



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE MEDICINA  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN**

**INSTITUTO NACIONAL DE CARDIOLOGÍA IGNACIO CHÁVEZ**

**T E S I S**

**STRAIN AURICULAR IZQUIERDO COMO PREDICTOR DE CONGESTIÓN  
PULMONAR EN ECOCARDIOGRAFÍA DE ESTRÉS**

**QUE PARA OBTENER LA ESPECIALIDAD DE CARDIOLOGÍA**

**PRESENTA**

**DR. ANTONIO ROMÁN BAILÓN SOTELO  
RESIDENTE DE LA ESPECIALIDAD EN CARDIOLOGÍA DEL INSTITUTO  
NACIONAL DE CARDIOLOGÍA IGNACIO CHÁVEZ**

**TUTOR DE TESIS**

**DR. JUAN FRANCISCO FRITCHE SALAZAR  
MÉDICO ADSCRITO DEL DEPARTAMENTO DE ECOCARDIOGRAFÍA DEL  
INSTITUTO NACIONAL DE CARDIOLOGÍA IGNACIO CHÁVEZ**

**Ciudad de México, julio 2021**



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.



**SALUD**  
SECRETARÍA DE SALUD



Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez  
*Renacimiento de la excelencia*

Ciudad de México, 13 de octubre 2021.

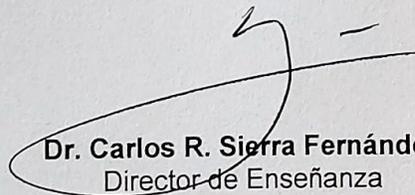
**Dr. Gerhard Heinze Martin**

Jefe de la Subdivisión de Especializaciones Médicas de Posgrado  
Facultad de Medicina  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Presente

Por medio de la presente hago constar que el Proyecto de Investigación titulado: STRAIN AURICULAR IZQUIERDO COMO PREDICTOR DE CONGESTIÓN PULMONAR EN ECOCARDIOGRAFÍA DE ESTRÉS, presentado por el Dr. Antonio Román Bailón Sotelo, residente que cursa la Especialidad en Cardiología, ha sido sometido a revisión por el Comité de Investigación de la Dirección de Enseñanza de este Instituto, cumpliendo con los requisitos para la titulación oportuna.

Sin más por el momento, le envío un cordial saludo.

Atentamente

  
**Dr. Carlos R. Sierra Fernández**  
Director de Enseñanza

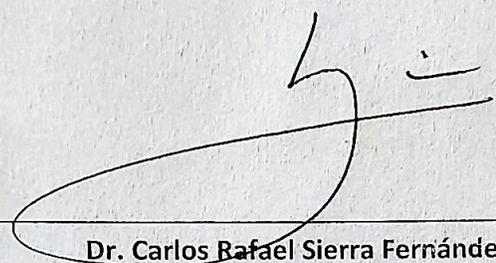


CSF/mhm



**FIRMAS DE AUTORIZACIÓN DEL COMITÉ DIRECTIVO DE TESIS**

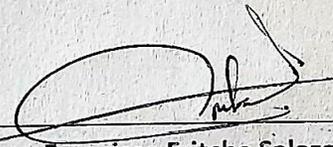
Los presentes hemos revisado el trabajo del médico residente de tercer año **Antonio Román Bailón Sotelo** y lo encuentran adecuado para continuar con su proceso de titulación para obtener el grado de médico especialista de Cardiología.



**Dr. Carlos Rafael Sierra Fernández**

Director de Enseñanza

Instituto Nacional de Cardiología Dr. Ignacio Chávez



**Dr. Juan Francisco Fritche Salazar**

Tutor de Tesis

Médico Adscrito al servicio de Ecocardiografía  
Instituto Nacional de Cardiología Dr. Ignacio Chávez

## ÍNDICE

	<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
<b>I.</b>	Resumen	<b>5</b>
<b>II.</b>	Introducción	<b>7</b>
<b>III.</b>	Marco teórico	<b>9</b>
<b>IV.</b>	Planteamiento del Problema	<b>16</b>
<b>V.</b>	Justificación	<b>17</b>
<b>VI.</b>	Pregunta de investigación	<b>19</b>
<b>VII.</b>	Hipótesis nula y alterna	<b>20</b>
<b>VIII.</b>	Objetivos	<b>21</b>
<b>IX.</b>	Materiales y métodos	<b>22</b>
<b>X.</b>	Aspectos éticos y de bioseguridad	<b>28</b>
<b>XI.</b>	Resultados	<b>30</b>
<b>XII.</b>	Discusión	<b>36</b>
<b>XIII.</b>	Conclusión	<b>38</b>
<b>XIV.</b>	Anexos	<b>39</b>
<b>XV.</b>	Bibliografía	<b>42</b>

## I. RESUMEN

**Introducción.** El strain de la aurícula izquierda estimado por ecocardiografía bidimensional con speckle tracking ha adquirido importancia como parte de la evaluación de la función diastólica y estimación de las presiones de llenado del ventrículo izquierdo, así como también en la predicción de eventos adversos en varias patologías, como insuficiencia cardíaca, fibrilación auricular e infarto agudo de miocardio. La aurícula izquierda contribuye a la hemodinamia cardíaca, modulando el llenado del VI a través de la interacción de la función de reservorio, conducción y fuerza contráctil.

**Metodología.** Se realizó un estudio observacional, de cohorte retrospectivo en donde se revisaron los expedientes de pacientes sometidos a ecocardiografía de estrés, en el Departamento de Ecocardiografía del Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez, durante el periodo de abril de 2018 a abril de 2021, realizando una comparación de la fase de reposo y estrés de la prueba.

**Resultados.** Durante el periodo de abril de 2018 a abril de 2021, se realizaron un total de 89 pruebas de ecocardiografía de estrés, de las cuales 45 resultaron elegibles para nuestro estudio. La edad media de los pacientes incluidos fue de  $62 \pm 12$  años, el 53.3% correspondía al sexo femenino, la principal indicación del estudio fue dolor torácico atípico (40%), seguido de dolor torácico típico (35.5%), paciente de alto riesgo (20%) y disnea (4.4%). La gran mayoría de los pacientes eran hipertensos (75.6%) y el 44.4% de ellos tenían diagnóstico de diabetes mellitus; además de otras comorbilidades como dislipidemia en el 28.9%, enfermedad renal crónica en terapia de sustitución rena (4.4%) y EPOC en el 2.2%. Dentro

de las características ecocardiográficas, se encontró un valor de strain de reservorio para nuestro grupo de  $30.6 \pm 8$ , strain de conducto de  $15.7 \pm 5.2$  y strain de contracción de  $15.1 \pm 6.1$ . Además de volúmenes del ventrículo izquierdo indexados al final de la diástole y sístole de  $55 \text{ mL/m}^2$  (47.3-64.5) y  $20.5 \text{ mL/m}^2$  (17-28.4) respectivamente; con una fracción de eyección de ventrículo izquierdo por método 3D de  $59 \pm 9\%$ . De los 45 pacientes seleccionados 9 se encontraron con presencia de congestión pulmonar en la fase de estrés del ecocardiograma. Al realizar el análisis multivariado, se encontró una diferencia estadísticamente significativa en el grupo de pacientes con terapia de sustitución renal con un valor de P de 0.004, en donde el strain de aurícula izquierda pudo predecir la aparición de congestión pulmonar durante la fase de estrés del estudio.

**Conclusión.** En nuestra población de estudio, no existió correlación entre el strain auricular izquierdo en fase de reposo, como predictor de congestión pulmonar en la fase de estrés de la ecocardiografía, para los pacientes analizados en cada una de sus variables clínicas; exceptuando a los pacientes que se encontraban en terapia de sustitución renal, para los cuales sí se identificó al strain de aurícula izquierda en fase de reposo como predictor de congestión en la fase de estrés.

## II. INTRODUCCIÓN

La insuficiencia cardiaca (IC) es un síndrome clínico caracterizado por síntomas típicos (como disnea, inflamación de tobillos y fatiga), que puede ir acompañado de signos (como presión venosa yugular elevada, crepitantes pulmonares y edema periférico) causados por una anomalía cardiaca estructural o funcional que producen una reducción del gasto cardiaco o una elevación de las presiones intracardiacas en reposo o en estrés (1, 2).

La prevalencia de la IC depende de la definición que se use, pero se sitúa aproximadamente en el 1-2% de la población adulta en países desarrollados, y aumenta a más del 10% entre personas de 70 o más años de edad. Entre los mayores de 65 años atendidos por disnea durante el ejercicio, 1 de cada 6 tendrá IC no reconocida. El riesgo de IC a los 55 años es del 33% para los varones y el 28% para las mujeres. Los pacientes con fracción de eyección preservada (FE varían del 22 al 73%, dependiendo de la definición aplicada, el contexto clínico (atención primaria, consulta hospitalaria, hospital), la edad y el sexo de la población estudiada, infarto de miocardio previo y año de publicación.

Se han definido, según la Sociedad Europea de Cardiología, tres grupos de estudio:

1. Insuficiencia cardiaca con fracción de eyección reducida (ICFER), definida por la presencia de signos y síntomas de insuficiencia cardiaca y fracción de expulsión menor al 40%.

2. Insuficiencia cardíaca con fracción de eyección en rango medio, definida por la presencia de signos y síntomas de insuficiencia cardíaca y fracción de expulsión entre el 40 al 49%, péptidos natriuréticos elevados (BNP > 35 pg/ml o NT-proBNP > 125 pg/ml) y al menos un criterio adicional: a) enfermedad estructural cardíaca relevante (hipertrofia ventricular izquierda o dilatación auricular izquierda) b) disfunción diastólica.

3. Insuficiencia cardíaca con fracción de eyección conservada, definida por la presencia de signos y síntomas de insuficiencia cardíaca y fracción de expulsión mayor o igual a 50%, péptidos natriuréticos elevados (BNP > 35 pg/ml o NT-proBNP > 125 pg/ml) y al menos un criterio adicional: a) enfermedad estructural cardíaca relevante (hipertrofia ventricular izquierda o dilatación auricular izquierda) b) disfunción diastólica (1, 2).

### **III. MARCO TEÓRICO**

La función principal de la aurícula izquierda (AI) es modular el llenado ventricular izquierdo y rendimiento cardiovascular. Estos objetivos se logran mediante sus funciones interrelacionadas: como reservorio para el flujo venoso pulmonar durante la sístole ventricular, como conducto para el flujo venoso pulmonar durante la diástole ventricular, y como una bomba de refuerzo que aumenta el llenado ventricular durante la diástole ventricular tardía (2, 3).

Existe una crítica interacción entre estas funciones auriculares cardiacas dependientes del ciclo y el rendimiento ventricular. De esta manera, mientras que la función de reservorio queda definida más estrictamente por la distensibilidad auricular (o su inversa, es decir, la rigidez), está influenciada por la función sistólica ventricular y la contracción y relajación auricular. La función de conducto se ve afectada por la distensibilidad auricular durante la diástole ventricular, pero está estrechamente relacionado con la relajación y rigidez del VI. Finalmente, la función de la bomba auricular se debe en gran medida a la magnitud y el momento de la contractilidad auricular, pero también está determinada por el grado de retorno venoso (precarga auricular), presión telediastólica ventricular izquierda (poscarga auricular) y sístole reversa del VI (4).

Mientras que el volumen AI máximo se correlaciona fuertemente con enfermedad cardiovascular, pronostica resultados cardiovasculares y permite la estratificación del riesgo, una cantidad creciente de datos sugieren que la medición de la función de la AI proporciona información que es incremental y más poderosa que el solo aumento en el tamaño de esta.

Aunque la función auricular se puede evaluar con ecocardiografía, tomografía computarizada y resonancia magnética cardiaca; la ecocardiografía es posiblemente el método más adecuado, debido a su disponibilidad, seguridad, versatilidad y capacidad para imágenes en tiempo real con alta resolución temporal y espacial (5, 6).

La función de la AI se evalúa ecocardiográficamente usando el análisis volumétrico (máximo, mínimo, volúmenes de AI pre-onda A y funciones derivadas, las cuales pueden ser generadas de forma rápida a partir del análisis por speckle-tracking, Doppler espectral transmitral (llenado diastólico temprano y tardío, o radio E/Ap), venoso pulmonar (llenado auricular izquierdo sistólico y diastólico, y la magnitud y duración de las velocidades de la onda A inversa), y el flujo de la orejuela izquierda; y Doppler tisular (ondas s', e' y a'). Cada vez con mayor frecuencia, el análisis de deformación (strain e imágenes de tasa de strain usando imágenes de Doppler tisular o speckle-tracking ecocardiográfico) del cuerpo de la AI está siendo utilizado (2, 5).

La deformación de la aurícula izquierda (AI) es un proceso cíclico, que se puede subdividir en tres fases:

- a. Fase de reservorio: comienza al final de la diástole ventricular (cierre de la válvula mitral) y continúa hasta la apertura de la válvula mitral. Abarca el tiempo de contracción isovolumétrica, eyección, y relajación isovolumétrica del ventrículo izquierdo.

- b. Fase de conducto: ocurre desde el momento de la apertura de la válvula mitral, la diástasis y el inicio de la contracción de la AI en pacientes en ritmo sinusal. En pacientes con fibrilación auricular continúa hasta el final de la diástole ventricular (cierre de la válvula mitral).
  
- c. Fase de bomba: ocurre desde el inicio de la contracción de la aurícula izquierda hasta el final de la diástole ventricular (cierre de la válvula mitral) en pacientes con ritmo sinusal.

En la curva de deformación de la AI, estas fases se pueden caracterizar con tres medidas y el strain de la AI de cada fase se puede calcular como la diferencia de dos de estas medidas. A medida que la pared auricular se alarga durante la fase de reservorio, el strain en esta fase debe notificarse como un valor positivo. El acortamiento de la pared de la AI durante las otras dos fases, sugiere que deben caracterizarse por valores negativos (3, 7).

El strain de AI (LAS, *left atrial strain*) se define como el strain longitudinal de la AI, para distinguirlo del strain del ventrículo izquierdo.

I. LASr = deformación durante la fase de reservorio, medida como diferencia de la valor de deformación en la apertura de la válvula mitral menos la telediástole ventricular (valor positivo).

II. LAScd = deformación durante la fase del conducto, medida proveniente de la diferencia del valor de deformación al inicio de la contracción auricular menos la apertura de la válvula mitral (valor negativo). En pacientes con fibrilación auricular, el LAScd tiene el mismo valor que LASr, pero con signo negativo.

III. LASct = tensión durante la fase de contracción, es una medida realizada solo en pacientes en ritmo sinusal, y se define como la diferencia del valor de deformación en la telediástole ventricular menos el inicio de la contracción auricular (valor negativo).

De manera similar a las definiciones anteriores, los picos en la tasa strain de AI se definen como sigue:

I. pLASRr = tasa de deformación máxima (positiva) durante la fase de reservorio.

II. pLASRcd = tasa de deformación máxima (negativa) durante la fase de conducto.

III. pLASRct = tasa de deformación máxima (negativa) durante la fase de bomba.

Los valores de referencia de las fases reservorio, conducto y bomba ha sido publicadas recientemente en una revisión sistemática de 40 metaanálisis que incluyeron 2,542 pacientes (Tabla 1). La disminución esperada relacionada con la edad en la fase de reservorio y el incremento en la fase de bomba, no fueron evidentes, tal vez porque los datos a nivel de cada paciente no fueron analizados y porque el rango de edad era relativamente estrecho. Además,

a pesar de que no se identificaron diferencias raciales o étnicas, la mayoría de los estudios se llevaron a cabo en caucásicos.

El strain regional no se han estudiado tan rigurosamente como el strain global pero son potencialmente útiles para cuantificar la disincronía auricular izquierda. La disincronía auricular ha sido definida por el tiempo máximo hasta el retraso máximo de las paredes auriculares opuestas y la dispersión mecánica, como la desviación estándar de la duración de la contracción; este último se define como el tiempo desde el pico de onda P electrocardiográfica sistólica auricular máxima (fase de bomba) acortada en cada segmento. La disincronía auricular puede reflejar un patrón heterogéneo de fibrosis y disfunción de la AI y podría predecir la recurrencia de fibrilación después de la ablación por radiofrecuencia (3, 8).

**Tabla 1. Valores de referencia del strain 2D proveniente de estudios seleccionados (2).**

	Es	Ee	Ea
Saraiva et al.	35.6% (7.9)	21.4 (6.7)	14.25 (3.3)
Sugimoto et al.	26.1% (0.7)	12.5% (0.5)	7.7% (0.3)
Panthan et al.	39% (38-41)	23% (21-25)	17% (16-19)

Está bien establecido que, además de la edad avanzada, el género femenino, la hipertensión, diabetes y enfermedad arterial coronaria, los aumentos en la masa del VI y en

el volumen de la AI y una disminución en la reserva contráctil de la AI, identifican a pacientes con mayor riesgo de IC con fracción de eyección preservada. En este contexto, el strain en la fase de reservorio, parece ser una herramienta prometedora, como en una cohorte de 64 pacientes sometidos a cateterismo cardíaco derecho, el strain de reservorio fue significativamente menor en pacientes con IC diastólica que en aquellos con disfunción diastólica. Esto contrasta con la masa del VI, el volumen de la AI mediciones derivadas del Doppler tisular y el strain de conducto (4, 8).

El índice de rigidez de la AI, evaluado como la relación invasiva y no invasiva de la presión de enclavamiento capilar pulmonar, fue objetiva en identificar a pacientes con IC diastólica, siendo correlacionada con la presión sistólica de la arteria pulmonar.

Cameli et al. demostraron que el strain de reservorio proporciona una mejor estimación de las presiones de llenado del VI que la relación  $E/E'$  en pacientes sintomáticos con disfunción sistólica del VI. El strain de reservorio también puede ser útil para estimar la capacidad de ejercicio en pacientes con IC con fracción de eyección del VI reducida o preservada.

Con respecto al tratamiento de la IC, la respuesta a la terapia de resincronización cardíaca ha sido asociada con una mejora significativa en el strain de reservorio. Además, el strain de conducto parece ser el mejor predictor de remodelado inverso del VI. En cuanto al pronóstico, Helle-Valle et al concluyeron que el strain de reservorio era un predictor independiente e incremental de la muerte o necesidad de trasplante cardíaco en una cohorte

de 143 pacientes con síntomas de disfunción sistólica, además de la edad, la fracción de eyección del VI y el péptido natriurético cerebral.

Por tanto, es posible que la mecánica de la AI pueda influir en el manejo médico de los pacientes con IC, no solo para mejorar el diagnóstico, sino también para estimar la capacidad funcional y el pronóstico (4, 9).

#### **IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Podemos considerar a la insuficiencia cardiaca como la gran pandemia del siglo que inicia. Tan sólo en los Estados Unidos de Norteamérica se estima al menos 5 millones de personas padecen de esta enfermedad, su incidencia es de alrededor de 1 millón de casos por año y se asocia con mortalidad equivalente a 50,000 casos anuales; de hecho, es la primera causa de internamiento en mayores de 65 años, Por todo lo anterior representa un elevado costo para su tratamiento y control. En México, a pesar de no contar con datos precisos, es bien conocido que las enfermedades del corazón constituyen desde hace más de 5 años la primera causa de mortalidad global y dentro de éstas, la insuficiencia cardiaca se perfila como una de las causas directas. En México hay 750,000 pacientes que viven con insuficiencia cardíaca y el problema va en aumento. Se calcula que 75,000 pacientes adicionales tendrán insuficiencia cardíaca cada año. Solo el 25% de los hombres y el 38% de las mujeres con insuficiencia cardíaca seguirán con vida después de cinco años.

## V. JUSTIFICACIÓN

La insuficiencia cardiaca es un problema de salud pública de importancia total, de magnitud creciente y con implicaciones económicas. Su prevalencia aumenta con la edad: aproximadamente entre 1 y 2% de la población adulta tiene insuficiencia cardiaca, sin embargo, esta proporción es superior a 10 % en los individuos mayores de 70 años de edad. El diagnóstico no suele ser fácil porque los signos y síntomas no son patognomónicos y pueden ser modificados por tratamientos iniciados antes de la primera evaluación médica.

Los estudios de imagen (ecocardiografía, tomografía computarizada, gammagrafía, entre otros) desempeñan un papel central en el diagnóstico y tratamiento. De las modalidades anteriores, la ecocardiografía es el método diagnóstico de elección debido a su exactitud, disponibilidad (se puede hacer en la cama del paciente), seguridad (no expone al paciente a otros riesgos, como la radiación) y bajo costo. Provee información inmediata sobre las características físicas de las de llenado ventricular, los tiempos de desaceleración y relajación isovolumétrica, las ondas de las venas pulmonares y el índice volumétrico atrial final. Estos parámetros se pueden correlacionar con la aparición de desenlaces cardiacos. El tamaño y el volumen de la aurícula izquierda también son datos con los cuales se puede predecir la aparición de fibrilación auricular, insuficiencia cardiaca, eventos vasculares cerebrales y muerte. El índice volumétrico atrial final es el que tiene una mayor correlación con la presencia de desenlaces cardiovasculares cuando es mayor de 32 mL/m<sup>2</sup> de superficie corporal (normal, < 28 mL/m<sup>2</sup> de superficie corporal). El tamaño y el volumen auricular izquierdo están determinados por dos factores hemodinámicos: el aumento del volumen y de

la presión auricular; ambos condicionan el remodelamiento de la cavidad, el cual, a su vez, condiciona alteraciones en el tamaño y volumen de la aurícula y, por lo tanto, de su masa.

## **VI. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

¿El strain auricular izquierdo puede predecir la presencia de congestión pulmonar en Ecocardiografía de estrés?

## **VII. HIPÓTESIS**

### ***Hipótesis alterna (H1):***

El strain auricular izquierdo se encuentra alterado en pacientes con presencia de congestión pulmonar en Ecocardiografía de estrés, durante la fase de reposo.

### ***Hipótesis de nulidad (H0):***

El strain auricular izquierdo no muestra diferencia en pacientes con presencia de congestión pulmonar en Ecocardiografía de estrés, durante la fase de reposo.

## **VIII. OBJETIVOS**

### ***Objetivo General***

La función de reservorio, conducto y bomba auricular está alterada en pacientes con presencia de congestión pulmonar en Ecocardiografía de estrés, durante la fase de reposo.

### ***Objetivo Secundario***

La función de reservorio, conducto y bomba auricular está alterada en pacientes con presencia de congestión pulmonar en Ecocardiografía de estrés, durante la fase de reposo.  
Definir los valores de corte con respecto a la deformación auricular, mediante curvas de strain (con metodología de speckle-tracking), en pacientes mexicanos.

## **IX. MATERIAL Y MÉTODOS**

### ***Tipo de estudio:***

- Asignación de la maniobra: Observacional
- Seguimiento: Transversal
- Fuente de la información: Retrospectivo
- Grupo de comparación: Descriptivo
- Fuente de la información: Secundaria

### ***Población:***

Pacientes mexicanos con diagnóstico de insuficiencia cardiaca según la Definición Universal y Clasificación de Insuficiencia Cardiaca 2021.

### ***Criterios de inclusión:***

Pacientes mayores de 18 años de edad con diagnóstico de insuficiencia cardiaca según la Definición Universal y Clasificación de Insuficiencia Cardiaca 2021.

Seguimiento en el servicio de Ecocardiografía del Instituto Nacional de Cardiología “Ignacio Chávez”.

***Criterios de exclusión:***

Pacientes con insuficiencia cardiaca de fracción de eyección preservada.

***Criterios de eliminación:***

Pérdida de seguimiento ecocardiográfico.

## VARIABLES

<b>VARIABLES CLÍNICAS</b>		
<b>Variable</b>	<b>Categorías</b>	<b>Clasificación</b>
<b>Edad</b>	-	Continua
<b>Sexo</b>	Hombre / Mujer	Nominal dicotómica
<b>Estatura</b>	-	Continua
<b>Peso</b>	-	Continúa
<b>Índice de masa corporal</b>	-	Continua
<b>Área de superficie corporal</b>	-	Continúa
<b>Indicación</b>	Sí / No	Nominal dicotómica
Disnea	Sí / No	Nominal dicotómica
Dolor torácico atípico	Sí / No	Nominal dicotómica
Dolor torácico típico	Sí / No	Nominal dicotómica
Paciente de alto riesgo	Sí / No	Nominal dicotómica
<b>Bloqueo de rama izquierda</b>	Sí / No	Nominal dicotómica
<b>Hipertensión</b>	Sí / No	Nominal dicotómica
<b>Diabetes</b>	Sí / No	Nominal dicotómica
<b>Tabaquismo</b>	Sí / No	Nominal dicotómica
<b>Dislipidemia</b>	Sí / No	Nominal dicotómica
<b>Diálisis</b>	Sí / No	Nominal dicotómica

<b>EPOC</b>	Sí / No	Nominal dicotómica
<b>Frecuencia cardiaca</b>	-	Continua
<b>Presión arterial sistólica</b>	-	Continua
<b>Presión arterial diastólica</b>	-	Continua

<b>VARIABLES ECOCARDIOGRÁFICAS</b>		
Strain reservorio	-	Continua
Strain conducto	-	Continua
Strain contracción	-	Continua
iLVEDV (ml/m2)	-	Continua
iLVESV (ml/m2)	-	Continua
LVEF 3D (%)	-	Continua
Regurgitación mitral (%)	-	Continua
Ligera	-	Continua
Moderada	-	Continua
Fuerza LV	-	Continua
Líneas B	-	Continua
GLS (%)	-	Continua
MD (ms)	-	Continua

### ***Recolección de datos***

La evaluación ecocardiográfica se realizará por personal del departamento de Ecocardiografía. Se realizará el trazado de la superficie auricular con la herramienta de speckle tracking, con gatillado con el QRS. Se realizará posprocesamiento de las imágenes para la evaluación de deformación auricular mediante el software EchoPAC.

### ***Análisis estadístico***

Se utilizará el software STATA12.1 para el análisis de datos. Las variables categóricas serán expresadas en número en riesgo y porcentaje, y su comparación entre grupos se realizará con X<sup>2</sup>. Se buscará normalidad de las variables continuas mediante prueba de Shapiro-Wilks, las variables con distribución normal serán expresadas como medias y desviación estándar y las variables con distribución no paramétricas serán expresadas en medianas y rangos intercuartílicos, la comparación entre grupos se realizará con prueba de t de Student o rangos sumados de Wilcoxon según corresponda. Se definirá una diferencia estadísticamente significativa cuando la  $p < 0.05$  a dos colas. Las guías de insuficiencia cardíaca de 2016 serán utilizada como referencia.

## **X. ASPECTOS ÉTICOS Y DE BIOSEGURIDAD**

Toda investigación sobre aspectos clínicos de la salud humana debe ser fundamentada con principios éticos que promuevan el respeto en todos los seres humanos y para proteger la salud y los derechos individuales. La búsqueda del bien se refiere a la obligación ética de lograr los máximos beneficios y de reducir al mínimo el daño y la equivocación. Este principio da origen a normas que estipulan que los riesgos de investigación son razonables frente a los beneficios previstos, que el diseño de la investigación sea acertado y que los investigadores sean competentes para realizar la investigación y para salvaguardar el bienestar de las personas que participan en ella.

Según la declaración de Helsinki, el deber del médico es promover y velar por la salud, bienestar y derechos de los pacientes, incluidos los que participan en investigación médica. La investigación médica debe realizarse de manera que reduzca al mínimo el posible daño al medio ambiente. Además, la investigación médica debe ser llevada a cabo sólo por personas con la formación y calificaciones científicas apropiadas.

El presente trabajo cumple con el Capítulo Primero del Título Segundo de la Ley General de Salud en materia de Investigación ya que constituye una investigación sin riesgos para el paciente, que emplea métodos de investigación documental retrospectivo salvaguardando la identidad de la población incluida. No se realizará ninguna intervención o modificación en las variables fisiológicas, psicológicas o sociales de los individuos que participan en el estudio.

Finalmente, apegándose al Capítulo único del Título Quinto de la Ley General de Salud, el presente trabajo contribuye al conocimiento de los vínculos entre las causas de la enfermedad y la práctica médica para la prevención y control de problemas de la salud considerada importante en nuestra población.

Se ha inscrito protocolo ante la coordinación de investigación y la División de Enseñanza e Investigación del Instituto Nacional de Cardiología “Dr. Ignacio Chávez”.

## XI. RESULTADOS

Durante el periodo de abril de 2018 a abril de 2021, se realizaron un total de 89 pruebas de ecocardiografía de estrés, de las cuales 45 resultaron elegibles para nuestro estudio. La edad media de los pacientes incluidos fue de  $62 \pm 12$  años, el 53.3% correspondía al sexo femenino, la principal indicación del estudio fue dolor torácico atípico (40%), seguido de dolor torácico típico (35.5%), paciente de alto riesgo (20%) y disnea (4.4%). La gran mayoría de los pacientes eran hipertensos (75.6%) y el 44.4% de ellos tenían diagnóstico de diabetes mellitus; además de otras comorbilidades como dislipidemia en el 28.9%, enfermedad renal crónica en terapia de sustitución rena (4.4%) y EPOC en el 2.2% (Tabla 1).

**Tabla 1. Características de la población:**

<b>Edad (años)</b>	62 ± 12
<b>Sexo femenino (%)</b>	24 (53.3)
<b>Estatura (cm)</b>	160 ± 8
<b>Peso (kg)</b>	72.6 ± 12.4
<b>Índice de masa corporal</b>	28.4 ± 4.5
<b>Área de superficie corporal (m2 SC)</b>	1.79 ± 0.18
<b>Indicación (%)</b>	
Disnea	2 (4.4)
Dolor torácico atípico	18 (40)
Dolor torácico típico	16 (35.5)

Paciente de alto riesgo	9 (20)
<b>Bloqueo de rama izquierda (%)</b>	3 (6.7)
<b>Hipertensión (%)</b>	34 (75.6)
<b>Diabetes (%)</b>	20 (44.4)
<b>Tabaquismo (%)</b>	Activo 11 (24.4) Inactivo 9 (20)
<b>Dislipidemia (%)</b>	13 (28.9)
<b>Diálisis (%)</b>	2 (4.4)
<b>EPOC (%)</b>	1 (2.2)
<b>Frecuencia cardiaca (lpm)</b>	64 (59-73)
<b>Presión arterial sistólica (mmHg)</b>	132 ± 21
<b>Presión arterial diastólica mmHg)</b>	71 (63-80)

Dentro de las características ecocardiográficas, se encontró un valor de strain de reservorio para nuestro grupo de  $30.6 \pm 8$ , strain de conducto de  $15.7 \pm 5.2$  y strain de contracción de  $15.1 \pm 6.1$ . Además de volúmenes del ventrículo izquierdo indexados al final de la diástole y sístole de  $55 \text{ mL/m}^2$  (47.3-64.5) y  $20.5 \text{ mL/m}^2$  (17-28.4) respectivamente; con una fracción de eyección de ventrículo izquierdo por método 3D de  $59 \pm 9\%$ . De los 45 pacientes seleccionados 9 se encontraron con presencia de congestión pulmonar en la fase de estrés del ecocardiograma (Tabla 2).

**Tabla 2. Características ecocardiográficas de la población:**

<b>Strain reservorio</b>	30.6 ± 8
<b>Strain conducto</b>	15.7 ± 5.2
<b>Strain contracción</b>	15.1 ± 6.1
<b>iLVEDV (ml/m2)</b>	55 (47.3-64.5)
<b>iLVESV (ml/m2)</b>	20.5 (17-28.4)
<b>LVEF 3D (%)</b>	59 ± 9
<b>Regurgitación mitral (%)</b>	
Ligera	1 (2.2)
Moderada	0
<b>Fuerza LV</b>	6.1 ± 1.9
<b>Líneas B</b>	
<b>GLS (%)</b>	20.4 ± 3.8
<b>MD (ms)</b>	45.6 ± 16

Al realizar el análisis multivariado, se encontró una diferencia estadísticamente significativa en el grupo de pacientes con terapia de sustitución renal con un valor de P de 0.004, en donde el strain de aurícula izquierda pudo predecir la aparición de congestión pulmonar durante la fase de estrés del estudio.

**Tabla 3. Análisis multivariado**

<b>Variable</b>	<b>Sin congestión pulmonar n= 36</b>	<b>Con congestión pulmonar n= 9</b>	<b>Valor de P</b>
<b>Edad (años)</b>	64 ± 12	56 ± 14	0.091
<b>Sexo (%)</b>	20 (55.6)	4 (44.9)	0.551
<b>Estatura (cm)</b>	159 ± 8	161 ± 8	0.476
<b>Peso (kg)</b>	73 ± 12	69 ± 12	0.303
<b>Índice de masa corporal</b>	29 ± 4.4	26 ± 4.4	0.113
<b>Área de superficie corporal (m2 SC)</b>	1.8 ± 0.18	1.7 ± 0.19	0.473
<b>Indicación (%)</b>			0.180
Disnea	2 (5.5)	0	
Dolor torácico atípico	16 (44.4)	2 (22.2)	
Dolor torácico típico	10 (27.8)	6 (66.7)	
Paciente de alto riesgo	8 (22.2)	1 (11.1)	

<b>Bloqueo de rama izquierda (%)</b>			
<b>Hipertensión (%)</b>	2 (5.56)	1 (11.1)	0.550
<b>Diabetes (%)</b>	26 (72.2)	8 (88.9)	0.298
<b>Tabaquismo (%)</b>			0.526
Activo	9 (25)	2 (22.2)	
Abandonado	6 (16.7)	3 (33.3)	
<b>Dislipidemia (%)</b>	9 (25)	4 (44.4)	0.250
<b>Diálisis (%)</b>	0	2 (22.2)	0.004
<b>EPOC (%)</b>	1 (2.7)	0	0.613
<b>Frecuencia cardiaca (lpm)</b>	62 (56-74)	66 (64-69)	0.504
<b>Presión arterial sistólica (mmHg)</b>	133±22	130 ± 21	0.683
<b>Presión arterial diastólica (mmHg)</b>	71 (61-81)	70 (64-72)	0.809

<b>Variable</b>	Sin congestión pulmonar n= 36	Con congestión pulmonar n= 9	Valor de P
<b>Strain reservorio</b>	30 ± 8	33 ± 8	0.338
<b>Strain conducto</b>	15.2 ± 5.2	18 ± 5.2	0.16

<b>Strain contracción</b>	15.1 ± 6.4	15.1 ± 5	0.981
<b>iLVEDV (ml/m2)</b>	55 (44-65)	55 (50-63)	0.349
<b>iLVESV (ml/m2)</b>	21 (17-28.5)	19.5 (17-27)	0.977
<b>LVEF 3D (%)</b>	59 ± 9	60±10	0.786
<b>Regurgitación mitral (%)</b>			0.613
Ligera	1 (2.8)	0	
Moderada	0	0	
<b>Fuerza LV</b>	6.2 ± 1.9	5.7 ± 1.2	0.462
<b>Líneas B</b>			
<b>GLS (%)</b>	20.8 ± 3.4	19.1 ± 5	0.256
<b>MD (ms)</b>	45.8 ± 16	44.6 ± 36.6	0.846

## **XII. DISCUSIÓN**

La ecocardiografía es una técnica de gran utilidad en cuanto al diagnóstico y el manejo de pacientes con insuficiencia cardíaca. El strain de la aurícula izquierda (SAI) estimado por ecocardiografía bidimensional con speckle tracking ha adquirido importancia como parte de la evaluación de la función diastólica y estimación de las presiones de llenado del ventrículo izquierdo (VI), así como también en la predicción de eventos adversos en varias patologías, como insuficiencia cardíaca, fibrilación auricular (FA) e infarto agudo de miocardio. La aurícula izquierda (AI) contribuye a la hemodinamia cardíaca, modulando el llenado del VI a través de la interacción de la función de reservorio, conducción y fuerza contráctil. La función de reservorio se corresponde con la contracción isovolumétrica del VI, su eyección y relajación isovolumétrica. Esta depende de la función sistólica del VI, el tamaño de la aurícula y su complacencia. La función de conducción se corresponde con la fase temprana de llenado ventricular y es modulada por la complacencia auricular y la relajación del VI. Por último, la función contráctil depende del retorno venoso pulmonar (precarga auricular), de la presión ventricular de fin de diástole (poscarga auricular) y de la reserva contráctil de la aurícula. El SAI es un parámetro de función auricular no volumétrico, es decir evalúa su función como bomba muscular, siendo muy importante la deformación del tejido auricular y el sentido en el que se realiza. A través del strain auricular longitudinal se pueden medir las funciones de reservorio, de conducción y de bomba, que se correlacionan inversamente con el grado de fibrosis estimado por resonancia nuclear magnética con realce tardío de gadolino. Un valor de strain bajo nos orienta hacia una aurícula fibrosa, no complaciente y con disminución de su capacidad contráctil. En nuestro estudio, se analizó el SAI como predictor de congestión pulmonar en pacientes sometidos a ecocardiografía de estrés, durante su fase

de reposo. De un total de 45 pacientes estudiados 9 de ellos presentaron congestión pulmonar, definida como un delta de líneas B mayor a 2. No existió una asociación estadísticamente significativa entre la aparición de líneas B en las variables sometidas, exceptuando en paciente que se encontraban en diálisis, en donde el strain de aurícula izquierda pudo predecir la aparición de congestión pulmonar durante la fase de estrés del estudio. Este hecho, se plantea por el aumento de permeabilidad vascular que tienen dicho grupo de pacientes, lo cual facilita la aparición del delta de líneas B definido.

### **XIII. CONCLUSIÓN**

En nuestra población de estudio, no existió correlación entre el strain auricular izquierdo en fase de reposo, como predictor de congestión pulmonar en la fase de estrés de la ecocardiografía, para los pacientes analizados en cada una de sus variables clínicas; exceptuando a los pacientes que se encontraban en terapia de sustitución renal, para los cuales sí se identificó al strain de aurícula izquierda en fase de reposo como predictor de congestión en la fase de estrés.

## XIV. ANEXO

### 1. Hoja de recolección de datos

<b>Paciente</b>	
<b>Edad (años)</b>	
<b>Sexo (%)</b>	
<b>Estatura (cm)</b>	
<b>Peso (kg)</b>	
<b>Índice de masa corporal</b>	
<b>Área de superficie corporal (m<sup>2</sup> SC)</b>	
<b>Indicación (%)</b>	
Disnea	
Dolor torácico atípico	
Dolor torácico típico	
Paciente de alto riesgo	
<b>Bloqueo de rama izquierda (%)</b>	
<b>Hipertensión (%)</b>	
<b>Diabetes (%)</b>	
<b>Tabaquismo (%)</b>	
<b>Dislipidemia (%)</b>	
<b>Diálisis (%)</b>	
<b>EPOC (%)</b>	
<b>Frecuencia cardiaca (lpm)</b>	

<b>Presión arterial sistólica (mmHg)</b>	
<b>Presión arterial diastólica mmHg)</b>	
<b>Strain reservorio</b>	
<b>Strain conducto</b>	
<b>Strain contracción</b>	
<b>iLVEDV (ml/m2)</b>	
<b>iLVESV (ml/m2)</b>	
<b>LVEF 3D (%)</b>	
<b>Regurgitación mitral (%)</b>	
Ligera	
Moderada	
<b>Fuerza LV</b>	
<b>Líneas B</b>	
<b>GLS (%)</b>	
<b>MD (ms)</b>	

## 2. Cronograma de actividades

Actividad	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
Revisión de literatura	X	X	X	X	X	X
Inscripción de protocolo en Enseñanza		X				
Presentación a comité de investigación			X			
Colecta de datos y análisis descriptivo de variables			X	X	X	
Presentación de avances a comité de tesis				X	X	
Escritura de tesis					X	
Sustentación de tesis						X

## **XV. BIBLIOGRAFÍA**

1. Ponikowski P, Voors AA, Anker SD, et al. ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure: The Task Force for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure of the European Society of Cardiology (ESC) Developed with the special contribution of the Heart Failure Association (HFA) of the ESC. *Eur Heart J*. 2016;37(27):2129-2200.
2. Hoit B. Assessment of Left Atrial Function by Echocardiography: Novel Insights. *Curr Cardiol Rep*. 2018;20(10):96.
3. Badano LP, Kholia TJ, Muraru D, et al. Standardization of left atrial, right ventricular, and right atrial deformation imaging using two-dimensional speckle tracking echocardiography: a consensus document of the EACVI/ASE/Industry Task Force to standardize deformation imaging. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2018;19(6):591-600.
4. Vieira MJ, Teixeira R, Goncalves L, et al. Left atrial mechanics: echocardiographic assessment and clinical implications. *J Am Soc Echocardiogr*. 2014;27(5):463-78.
5. Bozkurt B, Coats AJ, Tsutsui H, et al. Universal Definition and Classification of Heart Failure: A Report of the Heart Failure Society of America, Heart Failure Association of the European Society of Cardiology, Japanese Heart Failure Society and Writing Committee of the Universal Definition of Heart Failure. *J Card Fail*. 2021;S1071-9164(21)00050-6.
6. Reddy YNV, Obokata M, Wiley B, Koepp KE, Jorgenson CC, Egbe A, Melenovsky V, Carter RE, Borlaug BA. The haemodynamic basis of lung congestion during

exercise in heart failure with preserved ejection fraction. *Eur Heart J.* 2019; 40: 3721-3730.

7. Borlaug BA, Kane GC, Melenovsky V, Olson TP. Abnormal right ventricular-pulmonary artery coupling with exercise in heart failure with preserved ejection fraction. *Eur Heart J.* 2016; 37: 3293-3302.
8. Obokata M, Olson TP, Reddy YNV, Melenovsky V, Kane GC, Borlaug BA. Haemodynamics, dyspnoea, and pulmonary reserve in heart failure with preserved ejection fraction. *European Heart Journal.* 2018; 39: 2810-2821.
9. Eisman AS, Shah RV, Dhakal BP, Pappagianopoulos PP, Wooster L, Bailey C, Cunningham TF, Hardin KM, Baggish AL, Ho JE, Malhotra R, Lewis GD. Pulmonary capillary wedge pressure patterns during exercise predict exercise capacity and incident heart failure. *Circ Heart Fail.* 2018; 11: e004750.