



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**FACULTAD DE MEDICINA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

INSTITUTO NACIONAL DE CARDIOLOGÍA “IGNACIO CHAVEZ”

**“EVALUACIÓN DE LA FUNCIÓN DIASTÓLICA MEDIANTE TOMOGRAFIA
COMPUTADA CON EMISIÓN DE FOTON UNICO SINCRONIZADA (GATED-SPECT):
RESPUESTA AL EJERCICIO EN SUJETOS NORMALES Y CON CARDIOPATÍA
ISQUÉMICA”**

TESIS DE TITULACIÓN

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

CARDIOLOGÍA CLÍNICA

PRESENTA:

DR. OSCAR GAUDENCIO BALTAZAR GONZÁLEZ

RESIDENTE DE CARDIOLOGIA

DIRECTOR DE ENSEÑANZA

DR JOSÉ FERNANDO GUADALAJARA BOO

ASESOR DE TESIS:

**DR SALVADOR HERNANDEZ SANDOVAL
ADSCRITO DEL SERVICIO DE CARDIOLOGÍA NUCLEAR**

MEXICO, D.F. JULIO 2014



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

**INSTITUTO NACIONAL DE CARDIOLOGÍA
“DR. IGNACIO CHAVEZ”**



**“EVALUACIÓN DE LA FUNCIÓN DIASTÓLICA MEDIANTE TOMOGRAFIA
COMPUTADA CON EMISIÓN DE FOTON UNICO SINCRONIZADA (GATED-SPECT):
RESPUESTA AL EJERCICIO EN SUJETOS NORMALES Y CON CARDIOPATÍA
ISQUÉMICA”**

TESIS DE TITULACIÓN
PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

CARDIOLOGÍA CLÍNICA

PRESENTA:

DR. OSCAR GAUDENCIO BALTAZAR GONZÁLEZ

RESIDENTE DE CARDIOLOGIA

DIRECTOR DE ENSEÑANZA

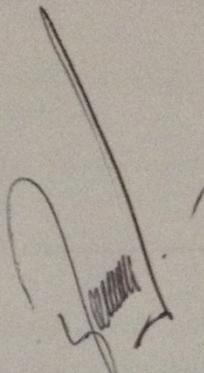
DR JOSÉ FERNANDO GUADALAJARA BOO

ASESOR DE TESIS:

**DR SALVADOR HERNANDEZ SANDOVAL
ADSCRITO DEL SERVICIO DE CARDIOLOGÍA NUCLEAR**

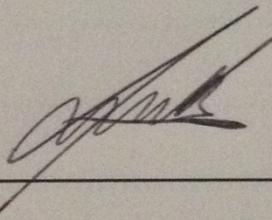
**“EVALUACIÓN DE LA FUNCIÓN DIASTÓLICA MEDIANTE TOMOGRAFIA
COMPUTADA CON EMISIÓN DE FOTON UNICO SINCRONIZADA (GATED-SPECT):
RESPUESTA AL EJERCICIO EN SUJETOS NORMALES Y CON CARDIOPATÍA
ISQUÉMICA”**

**INSTITUTO NACIONAL DE CARDIOLOGÍA
“DR. IGNACIO CHAVEZ”**



Dr. José Fernando Guadalajara Boo

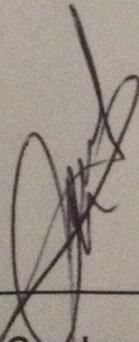
Director de enseñanza



Dr. Salvador Hernández Sandoval

Tutor de tesis.

Adscrito del servicio de Cardiología Nuclear.



Dr. Oscar Gaudencio Baltazar González

Residente de cardiologia

INDICE: Página

Agradecimientos.....	I
Resumen.....	II
Abreviaturas.....	III
1- Introducción y Antecedentes.....	8
2- Planteamiento del problema.....	15
3- Justificación.....	16
4- Pregunta de investigación.....	17
5- Hipótesis.....	18
6- Objetivo.....	19
7- Material, población y métodos.....	20
8- Análisis estadístico.....	29
9- Resultados.....	30
10- Discusión.....	48
11- Conclusiones.....	51
12- Bibliografía.....	52

AGRADECIMIENTOS.

A Dios, que en su amor, me ha permitido realizar el sueño largamente anhelado de formarme como cardiólogo, para servir mejor.

A mis padres por sus enseñanzas, ejemplo y esfuerzo, ya que todo lo que soy, es gracias a ellos.

Al Instituto Nacional de Cardiología por haberme compartido el legado del Dr. Ignacio Chávez como ser humano, científico y cardiólogo.

Al Maestro José Fernando Guadalajara Boo por su dedicación y ejemplo, por el tiempo invertido en nuestra enseñanza y su pasión por la cardiología

Al Maestro Salvador Hernández Sandoval por su apoyo y dedicación a la enseñanza, por su visión y constante motivación para crecer como médicos

RESUMEN

Introducción y Justificación. La anormalidad de la función diastólica ventricular izquierda, es frecuentemente un indicador temprano de muchas enfermedades, incluyendo enfermedad arterial coronaria. Actualmente no se conoce la respuesta normal de la función diastólica en respuesta al ejercicio y en pacientes con y sin isquemia miocárdica medido mediante GATED SPECT. **Objetivo principal.** Comparar las variables de función diastólica en sujetos sanos comparados con pacientes con cardiopatía isquémica, mediante Gated Spect. **Material y método.** Se analizó la función ventricular diastólica en reposo y estrés de 128 pacientes, 77 sin isquemia miocárdica y 51 con isquemia miocárdica. Se calcularon los valores de los volúmenes telediastólico, telesistólico y la fracción de expulsión, así como los parámetros de función diastólica PFR y TTP, mediante GATED SPECT. **Resultados.** En los pacientes sin cardiopatía isquémica se observó una tendencia a presentar con el esfuerzo un mayor incremento en la fracción de expulsión y una mayor disminución en los volúmenes telediastólico y telesistólico, así como una menor disminución del PFR y un menor incremento en el TTPF, en comparación a sujetos sin cardiopatía isquémica. **Conclusiones:** Los pacientes con cardiopatía isquémica y función sistólica normal en reposo existen alteraciones en la respuesta al esfuerzo de la función sistólica y de la función diastólica. Además estas alteraciones pueden persistir por un tiempo prolongado.

Palabras clave: Función diastólica, GATED SPECT, Cardiopatía isquémica

ABREVIATURAS

ECO: Ecocardiograma Transtorácico

DM: Diabetes mellitus

FF: Fracción de llenado

HAS: Hipertensión arterial sistémica

GATED SPECT: Tomografía por emisión de positrón único sincronizado

QGS: Cuantitative gated SPECT

PFR: Índice de llenado máximo

TPFR: Tiempo de índice de llenado máximo

SRS: Puntaje sumado en reposo.

SDS: Puntaje sumado diferencial

INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

La función ventricular normal depende de una buena contracción miocárdica (contractilidad) y de que las cargas hemodinámicas (diastólica y sistólica) sean normales.

La diástole se considera que está conformada por: a) Llenado rápido b) Diástasis c) Contracción auricular.

Función diastólica.

Es la capacidad del corazón para recibir el retorno venoso sistémico (representa el volumen diastólico). Esta función es dependiente de la relajación isovolumétrica y de la distensibilidad ventricular

Disfunción diastólica.

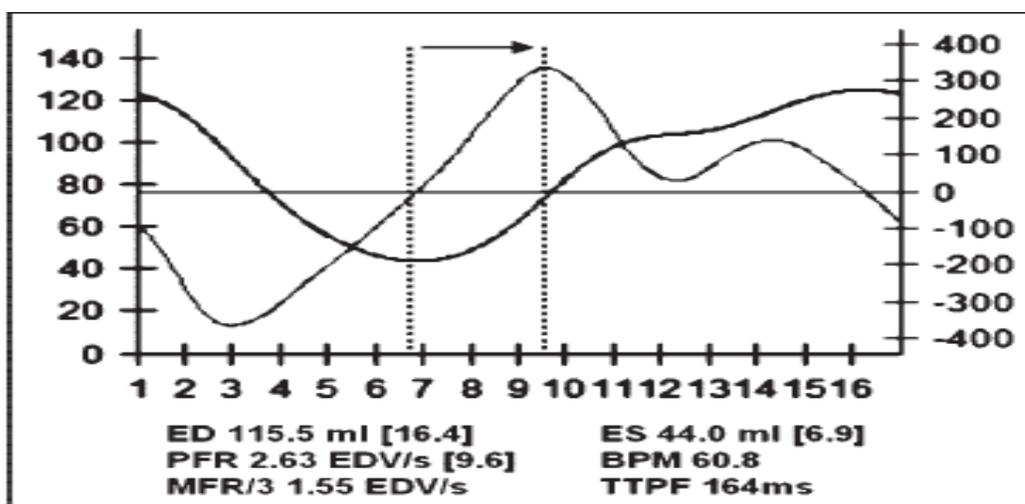
Son las alteraciones miocárdicas o extracardíacas que producen impedimento de grado variable al llenado del corazón, que pueden llegar a producir elevación de la presión intraventricular sin aumento del volumen diastólico y que coinciden con una fracción de expulsión normal.^{1,2}

La evaluación de la función diastólica continua jugando un rol crítico en mejorar nuestro entendimiento de la diástole, el diagnóstico de disfunción diastólica, evaluando las presiones de llenado ventricular izquierdo, y aporta información pronóstica de los pacientes. La ecocardiografía, la resonancia magnética nuclear, y la cardiología nuclear proveen de herramientas importantes para valorar el la función diastólica⁶. La función diastólica del ventrículo izquierdo puede evaluarse mediante el cateterismo cardíaco que es el “*estándar de oro*” para evaluar la función diastólica, sin embargo su uso es limitado debido a que es un estudio invasivo, alto costo y complejidad.

En la actualidad, el método más frecuentemente usado para estudiar la disfunción diastólica es la ecocardiografía, es el método no invasivo de elección para valorar la función diastólica mediante el análisis de la velocidad de flujo transmitral. En condiciones normales se pueden identificar ondas de flujo, la onda E que representa el llenado temprano ventricular y la onda A que corresponde al llenado durante la sístole auricular. De esta forma se analizan diversos patrones de disfunción diastólica. Sin embargo, durante la evaluación el volumen muestra debe ubicarse correctamente ya que una mala alineación puede ocasionar errores en la medición, siendo la variabilidad operador dependiente una de las principales desventajas de éste método. Así mismo diversos factores como la frecuencia cardíaca, precarga, poscarga y el tono simpático pueden influir en los valores obtenidos, por lo que deben ser interpretados con precaución³. El índice de relajación ventricular puede determinarse midiendo el tiempo de relajación isovolumétrica, que abarca desde el cierre de la válvula aórtica hasta la apertura de la mitral. El valor normal es de 70 a 90 mseg. Sin embargo, conforme la complianza ventricular disminuye, el tiempo de relajación isovolumétrica, (TRIVI), por lo que la utilidad de este parámetro tiene limitaciones, ya que es dependiente de la precarga del ventrículo¹². Otro parámetro ecocardiográfico para diagnosticar y estratificar la disfunción diastólica es el análisis del patrón de llenado ventricular por medio del Doppler de onda pulsada, este se basa en la relación que guarda la onda de presión ocasionada por el llenado ventricular rápido, (Onda E), con respecto de la onda de presión ocasionada por la contracción atrial, (Onda A), cuya relación normal es de 0.8 a 1.5, así como el tiempo de desaceleración, que normalmente es de 140 ms. Cuando hay disfunción diastólica, la relación entre la onda E y A se invierte, y el tiempo de desaceleración aumenta¹²

La Tomografía computada con emisión de fotón único (SPECT, por sus siglas en inglés *Single Photon Emission Computed Tomography*), provee información acerca de perfusión miocárdica y función ventricular que previamente se obtenían con modalidades diagnósticas separadas- Perfusión miocárdica por SPECT y Ventriculografía Radioisotópica -. El “gatillado” se logra sincronizando la computadora de la cámara gama con el R-R del paciente¹³. Sin embargo, a pesar del avance que significó la incorporación del GATED SPECT en la valoración de la función ventricular del paciente con cardiopatía isquémica, esta se ha limitado al análisis de la fracción de expulsión del ventrículo izquierdo, engrosamiento y movilidad de las paredes, sin que el estudio de la función diastólica forme parte aún de los protocolos habituales de perfusión miocárdica con GATED SPECT. Es un método útil ya que mediante la sincronización (gatillado) del SPECT con el electrocardiograma, (GATED SPECT), permite el estudio simultáneo de la función ventricular izquierda y la perfusión miocárdica. Actualmente es una técnica no invasiva validada para evaluar la función diastólica mediante un software automatizado QPS/QGS, (CedarsSinai)⁴, en donde se realiza de forma automatizada la medición del índice de llenado máximo (PFR, “*peack filling rate*”), la fracción de llenado (FF, “*filling fraction*”) y el tiempo de llenado máximo (TPFR, “*time peack filling rate*”). El PFR es el parámetro más ampliamente utilizado para medir cambios rápidos en el llenado ventricular, ésta se normaliza al final de la diástole y se expresa en volumen diastólico final por segundo (EDV/seg, “*end diastolic volume*”), éste valor en particular puede ser influido por la edad³. El TPFR mide el intervalo de tiempo que existe desde el nadir de llenado ventricular hasta el índice de llenado máximo y se expresa en milisegundos (ms). La FF determina el porcentaje de volumen latido en la diástole. Estas mediciones deben realizarse

con equipos de alta resolución temporal con el fin de evitar infraestimación de cualquiera de estos parámetros. El estudio de la función diastólica mediante SPECT y ecocardiografía Doppler se ha comparado en diversos trabajos y se ha demostrado una buena correlación entre la velocidad del flujo máxima de llenado diastólico (onda E) medido por Doppler y el tiempo de llenado máximo (TPFR) mediante SPECT, entre el descenso temprano de la velocidad del flujo transmitral y el índice de llenado máximo (PFR) (Figura 1).



El valor agregado que tiene la SPECT es la adquisición automatizada de las imágenes que elimina la variabilidad operador dependiente de la que es objeto la ecocardiografía. Se ha demostrado que el TPFR y el PFR se correlacionan de forma independiente con la edad, frecuencia cardíaca, función sistólica, en donde el TPFR es la variable más estable y el PFR un parámetro que disminuye con la edad⁵. Los valores normales de PFR es > 1.70 EDV/s y los de TPFR es < 208 ms, una disminución del PFR con incremento del TPFR traducirá función diastólica alterada, sin embargo estos parámetros están validados solamente post esfuerzo.

El GATED SPECT, ofrece ventajas claras como: a) puede valorar con un solo método diagnóstico tanto la perfusión miocárdica como la función ventricular, tanto sistólica como diastólica, lo cual orienta mejor la estratificación de riesgo y estrategias terapéuticas en el paciente que se presenta con sintomatología anginosa, y/o deterioro de clase funcional. b) Disminución en la dosis de radiación que el paciente recibe, al someterse a un solo estudio de cardiología nuclear. Hasta ahora, una de las principales limitantes en la valoración de la función diastólica ha sido la capacidad de resolución temporal en los estudios de GATED SPECT en los que habitualmente se utilizan 8 FRAMES, (En los estudios de GATED SPECT el ciclo cardiaco se divide en FRAMES que abarcan una fracción del intervalo R-R.), ya que se considera que para mejorar la precisión en las mediciones es idóneo el uso de técnicas con 16 FRAMES o más. Sin embargo, existen reportes en los que se considera plausible la valoración de la función diastólica usando 8 FRAMES¹⁴. Para la adquisición y correcta medición de estas variables se debe realizar la adquisición con 16 Frames y una ventana de rechazo de latidos del 15 al 20% ^{5,6}

Se ha demostrado buena correlación entre los volúmenes ventriculares medidos en estudios de perfusión miocárdica gatillado comparados con resonancia magnética. Existe una estimación más exacta de la función ventricular en estudios de 16 frames vs 8 frames⁹. Además se ha descrito una correlación significativa positiva lineal entre los parámetros de función sistólica y diastólica del ventrículo izquierdo comparado con ecocardiografía ¹⁰

. Estudios previos han validado los parámetros normales de función diastólica en pacientes sanos, solamente en esfuerzo (Figura 2) ⁵

Poststress Sfx and Dfx Parameters of Study Population

Parameter	Derivation group	Validation group	Overall	P value
HR (bpm)	73.6 ± 8.0	73.8 ± 8.0	73.7 ± 8.0	NS
LVEF (%)	63.0 ± 5.4	64.6 ± 5.8	63.7 ± 5.6	NS
EDV (mL)	104.2 ± 19.7	107.9 ± 21.7	105.9 ± 20.6	NS
ESV (mL)	39.1 ± 11.5	38.9 ± 12.1	39.0 ± 11.7	NS
PFR (EDV/s)	2.55 ± 0.42	2.70 ± 0.50	2.62 ± 0.46	NS
TTPF (ms)	166.4 ± 25.1	162.3 ± 16.5	164.6 ± 21.7	NS

HR = HR during poststress gated MPS acquisition; NS = not significant.

El estudio de la disfunción diastólica es sumamente relevante, ya que es una de las primeras manifestaciones de cardiopatía isquémica¹⁶, aunado a que es el primer paso en el desarrollo de disfunción sistólica en cardiopatía isquémica e hipertensiva¹⁷, las cuáles son la principal causa actual de Insuficiencia Cardiaca.

La disfunción diastólica se refiere a la anormalidad en la distensibilidad diastólica, llenado o relajación del ventrículo izquierdo, que puede desencadenar cuadros francos de edema pulmonar agudo, con un cuadro clínico similar a la insuficiencia cardiaca¹⁸. La prevalencia de esta enfermedad es especialmente alta, y predomina en pacientes mayores de 75 años. La mortalidad reportada entre los pacientes con disfunción sistólica es del 5% anual, comparado con 15% anual en pacientes con falla cardiaca y deterioro de la función sistólica¹⁹. La morbilidad de la disfunción sistólica se acerca a la de la insuficiencia cardiaca, y los factores que promueven la retención de líquidos, y precipitan cuadros de congestión pulmonar incluyen descontrol de hipertensión, fibrilación atrial, mal apego a tratamiento médico, isquemia miocárdica, anemia, insuficiencia renal, uso de medicamentos (AINES o tiazolidinedionas), y transgresión alimentaria.

La anormalidad de la función diastólica ventricular izquierda, es frecuentemente un indicador temprano de muchas enfermedades, incluyendo enfermedad arterial coronaria, insuficiencia cardíaca congestiva, cardiomiopatía hipertrófica, enfermedad valvular, diabetes mellitus^{7,8} e hipertensión arterial sistémica⁹.

La presencia de isquemia lleva a una disfunción mecánica regional, que si es de cierta extensión se traduce en cambios típicos de la función ventricular, como pueden ser: Nueva anormalidad de la motilidad regional o exageración de una preexistente, disminución de la fracción de expulsión ventricular izquierda, incremento de los volúmenes de fin de sístole y diástole, y alteración de los tiempos diastólicos. De acuerdo con la cantidad de músculo afectado se producirán todos, algunos o ninguno de estos cambios. La detección de alteraciones regionales de la movilidad presenta una sensibilidad que varía entre el 50 y 70% dependiendo del número de vasos comprometidos, con una alta especificidad del 90%²⁰.

Actualmente no se conoce la respuesta normal de la función diastólica en respuesta al ejercicio y en presencia de isquemia miocárdica, cuantificada por medicina nuclear.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La evaluación de la función ventricular es de gran importancia en el estudio del paciente con cardiopatía isquémica, ya que tiene una correlación pronóstica en cuanto a mortalidad y clase funcional. El estudio de medicina nuclear es una herramienta diagnóstica que permiten la evaluación de la función diastólica con GATED SPECT, sin embargo no existen estudios en nuestro medio de correlación la función diastólica en reposo y estrés de pacientes normales así como en pacientes con cardiopatía isquémica, ya que las alteraciones en la función diastólica puedan servir como marcadores de isquemia temprana.

JUSTIFICACIÓN

El estudio de medicina nuclear es una herramienta importante para la evaluación de pacientes con sospecha de enfermedad arterial coronaria, que en adición a los datos de perfusión, también puede proveer una evaluación de la función sistólica y diastólica, que puede información correspondiente con la sintomatología de los pacientes y guiar el manejo complementario.

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

En pacientes con función sistólica normal ¿Existe variación en los parámetros de función diastólica en reposo vs esfuerzo?

¿La respuesta de la función diastólica al esfuerzo en presencia de cardiopatía isquémica es diferente a la observada en sujetos normales?

HIPÓTESIS

Existe variación entre los parámetros de función diastólica en el estudio de perfusión miocárdica gatillado en reposo en comparación con esfuerzo.

Existe variación entre los parámetros de función diastólica en el estudio de perfusión miocárdica en sujetos sanos en comparación con pacientes con cardiopatía isquémica.

OBJETIVO

Objetivo principal:

Evaluar y comparar la respuesta de los parámetros de función diastólica al esfuerzo físico, mediante parámetros obtenidos en el estudio Gated-SPECT (PFR, PFR 2, TTPF) en sujetos con y sin cardiopatía isquémica, con función sistólica del ventrículo izquierdo normal.

Objetivo secundario:

Evaluar y comparar la respuesta de los parámetros de función sistólica al esfuerzo físico, mediante parámetros obtenidos en el estudio Gated-SPECT (VTD, VTS, FE) en sujetos con y sin cardiopatía isquémica, con función sistólica del ventrículo izquierdo normal.

METODOLOGÍA

Diseño del estudio: **Estudio observacional, Transversal, Prolectivo, Retrospectivo, Descriptivo.**

Universo de trabajo:

Pacientes que fueron referidos para estudio de perfusión miocárdica y GATED SPECT de diciembre 2013 a junio 2014.

Se revisaron los expedientes de pacientes referidos a estudio de perfusión miocárdica de diciembre 2013 a Junio 2014 al departamento de Medicina Nuclear del Instituto Nacional de Cardiología; de estos se seleccionaron a aquellos a los que se les hubiera realizado prueba de esfuerzo físico.

Análisis de Prueba de esfuerzo

La prueba de esfuerzo se realizó en banda sin fin con protocolo de Bruce. Se calculó el Score de Duke de acuerdo a la siguiente formula: score de Duke= Tiempo de ejercicio – 5 (máximo desnivel del ST) – 4 (índice de angina).

Análisis de perfusión y función ventricular.

Los estudios de perfusión miocárdica analizados se realizaron en cámaras SPECT General Electric de 1 o 2 detectores utilizando protocolo de esfuerzo y reposo con Tecnecio 99 MIBI como radiotrazador. Se utilizó el programa QGS/QPS. Para el análisis de la perfusión se utilizaron mapas polares de 17 segmentos, en los cuales se realizó en forma automática la cuantificación de la perfusión en esfuerzo y en reposo, en una escala de 0 a 4 en la que 0

corresponde a miocardio normal, 1 a la presencia de un defecto de perfusión ligero, 2 un defecto de perfusión moderado, 3 un defecto de perfusión grave y 4 a ausencia de perfusión. De acuerdo a ello se calcularon de forma automática los puntajes sumados de todos los segmentos en esfuerzo (SSS), en reposo (SRS) y la diferencia de los puntajes de esfuerzo y reposo (SDS). Posteriormente los puntajes de esfuerzo y diferencial se calificaron en categorías de riesgo. Para el análisis de la función ventricular se calcularon de forma automática los valores de los volúmenes telediastólico, telesistólico y la fracción de expulsión, así como los parámetros de función diastólica PFR y TTP

Criterios de inclusión.

Pacientes hombres o mujeres mayores de 18 años a los que se realizó estudio de perfusión miocárdica para el diagnóstico de cardiopatía isquémica con prueba de esfuerzo físico.

Criterios de exclusión.

Pacientes en los que no se encontró la prueba de esfuerzo o estudio de perfusión miocárdica.

Pacientes en los que no fue posible la sincronización con el electrocardiograma para evaluar la función sistólica y diastólica.

Estudio con Volumen sistólico final (ESV) < 20 ml

Estudio con FE < 50%.

Criterios de eliminación.

Pacientes en que la prueba de esfuerzo o estudio de perfusión no fueron valorables por problemas técnicos.

DEFINICION VARIABLES: VARIABLE	DESCRIPCION	DEFINICION
Genero	Dicotómica	El sexo del paciente masculino o femenino.
Edad	Numérica	La edad medida en años al momento de realizar la prueba de esfuerzo y perfusiónmiocárdica.
Tabaquismo	Dicotómica	Enfermedad crónica sistémica que pertenece al grupo de las adicciones. Se tomará en cuenta si el paciente tuvo el antecedente o actualmente la tiene.
Diabetes mellitus 2	Dicotómica	Síndrome caracterizado por hiperglucemia que se debe a un deterioro en la secreción y/o de la efectividad de la insulina. Se tomara como aquel diagnóstico realizado previo a realizar estudio diagnóstico.
Hipertensión arterial sistémica.	Dicotómica	Elevación de la TA sistólica y/o diastólica, ya sea primaria o secundaria. Se tomará en cuenta si se realizó el diagnóstico previo a estudio diagnóstico.

Dislipidemia	Dicotómica	Síndrome caracterizado por elevación en suero de los niveles de colesterol y sus fracciones y/o triglicéridos. Se tomara en cuenta realización de estudio o diagnostico previo.
Sedentarismo	Dicotómica	Es el antecedente de referido por el paciente de ausencia de entrenamiento físico.
Obesidad	Dicotómica	Índice de masa corporal mayor a 30 kg/m ²
Duración de ejercicio	Numérica	Minutos y segundos registrados durante la prueba de esfuerzo.
Desnivel del segmento ST	Numérica	Depresión en milímetros de la líneaisoeléctrica en el segmento ST.
Índice de angina	Nominal	Síndrome ocasionado por isquemia miocárdica y ocasionado por episodios de dolor o sensación de opresión precordial, desencadenado principalmente por el esfuerzo. Se catalogará como sin angina, angina no limitante y angina limitante.

Resultado de la prueba	Nominal	Conclusión del estudio se clasificará como negativa, positiva y no concluyente.
Tensión arterial sistólica basal	Numérica	Medida de tensión arterial sistólica en reposo.
Tensión arterial sistólica máxima	Numérica	Medida de tensión arterial sistólica mayor alcanzada durante el esfuerzo.
Tensión arterial sistólica recuperación 3 minutos	Numérica	Medida de tensión arterial sistólica en los primeros tres minutos en fase de recuperación.
Frecuencia cardiaca basal	Numérica	Cuantificación de latidos por minuto en reposo.
Frecuencia cardiaca máxima alcanzada	Numérica	Cuantificación de latidos por minuto mayor durante el esfuerzo.
Frecuencia cardiaca recuperación 1 minuto	Numérica	Cuantificación de latidos por minuto en el primer minuto de recuperación.
Score de Duke	Numérica	Estratificación pronóstica derivada de la prueba de esfuerzo (ID: Tiempo de ejercicio- (5x desnivel del segmento ST)- (4x angina durante el ejercicio).

Riesgo Score de Duke	Nominal	Riesgo bajo: 15 a 5, intermedio: 5 a -10 y alto: mayor a -11.
Porcentaje de frecuencia cardiaca calculada	Numérica	Es el porcentaje al que se pretende llevar al paciente en la prueba de esfuerzo, se calcula por la siguiente fórmula (220-edad en años).
Respuesta cronotrópica	Numérica	Es la capacidad para alcanzar el 70 a 85% de la frecuencia máxima prevista para su edad.
Respuesta presora	Numérica	Es la capacidad para alcanzar la tensión arterial de acuerdo a su edad y género.
Recuperación de la frecuencia cardiaca	Numérica	Disminución de la frecuencia cardiaca en el primer minuto de recuperación.
Recuperación de la TA	Numérica	Disminución de la tensión arterial al tercer minuto de la recuperación.
Fracción de expulsión	Numérica	Es la fracción de expulsión del ventrículo izquierdo medicina nuclear.

Volumen telediastólico	Numérica	Es el volumen total de sangre que entra en los ventrículos por la diástole medida por medicina nuclear.
Summed score stress (SSS)	Numérica	Promedio de la severidad de pixeles por cada segmento, en estrés.
Riesgo SSS	Numérica	Normal: 0 – 3, defecto leve: 4-8, moderado: 9-13, grave: más de 13
Summed score diferencial (SDS)	Numérica	Diferencia de promedio en imágenes en estrés menos en reposo
Riesgo SDS	Numérica	Sin isquemia: 0 -1, isquemia leve: 2-5, isquemia moderada 6-7, isquemia grave: 8 o más.
Porcentaje de miocardio anormal en estrés	Numérica	Porcentaje de miocardio anormal de acuerdo a los pixeles en estrés.
Riesgo de acuerdo al SS%	Numérica	Normal: 0-4, defecto leve: 5-9, defecto moderado: 10 -14, defecto grave: 15 o más.
Porcentaje de miocardio anormal en reposo (SR%)	Numérica	Porcentaje de miocardio anormal de acuerdo a los pixeles en reposo.

Diferencia de porcentajes de miocardio anormal en estrés y reposo. (SD%)	Numérica	Diferencia de porcentaje de miocardio anormal en estrés menos reposo.
Riesgo de acuerdo al SD%.	Numérica	Sin isquemia:0-2, ligera: 3-5, moderada: 6-9, grave: 10 o más.
Volumen telesistólico	Numérica	Es la cantidad de sangre residual que queda en los ventrículos al finalizar la sístole ventricular, medida por medicina nuclear.
Peakfillingrate (PFR)	Numérica	Medida de función diastólica por medicina nuclear, velocidad de llenado ventricular.
Time to peak filling rate (TTPF)	Numérica	Medida de función diastólica por medicina nuclear, tiempo de llenado ventricular.
Summed score rest (SRS)	Numérica	Promedio de la severidad de pixeles por cada segmento, en reposo.
Fracción de Expulsión Ventricular Izquierda (FEVI)	Cuantitativa continua	Porcentaje del volumen telediastólico expulsado durante la sístole
Disfunción Sistólica	Cualitativa nominal	FEVI menor a 50% Mayor índice de llenado durante la

Índice de llenado pico, (PeakFillingRate, PFR)	Cuantitativa continua	diástole temprana. Valor normal mayor a 1.7 EDV/s
Tiempo al índice de llenado pico, (Time to PeakFillingRate, TPFR)	Cuantitativa Continua	Tiempo transcurrido entre el final de la sístole y el índice de llenado pico. Valor normal Menor de 208 ms
Disfunción Diastólica	Cualitativa nominal	PFR menor de 1.7 EDV/s, TPFR mayor a 208 ms. Obtenidos por VRIE y GATED SPECT

ANALISIS ESTADISTICO.

Se realizó un análisis estadístico individualizado de acuerdo al tipo de variables:

- 1- Las características clínicas y socio-demográficas cuantitativas se expresaron con medidas de tendencia central, media y desviación estándar, las variables cualitativas se expresaron mediante proporciones
- 2- En las variables cuantitativas se realizó contraste de normalidad con la prueba de Kolmogorov-Smirnov.
3. Las diferencias en las proporciones entre grupos para las variables cualitativas se analizaron en tablas de contingencia y con la prueba de Ji cuadrada.
4. Las diferencias entre las medias de 2 grupos para variables cuantitativas con distribución normal se analizaron con la prueba t de Student para grupos independientes.
5. Las diferencias en las mediciones repetidas para variables con distribución normal se analizaron con la prueba t de Student para grupos relacionados.
6. Se consideraron estadísticamente significativas las diferencias si el valor de p fue menor a 0.05.
7. El análisis se realizó con el programa estadístico SPSS versión 20.

RESULTADOS

Se revisaron 1657 estudios realizados en el departamento de Medicina Nuclear del Instituto Nacional de cardiología “Ignacio Chávez”, de los cuales 349 tenían una fracción de expulsión mayor del 50%. Se excluyeron 221 por deficiencias técnicas y falta de sincronización de estudio. Se incluyeron 77 estudios de pacientes sin isquemia (normales) y 51 estudios de pacientes con cardiopatía isquémica.

1. Estadística descriptiva

Sujetos con perfusión miocárdica y función sistólica normales:

Se analizaron 77 estudios de pacientes sin alteraciones en la perfusión miocárdica, de los cuales por distribución de género fueron 52 hombres (67.5%) y 25 mujeres (32.5%) (Tabla 1). La media de edad fue de 59.53 años (edad mínima de 37 años y máxima de 80 años). Los factores de riesgo coronario de estos pacientes fueron tabaquismo en 23 pacientes (29.9%), diabetes en 23 pacientes (29.9%), hipertensión en 41 pacientes (53.3%), dislipidemia en 37 pacientes (48.1%), sedentarismo en 8 pacientes (10.4%) y obesidad en 10 pacientes (13%).

En la prueba de esfuerzo la media del consumo máximo de oxígeno fue de 9.05 ± 2.35 METS. El score de Duke medio fue de 6.3 ± 4.1 . La frecuencia cardíaca basal media fue de 77 ± 16.25 latidos por minutos. La media de frecuencia cardíaca máxima alcanzada fue de 156 ± 17.5 latidos por minuto. La media de presión arterial sistólica basal fue de

122.98±13.6 mmHg. La media de presión arterial sistólica máxima fue de 155.13±16.79 mmHg (tabla 2).

En cuanto a la función sistólica presentaron una media de volumen telediastólico en reposo de 69.19±22.32ml, volumen telesistólico en reposo 23.47±13.3ml, fracción de expulsión en reposo 68.29±9.6%. La media de fracción de expulsión post esfuerzo fue de 70.42± 9.5%, con una media de volumen telediastólico post esfuerzo 64.06±21.3ml, y volumen telesistólico post esfuerzo 20.47±12.12ml (Tabla 3).

En el análisis de la función diastólica se encontró una media de velocidad máxima de llenado (PFR) en reposo de 2.81±0.48 EDV/s, velocidad máxima de llenado 2 (PFR2) en reposo de 1.28 ±1.28EDV/s, el tiempo en alcanzar la máxima velocidad de llenado (TTPF) en reposo fue 225.49 ±103.84ms. Las medias de parámetros post esfuerzo fueron PFR de 2.04±0.57 EDV/s, PFR2 1.12 ±0.97EDV/s, TTPF 279.95±97.02ms (Tabla 4).

Variables demográficas en sujetos sin cardiopatía isquémica (Tabla 1)

Género

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos Hombre	52	67.5	67.5	67.5
Mujer	25	32.5	32.5	100.0
Total	77	100.0	100.0	

Estadísticos descriptivos

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. tip.
Edad	77	37	80	59.53	9.826
N válido (según lista)	77				

Variables de

la prueba de esfuerzo en sujetos sin cardiopatía isquémica (Tabla 2)

Estadísticos descriptivos

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Consumo máximo de oxígeno	77	5	15	9.05	2.356
Score de Duke	77	-8.00	13.00	6.3117	4.10875
Frecuencia cardiaca basal	77	50	121	77.53	16.259
Frecuencia cardiaca máxima alcanzada	77	120	231	156.21	17.557
Frecuencia cardiaca al minuto de la recuperación	77	94	173	131.60	17.562
Presión arterial sistólica basal	77	100	160	122.99	13.603
Presión arterial sistólica máxima	77	110	200	155.13	16.799
Presión arterial a los 3 minutos de recuperación	77	93	200	140.82	19.214
N válido (según lista)	77				

Variables de función sistólica por Gated-SPECT en sujetos sin cardiopatía isquémica (Tabla 3)

Estadísticos descriptivos

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Volumen telediastólico en reposo	77	34	148	69.19	22.321
Volumen telesistólico en reposo	77	4	67	23.47	13.309
Fracción de expulsión en reposo	77	48	88	68.29	9.626
Volumen telediastólico post esfuerzo	77	30	150	64.06	21.304
Volumen telesistólico post esfuerzo	77	3	66	20.47	12.124
Fracción de expulsión post esfuerzo	77	45	91	70.42	9.578
N válido (según lista)	77				

VARIABLES DE FUNCIÓN DIASTÓLICA POR GATED-SPECTEN SUJETOS SIN CARDIOPATÍA ISQUÉMICA (TABLA 4)

Estadísticos descriptivos

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Velocidad máxima de llenado (PFR) en reposo	77	1.12	3.57	2.1875	.48708
Velocidad máxima de llenado 2 (PFR 2)	77	.00	2.98	1.2878	.69558
Tiempo en alcanzar la máxima velocidad de llenado (TTPF) en reposo	77	102	523	225.49	103.849
Velocidad máxima de llenado (PFR) post esfuerzo	77	.48	3.47	2.0479	.57117
Velocidad máxima de llenado 2 (PFR 2) post esfuerzo	77	.00	3.59	1.1232	.97835
Tiempo en alcanzar la máxima velocidad de llenado (TTPF) post esfuerzo	77	141	494	279.95	97.029
N válido (según lista)	77				

Pacientes con perfusión miocárdica anormal y función sistólica normal:

Se estudiaron 51 estudios de pacientes con cardiopatía isquémica, de los cuales por distribución de género fueron 46 hombres (90.2%) y 5 mujeres (9.8%) (Tabla 5). La media de edad fue de 61.02 años (edad mínima de 41 años y máxima de 80 años). Los factores de riesgo coronario de estos pacientes fueron tabaquismo en 26 pacientes (51%), diabetes en 15 pacientes (29.4%), hipertensión en 32 pacientes (62.7%), dislipidemia en 29 pacientes (56.9%), sedentarismo en 12 pacientes (23.5%) y obesidad en 15 pacientes (29.4%).

En la prueba de esfuerzo la media del consumo máximo de oxígeno fue de 7.47 METS (DE 1.93 METS). El score de Duke medio fue de 2.77 (DE 7.2). La frecuencia cardiaca basal media fue de 76.96±14.71 latidos por minuto. La media de frecuencia cardiaca máxima alcanzada fue de 146.76 ±14.9 latidos por minuto. La media de presión arterial sistólica

basal fue de 129.6 ± 14.3 mmHg. La media de presión arterial sistólica máxima fue de 159.12 ± 16.08 (tabla 6).

En cuanto a la función sistólica presentaron una media de volumen telediastólico en reposo de 84.24 ± 24.3 ml, volumen telesistólico en reposo 36.26 ± 14.4 ml, Fracción de expulsión en reposo $57.49 \pm 8.6\%$. La media de fracción de expulsión post esfuerzo fue de $58.27 \pm 7.1\%$, con una media de volumen telediastólico post esfuerzo 81.41 ± 25.4 ml, y volumen telesistólico post esfuerzo 35.96 ± 15.99 ml (Tabla 7).

En el análisis de la función diastólica se encontró una media de PFR en reposo de 1.83 ± 0.54 EDV/s, PFR2 en reposo de 0.97 ± 0.6 EDV/s, TTPF en reposo fue 224.9 ± 108.59 ms). Las medias de parámetros post esfuerzo fueron PFR de 1.6 ± 0.6 EDV/s, PFR2 27.87 ± 34.2 EDV/s, TTPF 285.67 ± 110.12 ms (Tabla 8).

Las alteraciones de la perfusión se localizaron anteroseptal en 13 pacientes (25.5%), inferior 37 pacientes (72.5%), anterolateral en 1 paciente (2%). La cuantificación por puntaje sumado de esfuerzo (SSS) presentó una media de 13.14 ± 5.5 , puntaje diferencial (SDS) de 3.22 ± 4.0 , porcentaje de miocardio anormal en estrés (SSS%) fue de $19.35 \pm 8.17\%$, porcentaje diferencial de miocardio anormal (SDS%) $4.76 \pm 5.88\%$ (Tabla 9)

Variables demográficas en sujetos con cardiopatía isquémica (Tabla 5).

Género

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos Hombre	46	90.2	90.2	90.2
Mujer	5	9.8	9.8	100.0
Total	51	100.0	100.0	

Estadísticos descriptivos

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Edad	51	41	80	61.02	8.396
N válido (según lista)	51				

Variables de la prueba de esfuerzo en sujetos con cardiopatía isquémica (Tabla 6)

Estadísticos descriptivos

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Duración de la prueba de esfuerzo	51	4	12	7.47	1.936
Score de Duke	51	-19	12	2.77	7.227
Frecuencia cardiaca basal	51	46	124	76.96	14.716
Frecuencia cardiaca máxima alcanzada	51	107	181	146.76	14.989
Frecuencia cardiaca al minuto de la recuperación	51	90	155	123.71	16.684
Presión arterial sistólica basal	51	95	160	129.61	14.382
Presión arterial sistólica máxima	51	130	200	159.12	16.084
Presión arterial a los 3 minutos de recuperación	51	114	180	147.92	15.216
N válido (según lista)	51				

Variables de función sistólica con Gated-SPECT en sujetos con cardiopatía isquémica (Tabla 7)

Estadísticos descriptivos

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Volumen telediastólico en reposo	51	36	145	84.24	24.387
Volumen telesistólico en reposo	51	5	73	36.27	14.457
Fracción de expulsión en reposo	51	34	77	57.49	8.629
Volumen telediastólico post esfuerzo	51	33	152	81.41	25.487
Volumen telesistólico post esfuerzo	51	9	78	35.96	15.995
Fracción de expulsión post esfuerzo	51	41	77	58.27	7.170
N válido (según lista)	51				

Variables de función diastólica con Gated-SPECT en sujetos con cardiopatía isquémica (Tabla 8)

Estadísticos descriptivos

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Velocidad máxima de llenado (PFR) en reposo	51	.54	3.63	1.8318	.54566
Velocidad máxima de llenado 2 (PFR 2)	51	.00	2.42	.9775	.60618
Tiempo en alcanzar la máxima velocidad de llenado (TTPF) en reposo	51	113	516	224.90	108.590
Velocidad máxima de llenado (PFR) post esfuerzo	51	.08	3.01	1.6078	.60330
Velocidad máxima de llenado 2 (PFR 2) post esfuerzo	51	.00	187.00	7.8735	34.28857
Tiempo en alcanzar la máxima velocidad de llenado (TTPF) post esfuerzo	51	129	525	285.67	110.128
N válido (según lista)	51				

Alteraciones de la perfusión (localización y cuantificación) (Tabla 8)

Localización

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Anteroseptal	13	25.5	25.5	25.5
	Inferior	37	72.5	72.5	98.0
	Anterolateral	1	2.0	2.0	100.0
	Total	51	100.0	100.0	

Estadísticos descriptivos

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Puntaje sumado de esfuerzo (SSS)	51	5	25	13.14	5.579
Puntaje diferencial (SDS)	51	0	17	3.22	4.007
Porcentaje de miocardio anormal en estrés (SS%)	51	7	37	19.35	8.178
Porcentaje diferencial de miocardio anormal (SD%)	51	0	25	4.76	5.888
N válido (según lista)	51				

2. Estadística inferencial

a) Comparación de frecuencias de género y factores de riesgo en los grupos con y sin cardiopatía isquémica (Prueba Ji cuadrada):

El grupo con cardiopatía isquémica tuvo un porcentaje significativamente mayor de hombres que mujeres (90.2 vs 67.5% con $p = 0.005$), de fumadores (51.0 vs 29.9% con $p = 0.013$), de sedentarios (23.5 vs 10.4% con $p = 0.041$) y de obesos (29.4 vs 13.0% con $p = 0.020$). No hubo diferencias significativas en los porcentajes de diabéticos, hipertensos y portadores de dislipidemia.

b) Contraste de normalidad (Prueba de KolmogorovSmirnov):

Demostó que las variables cuantitativas en estudio presentaban una distribución normal.

c) Comparación de edad, VO₂ máximo en la prueba de esfuerzo y score de Duke entre sujetos con y sin cardiopatía isquémica (Prueba t de Student para grupos independientes):

Comparación de la edad media en los grupos con y sin cardiopatía isquémica:

No hubo diferencias significativas (61.02 vs 59.53 años, $p = 0.377$).

Comparación del VO₂ medio en los grupos con y sin cardiopatía isquémica:

No hubo diferencias (9.05 vs 9.05 METs).

Comparación del score de Duke en los grupos con y sin cardiopatía isquémica:

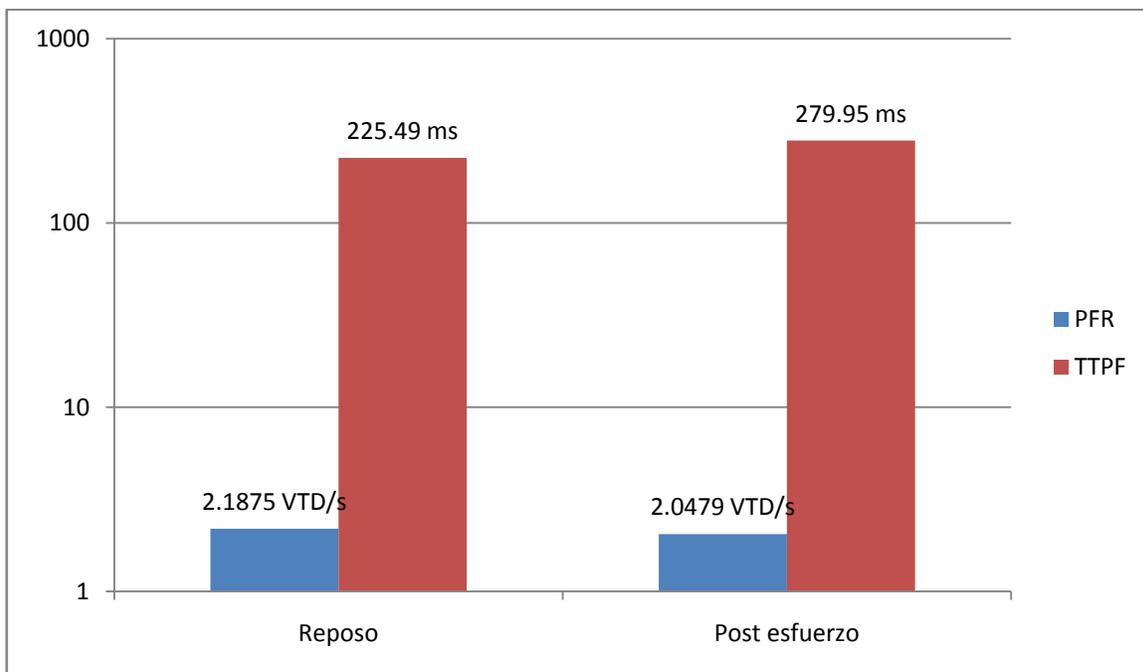
El grupo con cardiopatía isquémica tuvo un score de Duke significativamente más bajo (2.77 vs 6.31 con $p = 0.001$).

- d) **Respuesta de la función ventricular izquierda al esfuerzo físico en sujetos sanos y en sujetos con cardiopatía isquémica (Prueba t de Student para grupos relacionados):**

Comparación entre la función diastólica en reposo y post esfuerzo en sujetos sin cardiopatía isquémica:

El PFR disminuyó en el post esfuerzo 0.14 ± 0.59 VTD/s (IC de 95%: 0.00484 a 0.27438), lo cual fue significativo con $p = 0.043$. El TTPF se incrementó en el post esfuerzo 54.46 ± 105.21 ms (IC de 95%: 30.575 a 78.334 ms), que fue significativo con $p = 0.000$. El PFR 2 no tuvo cambio significativo, con $p = 0.175$ (Gráfica 1).

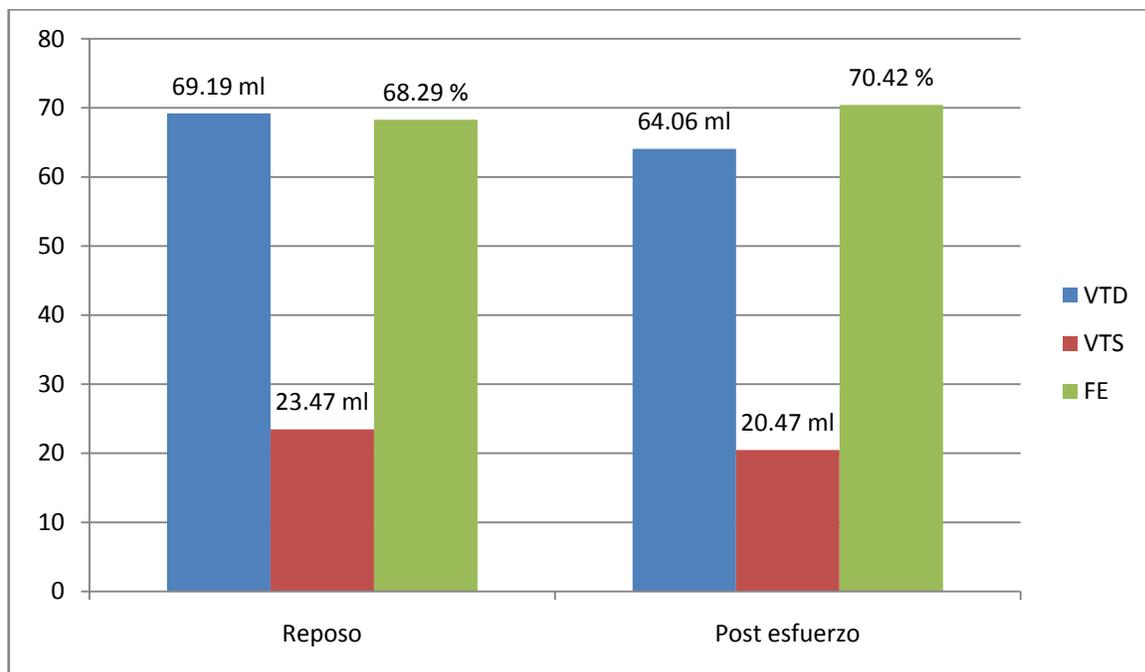
Gráfica 1. Respuesta de la función diastólica al esfuerzo en sujetos sin cardiopatía isquémica. Diferencias estadísticamente significativas.



Comparación entre la función sistólica en reposo y post esfuerzo en sujetos sin cardiopatía isquémica:

El VTD disminuyó en el post esfuerzo 5.130 ± 8.976 ml (IC de 95%: 3.093 a 7.067 ml), lo cual fue significativo con $p = 0.000$. El VTS disminuyó en el post esfuerzo 3.0 ± 6.052 ml (IC de 95%: 1.626 a 4.374 ml), que fue significativo con $p = 0.000$. La FE se incrementó 2.130 ± 6.233 % (IC de 95%: 0.715 a 3.545 %) y también fue significativo con $p = 0.004$. (Gráfica 2).

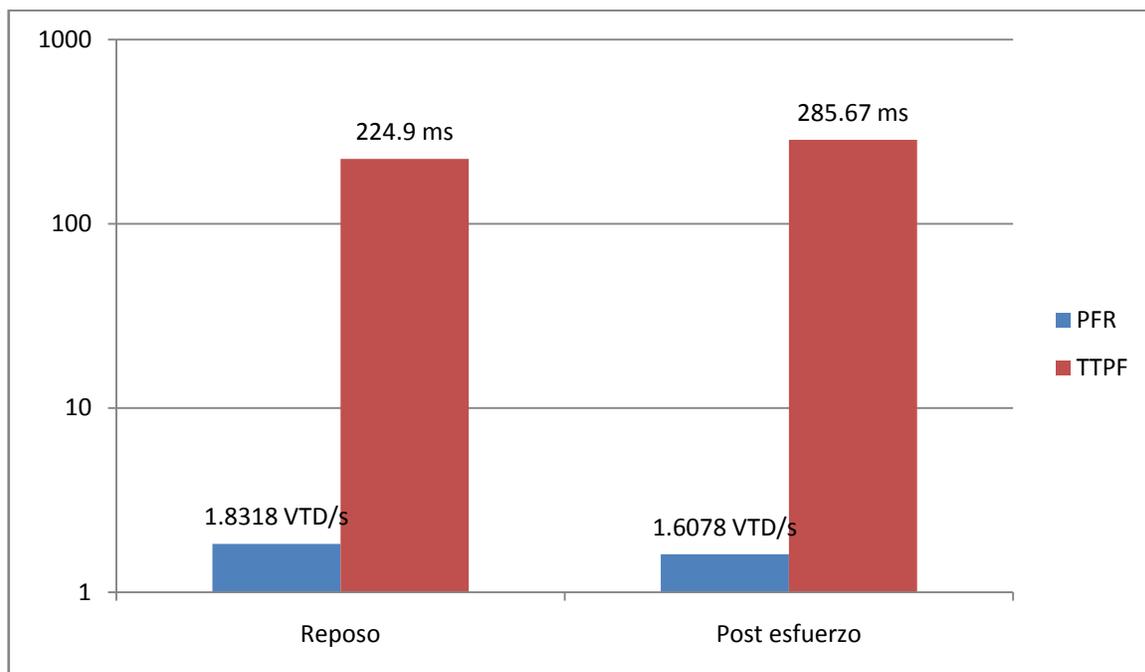
Gráfica 2. Respuesta de la función sistólica al esfuerzo en sujetos sin cardiopatía isquémica. Diferencias estadísticamente significativas.



Comparación entre la función diastólica en reposo y post esfuerzo en sujetos con cardiopatía isquémica:

El PFR disminuyó en el post esfuerzo 0.22 ± 0.59 VTD/s (IC 95%: 0.05906 a 0.38879 VTD/s), lo cual fue significativo con $p = 0.009$. El TTPF se incrementó en el post esfuerzo 60.77 ± 118.51 ms (IC de 95%: 27.434 a 94.095 ms), que fue significativo con $p = 0.001$. El PFR 2 no tuvo cambio significativo, con $p = 0.157$.

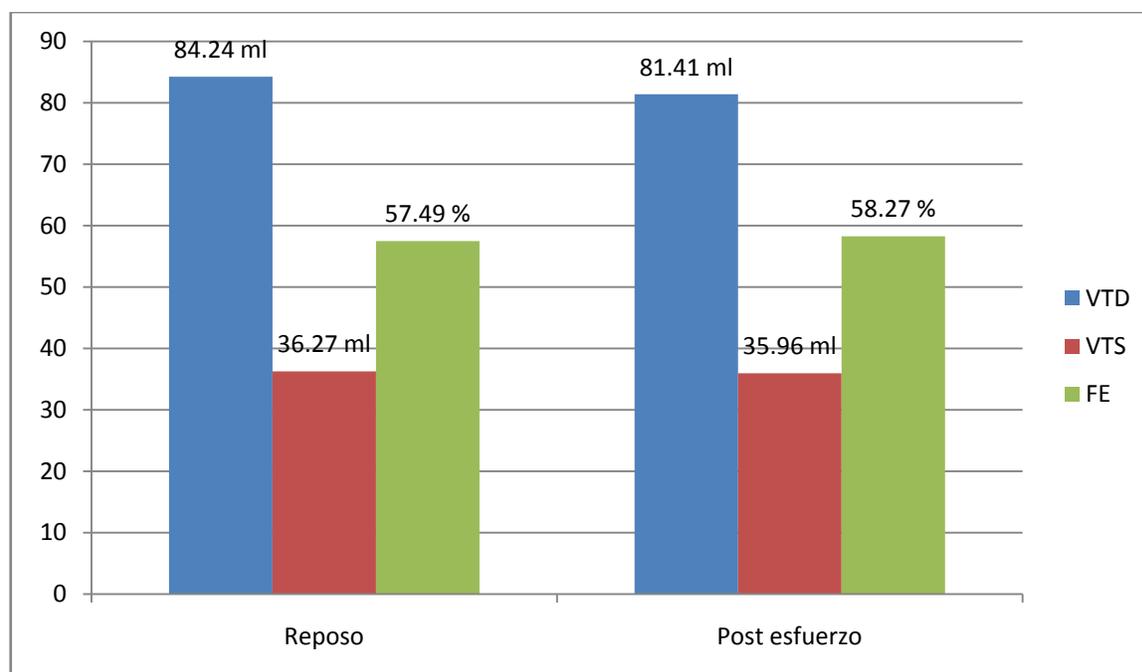
Gráfica 3. Respuesta de la función diastólica al esfuerzo en sujetos con cardiopatía isquémica. Diferencias estadísticamente significativas.



Comparación entre la función sistólica en reposo y post esfuerzo en sujetos con cardiopatía isquémica:

El VTD disminuyó en el post esfuerzo 2.824 ± 13.168 ml, pero no fue significativo con $p = 0.132$. El VTS disminuyó en el post esfuerzo 0.314 ± 10.3 ml, que no fue significativo con $p = 0.829$. La FE se incrementó $0.784 \pm 5.679\%$ y tampoco fue significativo con $p = 0.329$.

Gráfica 4. Respuesta de la función sistólica al esfuerzo en sujetos con cardiopatía isquémica. Diferencias estadísticamente no significativas.

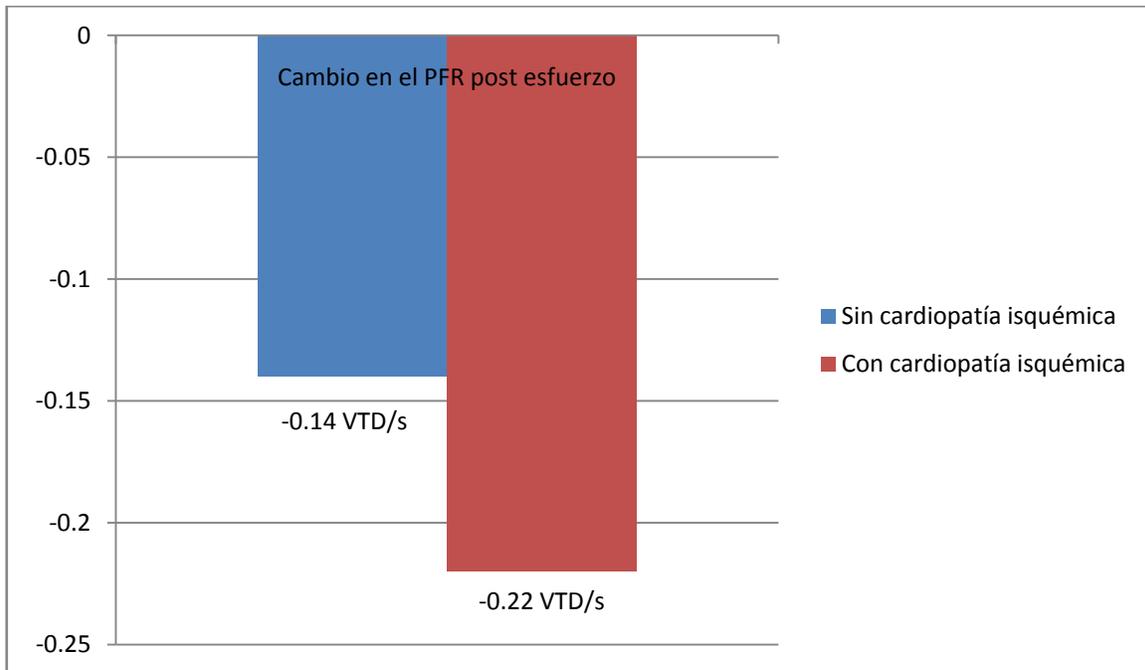


e) Comparación en la respuesta de la función sistólica post esfuerzo entre pacientes sin cardiopatía isquémica y con cardiopatía isquémica (Prueba t de Student para muestras independientes):

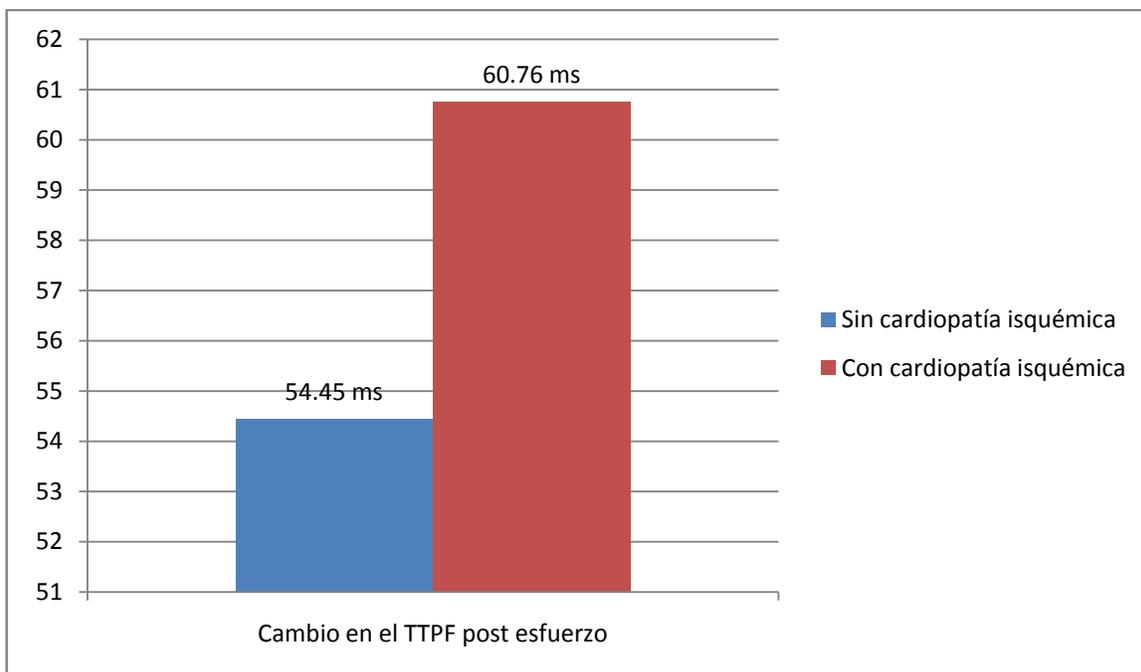
En lo referente a la respuesta post esfuerzo de la función diastólica, los sujetos sin cardiopatía isquémica tuvieron una menor disminución en PFR (0.14 vs 0.22 VTD/s) y menor incremento en TTPF (54.45 vs 60.76 ms). Para el PFR 2 la respuesta fue en diferente

sentido, con disminución de 0.16 en sujetos sin cardiopatía isquémica e incremento de 6.90 en pacientes con cardiopatía isquémica. Sin embargo las diferencias no fueron estadísticamente significativas.

Gráfica 5. Diferencias en la respuesta de la función diastólica al esfuerzo físico en sujetos sin y con cardiopatía isquémica. Disminución del PFR. Diferencias estadísticamente no significativas.

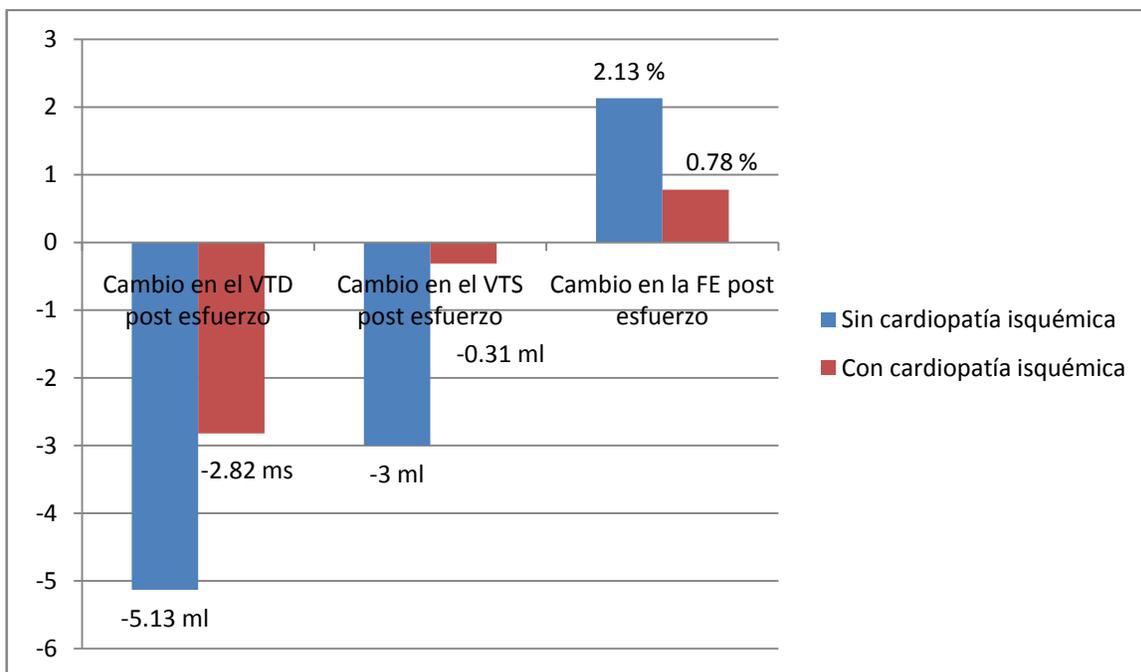


Gráfica 6. Diferencias en la respuesta de la función diastólica al esfuerzo físico en sujetos sin y con cardiopatía isquémica. Incremento del TTPF. Diferencias estadísticamente no significativas.



En cuanto a la respuesta post esfuerzo de la función sistólica, los sujetos sin cardiopatía isquémica tuvieron una mayor disminución en VTD (5.13 vs 2.82) y VTS (3.00 vs 0.31), así como un mayor incremento en la FE (2.13 vs 0.78). Sin embargo las diferencias no fueron estadísticamente significativas.

Gráfica 7. Diferencias en la respuesta de la función sistólica al esfuerzo físico en sujetos sin y con cardiopatía isquémica. Disminución de los volúmenes ventriculares e incremento en la fracción de expulsión. Diferencias estadísticamente no significativas.



DISCUSIÓN

Se ha descrito que la respuesta de la función sistólica del ventrículo izquierdo en el esfuerzo físico corresponde a un incremento en la fracción de expulsión del ventrículo izquierdo de al menos 5%. En cuanto a la respuesta de la función diastólica al esfuerzo físico existe muy poca información. Mediante el estudio de perfusión miocárdica Gated-SPECT es posible evaluar la función sistólica y diastólica del ventrículo izquierdo en reposo y post esfuerzo, es decir, aproximadamente de 45 a 60 minutos después del esfuerzo. No obstante, Akincioglu, et al no encontraron diferencias significativas en la evaluación de la función ventricular izquierda (sistólica y diastólica) con Gated-SPECT en sujetos sanos cuando ésta se realizó entre los 0 y los 30 minutos después del esfuerzo físico, entre los 30 y los 45 minutos y, por último, cuando se efectuó después de 45 minutos⁵. Esto sugiere que los cambios de la función ventricular izquierda inducidos por el esfuerzo físico se mantienen por un tiempo prolongado y pueden evaluarse mediante el estudio Gated-SPECT. De igual forma, en sujetos con cardiopatía isquémica es probable que las alteraciones de las funciones sistólica y diastólica causadas por el esfuerzo físico se mantengan por un tiempo prolongado y puedan ponerse en evidencia en la evaluación de la función post esfuerzo. Esto podría estar en relación a aturdimiento miocárdico prolongado.

En el presente trabajo se observó una diferencia pequeña pero estadísticamente significativa de la función ventricular izquierda en reposo y en esfuerzo, tanto en sujetos normales como en aquellos con cardiopatía isquémica. La respuesta observada ante el esfuerzo consistió, en el caso de la función diastólica, en disminución del PFR e incremento del TTPF. En lo que

respecta a la función sistólica, se documentó disminución de los volúmenes ventriculares e incremento en la fracción de expulsión.

Al comparar a los sujetos con y sin cardiopatía isquémica, parece haber una respuesta al esfuerzo atenuada en aquellos con cardiopatía isquémica, aunque en este caso las diferencias no alcanzaron significación estadística.

Hasta donde tenemos conocimiento, solo se han publicado los valores normales de los parámetros de función diastólica post esfuerzo, pero no en el reposo. Por lo tanto no se tiene información para definir la respuesta al esfuerzo. En el presente trabajo no se evaluó la normalidad de la función diastólica, sino su respuesta al esfuerzo en sujetos con y sin cardiopatía isquémica en presencia de función sistólica normal. Se pudo identificar un patrón de respuesta normal al esfuerzo y su probable atenuación en la cardiopatía isquémica. No se consideró establecer límites de normalidad para la función diastólica en reposo y esfuerzo debido a que, por el tamaño de la muestra, se obtuvieron valores de desviación estándar relativamente amplios. Es necesario contar con un mayor número de sujetos para tal fin.

Una limitante del estudio es que por el tamaño de la muestra de sujetos con cardiopatía isquémica no fue posible analizar diferentes grupos en base a la presencia de infarto o de isquemia y a su gravedad. Es probable que la alteración de la función diastólica (al igual que de la sistólica) esté en relación directa con la presencia y gravedad de la isquemia miocárdica. De igual modo, por el tamaño de la muestra de sujetos sin cardiopatía isquémica, no fue posible analizar subgrupos de acuerdo a los factores de riesgo coronario, que podrían alterar por otros mecanismos la función diastólica.

Es necesario reunir un mayor número de sujetos con y sin cardiopatía isquémica con función sistólica normal para confirmar los hallazgos y las tendencias observadas.

CONCLUSIONES

En sujetos sin cardiopatía isquémica y función sistólica del ventrículo izquierdo normal, la respuesta de la función diastólica al esfuerzo físico parece corresponder a una disminución del PFR y a un incremento del TTPF. En presencia de cardiopatía isquémica aún se observa esta respuesta, pero al parecer está atenuada. Es necesario establecer en una muestra de mayor tamaño los valores normales de los parámetros de función diastólica en reposo y post esfuerzo, para así definir también la variación normal inducida por el esfuerzo físico. Del mismo modo una muestra de mayor tamaño de sujetos con cardiopatía isquémica para definir la relación de la presencia y grado de isquemia con la alteración en la función diastólica post esfuerzo, así como poder determinar otros factores que puedan contribuir a una respuesta alterada.

BIBLIOGRAFIA

1. Guadalajara J.F, Entendiendo la insuficiencia cardíaca. ArchCardiol Mex.2006; 76 (4), 431-447.
2. Guadalajara J.F. Función ventricular e insuficiencia cardíaca. Cardiología 7ª ed. 2012; págs.545- 623
3. Arrighi JA, Soufer R. Left ventricular diastolic function: physiology, methods of assesment and clinical significance. J NuclCardiol.1995; 2(6), 525-543.
4. Cedars Sinai Medical Center. Quantitative perfusion SPECT. Reference Manual. Ed. 2012; págs. 8-83
5. Akincioglu C, Berman DS, Nishina H, et al. Assesment of diastolic function using 16 frame tc-sestamibi gated myocardial perfusion SPECT: normal values. J NuclCardiol. 2005; 46(7), 1102-1108
6. Salerno M. Multi-modality imaging of diastolic function. J Nucl Cardiol. 2010 Apr;17(2):316-27.
7. Boyer J, Thanigaraj S, Schechtman K, et al. Prevalence of ventricular diastolic dysfunction in asymptomatic, normotensive patients with diabetes mellitus. *Am J Cardiol.* 2004;93:870–875.
8. Yuda S, Fang Z, Marwick T. Association of severe coronary stenosis with subclinical left ventricular dysfunction in the absence of infarction. *J Am SocEchocardiogr.* 2003;16:1163–1170.
9. Galderisi M, Cicala S, Caso P, et al. Coronary flow reserve and myocardial diastolic dysfunction in arterial hypertension. *Am J Cardiol.* 2002;90:860–864
10. Giorgetti A, Masci PG, Marras G, et al. Gated SPECT evaluation of left ventricular function using a CZT camera and a fast low-dose clinical protocol: comparison to cardiac magnetic resonance imaging. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2013 Dec;40(12):1869-75

11. Mizunobu M, Sakai J, Sasao H, et al. Assessment of left ventricular systolic and diastolic function using ECG-gated technetium-99m tetrofosmin myocardial perfusion SPECT. *Int Heart J.* 2013;54(4):212-5.
12. Appleton CP, Hatle LK, Popp RL. Relation of transmitral flow velocity patterns to left ventricular diastolic function: New insights from a combined hemodynamic and Doppler echocardiographic study. *J Am CollCardiol* 1988;12:426-406
13. Muntinga HJ, van den Berg F, Knol HR, et al. Normal values and reproducibility of left ventricular filling parameters by radionuclide angiography. *Int J Card Imaging* 1997;13:165-71; discussion 73.
14. Kikkawa M, Nakamura T, Sakamoto K, et al. Assessment of left ventricular diastolic function from quantitative electrocardiographic-gated 99mTc-tetrofosmin myocardial SPECT. *Eur J Nucl Med* 2001 Oct;28(10):1579-83.
15. Camici PC, Crea F. Coronary Microvascular Dysfunction *N Engl J Med* 2007;356:830-40.
16. Aurigemma GP, Gaasch WH. Diastolic Heart Failure *N Engl J Med* 2004;351:1097-105
17. Vasan RS, Benjamin EJ, Levy D. Prevalence, clinical features and prognosis of diastolic heart failure: an epidemiologic perspective. *J Am CollCardiol* 1995;26: 1565-74.
18. Brogan WC 3rd, Hillis LD, Flores ED, et al. The natural history of isolated left ventricular diastolic dysfunction. *Am J Med* 1992;92:627-30.
19. Tsuyuki RT, McKelvie RS, Arnold JM, et al. Acute precipitants of congestive heart failure exacerbations. *Arch Intern Med* 2001;161:2337-42. 29
20. Jones RH, McEwan P, Newman GE, et al. Accuracy of diagnosis of coronary artery disease by radionuclide management of left ventricular function during rest and exercise. *Circulation* 1981; 64:586-601.