



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DE AGUASCALIENTES



HOSPITAL CARDIOLÓGICA AGUASCALIENTES  
CENTRO DE CIENCIAS DE LA SALUD

**LA DISFUNCIÓN MIOCÁRDICA INTRÍNSECA POR STRAIN  
EN PACIENTES CON HIPERTROFIA CONCÉNTRICA**

**TESIS**

**PRESENTADA POR**

**Enrique Antonio Manjarrez González**

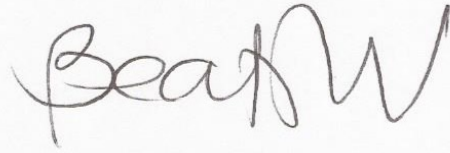
**PARA OBTENER EL GRADO DE ESPECIALIDAD EN ECOCARDIOGRAFÍA EN  
ADULTOS**

**ASESOR (ES)**

**Dra. Beatriz López Viramontes**

**Dr. Javier Góngora Ortega**

**Aguascalientes, Ags, 8 de enero de 2018**

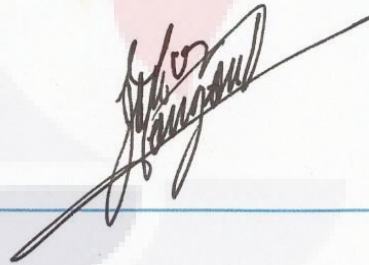


---

DRA. BEATRIZ LOPEZ VIRAMONTES

ASESOR CLINICO

PROFESOR TITULAR DE ECOCARDIOGRAFIA ADULTOS



---

DR JAVIER GONGORA ORTEGA

ASESOR DE METODOLOGIA DE INVESTIGACION



**ISSEA**

SECRETARÍA DE SALUD DEL ESTADO

**COMITÉ LOCAL DE INVESTIGACIÓN**

**AGUASCALIENTES, AGS. 24 DE OCTUBRE DEL 2017**

**A QUIEN CORRESPONDA:**

EL COMITÉ ESTATAL DE INVESTIGACIÓN EN SALUD, BASADO EN LOS ESTATUTOS CONTENIDOS EN EL MANUAL DE INVESTIGACIÓN EN SALUD, HA TENIDO A BIEN REVISAR EL PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN INTITULADO.

**“LA DISFUNCION MIOCARDICA INTRINSECA POR STRAIN EN PACIENTES CON HIPERTROFIA CONCENTRICA”**

OTORGANDO EL DICTAMEN DE **“ACEPTADO”** NÚMERO DE REGISTRO: **024 ISSEA-024/17**

**INVESTIGADOR (S) DE PROYECTO:**

Enrique Antonio Manjarrez González

**LUGAR DE DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN:**

Hospital Cardiológica Aguascalientes

**TIPO DE INVESTIGACIÓN:**

Investigación para Obtención de Alta Especialidad en Ecocardiografía Adultos.

**ASESOR (S) DE INVESTIGACIÓN:**

Dra. Beatriz López Viramontes

Dr. Javier Góngora Ortega

ESPERANDO QUE ESTE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN REDUNDE EN BENEFICIO A NUESTRA POBLACIÓN, QUEDAMOS A SUS ÓRDENES.

**ATENTAMENTE:**

**DR. JAVIER GÓNGORA ORTEGA, MCM**  
**SECRETARIO TÉCNICO**  
C.C.P.- ARCHIVO



**UNIDAD**  
**DE INVESTIGACION**  
**ISEA** **EN SALUD**





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DE AGUASCALIENTES

ENRIQUE ANTONIO MANJARREZ GONZÁLEZ  
ESPECIALIDAD EN ECOCARDIOGRAFÍA EN ADULTOS  
P R E S E N T E

Por medio de la presente se le informa que en cumplimiento de lo establecido en el Reglamento General de Docencia en el Capítulo XVI y una vez que su trabajo de tesis titulado:

**“LA DISFUNCIÓN MIOCÁRDICA INTRÍNSECA POR STRAIN EN PACIENTES CON HIPERTROFIA CONCÉNTRICA”**

Ha sido revisado y aprobado por su tutor y consejo académico, se autoriza continuar con los trámites de titulación para obtener el grado de:  
**Especialista en Ecocardiografía en Adultos**

Sin otro particular por el momento me despido enviando a usted un cordial saludo.

ATENTAMENTE  
“SE LUMEN PROFERRE”

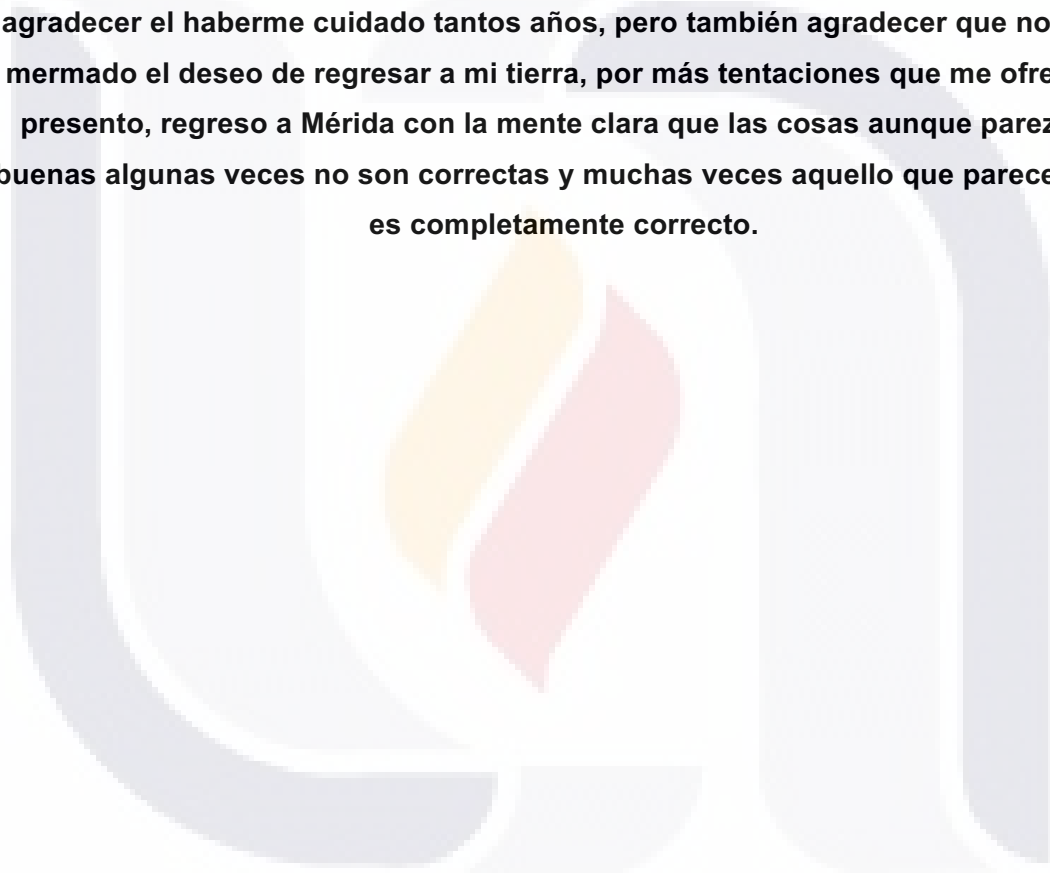
Aguascalientes, Ags., a 17 de Noviembre de 2017.

DR. JORGE PRIETO MACÍA  
DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS DE LA SALUD

c.c.p. M. en C. E. A. Imelda Jiménez García / Jefa de Departamento de Control Escolar  
c.c.p. Archivo

## AGRADECIMIENTOS

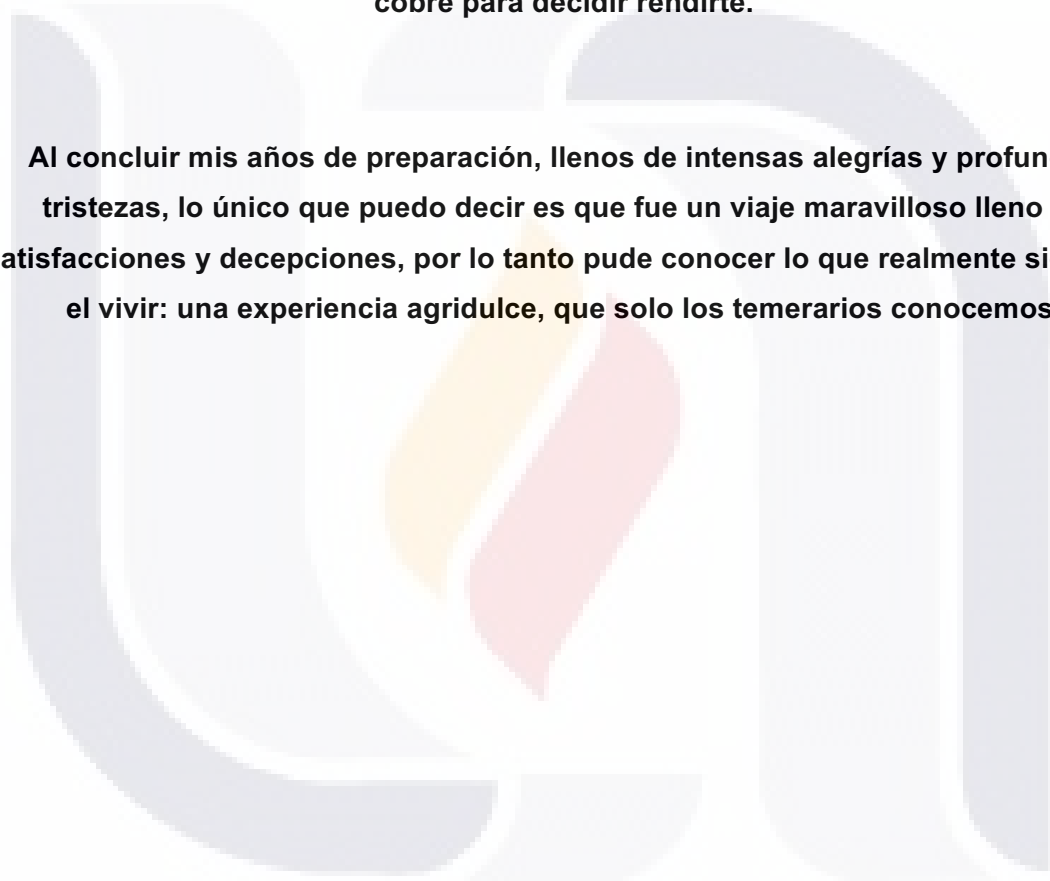
**Para Aguascalientes, que me recibió siendo licenciado en medicina, devolviéndome a Yucatán como cardiólogo ecocardiografista y maestro en educación, claramente puedo decir que tiene tantos contrastes en su gente que únicamente le puedo agradecer el haberme cuidado tantos años, pero también agradecer que no haya mermado el deseo de regresar a mi tierra, por más tentaciones que me ofreció y presento, regreso a Mérida con la mente clara que las cosas aunque parezcan buenas algunas veces no son correctas y muchas veces aquello que parece malo es completamente correcto.**



## **DEDICATORIA**

**A la vida la cual es una lucha constante que te pone a prueba, te hace hincar ante las más terribles batallas, pero solo conociendo el fondo de tu dignidad conoces también de que esta hecho tu espíritu, si es de oro para poder levantarte o si es de cobre para decidir rendirte.**

**Al concluir mis años de preparación, llenos de intensas alegrías y profundas tristezas, lo único que puedo decir es que fue un viaje maravilloso lleno de satisfacciones y decepciones, por lo tanto pude conocer lo que realmente significa el vivir: una experiencia agridulce, que solo los temerarios conocemos.**



## INDICE GENERAL

INDICE GENERAL.....	1
INDICE DE TABLAS.....	3
INDICE DE GRAFICOS .....	4
INDICE DE FIGURAS .....	5
ACRONIMOS .....	6
RESUMEN.....	7
ABSTRACT.....	9
INTRODUCCIÓN.....	11
1. MARCO TEORICO.....	15
1.1 MARCO HISTORICO .....	18
1.2 MARCO CIENTIFICO.....	21
1.3 MARCO CONCEPTUAL.....	24
1.4 MARCO NORMATIVO.....	25
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	26
2.1 PREGUNTA DE INVESTIGACION .....	27
3 HIPOTESIS .....	28
4 MATERIALES Y METODOS.....	29
4.1 TIPO, DISEÑO Y CARACTERÍSTICAS DEL ESTUDIO.....	29
4.2 CRITERIOS DE SELECCIÓN.....	29
4.3 Criterios de Inclusión:.....	29
4.4 Criterios de exclusión:.....	29
4.5 Criterios de eliminación:.....	29
4.6 UNIVERSO Y POBLACIÓN DE ESTUDIO .....	30

<b>4.7 MUESTREO Y TAMAÑO DE MUESTRA .....</b>	<b>30</b>
<b>4.8 CLASIFICACIÓN DE VARIABLES.....</b>	<b>31</b>
<b>4.9 DESCRIPCIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....</b>	<b>32</b>
<b>4.9.1 TECNICAS Y PROCEDIMIENTOS A EMPLEAR.....</b>	<b>33</b>
<b>5. ANALISIS ESTADISTICO.....</b>	<b>34</b>
<b>6. CONSIDERACIONES ETICAS.....</b>	<b>35</b>
<b>7. PLAN DE UTILIZACIÓN DE RESULTADOS:.....</b>	<b>36</b>
<b>8. RESULTADOS.....</b>	<b>37</b>
<b>9. DISCUSION.....</b>	<b>46</b>
<b>10. LIMITACIONES DEL ESTUDIO.....</b>	<b>47</b>
<b>11. CONCLUSIONES.....</b>	<b>48</b>
<b>12. APORTACIONES DEL ESTUDIO .....</b>	<b>49</b>
<b>13. SUGERENCIAS .....</b>	<b>50</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>51</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>56</b>
<b>A. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....</b>	<b>56</b>
<b>B ESQUEMAS PARA FILTRAR DATOS .....</b>	<b>57</b>



**INDICE DE TABLAS**

**TABLA 1.....41**

**STRAIN A4C**

**TABLA 2.....42**

**STRAIN A2C**

**TABLA 3.....42**

**STRAIN A3C**

**TABLA 4.....44**

**CONTINGENCIA RECuento DIABETES**

**TABLA 5.....44**

**CHI CUADRADA STRAIN GLOBAL CON DIABETES**

**TABLA 6.....45**

**CONTINGENCIA RECuento HIPERTENSION**

**TABLA 7.....45**

**CHI CUADRADA STRAIN GLOBAL CON HIPERTENSION**

**INDICE DE GRAFICOS**

<b>GRAFICA 1.....</b>	<b>38</b>
<b>DISTRIBUCION POR GENERO</b>	
<b>GRAFICA 2.....</b>	<b>38</b>
<b>DISTRIBUCION POR EDAD</b>	
<b>GRAFICA 3.....</b>	<b>39</b>
<b>PRESENCIA DE HIPERTENSION</b>	
<b>GRAFICA 4.....</b>	<b>39</b>
<b>PRESENCIA DE DIABETES</b>	
<b>GRAFICA 5.....</b>	<b>40</b>
<b>GROSOR RELATIVO DE LA PARED</b>	
<b>GRAFICA 6.....</b>	<b>40</b>
<b>PESO POR FORMULA DE DEVEREUX</b>	
<b>GRAFICA 7.....</b>	<b>41</b>
<b>PORCENTAJE DE FEVI POR SIMPSON MODIFICADO</b>	
<b>GRAFICA 8.....</b>	<b>43</b>
<b>STRAIN GLOBAL</b>	
<b>GRAFICA 9.....</b>	<b>43</b>
<b>PORCENTAJE DE STRAIN GLOBAL</b>	

**INDICE DE FIGURAS**

**FIGURA 1.....13**

**BANDA MIOCARDICA**

**FIGURA 2 ..... 14**

**DESENROLLAMIENTO DE BANDA MIOCARDICA**

**FIGURA 3 ..... 15**

**TORCION CIRCUNFERENCAL CARDIACA**

**FIGURA 4 ..... 17**

**STRAIN MIOCARDICO 2,3,4 CAMARAS Y GLOBAL**

**FIGURA 5 ..... 19**

**INDICE DE RENDIMIENTO MIOCARDICO**

**FIGURA 6 .....20**

**CALCULO DE LA dp/dt**

**FIGURA 7.....21**

**REPRESENTACION DEL SPECKLE**

**FIGURA 8.....23**

**TORSION VENTRICULAR**

## **ACRONIMOS**

**DIDVI: DIAMETRO INTERNO EN DIASTOLE DEL VENTRICULO IZQUIERDO**

**DM: DIABETES MELLITUS**

**ECV: ENFERMEDAD CARDIOVASCULAR**

**FEVI: FRACCION DE EYECCION DEL VENTRICULO IZQUIERDO**

**FRCV: FACTOR DE RIESGO CARDIOVASCULAR**

**HTA: HIPERTENSION ARTERIAL**

**OMS: ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD**

**PP: PARED POSTERIOR**

**SIV: SEPTUM INTERVENTRICULAR**

**VTDVI: VOLUMEN TELEDIASTOLICO DEL VENTRICULO IZQUIERDO**

**VTSVI: VOLUMEN TELESISTOLICO DEL VENTRICULO IZQUIERDO**

## RESUMEN

**Introducción:** La enfermedad arterial coronaria como causa de mortalidad y morbilidad en México, ocupa el primer lugar general. El estudio del Speckle tracking como predictor de la disfunción miocárdica intrínseca ha sido utilizado desde hace un par de lustros debido a lo reciente de su desarrollo, lo anterior repercute en la capacidad para poder predecir la presencia de insuficiencia cardiaca en pacientes que presentan una FEVI normal. En muchos centros médicos hoy en día se cuenta con equipo de ecocardiografía, mismo que tiene el software que puede realizar el estudio de Strain miocárdico, motivo por el cual es de suma importancia documentar dicha anomalía para poder determinar el riesgo de morbilidad del paciente y guiar el mejor tratamiento para el mismo.

**Objetivo:** Determinar la concordancia entre la realización de FEVI por método de Simpson modificado y el Strain miocárdico por Speckle Tracking para documentar la disfunción miocárdica intrínseca en pacientes con hipertrofia concéntrica.

**Materiales y Métodos:** Realizamos un estudio transversal, observacional, descriptivo, retrospectivo que incluyo a 51 pacientes que acudieron al gabinete de ecocardiografía en el “Hospital Cardiológica Aguascalientes”. De los pacientes incluidos en el estudio, se seleccionó por medio de la fórmula de Devereux para corroborar hipertrofia concéntrica, así como presencia de comorbilidad que implica factor de riesgo cardiovascular mayor como diabetes mellitus e hipertensión, del banco de videos del ecocardiograma iE33, se corrió el software de Strain miocárdico por método de Speckle Tracking para documentar un Strain anómalo de los mismos pacientes con presencia de fracción de eyección normal.

El análisis estadístico se realizó con el programa estadístico SPSS V21.0 para Windows, para el análisis descriptivo utilizamos media, desviación estándar, frecuencias y porcentajes. Para la correlación utilizamos chi cuadrada, determinamos la significancia estadística con un valor de  $P < 0.05$

La distribución por genero de 55% mujeres y de 45% hombres, siendo el paciente de mejor edad de 24 años, y el de mayor edad de 89 años, todos los anteriores reunían los criterios de hipertrofia concéntrica por formula de Devereux.

**Resultados:** Luego de revisar el Strain miocárdico por Speckle Tracking de 51 pacientes del universo estudiado, se realizó la comparación del mismo con los resultados arrojados por la FEVI por método Simpson, se informó la presencia de discordancia en el 67% de los pacientes, así como presencia de significancia para la comorbilidad de diabetes mellitus por el valor de chi cuadrada de  $P=0.029$ , no encontrando significancia estadística para el factor de riesgo cardiovascular mayor hipertensión, siendo su valor  $P=0.153$ .

**Conclusión:** Dentro de los hallazgos encontramos que la frecuencia de anomalías en el Speckle Tracking en pacientes con FEVI normal, es alto debido a que el 67% del universo presento discordancia a pesar de contar con una contractilidad normal, sin embargo a pesar de que la literatura apoya la presencia de disfunción miocárdica intrínseca en pacientes hipertensos descontrolados lo cual se refleja ecocardiográficamente por la presencia de hipertrofia concéntrica, no pudimos corroborar lo anterior en el presente estudio, encontrando si su correlación significativa en pacientes diabéticos, para lo cual tiene un valor estadístico adecuado para implementar dicha estrategia en beneficio de los pacientes.



## ABSTRACT

**Introduction:** Coronary artery disease as a cause of mortality and morbidity in México, ranks as the general first place. The study by Speckle Tracking as a predictor of the intrinsic myocardial dysfunction has been used since a couple lustrum despite of its recent development, the previous has an effect on the capability to predict the presence of heart failure in patients with normal ejection fraction. Many medical centers have an echocardiogram equipment that already has the myocardial strain software, a reason why is so important to document such an anomaly to determine the risk of morbidity of the patient and to guide a better treatment.

**Objective:** Determine the concordance between the performing of the left ventricular ejection fraction by modified Simpson and the myocardial strain by Speckle Tracking to document the intrinsic myocardial dysfunction in patients with concentric hypertrophic.

**Material and Methods:** We performed a transversal, observational, retrospective, descriptive study which included 51 patients that went to the echocardiogram laboratory in "Hospital Cardiológica Aguascalientes". From the patients included in the study, the Devereux formula was used to confirm concentric hypertrophy, as the presence of a comorbidity which implicates a major cardiovascular risk like hypertension or diabetes mellitus, from the bank of registry of the iE33 echocardiogram, we used the myocardial strain software by Speckle Tracking method to document an abnormal strain from the same patients with normal ejection fraction.

The statistical analysis performed with the statistic program SPSS v21.0 for Windows, for the descriptive analysis we used media, standard deviation, frequencies and percentages. For the correlation we used square chi. We determined as statistical significance with a value of  $P=0.05$

The gender was 55% women and 45% men, the younger patient was 24 years old and the oldest was 89 years old. Everybody has the criteria for concentric hypertrophy by Devereux formula.

**Results:** After checking on myocardial strain by Speckle Tracking from the 51 patients of the universe studied, the comparison performed with the previous left ventricular ejection fraction, done by Simpson method, it was informed the presence of discordance in 67% of the patients, and the presence of the significance in the comorbidity diabetes mellitus for the result of a square chi  $P=0.029$ , we did not find statistical significance with the major cardiovascular factor of hypertension being its value  $P=0.153$ .

**Conclusion:** From the finding, we found that the frequency of anomalies by Speckle Tracking in patients with normal left ventricular ejection fraction, which is high because of the 67% of the universe, had a discordance despite of having a normal ejection fraction. Nevertheless, the literature supports the presence of intrinsic myocardial dysfunction in decontrolled hypertensive patients, which reflects by echocardiogram the presence of concentric hypertrophy we could not corroborated the previous in the present study, we did find a significance correlation in diabetic patients having a statistical value to perform such strategy resulting in great value for the patient.

## INTRODUCCIÓN.

La descripción de las enfermedades cardiovasculares inicia desde la antigüedad, sin embargo, crear un conocimiento profundo sobre sus mecanismos de acción y causales no ha sido nada fácil. Es gracias al trabajo de numerosos estudios y el análisis de incontables poblaciones que ha podido desentrañarse toda esta información.<sup>1</sup>

El gran avance técnico y científico realizado por la humanidad en el siglo XXI nos ha llevado a entender de manera mucho más precisa a las enfermedades cardiovasculares, gracias a recursos como el electrocardiograma, ecocardiograma, procedimientos de intervencionismo coronario y cirugía cardiovascular, entre otros. Sin embargo, a pesar de los gigantescos avances científicos, podemos decir que, es en el mismo siglo XXI donde se presenta el pico de incidencia y mortalidad por enfermedades cardiovasculares, así como las secuelas de múltiples patologías.<sup>2</sup> Tres son las grandes pandemias que marcan este periodo de tiempo: la hipertensión arterial, la del tabaquismo y de la obesidad (con su consecuente hiperlipidemia y/o hiperglicemias).<sup>2</sup> Estas tres patologías y sus desencadenantes, han incrementado la aparición de enfermedades cardiovasculares, siendo principalmente manifiesta la cardiopatía isquémica, con tal trascendencia que desplazó y sobrepasó los estragos sociales producidos por la fiebre reumática, que en el siglo XX fue sustituida del primer lugar dentro de las enfermedades cardíacas.<sup>3</sup>

La enfermedad cardiovascular ocupa el primer lugar como causa de mortalidad general en México en el año 2016. De igual forma se calcula que en 2015 murieron por esta causa 20 millones de personas, lo cual representa un 34% de todas las muertes registradas en el mundo. De estas muertes, 7.8 millones se debieron a la cardiopatía coronaria y 6,9 millones, a los accidentes vasculares cerebrales.<sup>1</sup>

Si bien los estudios epidemiológicos indican que cerca de la mitad de los pacientes que presentan insuficiencia cardíaca presentan fracción de eyección preservada, se tiene información que el porcentaje de estos pacientes varían entre el 24% al 55%, anteriormente se pensaba que la supervivencia de los pacientes con insuficiencia cardíaca y fracción de eyección preservada era mejor que los pacientes con fracción de eyección reducida, pero la evidencia reciente indica que la mortalidad es similar.<sup>4</sup>

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

Más de tres cuartas partes de las defunciones por ECV se producen en los países de ingresos bajos y medios, dentro del cual se encuentra el nuestro, ya que mantenemos un índice de desarrollo humano medio-alto, lo que nos ubica de manera persistente en países en vías de desarrollo a pesar de los grandes esfuerzos que el gobierno y la sociedad han realizado para fomentar el cuidado de la salud que es uno de las variables para poder incrementar este índice, motivo por el cual afecta de manera directa en la prevención primaria que repercute en la calidad de vida de nuestra población.<sup>5</sup>

El grado de afectación del ventrículo izquierdo es un determinante importante a corto y largo plazo para poder predecir el pronóstico de los pacientes. Es por eso que el tratamiento actual va dirigido a la pronta identificación y atención del daño a dicho nivel, pues queda aclarado que la prevención en la potencial afección del miocardio y de sus vasos tanto pequeños como de las coronarias, repercute en la capacidad contráctil de dicha estructura.<sup>6</sup> Las múltiples técnicas que presenta el ecocardiógrafo en la predicción de afección de la relajación miocárdica, así como la fracción de eyección del ventrículo izquierdo y su deformación tanto por Strain y el tiempo de deformación por Strain rate, apoya en gran medida a los cardiólogos clínicos en la actualidad para tomar decisiones importantes en la terapéutica de los pacientes afectados de hipertensión o diabetes mellitus.<sup>6</sup>

En el caso del Strain por Speckle Tracking, la capacidad de identificación de una FEVI reducida en contexto de una FEVI normal por método de Simpson ha demostrado ser un método eficaz en la reducción complicaciones a largo plazo, la preservación de la función ventricular y el mejorar la sobrevida<sup>7</sup>. Sin embargo, el desconocimiento de las ventajas en la comparación de estas dos técnicas repercute en la sobrevida y pronóstico de los pacientes al no contar con las armas necesarias para prevenir la disfunción sistólica de los pacientes con las patologías predominantes en nuestro medio y que actualmente son considerados factores de riesgo cardiovasculares.<sup>8</sup> En el análisis de la fisiopatología de la enfermedad y lo anterior descrito, nos dará la pauta para poder conocer de antemano el riesgo que de manera individualizada contara cada paciente para una disfunción sistólica a mediano plazo en caso de no tratar sus factores de riesgo y las patologías que conlleva a dicha disfunción.<sup>9</sup>

Desde hace un lustro, tenemos la oportunidad de predecir mediante el ecocardiograma cual es la región miocárdica afectada en la capacidad contráctil, primero mediante doppler tisular y posteriormente mediante el Speckle Tracking, esto en el contexto de pacientes tanto diabéticos como hipertensos.<sup>9-10</sup>

Es ampliamente conocido que mediante el desplegamiento progresivo de la banda miocárdica, se encuentra una disposición helicoidal de las fibras miocárdicas en el ventrículo izquierdo, esto incluso consagrado como un hecho hace más de 500 años, y claro, confirmado hace unas pocas décadas con el advenimiento de nuevas técnicas de imagen como la ecocardiografía, resonancia magnética cardiaca, etc., que se ha comenzado a comprender plenamente la compleja disposición espacial de las fibras musculares ventriculares.<sup>11</sup>

Estas observaciones anatómicas y funcionales concuerdan con la teoría de la banda miocárdica propuesta por el Dr. Torrent-Guasp en los años sesenta, y que tienen una importancia crucial en la mecánica ventricular, esto se resumía la arquitectura de las fibras miocárdicas en una banda muscular dispuesta en un doble bucle, en espiral, de manera que la variación en el volumen ventricular se debe a los diversos movimientos de torsión que se producen.<sup>12</sup>

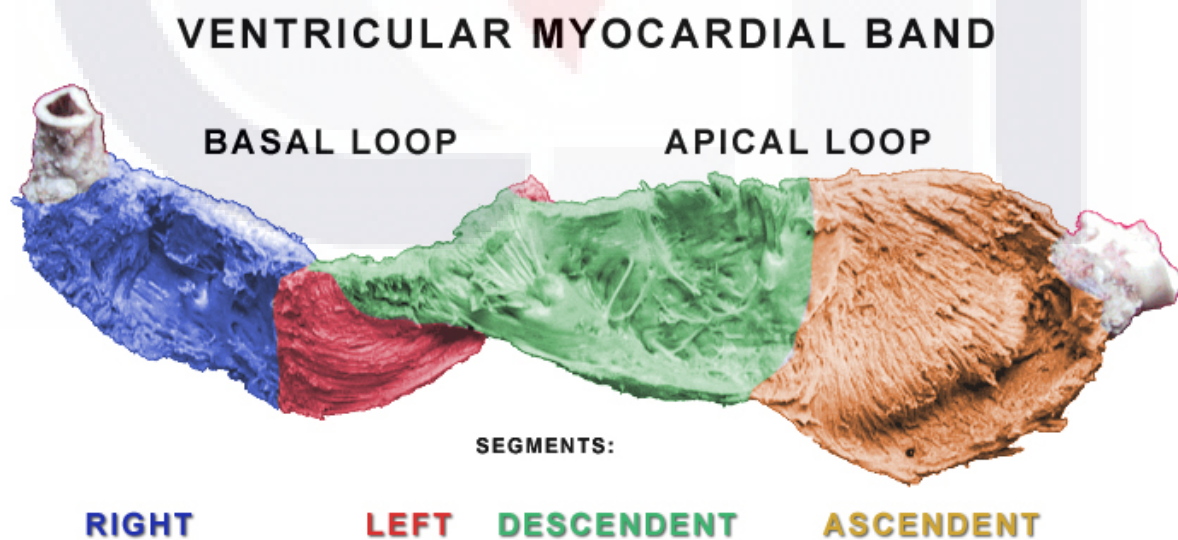


FIG 1. Banda miocárdica. Ecocardiografía de Feigenbaum

Internamente, se ha visto que la disposición estructural de miofibrillas del ventrículo izquierdo cambia de una forma de hélice dirigida hacia la derecha en el subendocardio a una hélice dirigida hacia la izquierda, en el subepicardio. La activación eléctrica y la deformación mecánica, se propagan en dirección ápico-basal y endo-epicárdica, sincronizando las diversas capas en un sistema mecánico sinérgico. La energía empleada para la sístole no se utiliza solo para la eyección sino también para conseguir un torque de las fibras subendocárdicas.<sup>13-14</sup>

En la fase diastólica, la energía potencial de las fibras subendocárdicas contraídas se libera y a modo de fuelle, facilita una rápida disminución de la presión dentro del ventrículo izquierdo, lo que promueve un fenómeno de succión activa en la diástole ventricular temprana. Así en sujetos sanos, el ápex realiza una rotación horaria, en la fase de contracción isovolumétrica, durante la fase eyectiva el ápex rota de manera anti horaria mientras que la base lo hace de forma horaria (mirando el corazón dese la punta).<sup>14</sup>

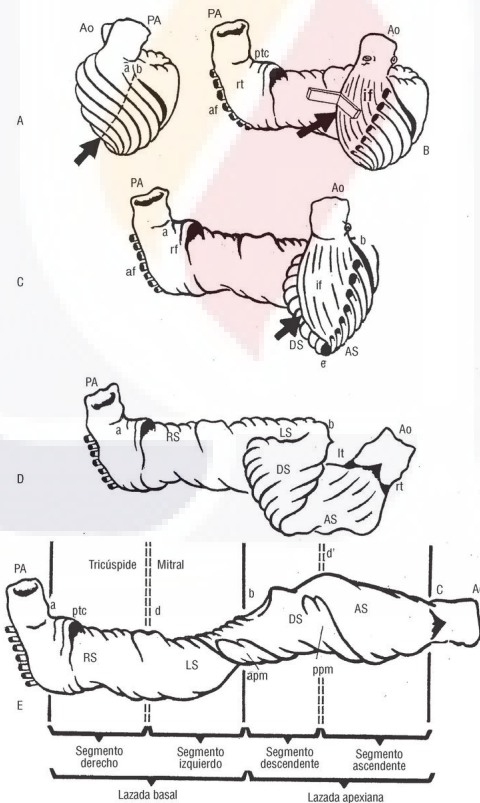


FIG 2. Desenrollamiento banda miocárdica. Ecocardiografía de Cabrera



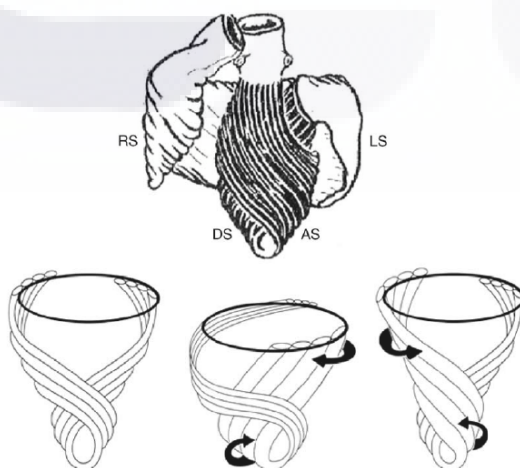
## 1. MARCO TEORICO.

La cardiopatía y la hipertensión arterial sistémica tiene una prevalencia mundial alta, nuestro país no es la excepción. La incidencia de diabetes, hipertensión, dislipidemia, así como nuestros pocos hábitos saludables, nos sentencia a un incremento de manera progresiva en las tasas de incidencia de cardiopatía isquemia y disfunción sistólica consecuente.<sup>15</sup>

Un partcipe clave para el tratamiento de la hipertensión arterial sistémica es la ecocardiografía<sup>16</sup> Alrededor de 1,3 millones de personas son sometidas a ecocardiograma en los Estados Unidos cada año y entre el 6 al 32% de ellos puede presentar durante el estudio, hallazgos de FEVI normal o limítrofe así como trastornos de la relajacion.<sup>17</sup> En nuestro país no contamos con estadísticas al respecto.

Antes de realizar el ecocardiograma, se puede predecir de manera subjetiva la probabilidad de contar con hipertrofia de la pared inferolateral o anteroseptal, como consecuencia de la falta de apego farmacológico al control de la hipertensión arterial, descontrol hipertensivo refractario a tratamiento o la presencia de diabetes mellitus descontrolada acompañado de obesidad.<sup>17</sup>

Después de varios lustros de estudio, los mecanismos fisiológicos exactos que subyacen, a la torsión circunferencial, longitudinal y radial siguen siendo un campo de investigación activa y genera cierta controversia respecto a su aportación conforme a la fracción de eyeccion.<sup>17</sup>



**FIG. 3.** Torsión circunferencial cardíaca. Ecocardiografía de Cabrera

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

Para explicar la función mecánica del miocardio, se tendrá que definir ciertos conceptos generales, que expliquen las propiedades contráctiles del miocardio, tal como la deformación como una magnitud adimensional que representa el cambio fraccional o porcentual de una dimensión respecto al tamaño original, ya que en ecocardiografía el alargamiento y adelgazamiento se presentan como Strain positivo, mientras que el acortamiento y engrosamiento transmural lo hacen como Strain negativos, usualmente expresado en porcentaje, simplificando lo anterior, se distinguen tres tipos generales.<sup>18-19</sup>

Longitudinal: movimiento de la base al ápex, y se valora en los ejes apicales

Radial: contracción en el eje corto, perpendicular tanto al eje largo como al epicardio, representando el engrosamiento o adelgazamiento miocárdico.

Circunferencial: se define como el cambio del radio, en el eje corto, perpendicular a los ejes radiales y longitudinales.

El Strain rate, es una tasa de deformación, o velocidad de deformación, es Strain por unidad de tiempo, es decir la derivada temporal del Strain, su unidad de medición es segundos, el Strain global, genera el concepto acumulado en las tres vistas principales en la que se valora la deformación miocárdica, siendo que el Speckle es una imagen ecocardiográfica bidimensional en escala de grises, consistiendo en un patrón de manchas, como un fenómeno ultrasonográfico reflejado, con cada región del miocardio identificado como un patrón de manchas a modo de huella dactilar y por lo tanto irreplicable, permaneciendo estable de un fotograma a otro.<sup>19-20</sup>

Cuando todos los componentes de un objeto se mueven a la misma velocidad hay desplazamiento pero no deformación, en cambio si alguno de sus componentes se mueve a diferente velocidad el objeto se deforma, esto conduce a la idea de que medir simplemente el desplazamiento de la pared, no es capaz de diferenciar entre movimiento activo y pasivo, mientras que determinar el Strain si lo es.<sup>20</sup>

A finales de los años noventa, se introdujeron el Strain y el Strain rate, como método novedoso para analizar la función ventricular por ecocardiografía, de manera inicial se utilizó por doppler tisular, estos se pueden obtener mediante las proyecciones apical, dos, tres y cuatro cámaras, es importante saber que los datos adquiridos de manera primaria eran velocidades, siendo que una adquisición optima requiere una delineación clara de las

paredes miocárdicas, para poder distinguir las bien de las estructuras adyacentes, para poder detectar estos pequeños cambios en la velocidad es necesario emplear frame rates altos, siendo el mínimo recomendado 70 frames/s, aunque lo óptimo sería 200 frames/s, de igual forma es necesario limitar el ángulo de exploración colocando el transductor lo más paralelo posible al tejido a medir, no siendo asumible un ángulo superior a 20°. <sup>20-21</sup>

Sin embargo el advenimiento del Speckle Tracking para realizar el Strain, fue más efectivo y mucho más reproducible en la variabilidad inter observador, analizando los movimientos siguiendo los Speckles (marcadores acústicos) ventriculares de la imagen ultrasónica, comparando el patrón de distribución de estas manchas fotograma a fotograma, permitiendo reconstruir digitalmente su recorrido temporal y espacial, así el cambio de cada Speckle representa el movimiento local de los tejidos y conociendo el frame rate se puede estimar a partir de su desplazamiento la velocidad de dicho tejido, por lo anterior siendo posible calcular tanto el Strain como el Strain rate. <sup>21</sup>

La ventaja de este método es que emplea dos dimensiones, a lo largo de la pared ventricular y no solo a lo largo del haz de ultrasonido, por ello, es ángulo dependiente. Los ciclos 2D obtenidos desde la posición para esternal y apical se procesan posteriormente offline, requiriendo un solo ciclo cardíaco. <sup>21</sup>

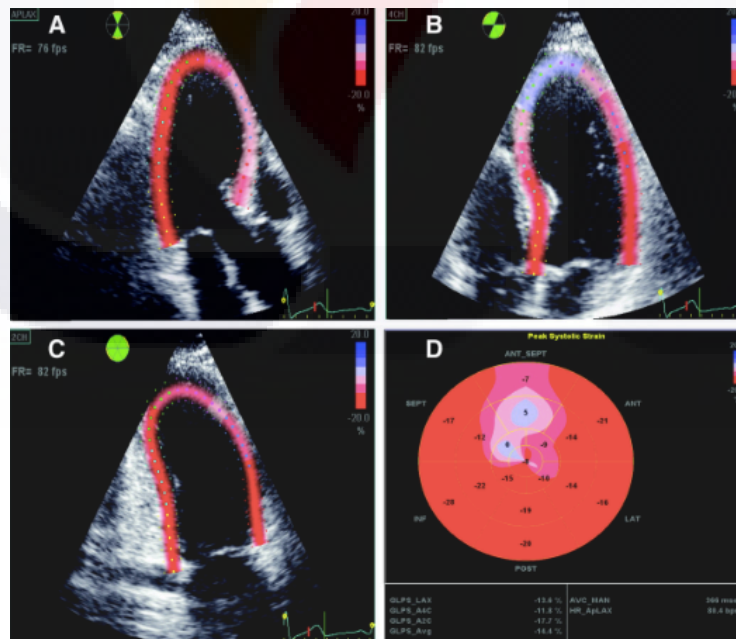


FIG. 4. Strain miocárdico 3 cámaras, 4 cámaras, 2 cámaras, global. Ecolab Cardiológica.

## 1.1 MARCO HISTORICO

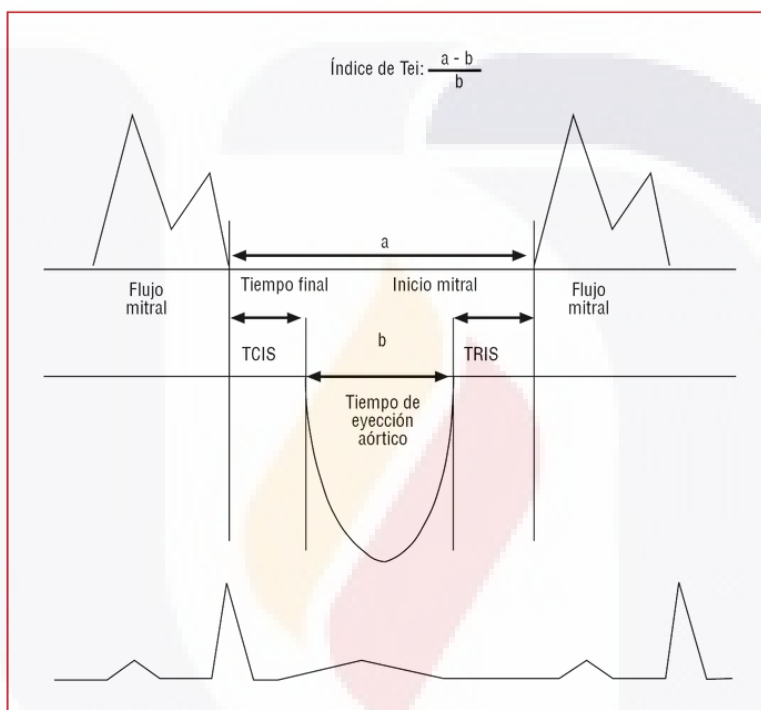
A pesar de la terapia óptima actual, los pacientes con enfermedad coronaria todavía sufren una importante mortalidad y morbilidad por insuficiencia cardiaca. Como ya hemos discutido la isquemia es un determinante importante para la evolución de la mortalidad, debido a lo anterior, más aun cuando el Strain puede documentar la presencia de isquemia en sus etapas iniciales.<sup>22</sup>

Para entender la importancia de la predicción de la FEVI de manera adecuada en los pacientes clínicamente asintomáticos, pero con alto riesgo de presencia de cardiopatía isquémica a futuro, tenemos que conocer el Strain de cada uno de los pacientes que se realizan ecocardiograma y no únicamente su fracción de eyección, ya que dicho método no predice la disfunción miocárdica inicial al no contar con la capacidad de seguir las manchas miocárdicas que son irremplazables, así como no migran durante la cardiopatía isquémica y únicamente se reduce la velocidad de torsión, esto nos da la oportunidad de conocer antes del inicio de síntomas o de hipocinesia global o segmentaria adquirida por método bidimensional, la probabilidad de disfunción sistólica miocárdica.<sup>23</sup>

Los médicos han utilizado los perfiles espectrales doppler para evaluar la función ventricular izquierda global desde principios de 1970. El primero conceptualmente más sencillo y probablemente aun uno de los métodos más utilizados en clínica para el seguimiento de la función ventricular izquierda con doppler consiste en evaluar la integral de velocidad-tiempo, en el tracto de salida del ventrículo izquierda o en la aorta ascendente. Básicamente, el principio es que si se conoce el área transversal del flujo entonces el producto del área transversal y la velocidad media del flujo será igual al volumen del flujo.<sup>23</sup>

Este método presenta varias fuentes de error, en primer lugar se supone un perfil de velocidad plano a través del área transversal del tracto de salida de la aorta. En realidad el perfil del flujo es parabólico y por lo tanto la velocidad media calculada con esta técnica podría no presentar la verdadera velocidad transversal.

Un índice de la función ventricular que es posible obtener con rapidez se calcula comparando el tiempo sistólico total entre el cierre y la apertura de la válvula mitral con el tiempo sistólico del flujo aórtico real. El índice de rendimiento miocárdico esencialmente divide los tiempos isovolumétricos totales por el tiempo de eyección, este índice conocido también como índice de Tei, combina las características de la función sistólica y diastólica y se correlaciona con la evolución en estados tanto isquémicos como no isquémicos.<sup>24-25</sup>

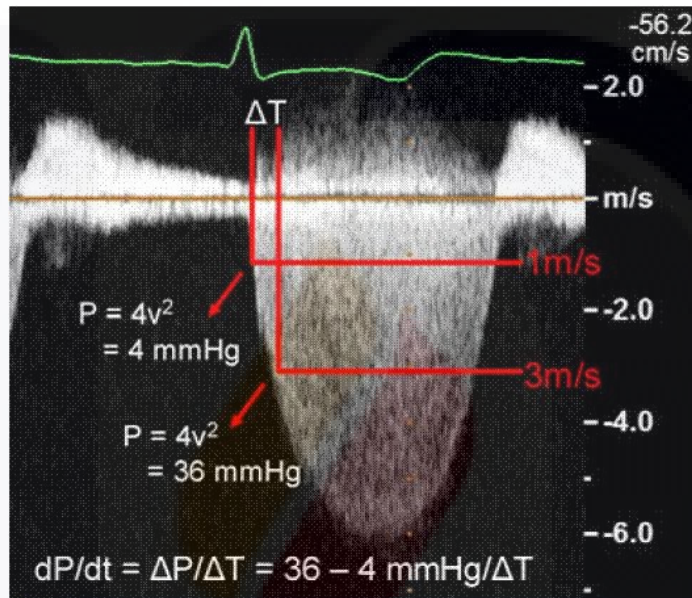


**FIG. 5.** Índice de rendimiento miocárdico. Ecocardiografía de Feigenbaum

Otro parámetro de la función global del ventrículo izquierdo es la dp/dt del ventrículo izquierdo, que ha sido durante mucho tiempo el cálculo estándar utilizando un catéter micrométrico de alta fidelidad en el laboratorio de hemodinámica. La dp/dt representa la velocidad del aumento de la presión dentro del ventrículo izquierdo. Si la medición se limita a la protosístole durante la contracción isovolumétrica, es una medida de la contractilidad ventricular relativamente dependiente de carga.<sup>25</sup>

Usando la presentación espectral de un chorro de insuficiencia mitral, es posible obtener una información similar sobre la velocidad de desarrollo de la presión en el ventrículo izquierdo, si esta medición se realiza en protosístole mientras el aumento de la presión

ventricular es menor que la presión en la aorta, será relativamente independiente de la carga, siendo que para su obtención se necesita el perfil espectral de la insuficiencia mitral, para su determinación se calcula la diferencia de tiempo en milisegundos desde el momento en que la velocidad es de 1m/s y de 3 m/s. El tiempo entre esos dos puntos representa el tiempo que se tarda para un cambio de presión de 32 mmHg en la cavidad ventricular izquierda. Entonces se calcula el dp/dt como  $dp/dt = 32 \text{ mmHg} / \text{tiempo (ms)}$ .<sup>26</sup>



**FIG. 6.** Calculo de la dp/dt, Ecolab Cardiológica

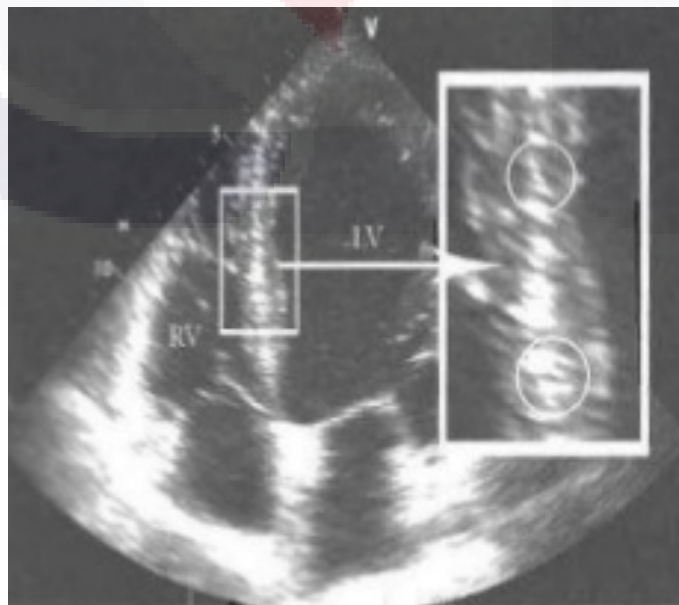
La amplia disponibilidad de Speckle Tracking ha abierto una amplia y sofisticada ventana para valorar la mecánica del ventrículo izquierdo, para este método la principal información que se obtiene es la velocidad del tejido, a partir de la cual se puede calcular la distancia o el desplazamiento, así como la deformación y la velocidad de deformación, este análisis puede ampliarse para incluir todo el perímetro del ventrículo izquierdo en el plano apical o en el eje corto. Siendo que estos parámetros de la función se calculan a partir del análisis del movimiento o de la velocidad en dos o más regiones del miocardio, a partir de las cuales se pueden estimar la deformación y otros parámetros más avanzados, la deformación puede calcularse en cualquiera de los tres planos ortogonales, representando la contracción longitudinal, circunferencial y radial.<sup>27</sup>



## 1.2 MARCO CIENTIFICO

El Speckle Tracking se ha desarrollado para analizar la velocidad de movimiento del miocardio mediante el seguimiento de las características del tejido o de los puntos ecorrefrigentes. La imagen del miocardio se crea a partir de una serie de dianas ecocardiográficas, cuyas características son prácticamente exclusivas de cada región específica de interrogación. El patrón de los puntos, que depende de la intensidad y del tamaño de cada minúscula diana reflectante, puede considerarse como una huella acústica propia de esa region.<sup>28</sup>

Se han desarrollado algoritmos para identificar las características específicas de los puntos de la ecografía y después de efectuar el seguimiento en el tiempo de la región del miocardio de interés, a partir del cual se pueden calcular la dirección y la velocidad del segmento del miocardio. Cuando se comparan simultáneamente dos regiones del miocardio, pueden determinarse la deformación y la velocidad de la deformación, de modo similar a como el doppler tisular determina la velocidad y el movimiento. Como el Speckle Tracking no se basa en el doppler, no depende del ángulo de incidencia. Evidentemente las características del ultrasonido en el tejido pueden deteriorarse en una región dada con la contracción y la deformación dentro del miocardio. El método de Speckle Tracking puede usarse para seguir el miocardio dentro de todo el campo de visión ecográfico y permite seguir la velocidad y la dirección del movimiento de la pared de forma simultánea en varios puntos.<sup>29</sup>



**FIG 7.** Representación del Speckle. Ecolab Cardiológica

El fundamento científico de la deformación representa el cambio de la velocidad entre dos puntos adyacentes, la deformación y la velocidad de deformación pueden calcularse por doppler tisular o con Speckle Tracking, y se presenta en multitud de formatos, en el Speckle tracking lo que se calcula es la localización de un segmento del miocardio aislado, y no la velocidad de un área de interés localizada en un punto fijo en el espacio.<sup>29</sup>

En tal caso el cálculo principal es el desplazamiento del tejido, y si se compara simultáneamente la localización de dos puntos, el principal parámetro que se obtiene es la deformación y no la velocidad de deformación, siendo lo anterior que se puede estimar a partir de los datos originales calculando el cambio en la localización con el tiempo (velocidad) de dos puntos adyacentes.

De igual forma los ecógrafos modernos permiten obtener datos tridimensionales del volumen completo mediante varios sub volúmenes o más recientemente con un barrido volumétrico completo a partir de lo cual se puede calcular el desplazamiento, la deformación y la velocidad de deformación en varios segmentos.

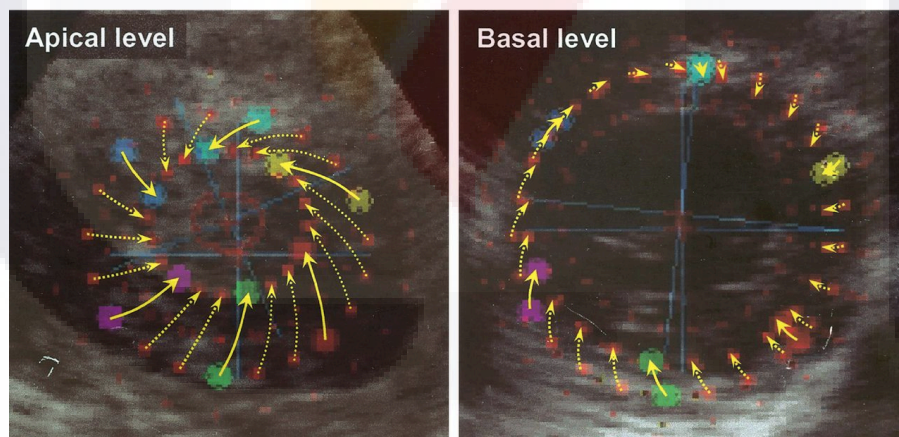
Hay que señalar que la deformación no es uniforme en todos los segmentos del miocardio, la velocidad y el desplazamiento del miocardio son graduales desde la base hacia el ápex, con los parámetros basales más altos que los apicales, por el contrario la deformación longitudinal, definida como un movimiento paralelo al eje largo, tiene menos variabilidad entre el ápex y la base, pero varía sustancialmente alrededor de la circunferencia del ventrículo izquierdo, con una mayor deformación en las paredes anterior y lateral, comparadas con la pared inferior y el tabique. La deformación longitudinal normalmente es en promedio del -20%, aproximadamente la mitad que la deformación radial normal.<sup>29-30</sup>

Esta falta de uniformidad probablemente esté relacionada con una combinación de factores como son la dependencia del ángulo con el doppler tisular, la longitud del segmento analizado y la incorporación de tejido anular o pericárdico a la región de interés.

Una limitación significativa del análisis de deformación o de la velocidad de deformación es la heterogeneidad de los valores normales dentro del miocardio, así como la variabilidad entre los pacientes, que hacen que los valores normales varíen ampliamente.<sup>30</sup>

La contracción normal es un procedimiento complejo, que implica la contracción de las fibras circunferenciales miocárdicas, en protosístole el ventrículo izquierdo rota en sentido horario (visto desde el ápex), y después la base del corazón continua en rotación horaria mientras el ápex gira en sentido anti horario. El resultado es un movimiento de retorcimiento del ventrículo en sístole, el grado de este retorcimiento del corazón varia con la edad y se altera en algunos estados patológicos, siendo que la perdida de este movimiento de retorcimiento normal puede ser un marcador precoz de la miocardiopatía preclínica.<sup>31</sup>

El movimiento del giro de corazón puede analizarse con Speckle tracking hibrido con el cual se demuestra claramente la rotación horaria de la base del corazón y la rotación anti horaria del ápex, la rotación del corazón se describe en grados y cuando se observa el miocardio normal presenta una rotación positiva en la base y negativa en el ápex, la diferencia entre ambas representa la rotación total, que dividiéndola por la distancia entre los dos segmentos analizados permite calcular la torsión definida como el giro en grados dividido por la distancia.<sup>32</sup>



**FIG. 8.** Torsión ventricular. Ecocardiografía de Cabrera.

### 1.3 MARCO CONCEPTUAL

**FACTOR DE RIESGO CARDIOVASCULAR:** Un factor de riesgo cardiovascular (FRCV) es una característica biológica o un hábito o estilo de vida que aumenta la probabilidad de padecer o de morir a causa de una enfermedad cardiovascular (ECV) en aquellos individuos que lo presentan. Los principales factores de riesgo pueden ser *no modificables* (edad, sexo, factores genéticos/historia familiar) o *modificables*, precisamente los de mayor interés, ya que en ellos cabe actuar de forma preventiva: hipertensión arterial (HTA), tabaquismo, hipercolesterolemia, diabetes mellitus (DM) y sobrepeso/obesidad (particularmente la obesidad abdominal o visceral), frecuentemente unidos a la inactividad física. Estos son los denominados *factores de riesgo mayores e independientes*, y son los que tienen una asociación más fuerte con la ECV, siendo muy frecuentes en la población.<sup>32,33.</sup>

**ISQUEMIA:** Trastorno circulatorio por el que se interrumpe el riego sanguíneo de un órgano o tejido. Proceso por el que se interrumpe la circulación sanguínea en algún sector o sectores de la red de vasos arteriales del organismo.

**FRACCION DE EYECCION DEL VENTRICULO IZQUIERDO:** Calculo del porcentaje de sangre expulsada por el corazón en relación con la cantidad de sangre que contiene, dando una indicación del estado del corazón en términos generales para corroborar tanto la movilidad parietal así como la excursión endocárdica.

**FORMULA DE SIMPSON PARA FEVI:** Se basa en que el volumen del ventrículo izquierdo es igual a la suma de los volúmenes de diferentes discos contiguos perpendiculares al eje mayor del ventrículo izquierdo que ocupan la cavidad ventricular completa siendo que los límites endocárdicos del ventrículo izquierdo al final de la sístole y la diástole y su eje mayor deben trazarse manualmente.

**SPECKLE TRACKING:** Deformación de la cámara ventricular, medida por motas o manchas distribuidas de manera específica en el miocardio, mismas que tienen un patrón único e inintercambiable por medio del cual se puede medir la deformación y el margen de deformación para configurar la fracción de eyección o anomalías de motilidad parietal.

**DISFUNCION MIOCARDICA INTRINSECA:** incapacidad para que el miocardio se contraiga de manera normal, generalmente debido al alterado comportamiento de por lo menos uno de los siguientes tres sistemas: excitación-acoplamiento, mecanismos de reserva contráctil y maquina contráctil contenida en el sarcómero.

**FORMULA DE DEVEREUX:** Calculo de la masa miocárdica por método lineal, utilizando las constantes de diámetro diastólico, grosor de la pared interventricular, grosor de la pared inferolateral, al cubo, restando el diámetro diastólico del ventrículo izquierdo al cubo, sumando 3 constantes.

**GROSOR PARIETAL RELATIVO:** Espesor de la pared con la dimensión del ventrículo izquierdo en diástole así como el diámetro de la pared inferolateral.

#### **1.4 MARCO NORMATIVO.**

En México, no existe un estudio previo al actual, sobre la predicción de Strain y su comparación en pacientes sometidos a método Simpson para predecir FEVI, sin embargo se cuentan tanto con el personal humano y los métodos científicos y técnicos adecuados para poder hacer un comparativo de los dos métodos que valoran la capacidad contráctil del ventrículo izquierdo, por lo anterior no se encuentra una base científica lo suficientemente amplia para poder hacer un estudio deductivo de esta índole en nuestro país, siendo que la hipertensión y la diabetes ocupan las primer causa de mortalidad a nivel nacional, es de importancia primordial conocer y difundir este tipo de análisis ecocardiográfico, siendo que es de las armas más extendidas en los hospitales de nuestra nación, por su coste económico y accesibilidad adecuada, Los países desarrollados, que son pioneros en la clínica de investigación, mantienen números crecientes poblacionales de estudio y aplicación de este protocolo, sin embargo, en nuestro país aún no se encuentra un estudio que valore y prediga la posibilidad de contar con una disfunción sistólica incipiente con las consecuencias que este conlleva en el caso de no contar con tratamiento adecuado.



## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La hipertensión arterial sistémica y la diabetes mellitus son patologías crecientes, prevalentes y de alto costo monetario. Según las estimaciones de la OMS en el 2014 murieron 72 millones de personas en el mundo y la primera causa de mortalidad fue la cardiopatía isquémica con 10 millones de muertes, equivalente a 14.3% del total de ese año. En América Latina, las enfermedades del aparato circulatorio representan aproximadamente 24% del total de las defunciones.<sup>32</sup>

Los métodos de reperfusión cardiaca temprana, han sido los métodos que han permitido incrementar la sobrevivencia y calidad de vida de estos pacientes, debido a su efecto para disminuir la extensión del infarto así como las complicaciones a corto plazo dentro de la evolución natural, así como el ecocardiograma predice y permite la valoración temprana de las secuelas de estas dos enfermedades, tales como insuficiencia cardiaca con sus dos variantes, de disfunción sistólica y diastólica.

Luego de la presentación de la insuficiencia cardiaca, un alto porcentaje de pacientes requieren de algún tipo de tratamiento, ya sea de tipo médico o intervencionista, con el fin de mejorar la función ventricular izquierda y de esta manera incidir en la calidad de vida que cada uno de los afectados presenta.

El problema con el ecocardiograma para predecir de manera correcta la disfunción miocárdica intrínseca que es una de las primeras manifestaciones paraclínicas de la insuficiencia cardiaca es que en nuestro país en general está limitado; tanto por cuestiones económicas, como accesibilidad y déficit de médicos especialistas, entre otros. Por tanto, cualquier método diagnóstico, de bajo costo, inocuo, de fácil aplicabilidad, es un gran apoyo para el tratamiento de esta población de alto riesgo de morbi-mortalidad, al documentar la probabilidad de disfunción diastólica que es una de las presentaciones subclínicas de la insuficiencia cardiaca. Por ello, el análisis ecocardiográfico se considera un método eficaz y de fácil reproducibilidad, inocuo y de bajo costo, que en nuestro medio vendría a disminuir la prevalencia de insuficiencia cardiaca en nuestro medio, siendo que muchos hospitales actualmente presentan el servicio de ecocardiograma y las máquinas modernas cuentan con el software necesario para procesar los datos y realizar la cuantificación por Strain de la FEVI, así mismo, al grupo médico le sería fácilmente aplicable y con ello obtendría mejoría en el resultado de los tratamientos médicos a largo plazo.<sup>33,34</sup>

Los métodos volumétricos y por Speckle Tracking tienen la capacidad de identificar de forma no invasiva la fracción de eyección del ventrículo izquierdo, así como la movilidad de las paredes durante su realización, sin embargo existen pocos estudios que hagan tanto énfasis en que las diferencias entre ambos reveladas en los pacientes tanto hipertensos como diabéticos con hipertrofia concéntrica presentan un riesgo acelerado de disfunción miocárdica con las potenciales consecuencias de insuficiencia cardíaca o un síndrome isquémico coronario agudo.<sup>34</sup> La diferencia en cada uno de ellos enriquece de forma exponencial, la capacidad para identificar a los pacientes que presentan un riesgo predisponentes para la afección cardíaca y por lo tanto su calidad de vida. Así pues, el Strain por Speckle Tracking; tiene la capacidad para poder localizar de una forma más específica la pared miocárdica con disminución de su motilidad y por lo tanto su contribución para la fracción de eyección, el método volumétrico de Simpson modificado presenta la capacidad para poder evaluar de forma subjetiva la fracción de eyección del ventrículo izquierdo, al reconocer los bordes endocárdicos, sin embargo en pacientes con los que la paredes miocárdicas no son adecuadamente visibles en dos o más segmentos será necesario el uso de medios de contraste para optimizar lo anterior, motivo por el cual este método es variable respecto a la dependencia inter observador. Dicho lo anterior las diferencias que presentan estos métodos no solo enriquecen la exploración ecocardiográfica, sino que también se complementan para poder obtener la información suficiente para generar una descripción óptima de la motilidad tanto parietal como segmentaria del ventrículo izquierdo.<sup>35</sup>

Con base a lo antes mencionado, planteamos la siguiente pregunta de investigación:

## **2.1 PREGUNTA DE INVESTIGACION**

***¿Cuál es la correlación de los dos métodos ecocardiográficos para la valoración de la fracción de eyección del ventrículo izquierdo y su concordancia final (Simpson modificado / Strain con Speckle tracking) en los pacientes con hipertensión arterial sistémica y diabetes mellitus?***



## 2.2 OBJETIVOS

### 2.3 OBJETIVO PRIMARIO

- Determinar la correlación de los métodos de valoración de FEVI (Simpson modificado / Strain por Speckle tracking) y su concordancia final para el resultado obtenido en la disfunción miocárdica intrínseca.

### 2.4 OBJETIVOS SECUNDARIOS

En pacientes con hipertensión arterial sistémica y diabetes mellitus:

- Conocer la concordancia del resultado de FEVI con ambos métodos (Simpson / Strain).
- Determinar la frecuencia de discordancia de FEVI por Simpson y Strain en pacientes diabéticos
- Determinar la frecuencia de discordancia de FEVI por Simpson y Strain en pacientes hipertensos.

## 3. HIPOTESIS

**Bajo la premisa estadística de una correlación entre 2 variables que considera es débil o nula cuando es menor del 0.5 fuerte cuando es mayor del 0.5 y muy fuerte cuando es mayor del 0.75, planteamos las siguientes hipótesis:**

- **H1:** La correlación de los métodos ecocardiográficos de Simpson modificado y Strain por Speckle tracking con la fracción de eyección del ventrículo izquierdo en la disfunción miocárdica intrínseca es muy fuerte ( $> 0.75$ ).
- **Ha:** La correlación de los métodos ecocardiográficos de Simpson modificado y Strain por Speckle tracking con la fracción de eyección del ventrículo izquierdo en la disfunción miocárdica intrínseca es fuerte (0.5-0.75).
- **Ho:** La correlación de los métodos ecocardiográficos de Simpson modificado y Strain por Speckle tracking con la fracción de eyección del ventrículo izquierdo en la disfunción miocárdica intrínseca es débil o nula ( $< 0.5$ ).

## **4 MATERIALES Y METODOS.**

### **4.1 TIPO, DISEÑO Y CARACTERÍSTICAS DEL ESTUDIO.**

Estudio transversal, observacional, descriptivo, retrospectivo.

### **4.2 CRITERIOS DE SELECCIÓN.**

#### **4.3 Criterios de Inclusión:**

- Pacientes mayores de 18 años, con hipertensión arterial sistémica de más de 5 años de diagnóstico.
- Pacientes mayores de 18 años, con diabetes mellitus de más de 5 años de diagnóstico.

#### **4.4 Criterios de exclusión:**

- Pacientes con enfermedad valvular mitral tanto insuficiencia como estenosis que presenten hipertrofia concéntrica.
- Pacientes con enfermedad valvular aortica tanto insuficiencia como estenosis que presenten hipertrofia concéntrica.
- Pacientes con miocardiopatía hipertrófica septal tanto obstructiva como no obstructiva.

#### **4.5 Criterios de eliminación:**

- Pacientes que presenten comunicación interventricular o interauricular.
- Pacientes atletas que presenten hipertrofia concéntrica.

#### **4.6 UNIVERSO Y POBLACIÓN DE ESTUDIO**

Pacientes con hipertensión arterial sistémica y/o diabetes mellitus de al menos 5 años de diagnóstico, en el periodo de estudio comprendido entre el 1 de enero de 2016 al 31 de diciembre de 2016, atendidos servicio de ecocardiografía del Hospital Cardiológica Aguascalientes.

#### **4.7 MUESTREO Y TAMAÑO DE MUESTRA**

Se realizó un muestreo no probabilístico consecutivo por conveniencia de acuerdo a los criterios de selección. Calculamos un tamaño de muestra considerando las hipótesis planteadas, utilizando una fórmula de correlación simple en un grupo, para un poder del estudio de 0.90, un error tipo I de 0.05. y una correlación de la menos 0.4

$$N=3+K/C^2= 8.6/0.424^2=3+8.6/0.179=3+48.04= 51$$

Se necesitan al menos 51 pacientes, pero se decide tomar a todos los pacientes atendidos durante el 2016.

#### 4.8 CLASIFICACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE	DEFINICION OPERACIONAL	TIPO DE VARIABLE	CARACTERISTICAS DE LA VARIABLE	UNIDADES DE MEDICION	INSTRUMENTO
<b>EDAD</b>	Tiempo transcurrido en años desde el nacimiento	Cuantitativa	Discreta	Años	Hoja de recolección de datos
<b>GENERO</b>	Género al que pertenece el paciente	Cualitativa	Nominal dicotómica	Masculino / Femenino	Hoja de recolección de datos
<b>HTA</b>	Presión arterial sistólica mayor de 140 mmHg y/o presión arterial diastólica mayor de 90 mmHg	Cualitativa	Nominal dicotómica	Si / No	Hoja de recolección de datos
<b>DIABETES MELLITUS</b>	Glucosa en ayunas mayor de 126 mg/dl, Hb $\alpha$ 1g >6.5%, glucosa al azar mayor de 200mg/dl	Cualitativa	Nominal dicotómica	Si / No	Hoja de recolección de datos
<b>GROSOR PARIETAL RELATIVO</b>	2 x pared posterior / DIDVI	Cuantitativa	Nominal dicotómica	Si / No	Hoja de recolección de datos

<b>FORMULA DEVEREU X</b>	$0.8 * (1.08 * [SIV + DIDVI + PP]^3 - DIDVI^3) + 0.6gr$	Cuantitativa	Nominal dicotómica	Si / No	Hoja de recolección de datos
<b>FEVI</b>	$VTDVI - VTSI / VTDVI$	Cuantitativa	Nominal dicotómica	Si / No	Hoja de recolección de datos
<b>STRAIN</b>	Seguimiento de Speckles por software	cuantitativa	Nominal dicotómica	Si / No	Hoja de recolección de datos

#### 4.9 DESCRIPCIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

**Variables:**

- **Fracción de eyección del ventrículo izquierdo por método Simpson:** Método por el cual mediante la cuantificación de volúmenes bidimensionales, por discos equidistantes se realiza la sumatoria de dichos volúmenes para cuantificar de manera objetiva la fracción de eyección del ventrículo izquierdo, representado por un porcentaje positivo.
- **Ecocardiografía:** Procedimiento diagnóstico no invasivo que consiste en la colocación de un transductor, el cual puede ser lineal, sectorial o tridimensional, para la adquisición de las imágenes cardiacas en distintos ejes y posiciones, de esta forma saber de manera específica el movimiento de las distintas paredes cardiacas y su movimiento tanto global como segmentario y la excursión endocárdica.
- **Fracción de eyección del ventrículo izquierdo por Strain por Speckle Tracking:** método por medio del cual mediante motas o manchas estructurales en las paredes del ventrículo izquierdo, las cuales son inalterables e invariables, se cuantifica la función ventricular izquierda, así como su deformación y el rango de deformación por un método porcentual en variables negativas.

### **Pruebas estadísticas**

- **Correlación:** Variación que tiene una variable en función de otra variable. En este estudio se identificó la correlación entre la fracción de eyección del ventrículo izquierdo por método Simpson y la fracción de eyección por Strain por técnica de Speckle tracking. Se considera como una correlación baja o nula cuando es menor del 0.5, fuerte cuando se encuentra entre 0.5y 0.75 y muy fuerte cuando es mayor de 0.75. Variable cuantitativa expresada en porcentaje.

### **4.9.1 TECNICAS Y PROCEDIMIENTOS A EMPLEAR**

#### ***Instrumentos:***

##### *Gabinete:*

- Ecocardiograma Phillips modelo iE 33
- Software Phillips para Strain Miocárdico por Speckle tracking.

##### *Material físico:*

- Hoja de descarga de datos de correlación Strain / FEVI por método Simpson.

#### ***Logística:***

- Autorización del protocolo por las autoridades del Hospital Cardiológica de Aguascalientes y Universidad Autónoma de Aguascalientes
- Identificación de los estudios ecocardiográficos de los pacientes que cumplieron con los criterios de selección en la base de datos del equipo ecocardiográfico del Hospital Cardiológica Aguascalientes.
- Realizar la aplicación de Strain miocárdico por Qlab del software Phillips IE33.
- Realizar la FEVI por método Simpson en apical 4 cámaras y 2 cámaras.
- Realizar la cuantificación de Masa del ventrículo izquierdo indexada por formula de Devereux.
- Análisis estadístico de la información.
- Redacción de la tesis final de especialidad.

#### **4.9.2 CAPTURA DE DATOS:**

Registro de variables: Edad, género, criterio de grosor parietal relativo, hipertensión arterial sistémica, diabetes mellitus, masa del ventrículo izquierdo, FEVI por Simpson. Las variables registradas fueron incluidas en el programa estadístico SPSS v21.0 para Windows.

### **5. ANALISIS ESTADISTICO**

El comportamiento de la información de cada variable se realizó con prueba K de Smirnov. El análisis univariado se realizó con media y desviación estándar para las variables cuantitativas; frecuencias y porcentajes para las cualitativas.

Para el análisis de correlación utilizamos la prueba Chi cuadrada de Pearson. Para los objetivos secundarios utilizamos las siguientes herramientas estadísticas:

Consideramos significancia estadística con un valor de  $p < 0.05$ .

#### ***Recursos del estudio:***

**Físicos:** Equipo ecocardiográfico Phillips IE 33 y material de oficina.

**Humanos:** Médico residente de la especialidad de ecocardiografía.

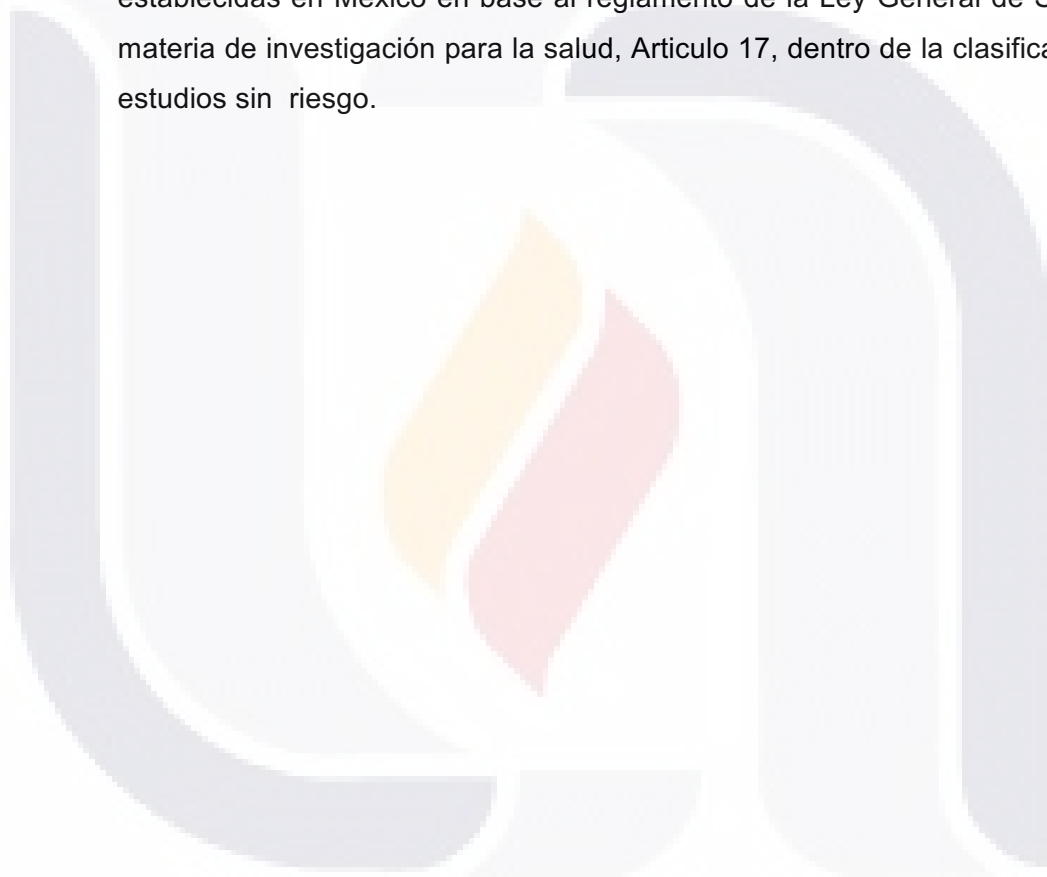
#### ***Límites del periodo de estudio:***

- Tiempo: 01 de enero de 2016 al 31 de diciembre de 2016.
- Lugar: Hospital Cardiológica Aguascalientes.



## 6. CONSIDERACIONES ETICAS.

- El presente protocolo cumple con la declaración de Helsinki así como su última modificación de Edimburgo del 2002.
- No contraviene con las regulaciones internacionales de las buenas prácticas de investigación clínica.
- Se apega a las regulaciones sanitarias en materia de investigación clínica establecidas en México en base al reglamento de la Ley General de Salud en materia de investigación para la salud, Artículo 17, dentro de la clasificación de estudios sin riesgo.



## 7. PLAN DE UTILIZACIÓN DE RESULTADOS:

- Difundir los resultados en presentación oral en sesión académica del Hospital Cardiológica Aguascalientes.
- Preparación de un artículo científico para ser sometido a evaluación en revista indexada de especialidad en ecocardiografía.



## 8. RESULTADOS

Analizamos 51 pacientes entre 24 y 89 años, afectando principalmente entre 53 y 63 años de edad (41.2%). Grafica 1. Del sexo masculino del total del universo fueron 45% y femenino 55%.

El 98% de los pacientes que cumplieron los criterios de inclusión fueron hipertensos, siendo que el 45.1% fueron diabéticos. Grafica 3 y 4.

No se encuentra tendencia del grosor parietal relativo, debido a la variabilidad fisiológica de cada paciente, así como tampoco se puede encontrar una tendencia con respecto peso indexado cardiaco por la misma circunstancia. Grafica 5 y 6.

Todo el universo cumplió con criterio de fracción de eyección del ventrículo izquierdo normal, independientemente del género, mismo que se pudo relacionar con el Strain por Speckle tracking. Grafica 7.

Se puede correlacionar la diferencia respecto a la variabilidad del Strain en las diferentes proyecciones ecocardiográficas, lo anterior no repercute en el resultado final del Strain global. Tabla 1,2,3.

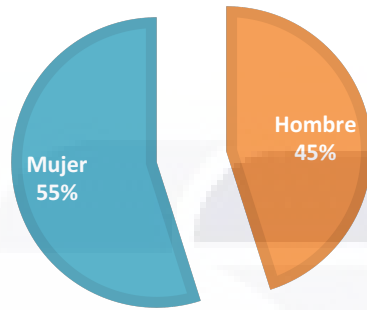
De nuestro universo de 51 pacientes, los cuales en su totalidad tuvieron los criterios de hipertrofia concéntrica por grosor parietal relativo y formula de Devereux, así como normalidad de fracción de eyección del ventrículo izquierdo, se evidencia que a pesar de un método Simpson modificado para conocer dicho volumen, el Strain global anómalo se encontró en el 67% del universo estudiado, lo cual hace evidente la relación entre una disfunción miocárdica intrínseca documentada por Strain en pacientes con hipertrofia concéntrica a pesar de una FEVI normal. Grafica 8 y 9.

Existe una diferencia entre el ser diabético o no para tener un Strain anómalo, ya que del total que no es diabético el 53.57% presenta un valor anormal; en cambio los pacientes diabéticos el 82.6% presenta un valor anómalo  $P= 0.029$ . Tabla 4 y 5.

En comparación con la hipertensión, dado el alto porcentaje de pacientes que la padecen, no existieron diferencias significativas.  $P=0.153$ . Tablas 6 y 7

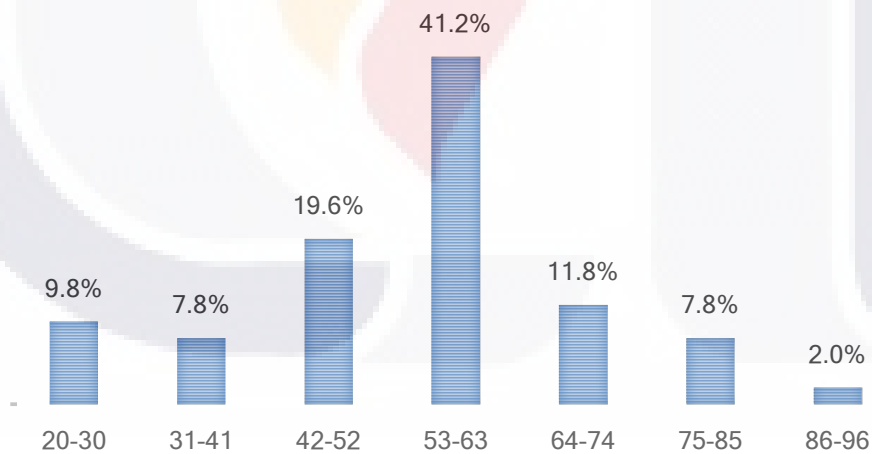
### GENERO

■ Hombre ■ Mujer

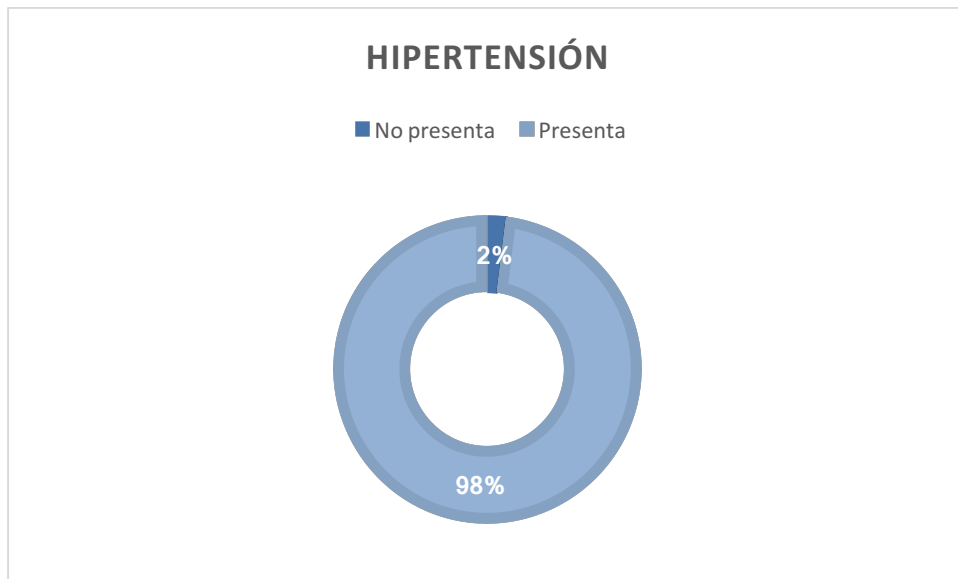


**GRAFICA 1 GENERO.** De los 51 pacientes obtenidos, el género femenino predomino con un 55%.

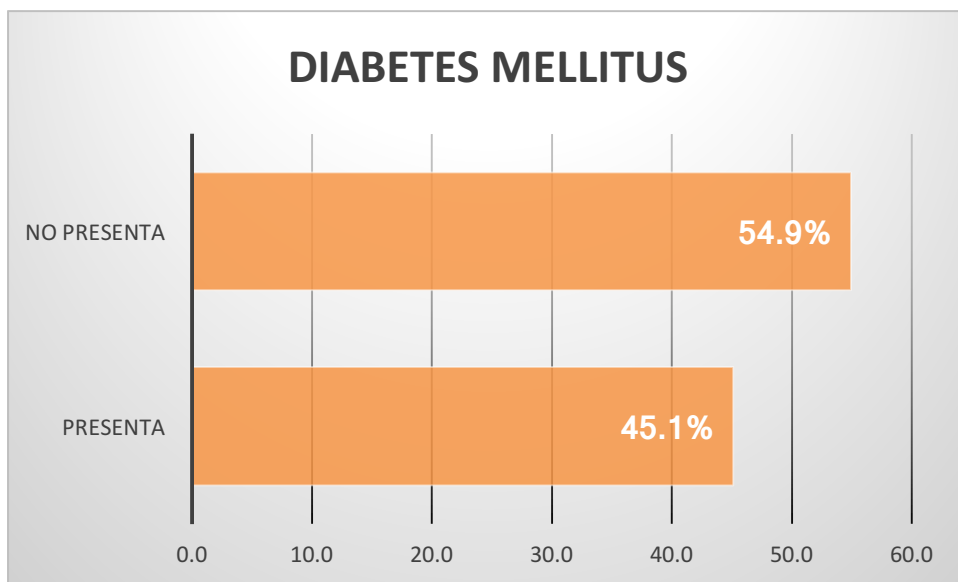
### EDAD



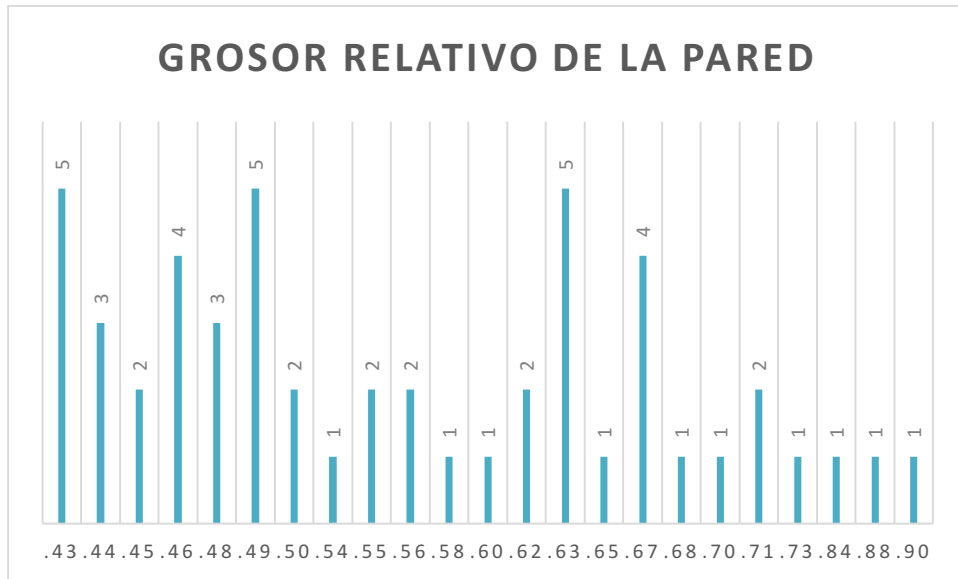
**GRAFICA 2 EDAD.** La concentración de los datos se da en el rango de edad entre 53 – 63 años respectivamente con un 41.2 %. Y la menor concentración en pacientes de la tercera edad.



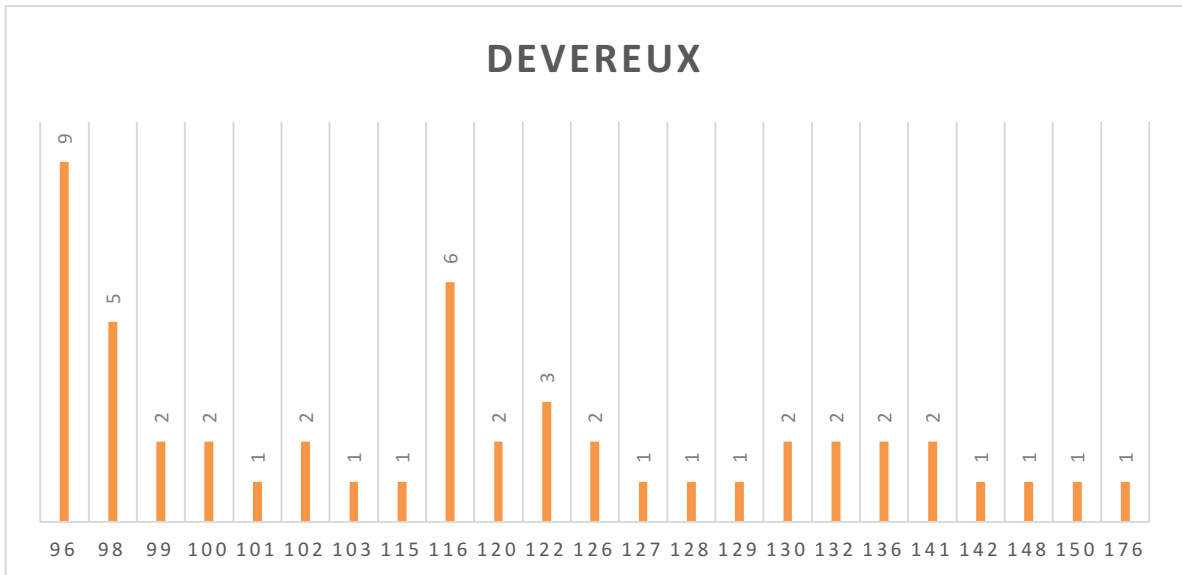
**GRAFICA 3 HIPERTENSIÓN.** Del 100% representado por el universo de 51 pacientes el 98% cuenta con la enfermedad de hipertensión, lo que representa las estadísticas de la afectación en la población de esta enfermedad.



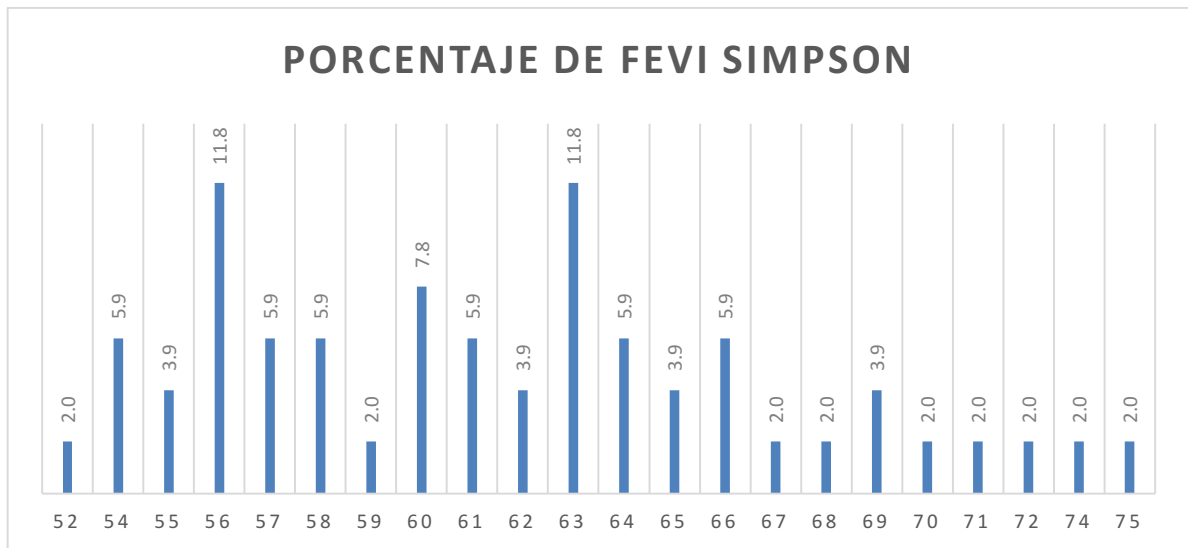
**GRAFICA 4 DIABETES MELLITUS.** De los 51 pacientes que participaron en la investigación la mitad no presentaba esta enfermedad metabólica, por lo tanto, se puede determinar que dicha enfermedad puede y no determinar tener una enfermedad cardíaca.



**GRAFICA 5 GROSOR RELATIVO DE LA PARED.** En la presente grafica se observan las frecuencias de los valores establecidos de dicho grosor en los 51 pacientes estudiados, donde los valores normales se manejan menores o iguales a  $0.42 \text{ g/m}^2$ , se puede determinar que los 51 pacientes presentan una hipertrofia.



**GRAFICA 6 DEVEREUX.** De acuerdo a la información establecida en la gráfica anterior, el resultado de este valor es esperado ya que si hay una hipertrofia este valor se verá afectado aumentado sobre los valores normales.



**GRAFICA 7 PORCENTAJE DE FEVI SIMPSON.** Es la representación gráfica de los 51 pacientes donde los de mayor relevancia son de 56 y 63 con un 11.8 %

### STRAIN A4C

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
<b>Válidos</b>	-25	2	3.9	3.9	3.9
	-24	2	3.9	3.9	7.8
	-23	2	3.9	3.9	11.8
	-21	2	3.9	3.9	15.7
	-20	6	11.8	11.8	27.5
	-19	4	7.8	7.8	35.3
	-18	7	13.7	13.7	49.0
	-17	4	7.8	7.8	56.9
	-16	8	15.7	15.7	72.5
	-15	5	9.8	9.8	82.4
	-14	2	3.9	3.9	86.3
	-13	4	7.8	7.8	94.1
	-12	1	2.0	2.0	96.1
	-11	2	3.9	3.9	100.0
	Total	51	100.0	100.0	

**TABLA 1 STRAIN A4C.**



### STRAIN A2C

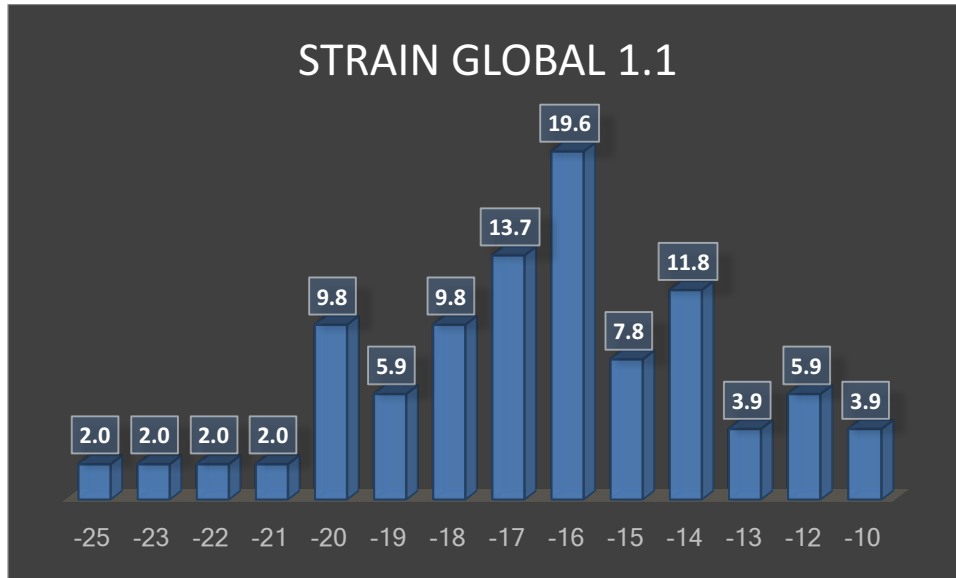
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
<b>Válidos</b>	-30	1	2.0	2.0	2.0
	-28	1	2.0	2.0	3.9
	-24	1	2.0	2.0	5.9
	-23	1	2.0	2.0	7.8
	-21	2	3.9	3.9	11.8
	-20	3	5.9	5.9	17.6
	-19	4	7.8	7.8	25.5
	-18	4	7.8	7.8	33.3
	-17	3	5.9	5.9	39.2
	-16	9	17.6	17.6	56.9
	-15	8	15.7	15.7	72.5
	-14	4	7.8	7.8	80.4
	-13	4	7.8	7.8	88.2
	-12	1	2.0	2.0	90.2
	-11	2	3.9	3.9	94.1
	-10	1	2.0	2.0	96.1
	-9	2	3.9	3.9	100.0
Total		51	100.0	100.0	

**TABLA 2 STRAIN A2C.**

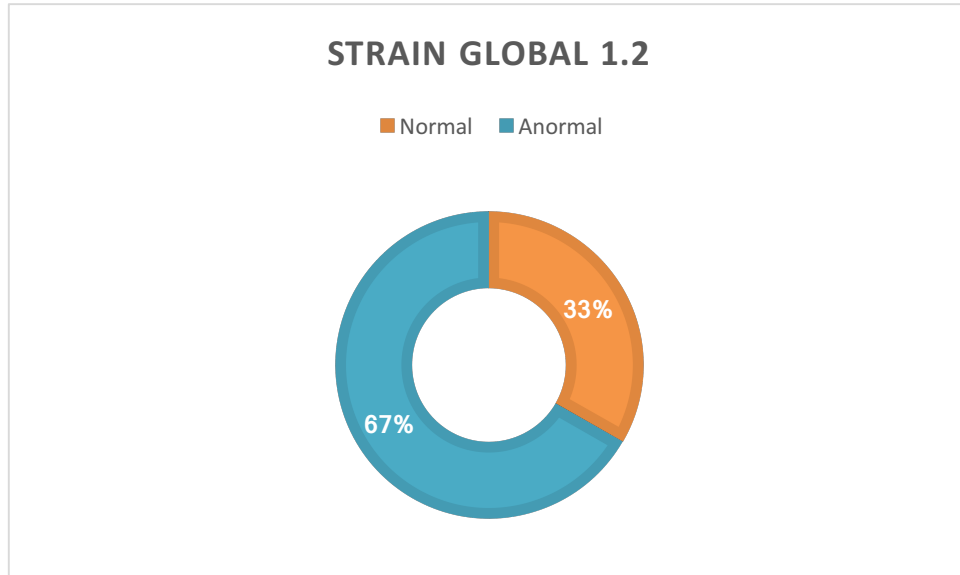
### STRAIN A3C

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
<b>Válidos</b>	-24	1	2.0	2.0	2.0
	-21	3	5.9	5.9	7.8
	-20	6	11.8	11.8	19.6
	-19	3	5.9	5.9	25.5
	-18	3	5.9	5.9	31.4
	-17	7	13.7	13.7	45.1
	-16	8	15.7	15.7	60.8
	-15	4	7.8	7.8	68.6
	-14	3	5.9	5.9	74.5
	-13	4	7.8	7.8	82.4
	-12	2	3.9	3.9	86.3
	-11	2	3.9	3.9	90.2
	-10	3	5.9	5.9	96.1
	-9	1	2.0	2.0	98.0
	-6	1	2.0	2.0	100.0
	Total		51	100.0	100.0

**TABLA 3 STRAIN A3C**



**GRAFICA 8 STRAIN GLOBAL 1.1.** De los 51 pacientes se observa que el valor de -16 es el que se presenta con mayor porcentaje con un 19.6%



**GRAFICA 9 STRAIN GLOBAL 1.2** En la presente grafica se presentan los valores normales dentro de los parámetros establecidos donde se obtiene un resultado mayor a normal con un 67% de los 51 pacientes.

Tabla de contingencia				
Recuento				
		diabetes		Total
		no padece	padece	
VALOR	Normal	13	4	17
	Anormal	15	19	34
Total		28	23	51

**TABLA 4 CONTINGENCIA RECUESTO DIABETES.** Representa de los 51 pacientes con diabetes entraron al universo estudiado.

Pruebas de chi-cuadrado					
	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)	Sig. exacta (bilateral)	Sig. exacta (unilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	4.791 <sup>a</sup>	1	.029		
Corrección por continuidad <sup>b</sup>	3.574	1	.059		
Razón de verosimilitudes	4.997	1	.025		
Estadístico exacto de Fisher				.039	.028
Asociación lineal por lineal	4.697	1	.030		
N de casos válidos	51				
a. 0 casillas (0.0%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es 7.67.					
b. Calculado sólo para una tabla de 2x2.					

**TABLA 5. CHI CUADRADA DE STRAIN GLOBAL CON LA VARIABLE DIABETES.** Donde se observa una dependencia al STRAIN estudiado.

Tabla de contingencia				
Recuento				
		hipertensión		Total
		no padece	padece	
VALOR	Normal	1	16	17
	Anormal	0	34	34
Total		1	50	51

**TABLA 6 TABLA CONTINGENCIA HIPERTENSIÓN.** En la presente tabla se expresan los valores de las variables analizadas donde se desglosa quienes de los 51 pacientes padecen de Hipertensión.

Pruebas de chi-cuadrado					
	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)	Sig. exacta (bilateral)	Sig. exacta (unilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	2.040 <sup>a</sup>	1	.153		
Corrección por continuidad <sup>b</sup>	.128	1	.721		
Razón de verosimilitudes	2.237	1	.135		
Estadístico exacto de Fisher				.333	.333
Asociación lineal por lineal	2.000	1	.157		
N de casos válidos	51				
a. 2 casillas (50.0%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es .33.					
b. Calculado sólo para una tabla de 2x2.					

**TABLA 7. CHI CUADRADA DE STRAIN GLOBAL CON LA VARIABLE HIPERTENSIÓN.** De acuerdo a los resultados obtenidos se observa que la variable Hipertensión es independiente al STRAIN obtenido

## 9. DISCUSION

El estudio por Strain miocárdico mediado por Speckle Tracking, es relativamente reciente, sin embargo sus usos son amplios en muchos ámbitos de interés de la cardiología, desde la realización de valoración de la disfunción diastólica, así como sistólica, en lo que respecta a la valoración de la disfunción miocárdica intrínseca el uso del mismo está documentado y estudiado, tanto para poder predecir la caída de una fracción de eyección previamente normal, como dar el seguimiento del riesgo del paciente a mediano o largo plazo respecto al desarrollo de la insuficiencia cardiaca, por lo tanto representa una herramienta de gabinete esencial, coadyuvante en la toma de decisiones terapéuticas tempranas y permite identificar la necesidad de un tratamiento oportuno o la modificación de hábitos personales.

En este estudio se documentó que la mayoría de los pacientes que padecen hipertensión descontrolada, reflejada por el grosor parietal relativo y la presencia de hipertrofia concéntrica, a pesar de contar con una fracción de eyección del ventrículo izquierdo, presentan una anomalía en la valoración del Strain por Speckle tracking (67%), sin embargo a pesar que la relación documentada y estudiada en otros estudios similares, en el nuestro no pudimos hallar dicha concordancia en su relación por dos variables siendo una cuantitativa y otra cualitativa. ( $P= 0.153$ ), documentando dicha relación en los pacientes que presentaron diabetes ( $P= 0.029$ ), siendo que el factor de riesgo cardiovascular de diabetes mellitus, el cual esta descrito como uno de los factores de riesgo cardiovascular, equivalente al haber presentado un evento de síndrome isquémico coronario agudo, está fuertemente relacionado con la disfunción miocárdica intrínseca en pacientes con fracción de eyección del ventrículo izquierdo por método Simpson normal.<sup>36-37</sup>

Estos hallazgos permiten asumir que la implementación de este estudio de gabinete en los pacientes que presentan factores de riesgo cardiovascular, en la evaluación inicial puede coadyuvar importantemente en la terapéutica inicial de los pacientes que presentan alto riesgo de progreso o presencia de insuficiencia cardiaca, así como la identificación de pacientes que se encuentren en alto riesgo de presentar a mediano plazo dicha complicación.<sup>38</sup>

## 10. LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Dentro de las limitaciones del estudio se encuentra que el universo no es representativo de una población concreta, ya que se encuentran numerosas variables, tales como el género que no podemos asegurar que la frecuencia de la discordancia entre la FEVI y el STRAIN global sea tan significativa dependiendo del género por la limitación del universo ya que nuestro banco de datos proviene de lo que se realizó en nuestra sede en un intervalo de 1 año, contemplando a las sub rogaciones que el IMSS e ISSSTE realizó y por lo tanto no podemos asegurar que los pacientes enviados sean todos los que hayan tenido la significancia de hipertrofia concéntrica y la discordancia entre los hallazgos de los dos métodos que valoran la FEVI, por otro lado, la realización del STRAIN miocárdico es una herramienta que nos ayudó para una valoración más concreta de lo que un paciente con una fracción de eyección del ventrículo izquierdo normal, podría tener como complicación secundaria a mediano plazo debido a la afección de la cinemática del movimiento endocárdico y por tanto su evolución.

## 11. CONCLUSIONES

- El Strain miocárdico por Speckle tracking es constantemente anómalo en pacientes tanto diabéticos como hipertensos a pesar de contar con una fracción de eyección del ventrículo izquierdo normal, en situación de hipertrofia concentrica.<sup>39-40</sup>
- El grupo aterió más frecuentemente afectado se encuentra en la quinta década de la vida, lo anterior debido al mayor tiempo de padecimiento de las enfermedades crónico degenerativas de DM e HTA.
- El sexo más frecuentemente afectado fue el femenino con un porcentaje de afección en nuestro actual universo del 55% de los individuos muestra.
- Del total de universo compuesto por pacientes que sufren diabetes como hipertensión, la asociación más fuerte a este defecto en la disfunción miocárdica intrínseca fue reflejada en el grupo de pacientes diabéticos.
- A pesar con un numero significativamente mayor de pacientes hipertensos en el estudio, no se pudo lograr demostrar que la disfunción miocárdica intrínseca es más prevalente en este subgrupo de pacientes a pesar de lo descrito en la literatura.<sup>41</sup>
- Se puede documentar que la presencia de un factor de riesgo cardiovascular mayor, tal como los estudiados en el presente estudio, se correlaciona directamente con una anomalía a nivel de la pared ventricular izquierda, en su giro y acortamiento circunferencial y longitudinal, lo cual ha sido valorado por las múltiples vistas de Strain en 3C, 2C Y 4C, expresando en numerales más positivos por algoritmo de Strain.<sup>42-43</sup>



## 12. APORTACIONES DEL ESTUDIO

El presente estudio identificó la utilidad de conocer a los pacientes con realización de ecocardiograma con fracción de eyección del ventrículo izquierdo normal, con un Strain anómalo, sin embargo a pesar de lo descrito en la bibliografía respecto a la relación que existe entre los pacientes hipertensos descontrolados y un Strain anómalo con una disfunción miocárdica intrínseca, no se pudo documentar la concordancia con este último, sin embargo en los pacientes diabetes resulto significativa la chi cuadrada la cual relaciono estos últimos con un Strain anómalo y FEVI normal. Basado en esto, recomendamos su implementación en la estrategia diagnóstica con sospecha de disfunción miocárdica intrínseca en pacientes sintomáticos de insuficiencia cardiaca a pesar de presentar una fracción de eyección normal, siendo este un método indirecto de la predicción del desarrollo de aterosclerosis coronaria a futuro así como en el entrenamiento de médicos no especialistas en cardiología de primer contacto con el uso de este método diagnóstico.

Los hallazgos de este estudio, documentan la probabilidad de encontrar pacientes que a mediano y largo plazo presentaran no solo sintomatología de insuficiencia cardiaca o sintomatología sugestiva de angina, sino que también presentaran una disminución de su FEVI ya sea significativa o no, pero ya dentro de rangos de anormalidad por definición en género tanto masculino como femenino.<sup>44</sup>

### **13. SUGERENCIAS**

- Acudir regularmente a revisión clínica, para la realización anual de ecocardiograma de reposo, en población de riesgo, que presenten factores de riesgo cardiovascular, tal como sedentarismo, hipertensión, diabetes mellitus, tabaquismo, obesidad o edad mayor en hombres de 45 años, o mujeres mayores de 55 años y posmenopáusicas.
- A los que presenten disnea de esfuerzo o en reposo, realizar pruebas inductoras de isquemia para valorar su riesgo de cardiopatía isquémica, además de proporcionar un adecuado control en su seguimiento para el abordaje oportuno y prevención de insuficiencia cardiaca.
- Continuar complementando y enriquecer el presente estudio, con líneas de investigación que concluyan en la realización de un nuevo protocolo para la detección de isquemia miocárdica intrínseca y el factor de riesgo para insuficiencia cardiaca proporcionando mayor sensibilidad y afectividad.

## BIBLIOGRAFIA

1. R. González Guzmán y J. Alcalá Ramírez. Enfermedad isquémica del corazón, epidemiología y prevención. Revista de la Facultad de Medicina de la UNAM. Vol. 53, N.o 5. Septiembre-Octubre 2010.
2. Wang J, Khoury DS, Yue Y, Torre-Amione G, Nagueh SF. Preserved left ventricular twist and circumferential deformation, but depressed longitudinal and radial deformation in patients with diastolic heart failure Eur Heart J 2008;29: 1283—9.
3. Mizuguchi Y, Oishi Y, Miyoshi H, Iuchi A, Nagase N, Oki T. The functional role of longitudinal, circumferential, and radial myocardial deformation for regulating the early impairment of left ventricular contraction and relaxation in patients with cardiovascular risk factors: a study with two-dimensional Strain imaging. J Am Soc Echocardiogr 2008;21:1138—44.
4. Lim Y-J, Yamamoto K, Ichikawa M, Iwata A, Hayashi T, Nakata T, Masuyama T, Mishima M. Elevation of the ratio of transmitral E velocity to early diastolic mitral annular velocity continues even after recovery from acute stage in patients with diastolic heart failure. J Cardiol 2008;52:254—60.
5. Kono M, Kisanuki A, Takasaki K, Nakashiki K, Yuasa T, Kuwahara E, Mizukami N, Uemura T, Kubota K, Ueya N, Miyata M, Tei C. Left ventricular systolic function is abnormal in diastolic heart failure: re-assessment of systolic function using cardiac time interval analysis. J Cardiol 2009;53:437—46.
6. Hurlburt HM, Aurigemma GP, Hill JC, Narayanan A, Gaasch WH, Vinch CS, Meyer TE, Tighe DA. Direct ultrasound measurement of longitudinal, circumferential, and radial Strain using 2-dimensional Strain imaging in normal adults. Echocardiography 2007;24:723—31.
7. Akagawa E, Murata K, Tanaka N, Yamada H, Miura T, Kunichika H, Wada Y, Hadano Y, Tanaka T, Nose Y, Yasumoto K, Kono M, Matsuzaki M. Augmentation of left ventricular apical endocardial rotation with inotropic stimulation contributes to increased left ventricular torsión and radial Strain in normal subjects. Circ J 2007;71:661—8.

8. Tanaka H, Oishi Y, Mizuguchi Y, Miyoshi H, Ishimoto T, Nagase N, Yamada H, Oki T. Contribution of the pericardium to left ventricular torsión and regional myocardial function in patients with total absence of the left pericardium. *J Am Soc Echocardiogr* 2008;21:268—74.
9. Park SJ, Miyazaki C, Bruce CJ, Ommen S, Miller FA, Oh JK. Left ventricular torsión by two-dimensional Speckle tracking echocardiography in patients with diastolic dysfunction and normal ejection fraction. *J Am Soc Echocardiogr* 2008;21:1129—37.
10. Ashikaga H, Coppola BA, Hopenfeld B, Leifer ES, McVeigh ER, Omens JH. Transmural dispersion of myofiber mechanics. Implications for electrical heterogeneity in vivo. *J Am Coll Cardiol* 2007;49:909—16.
11. Dandel M, Lehmkühl H, Knosalla C, et al. Strain and Strain rate imaging by echocardiography – basic concepts and clinical applicability. *Curr Cardiol Rev* 2009; 5:133–148.
12. Kumar D, Patel A, Lavie CJ, et al. Impact of relative wall thickness on left ventricular geometry and mortality in 47 865 patients with preserved systolic function: does the method matter? *Circulation* 2009; 120:58–83.
13. Feigenbaum H. Echocardiography evaluation of cardiac chambers echocardiography. In: Feigenbaum editor. Philadelphia: Lea Febiger; 2007. 134.
14. Moždžan M, Wierzbowska K, et al. Echocardiographic indices of left ventricular hypertrophy and diastolic function in hypertensive patients with preserved LVEF classified as dippers and non-dippers. *Arch Med Sci* 2013; 9:268–275.
15. Mizuguchi Y, Oishi Y, Miyoshi H, et al. Concentric left ventricular hypertrophy brings deterioration of systolic longitudinal, circumferential and radial myocardial deformation in hypertensive patients with preserved left ventricular pump function. *J Cardiol* 2010; 55:23–33.
16. Narayanan A, Aurigemma GP, Chinali M, et al. Cardiac mechanics in mild hypertensive heart disease: a speckle-strain imaging study. *Circ Cardiovasc Imaging* 2009; 2:382–390.
17. Di Bello V, Talini E, Dell’Omo G, et al. Early left ventricular mechanics abnormalities in prehypertension: a two-dimensional Strain echocardiography study. *Am J Hypertens* 2010; 23:405–412.
18. Imbalzano E, Zito C, Carerj S, et al. Left ventricular function in hypertension: new insight by Speckle tracking echocardiography. *Echocardiography* 2011; 28:649–657.

19. Edvardsen T, Helle-Valle T, Smiseth OA. Systolic dysfunction in heart failure with normal ejection fraction: Speckle-tracking echocardiography. *Prog Cardiovasc Dis* 2006; 49:207–214
20. Sjøli B, Ørn S, Grenne S, et al. Comparison of left ventricular ejection fraction and left ventricular global Strain as determinants of infarct size in patients with acute myocardial infarction. *J Am Soc Echocardiogr* 2009; 22:1232–1238.
21. Goebel B, Gjesdal O, Kottke D, et al. Detection of irregular patterns of myocardial contraction in patients with hypertensive heart disease: a two-dimensional ultrasound Speckle tracking study. *J Hypertens* 2011; 29:2255–2264.
22. Huang CY. Investigation on left ventricular myocardial diastolic Strain rate in hypertension using 2-dimensional Strain echocardiography (dissertation). Fujian: Fujian Medical School; 2011
23. Barron AJ, Hughes AD, Sharp A, Baksi AJ, Surendran P, Jabbour RJ, Stanton A, Poulter N, Fitzgerald D, Sever P, O'Brien E, Thom S, Mayet J. Long-term antihypertensive treatment fails to improve E/e' despite regression of left ventricular mass: an Anglo-Scandinavian cardiac outcomes trial substudy. *Hypertension*. 2014;63:252–258.
24. Bernardo BC, Weeks KL, Pretorius L, McMullen JR. Molecular distinction between physiological and pathological cardiac hypertrophy: experimental findings and therapeutic strategies. *Pharmacol Ther*. 2010;128:191–227.
25. Bisping E, Wakula P, Poteser M, Heinzl FR. Targeting cardiac hypertrophy: toward a causal heart failure therapy. *J Cardiovasc Pharmacol*. 2014;64:293–305.
26. Caselli S, Di Paolo FM, Pisicchio C, Pandian NG, Pelliccia A. Patterns of left ventricular diastolic function in Olympic athletes. *J Am Soc Echocardiogr*. 2015;28:236–244.
27. Chang SA, Lee SC, Choe YH, Hahn HJ, Jang SY, Park SJ, Choi JO, Park SW, Oh JK. Effects of hypertrophy and fibrosis on regional and global functional heterogeneity in hypertrophic cardiomyopathy. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2012;28(Suppl 2):133–140.
28. Desai RV, Ahmed MI, Mujib M, Aban IB, Zile MR, Ahmed A. Natural history of concentric left ventricular geometry in community-dwelling older adults without heart failure during seven years of follow-up. *Am J Cardiol*. 2011;107:321–324.

29. Dupont S, Maizel J, Mentaverri R, Chillon JM, Six I, Giummelly P, Brazier M, Choukroun G, Tribouilloy C, Massy ZA, Slama M. The onset of left ventricular diastolic dysfunction in SHR rats is not related to hypertrophy or hypertension. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2012;302:H1524–H1532.
30. Edelmann F, Gelbrich G, Duvinage A, Stahrenberg R, Behrens A, Prettin C, Kraigher-Krainer E, Schmidt AG, Dungen HD, Kamke W, Tschöpe C, Herrmann-Lingen C, Halle M, Hasenfuss G, Wachter R, Pieske B. Differential interaction of clinical characteristics with key functional parameters in heart failure with preserved ejection fraction--results of the Aldo-DHF trial. *Int J Cardiol*. 2013;169:408–417.
31. Falcao-Pires I, Hamdani N, Borbely A, Gavina C, Schalkwijk CG, van der V, van HL, Stienen GJ, Niessen HW, Leite-Moreira AF, Paulus WJ. Diabetes mellitus worsens diastolic left ventricular dysfunction in aortic stenosis through altered myocardial structure and cardiomyocyte stiffness. *Circulation*. 2011;124:1151–1159.
32. Falcao-Pires I, Leite-Moreira AF. Diabetic cardiomyopathy: understanding the molecular and cellular basis to progress in diagnosis and treatment. *Heart Fail Rev*. 2012;17:325–344.
33. Flagg TP, Cazorla O, Remedi MS, Haim TE, Tones MA, Bahinski A, Numann RE, Kovacs A, Schaffer JE, Nichols CG, Nerbonne JM. Ca<sup>2+</sup>-independent alterations in diastolic sarcomere length and relaxation kinetics in a mouse model of lipotoxic diabetic cardiomyopathy. *Circ Res*. 2009;104:95–103.
34. Fujimoto N, Onishi K, Dohi K, Tanabe M, Kurita T, Takamura T, Yamada N, Nobori T, Ito M. Hemodynamic characteristics of patients with diastolic heart failure and hypertension. *Hypertens Res*. 2008;31:1727–1735.
35. Galderisi M, Lomoriello VS, Santoro A, Esposito R, Olibet M, Raia R, Di Minno MN, Guerra G, Mele D, Lombardi G. Differences of myocardial systolic deformation and correlates of diastolic function in competitive rowers and young hypertensives: a Speckle-tracking echocardiography study. *J Am Soc Echocardiogr*. 2010;23:1190–1198.
36. Gori M, Lam CS, Gupta DK, Santos AB, Cheng S, Shah AM, Claggett B, Zile MR, Kraigher-Krainer E, Pieske B, Voors AA, Packer M, Bransford T, Lefkowitz M, McMurray JJ, Solomon SD. Sex-specific cardiovascular structure and function in heart failure with preserved ejection fraction. *Eur J Heart Fail*. 2014;16:535–542.

37. Gupta A, Schiros CG, Gaddam KK, Aban I, Denney TS, Lloyd SG, Oparil S, Dell'Italia LJ, Calhoun DA, Gupta H. Effect of spironolactone on diastolic function in hypertensive left ventricular hypertrophy. *J Hum Hypertens*. 2015;29:241–246.
38. Hiemstra JA, Liu S, Ahlman MA, Schuleri KH, Lardo AC, Baines CP, Dellsperger KC, Bluemke DA, Emter CA. A new twist on an old idea: a two-dimensional Speckle tracking assessment of cyclosporine as a therapeutic alternative for heart failure with preserved ejection fraction. *Physiol Rep*. 2013;1:e00174.
39. Katz DH, Beussink L, Sauer AJ, Freed BH, Burke MA, Shah SJ. Prevalence, clinical characteristics, and outcomes associated with eccentric versus concentric left ventricular hypertrophy in heart failure with preserved ejection fraction. *Am J Cardiol*. 2013;112:1158–1164.
40. Komajda M, Lam CS. Heart failure with preserved ejection fraction: a clinical dilemma. *Eur Heart J*. 2014;35:1022–1032.
41. Koshizuka R, Ishizu T, Kameda Y, Kawamura R, Seo Y, Aonuma K. Longitudinal Strain impairment as a marker of the progression of heart failure with preserved ejection fraction in a rat model. *J Am Soc Echocardiogr*. 2013;26:316–323.
42. Kouzu H, Yuda S, Muranaka A, Doi T, Yamamoto H, Shimoshige S, Hase M, Hashimoto A, Saitoh S, Tsuchihashi K, Miura T, Watanabe N, Shimamoto K. Left ventricular hypertrophy causes different changes in longitudinal, radial, and circumferential mechanics in patients with hypertension: a two-dimensional Speckle tracking study. *J Am Soc Echocardiogr*. 2011;24:192–199.
43. Kraigher-Krainer E, Shah AM, Gupta DK, Santos A, Claggett B, Pieske B, Zile MR, Voors AA, Lefkowitz MP, Packer M, McMurray JJ, Solomon SD. Impaired systolic function by Strain imaging in heart failure with preserved ejection fraction. *J Am Coll Cardiol*. 2014;63:447–456.
44. Narayanan A, Aurigemma GP, Chinali M, Hill JC, Meyer TE, Tighe DA. Cardiac mechanics in mild hypertensive heart disease: a speckle-strain imaging study. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2009;2:382–390.

## ANEXOS

### A. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Identificar el problema.												
Registro ante el comité.												
Recolección de información.												
Análisis de datos.												
Resultados.												
Presentar resultados.												

El análisis estadístico se realizó en el programa SPSS versión 21.0.

Las actividades previas fueron realizadas por el investigador principal.



