

Archivos de Cardiología de México

Volumen **75**
Volume

Número **1**
Number




Enero-Marzo **2005**
January-March

Artículo:

Estudio de la viabilidad miocárdica:
Comparación de tomografía por
emisión de positrones y resonancia
magnética

Derechos reservados, Copyright © 2005
Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez

**Otras secciones de
este sitio:**

-  **Índice de este número**
-  **Más revistas**
-  **Búsqueda**

***Others sections in
this web site:***

-  ***Contents of this number***
-  ***More journals***
-  ***Search***



Medigraphic.com

Estudio de la viabilidad miocárdica: Comparación de tomografía por emisión de positrones y resonancia magnética

Aloha Meave,* Alejandro Ricalde,** Carlos Sierra Fernández,** Leonardo García Rojas Castillo,** Erick Alexánderson***

Resumen

Introducción: En los últimos años se han desarrollado diversos métodos que permiten evaluar zonas de miocardio viable. Actualmente el estándar de oro para este propósito es la Tomografía por Emisión de Positrones (PET). Recientemente, con el advenimiento y expansión de la resonancia magnética cardiovascular (RMCV), se han buscado diferentes índices y marcadores de viabilidad en este método de imagen; encontrándose hasta ahora que el reforzamiento tardío es uno de los marcadores más precisos para este fin. En este trabajo se busca correlacionar los datos obtenidos en PET con aquellos que muestra la RMCV en el estudio de la viabilidad miocárdica. **Método:** Se estudiaron 17 pacientes con diagnóstico de infarto del miocardio, a los cuales se les practicó una determinación de viabilidad miocárdica con Fluoro-18-deoxiglucosa (PET-FDG) y un estudio para detección de viabilidad miocárdica mediante resonancia magnética. El periodo de tiempo entre ambos estudios fue en todos los casos menor a una semana. Los resultados fueron interpretados por expertos. Se utilizó el modelo de 17 segmentos de la American Heart Association. El patrón de reforzamiento tardío observado en el estudio de resonancia magnética fue comparado con la movilidad segmentaria. Se obtuvo sensibilidad, especificidad y factores predictivos tanto positivo como negativo de la RMCV en el diagnóstico de viabilidad. Los resultados de ambas técnicas fueron comparados utilizando el programa SPSS v.10.

Summary

STUDY OF MYOCARDIAL VIABILITY:
COMPARISON OF PET AND MRI

Background: In the last years, few methods for the assessment of myocardial viability have been developed. Now a days the gold standard test for this purpose is the Positron Emission Tomography (PET). Recently, the expansion of Cardiovascular Magnetic Resonance imaging (MRI) has promoted the research for indexes or scores than can predict myocardial viability; so far, the late enhancement has proved to be one of the most accurate scores. The purpose of this study is to establish a correlation between the information of PET with the results of MRI in the assessment of myocardial viability. Late enhancement patterns and segmental mobility were compared. Sensitivity, specificity and positive and negative predictive values were calculated. SPSS v. 10 program was used for the statistic analysis. **Methods:** 17 patients with diagnosis of myocardial infarction were enrolled. All of them underwent into a myocardial viability detection PET study and into a cardiovascular magnetic resonance study using a late enhancement technique. Results were interpreted by experts. The 17 segments model of The American Heart Association was used. **Results:** A total of 289 myocardial segments were analyzed, by PET 239 (82%) viable segments and 50 (17.3%) of non viable segments were detected, meanwhile by MRI 210 (72.6%) and 79 (27.4%) of viable and non viable myocardial segments respectively were found. Both techniques correlate 75% of the times and

* Departamento de Resonancia Magnética, Instituto Nacional de Cardiología "Ignacio Chávez".

** Departamento de Cardiología Nuclear, Instituto Nacional de Cardiología "Ignacio Chávez".

*** Unidad PET-Ciclotrón Facultad de Medicina UNAM.

Correspondencia: Dr. Erick Alexánderson Rosas. Departamento de Cardiología Nuclear. Instituto Nacional de Cardiología "Ignacio Chávez" (INCICH) Juan Badiano No. 1 Col. Sección XVI, Tlalpan 14080, México D.F.). Tel. 55732911

Recibido: 31 de enero de 2005

Aceptado: 15 de febrero de 2005

Resultados: Se estudiaron 289 segmentos miocárdicos, PET detectó 239 (82.7%) segmentos viables y 50 (17.3%) segmentos no viables, con RMCV se encontraron 210 (72.6%) segmentos viables y 79 (27.4%) segmentos no viables. Ambas técnicas coincidieron el 75% de las veces y al analizarlo por territorio coronario específico la correlación fue muy buena. **Conclusiones:** La RMCV es una técnica adecuada para la evaluación de viabilidad miocárdica. Este estudio es el primero en Latinoamérica que utiliza la RMCV y el PET de forma conjunta.

Palabras clave: Viabilidad miocárdica. PET. Resonancia magnética.

Key words: Myocardial viability. PET. MRI.

Introducción

La disfunción ventricular (DV) asociada a la cardiopatía isquémica representa uno de los factores adversos más importantes para establecer pronóstico. La DV se relaciona con una elevada tasa de morbi-mortalidad, así como a un deterioro importante en la clase funcional y por tanto en la calidad de vida del paciente. Antiguamente se consideraba que el miocardio disfuncional tras un evento isquémico correspondía exclusivamente a zonas necróticas, y por lo tanto a un daño irreversible. Desde hace aproximadamente 20 años, Rahimtoola¹ planteó el término Miocardio Hibernante, el cual representa tejido miocárdico que tras una disminución del flujo sanguíneo cesa su capacidad contráctil, siendo ésta parcial o completamente restituida tras un procedimiento de revascularización. En base a esto se planteó la posibilidad de que el tejido que se creía irreversiblemente dañado, fuera en realidad tejido viable, capaz de recuperar su función contráctil en diferentes grados al restableciéndose el flujo sanguíneo.

La importancia de identificar tejido viable radica en que el empleo de tratamiento médico en pacientes con DV y miocardio hibernante se asocia a una elevada tasa de morbi-mortalidad (15-60%), mientras que la reperfusión de zonas viables se relaciona con una mejoría en la función sistólica del ventrículo izquierdo (tanto global como regional), incremento de la fracción de expulsión (FE), prevención de isquemia, menor remodelación ventricular, prevención de arritmias y mejoría en la función diastólica, resultando de esta manera una disminución en la incidencia de eventos cardíacos adversos y un aumento en la sobrevida.^{2,3}

when vascular territories were analyzed, a good correlation was also established. **Conclusions:** MRI is an adequate technique to determine viability since it has good correlation with PET. This is the first study realized in Latin America that compares PET and MRI in the diagnosis of myocardial viability.

(Arch Cardiol Mex 2005; 75: 71-78)

Múltiples métodos de estudio han tratado de diagnosticar con precisión la viabilidad miocárdica (VM) basándose en la detección de marcadores diagnósticos que determinan la posibilidad de recuperación funcional de zonas con miocardio hibernante, los cuales son: conservación del espesor de pared, reserva contráctil, reserva de flujo coronario, integridad de la pared celular y conservación de su metabolismo. Hasta ahora, la medicina nuclear con el uso de talio²⁰¹ en el protocolo de reinyección, ha sido el método más utilizado para el diagnóstico de viabilidad miocárdica en nuestro país. Sin embargo, en la actualidad se considera a la tomografía por emisión de positrones (PET) como el método no invasivo con la mayor sensibilidad en el estudio de VM.⁴⁻⁶

Distintos protocolos utilizando PET han sido empleados para determinar VM, siendo hasta ahora el estudio del metabolismo celular con Fluoro-18-deoxiglucosa (FDG) como el de mayor validez diagnóstica. El miocardio en condiciones de isquemia cambia su metabolismo normal (predominantemente a partir de ácidos grasos), a ser dependiente de carbohidratos. De esta manera el estudio a través de PET ha sido utilizado para identificar y cuantificar la VM mediante la determinación de dos patrones: el patrón concordante ("match"), caracterizado por la ausencia tanto de perfusión como de metabolismo (FDG), y el patrón discordante ("mismatch"), que se caracteriza por la presencia de actividad metabólica (FDG) en ausencia de perfusión miocárdica demostrada por medicina nuclear o por Amonio – PET. El valor predictivo positivo y predictivo negativo con la utilización de este método corresponde a un 83% y 84% respectivamente.⁵⁻⁷⁻¹⁶

El PET es considerado en la actualidad el estudio diagnóstico más preciso para determinar viabilidad miocárdica debido a su alta correlación con la mejoría en la función contráctil regional y global en los pacientes reperfundidos tras un evento isquémico. Se ha observado que en un 40% a 50% de los pacientes diagnosticados con necrosis miocárdica y sin evidencia de tejido viable mediante medicina nuclear, se demuestra viabilidad cuando se les efectúa un estudio de PET con FDG,¹⁷ teniendo las regiones identificadas viables por PET una expectativa a mejorar su función contráctil en el 78% a 92% de los casos.^{8,9,14,18}

Recientemente la Resonancia Magnética aplicada al estudio cardiovascular (RMCV) ha cobrado gran importancia como método de determinación de viabilidad miocárdica. Dentro de los parámetros obtenidos por RMCV que se han utilizado para predecir la mejoría en la función contráctil tras la revascularización se encuentran: la valoración del grosor parietal sistólico y diastólico, la respuesta contráctil regional o global ante un estímulo farmacológico con inotrópicos positivos como la dobutamina (definida como reserva contráctil), y la cuantificación del grado de captación tardía del gadolinio (reforzamiento tardío).¹⁹ Este último índice ha demostrado ser el factor predictivo más preciso al determinar el grado y la extensión de la necrosis miocárdica.^{19,20,21}

Una de las ventajas de la RMCV sobre los demás métodos que se emplean en la determinación de viabilidad miocárdica es su importante resolución espacial. Esta característica permite cuantificar el grado de extensión del daño en la pared miocárdica, es decir determinar el porcentaje de pared que presenta un daño irreversible. La cuantificación del grado de extensión parietal del daño es crucial en la predicción de mejoría funcional tanto regional como global tras la revascularización. Se considera que un reforzamiento tardío <50% del grosor de la pared representa un infarto subendocárdico, mientras que un reforzamiento tardío >50% representa un infarto transmural.²⁰⁻²²

La RMCV tiene una sensibilidad y una especificidad del 88% y del 87% respectivamente, siendo así superior al ecocardiograma con dobutamina y al SPECT con Talio 201, y casi equiparable al PET en la determinación de viabilidad miocárdica.^{3,23,24}

Las similitudes entre los datos predictivos de viabilidad en PET y RMCV son sobresalientes y han

planteado la posibilidad de equiparar al PET (estudio considerado como el de mayor capacidad para detectar VM), con la RMCV.²⁵ Hasta el momento, no existen estudios en nuestro país que comparen estas dos técnicas diagnósticas.

Objetivos

Comparar el reforzamiento tardío como criterio de ausencia de viabilidad de la RMCV con el PET en la detección de VM.

Material y métodos

Se realizó un estudio prospectivo, retrolectivo, aleatorizado, ciego, en el cual se incluyeron 17 pacientes de ambos sexos con diagnóstico de infarto del miocardio demostrado tanto por electrocardiograma como por estudio de medicina nuclear con Talio²⁰¹ o Tecnecio⁹⁹ Sestamibi.

Todos los pacientes fueron llevados a la unidad PET-Ciclotrón de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de México (UNAM), donde se les realizó un estudio de detección de viabilidad miocárdica con FDG-PET y al departamento de Resonancia Magnética del Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez donde se adquirió un estudio para detección de viabilidad. Ambos estudios se realizaron con un período de tiempo menor a 1 semana entre ambos, y fueron interpretados por 2 expertos en cada área, quienes eran ciegos al resultado del otro estudio. Para la interpretación se utilizó el modelo de 17 segmentos establecido por el Cardiac Imaging Committee of the Council on Clinical Cardiology of the American Heart Association en el año 2002.²⁶

El protocolo fue aceptado por el comité de ética de la UNAM, cada paciente dio su consentimiento por escrito para participar en el protocolo una vez informado de los riesgos y beneficios inherentes al procedimiento.

Técnica PET

En estado de ayuno mínimo de 8 horas se determinó el nivel de glucemia capilar, y en base al resultado se administró o no una carga oral de glucosa según los lineamientos establecidos por Schelbert y cols. en el año 2003.²⁷ Treinta minutos después, se administraron 10mCi de 18-FDG por vía intravenosa. Después de 40 a 45 minutos de administrado el trazador se posicionó al paciente, se realizó emisión y transmisión para la corrección de atenuación, posteriormente se llevó a cabo la adquisición de imágenes durante 40

minutos. Las imágenes fueron adquiridas con el sistema de cuerpo completo ECAT EXACT HR+ (Siemens/CTI, Knoxville, TN, USA) en modo 2D. Este sistema cubre un campo visual axial de 14.5 centímetros recogiendo 63 cortes transversales con grueso de 4mm, con una resolución del plano de 4.5-5.8 milímetros en la dirección transversal y 4.9-8.8 en la dirección axial.²⁸

A cada uno de los segmentos se les asignó una calificación del 0 al 4 de acuerdo a la captación del radio trazador siendo: 0 = captación adecuada; 1 = disminución leve de captación; 2 = disminución moderada de captación; 3 = disminución severa de captación; 4 = ausencia de captación. Se consideró como tejido viable a todo aquel segmento cuya calificación fuera de 0 a 2 y como tejido no viable todo aquel segmento cuya calificación fuera de 3 ó 4.

Técnica RMCV

Tras canalización de una vía venosa periférica se colocó al paciente en decúbito supino en el magneto, se colocó al paciente bobina torácica. Se adquirieron secuencias HASTE para valoración morfológica torácica y cines eco de gradiente en plano cuatro cámaras, eje corto de la porción basal a la apical y tracto de salida del ventrículo izquierdo. Posteriormente se administró Gadolinio como medio de contraste vía intravenosa a dosis de 20mL con técnica de primer paso para valorar perfusión miocárdica en reposo en tres tercios ventriculares. Posteriormente se aplicó secuencia inversión recuperación 15 y 20 minutos después de la administración del material de contraste en plano cuatro cámaras, eje corto y dos cámaras ventricular con la finalidad de valorar zonas de reforzamiento tardío (late enhancement) así como a los 10 y finalmente a los 20 minutos para valorar el reforzamiento tardío (Late Enhancement). La adquisición de imágenes en eje corto comenzó a un centímetro por debajo del nivel de la válvula mitral y continuó en cortes secuenciales cada centímetro a través del ventrículo izquierdo siguiendo el protocolo descrito por Kim y cols.²⁰ El estudio fue realizado en magneto Siemens Magnetom Sonata Maestro Class de 1.5 Teslas.

Se consideró como tejido viable todo aquel segmento en el cual no existiera reforzamiento tardío o éste fuera menor al 50% del grosor de la pared ventricular. Se consideró como tejido no viable todo aquel reforzamiento tardío mayor al 50% del grosor de la pared ventricular.

Análisis Estadístico

Los datos fueron valorados usando el programa SPSS v.10, se obtuvo sensibilidad, especificidad y valores predictivos tanto positivo como negativo de la RMCV, utilizando al PET como el estándar de oro.

Resultados

Se estudiaron un total de 17 pacientes de ambos géneros, de los cuales 4 fueron mujeres y 13 hombres. La edad media de los pacientes fue de 51 ± 14 años. Los principales factores de riesgo cardiovascular encontrados en la población estudiada se muestran en la *Figura 1*.

Todos los pacientes que contaban con un estudio de viabilidad por PET y por RMCV fueron incluidos en el estudio.

Se estudiaron un total de 289 segmentos miocárdicos, de los cuales con la técnica PET se encontraron un total de 239 (82.7%) segmentos viables y 50 (17.3%) segmentos no viables, mientras que mediante RMCV se encontraron 210 (72.6%) segmentos viables y 79 (27.4%) segmentos no viables. Ambas técnicas coincidieron en el diagnóstico de viabilidad en 190 (65%) del total de los segmentos y en el criterio de ausencia de viabilidad coincidieron en 30 (10%) segmentos, lo que demuestra que en 75% de los segmentos hubo concordancia en el diagnóstico de ambas técnicas (*Tabla I*). Cuando se hizo un análisis por territorio coronario específico, se encontró que la correlación entre ambas técnicas para el diagnóstico de viabilidad en el territorio de la arteria descendente anterior fue del 77%, en el de la circunfleja de 80% y en el de la coronaria derecha de 80% (*Tabla II*).

Tomando en cuenta al PET como el estándar de oro para el diagnóstico de viabilidad la sensibilidad de la RMCV fue del 80% con una especificidad de 60%, el valor predictivo positivo (VPP) fue del 90.5% y el valor predictivo negativo del 38%.

En nueve de los pacientes se valoró la movilidad ventricular y su correlación con el grado de reforzamiento tardío (mayor o menor al 50% del grosor de la pared). Se analizaron un total de 153 segmentos miocárdicos, donde 72 no mostraron reforzamiento tardío, 36 tuvieron un reforzamiento no transmural y 45 transmural. De los 45 segmentos en donde el reforzamiento tardío fue transmural (>50% del grosor), se encontró discinesia en 7 (15%), acinesia en 32 (71%) e hipocinesia en 6 (14%) de ellos, no encontrándose nin-

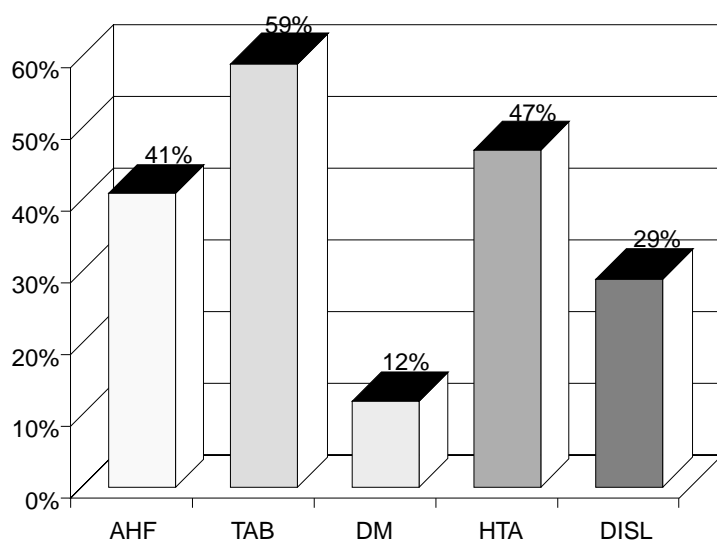


Fig. 1. Prevalencia de algunos factores de riesgo cardiovascular en la población estudiada.

Tabla I. Comparación de la RMCV con PET en el diagnóstico de viabilidad en los 289 segmentos estudiados.

RMCV		PET	
		Viable	No viable
	Viable	190	20
	No viable	49	30

Tabla II. Correlación de la RMCV con el PET en el diagnóstico de viabilidad por territorio coronario específico. DA = Descendente anterior, CD = coronaria derecha, Cx = circunfleja.

Territorio vascular	Segmentos viables por PET	Segmentos viables por RMCV	Correlación (%)
DA	91	77	77%
CD	78	67	80%
Cx	70	66	80%

gún segmento con movilidad normal (*Fig. 2*). En el grupo de segmentos con reforzamiento tardío no transmural (<50%), en 15 (42%) se encontró movilidad normal, en 18 (50%) se observó hipocinesia y en 3 (8%) se observó acinesia, sin hallar ningún segmento discinético (*Fig. 3*).

Discusión

En el paciente con disfunción ventricular secundaria a infarto del miocardio, la detección de

viabilidad miocárdica es de gran importancia, tanto por la repercusión que tiene en el pronóstico, como por la importancia en la toma de decisiones terapéuticas. Hasta el momento, la medicina nuclear con la utilización del radiotrazador Talio 201 en el protocolo de reinyección o el de redistribución tardía ha sido el método más utilizado en la detección de viabilidad miocárdica en nuestro medio, sin embargo, técnicas más recientes como la tomografía por emisión de positrones o la resonancia magnética permiten valorarla de manera más rápida y con mayor grado de certeza. Si bien la recuperación posterior a la reperfusión del tejido miocárdico representa el estándar de oro para la demostración de viabilidad, el PET ha sido considerada como la técnica de diagnóstico más certera para la detección de viabilidad miocárdica previo a la toma de decisiones terapéuticas; sin embargo, la técnica PET, al requerir de la utilización de fluorodesoxiglucosa hace que el estudio sea muy dependiente del estado metabólico del paciente, es decir, de los niveles de glucemia e insulinemia a la hora del estudio, lo que dificulta su utilización sobre todo en pacientes diabéticos. La técnica requiere además la presencia de un ciclotrón para la producción del 18-FDG, lo que la hace todavía poco disponible en nuestro país. Recientemente, con la utilización de la resonancia magnética, con la que se puede valorar tanto la movilidad segmentaria, el engrosamiento parietal y el reforzamiento tardío, es posible detectar en forma no invasiva la presencia de viabilidad miocárdica. La ventaja de la resonancia sobre el PET radica en que la primera es totalmente independiente del metabolismo del paciente, lo que hace a la resonancia una técnica muy atractiva para la valoración de los pacientes con infarto del miocardio y disfunción ventricular.

En este estudio comparamos a la resonancia magnética y al PET con la utilización de gadolinio en protocolo de reforzamiento tardío y 18-FDG respectivamente.

Encontramos que la correlación entre ambas técnicas para la detección de viabilidad miocárdica es adecuada. En un estudio que realizamos previamente y que está en proceso de publicación, encontramos que el PET detecta aproximadamente 35% más segmentos viables que el Talio²⁰¹ con el protocolo de reinyección y que casi ningún segmento (<1.5%) diagnosticado como no viable por PET fue detectado como viable por SPECT. En comparación, en este estudio se ob-

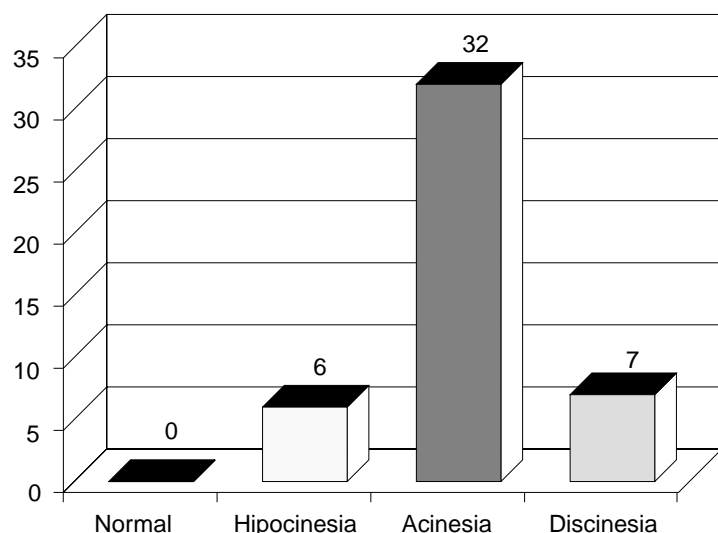


Fig. 2. Alteraciones de la movilidad observados en los segmentos miocárdicos con reforzamiento tardío transmural.

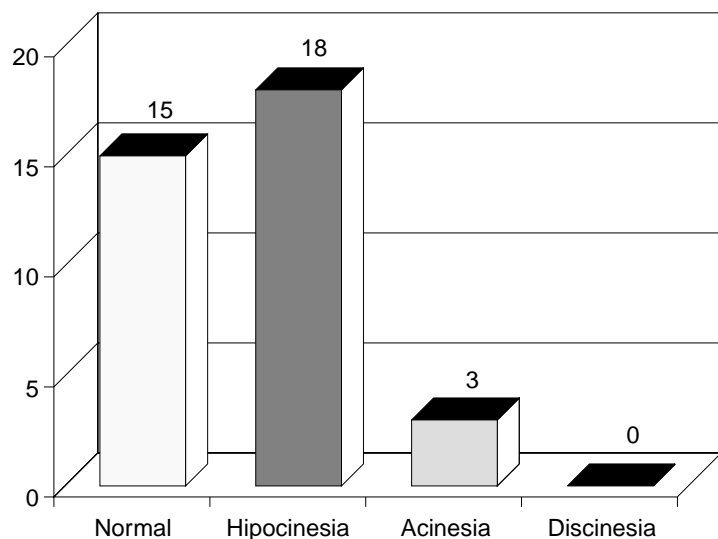


Fig. 3. Alteraciones de la movilidad observados en los segmentos miocárdicos con reforzamiento tardío no transmural.

servó que el PET solamente detecta un 16% más de segmentos viables que la RMCV, lo que parece indicar que la resonancia tiene una mayor capacidad para detectar viabilidad que las técnicas de cardiología nuclear convencionales (SPECT). Llama la atención que un 6.9% de los segmentos considerados como no viables por el PET fueron identificados como viables por la resonancia magnética. Sin embargo, para poder determinar si en realidad estos segmentos son viables habría que dar seguimiento a estos pa-

cientes después de la revascularización, ya que la recuperación de los segmentos es considerada como el estándar de oro para viabilidad miocárdica.

Para poder determinar con mayor precisión la especificidad real de la RMCV, se analizará en un trabajo de seguimiento de este mismo grupo de pacientes la recuperación post-revascularización, lo que podría definir el rol que la resonancia tiene en la determinación de viabilidad.

Al analizar la relación que existía entre el grado de movilidad de los segmentos miocárdicos con el grado de transmuralidad del reforzamiento tardío se encontró que todos los segmentos con reforzamiento transmural tuvieron alteraciones importantes de la movilidad, y que los segmentos con reforzamiento no transmural tuvieron movilidad adecuada o alteraciones de la movilidad no tan importantes. Esto se explica debido al hecho de que en un infarto transmural, la pérdida de músculo ventricular es más importante que en uno no transmural y un gran número de estudios han mostrado que a mayor pérdida de tejido miocárdico, los trastornos de la movilidad son más acentuados. Este hallazgo coincide con lo reportado en otros estudios en los que se ha demostrado que a mayor porcentaje de reforzamiento tardío, existen menores posibilidades de recuperación funcional.^{19,20-22} Así pues, las regiones que presentan alteraciones en su movilidad (hipocinesia, acinesia o discinesia) pero que no muestran reforzamiento tardío tienen altas posibilidades de recuperar su funcionalidad normal si se restablece un adecuado flujo sanguíneo. Kim et al demostró que el 78% de las regiones disfuncionales que no presentaban reforzamiento mejoraban su función tras la revascularización coronaria.²⁰ Estos datos son similares a los reportados por Dilsizian²³ y Ragosta²⁴ cuando se emplea Talio²⁰¹ y también han mostrado similitud con datos obtenidos por Tillish⁸ y Tamaki¹³ al emplear FDG y PET.

Limitaciones del estudio

Una de las limitaciones de este estudio es que se requiere dar seguimiento a los pacientes a lo largo del tiempo para valorar si existió o no mejoría en los segmentos detectados como viables e incrementar el número de la muestra.

Conclusiones

La resonancia magnética es una técnica adecuada en el estudio de la viabilidad miocárdica. En

este trabajo se consideró dentro de la resonancia magnética a la presencia de reforzamiento tardío como indicador de necrosis miocárdica y por tanto ausencia de viabilidad. Actualmente estamos realizando un nuevo estudio en RM que analiza también la reserva inotrópica (con dobutamina) para complementar la información del

reforzamiento tardío que pensamos incrementará la sensibilidad de la técnica en el reconocimiento del miocardio viable.

Este es el primer estudio realizado en Latinoamérica que comparan al PET y a la Resonancia Magnética en la detección de viabilidad miocárdica.

Referencias

1. RAHIMTOOLA SH: *The hibernating myocardium*. Am Heart J 1989; 117: 211-221.
2. LEE K, MARWICK T, COOK S, GO RT, FIX JS, JAMES KB, ET AL: *Prognosis of patients with left ventricular dysfunction with and without viable myocardium after myocardial infarction*. Circulation 1994; 90: 2687-94.
3. STILLMAN AE, ILKE N, JEROSCH-HEROLD M: *Myocardial Viability*. Radiol Clin North Am 1999; 37(2): 361-78.
4. BELLER GA: *Noninvasive assessment of myocardial viability*. N Engl J Med 2000; 343: 1487-1490.
5. ALEXANDERSON E, GÓMEZ MARTÍN D, BENITO I, RUIZ RAMÍREZ L, RICALDE A, MEAVE A: *Tomografía por emisión de positrones (PET): Una herramienta útil para el estudio del metabolismo cardíaco*. Arch Cardiol Mex 2004; 74: 220-228.
6. ALEXANDERSON E: *Utilidad de las técnicas nucleares en el estudio de la viabilidad miocárdica*. Arch Cardiol Mex 2004; 74(1): 8-12.
7. BRUNKEN R, TILLISCH J, SCHWAIGER M, CHILD JS, MARSHALL R, MANDELKERN M, ET AL: *Regional perfusion, glucose metabolism and wall motion in patients with chronic electrocardiographic Q-wave infarction: evidence for persistence of viable tissue in some infarct regions by positron emission tomography*. Circulation 1986; 73: 951-63.
8. TILLISCH J, BRUNKEN R, MARSHALL R, SCHWAIGER M, MANDELKERN M, PHELPS M, ET AL: *Reversibility of cardiac wall motion abnormalities predicted by positron tomography*. N Engl J Med 1986; 314: 884-8.
9. CARREL T, JENNI R, HAUBOLD-REUTER S, VON SCHULTESS G, PASIC M, TURINA M: *Improvement of severely reduced left ventricular function after surgical revascularization in patients with pre-operative myocardial infarction*. Eur J Cardiothorac Surg 1992; 6: 479-84.
10. LUCIGNANI G, PAOLINI G, LANDONI C, ZUCCARI M, PAGANELLI G, GALLI L, ET AL: *Presurgical identification of hibernating myocardium by combined use of technetium-99m hexakis 2-methoxyisobutyl isonitrile single photon emission tomography and fluorine-18 fluoro-2-deoxyglucose positron emission tomography in patients with coronary artery disease*. Eur J Nucl Med 1992; 19: 874-81.
11. CAMICI P, FERRANNINI E, OPIE LH: *Myocardial metabolism in ischemic heart disease: basic principles and application to imaging by positron emission tomography*. Prog Cardiovasc Dis 1989; 32: 217-38.
12. FITZGERALD J, PARKER A, DANIAS P: *F-18 fluoro deoxyglucose SPECT for assesment of myocardial viability*. J Nucl Cardiol 2000; 7(4): 382-7.
13. TAMAKI N, KAWAMOTO M, TADAMURA E, MAGATA Y, YONEKURA Y, NOHARA R, ET AL: *Prediction of reversible ischemia after revascularization: perfusion and metabolic studies with positron emission tomography*. Circulation 1995; 91: 1697-705.
14. TAMAKI N, YONEKURA Y, YAMASHITA K, SAJI H, MAGATA Y, SENDA M, ET AL: *Positron emission tomography using fluorine-18 deoxyglucose in evaluation of coronary artery bypass grafting*. Am J Cardiol 1989; 64: 860-865.
15. GROPLER RJ, GELTMAN EM, SAMPATHKUMARAN K, PEREZ JE, SCHECHTMAN KB, CONVERSANO A, ET AL: *Comparison of carbon-11-acetate with fluorine-18-fluorodeoxyglucose for delineating viable myocardium by positron emission tomography*. J Am Coll Cardiol 1993; 22: 1587-1597.
16. MARWICK TH, MACINTYRE WJ, LAFONT A, NEMEC JJ, SALCEDO EE: *Metabolic responses of hibernating and infarcted myocardium to revascularization: a follow-up study of regional perfusion, function, and metabolism*. Circulation 1992; 85: 1347-1353.
17. AKINBOBOYE OO, IDRIS O, CANNON PJ, BERGMANN SR: *Usefulness of Positron Emission Tomography in Defining Myocardial Viability in Patients Referred for Cardiac Transplantation*. Aml Cardiol 1999; 83: 1271-1274.
18. DI CARLI MF, ASGARZADIE F, SCHELBERT HR, BRUKEN RC, LAKS H, PHELPS MF, ET AL: *Quantitative relation between myocardial viability and improvement in heart failure symptoms after revascularization in patients with ischemic cardiomyopathy*. Circulation 1995; 92: 3436-3444.
19. LÓPEZ LEREU M, BODA V, SANCHOS J, GARCÍA D, PELLICER M, LOSADA A, ET AL: *Fiabilidad de los índices de viabilidad miocárdica por resonancia magnética para predecir la mejoría de la fun-*

- ción sistólica en pacientes con un primer infarto reciente y arteria abierta. Rev Esp Cardiol* 2004; 57: 826-33.
20. KIM R, WU E, RAFAEL A, CHEN E-L, PARKER M, SIMONETTI O, ET AL: *The use of contrast - enhanced magnetic resonante imaging to identify reversible myocardial dysfunction. N Engl J Med* 2000; 343: 1445-53.
 21. SELVANAYAGAM J, KARDOS A, FRANCIS J, WIESMANN F, PETERSEN S, TAGGART D, ET AL: *Value of delayed - enhanced cardiovascular magnetic resonance imaging in predicting myocardial viability after surgical revascularization. Circulation* 2004; 110: 1535-1541.
 22. WAGNER A, MAHRHOLDT H, HOLLY TA, ELLIOT M, REGENFUS M, PARKER M, ET AL: *Contrast-enhanced MRI and routine single photon emission computed tomography (SPECT) perfusion imaging for detection of subendocardial myocardial infarcts: an imaging study. Lancet* 2003; 361: 374-79.
 23. DILSIZIAN V, ROCCO TP, FREEDMAN NM, LEON MB, BONOW RO: *Enhanced detection of ischemic but viable myocardium by the reinjection of thallium after stress-redistribution imaging. N Engl J Med* 1990; 323: 141-146.
 24. RAGOSTA M, BELLER GA, WATSON DD, KAUL S, GIMPLE LW: *Quantitative planar rest - redistribution 201Tl imaging in detection of myocardial viability and prediction of improvement in left ventricular function after coronary bypass surgery in patients with severely depressed left ventricular function. Circulation* 1993; 87: 1630-41.
 25. KUHLE HP, BEEK AM, VAN DER WEERDT AP, HOFMAN MB, VISSER CA, LAMMERTSMA AA, ET AL: *Myocardial viability in chronic ischemic heart disease: a comparison of contrast enhanced magnetic resonance imaging with (18) FDG PET. JACC* 2003; 16: 1341-1348.
 26. CERQUEIRA M, WEISSMAN N, DILSIZIAN V, JACOBS A, KAUL S, LASKEY W ET AL: *Standardized myocardial segmentation and nomenclature for tomographic imaging of the heart. A statement for healthcare professionals from the Cardiac Imaging Committee of the Council on Clinical Cardiology of the American Heart Association. Circulation* 2002; 105: 539-42.
 27. SCHELBERT HR, BEANLANDS R, BENDEL F, KNUUTI J, DI CARLI M, MACHAC J, ET AL: *Pet myocardial perfusion and glucose metabolism imaging: part 2- guidelines for interpretation and reporting. J Nucl Cardiol* 2003; 10(5): 557-71.
 28. BRIX G, ZAERS J, ADAM LE, BELLEMANN ME, OSTERTAG H, TROJAN H, ET AL: *Performance evaluation of the whole-body PET scanner. J Nucl Med* 1997; 38(10): 1614-23.

