



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

SECRETARIA DE SALUD

HOSPITAL JUÁREZ DE MÉXICO

**“SUPERIORIDAD DE LA PERFUSIÓN MIOCÁRDICA CUANTITATIVA VS CUALITATIVA POR RESONANCIA  
MAGNÉTICA EN PACIENTES CON CARDIOPATÍA ISQUÉMICA”**

**TESIS DE POSTGRADO**

PARA OBTENER EL

**TITULO DE ESPECIALISTA EN CARDIOLOGÍA**

**PRESENTA:**

**Dra Karla Rebeca Ortega Flores**

**Dra Leticia Castellanos Cainas**

Médico adscrito del Servicio de Resonancia Magnética

**Dr Leobardo Valle**

Médico adscrito del servicio de Cardiología.

**Titular del Curso**

**Dr. Ismael Hernández Santamaría**

**México D.F.**

**2015**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## AUTORIZACION DE TESIS

---

DR. CARLOS VIVEROS CONTRERAS  
JEFE DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN

---

DRA LETICIA CASTELLANOS CAINAS  
MÉDICO ADSCRITO DEL SERVICIO DE RESONANCIA MAGNÉTICA CARDIACA

---

DR LEOBARDO VALLE MÉDICO ADSCRITO DEL SERVICIO DE CARDIOLOGÍA

---

DR. ISMAEL HERNANDEZ SANTAMARIA  
TITULAR DEL CURSO DE CARDIOLOGIA

FOLIO DE REGISTRO DE PROTOCOLO HJM 2512/15R

**Agradecimientos.**

## **AL HOSPITAL JUÁREZ DE MÉXICO:**

Por haberme dado la oportunidad de formarme como cardiólogo, siendo mi centro de enseñanza durante 3 años, en los cuales me ofreció una fuente invaluable de conocimientos a través de la enfermedad de sus pacientes

## **A MIS MAESTROS:**

Por haberme compartido su tiempo, experiencia y sus conocimientos, sin esperar nada a cambio, salvo mi agradecimiento, admiración y respeto

Quiero mostrar mi más sincera gratitud a las personas que han hecho posible la consecución de este trabajo.

En primer lugar, quiero agradecer a mis directores de tesis, el Doctor Leobardo valle y la Doctora Leticia castellanos, su ayuda en la aportación de conocimientos e ideas y, sobre todo, en la labor diaria en el campo de la imagen cardiaca y de la angioplastia primaria; sin todo ello no hubiera sido posible realizar este trabajo.

Quiero también dar las gracias a todo el personal médico del área de cardiología del Hospital Juárez de México, especialmente al Dr Eduardo Uruchurtu que empleó su tiempo y su paciencia para que este estudio se pudiera llevar a cabo.

Agradezco al Dr Agustín Yáñez Serrano quien fue mi Jefe de residentes, pero sobre todo gran amigo, quien estuvo de manera incondicional apoyándome en todo momento.

Quisiera agradecer a mis padres por la comprensión y el apoyo que me han demostrado todo este tiempo, quienes con su esfuerzo me brindaron la oportunidad de desarrollarme en un ámbito profesional. Me han enseñado con su ejemplo cualidades que harán de mí una mejor persona y médico. Y que gracias a su apoyo he logrado terminar el presente curso.

También agradezco a alguien que estuvo alentándome siempre a seguir adelante en todos mis proyectos el Licenciado Jorge Ricardo García García.

## **ÍNDICE**

1. ABREVIATURAS.....	5
----------------------	---

2.	MARCO TEÒRICO	
2.1	Enfermedad arterial coronaria.....	6-7
2.2	Fisiología de la circulación coronaria.....	8-10
2.3	Valoración de perfusión miocárdica en la coronariografía.....	11-12
2.4	Introducción a los aspectos técnicos de la RMC.....	13-14
2.5	RM como método diagnóstico de EAC.....	14- 19
3.	PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	20
4.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	20-22
5.	JUSTIFICACIÓN.....	22
6.	HIPÓTESIS.....	22
7.	OBJETIVO.....	22
8.	MATERIAL Y MÉTODOS	
8.1	Universo del estudio.....	23
8.2	Tamaño de la muestra.....	23
8.3	Diseño de estudio.....	23-24
8.4	Variables.....	24
8.5	Criterios de inclusión.....	24
8.6	Criterios de Exclusión.....	25
8.7	Análisis estadístico.....	24
8.8	Consideraciones éticas.....	25
8.9	Costo.....	25
8.10	Cronograma de actividades.....	26
9.	RESULTADOS.....	27-34
10.	DISCUSIÓN.....	35-36
11.	CONCLUSIÓN.....	37
12.	BIBLIOGRAFÍA.....	38-41

#### **ABREVIATURAS**

ACTP: angioplastia coronaria transluminal percutánea

Cx: Arteria circunfleja

CD: arteria coronaria derecha

DA: arteria descendente anterior

DM: diabetes mellitus

ECG: electrocardiograma

EAC: enfermedad arterial coronaria

FE: fracción de eyección

HTA: hipertensión arterial

ICP: intervencionismo coronario percutáneo

IAMCEST: infarto del miocardio con elevación ST

IAMSEST: infarto del miocardio sin elevación ST

RMC: resonancia magnética cardiaca

SCA: Síndrome coronario agudo

TIMI: flujo coronario epicárdico sistematizado por el grupo "Thrombolysis in Myocardial infarction"

## **2.1 ENFERMEDAD ARTERIAL CORONARIA**

La aterosclerosis es una enfermedad crónica inflamatoria, fibroproliferativa y multifocal de las arterias de calibre mediano y grande impulsada principalmente por el acúmulo de lípidos. Cuando está afecta a las arterias coronarias utilizamos

el término de cardiopatía isquémica o de enfermedad arterial coronaria (EAC)...  
(1-3)

La aterosclerosis comienza a desarrollarse en épocas tempranas de la vida y progresa con el paso del tiempo. La velocidad de progresión de la enfermedad es impredecible y varía de forma considerable según los individuos y el grado de exposición a los factores de riesgo cardiovascular modificables. No es de extrañas que en numerosos textos se hable de epidemia mundial. Tanto es así que por ejemplo, en estados unidos se calcula que 12.2 millones de personas padece una EAC, incluidos 7,2 millones que ya han sufrido un infarto del miocardio... (2). La American Heart association estima que en dicho país se producen anualmente 1'1 millones de infartos de miocardio y que 40% fallecen (mas de la mitad antes de recibir asistencia médica). Los datos en Europa son similares y si sumamos las cifras del Reino Unido puede inferirse que la incidencia de infarto agudo del miocardio oscila entre 1 por 250 y 1 por 500 habitantes por año. Ya en nuestro país la cardiopatía isquémica supone la primera causa de muerte entre los varones y la tercera entre las mujeres. Se estima que en el año 2002 se produjeron 8500 infartos agudos de miocardio en México y se prevé un crecimiento anual del 2.28% ... (1,2)

La EAC se ha clasificado, de menor a mayor riesgo, en EAC crónica, síndromes coronarios agudos (SCA) y muerte súbita. SCA es un término unificador que representa un resultado final común, la isquemia miocárdica aguda. La isquemia aguda, habitualmente aunque no siempre, está causada por una EAC aterosclerótica y se asocia con un aumento del riesgo de muerte de origen cardiaco y mionecrosis... (2)

Varias observaciones angiográficas y anatomopatológicas indican que en la progresión natural de la EAC intervienen dos procesos diferenciados: un proceso fijo y difícilmente reversible que causa estrechamiento gradual de la luz arterial de una manera lenta a lo largo de decenios (aterosclerosis), y un proceso dinámico y potencialmente reversible que acentúa dicha progresión de manera repentina e impredecible, causando la oclusión total o parcial de la misma (trombo, vasoespasmo, o ambos). Por tanto en el espectro clínico en lo referente a las lesiones coronarias sintomáticas, existe una combinación de ambas

(aterosclerosis y trombosis)... (1,3). En general, la aterosclerosis predomina en las lesiones responsables de la angina crónica estable, mientras que la trombosis es el componente crítico de las lesiones causantes de los síndromes coronarios agudos. El SCA describe el espectro de manifestaciones clínicas que aparecen después de la rotura de una placa arterial coronaria, complicada con trombosis, embolia y grados variables de reducción de la perfusión miocárdica. En función del ECG y de los marcadores bioquímicos se distinguen el infarto agudo del miocardio con elevación del segmento ST (IAMCEST), el infarto agudo del miocardio sin elevación del segmento ST (IAMSEST), y la angina inestable.

La definición clínica tradicional de infarto del miocardio de la OMS no exigía elevaciones de los marcadores bioquímicos, actualmente, el término infarto del miocardio debería usarse sólo cuando se evidencia necrosis miocárdica secundaria a isquemia. En este contexto, los criterios actuales para el diagnóstico de infarto son:

Detección de una elevación y /o descenso de marcadores cardiacos (preferiblemente troponina) por encima del percentil 99% del nivel de referencia junto con la evidencia de isquemia miocárdica con al menos uno de los siguientes:

- Síntomas de isquemia
- Cambio ECG indicativos de isquemia (cambios nuevos ST-T ó nuevo bloqueo de rama izquierda)
- Desarrollo de ondas Q en el ECG
- Evidencia en técnicas de imágenes de nueva pérdida de viabilidad miocárdica o nueva anomalía de la contractilidad regional.

## **2.2 FISIOLÓGÍA DE LA CIRCULACIÓN CORONARIA**

La función cardíaca es altamente dependiente del mantenimiento y modulación del flujo coronario. El miocardio, y de forma particular el subendocardio, es el tejido con requerimientos aeróbicos basales más altos del organismo (8-10 ml O<sub>2</sub>/min/100 g, frente a 0,15 ml O<sub>2</sub>/min/100 g en el músculo esquelético), siendo sus tres principales determinantes el estrés de pared, el estado inotrópico y la frecuencia cardíaca... (1, 3,5).



El flujo coronario está influido por la compresión extravascular. A lo largo del ciclo cardíaco las variaciones en presión intramiocárdica e intracavitaria modifican drásticamente la resistencia vascular coronaria. El flujo coronario está modulado por las variaciones de la resistencia vascular de su lecho; mientras que en la coronaria izquierda es predominantemente diastólico, en la derecha existe también flujo sistólico que resulta de la baja compresión extravascular ejercida por el ventrículo derecho y las aurículas. Durante la sístole cardíaca se produce flujo retrógrado en las arterias coronarias y flujo anterógrado en las venas coronarias. Como resultado de la compresión extravascular resultante de la sístole, el lecho microcirculatorio e intramural se vacía en dos sentidos, retrógradamente en el arterial y anterógradamente en el venoso, lo que causa un desfase de 180° entre el flujo en las arterias coronarias y el seno venoso... (2-5).

Durante la diástole parte del flujo anterógrado se utiliza para rellenar el lecho microcirculatorio intra miocárdico. Aunque el flujo coronario es fundamentalmente diastólico, en la protodiástole el flujo epicárdico y la perfusión miocárdica están disociados, ya que se disipa en un fenómeno de capacitancia al llenar las ramas intramurales y la microcirculación ordeñadas durante la sístole. En situación basal la relación entre presión y flujo en las arterias coronarias no es lineal. Si se considera a partir de ahora únicamente una situación análoga a la mesotelediástole, es decir, en la que la compresión extravascular sea mínima y constante y no existan variaciones en la conductancia coronaria, se observa que durante un amplio rango de presiones el flujo coronario se mantiene estable. Este fenómeno recibe el nombre de autorregulación coronaria, y es el resultado del tono miogénico intrínseco, una respuesta de las células musculares lisas de las arteriolas coronarias a las variaciones de la presión. La autorregulación coronaria sólo es efectiva dentro del rango de presiones señalado: cuando la presión de perfusión cae por debajo del mismo, se produce una disminución del flujo coronario... (5,6).

Durante la hiperemia coronaria máxima la relación entre presión y flujo coronario es lineal. En contraste con la situación anterior, la vasodilatación completa de los vasos de resistencia inducida por un estímulo hiperémico máximo fisiológico (aumento del metabolismo miocárdico) o farmacológico establece una relación fija entre la presión de perfusión y el flujo coronario. La pendiente de dicha

relación está influenciada por la resistencia del sistema: cuanto menor sea esta pendiente (conductancia), mayor será la resistencia del sistema. La relación presión-flujo durante la hiperemia máxima constituye el techo de valores de flujo coronario esperables para las distintas presiones de perfusión. El aumento de flujo desde la situación de autorregulación a la situación de hiperemia máxima constituye un indicador del estado funcional del sistema coronario. Este concepto constituye la reserva de flujo coronario, un indicador funcional del estado de la circulación coronaria ampliamente utilizado en técnicas diagnósticas. Es importante recordar que en condiciones normales la reserva coronaria presenta una heterogeneidad transmural: en el subendocardio la reserva coronaria es menor debido a que existe un mayor grado basal de vasodilatación arteriolar, resultado de los mayores requerimientos metabólicos del mismo... (6,8).

La presencia de una estenosis epicárdica origina una pérdida de energía asociada al flujo que se expresa como una caída de la presión de perfusión efectiva. Las estenosis causan dos tipos de resistencia, una relacionada con la fricción y otra relacionada con la turbulencia y separación del flujo a la salida de la estenosis. La autorregulación coronaria compensa la caída de presión resultado de la estenosis para mantener el flujo coronario constante. El mecanismo de la autorregulación, que en condiciones fisiológicas ajusta la resistencia microcirculatoria a los requerimientos energéticos del miocardio, pasa a desempeñar un papel compensador crónico frente a la caída de la presión intracoronaria secundaria a la estenosis. A medida que la estenosis aumenta su severidad, la vasodilatación arteriolar mantenida compromete más y más su capacidad autorreguladora en aras de mantener un flujo miocárdico adecuado. Dicho en otros términos, el papel compensador de la autorregulación coronaria en un vaso estenótico se realiza a expensas de disminuir su reserva coronaria. Este compromiso de la reserva coronaria se hace manifiesto primero en el subendocardio, donde, como se ha señalado más arriba, existe una mayor vasodilatación arteriolar basal para cubrir las demandas energéticas aumentadas.... (6-8).

El efecto hemodinámico de una estenosis se manifiesta como una menor pendiente de la relación presión- flujo. En este hecho es donde radica la utilidad diagnóstica del concepto de reserva coronaria. El aumento potencial del flujo coronario para una presión dada desde la situación basal a la situación de

hiperemia máxima (es decir, la reserva coronaria) disminuye en presencia de una estenosis. Este efecto es cuantificable de forma absoluta si se dispone de mediciones obtenidas en situación basal e hiperémica. Además, debido a que los lechos vasculares adyacentes presentan una reserva coronaria conservada, la inducción de hiperemia máxima contribuye a aumentar la heterogeneidad de la perfusión miocárdica, un fenómeno que constituye la base de diferentes técnicas diagnósticas. En este sentido, los vasodilatadores arteriales puros (adenosina, papaverina, dipiridamol), administrados de forma sistémica, realzan la heterogeneidad en la perfusión miocárdica regional y transmural (inducen un fenómeno de robo al vasodilatar las capas epicárdicas)... (8).

La dobutamina agota la reserva coronaria en el vaso estenosado mediante un aumento metabólico de la demanda miocárdica (incrementa más la contractilidad y el consumo de oxígeno miocárdico que el ejercicio físico) y un efecto vasodilatador específico sobre la microcirculación (dosis de 30-40  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$  producen una vasodilatación coronaria global similar a la de la adenosina administrada de forma sistémica)... (3, 5,8).

## **2.4 VALORACIÓN DE PERFUSIÓN MIOCÁRDICA EN LA CORONARIOGRAFÍA.**

El principal objetivo del tratamiento del SCA es restablecer la permeabilidad de la arteria coronaria ocluida, restaurando el flujo epicárdico. Los avances tecnológicos han permitido obtener flujos epicárdicos adecuados en más del 90% de los pacientes. Sin embargo, aun en presencia de un flujo epicárdico normal, hay un porcentaje importante de pacientes en los que no se recupera la perfusión miocárdica... (9)

El estado de la microcirculación coronaria y la perfusión miocárdica se puede evaluar desde métodos simples como la resolución del segmento ST del ECG, hasta métodos complejos como la tomografía por emisión de protones (PET)... (9-11)

La valoración del flujo en la arteria coronaria epicárdica se sistematizó por el grupo de investigación TIMI (Thrombolysis in Myocardial Infarction), en los denominados grados de flujo TIMI... (9):

- TIMI 0 (NO PERFUSIÓN): no fluye contraste a través de la estenosis
- TIMI 1 (penetración con mínima perfusión): una pequeña cantidad de contraste fluye a través de la estenosis pero no opacifica totalmente la arteria situada más allá.
- TIMI 2 (perfusión parcial): El contraste fluye a través de la estenosis hasta opacificar el segmento terminal de la arteria. Pero el contraste entra en el segmento más lentamente que en los segmentos más proximales. Otra posibilidad es que el segmento salga del segmento distal a una estenosis más lentamente que de un segmento comparable no precedido de una estenosis significativa.
- TIMI 3 (perfusión completa): el flujo anterógrado en el segmento terminal de la arteria a través de la estenosis es tan rápido como el flujo anterógrado en un segmento comparable proximal a la estenosis. El contraste sale tan rápidamente del segmento distal como de un segmento más proximal no afectado.

En dos meta análisis de estudios de fibrinólisis en el SCASET.... (11,14,15) se ha demostrado el significado pronóstico favorable del flujo TIMI 3 sobre el resto de situaciones, incluso sobre el grado TIMI 2: la mortalidad precoz es significativamente inferior entre los pacientes con flujo TIMI 3 que la del grupo con flujo TIMI 2 ( 3.7% vs 6.6% ; OR 0.55 IC 95% 0.4- 0.76) y la del grupo con flujo TIMI 0 ó 1 (9.2% ; OR 0.38, IC 95% 0.29- 0.5). En los estudios en los que se realiza AP el empleo de estos predictores ha seguido demostrando su validez... (10,15).

La disponibilidad inmediata de la angiografía permite analizar la microvasculatura como acercamiento al estado de la perfusión miocárdica; en esto reside el concepto de "BLUSH" miocárdico, tinción o tatuaje miocárdico: la penetración del contraste miocárdico en los capilares ofrece una imagen angiográfica en vidrio deslustrado del territorio irrigado. Existe un sistema de análisis dinámico que valora la intensidad del contraste miocárdico y su velocidad de aparición y desaparición (TIMI myocardial perfusion grade, TMPG), propuesto por Gibson y

cols... (9-12).

Flujo microvascular: Grados de perfusión miocárdica TIMI (TMPG):

- TMPG 0: Ausencia o mínima opacificación (blush) del miocardio en la zona de distribución de la arteria responsable.
- TMPG 1: Opacificación persistente del miocardio; el contraste entra en la microvasculatura pero no pasa normalmente a la fase venosa: se detecta tinción persistente al inicio de la siguiente inyección (> 30 segundos).
- TMPG 2: opacificación y lavado retrasados del miocardio: la tinción miocárdica es evidente (nivel máximo o mínimo descenso en intensidad) al final de la inyección (3 latidos del lavado)
- TMPG3: opacificación normal, entrada y salida del contraste de la microvasculatura con velocidad normal (desaparición total o notable de la tinción tras 3 latidos de lavado).

## **2.5 INTRODUCCIÓN A LOS ASPECTOS TÉCNICOS DE LA CARDIO-RM**

Las imágenes de resonancia magnética utilizadas en medicina se obtienen de la energía liberada por el hidrógeno, que es el componente fundamental de la mayoría de los tejidos. Los protones que son sometidos a un campo magnético intenso y uniforme y tras aplicarles energía con ondas de radiofrecuencia (RF), la devuelven como ecos que son detectados por una antena. Los ecos recibidos como ondas de RF son procesados en base a su intensidad y a los cambios sufridos en su frecuencia y fase de onda para obtener imágenes de los tejidos... (16).

Los átomos con número impar de protones, como el hidrógeno, tienen la propiedad de magnetizarse y alinearse en la dirección de un campo magnético externo para crear una magnetización denominada longitudinal. La magnetización de los tejidos ocurre en un período de tiempo determinado y según una constante denominada T1 o tiempo de relajación longitudinal. Si se aplica RF a los átomos de hidrógeno pierden su situación de magnetización longitudinal que recuperan al

liberar ecos de RF en un tiempo constante T1. La excitación con RF crea también un componente de magnetización transversal o perpendicular al campo externo y que desaparece según otra constante de tiempo T2. Estas constantes T1 y T2 dependen del medio químico en que se encuentren los átomos de hidrógeno y permiten caracterizar la composición de los distintos tejidos... (16)

Una compleja combinación de gradientes magnéticos, de pulsos de RF y del momento de lectura de los ecos constituye una secuencia de resonancia magnética cardiaca (RMC). Los átomos de hidrógeno excitados tras la aplicación de energía con RF recobran su estado inicial relajándose y emitiendo ecos. El procesamiento matemático de la señal de los ecos por medio de ecuaciones de Fourier permite generar imágenes... (16, 39)

Actualmente, las imágenes del corazón de alta resolución no se adquieren en tiempo real. Se dividen en líneas o paquetes de líneas y cada una de ellas es adquirida en el mismo momento del ciclo cardíaco de diferentes latidos. Para ello se sincroniza el movimiento del corazón iniciando las secuencias teniendo como referencia el complejo QRS del electrocardiograma... (16,27,40). En ciertas ocasiones, la obtención de un ECG de calidad entraña cierta dificultad porque dentro del imán el flujo sistólico de los grandes vasos produce señales eléctricas durante la repolarización ventricular. Además, los gradientes magnéticos también generan artefactos de alta frecuencia sobre los cables y los electrodos que afectan a gran parte del intervalo RR del electrocardiograma. La aplicación de filtros reduce los artefactos pero no siempre de forma eficaz... (28, 29,39) Opcionalmente las secuencias se pueden sincronizar con el pulso periférico sin embargo, no es recomendable porque la onda de pulso tiene una curva redondeada que no localiza con precisión el momento de inicio del movimiento del corazón. El resultado suele ser una imagen de baja calidad. Se puede sincronizar también el movimiento respiratorio mediante cinturones elásticos o bien mediante la técnica de eco navegador que monitoriza el movimiento del diafragma durante la respiración... (37, 38). Las posibilidades de combinación de las secuencias de RM son innumerables y cada fabricante las denomina con siglas propias. Sin embargo, en RMC la mayoría de ellas se basan en las secuencias denominadas spin eco y gradiente eco... (16, 26, 31,40).

## **2.6 RESONANCIA MAGNÉTICA COMO MÉTODO DIAGNÓSTICOS DE ENFERMEDAD ARTERIAL CORONARIA.**

La cardio-resonancia magnética (cardio-RM) promete ser una técnica de gran utilidad práctica para el estudio de la cardiopatía isquémica. Las secuencias ultra-rápidas realizables en la actualidad con los equipos de última generación acortan de forma significativa la duración de los estudios y presentan imágenes de gran resolución... (16, 33 39,40). Además del estudio de la anatomía y el funcionalismo cardíacos, la cardio-RM permite ahora el estudio de la perfusión miocárdica mediante la utilización de agentes de contraste paramagnético, como el gadolinio-DTPA, metodología que ha demostrado ser de gran utilidad en la práctica clínica para el diagnóstico de viabilidad miocárdica y que compite seriamente con las técnicas isotópicas... (16,21, 34-36)

El concepto de «todo en uno» («*one stop shop*») acuñado por Pohost<sup>1</sup> en 1995 ya es una realidad en la práctica diaria actual. Efectivamente, con los equipos actuales de resonancia magnética (RM) es posible realizar en una única sesión de 30 a 45 minutos un estudio cardiológico completo, incluyendo el estudio anatómico de las estructuras cardíacas, la valoración de la contractilidad de ambos ventrículos a nivel global y segmentario, el cálculo de la fracción de eyección, tanto del ventrículo derecho como del izquierdo, a partir de la determinación de los volúmenes reales de ambas cavidades, y estudios de perfusión mediante administración de contraste, así como estudios de función ventricular con estimulación farmacológica... (16, 28, 33, 39). El objetivo prioritario de los trabajos actuales de investigación clínica en el estudio de la viabilidad miocárdica mediante la cardio-RM es demostrar una óptima relación coste / beneficio de las exploraciones realizadas con esta técnica, en particular si se comparan con los estudios isotópicos... (33, 34-36)

En la evaluación de la cardiopatía isquémica se debe incluir la detección de isquemia, demostrar zonas de tejido necrótico y en casos especiales determinar la viabilidad de dicho tejido; estos tres puntos son valorados por la IRMC con la aplicación de diferentes técnicas las cuales se explican a continuación... (16, 39)

### **Detección de isquemia por IRMC**

En el estudio de IRMC se realizan imágenes estáticas y en cine que nos permiten identificar diámetros y grosor de cavidades, masa, volumen y función ventricular en las diferentes fases del ciclo cardiaco, por lo que es factible demostrar las alteraciones de la movilidad tanto en reposo como en estrés; la nomenclatura para identificar las alteraciones de la movilidad es la misma que se usa en el resto de los estudios de imagen: Hipercinesia, movilidad normal, hipocinesia, acinesia y discinesia; cabe mencionar que la IRMC presenta ventajas con respecto al eco transtorácico y a los métodos que usan radionúclidos; dichas ventajas son: la capacidad multiplanar, tridimensional, sin limitaciones en la ventana de la imagen, alta resolución, sin uso de radiación ionizante ni materiales de contraste yodados... (17, 22, 28-31, 34-36)

### **Perfusión y viabilidad miocárdica con RM**

La perfusión miocárdica por imagen es una parte integral de la evaluación del paciente con cardiopatía isquémica. Actualmente la mayoría de los pacientes son evaluados mediante SPECT, Eco estrés, menos común por PET o eco de contraste; sin embargo, la eficacia de estas técnicas en ocasiones se ve disminuida por la baja resolución y los artificios creados por los tejidos blandos... (34-36).

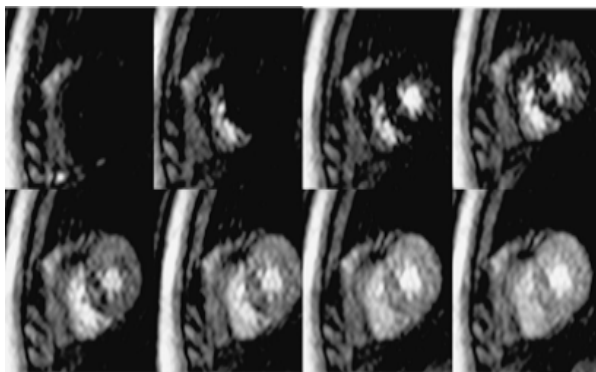
La RMC puede lograr imágenes de alta resolución sin artificios de atenuación y sin exposición a radiación ionizante; la perfusión puede ser valorada con imágenes del ventrículo izquierdo mediante una técnica denominada *first pass* (técnica de primer paso) que no es más que secuencias rápidas durante la inyección del material de contraste; esta técnica consiste en observar en forma dinámica la llegada del material de contraste al ventrículo izquierdo, así como el momento en que el músculo cardiaco concentra dicho material, lo cual permite evaluar los defectos de concentración que pudieran existir en los diferentes tercios del ventrículo izquierdo en relación a la disminución del flujo sanguíneo... (16, 32, 39).

El material de contraste utilizado es una sustancia paramagnética llamada gadolinio-DTPA (Gd-DTPA), el cual tiene una distribución extracelular y se conocen pocas contraindicaciones en su aplicación hasta la fecha. Actualmente la



FDA (*Food and Drug Administration*) emitió un aviso a finales del año 2006 acerca de los posibles riesgos y la probable relación de una rara entidad llamada Fibrosis Sistémica Nefrogénica (*Nephrogenic Systemic Fibrosis, NSF*); hasta la fecha solamente se ha visto relacionada con pacientes en falla renal de un estadio moderado a grave; aún no se ha esclarecido el mecanismo por el que se desarrolla esta enfermedad; por lo que debe considerarse cuidadosamente el riesgo-beneficio de su uso... (16,28-32, 39)

El medio de contraste Gd-DTPA su vía de eliminación es por vía renal, a diferencia del material de contraste yodado, el gadolinio ha demostrado una alta seguridad tanto en la población adulta como pediátrica; la prevalencia total de reacciones adversas de todos los tipos es de aproximadamente 2.4% y su incidencia de reacciones anafilácticas asociadas con dicha reacción es de uno en 100 000 dosis.<sup>7,8</sup> La dosis del gadolinio varía dependiendo del objetivo en estudio; va de un rango de entre 0.05 a 0.2 mmol/kg, aunque Wolff demostró que en los estudios de perfusión, una dosis baja de 0.05 mmol es tan eficaz como las dosis altas...(16,32)



Técnica de primer paso en la que se demuestra la llegada del medio de contraste a los ventrículos, así como el reforzamiento homogéneo del miocardio.

Numerosos estudios han evaluado la perfusión miocárdica en reposo y durante la hiperemia utilizando para esto último dipiridamol y adenosina como agentes vasodilatadores. En reposo, el flujo sanguíneo reducido en la zona de una arteria

epicárdica estenótica puede ser compensado por vasodilatación de las arteriolas. Después de la inyección de vasodilatadores el flujo sanguíneo miocárdico se incrementa 4 a 5 veces en presencia de circulación normal; en territorio miocárdico suplido por arterias coronarias estenóticas, los pequeños vasos son dilatados al máximo aun en reposo y no tienen incremento del flujo sanguíneo a pesar del vasodilatador, por lo que una estenosis hemodinámicamente significativa está presente por definición cuando la reserva coronaria no puede ser inducida en presencia de un estímulo vasodilatador... (28-30, 32).

El área afectada por la estenosis puede presentar una captación del contraste normal en reposo aun en presencia de una estenosis crítica, por lo que se recomienda realizar ambos estudios tanto en reposo como en estrés para lograr una alta sensibilidad y especificidad en este estudio. En la práctica clínica la dosis del dipiridamol es de 0.56 mg/kg. I.V. aplicado en un tiempo de cuatro minutos y la adenosina 0.140 µg/kg/min durante cuatro minutos, existen ventajas y desventajas para cada uno de estos medicamentos y las experiencias varían entre los autores... (19, 23, 24,28-33). Los defectos de perfusión se manifiestan en las imágenes como zonas hipointensas (negras) que persisten durante el ciclo cardiaco de forma regional (anterior, lateral, inferior, septal, etc.) y el análisis de las imágenes son comparativas en reposo y estrés de forma cualitativa y semicuantitativa, sin embargo todavía no se cuentan con suficientes estudios en cuanto a la medición de perfusión miocárdica de manera cuantitativa... (26,27, 18, 21).

La sensibilidad y especificidad de este método ha sido evaluado en numerosos estudios; Ishida y cols. Estudiaron 104 pacientes incluyendo 69 con SPECT y comparó los resultados con angiografía coronaria. La RMC fue significativamente mejor que el SPECT para la detección de estenosis de 70% . La sensibilidad de RMC para la detección de enfermedad de uno, dos y tres vasos fue de 85, 96 y 100% respectivamente. Similares resultados fueron demostrados en un estudio multicéntrico de 99 pacientes usando RMC con adenosina comparado con angiografía coronaria... (34-36)

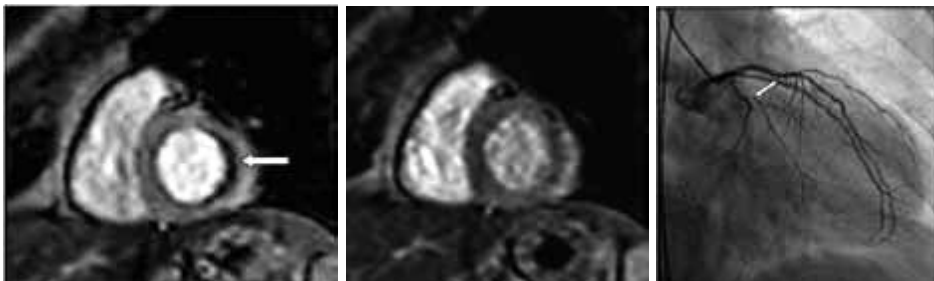
La interpretación cualitativa o visual consiste en la detección de áreas miocárdicas que muestran un retraso en la llegada del contraste bajo hiperemia máxima, pero

no en reposo. Ésta es una forma de análisis rápido, ideal para su utilización en la práctica clínica. Los criterios para la detección y caracterización de los defectos de perfusión son la intensidad máxima del contraste en el ventrículo izquierdo y el tiempo que tarda en alcanzarse el pico de intensidad. Los defectos pueden clasificarse como reversibles (si sólo aparecen bajo estrés) o fijos (si aparecen tanto en reposo como bajo estrés). Este método de interpretación requiere la lectura de los estudios por parte de personal experimentado y puede ser objeto de variaciones subjetivas, por lo que se requiere un máximo contraste en las imágenes, para que pequeños defectos de perfusión puedan ser objetivados visualmente... (23-27). Los métodos de interpretación cuantitativos o semicuantitativos se basan en la definición de regiones miocárdicas de interés. La obtención de datos se realiza a partir de pendientes curvas de intensidad de señal o gradientes de flujo, los cuales requieren la utilización de complejos modelos matemáticos para el análisis de la cinética de agentes de contraste... (18, 21)

A

B

C



*Resonancia y coronariografía*

*En A se observa durante la fase de stress, falta de captación (flecha blanca) en cara lateral del ventrículo izquierdo. Durante la fase de reposo, B, se observa una recuperación de la perfusión en la misma zona, lo cual es compatible con isquemia. El estudio coronariográfico (C) demostró lesión crítica en rama lateral de arteria circunfleja (flecha).*

### **3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.**

¿Cómo influye la medición cuantitativa de perfusión miocárdica por resonancia magnética en cuanto a la sensibilidad y especificidad para detección de cardiopatía isquémica?

### **4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

La reducción de la perfusión miocárdica es un indicador sensible de isquemia miocárdica. Inicialmente, el defecto de perfusión afecta a las regiones subendocárdicas, pero a medida que se reduce el flujo sanguíneo, el defecto de perfusión se convierte en transmural. En la práctica clínica, el método más utilizado para el estudio de la perfusión miocárdica es la tomografía computarizada por emisión de fotones simples (SPECT). La sensibilidad y especificidad de esta técnica para la detección de enfermedad coronaria significativa oscilan entre un 83-95% y un 53-95% , respectivamente. Una de sus limitaciones radica en la baja resolución espacial, por lo que no identifica los defectos de perfusión subendocárdicos. Desde la década de los noventa, la RM se ha utilizado para el estudio de la perfusión miocárdica. Su alto grado de resolución espacial permite la detección de defectos de perfusión subendocárdicos, lo que hace que desde etapas tempranas se detecte la isquemia miocárdica otorgando así un tratamiento oportuno. La RM permite el análisis de la perfusión miocárdica mediante el estudio de la cinética de primer paso de un agente de contraste paramagnético, habitualmente gadolinio, administrado por vía intravenosa en forma de bolo. En la actualidad se hace una interpretación cualitativa de la perfusión miocárdica. La interpretación cualitativa o visual consiste en la detección

de área miocárdica que muestra un retraso en la llegada del contraste bajo hiperemia máxima, la cual se obtiene utilizando adenosina. Sin embargo, existen estudios que comparan mediciones cualitativas de perfusión mediante RM con los obtenidos por angiografía (gold standard) y muestran una sensibilidad y especificidad de la RM del 78 y 75% respectivamente.

Por el aumento de casos de cardiopatía isquémica en nuestro país y ser la causa número uno de mortalidad en México, se tiene la necesidad de innovar nuevas estrategias y estudios para realizar el diagnóstico de manera temprana de dicha patología y así otorgar un tratamiento oportuno, para ello se requieren técnicas diagnósticas que nos otorguen mayor exactitud y eficacia para la detección de cardiopatía isquémica; De entre todas las técnicas, la resonancia magnética (RM) destaca por la calidad de sus imágenes, lo que conlleva una altísima reproducibilidad y una muy baja variabilidad, por su seguridad, ya que no se utiliza radiación ionizante, y por su versatilidad, dado que se puede hacer un estudio morfológico y un estudio funcional que incluya una cuantificación no sólo de la función ventricular, sino también de la perfusión miocárdica y de la viabilidad, por otra parte es un estudio que por su alto grado de resolución espacial permite la detección de defectos de perfusión subendocárdicos, lo que le confiere ventajas sobre el SPECT, sin embargo con lo que respecta a la medición de perfusión miocárdica, por utilizar una forma cualitativa, la sensibilidad y especificidad es del 78% y 75% respectivamente, cifras demasiado bajas con respecto al SPECT. En los últimos años se ha diseñado la medición cuantitativa de perfusión miocárdica con resonancia magnética con el fin de mejorar el porcentaje de sensibilidad y especificidad. Si bien es cierto que pequeños defectos de perfusión pueden no detectarse mediante estimación visual y sí de forma cuantitativa, al mismo tiempo es posible malinterpretar artefactos como defectos reales de perfusión en la valoración cuantitativa dando por resultado aumento de falsos positivos. Sin embargo, no se cuenta actualmente con estudios que evalúen la especificidad y sensibilidad que otorga la medición de perfusión miocárdica de manera cuantitativa por resonancia magnética y por lo tanto no se tienen datos acerca de la exactitud diagnóstica global por este método para detectar pacientes con sospecha de cardiopatía isquémica.

En nuestro país, la aplicación de RMC aún no es totalmente explotada debido a la

poca disponibilidad de equipos que cuenten con las características necesarias para la realización de estos estudios; sin embargo, en los centros que disponen de esta tecnología, como es el caso del Hospital Juárez de México, cada vez es más frecuente su realización, lo cual incrementa la confianza de los clínicos en el método.

## **5.JUSTIFICACIÓN**

El hospital Juárez de México ya cuenta con el software y la tecnología necesaria para realizar la medición cuantitativa de la perfusión miocárdica cardiaca, sin embargo no existen los suficientes estudios para valorar su precisión y exactitud diagnóstica, como se había mencionado en líneas previas, por lo cual se decide la realización de este estudio, para comprobar la superioridad de dicha prueba en cuanto a sensibilidad y especificidad comparada con la medición de perfusión miocárdica por resonancia magnética de manera cualitativa y así poder instaurarla como un método novedoso y eficaz para valorar la perfusión miocárdica.

## **6. HIPOTESIS.**

1.- La medición de perfusión miocárdica de manera cuantitativa otorga mayor especificidad y sensibilidad comparándolo con la medición cualitativa.

## **7. OBJETIVOS.**

Evaluar la eficacia y superioridad de la medición cuantitativa de perfusión miocárdica por resonancia magnética comparado con el método cualitativo en pacientes con sospecha de cardiopatía isquémica.

## 8. MATERIAL Y MÉTODOS:

### 8.1 Universo del estudio

Todos los pacientes que hayan ingresado al Hospital Juárez de México con diagnóstico de cardiopatía isquémica a los cuales se les haya realizado medición cualitativa de perfusión miocárdica con resonancia magnética durante el periodo Enero a junio 2012 y que a su vez cuenten con estudio angiográfico coronario.

### 8.2 Tamaño y selección de la muestra.

Por el tipo de estudio a realizar, la fórmula para el cálculo de muestra para estimar una proporción es a siguiente:

$$N = \frac{Z^2 \alpha P (1-P)}{i^2} = 35 \text{ pacientes}$$

N= número de sujetos necesarios

$\alpha = 0.05$

$Z_\alpha =$  valor de Z correspondiente al riesgo  $\alpha$  fijado. 1.96

P= valor de la proporción que se supone existe en la población 0.1

i= precisión con que se desea estimar el parámetro 10%

### 8.3 Diseño de estudio

Observacional

Descriptivo

Prospectivo

Longitudinal.

Se aplicará el software para medición cuantitativa de perfusión miocárdica

Se seleccionarán los estudios de perfusión cualitativa miocárdica por resonancia magnética que se hayan realizado en el Hospital Juárez de México a los pacientes con diagnóstico de cardiopatía isquémica crónica en el periodo Enero a junio 2013, hayan sido candidatos y se haya realizado estudio angiográfico coronario.

#### **Estudio angiográfico coronario**

Se practicó una angiografía coronaria convencional con un intervalo con respecto a la CRM inferior a una semana en el 90% de los casos y en ningún caso superior

a un mes. Un observador experimentado analizó las imágenes independientemente de los resultados del estudio de CRM, y determinó la presencia, la localización y el grado de obstrucción arterial coronaria, expresado en porcentaje de reducción de la luz arterial con respecto a un segmento cercano del vaso considerado sano. Se estimó como significativa una lesión arterial coronaria que provocara una obstrucción superior al 70%. Asimismo, se evaluaron la presencia y el grado de circulación colateral, se anotó el territorio arterial coronario irrigado y se calificó la extensión de esa red colateral como ligera o significativa.

A todos los casos recolectados y que hayan cumplido criterios de inclusión, se les aplicará el Software utilizado para la medición cuantitativa de perfusión miocárdica por resonancia magnética. Posteriormente se analizarán los resultados utilizando el número total de territorios con defectos de perfusión detectados por la RM, y el número total de lesiones coronarias significativas (> 70%) detectadas en el estudio angiográfico (Estandar de oro) y poder obtener sensibilidad y especificidad que aporta el método de perfusión miocárdica cuantitativa por RM.

#### **8.4 Variables.**

DEPENDIENTE Perfusión miocárdica

INDEPENDIENTE Lesión coronaria y flujo TIMI

#### **8.5 Criterios de inclusión.**

- Pacientes con diagnóstico de cardiopatía isquémica que se les haya realizado medición cualitativa de perfusión miocárdica por resonancia magnética.
- Mismos pacientes antes mencionados que hayan sido candidatos y se haya realizado coronariografía.

#### **8.6 Criterios de exclusión.**

- Pacientes que no cuente con diagnóstico de cardiopatía isquémica.
- Pacientes que no cuenten con ambos estudios:
  - Medición cualitativa de perfusión miocárdica por resonancia magnética y



posteriormente coronariografía.

### **8.7 Análisis estadístico.**

Los resultados serán analizados mediante el programa estadístico SPSS. Descripción de variables mediante medidas de resumen, análisis de homogeneidad mediante prueba de ajuste de bondad de acuerdo a las variables, valor de  $p > 0.05$  (estadístico de Levene); análisis inferencial mediante coeficiente de correlación de acuerdo al análisis de homogeneidad.

Para determinar el valor diagnóstico del estudio de perfusión miocárdica por CRM en la detección de la presencia de lesiones arteriales coronarias significativas en la angiografía, se definió la sensibilidad como la proporción de vasos arteriales coronarios con lesiones significativas detectados por la presencia de un defecto de perfusión en el estudio de CRM, mientras que la especificidad se definió como la proporción de arterias sin lesiones angiográficas significativas que no presentaban defecto de perfusión miocárdica en el estudio de CRM. Se calcularon los intervalos de confianza del 95% de la sensibilidad y especificidad, y los valores predictivo positivo y negativo del método.

### **8.8 Consideraciones éticas.**

Sin riesgo para los pacientes. No requiere consentimiento informado.

### **8.9 Costo.**

Sin costo para la institución.

### **8.10 Cronograma de actividades.**

- 5 de enero 2014 al 10 de febrero 2015 se realizará la obtención de todos los estudios de medición cualitativa de perfusión miocárdica por resonancias magnéticas y que hayan sido sometidos a angiografía coronaria.
- 5 de marzo al 5 de mayo 2015 se realizará la medición cuantitativa de todos los estudios de resonancia magnética obtenidos previamente. Se

realizará la comparación de la medición tanto cualitativa como cuantitativa de perfusión miocárdica con el estudio angiográfico coronario.

- 10 de mayo al 10 julio se realizará el análisis de los resultados y presentación final.

## **9.RESULTADOS**

Se incluyeron a 33 pacientes (26 varones; edad media de 58 años), a todos los pacientes se les había realizado estudio de resonancia magnética para la medición de perfusión miocárdica de manera cualitativa y posteriormente se les realizó coronariografía.

Los pacientes del grupo de estudio presentaban la siguiente prevalencia de factores de riesgo cardiovasculares: hipertensión 74% , tabaquismo 45.7% ,

hipercolesterolemia 31.4% y diabetes en un 60% , sobrepeso 45.7% . La tabla 1. Muestra las características de los pacientes, la Tabla 2. muestra la frecuencia de lesiones coronarias

TABLA 1. CARACTERÍSTICAS DEMOGRÁFICAS DE LOS PACIENTES	
EDAD PROMEDIO	58 AÑOS
HOMBRES	26
HAS	26
FUMADORES	16
DM	21
DISLIPIDEMIA	11
SOBREPESO	16

TABLA 2. FRECUENCIA DE LESIONES ANGIOGRÁFICAS			
	< 70	>70	SIN LESIÓN
DA	6	25	4
CX	7	13	15
CD	6	18	11
Total	19	56	30

A los 35 estudios de RM se les aplicó el Software para realizar la medición cuantitativa en cada uno de los 17 segmentos en que se dividieron los 3 cortes del ventrículo izquierdo, analizando en total 595 segmentos. Se realizó la conversión del segmento con defecto de perfusión a la arteria probablemente afectada, utilizando el esquema de territorios de distribución de los troncos coronarios principales analizando en total 105 territorios. Posteriormente se analizaron los datos, realizando una correlación de todos los defectos de perfusión encontrados y el número total de lesiones coronarias detectadas en el estudio angiográfico, obteniendo los siguientes resultados:

El estudio angiográfico mostró un total de 75 lesiones coronarias, de las cuales, 56 lesiones coronarias fueron significativas (> 70% ) incluyendo las oclusiones crónicas totales distribuyéndose de la siguiente manera: 25 lesiones de la DA y sus ramos secundarios, de las cuales 5 eran OCT, 13 de la Cx y sus ramos

secundarios, 2 eran OCT, 18 lesiones de la CD y sus ramos secundarios y eran OCT 8. 19 eran lesiones coronarias eran menor del 70% . 30 coronarias no presentaba ningún tipo de lesión.

Como se puede apreciar, de los 105 territorios valorados por RMC, 59 tenían defectos de perfusión, de los cuales, 13 no presentaban correlación con los hallazgos de la coronariografía, ya que dichos territorios con defectos de la perfusión, eran pertenecientes de coronarias sin ningún tipo de lesión, 1 segmento con defecto era anteroseptal (territorio de la DA), y los demás segmentos estaban distribuidos a los territorios pertenecientes de la coronaria derecha y circunfleja.

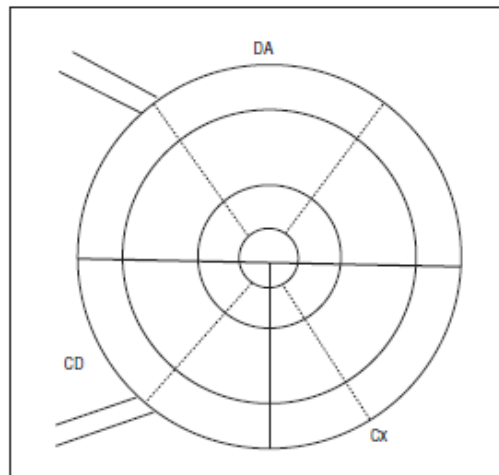
46 territorios valorados por RMC presentaban lesiones angiográficas, dividiéndose de la siguiente manera: 37 presentaban lesión mayor del 70% y 9 menor del 70% . Se observa que de los 105 territorios valorados, 46 no presentaron defectos de perfusión, de los cuales 29 de ellos tenían lesiones a nivel angiográfico (10 territorios con defecto de perfusión correspondían a lesiones < del 70% y 19 territorios a lesiones significativas), el resto (17 territorios que no se detectó defectos de la perfusión efectivamente no contaba con ningún tipo de lesión coronaria. Cabe mencionar que de las 19 lesiones angiográficamente significativas, 80% presentaba adecuada circulación colateral Rentrop 3 (15 lesiones) y por lo tanto una perfusión miocárdica detectada por RMC normal. Por lo que se realizó una modificación de la siguiente manera:

Se restaron las 15 lesiones con circulación colateral Rentrop 3 de las 19 lesiones > del 70% , quedando 60 lesiones en total (significativas y no significativas), de las cuales, 14 de ellas no se detectó ningún defecto de perfusión (falsos negativos). Esas 15 lesiones con circulación colateral se agregaron al grupo que no presentaba ningún tipo de lesión, quedando en total 45 coronarias sin lesiones de las cuales 32 territorios correspondientes no se detectaron defectos de perfusión. En la tabla 7. se registran dichas modificaciones.

Basándonos en la tabla modificada, se tienen en total 59 territorios con defectos de perfusión miocárdica, 46 presentaban lesiones coronarias ya sean mayores o menores del 70% (sensibilidad= 76% ), y fue negativa para defectos de perfusión en 46 territorios, de los que se puede observar que 17 de ellos no presentaba

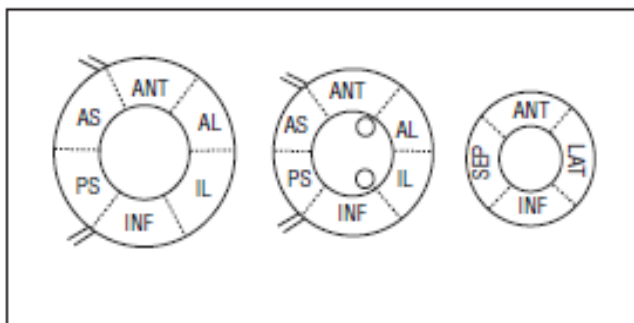
ningún tipo de lesión, agregándose a este grupo las 15 lesiones coronarias pero con excelente circulación colateral (especificidad= 71% ).

La sensibilidad y especificidad de la cuantificación de perfusión coronaria por el estudio cualitativo es del 76% y 97% respectivamente



teórico de los troncos coronarios principales

Territorios de distribución



División en segmentos del ventrículo izquierdo sobre cortes basal, medial y apical: AL: anterolateral; ANT: anterior; AS: anteroseptal; IL: inferolateral; INF: inferior; LAT:lateral; PS: posteroseptal; SEP: septal.

Los valores predictivos, positivos y negativos, tomando en cuenta las modificaciones realizadas por las 15 lesiones significativas, con abundante circulación colateral, fue de 77% y 69% respectivamente en esta serie. La comparación de la sensibilidad y especificidad de ambas mediciones por RMC (cualitativa y cuantitativa), se muestra en la tabla 9.

La medición cuantitativa no fue valorable en 3 pacientes, en total 9 territorios no fueron valorables, la Figura 1. muestra un ejemplo de un caso en donde la curva no fue valorable, los cuales no se tomaron en cuenta en el estudio.

TABLA 5. Relación entre RMC perfusión cuantitativa y presencia de lesiones coronarias mayor 70%			
RM positivo		RM negativo	
Lesión > 70%	37	19	56
Lesión <70%	9	10	19
total	46	29	75

TABLA 6. Relación entre RMC perfusión cuantitativa y presencia de lesiones coronarias			
RM positivo		RM negativo	
CON LESIONES	46	29	75

SIN LESIÓN	13	17	30
total	59	46	105

TABLA 7. Relación entre RMC perfusión cuantitativa y presencia de lesiones coronarias

Modificada por lesiones con presencia de circulación colateral.

RM positivo		RM negativo	
CON LESIONES	46	14	60
SIN LESIÓN	13	32	45
total	59	46	105

TABLA 8. Relación entre RMC perfusión cualitativa y presencia de lesiones coronarias

Modificada por lesiones con presencia de circulación colateral.

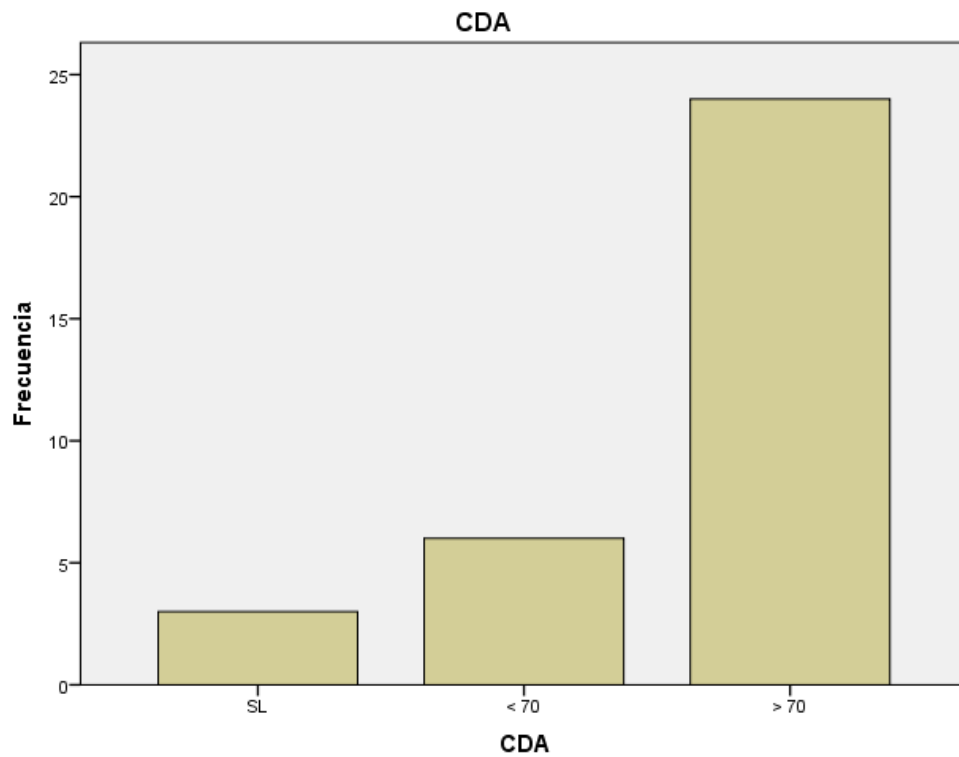
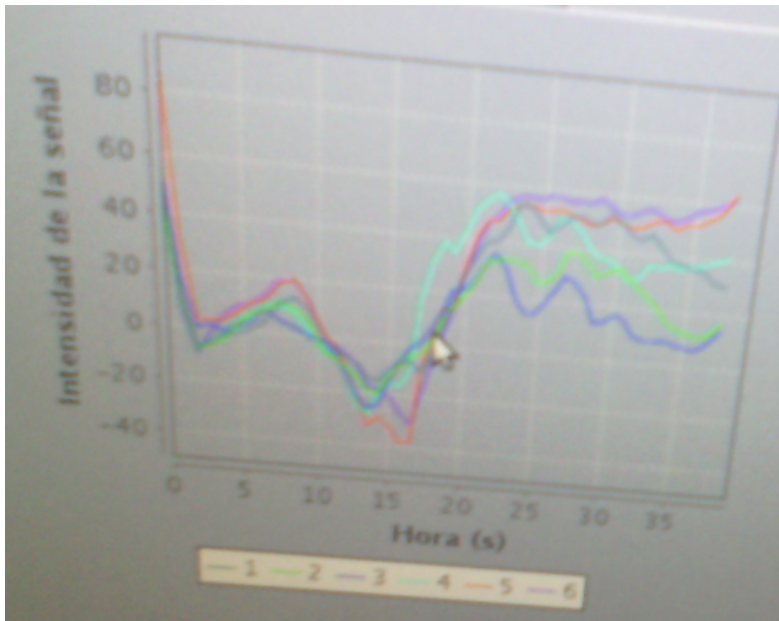
RM positivo		RM negativo	
CON LESIONES	46	14	60
SIN LESIÓN	1	44	45
total	47	58	105

TABLA 8. Sensibilidad y especificidad de estudio de perfusión miocárdica por RM tanto cualitativa y cuantitativa

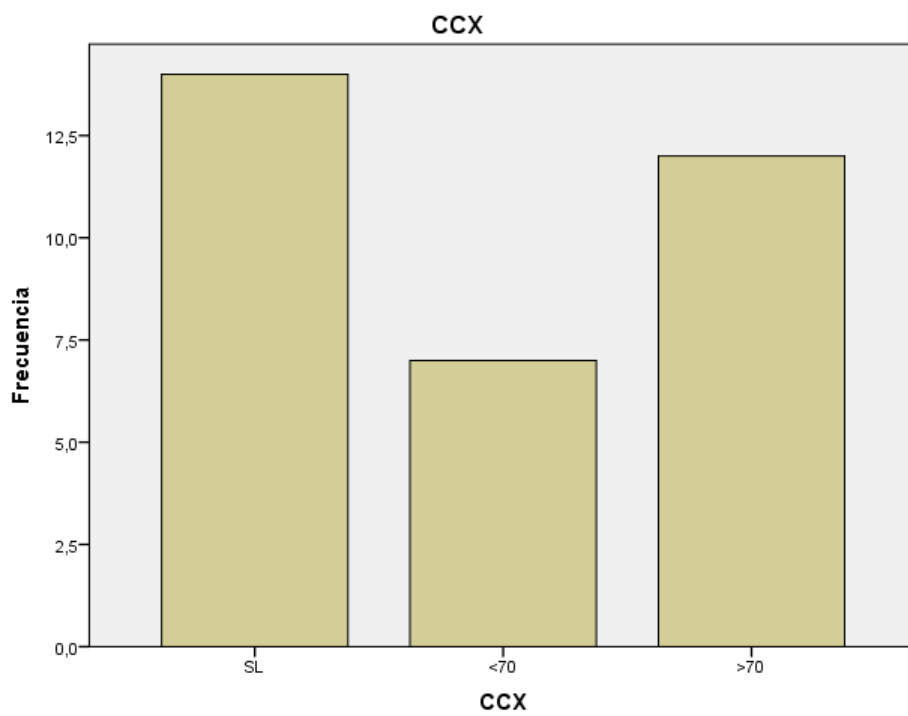
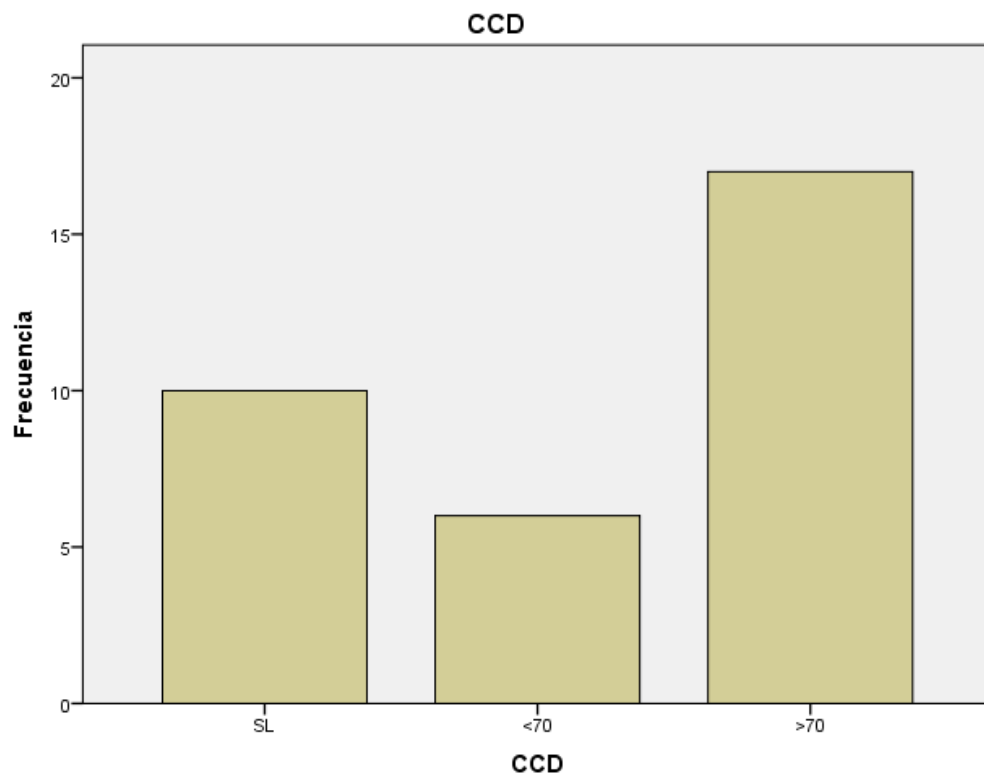
SENSIBILIDAD		ESPECIFICIDAD
CUALITATIVA	76%	71%

CUANTITATIVA	76%	97%
--------------	-----	-----

Figura 1.







## CORRELACIÓN tTau B de Kendall

### Defectos de perfusión RMC

Lesiones angiográficas		DA	CX	CD
D	Coefficiente de correlación	0.307		
A		*		
	Sig. (bilateral)			
C				
X	Coefficiente de correlación		0.458**	
CD	Coefficiente de correlación			0.042*

\*. La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

\*\* . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

## 10. DISCUSIÓN

La perfusión miocárdica evalúa el adecuado flujo sanguíneo al miocardio; es útil para la detección de enfermedad arterial coronaria en una forma diferente a la angiografía coronaria, por esto la correlación entre ambas no es exacta; por ejemplo, aunque se encuentre una oclusión significativa de la arteria coronaria epicárdica la perfusión puede ser normal si la demanda de oxígeno se compensa con circulación colateral, esto se pudo demostrar en el estudio al observar 19 lesiones coronarias significativas, de los cuales el 80% (15 casos), contaba con abundante circulación colateral y por lo tanto la perfusión miocárdica en dichos

territorios se encontró normal, aumentando así la sensibilidad, especificidad y valor predictivo negativo del estudio de la perfusión miocárdica de manera cuantitativa por RMC

De otra forma una estenosis excéntrica puede no ser detectada por angiografía ya que se observa únicamente la luz del vaso o un adelgazamiento difuso de la luz pudiendo ser reconocida pero no considerada como estenosis significativa (< 70%), tener alteraciones hemodinámicas secundario a disfunción endotelial (disminución del flujo coronario) y, por lo tanto, un estudio de perfusión anormal, todo ello ya demostrado en los nueve casos de este estudio que presentaban lesión coronaria < del 70%, pero que se observaba defecto de perfusión, muy probablemente esto debido a que en dichas lesiones, aunque no significativas, ya existe una alteración en el flujo.

#### **LIMITACIONES DEL ESTUDIO:**

Esto nos lleva a pensar que para realizar una adecuada correlación entre los defectos de perfusión encontrados en la resonancia magnética y las lesiones encontradas en el estudio angiográfico, se debe de realizar no solamente la detección de lesiones coronarias por cateterismo, si no que se debe de complementar con la medición de reserva de flujo fraccional, IVUS y otros métodos que detecten alteración coronaria y así disminuir el número de falsos positivos por RMC, pudiendo tener un valor más real en cuanto a la especificidad de la prueba, sin embargo en el Hospital Juárez de México no se cuenta con el material necesario para realizar FFR.

Por otra parte otra limitación del estudio observada, es que tres estudios en total no fueron valorables, las curvas de nueve territorios no pudieron ser valoradas, todo esto secundario al estudio de resonancia magnética, en el cual no pudo ser realizado de la mejor manera ya que el paciente no podía contener la respiración, con lo cual las imágenes presentaban mucho movimiento, obteniendo curvas alteradas para la medición cuantitativa de perfusión.

## **11.CONCLUSIÓN**

Se concluye en este estudio que la presencia de defecto de perfusión miocárdica regional por análisis cuantitativo en la resonancia magnética cardiaca no supera la medición de perfusión cualitativa, y por el contrario cuenta con algunas limitantes:

- La laboriosidad para la cuantificación y la necesidad de personal bastante instruido y experimentado para el análisis.
- La necesidad de que el estudio de resonancia magnética sea de buena calidad y por ende con adecuada cooperación del paciente, mejorará la curva de cuantificación, siendo mas reproducible, mejorando la cuantificación de la misma.

La medición de perfusión miocárdica por el método cuantitativo demostró un 30% de falsos positivos, todos ellos correspondientes al territorio de la CD y la circunfleja, comparativamente con el estudio cualitativo. Con lo que se corrobora lo mencionado en estudios realizados previamente. lo cual confirma la sobreestimación de los defectos de perfusión en tales territorios por el método cuantitativo.

-

## 12. BIBLIOGRAFÍA

1. Allison G. Hays, MD. Regional Coronary Endothelial Function is Closely Related to Local Early Coronary Atherosclerosis in Patients with Mild Coronary Artery Disease. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2012 May 1; 5(3): 341-348.
2. Kristian Thyges. Universal definition of myocardial infarction. *European Heart Journal*. 2007 28,2525-2538
3. Candell-Riera J, Martín-Comín J, Escaned J, Peteiro J. Valoración fisiológica de la circulación coronaria. Papel de las técnicas invasivas y no invasivas. *Rev Esp Cardiol* 2002;55: 271-91.
4. Marcus ML. Metabolic regulation of coronary blood flow. En Marcus ML, editor. *The coronary circulation in health and disease*. New York: McGraw-Hill, 1983; p. 65-92.
5. Marcus ML. Differences in the regulation of coronary perfusion to the right and left ventricles. En: Marcus ML, editor. *The coronary circulation in health and disease*. New York: McGraw-Hill, 1983; p. 337-47.
6. Hoffman J, Spaan JAE. Pressure-flow relations in coronary circulation.

Physiol Rev 2006; 70:331-90.

7. Meuwissen M, Chamuleau SAJ, Siebes M, Schotborgh CE, Koch KT, de Winter RJ, et al. Role of variability in microvascular resistance on fractional flow reserve and coronary blood flow velocity reserve in intermediate coronary lesions. *Circulation* 2003;103:184-7
8. Marzilli M, Sambuceti G, Fedele S, L'Abbate A. Coronary microcirculatory vasoconstriction during ischemia in patients with unstable angina. *J Am Coll Cardiol* 2000; 35:327-34.
9. The Thrombolysis in Myocardial Infarction (TIMI) trial. Phase I findings. TIMI Study Group. *N Engl J Med* 1985; 312; 932-6.
10. Karagounis L, Sorenses SG, Menlove RL, Moreno F, Anderson JL. Does Thrombolysis in Myocardial Infarction (TIMI) perfusion grade 2 represent a mostly patent artery or a mostly occluded artery? Enzymatic and electrocardiographic evidence from the TEAM-2 study. Second multicenter Thrombolysis Trial of Eminase I Acute Myocardial Infarction. *J Am Coll Cardiol* 2000; 19:1-10.
11. Gibson CM, Cannon CP, Daley WL, et al., Branwald E. TIMI frame count: a quantitative method of assessing coronary artery flow. *Circulation* 1996; 93: 879:88
12. Gibson CM, Murphy SA, Rizzo MJ, et al Relationship Between TIMI Frame Count and Clinical Outcomes After Thrombolytic Administration. *Circulation* 1999; 99: 1945-1950.
13. Fath-Ordoubadi F, Huehns TY, AL- Mohammad A, Beatt KJ. Significance of the thrombolysis in myocardial Infarction Scoring System in assessing infarctrelated artery reperfusion and mortality rates after Myocardial infarction. *Am Heart J* 1997; 134: 62-8.
14. Anderson JL, KAragounis LA, Calif RM, Metaanalysis of five reported studies on the relation of early coronary patency grades with mortality and outcomes after acute myocardial infarction. *Am J Cardiol* 1998, 78: 1-8.
15. Laster SB, O'keefe JH, Gibbons RJ. Incidence and importance of thrombolysis in myocardial infarction grase 3 flow after primary percutaneous transluminal coronary angioplasty for acute myocardial infarction. *Am J Cardiol* 2001; 78: 623-6
16. Forder JR, Pohost GM. Cardiovascular nuclear magnetic resonance: basic and clinical applications. *J Clin Invest* 2003; 111:1630-9.
17. Guillem Pons Lladó, Estudio de perfusión miocárdica por cardiorresonancia magnética: comparación con la angiografía coronaria. *Rev Esp Cardiol* 2004;57(5):388-95
18. Wilke N, Jerosch-Herold M, Wang Y, Huang Y, Christensen BV, Stillman AE, et al. Myocardial perfusion reserve: assessment with multisection, quantitative, first-pass MR imaging. *Radiology* 1997; 204:373-84.
19. Cullen JHS, Horsfield MA, Reek CR, Cherryman GR, Barnett DB, Samani NJ. A myocardial perfusion reserve index in humans using first-pass contrast-enhanced

magnetic resonance imaging. *J Am Coll Cardiol* 1999; 33:1386-94.

20. Lauerma K, Virtanen KS, Sipilä LM, Hekali P, Aronen HJ. Multislice MRI in assessment of myocardial perfusion in patients with single-vessel proximal left anterior descending coronary artery disease before and after revascularization. *Circulation* 1997;96:2859-67
21. Keijer JT, Van Rossum AC, Van Eenige MJ, Bax JJ, Visser FC, Teule JJ, et al. Magnetic resonance imaging of regional myocardial perfusion in patients with single-vessel coronary artery disease: quantitative comparison with 201Thallium-SPECT and coronary angiography. *J Magn Reson Imaging* 2000; 11:607-15.
22. Ishida N, Sakuma H, Motoyasu M, Okinaka T, Isaka N, Nakano T, et al. Noninfarcted myocardium: correlation between dynamic first-pass contrast-enhanced myocardial MR imaging and quantitative coronary angiography. *Radiology* 2003; 229:209-16.
23. Al-Saadi N, Nagel E, Gross M, Bornstedt A, Schnackenburg B, Klein C, et al. Noninvasive detection of myocardial ischemia from perfusion reserve based on cardiovascular magnetic resonance. *Circulation* 2000;101:1379-83.
24. Schwitter J, Nanz D, Kneifel S, Bertschinger K, Büchi M, Knüsel PR, et al. Assessment of myocardial perfusion in coronary artery disease by magnetic resonance. A comparison with positron emission tomography and coronary angiography. *Circulation* 2001; 103:2230-5.
25. Klein C, Nekolla SG, Bengel FM, et al. Assessment of Myocardial Viability with Contrast-Enhanced Magnetic Resonance Imaging Comparison With Positron Emission Tomography. *Circulation* 2002; 105: 162-167.
26. Nagel E, Klein C, Paetsch I, Hettwer S, Schnackenburg B, Wegscheider K, et al. Magnetic resonance perfusion measurements for the noninvasive detection of coronary artery disease. *Circulation* 2003; 108:432-7.
27. Sensky PR, Samani NJ, Reek C, Cherryman GR. Magnetic resonance perfusion imaging in patients with coronary artery disease: a qualitative approach. *Int J Cardiovasc Imaging* 2002;18:373-83
28. Dra. Silvia Gisela Siu Moguel; Evaluación de Cardiopatía Isquémica por Imagen de Resonancia Magnética: Revisión. *Anales de Radiología México* 2007; 2:135-142.
29. Bouchard A, Reeves RC, Cranney G, Bishop SP, Pohost GM. Assessment of myocardial infarct size by means of T2 weighted 1H nuclear magnetic resonance imaging. *Am Heart J*:117:281-289
30. Kwong RY, Schussheim AE, Rekhraj S, Aletras AH, Geller N, Davis J, Christian TF, Balaban RS, Arai AE, Coronary Syndrome in the Emergency Department with Cardiac Magnetic Resonance Imaging. *Circulation* 2003; 107:531-537.
31. Reeder SB, Du YP, Lima JAC, et al. Advanced Cardiac MR Imaging of Ischemic Heart Disease. *Radiographics* 2001; 21:1047-1074.
32. Oshinski JN, Yang Z, Jones JR, Mata JF, French BA. Imaging time after

gd-dtpa injection is critical in using delayed enhancement to determine infarct size accurately with magnetic resonance imaging. *Circulation* 2001;104:2838-2842

33. José A. San Romána, Paula Tejedora, Edwin Wub ¿Por qué la resonancia magnética sigue infrautilizada en los pacientes con cardiopatía. *Rev Esp Cardiol* 2004;57(5):379-81
34. Keijer JT, Bax JJ, Van Rossum AC, Visser FC, Visser CA. Myocardial perfusion imaging: clinical experience and recent progress in radionuclide scintigraphy and magnetic resonance imaging. *Int J Card Imaging* 1997; 13:415-31.
35. Wagner A, Mahrholdt H, Holly TA, Elliot MD, Regerfus 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; 361:374-9.
36. Lee D, Simonetti O, Harris K, Holly TA, Judd RM, Wu E, et al. Magnetic resonance versus radionuclide pharmacological stress perfusion imaging for flow-limiting stenosis of varying severity. *Circulation* 2004.
37. Klocke FJ, Simonetti O, Judd RM, Kim RJ, Harris KR, Hedjbeli S, et al. Limits of detection of regional differences in vasodilated flow in viable myocardium with first pass magnetic resonance perfusion imaging. *Circulation* 2001; 104:2412-6.
38. *Ricardo Baeza et al.* Resonancia magnética cardíaca con perfusión stress: Utilidad clínica y relación con coronariografía convencional. *Rev Chil Cardiol* 2010; 29: 171 - 176
39. G. Bastarrika, et al. Resonancia magnética cardíaca: aplicaciones clínicas. *An. Sist. Sanit. Navar.* 2005, Vol. 28, Nº 1, enero-abril.
40. Blackwell GG, Pohost GM: The evolving role of MRI in the assessment of coronary artery disease. *Am J Cardiol* 2004; 75: 74D-8D.



---

DRA LETICIA CASTELLANOS CAINAS  
TUTOR DE TESIS

---

DR LEOBARDO VALLE  
TUTOR DE TESIS

DRA KARLA REBECA ORTEGA FLORES

TESISTA