

Aplicación de técnicas radioisotópicas al estudio de la función cardiaca: Ventriculografía nuclear en equilibrio. Parámetros hemodinámicos cuantificables mediante esta técnica

Mercedes Borrón Molinos y René Cárdenas Valdés
Departamento de Medicina Nuclear, Instituto Nacional de Oncología y Radiobiología.

INTRODUCCIÓN

La aplicación de las técnicas radioisotópicas en las investigaciones médicas ha alcanzado un amplio desarrollo en Cardiología en las últimas dos décadas al introducirse un nuevo método no invasivo para el estudio de la función ventricular dentro del campo del diagnóstico por imágenes: la ventriculografía nuclear. Después de los primeros trabajos realizados (1,2) este método ha encontrado una amplia aplicación y un gran desarrollo técnico.

TECNICA DE LA VENTRICULOGRAFÍA NUCLEAR

Esta técnica ha sido ampliamente explicada por diferentes autores (3) y se fundamenta en registrar las variaciones de actividad en las cavidades cardiacas durante un ciclo cardiaco promedio, empleando para ello un fármaco que permanezca en sangre durante el tiempo de estudio y que se distribuya en dichas cavidades proporcionalmente a la función que se desea estudiar. Su marcaje se realiza empleando un radionúclido emisor de fotones gamma de manera que puedan ser detectados externamente por una cámara gamma debidamente colimada y que es capaz de generar una imagen de la distribución radiactiva sobre el área precordial.

Este sistema de detección acoplado a un sistema de computación permite la adquisición digital de las imágenes en un formato de 64x64 celdas (figura 1), su almacenamiento y visualización, así como un análisis cuantitativo óptimo de la información. Se emplean para este estudio eritrocitos marcados con ^{99m}Tc cuya energía de 140 KeV y corto período de semidesintegración le proporcionan características apropiadas para su uso clínico. El marcaje de eritrocitos puede realizarse "in vitro" o "in vivo" (4,5), siendo este último método el más empleado por lograrse un menor daño del eritrocito, una mayor eficiencia de marcaje y disminuir la posibilidad de que se visualicen estructuras indeseadas. La actividad de ^{99m}Tc empleada oscila entre 20 y 30 mCi.

La obtención de una secuencia de imágenes representativas de la función ventricular durante un ciclo cardiaco (figura 2) exige sincronizar la adquisición de las mismas con la señal fisiológica del electrocardiograma cuya onda R indica el comienzo de la contracción ventricular y así medir la duración promedio del ciclo cardiaco: RR. El software implementado a estos efectos permite dividir cada ciclo en 16 intervalos de tiempo durante los cuales se registran imágenes independientes que forman la secuencia mencionada.

Para lograr imágenes con una buena definición de las estructuras y poder validar la función cardiaca con exactitud es necesario coleccionar fotones durante varios ciclos cardiacos cuyo número oscila entre 300 y 400. Así, la información resultante representa un promedio de la información registrada en múltiples ciclos. Además, para evitar la distorsión de la información debido a ciclos aberrados, se seleccionan sólo aquellos cuya duración esté comprendida en el intervalo $RR(1 \pm 0.1)$.

PARÁMETROS HEMODINÁMICOS CUANTIFICABLES MEDIANTE VENTRICULOGRAFÍA NUCLEAR EN EQUILIBRIO

La ventriculografía nuclear en equilibrio ha sido empleada para obtener información acerca de la dinámica cardiaca, la que ha sido validada comúnmente por el valor de la fracción de eyección. Para ello, las imágenes originales requieren un tratamiento previo que puede ser de diversos tipos, varios de los cuales han sido descritos (6,7). En nuestro caso las imágenes son procesadas empleando el filtro de Canterbury (8) para lograr una mejor resolución de las estructuras ventriculares; después son filtradas en espacio y tiempo para eliminar el ruido de alta frecuencia (9) y finalmente sometidas a la sustracción del fondo radiactivo, cuyo valor lo define un umbral por debajo del cual se hayan todos los niveles de conteo de las estructuras cuya distribución radiactiva no varía el ciclo cardiaco (10).

La fracción de eyección (11,12) se calcula de la curva de actividad contra tiempo (figura 3) generada sobre cada ventrículo mediante la selección de un área de interés sobre estas estructuras, según la expresión

$$FE(\%) = (CDF - CSF) \times 100 / CDF$$

donde CDF representa el número de conteos acumulados sobre la imagen del ventrículo en diástole final y CSF es el número de conteos acumulados sobre la imagen del ventrículo en sístole final.

Los valores obtenidos por esta técnica están bien correlacionados con los calculados por otros métodos como la ventriculografía de contraste. (13)

El volumen ventricular izquierdo es otro parámetro que puede calcularse por esta técnica, refiriendo la actividad medida sobre el ventrículo a la de una muestra de sangre de volumen conocido. Los valores así obtenidos son mucho menores que los ofrecidos por la ventriculografía de contraste, lo que se atribuye a los efectos de atenuación de las radiaciones por el tejido, haciéndose necesario introducir un factor de corrección para el mismo (14,15). No obstante, existe una buena correlación entre los valores calculados por ambos métodos.

Los valores del gasto cardiaco y del volumen-latido se derivan de los calculados para la fracción de eyección y el volumen ventricular.

Todos estos parámetros junto al análisis cualitativo de la curva de volumen ventricular permiten hacer un análisis global de la función ventricular.

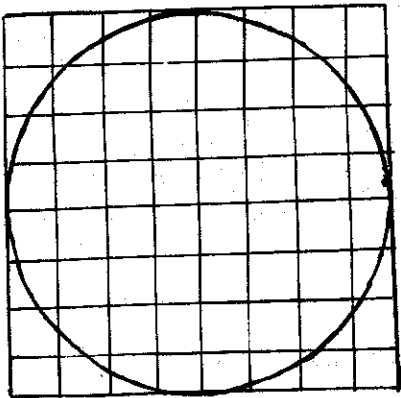


Figura 1. Formato de adquisición de las imágenes.

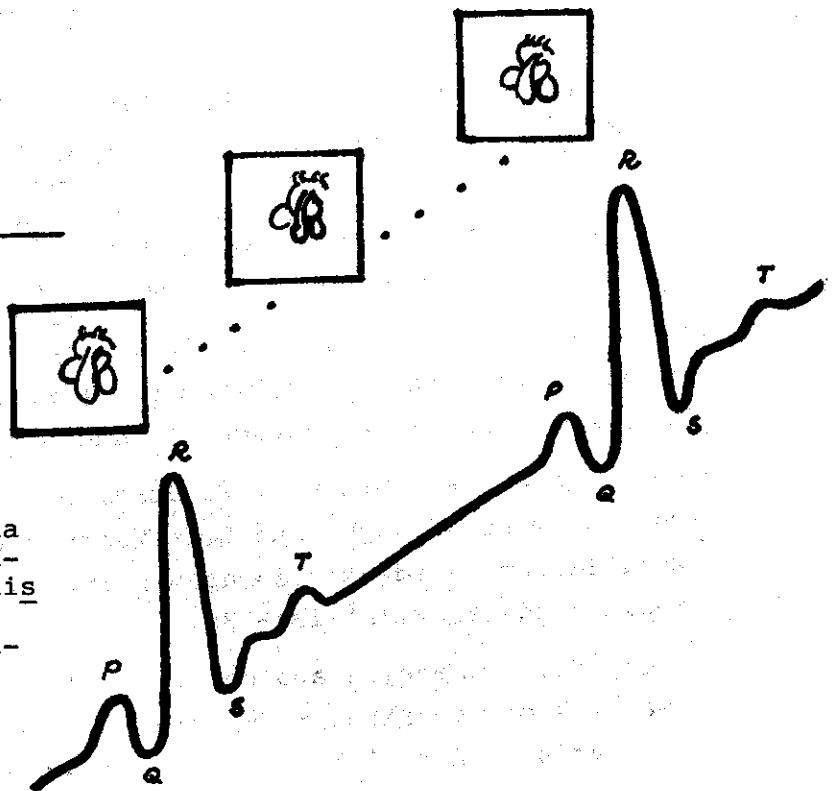


Figura 2. Adquisición de la secuencia de imágenes en sincronismo con la señal electrocardiográfica.

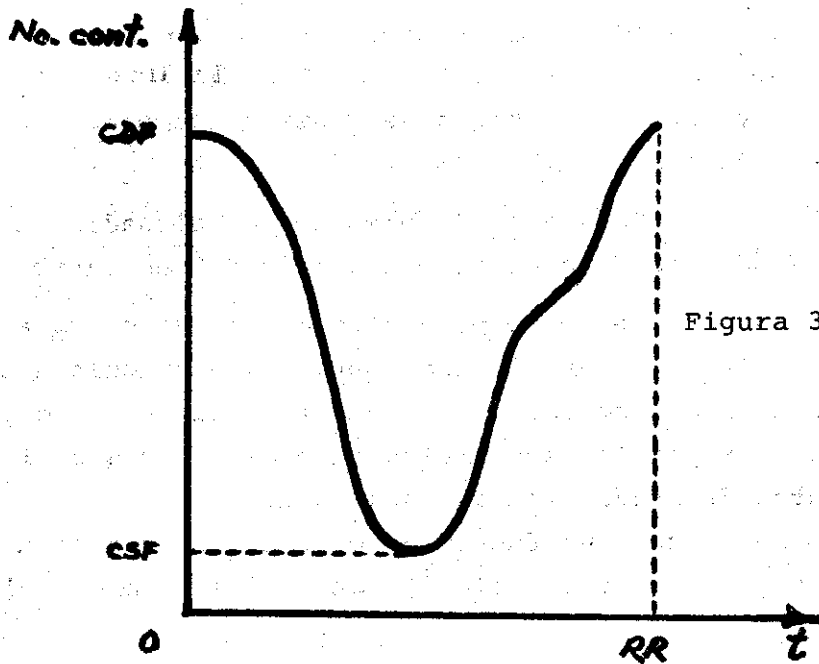


Figura 3. Curva de actividad contra tiempo correspondiente al ventrículo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Adam, W.E.; F. Bitter; W.J. Lorenz (1970)
Der Computer als Hilfsmittel zur Verbesserung der Nuklearmedizinischen Funktionsdiagnostik. Computers in Radiology (de Haener, Wambersie Eds.), Karger, Basle, pp. 459.
2. Bitter, F.; W. Besch; N. Schafer; E. Sigmund (1971)
Integrierter Hers-Kreislauf Analyse mit Hilfe der quantitativen Funktionsscintigraphie. Frontiers of Nuclear Medicine (Horst W. EDS). Springer, Berlin, NY, pp. 250.
3. Strauss, H.W.; K.A. McKusik; J.B. Bingham (1980)
Cardiac Nuclear Imaging: Principles, Instrumentation and Pitfalls Am J Cardiol 46(7): 1109.
4. Eckelman, W.; P. Richards; W. Hanser and cols. (1971)
Technetium-labeled red blood cells. J. Nucl. Med. 12:22.
5. Pavel, D.G.; A.M. Zimmer; V.N. Patterson (1977)
In vivo labeling of red blood cells with ^{99m}Tc . A new approach to blood pool visualization. J. Nucl. Med. 18:305.
6. Franquiz, J.M.; R. Cárdenas; E. Lord; D. García-Barreto (1982)
Measurement of Right and Left Ventricular Ejection Fractions by Equilibrium Gated Scintigraphy using Fourier Functional Images. Nuklearmedizin 21(4):131-135.
7. Slutsky, R.; J. Mancini and cols. (1983)
Analysis of Ventricular Emptying and Filling Indexes During Acute Increases in Arterial Pressure. Am J Cardiol. 51:468-475.

8. Corefield, J.R. (1975)
Development of a fast image enhancement filter for routine use. Int
Jahrestagung der Gesellschaft fur Nukl Med 13: Copenhagen.
9. Yuille, D.L. (1978)
A new approach to the smoothing of dynamic nuclear medicine data:
Concise communication. J. Nucl. Med. 19:836.
10. Goris, M.L. (1979)
Automation and operator Independent data processing of cardiac and
pulmonary functions: Role, methods and results. INSERM 88:427.
11. Hooper, W.; M. Horn; K. Moser and cols.
Right Ventricular Size and Functions: The Discrepancy Between Cardiac
Blood Pool Imaging Techniques. Cathet Cardiovasc Diagn. 8: 597-606,
1982.
12. Mattleman, S.L. and cols. (1983)
Roliability of Bedside Evaluation in determining Left Ventricular
Function: Correlation with Left Ventricular Ejection Determined by
Radionuclide Ventriculography. J Am Coll Cardiol 1(2):417-420.
13. Cárdenas, R. (1984)
Assesment of Ventricular Walls Motion and Function in Myocardial
Infarction by Fourier. Analysis of Equilibrium Gated Nuclear
Ventriculography. Dissertation to the Option of the Degree of
Candidate in Science. Inst. Nac. Oncología, Inst. Cardiología y Ci-
rugía Cardiovascular. Praga, 1984.
14. Schwaiger, M. and cols. (1982)
Accurate Determination of Left Ventricular Volumes with Gated Blood
Pool Studied Using a Direct Measurement of Photon Attenuation.
Third World Congress of Nuclear Medicine and Biology, Vol. 2,
p. 1297.
15. Starling, M.R. and cols. (1984)
Accurate Estimates of Absolute Left Ventricular Volumes from
Equilibrium Radionuclide Angiographic Count Data using a Simple
Geometric Attenuation Correction. J Am Coll Cardiol 3(3):789.