fase permite además un estudio más confiable del ventrículo derecho al definir claramente sus límites. El análisis de la fase ofrece datos cuantitativos acerca del año en la función mecánica ventricular y de trastornos en la conducción intraventricular.

La correlación con la ventriculografía de contraste y el carácter no invasivo de la ventriculografía nuclear, hacen de este procedimiento un sustituto, en muchas ocasiones, de técnicas cruentas y riesgosas para el paciente. Por ejemplo, en el seguimiento evolutivo de pacientes, valoración de intervenciones quirúrgicas o farmacológicas, en el estudio de pacientes sometidos a un esfuerzo o de sujetos cuya función ventricular esté severamente dañada. Su aplicación se extiende también al estudio de pacientes oncológicos tratados con drogas cardiotóxicas, hipertensos en que se sospeche compromiso cardiovascular, trastornos valvulares, otras cardiopatías y como examen previo antes de decidir realizar coronariografía de contraste.

APENDICE

Obtención de las imágenes de fase y amplitud

Una función temporal $X(t)$, periódica de período T e integrable en $[0, T]$ puede expresarse por medio de:²²

$$X(t) = \sum_{n=1}^{\infty} A_n \cos \left(\frac{2\pi nt}{T} - \varphi_n \right) \quad (I)$$

Donde:

$$A_n = \sqrt{C_n^2 + S_n^2} \quad \text{y} \quad \varphi_n = \tan^{-1} S_n/C_n \quad (II)$$

Siendo:

$$C_n = \frac{2}{T} \int_0^{\infty} X(t) \cos \left(\frac{2\pi nt}{T} \right) dt \quad (III)$$

$$S_n = \frac{2}{T} \int_0^{\infty} X(t) \operatorname{sen} \left(\frac{2\pi nt}{T} \right) dt \quad (IV)$$

Cada término de la serie I recibe el nombre de armónico y representa una oscilación de frecuencia $\frac{2\pi n}{T}$; A_n y φ_n corresponden a la fase y amplitud del n -ésimo armónico. El armónico fundamental es el que corresponde al mayor período ($n = 1$). Para éste, A_1 corresponde a la máxima variación de $X(t)$ en el intervalo $[0, T]$ y φ_1 a la fase relativa a esta variación. Se relaciona con el instante t_m en que $X(t)$ alcanza la amplitud A_1 por medio de:

$$\varphi_1 = 360 \times t_m/T$$

donde φ_1 se expresa en grados sexagesimales.

Para la serie de 16 imágenes, T corresponde al ciclo cardíaco promedio expresado en milisegundos. Para cada celda se calculan los parámetros A_i y 1 según (II), donde ahora:

$$C_i^r = \sum_1^{16} X_i \cos 2\pi (i-1)/16 \quad (V)$$

$$S_i^r = \sum_1^{16} X_i \sin 2\pi (i-1)/16 \quad (VI)$$

siendo $r = 1, 2, 3, \dots, 4096$

XI corresponde a los conteos en la r-ésima celda de la i-ésima imagen de la serie.

SUMMARY

Fránquiz, J. M. et al. *Technique of nuclear ventriculography. Its value in ischemic cardio-pathy.* Rev Cub Med 23: 5, 1984

During last years, cardiology has given special concerns to nuclear techniques, employing gamma chamber and digital Computer. Their simplicity and non-invasive character, as well as information available, are main advantages of such proceedings. In this paper, nuclear ventriculography technique used at the authors' laboratory is presented, as well as results obtained in a group of normal individuals and patients with ischemic cardio-pathy. Parameters calculated are: ejection fractions and filling and emptyness rates for each ventricle. In addition, retardation of one ventricle contraction with regard to the other one, is determined. The movement of the walls is studied through phase and amplitude images obtained at the application Fourier's transformed mathematic apparatus to nuclear ventriculography. Such images differentiate normokinetic zones of regional akinesias and hypokinesias and allow to identify segments with paradoxical movement. Results obtained by means of nuclear ventriculography are compared with those obtained by left ventriculography and coronariography in 15 individuals. As conclusion, usefulness and value of nuclear ventriculography in a series of Clinical situations, are stated.

RÉSUMÉ

Fránquiz, J. M. et al. *Technique de la ventriculographie nucléaire. Sa valeur dans la cardiopathie ischémique.* Rev Cub Med 23: 5, 1984.

Les techniques nucléaires qui emploient la caméra gamma et des ordinateurs digitaux ont gagné un intérêt spécial en cardiologie pendant les dernières années. Ces procédés apportent comme des avantages principales leur simplicité et leur caractère non-invasif, ainsi que l'information dont ils permettent de disposer. Dans ce travail, la technique de la ventriculographie nucléaire employée au laboratoire par les auteurs et les résultats obtenus chez un groupe de sujets normaux et des patients avec des cardiopathies ischémiques sont présentés. Les paramètres calculés sont: les fractions de déjection

et les vitesses de remplissage et de vidange pour chaque ventricule. En plus, on détermine le retard de la contraction d'un ventricule par rapport à l'autre. Les mouvements des parois est étudié au moyen des images de la phase et de l'ampleur obtenues par l'application de l'appareillage mathématique de la transformée de Fourier à la ventriculographie nucléaire. Ces images différencient des zones normokinethiques d'akinésies et d'hypokinésies regionales et elles permettent d'identifier des segments avec un mouvement paradoxal. Les résultats obtenus avec la ventriculographie nucléaire sont comparés avec ceux obtenus par ventriculographie gauche et coronariographie chez 15 sujets. En conclusions, les auteurs remarquent l'utilité et la valeur de la ventriculographie nucléaire dans une série de situations cliniques.

BIBLIOGRAFIA

1. Fránquiz, J. M.; R. Fraxedas: Principios básicos en el trabajo con cámara gamma. Rev Cub Med 20: 341, 1981.
2. Fránquiz, J. M.: Empleo de sistemas de adquisición y procesamiento de datos en estudios con cámara gamma. Rev Cub Med 18: 561, 1979.
3. Holman, B. et al.: The paradox image: a noninvasive index of regional left ventricular dyskinesia. J Nucl Med 20: 12, 1979.
4. Berger, H. et al.: Assessment of cardiac performance with quantitative radionuclide angiography. Am J Cardiol 41: 897, 1978.
5. Folland, E. et al.: The radionuclide ejection fraction: A comparison of three radionuclide techniques with contrast angiography. J Nucl Med 18: 12, 1977.
6. Steele, P. et al.: Measurement of right and left ventricular ejection fractions by radionuclide angiography in coronary artery disease. Chest 70: 51, 1976.
7. Rodger, C. et al.: Nuclear angiography in convalescent phase of myocardial infarction. Br Heart J 43: 5, 1980.
8. Strauss, H. et al.: A scintiphographic method for measuring left ventricular ejection fraction in man without cardiac catheterization. Am J Cardiol 28: 575, 1971.
9. Fránquiz, J. M.; B. Vavrein: Estudio dinámico de la circulación central mediante cámara gamma y selección de regiones de interés. Rev Cub Med 19: 379, 1980.
10. Bacharach, S. et al.: Beat-by-beat validation of ecg gating. Nucl Med 21: 307, 1980.
11. Slutsky, R. et al.: Assessment of right ventricular function at rest and during exercise in patients with coronary heart disease. Am J Cardiol 45: 63, 1980.
12. Fránquiz, J. M. et al.: Measurement of right and left ventricular ejection using Fourier analysis. Proceed of the Third World Congress of Nuclear Medicine, vol. 2. Paris, Pergamon Press, 1982 p. 1415.
13. Cárdenas, R. et al.: Quantitative phase analysis. Proceed of the Third World Congress of Nuclear Medicine, vol. 1. Paris, Pergamon Press, 1982. p. 1839.
14. Goris, M. et al.: Automation and operator independent data Processing of cardiac and pulmonary functions. INSERM 88: 427, 1979.
15. Fránquiz, J. M. y cols.: Valor de las imágenes de fase y amplitud en el infarto de miocardio agudo. Rev Biol Med Nucl 20: 456, 1982.
16. Llerena, L. y cols.: Ventriculografía izquierda cuantitativa en pacientes normales. III Congreso Nacional de Cardiología, Ciudad Habana, 1982.
17. Bhargava, V. et al.: Peak rate of left-ventricular ejection by a gated radionuclide technique. J Nucl Med 22: 506, 1981.

18. *Maddahi, J. et al.*: A new technique for assessing right ventricular ejection fraction using rapid multiple gated equilibrium cardiac blood pool scintigraphy. *Circulation* 60: 3, 1979.
19. *Quireshi, J. et al.*: Evaluation of left ventricular function in normal persons and patients with heart diseases. *J Nucl Med* 19: 135, 1978.
20. *Hammermeister, K. et al.*: The rate of change of left ventricular volume in man. *Circulation* 49 : 729, 1974.
21. *Bossuyt, A.; F. Deconninck*: Scintigraphic visualisation of the effect of conduction disturbances on the mechanical events of the cardiac cycle. *AWMI* 1: 4, 1981.
22. *Apóstol, T.*: *Análisis Matemático*. La Habana, 1978. p. 438.

Recibido: 9 de enero de 1983.
Aprobado: 30 de junio de 1983.

Lic. *Juan M. Fránquiz*
Instituto de Cardiología y Cirugía
Cardiovascular
17 y A, Vedado.