

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO



**FACULTAD DE MEDICINA  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO  
INSTITUTO NACIONAL DE CARDIOLOGIA  
"IGNACIO CHAVEZ"**

***Medición de la fracción de expulsión del ventrículo derecho a través de la ventriculografía por Tomografía de Emisión foton Único (SPECT) sincronizada con el electrocardiograma y su correlación con la obtenida por resonancia magnética en pacientes con bajo riesgo para enfermedad cardiovascular.***

## **T E S I S**

**PARA OBTENER EL TITULO EN**

**LA ESPECIALIDAD DE CARDIOLOGIA**

**PRESENTA**

**DR. GUIANNINO DANERI ALLIS**

**Asesor. Dr. Erick Alexanderson Rosas**

**Jefe del departamento de Medicina Nuclear del  
Instituto Nacional de Cardiología "Ignacio Chávez"**

**México, DF. Julio, 2011**



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.

---

**Dr. José Fernando Guadalajara Boo**  
**Director de Enseñanza**  
**del Instituto Nacional de Cardiología**  
**“Ignacio Chávez”**

---

**Dr. Erick Alexanderson Rosas**  
**ASESOR DE TESIS**  
**Jefe del Departamento de Medicina Nuclear**  
**del Instituto Nacional de Cardiología**  
**“Ignacio Chávez”**

---

**Dr. Moisés Jiménez Santos**  
**COASESOR DE TESIS**  
**Medico Adjunto al Departamento de Medicina**  
**Nuclear del Instituto Nacional de Cardiología**  
**“Ignacio Chávez”**

## **Agradecimientos**

*A mi padre Jorge +. Por darme la vida, y por ser el ejemplo mas grandioso que he tenido de paciencia, fortaleza, te dedico el termino de mi especialidad a tu memoria lo que tu siempre quisiste.*

*A mi madre Nina. Por darme la vida, gracias a tu dedicación y trabajo logre mis objetivos terminado mi especialidad tu ejemplo de lucha, entrega son el impulso que tengo para hacer las cosas día a día.*

*A mi esposa Lysset por estar siempre conmigo en todos los momentos por tu apoyo y comprensión incondicional.*

*A mis hermanos Georgy y Ramzy por darme el ejemplo de ser el mejor, su dedicación y logros son lo que hace tener fuerzas para seguir adelante.*

*Al Dr. Alexanderson por brindarme su apoyo, amistad y confianza y darme su tutoría.*

*Al Dr. Guadalajara por sus enseñanzas y sus clases, que nos dieron el fundamento básico para terminar la especialidad de cardiología.*

*A mis maestros del instituto por sus enseñanzas y paciencia que nos tienen para transmitirnos sus conocimientos.*

*Al Ing. Oscar por apoyarme en la realización de este estudio.*

*Al Dr. y amigo Erwin Chiquete por ayudarme con la realización del análisis estadístico.*

*Al Dr. Moisés Jiménez, Dra. Nadia Canseco y Dra. Gabriela Meléndez por su apoyo que me brindaron en la realización de este estudio.*

# INDICE

<b>I. TITULO.....</b>	<b>1</b>
<b>II. INDICE.....</b>	<b>4</b>
<b>III. ANTECEDENTES.....</b>	<b>5</b>
<b>III. OBJETIVOS.....</b>	<b>6</b>
<b>IV. JUSTIFICACION.....</b>	<b>7</b>
<b>V. MARCO TEORICO.....</b>	<b>8</b>
<b>VI. MATERIAL Y METODOS.....</b>	<b>13</b>
<b>VII. ANALISIS ESTADISTICO.....</b>	<b>15</b>
<b>VIII. RESULTADOS.....</b>	<b>16</b>
<b>IX. DISCUSIÓN.....</b>	<b>23</b>
<b>X. CONCLUSIONES.....</b>	<b>25</b>
<b>XI. REFERENCIAS.....</b>	<b>26</b>

## **ANTECEDENTES.**

La función ventricular derecha puede ser determinada en base a los hallazgos obtenidos en diversos estudios no invasivos incluyendo electrocardiograma (1), radiografía de tórax, ecocardiograma bidimensional y tridimensional, tomografía computarizada de tórax, idealmente resonancia magnética cardiaca (RM) y métodos de medicina nuclear incluyendo ventriculografía por radionuclido de primer paso, ventriculografía por radionuclido en equilibrio y ventriculografía por emisión de foton único sincronizada con el electrocardiograma. (2)

En la actualidad la resonancia magnética ha desplazado como el método de elección para la evaluación de la función ventricular derecha a todas las técnicas antes mencionadas ya que la evaluación del ventrículo derecho es muy compleja (2).

Actualmente la RM para la evaluación y función del ventrículo derecho es considerada como el estándar de oro.

La función ventricular por medio de RM es una técnica validada y ampliamente utilizada para el diagnóstico, estratificación y seguimiento clínico de los pacientes.

A diferencia de otras modalidades diagnósticas la técnica utilizada para la función ventricular por RM no asume ninguna forma geométrica, tiene mejor evaluación de la anatomía cardiovascular, no requiere medio de contraste, sin exposición a radiación, no invasiva, pero es costosa, poco disponible en los hospitales de México. (3)

La ventriculografía por emisión de foton único sincronizada con el electrocardiograma es una técnica que se encuentra ampliamente validada para la evaluación ventricular izquierda con aceptabilidad, se encuentra disponible en varios hospitales de México, es reproducible y económica.

Para la función del ventrículo derecho se vio una buena correlación entre la ventriculografía de primer paso y la ventriculografía en equilibrio, sin embargo la ventriculografía SPECT no se ha estudiado en nuestro medio para la evaluación de la función ventricular derecha. (3)

## **OBJETIVOS**

El objetivo de este estudio es determinar la correlación de la fracción de expulsión ventricular derecha medida por ventriculografía SPECT sincronizado con el electrocardiograma y por resonancia magnética cardíaca, en pacientes con baja probabilidad para enfermedad cardiovascular.

Validación de este método de medición de fracción de expulsión en población mexicana.

Determinar sensibilidad, especificidad, valor predictivo negativo y positivo de la fracción de expulsión ventricular derecha por ventriculografía SPECT.

Estimar los valores normales de FEVD por medio de RMN y Ventriculografía Spect en mujeres mexicanas con baja probabilidad de enfermedad cardiovascular.

## **JUSTIFICACION.**

En la actualidad la Resonancia magnética es el estándar de referencia para la determinación de la función ventricular derecha, sin embargo es una herramienta costosa de poca disponibilidad que no se encuentra en todos los hospitales de México.

El beneficio de este estudio es que si la fracción de expulsión del ventrículo derecho obtenida mediante ventriculografía SPECT una alta correlación con la obtenida en la resonancia magnética, tendríamos un estudio menos costoso, con mayor disponibilidad y reproducible.

El conocer los valores normales en población mexicana de la FEVD por medio de RMN y ventriculografía SPECT es de gran utilidad en las patologías que afectan el ventrículo derecho para su pronóstico.

No existen actualmente estudios en los que se compare y cuantifiquen la función del ventrículo derecho con ventriculografía SPECT y resonancia magnética en población mexicana.

## **HIPOTESIS ALTERNA**

La ventriculografía por SPECT tiene alta correlación con la resonancia magnética para la evaluación de la función ventricular derecha.

## **HIPOTESIS NULA.**

La ventriculografía por SPECT no tiene alta correlación con la resonancia magnética para la evaluación de la función ventricular derecha.

## **MARCO TEORICO.**

El conocimiento de la función del ventrículo derecho (VD) en condiciones normales es fundamental sobre todo cuando se pretende entender los cambios que se generan a consecuencia de una alteración ya sea primaria, secundaria, aguda o crónica.(1,4)

Ahora se reconoce que el VD se puede ver afectado y refleja la repercusión de procesos patológicos diversos como son; insuficiencia cardiaca, cardiopatías congénitas, cardiopatía isquémica, hipertensión arterial pulmonar (5).

lo que traduce que la estructura integral y el funcionamiento normal del VD juegan un papel importante para garantizar el mantenimiento de un adecuado gasto cardiaco.(6)

La morfología del VD es compleja. Desde una vista externa, tiene un aspecto triangular de base superior. Si se corta en forma transversal posee una forma de media luna. Su estructura interna está constituida por cuatro componentes anatómicos: 1) la región de la unión aurículo-ventricular (UAV); 2) el sinus; 3) el cono proximal o banda septal; 4) el cono distal o banda parietal. La forma como se organizan estas estructuras permite diferenciar un tracto de entrada (compuesto por la región de la UAV) y un tracto de salida (compuesto por la banda septal, parietal y moderadora).

El VI es una bomba de presión que expulsa sangre contra resistencias periféricas altas, en cambio, el VD es una bomba de volumen que expulsa sangre con resistencias pulmonares bajas, de ahí que se considera que una de las principales funciones del VD es proveer una precarga óptima al VI y simultáneamente conservar baja la presión de la circulación pulmonar para que permita un retorno venoso adecuado. Dicha función tiene lugar entre la porción venosa sistémica y el lecho vascular pulmonar.(6)

Se ha observado cómo la secuencia de contracción-relajación del VD se lleva a cabo semejando una onda peristáltica que inicia en el tracto de entrada y termina en el tracto de salida, compatible con un patrón de contracción

asincrónico. La activación y el acortamiento del sinus comienza entre 25 y 50 ms antes que la del infundíbulo. La contracción de la cámara de entrada comprende más del 80% del volumen total del VD y el 20% restante del infundíbulo. La eyección del VD continúa hasta el inicio de su llenado.(6,7,8)

Al efecto sobre el llenado y vaciado de un ventrículo sobre el otro se le conoce como interdependencia ventricular. Los dos ventrículos están acoplados a sus cargas hidráulicas respectivas, la resistencia vascular sistémica y la resistencia vascular pulmonar. En este fenómeno toma importancia la presión pericárdica y el septum interventricular. Como consecuencia de la relación anatómica tan cercana, cambios en la presión pericárdica afectan la presión que rodea a ambos ventrículos.<sup>11</sup> Del mismo modo, la distensibilidad diastólica de cualquiera de los dos ventrículos puede provocar cambios en la presión pericárdica. En circunstancias normales, la distensibilidad diastólica del VD es mayor que la del VI. Cuando se provocan incrementos similares en la presión pericárdica se provoca una mayor afectación en el volumen diastólico final del VD (VDFVD) que del VI. Así, el VDFVD depende de la distensibilidad diastólica ventricular y de la presión de distensión. La referida distensibilidad disminuye en respuesta a una dilatación aguda, a un estímulo neurohormonal o isquémico o bien por dilatación grave del VI.(9,10)

No obstante, al igual que en el VI, la precarga, la postcarga y en menor proporción el inotropismo determinan la función ventricular derecha.(6) El aumento del VDFVD establece un aumento del trabajo eyectivo. A mayor volumen, mayor fuerza sistólica generada. El VD es indispensable tanto en situación normal como patológica para conservar un gasto cardíaco adecuado.

En la práctica clínica diaria es ideal contar con un método de diagnóstico práctico, accesible, confiable, reproducible y de ser necesario, que permita hacer evaluaciones periódicas que faciliten la toma de decisiones para el adecuado manejo de un paciente. Las técnicas no invasivas como ecocardiograma transtorácico y transesofágico así como la resonancia magnética y la angiotomografía,(11,12) constituyen métodos de diagnóstico

moderno en el estudio de pacientes con enfermedad cardiovascular-pulmonar donde la disfunción ventricular derecha emerge como un concepto relevante en diferentes condiciones para estratificación de riesgo y estimación del resultado de un tratamiento farmacológico, intervencionista quirúrgico. (12)

Análisis de la función ventricular con SPECT.

Conocer la fracción de expulsión surgió como analogía al procedimiento empleado en ecocardiografía para la medición de dicho parámetro de función ventricular sistólica: el cálculo de los volúmenes ventriculares a partir de la medición de los bordes endocárdicos del VI y del VD en sístole y en diástole. Esta medición se puede llevar a cabo a partir de las imágenes obtenidas mediante técnicas planares.(13).

La ventriculografía SPECT orienta el cálculo de los volúmenes ventriculares y el análisis detallado de la morfología y de la contractilidad regional.

Con la disponibilidad de equipos de doble cabezal 90 grados es posible obtener 16 imágenes/ciclo con adquisición de 180 grados desde la proyección oblicua anterior derecha (30-45 grados) a la oblicua posterior izquierda y sincronizada con el ECG del paciente. (15)

La implementación de programas completamente automáticos permite realizar una reconstrucción tridimensional de imágenes a partir de la ventriculografía SPECT sincronizado con el electrocardiograma delimitando automáticamente los bordes epicárdicos y endocárdicos analizando además la movilidad y el engrosamiento sistólico.

La computadora calcula los volúmenes ventriculares sistólicos y diastólicos determinando la fracción de expulsión.(16).

La cuantificación automática de la función ventricular derecha puede realizarse por medio de la ventriculografía (SPECT) la cual se correlaciona altamente con la ventriculografía de primer paso. (17)

La fracción de expulsión del ventrículo derecho normal por ventriculografía SPECT es de 0.40 a 0.69 %.(18)

En la actualidad la evaluación función ventricular derecha por medio de ventriculografía SPECT no es muy usada sin embargo es un método económico, disponible, reproducible y poco estudiado para evaluación del ventrículo derecho.(18)

## RESONANCIA MAGNETICA.

La resonancia magnética (RM) es un método diagnóstico de imagen que utiliza un campo magnético que alinea protones de los átomos de hidrógeno de agua del cuerpo. Campos de radiofrecuencia son usados para alterar sistemáticamente esta alineación causando una rotación de los protones que producen un campo magnético detectado por antenas. Esta señal puede ser manipulada por campos magnéticos adicionales (gradientes) para formar imágenes del cuerpo. La resonancia magnética cuenta con múltiples aplicaciones en todos los campos de la medicina donde actualmente es el estándar de oro para la evaluación de la función ventricular. (19,23)

Actualmente la RM es la modalidad de referencia para la evaluación de la función ventricular global y segmentaria. La evaluación de la masa y función ventricular por medio de RM es una técnica validada ampliamente utilizada para el diagnóstico y seguimiento clínico de los pacientes. A diferencia de otras modalidades diagnósticas la técnica utilizada para la función ventricular por RM no asume ninguna forma geométrica. (1,19).

La resonancia magnética es una técnica volumétrica basada en la visualización de la anatomía del ventrículo derecho y no requiere inyección de medio de contraste. Esta técnica proporciona información anatómica precisa.

La fracción de expulsión del ventrículo derecho por resonancia magnética es del 0.49-0.72%. (17) o  $61 \pm 6\%$  (). La evolución por RM de la función ventricular tiene algunas ventajas dentro de las que incluyen ausencia de radiación ionizante, no necesita utilizar medio de contraste y tiene una excelente resolución temporal y espacial. (18.)

La RM cardíaca es capaz de producir imágenes anatómicas con excelente resolución espacial y temporal, es capaz de evaluar volúmenes y a partir de ellos estimar shunts, volumen expulsivo y cuantificar regurgitaciones valvulares. Es capaz de medir masa, y discriminar las características del miocardio, puede evaluar la función miocárdica, tanto global como segmentaria, tiene alta precisión y reproducibilidad en la medición de los volúmenes, fracción de eyección y masa miocárdica. (20)

Una ventaja adicional es que no somete al paciente a radiación ionizante, la cual se sabe hoy en día que aumenta el riesgo de malignidades futuras. (21)

Dentro de las principales indicaciones actuales de solicitar una RM para función del ventrículo derecho están:

- 1.- Discrepancia entre hallazgos clínicos y de la ecocardiografía.
- 2.- Evaluación funcional del Ventrículo Derecho
3. Displasia ventricular derecha
4. Enfermedades de la arteria pulmonar.
5. Valvulopatías.
6. Cardiopatía isquémica (21,22)

La Resonancia magnética cardiaca es, sin embargo, aún un método caro y de disponibilidad limitada. (21 ).

Para la evaluación y fusión del ventrículo derecho la resonancia magnética es considerada en la actualidad como el estándar de referencia. En individuos con función cardiovascular y anatomía normal la influencia de las trabeculaciones y de los músculos papilares en la medición de los volumen ventriculares tiene importancia ya que puede variar de manera significativa ya que se recomienda no incluirlos al realizar la medición de los bordes endocárdicos. (19).

## **MATERIAL Y METODOS**

### *Criterios de inclusión*

- Pacientes sin historia de síntomas cardiovasculares
- Mujeres de 18-70 años con cáncer cervicouterino.
- Sin antecedentes de enfermedades crónicas degenerativas.
- Sin antecedentes de enfermedades cardiovasculares o Tromboembolia pulmonar.
- Sobrevida mayor a 6 meses.

### *Criterios de exclusión*

- Pacientes con historia de síntomas cardiovasculares
- Mujeres menores 18 años y mayores de 70 años con cáncer cervicouterino.
- Con presencia o antecedente de enfermedades crónicas degenerativas.
- Con presencia o antecedente de enfermedades cardiovasculares o tromboembolia pulmonar.
- Sobrevida menor a 6 meses.

Se estudiarán 24 pacientes mujeres enviadas del Instituto Nacional de Cancerología en los servicios de resonancia magnética y medicina nuclear del Instituto Nacional de Cardiología en la ciudad de México DF, durante los años 2010 y 2011, con Cáncer cervicouterino en estadio II-IV que serán sometidos a tratamiento con Nimotuzumab sin antecedentes de enfermedades cardiovasculares, en las que se realizó estudio de función ventricular derecha con resonancia magnética y ventriculografía SPECT.

Se determinará la función ventricular derecha previo al tratamiento el mismo día ambos estudios.

La técnica de evaluación de la función ventricular derecha por RM.

Se realizan múltiples series en eje corto de la base al apex en secuencia de cine eco de gradiente con intervalos de 8 a 10 mm; se trazan manualmente los bordes endocárdicos en telesístole y en telediástole de cada una de las series y un programa de computadora de post proceso realiza un cálculo semiautomatizado de la fracción de expulsión.

Protocolo de adquisición para evaluación de la función ventricular: adquisición scout (Trufi FISP) se trazan eje corto y vistas apicales; adquisición de cines de Eco de gradiente en eje corto con cortes de 8mm con espacios entre cortes de 2mm, una resolución temporal menor o igual 60ms (se obtienen 8 a 12 cortes).

Técnica de evaluación de la función ventricular por ventriculografía SPECT.

Se extraen 3ml de sangre del paciente se deposita en vial con pirofosfato de estaño se agita ligeramente por 5 minutos después se agregan 25- 30 mCi/70kg de Tecnecio 99 se deja reposar por 20 min y se administra por vía intravenosa al paciente. Se adquieren imágenes planares en proyección oblicua anterior izquierda y posteriormente se realiza adquisición tomográfica (SPECT) obteniendo las imágenes en un arco de 180 grados con 64 proyecciones 25-45 segundos por proyección desde la oblicua anterior derecha y la izquierda. Se obtienen las imágenes en las siguientes gammacámaras:

- General Electrics (GE) millenium MIPR-MPS Colimador LEHR. Orificios paralelos un detector
- GE millenium VG + Hawkeye Colimador LEHR. Orificios paralelos dos detectores
- GE millenium MC Colimador LEHR. Orificios paralelos dos detectores

Para la adquisición de imágenes tomográficas se utilizo el software QGS de Ceders Sinai Medical Center calculando automáticamente la fracción de expulsión del ventrículo derecho e izquierdo.

## **ANALISIS ESTADISTICO**

Se calcularon los valores medios [ $\pm$  desviación estándar (DE)] de VTDVD, VTSVD y FEVD obtenidos con cada técnica de imagen. Para establecer la correlación y medición entre los valores de VTDVD, VTSVD y FEVD obtenidos con los dos métodos de estudio (RMN; y SPECT, aquí la técnica a evaluar), se graficaron los valores obtenidos con una u otra técnica en dispersión de puntos y se estableció la línea de regresión y su intervalo de confianza del 95% medio. Sobre estos valores, se calculó la correlación de Pearson y el coeficiente de terminación (rho al cuadrado) para la correlación interpruebas en cada uno de los tres parámetros clínicos evaluados (VTDVD, VTSVD y FEVD), e intrapruebas (con FEVD y FEVI) para cada técnica (RMN y SPECT).

La concordancia entre las dos técnicas para los valores de VTDVD, VTSVD y FEVD se evaluó mediante la tabulación de los valores obtenidos con el estándar de oro (RMN) y los correspondientes con SPECT. Además, se compararon los valores de VTDVD, VTSVD y FEVD obtenidos con cada técnica mediante prueba t de Student (asumiendo la normalidad) para una muestra y de Kolmogorov-Smirnov (asumiendo la no-normalidad). También se construyeron gráficas con análisis de Bland-Altman para las mediciones de VTDVD, VTSVD y FEVD para evaluar la concordancia de las dos técnicas.

Se realizaron análisis de desempeño diagnóstico (sensibilidad, especificidad, valor de predicción positiva y negativa, con sus respectivos intervalos de confianza del 95%) para evaluar la capacidad de detectar mediante SPECT una FEVD <45% obtenida con el estándar de oro (RMN).

Todos los valores de P fueron calculados a dos colas y considerados como significativos cuando  $P < 0.05$ . El paquete estadístico SPSS v 17.0 fue usado para los cálculos de correlación y comparación de medias; mientras que el paquete MedCalc v. 11.6 fue empleado para construir los análisis de Bland-Altman.

**TABLA 1.  
CARACTERISTICAS DEL GRUPO ESTUDIADO.**

	N= 24
Edad	18 a 70 años
Sexo	Mujeres (100%)
Con recidiva de CA cervicouterino	24(100 %)
Sin factores de riesgo cardiovascular	24 (100%)

**TABLA 2.  
PROMEDIO DE LAS VARIABLES ESTUDIADAS**

Fracción de expulsión del VD por RM	44.4
Volumen telesistolico del VD por RM	55.5
Volumen telediastolico del VD por RM	97.6
Fracción de expulsión del VD por SPECT	50.25
Volumen telesistolico del VD por SPECT	64.5
Volumen telediastolico del VD por SPECT	128.4

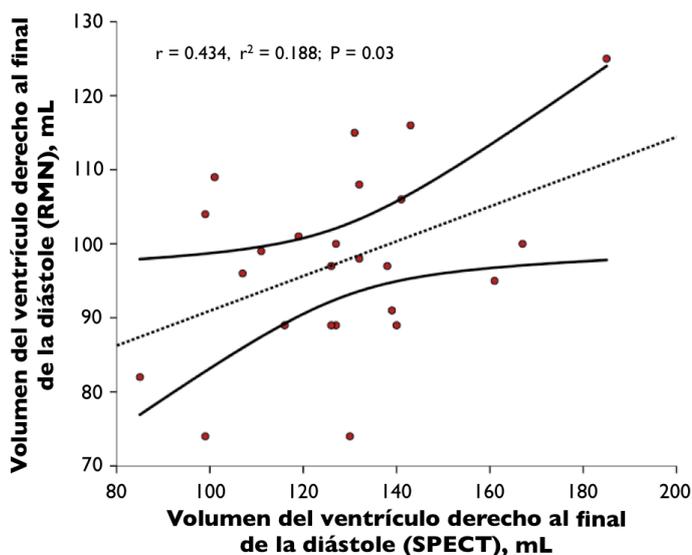
## RESULTADOS

Se estudiaron a 24 sujetos con bajo riesgo de enfermedad cardiovascular para evaluar la función del ventrículo derecho según lo reflejan los parámetros VTSVD, VTDVD y FEVD. Se comparó con la técnica de imagen (RMN de corazón) el desempeño del SPECT cardiaco.

Mediante RMN, el VTSVD medio ( $\pm$  DE) fue de 55.5 ( $\pm$  9.3) mL; el VTDVD medio (DE) fue de 97.6 ( $\pm$  12.3) mL; y de la FEVD de 44.4% ( $\pm$  4.6%).

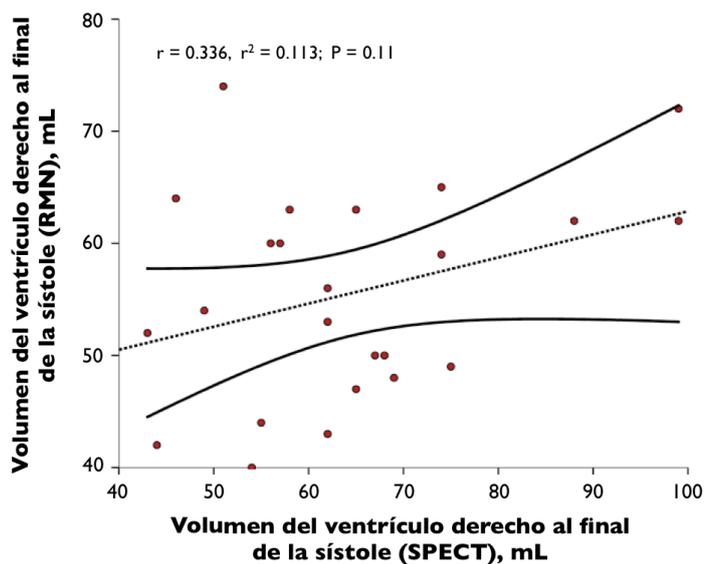
Mediante la ventriculografía SPECT el VTSVD medio ( $\pm$  DE) medio fue de 64.5 ( $\pm$  14.8) mL el VTDVD medio de 128 y ( $\pm$  21.5) mL la FEVD de 50%. ( $\pm$  6.4%).

Los valores de VTDVD obtenidos con RMN y SPECT presentaron una correlación débil de 0.434, aunque significativa ( $P = 0.03$ ) (Figura 1).

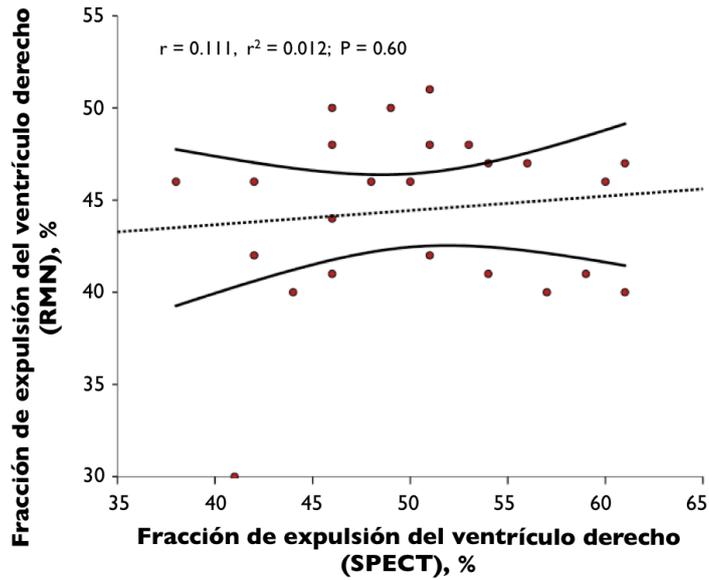


**Figura 1.** Correlación de los valores de VTDVD obtenidos con las técnicas de imagen RMN y SPECT.

Sin embargo, los valores de VTSVD y en consecuencia, los de la FEVD no presentaron una correlación significativa entre ambas técnicas de imagen (Figuras 2 y 3).

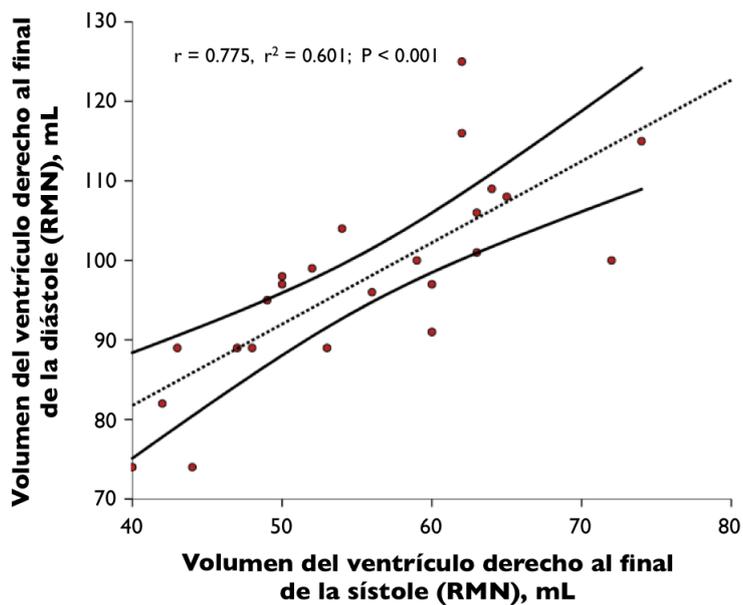


**Figura 2.** Correlación de los valores de VTSVD obtenidos con las técnicas de imagen RMN y SPECT .



**Figura 3.** Correlación de los valores de FEVD obtenidos con las técnicas de imagen RMN y SPECT .

La correlación intraprueba de VTDVD y VTSVD para RMN (Figura 4) fue alta, aunque no perfecta; y muy interesantemente, inferior a la de SPECT (Figura 5). Esto sugiere que la variación de los volúmenes obtenidos con ambas técnicas de imagen podrían no deberse a inconsistencias de las técnicas o de su interpretación.



**Figura 4.** Correlación de los valores de VTDVD obtenidos con RMN.

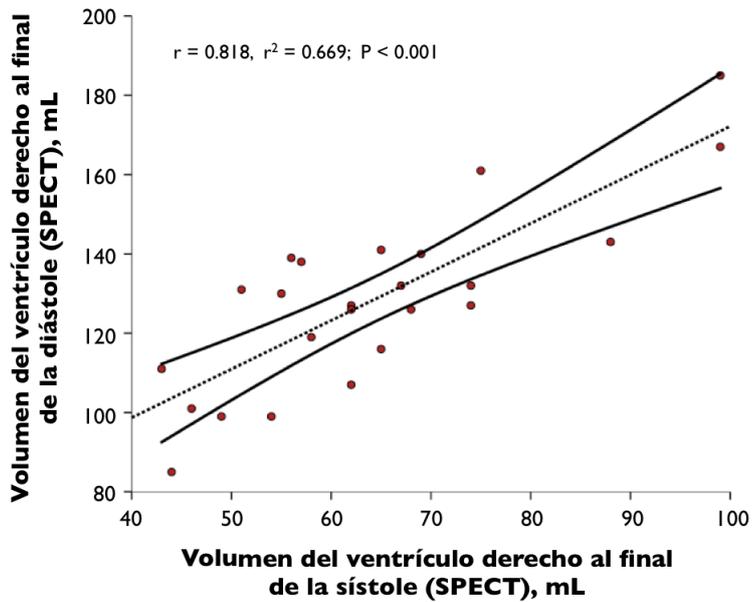
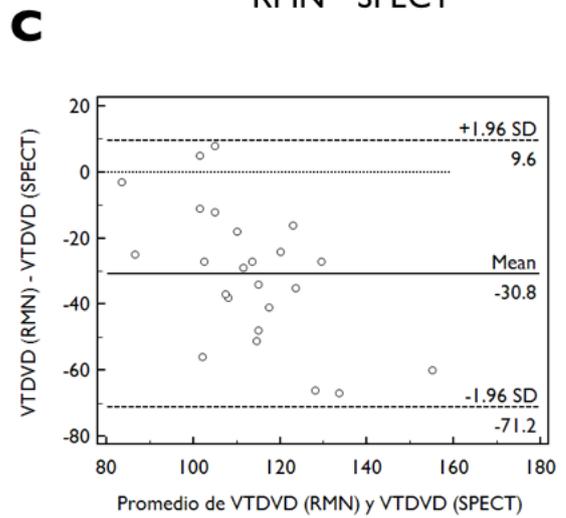
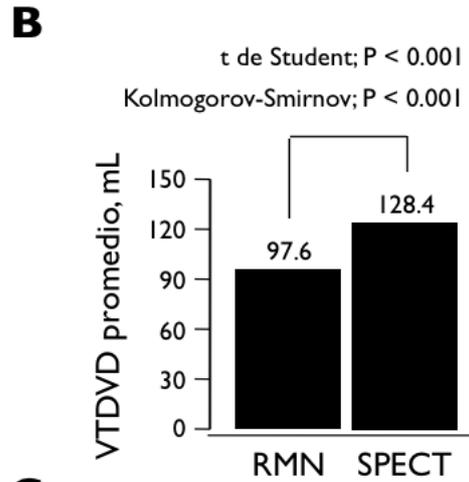


Figura 5. Correlación de los valores de VTDVD obtenidos con SPECT.

La concordancia de los valores de VTDVD (Figura 6), VTSVD (Figura 7) y FEVD (Figura 8) obtenidos con ambas pruebas fue subóptima, con una tendencia constante a la sobreestimación con SPECT (91.7% de sobreestimaciones en VTDVD, 75.0% de sobreestimaciones en VTSVD y 70.8% de sobreestimaciones en FEVD).

**A**

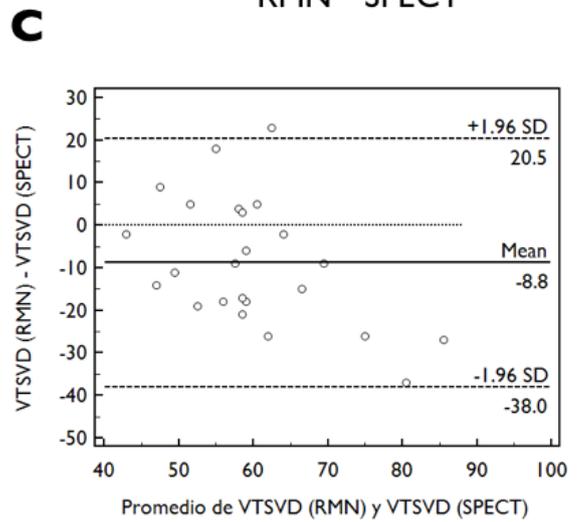
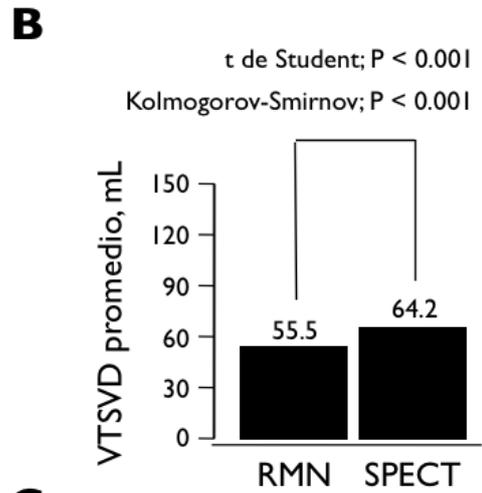
VTDVD (RMN), mL	VTDVD (SPECT), mL
74	99
74	130
82	85
89	140
89	127
89	126
89	116
91	139
95	161
96	107
97	126
97	138
98	132
99	111
100	167
100	127
101	119
104	99
106	141
108	132
109	101
115	131
116	143
125	185



**Figura 6.** A: Tabla que demuestra los valores de VTDVD obtenidos con RMN y su correspondencia con SPECT . B: Valores medios del VTDVD obtenidos por RMN y SPECT. C: Gráfica de Bland-Altman que muestra las diferencias de los valores del VTDVD obtenidos con RMN y SPECT.

**A**

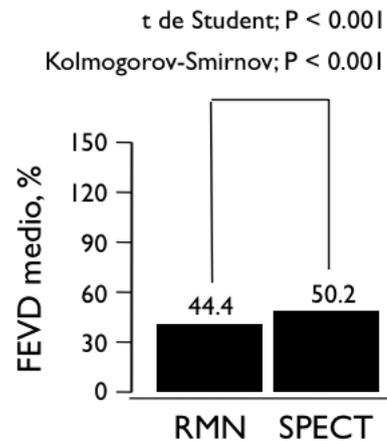
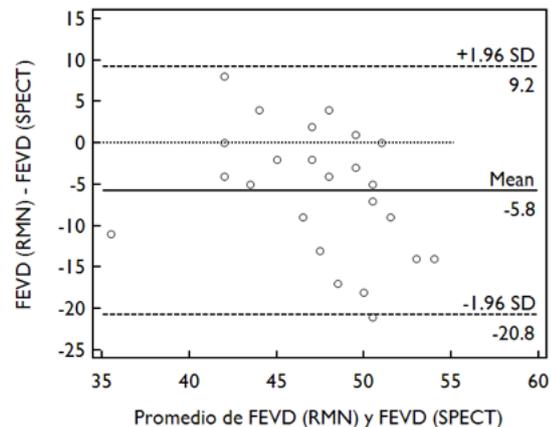
VTSVD (RMN), mL	VTSVD (SPECT), mL
40	54
42	44
43	62
44	55
47	65
48	69
49	75
50	68
50	67
52	43
53	62
54	49
56	62
59	74
60	56
60	57
62	88
62	99
63	58
63	65
64	46
65	74
72	99
74	51



**Figura 7.** A: Tabla que demuestra los valores de VTSVD obtenidos con RMN y su correspondencia con SPECT . B: Valores medios del VTSVD obtenidos por RMN y SPECT. C: Gráfica de Bland-Altman que muestra las diferencias de los valores del VTSVD obtenidos con RMN y SPECT.

**A**

FEVD (RMN), %	FEVD (SPECT), %
30	41
40	57
40	44
40	61
41	59
41	54
41	46
42	51
42	42
44	46
46	48
46	50
46	42
46	60
46	38
47	56
47	61
47	54
48	53
48	46
48	51
50	49
50	46
51	51

**B****C**

**Figura 8.** A: Tabla que demuestra los valores de FEVD obtenidos con RMN y su correspondencia con SPECT (la técnica a evaluar). B: Valores medios del FEVD obtenidos por RMN y SPECT. C: Gráfica de Bland-Altman que muestra las diferencias de los valores del FEVD obtenidos con RMN y SPECT.

El desempeño diagnóstico del SPECT para detectar una FEVD <45% fue subóptimo, con una sensibilidad del 30% (IC del 95%: 10.8% a 60.3%), especificidad del 85.7% (IC del 95%: 60.1% a 96.0%), valor de predicción positiva del 60% (IC del 95%: 23.1% a 88.2%), y negativa del 63.2% (IC del 95%: 41.0% a 80.9%)

## DISCUSION

La medición de la fracción de expulsión del ventrículo derecho en la actualidad es considerada como una medida importante en el pronóstico de padecimientos como insuficiencia cardiaca, cardiopatías congénitas cardiopatía isquémica, hipertensión pulmonar, tromboembolia pulmonar (5).

El conocimiento de los valores de función ventricular derecha en población mexicana por medio de ventriculografía SPECT y RMN es de gran utilidad para diversas patologías y evaluar de manera precisa a nuestra población del Instituto Nacional de Cardiología. Por lo que en este estudio uno de los datos más importantes obtenidos es la estimación de los valores de la función ventricular derecha en mujeres mexicanas con bajo riesgo de enfermedad cardiovascular por medio de ventriculografía SPECT y RMN; un dato importante es que en la literatura mundial la FEVD por resonancia magnética es de 49-72% (17,14,25) y que los valores promedio obtenidos en población mexicana en los sujetos estudiados es de 44.4% que es mas baja que la reportada, por lo que es posible que la FEVD en mexicanos se entre 35-55% +- 2DS aunque se requiere un muestra mayor para confirmar esto lo cual sería de utilidad para la evaluación clínica del ventrículo derecho, porque recientemente se demostró que por la morfología tan compleja del VD los volúmenes ventriculares, la fracción de expulsión del VD, la masa ventricular medida por RMN varia de manera significativa en grupos raciales, etnias, en ambos sexos en distintas partes del mundo e inclusive dependiendo de la edad ya que los pacientes de mayor de edad presentan un aumento de la fracción de expulsión del VD comparado con personas de menor edad, y dependiendo de las patologías que repercuten en la circulación derecha, por lo tanto es indispensable conocer de manera precisa los parámetros de función ventricular derecha en la población mexicana y establecer nuestros propias estimaciones en población de nuestro instituto ya que los artículos de referencia son de distintos grupos étnicos, razas. (25).

Los valores obtenidos por ventriculografía SPECT en nuestro grupo de estudio se encuentran dentro de los valores de referencia establecidos en la literatura

mundial (40- 69%) (18). Por lo que es posible que la fracción expulsión por ventriculografía SPECT en mexicanos es del 50% ( $\pm$  6.4%). Aunque se requiere una muestra mayor para confirmar esto.

Cuando de comparó la fracción de expulsión medida por resonancia magnética con la obtenida por ventriculografía SPECT no existió correlación con la FEVD ( $P = 0.60$ ) principalmente por porque los valores del VTSVD ( $P= 0.11$ ) no tuvieron una correlación significativa a diferencia de el VTDVD ( $P= 0.03$ ) que si lo tuvo, el resultado que se obtuvo es por que el VTSVD es mas difícil valorarlo ya que aunque el SPECT sea un método automático la exclusión de las aurículas puede sobrestimar e incluso dar valores que no son reales en las mediciones por medio de SPECT y no se correlaciono por lo tanto tampoco la FEVD.

La diferencia de la media de la FEVD entre los dos métodos es de 5% aunque no es mucha, la diferencia estadística fue porque si se evalúa a cada paciente de manera individual la FEVD varia hasta un 20% en algunos.

Sin embargo no se puede descartar el SPECT como método para la evaluación del ventrículo derecho ya que existen estudios comparándolo con ventriculografía de primer paso anteriormente como el estándar de referencia para medición FEVD y también con ventriculografía planar en donde existió correlación significativa por lo que se necesitan más estudios con mayor número de pacientes para confirmar esto. (26)

El desempeño diagnostico de este estudio para detectar una FEVD  $<45\%$  fue subóptimo, con una sensibilidad del 30%, especificidad del 85.7% , valor de predicción positiva del 60%, y negativa del 63.2%.

Una observación interesante es que los valores medidos con SPECT en comparación con RMN se sobreestimaron que es un dato que ya se conocía en publicaciones previas que probablemente se deba a la exclusión de las aurículas.

Una limitación de nuestro estudio es que todos los pacientes evaluados son mujeres y normalmente tiene corazones pequeños que puede ser un determinante para la medición de los volúmenes ventriculares, ya que los bordes no se delimitan de manera adecuada por medio de ventriculografía SPECT en comparación con la resonancia magnética que si delimita de manera precisa los bordes endocárdicos y epicárdicos. (26)

La correlación intraprueba fue alta por lo que los resultados obtenidos no se pueden explicar por las inconsistencias en las mediciones o su interpretación lo que hace mas sólidos los resultado obtenidos en nuestro estudio.

Es importante establecer en la población mexicana del instituto nacional de cardiología “Ignacio Chávez “ el valor normal de FEVD y volúmenes ventriculares por Ventriculografía SPECT y por resonancia magnética ya que es en la actualidad el estándar de referencia para estimar volúmenes cardiacos y función ventricular tanto en hombre como mujeres por lo que seria de gran utilidad para la toma de decisiones en la clínica.

## **CONCLUSIONES**

1. La fracción de expulsión del ventrículo derecho en mexicanos sin factor de riesgo cardiovascular medida por resonancia magnética es de 44.4% ( $\pm$  4.6%).
2. La fracción de expulsión del ventrículo derecho en mexicanos sin factor de riesgo cardiovascular medida por ventriculografía SPECT es de 50%. ( $\pm$  6.4%).
3. La RMN, y la ventriculografía SPECT muestran una buena correlación en la medición de VTDVD.
4. En comparación con RMN, la técnica SPECT no parece ofrecer estimaciones precisas de VTSVD ; y en consecuencia de FEVD en la población estudiada.
5. Existe una tendencia constante a sobreestimar estos valores hemodinámicos del ventrículo derecho mediante SPECT.

## REFERENCIAS.

1. Christian TF, Miller TD, Gibbons RJ: prevalence of normal resting left ventricular function with normal resting electrocardiograms. *Am cardiol* 1997, 79:1295-1298
2. Determination of right ventricular end systole by cardiovascular magnetic resonance imaging: a standard method of selection. *J Nucl Med.* 2001 Dec;42(12):1773-9.
3. Evaluating the systemic right ventricle by CMR: the importance of consistent and reproducible delineation of the cavity *Journal of Cardiovascular Magnetic Resonance* 2008.
4. LEE F: Hemodynamics of the right ventricle in normal and disease status. *Clin Chest Med* 1992; 10: 59-67.
5. Right Ventricular Function in Cardiovascular Disease, Part I François Haddad, MD; Sharon A. Hunt, MD; David N. Rosenthal, MD; Daniel J. Murphy, MD. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.107.653576
6. GRIGNOLA JC, GINES F: Mecánica del ventrículo derecho. *Actas de Fisiología* 2000; 6: 131-163
7. GRIGNOLA JC, PONTET J, VALLARINO M, GINES F: Own properties of the right ventricle cardiac cyclephases. *Rev Esp Cardiol* 1999; 52: 37-42.
8. ZARCO P. Diferencias hemodinámicas entre el ventrículo derecho e izquierdo. *Rev Esp Cardiol* 1999;52: 43-46:
9. Guías de la Sociedad Mexicana de Cardiología para la estratificación, diagnóstico y tratamiento de la tromboembolia pulmonar aguda. JERJES SÁNCHEZ C, ELIZALDE GONZÁLEZ J, SANDOVAL J, GUTIÉRREZ FAJARDO P, SEOANE GLM, RAMÍREZ RIVERA A, ET AL: *Arch Cardiol Mex* 2004; 74(Supl): S548-S555.
10. BORRAS FX: Análisis de la función del ventrículo derecho y su comportamiento en la enfermedad valvular cardíaca. *Rev Esp Cardiol* 1989; 42:673-83
11. RIBEIRO A, LINDMARKER P, JOHNSON H, JUHLINDANNFELT A, JORFELDT L: Pulmonary embolism: A follow-up study of the relation between the degree of right ventricle overload and the extent of perfusion defects. *J Intern Med* 1999; 245: 601-10.
12. SCHOEPP UJ, GOLDBERGER SZ, COSTELLO P: Spiral computed tomography for acute pulmonary embolism. *Circulation* 2004; 109: 2106-07.
13. TISCHIER M, NIGGEL J, BATTLE R, FAIRBANK J, BROWN K: Validation of global and segmental left ventricular contractile function using gated planar technetium-99m sestamibi myocardial perfusion imaging. *J Am Coll Cardiol* 1994; 23: 141-145
14. . Normal Human Left and Right Ventricular and Left Atrial Dimensions Using Steady State Free Precession Magnetic Resonance Imaging Lucy E. Hudsmith a; Steffen E. Petersen a; Jane M. Francis a; Matthew D. Robson a; Stefan Neubauer a *Journal of Cardiovascular Magnetic Resonance* (2005) 7, 775–782
15. Imagenología invasiva cardiovascular clínica. David Bialostoký Krivchesky. Permanger 2009..
16. Wallis GW, Miller TR: Three dimensional display in nuclear medicine and radiology. *J Nucl Med* 1991; 32:534-546.

17. Automatic quantification of right ventricular function with gated blood pool SPECT. *J Nucl Cardiol*. 2004 May-Jun;11(3):242-4.
- 18 Right-sided cardiac function in healthy volunteers measured by first-pass radionuclide ventriculography and gated bloodpool SPECT: comparison with cine MRI Andreas Kjær<sup>1,2</sup>, Anne-Mette Lebech<sup>3</sup>, Birger Hesse<sup>1</sup> and Claus Leth Petersen *Clin Physiol Funct Imaging* (2005) 25, pp344–349
19. DEPUEY E, ROZANSKI A: Using gated technetium-99m sestamibi SPECT to characterize fixed defects as infarct or artifact. *J Nucl Med* 1995; 36: 952-955.
20. Magnetic Resonance Imaging of Acquired Cardiac Disease Iblunie.2.3, Numbei-2, 1996 (Tex Heart Inst J 1996;23:144-54)
21. La resonancia magnética cardíaca: Un excelente complemento para la ecocardiografía. Dra. Mónica Hinrichsen *Cardiología Infantil, Hospital Luís Calvo Mackenna Rev Chil Cardiol* 2009; 28: 205-207
22. ITCHAPORIA D, CERQUEIRA MD: New agents and new techniques in nuclear cardiology. *Curr Op Cardiol* 1995;10(6): 650-655.
23. Society for Cardiovascular Magnetic Resonance guidelines for reporting cardiovascular magnetic resonance examinations W Gregory Hundley<sup>\*1</sup>, David Bluemke<sup>2</sup>, Jan G Bogaert<sup>3</sup>. *Journal of Cardiovascular Magnetic Resonance* 2009, 11:5
24. REDINGTON AN: Right ventricular function. *Cardiol Clin* 2002; 20: 23
25. Sex and Race Differences in Right Ventricular Structure and Function: the Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis\_ Right Ventricle Study Johnson, Richard A. Kronmal and David A. *Circulation* 2011;123;2542-2551
26. Reproducibilidad de Fracción de Eyección Biventricular con Método Planar Manual y Automático SPECT en Ventriculografía de Equilibrio con Tc<sup>99m</sup>-Glóbulos Rojos. *Journal Alasbimn* Year 9, Number 35, January 2007