

Comparación de la ventriculografía isotópica de equilibrio y la tomografía computarizada con emisión de fotones individuales (SPECT) sincronizado para evaluar la fracción de expulsión del ventrículo izquierdo en pacientes trasplantados de corazón

Hugo Zetina Tun^{1*}, Margarita Hernández Flores², Emidio García Nicasio², Carlos Alberto Lezama Urtecho³, Gabriel Gómez Calzada⁴ y Guillermo Careaga Reyna⁵

¹Clinica de Trasplante Cardíaco, Departamento de Cirugía Cardiorráctica, Unidad Médica de Alta Especialidad (UMAE), Hospital General «Dr. Gaudencio González Garza», Centro Médico Nacional «La Raza», Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), México, D.F.;

²Departamento de Medicina Nuclear, UMAE, Hospital de Especialidades «Dr. Antonio Fraga Mouret», Centro Médico Nacional «La Raza», IMSS, México, D.F.; ³Departamento de Cirugía Cardiorráctica, UMAE, Hospital General «Dr. Gaudencio González Garza», Centro Médico Nacional «La Raza», IMSS, México, D.F.; ⁴Departamento de Cirugía Cardiovascular, UMAE, Hospital de Especialidades «Adolfo Ruiz Cortines», Veracruz, Ver.; ⁵Departamento de Cirugía Cardiorráctica, UMAE, Hospital General «Dr. Gaudencio González Garza», Centro Médico Nacional «La Raza», IMSS, México, D.F.

Resumen

Objetivo: evaluar cuál es el mejor método para determinar la fracción de expulsión ventricular izquierda (FEVI) en pacientes trasplantados de corazón: la tomografía computarizada con emisión de fotones (Single Photon Emission Computed Tomography [SPECT]) sincronizada o la ventriculografía isotópica de equilibrio (VIE), tomando como estudio base la ecocardiografía. **Material y métodos:** se realizó un estudio observacional, descriptivo, prospectivo, transversal, abierto, en el que se incluyeron pacientes sometidos a trasplante cardíaco ortotópico entre el 1 de enero de 1993 y el 31 de diciembre de 2010, a quienes se les realizó ecocardiograma, SPECT sincronizado (SPECT-gated [SPECT-G]) y VIE, previa autorización con carta de consentimiento informado, y se compararon los valores obtenidos de la FEVI. El valor mínimo normal para la FEVI fue del 50% en los tres métodos. **Resultados:** se estudiaron 14 pacientes. Se eliminaron dos por presentar arritmia cardíaca, por lo que no se pudo realizar el estudio, y dos por ser trasplantados recientemente. El promedio de la FEVI fue: ecocardiografía: 69.9%, SPECT-G: 60% y VIE: 61.1%. La sensibilidad (S) del SPECT-G fue del 75% y la de la VIE, del 100%. No se pudo obtener la especificidad (E), debido a que la muestra era muy pequeña y no existieron verdaderos negativos, pues todos los resultados por ecocardiografía fueron mayores al 50%. **Conclusión:** se recomienda el SPECT-G como herramienta útil en la evaluación de pacientes sometidos a trasplante cardíaco, puesto que aporta información funcional y pronóstica, e indica el grado de perfusión miocárdica regional ventricular izquierda.

PALABRAS CLAVE: Trasplante cardíaco. Fracción de expulsión ventricular izquierda. Ecocardiograma. Tomografía computarizada con emisión de fotones sincronizada. Ventriculografía isotópica de equilibrio.

Abstract

Objective: To evaluate which is the best method to determine the left ventricular ejection fraction in heart transplant recipients: radionuclide ventriculography or gated SPECT, compared with echocardiography as the gold standard method. **Material and methods:** A prospective, transversal, observational, and open study including all orthotopic heart transplant recipients between January 1, 1993 and December 31, 2010 was realized after signed Informed Consent, and we performed echocardiography, radionuclide ventriculography and gated SPECT in 14 patients. Normal value for left ventricle ejection fraction was considered 50% in all the methods. **Results:** Fourteen heart transplant recipients were

Correspondencia:

*Hugo Zetina Tun

Calzada Vallejo y Jacarandas, s/n

Col. La Raza, C.P. 02990, México, D.F.

E-mail: hzetina@gmail.com

Fecha de recepción en versión modificada: 21-11-2011

Fecha de aceptación: 19-12-2011

*considered for the study. Two patients were excluded because of arrhythmic heartbeat at the time of gated SPECT acquisition and two by being newly transplanted. The mean left ventricle ejection fraction was: echocardiography: 69.9%; gated SPECT: 60%; radionuclide ventriculography: 61.1%. The sensitivity of gated SPECT was 75% and 100% for radionuclide ventriculography. Specificity could not be obtained because our population was very small and there were no false negatives. (All the echocardiography results were over 50%). **Conclusion:** It was concluded that despite our small population, the gated SPECT was a useful tool in the evaluation of heart transplant patients due to its functional and prognostic information, besides offering myocardial perfusion imaging.*

KEY WORDS: Heart transplantation. Left ventricular ejection fraction. Echocardiography. Gated SPECT. Radionuclide ventriculography.

Introducción

Cuando se estima que la supervivencia y la calidad de vida no pueden mejorarse con otra modalidad terapéutica, el trasplante cardíaco es el tratamiento de elección para la insuficiencia cardíaca (IC) terminal¹. El primer trasplante cardíaco en humanos se realizó en 1967^{2,3}. En México, la era del trasplante cardíaco dio inicio en 1988⁴. La estadística reportada en nuestro país refiere que el trasplante de corazón se ha ido incrementando a partir de 1995, y en 2001 se realizó el mayor número de procedimientos (33)⁵.

En la base de datos de nuestro hospital, tenemos registrados 64 trasplantes de corazón desde enero de 1993 hasta el 31 de diciembre de 2010, de los cuales 16 pacientes siguen vivos (25%) (Zetina, et al., observaciones no publicadas).

La biopsia endomiocárdica, la coronariografía, la ecocardiografía transtorácica y las pruebas de medicina nuclear, entre otras, son estudios que se realizan por diversos grupos en el seguimiento de los pacientes trasplantados. Las tres últimas permiten la medición de la FEVI, que es el parámetro cuantitativo de la función ventricular que se utiliza con más frecuencia para proveer información del estado funcional del corazón.

La FEVI tiene además valor pronóstico de vida en pacientes con enfermedad cardiovascular, así como en pacientes trasplantados.

El cateterismo cardíaco con coronariografía es un procedimiento invasivo que requiere la introducción de catéteres en las cavidades del corazón y los vasos coronarios con la aplicación de medio de contraste radiológico. Pueden obtenerse parámetros hemodinámicos (mediciones de presión, determinaciones de flujo cardíaco y de resistencias), y su principal ventaja es que la información obtenida es muy confiable, y permite además valorar directamente la permeabilidad de las arterias coronarias⁶. Al ser un método invasivo tiene contraindicaciones, además de la exposición a

radiación y complicaciones como: infarto agudo de miocardio, perforación cardíaca, hemorragias o insuficiencia renal transitoria, por lo que debe evaluarse su empleo en pacientes que tengan elevados los azoados en sangre^{4,6}.

La ecocardiografía también permite evaluar la FEVI⁷. En este estudio se puede calcular mediante varios métodos, como el de cubos o la fórmula de Teicholz. Su limitación es que sólo suministra información relacionada con la distancia de cada objeto al transductor y no aporta información en la dimensión lateral⁸. El ecocardiograma bidimensional es el método de elección recomendado (de acuerdo con la Sociedad Americana de Ecocardiografía), para la obtención de la FEVI con la regla de Simpson modificada⁹.

Las ventajas del ecocardiograma en cualquiera de sus variantes es que es un estudio inocuo, seguro, accesible e indoloro, proporciona datos anatómicos y hemodinámicos exactos, no se necesita preparación específica del paciente y no existen contraindicaciones como tales para su realización. Sus limitaciones son que sus resultados son altamente dependientes del operador, es decir, los resultados obtenidos pueden ser pobres o mal interpretados si quien realiza el estudio tiene escasa experiencia. Por otra parte, las imágenes se dificultan por las estructuras de la pared torácica (costillas, músculos y grasa) y la presencia de aire en los pulmones^{4,7}. Otra limitante es que el paciente tenga «mala ventana torácica», como ocurre en pacientes ancianos o muy delgados, o con espacios intercostales muy reducidos.

En lo que respecta a la medicina nuclear, existen dos técnicas para la obtención de la FEVI. Para ambas se utilizan una gammacámara y un electrocardiógrafo, que se encuentran conectados entre sí. Las derivaciones del electrocardiograma (ECG) se colocan sobre el paciente, y el trazo electrocardiográfico se envía al equipo de la gammacámara, la cual «sincroniza» (*gated*, en inglés) la onda R con las imágenes obtenidas¹⁰.

La onda R es muy importante¹¹, y en el estudio de medicina nuclear se utiliza para ordenar los fotones entrantes en una secuencia de fotogramas o fotografías que abarcan el ciclo cardíaco.

La información es reconstruida posteriormente y de manera automática se obtiene la FEVI. Las dos técnicas de obtención de la FEVI son la VIE, también llamada ventriculografía con radionúclidos (VGR) o *multi-gated acquisition* (MUGA). En este estudio se utiliza un trazador que permanece en el componente sanguíneo durante todo el estudio. Son los eritrocitos marcados con tecnecio-99 metaestable (Tc99m), que es la forma física y química en la que se encuentra¹². Se inyecta el ion estaño para que el tecnecio difunda en la membrana del eritrocito y se una a la proteína B de la hemoglobina, permaneciendo así en el espacio vascular¹².

El otro estudio es el SPECT-G. Con este método, además de la FEVI, se obtienen cortes tomográficos del ventrículo izquierdo, que reflejan la perfusión regional para cada una de las paredes del ventrículo izquierdo, y lo convierten en su principal ventaja¹¹. La técnica utiliza un trazador (o radiofármaco) que se fija al miocardio en proporción al flujo sanguíneo que recibe; como el metoxi-iso-butil-isonitrilo (MIBI) marcado con Tc99m, este es un complejo catiónico, cuyo mecanismo de captación está asociado a sus propiedades lipofílicas y a la atracción electrostática entre la carga positiva de la molécula lipofílica y la mitocondria de carga negativa, donde se fija el 90% del fármaco¹².

En este trabajo presentamos ambos métodos de medicina nuclear para evaluar la FEVI en los pacientes trasplantados de corazón en nuestro centro hospitalario.

Material y métodos

Se realizó un estudio observacional, descriptivo, prospectivo, transversal, abierto. Los criterios de inclusión fueron: pacientes trasplantados de corazón en el Departamento de Cirugía Cardiorácica de nuestro hospital en el periodo comprendido entre el 1 de enero de 1993 y el 31 de diciembre de 2010. Pacientes de ambos sexos, mayores de 18 años, que aceptaran participar en el estudio y hubiesen firmado la carta de Consentimiento bajo Información para Investigación y para Realización de Procedimientos Diagnósticos. Los criterios de exclusión fueron: pacientes en los que no se concluyeron las pruebas a realizar, aquellos que decidieron no continuar los estudios y que por esta u otra causa no completaron el protocolo de estudio.

A todos los pacientes se les realizó:

- Ecocardiograma bidimensional, que fue revisado por dos cardiólogos diferentes no relacionados. Se trabajó con un equipo de ecocardiografía, modelo Agilent Sonos 5500, marca Hewlett Packard, con transductor de 4 MHz, calculándose la FEVI mediante la fórmula de cubos:

$$FE = \frac{\text{volumen al final de diástole}^3 - \text{volumen al final de sístole}^3}{\text{volumen al final de diástole}^3} \times 100$$

Los valores de la FEVI se definieron como: normal (hombres y mujeres): 55%, ligeramente anormal: 45-54%, moderadamente anormal: 30-44% y gravemente anormal: < 30%⁹.

- Tomografía computarizada con emisión de fotones sincronizada que fue realizada el mismo día del estudio ecocardiográfico por un médico nuclear.
- Ventriculografía isotópica de equilibrio, realizada 48 h después del estudio anterior por un médico nuclear.

Los últimos estudios se trabajaron con una gammacámara modelo Ecam Siemens de un cabezal y fueron realizados por el Servicio de Medicina Nuclear. Los estudios fueron obtenidos por dos médicos nucleares distintos. La FEVI por VIE y por SPECT-G se realizó mediante un programa automatizado en el equipo que obtiene los volúmenes de ventrículo izquierdo y los calcula con la fórmula que a continuación presentamos¹⁰:

$$FE = \frac{\text{volumen al final de diástole} - \text{volumen al final de sístole}}{\text{volumen al final de diástole}} \times 100$$

Los valores de la FEVI, tanto para el SPECT-G como para la VIE, son: normal (hombres y mujeres): 55-75% y límite normal bajo: 50%¹⁰.

Se tabularon los resultados en base a falsos positivos, falsos negativos, verdaderos positivos y verdaderos negativos de cada uno de los métodos de medicina nuclear y se tomó como estudio de referencia el ecocardiograma. Para este grupo de pacientes trasplantados, se consideró como valor mínimo normal para la FEVI el 50% en los tres métodos. Se obtuvo la sensibilidad y especificidad de cada método de medicina nuclear, y para el ecocardiograma, la concordancia intraobservador.

Tabla 1. FEVI

Paciente	Ecocardiograma	SPECT-G	VIE
1	75	66	66
2	76	49	53
3	55	43	45
4	76	69	63
5	60	56	57
6	73	67	66
7	72	63	83
8	68	64	63
9	73	64	66
10	75	66	65
11	71	68	60
12	65	45	47

Tabla 2. Graduación de la FEVI

FEVI	Ecocardiograma	SPECT-G	VIE
Normal	12	9	10
Baja		3	2
Total	12	12	12

Resultados

De los 16 pacientes iniciales, se eliminaron dos del estudio, debido a que en el momento del estudio del SPECT-G tuvieron una frecuencia cardíaca (FC) muy irregular, por lo que no se pudo realizar el estudio. Otros dos se excluyeron por ser recién trasplantados.

Los resultados de los estudios se muestran en la tabla 1.

La FEVI promedio obtenida fue: ecocardiografía: $69.9 \pm 6.7\%$, SPECT-G: $60 \pm 9.3\%$, VIE: $61.1 \pm 10\%$.

De acuerdo con la ecocardiografía, el 100% de los pacientes tuvieron una FEVI normal; con el SPECT-G, nueve pacientes tuvieron una FEVI normal y tres con resultado bajo, y con la VIE, 10 pacientes tuvieron una FEVI normal y dos con resultado bajo, como se muestra en la tabla 2.

La sensibilidad del SPECT-G fue del 75% y la de la VIE, del 100%. No se pudo obtener la especificidad, debido a que la muestra fue muy pequeña y no existieron verdaderos negativos. La concordancia intraobservador fue de 0.8.

Para ejemplificar el procedimiento se seleccionó de manera aleatoria un paciente masculino de 46 años, a quien se había realizado un trasplante cardíaco en noviembre de 2004. El paciente presentó datos de rechazo cardíaco en el mes de mayo de 2010, por lo que se ingresó para estudio. Se realizó cateterismo

cardíaco en el mismo mes que mostró obstrucción del 50% de la coronaria descendente anterior y del 50% de la primera diagonal. El grupo de cardiología intervencionista decidió implantar *stent* coronario en ambas arterias. Los estudios mostraron los siguientes valores para la FEVI: por ecocardiograma, 55%; el SPECT-G mostró 43% (Fig. 1) y la VIE, 45% (Fig. 2). El resultado de la perfusión obtenida por SPECT-G se muestra en la figura 3.

Con los datos anteriores, se demostró que, posteriormente a la aplicación de *stents* coronarios, existe perfusión conservada para la cara anterior y disminuida hacia la región inferoseptal.

Discusión

La evaluación de la función ventricular tiene un papel muy importante en el manejo de los pacientes trasplantados de corazón. Aunque el tamaño de la muestra en nuestro estudio es pequeño, nos permitió, con base en los hallazgos y la revisión de la información a nuestro alcance, hacer las siguientes consideraciones. El inconveniente de los estudios con medicina nuclear es que los pacientes deben tener una FC rítmica, para que así pueda ser identificada la onda R en el ECG y ser dividido cada ciclo cardíaco para posteriormente obtener la FEVI¹¹. Por esta situación fueron descartados dos casos de este trabajo que presentaban arritmias en el momento del estudio.

Es ya bien conocida la alta correlación existente entre la FEVI obtenida por SPECT-G y la VIE, independientemente de la cifra de FEVI¹⁴. A pesar de ello, no se realiza habitualmente en pacientes trasplantados de corazón.

En nuestro trabajo no se obtuvieron verdaderos negativos con una FEVI baja, tanto para el SPECT-G como para la VIE. La probable explicación radica en que todos los resultados obtenidos por ecocardiografía son superiores a los obtenidos mediante los dos métodos de medicina nuclear. En este sentido, cabe mencionar las limitaciones que presenta la ecocardiografía:

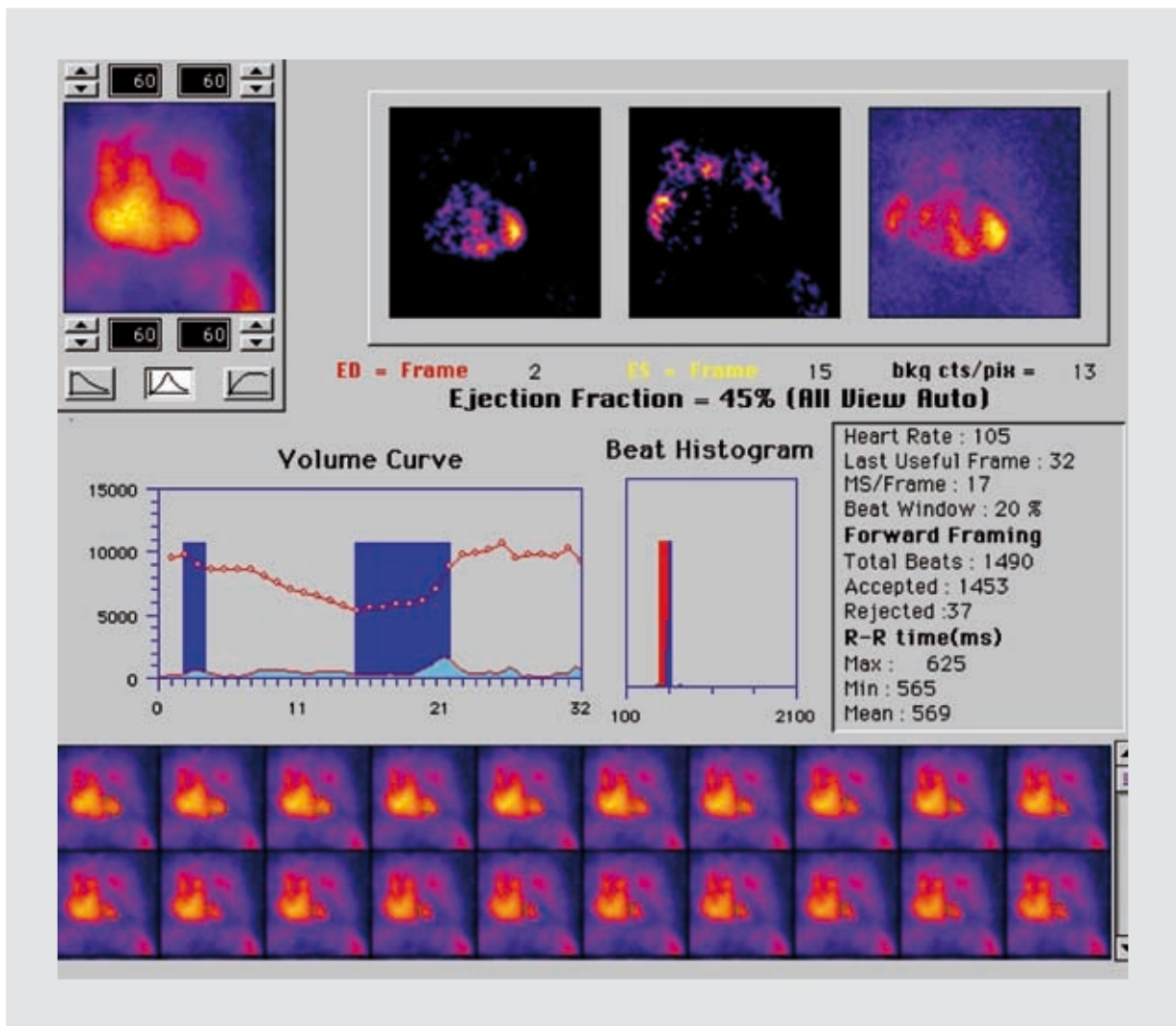


Figura 1. Resultado de la FEVI obtenida por SPECT-G.

sus resultados son altamente dependientes del operador, es decir, que los resultados obtenidos pueden ser pobres o mal interpretados si quien realiza el estudio tiene escasa experiencia, cuestión que en este trabajo se controló mediante la medición de la variabilidad intraobservador. Por otra parte, como ya se ha dicho, la antropometría del paciente también influye^{4,7}.

Las ventajas que presenta la utilización de cualquiera de los métodos de medicina nuclear es que no existen contraindicaciones para su realización, las sustancias radiactivas no tienen efectos secundarios y no son nefrotóxicas. Son técnicas sencillas, no invasivas, confiables, rápidas, precisas y sus resultados no son dependientes del operador, ya que son obtenidos directamente del equipo de cómputo.

En pacientes con infarto de miocardio se han comparado las técnicas de obtención de la FEVI mediante

el SPECT gatillado con MIBI y ventriculografía de equilibrio. Manrique, et al., en 1999 correlacionaron el resultado de la FEVI (mediante regresión lineal) de 50 pacientes con antecedente de infarto de miocardio el SPECT-G con MIBI (grupo 1), o talio (grupo 2) con la ventriculografía de equilibrio, y encontraron que existía una buena correlación entre estos métodos ($r = 0.88$ y 0.76 , respectivamente). Además, observaron que existía una subestimación de la FEVI utilizando el SPECT-G en comparación con la ventriculografía en equilibrio, y la diferencia promedio entre la ventriculografía y el SPECT-G fue del $4.7\% \pm 7.3\%$ ¹³.

En México, Alexanderson, en el año 2002, evaluó la correlación entre la fracción de expulsión obtenida con el SPECT-G y la VIE en 50 pacientes con cardiopatía isquémica. La correlación entre ambos estudios fue alta (0.92). Encontró también que la mayor correlación

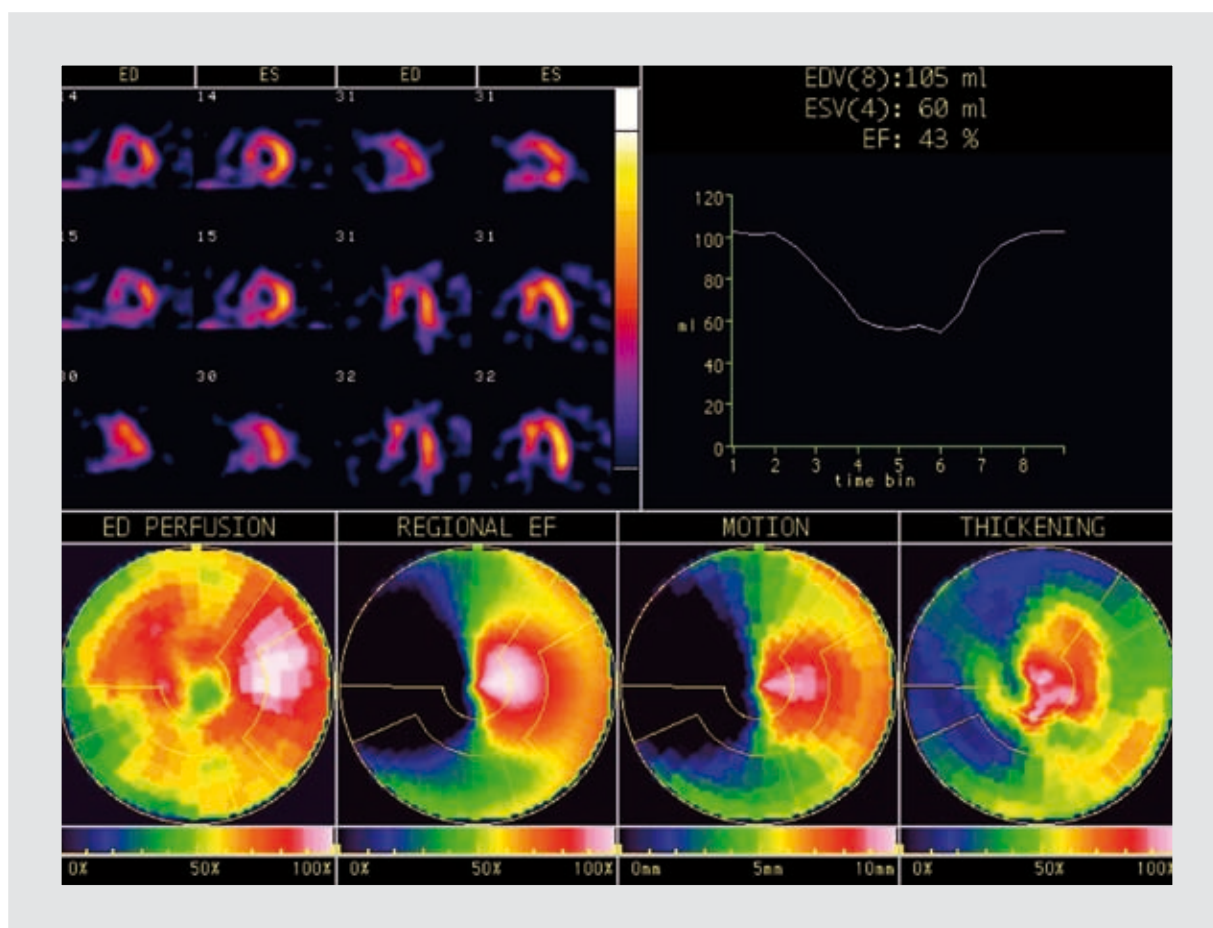


Figura 2. FEVI medida por VIE.

fue en el grupo de pacientes con FEVI del 30-50% ($r = 0.89$), y fue menor en los otros grupos (FEVI > 50%; $r = 0.72$ y FEVI < 30%; $r = 0.76$)¹⁴.

Existen estudios publicados donde se utilizan los estudios de medicina nuclear para evaluar a los pacientes trasplantados de corazón. Carlsen, et al., en el año 2000, hicieron un estudio retrospectivo de un periodo de 5.6 años y evaluaron comparativamente un total de 255 SPECT de perfusión miocárdica junto con los cateterismos coronarios consecutivos, realizados anualmente a 57 trasplantados de corazón. Sus resultados fueron los siguientes: de los 255 SPECT, solamente nueve pacientes mostraron defectos reversibles de perfusión miocárdica, de los cuales en el cateterismo cuatro pacientes mostraron estenosis focal segmentaria coronaria (> 50%) y uno, estrechamiento de las coronarias, mientras que los cuatro pacientes restantes fueron normales en el cateterismo. Los cuatro pacientes con estenosis focal segmentaria fueron tratados mediante revascularización. El valor predictivo positivo de un SPECT normal fue del 98% para la

detección de lesiones tributarias a revascularización y concluyeron que el SPECT anual es conveniente para tamizar o detectar estenosis coronarias significativas, y que un SPECT sin defectos excluye lesiones candidatas a revascularización¹⁵. Yen, et al., en el año 2005, investigaron el valor pronóstico de la prueba de esfuerzo con dobutamina-SPECT con talio en 47 pacientes trasplantados de corazón comparado con el cateterismo cardíaco. Encontraron que 37 pacientes tuvieron un cateterismo normal, un paciente tuvo vasculopatía del injerto no significativa (estenosis luminal < 50%) y nueve pacientes, vasculopatía del injerto significativa (estenosis > 50%). La sensibilidad, la especificidad, el valor predictivo positivo y el negativo fueron del 89, el 71, el 42 y el 96%, respectivamente, y concluyeron que la prueba de estrés farmacológica, junto con el SPECT con talio, es un método útil para detectar a los pacientes con una vasculopatía significativa del injerto¹⁶.

A pesar de que nosotros encontramos una mayor sensibilidad para la VIE, la principal ventaja que presenta el SPECT-G es que, adicionalmente a la obtención de

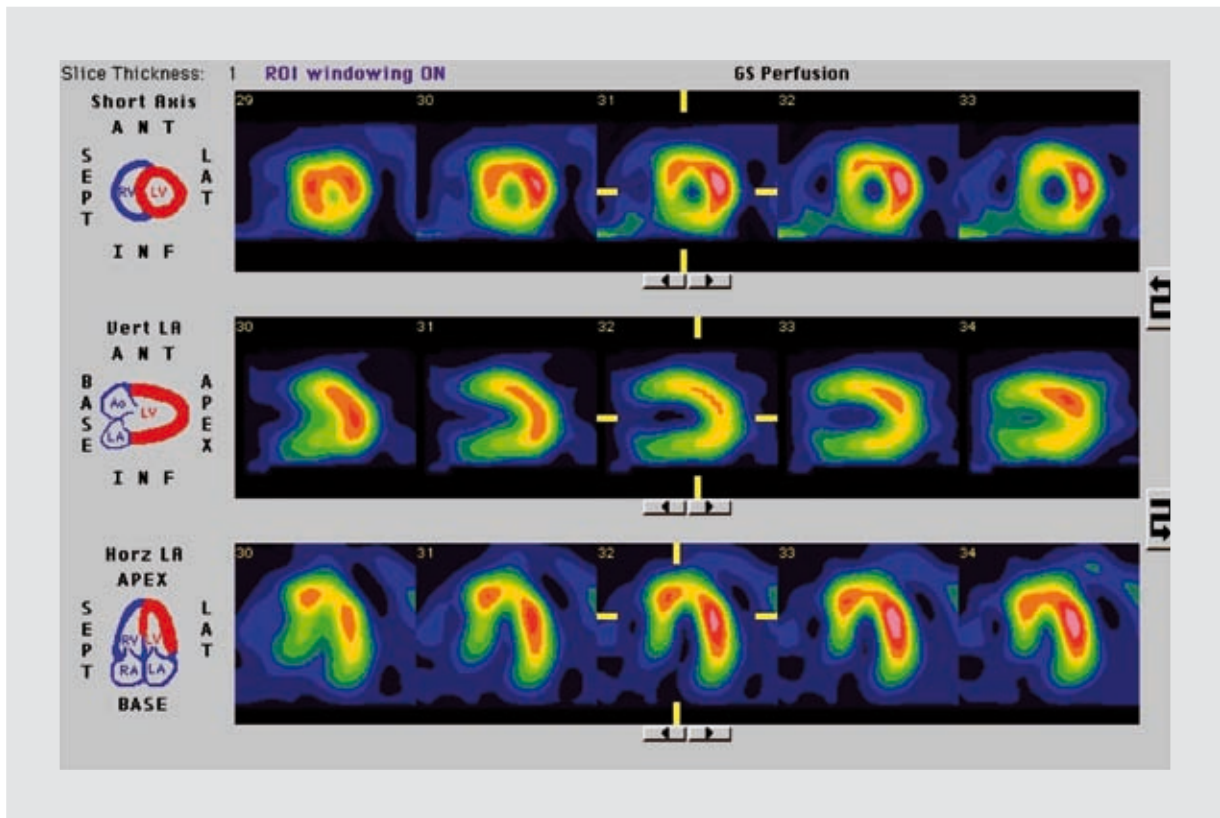


Figura 3. Esta imagen refleja directamente la perfusión regional de cada una de las caras del ventrículo izquierdo. Existe una adecuada perfusión para la cara anterior y lateral en cortes apicales, mediales y basales, con hipoperfusión en la región inferoseptal.

la FEVI, se obtiene la perfusión miocárdica regional del ventrículo izquierdo.

La perfusión miocárdica puede ser de suma importancia en el seguimiento de mediano y largo plazo de pacientes trasplantados de corazón, como demostraron Ciliberto, et al. en el año 2001 al evaluar la ecocardiografía en reposo y el SPECT con dipiridamol en la identificación de vasculopatía del injerto en 78 pacientes trasplantados de corazón. Ambos estudios se realizaron 48 h antes que la angiografía coronaria. Para su trabajo, consideraron anomalías significativas en la movilidad del ecocardiograma aquellas que se presentaron en dos o más segmentos, y un SPECT anormal si mostraba defectos fijos o reversibles. La angiografía coronaria fue normal en 53 pacientes, en 13 hubo lesiones no significativas y en 12 pacientes mostró lesiones significativas (estenosis > 50%). Las anomalías de movimiento en el ecocardiograma fueron observadas en nueve casos y el SPECT de 20 pacientes fue anormal.

Sin embargo, consideramos que en nuestro estudio, al evaluar pacientes trasplantados de corazón, con base en las referencias encontradas¹⁷⁻²⁰, los resultados de las mediciones de la FEVI en estos pacientes

con enfermedades cardíacas, ya sea IC o hipertrofia ventricular, se toma como valor normal una FEVI del 50%. Este fue el valor mínimo normal obtenido por ecocardiografía y medicina nuclear para este estudio, muy probablemente por ser corazones sin enfermedad previa.

En otra serie, el ecocardiograma y el SPECT fueron concordantes en 59 casos (cinco positivos y 54 negativos). Los SPECT positivos a anomalía identificaron correctamente al 92% de los pacientes con lesión coronaria significativa. Se concluyó que los pacientes con anomalías del movimiento en reposo y que presentan defectos de perfusión en el SPECT predicen fuertemente eventos cardíacos. Por lo tanto, la angiografía coronaria se debería reservar para los pacientes trasplantados que presentan anomalías tanto en la movilidad como en la perfusión²¹.

Otra de las ventajas que ofrece el SPECT-G, como comprobó Gayed en el año 2003, es que el tamaño de los defectos de perfusión no afecta la precisión del SPECT-G, por lo cual posee gran valor diagnóstico, aun en pacientes con grandes defectos de perfusión²².

Por último, es importante mencionar que existen otros estudios con medicina nuclear que se pueden realizar en el paciente trasplantado de corazón y pueden brindar

información acerca de su estado funcional²³: anticuerpos antimiosina marcados con indio-111 (¹¹¹In). La captación de la antimiosina-¹¹¹In ocurre solamente cuando la integridad del sarcolema se pierde por el daño celular, y los fragmentos del anticuerpo se unen a la cadena pesada de miosina expuesta. La ausencia de captación de los anticuerpos apoya la ausencia de rechazo, y puede realizarse como seguimiento en estos pacientes cada mes.

La metayodobencilguanidina marcada con ¹²³I o ¹³¹I (MIBG-¹²³I o ¹³¹I) es otra opción, pues, como se sabe, en el trasplante ortotópico el injerto está completamente denervado. Los estudios con MIBG-¹²³I o ¹³¹I, que son análogos de la epinefrina, son captados por los nervios simpáticos miocárdicos, y su captación en el paciente con trasplante cardíaco apoya el concepto de una reinervación espontánea que ocurre en ellos. La reinervación ocurre sólo a partir del año posterior al trasplante y se incrementa con el tiempo, con una correlación positiva entre la captación del radiofármaco y el tiempo de trasplante.

En resumen, los hallazgos de nuestro estudio nos inclinan a recomendar el SPECT-G como una herramienta útil en la evaluación de pacientes tratados con trasplante cardíaco, puesto que aporta información funcional, puede realizarse como seguimiento en ellos y es de valor pronóstico.

En el seguimiento de pacientes trasplantados de corazón se puede considerar la medicina nuclear como método alternativo a la ecocardiografía para la obtención de la FEVI por no tener contraindicaciones ni efectos secundarios en su realización; sus resultados no son dependientes del operador y el SPECT-G brinda también perfusión regional ventricular izquierda.

Bibliografía

1. Ubilla M, Mastrobuoni S. Trasplante cardíaco. *An Sist Sanit Navarr*. 2006;29:63-78.
2. Flotats. *Cardiología nuclear en el trasplante cardíaco*. En: Carrió I, González P. *Medicina nuclear: aplicaciones clínicas*. Barcelona: Masson; 2003. p. 121-6.
3. Iturralde M, Novitzky D. The role of nuclear cardiology procedures in the evaluation of cardiac function following heart transplantation. *Semin Nucl Med*. 1988;18(3):221-40.
4. Castaño GR, Garrido M, Magaña JA, Arguero SR. Trasplante cardíaco. En: Ruesga Z, Jáuregui A. *Cardiología*. 1.ª ed. México: Editorial El Manual Moderno; 2005. p. 1051-7.
5. http://www.cenatra.gob.mx/cnt/Grafica_tot.php?s_organos=Coraz%F3n.
6. Mendes F. Angiografía coronaria en la cardiopatía isquémica. En: Soltoski P, Karamanoukian H. *Secretos de la cirugía cardíaca*. 1.ª ed. México: Editorial McGraw-Hill; 2002. p. 36.
7. Armstrong W. Ecocardiografía. En: Braunwald E, Zipes D. *Braunwald's Cardiología*. 6.ª ed. Madrid: Editorial Marbán; 2004. p. 192-200.
8. Bellenger N, Burgess M, Ray SG, et al. Comparison of left ventricular ejection fraction and volumes in heart failure by echocardiography, radionuclide ventriculography and cardiovascular magnetic resonance. Are they interchangeable? *Eur Heart J*. 2000;21(16):1387-96.
9. Lang RM, Bierig M, Devereux RB, et al. Recommendations for chamber quantification: a report from the American Society of Echocardiography's Guidelines and Standards of Committee and the Chamber Quantification Writing Group, developed in conjunction with the European Association of Echocardiography; a branch of the European Society of Cardiology. *J Am Soc Echocardiogr*. 2005;18(12):1440-63.
10. Ziessman H, Malley J, Thrall J. *Medicina nuclear. Los requisitos en radiología*. 3.ª ed. Madrid: Editorial Elsevier; 2007. p. 451-5.
11. Go V, Bhatt M, Hendel R. The diagnostic and prognostic value of ECG-Gated SPECT myocardial perfusion imaging. *J Nucl Med*. 2004;45:912-21.
12. Zolle I. *Technetium-99m Pharmaceuticals*. 1.ª ed. EE.UU.: Editorial Springer. 2007. p. 247.
13. Manrique A, Faraggi M, Vera P. 201-Tl and 99m-Tc MIBI gated SPECT in patients with large perfusion defects and left ventricular dysfunction: Comparison with equilibrium radionuclide angiography. *J Nucl Med*. 1999;40:805-9.
14. Alexanderson E, Gómez D, Fermón S. Correlación entre la fracción de expulsión obtenida con SPECT sincronizado y ventriculografía con radionúclidos en pacientes con cardiopatía isquémica. *Arch Cardiol Mex*. 2004;74:25-30.
15. Carlsen J, Jens C. Myocardial perfusion Scintigraphy as a screening method for significant coronary artery stenosis in cardiac transplant recipients. *J Heart Lung Transpl*. 2000;19(9):873-8.
16. Yen W, Ruoh F, Chii M. Diagnostic and prognostic value of dobutamine thallium 201 Single-photon emission computed tomography after heart transplantation. *J Heart Lung Transpl*. 2005;24(5):544-50.
17. Hains AD, Al-Khawaja I, Hinge DA, Lahiri A, Rafferty EB. Radionuclide left ventricular ejection fraction: a comparison of three methods. *Br Heart J*. 1987;57(3):242-6.
18. Pfisterer ME, Batter A, Zaret BL. Range of normal values for left and right ventricular ejection fraction at rest and during exercise assessed by radionuclide angiography. *Eur Heart J*. 1985;6(8):647-55.
19. Corrao S, Paterna S, Arnone S, et al. Two-dimensional echocardiographic evaluation of left ventricular ejection fraction by the ellipsoid single-plane algorithm: A reliable method for assessing low or very low ejection fraction values? *Cardiology*. 1995;86:503-7.
20. Ababneh AA, Sciacca RR, Kim B, Bergmann SR. Normal limits for left ventricular ejection fraction and volumes estimated with gated myocardial perfusion imaging in patients with normal exercise test results: influence of tracer, gender, and acquisition camera. *J Nucl Cardiol*. 2000; 7:661-8.
21. Ciliberto GR, Ruffini L, Mangiavacchi M, et al. Resting echocardiography and quantitative dipyridamole technetium-99m sestamibi tomography in the identification of cardiac allograft vasculopathy in the identification of cardiac allograft vasculopathy and the prediction of long-term prognosis after heart transplantation. *Eur Heart J*. 2001;22:964-71.
22. Gayed I, Cid E, Boccalandro F, Podoloff D. Factors affecting left ventricular ejection fraction using automated quantitative gated SPECT. *Clin Nucl Med*. 2003;28:290-5.
23. Flotats A, Carrió I. Value of Radionuclide studies in cardiac transplantation. *Ann Nucl Med*. 2006;20(1):13-21.