Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey

Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud

“Valores del strain de la aurícula izquierda en sujetos sin enfermedad cardiovascular del programa enfermero saludable”

Presentada por

Héctor Guillermo Betancourt del Campo

para obtener el grado de

Especialidad en Cardiología Clínica

Director de tesis:

Dr. Carlos Jerjes Sánchez

Codirector de tesis:

Dr. Arturo Cadena Payton

Monterrey, Nuevo León. México 24 de noviembre 2020

Instituto Tecnologico y de Estudios Superiores de Monterrey

Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud.

Los integrantes del comité aprueban la tesis de **Héctor Guillermo Betancourt del Campo**, que presenta para cubrir el requisito parcial de obtención del grado de:

Especialista en Cardiología Clínica

Comité de tesis.

Dr. Carlos Jerjes Sánchez
Director de Comité

Dr. Erasmo de la Peña Almaguer
Sinodal

Dra. Juan Alberto Quintanilla Gutiérrez
Sinodal

Dr. Carlos Jerjes Sánchez
Director del Programa de Cardiología

Agradecimientos.

Mi agradecimiento más profundo y sincero a mi maestro el Dr. Carlos Jerjes Sánchez quien a través de mi historia por la residencia en cardiología ha creído en mí, recordándome lo valioso que soy y el grandioso potencial que me ha enseñado a reencontrar y explotar con dignidad y valentía sin desdeñar la naturaleza humana de mi existencia, reconoció en mi los logros invisibles a mis ojos, dedicando en cada platica una frase de vida que se va a quedar para siempre, porque se debe de vivir un día a la vez, disfrutándolo, reconociendo y exprimiendo cada una de las oportunidades que se me ofrecen, aceptando mi realidad para transformarla todos los días en algo mejor. Le agradezco tanto, que en la soledad, desánimo e incertidumbre durante mi servicio en la unidad de cuidados intensivos en esta pandemia pasaban por mis pensamientos sus palabras confiado acertadamente que él también pensaba en su residente como un padre cuida de su hijo, reconozco su empatía en cada charla o esas llamadas que llenaban el alma por días enteros, agradezco su compañía a lo largo de estos tres años. También agradezco a mis maestros, en especial al Dr. Juan Quintanilla quien me ha ayudado a forjar el carácter necesario para enfrentar y manejar cualquier situación con determinación y seguridad no solo en el ámbito de la cardiología sino también en mi vida cotidiana ofreciendo soluciones acertadas y respaldadas con conocimiento sólido y perdurable. Agradezco al Dr. Cadena Payton que invirtió gran parte de sus días en el desarrollo de esta tesis, sin él, nada hubiera sido posible, le agradezco haber sido mi mentor y guía durante mi paso por esta maravillosa etapa de formación académica.

Dedicatoria

Esta tesis, símbolo del culmen de una alianza que hice conmigo mismo para superarme se la dedico como siempre, primero a Dios, presente en mi mente cuando me acuesto y me levanto, cómplice de cada paso y decisión, amigo incansable, mi inspiración y alegría, le dedico además cada minuto de mi existencia.

A todos mis maestros, que me han ayudado a cumplir con este gran proyecto.

A mis padres, en especial a mi querida madre, Sandra Luz Del Campo por su amor incondicional y por esperar en mí siempre algo mejor.

A todos los médicos alrededor del mundo que han perdido la vida en esta batalla contra el COVID-19, a los médicos mexicanos que han dejado un gran vacío en el gremio, en especial a los médicos residentes que continúan su lucha incansable por el bienestar de la humanidad honrando a los que han caído desde que inició esta pandemia.

Capítulo 1- Resumen……..6

1.1 Abreviaturas……...8

Capítulo 2- Planteamiento……....9

2.1 Antecedentes……..9

2.2 Planteamiento del problema……..10

2.3 Pregunta de Investigación…….…12

2.4 Objetivo primario……...……..13

2.5 Objetivos secundarios…….……..13

2.6 Hipótesis nula…….…….…13

2.7 Hipótesis Alterna…….…….13

2.8 Justificación…….…….13

2.9 Alcance del Estudio……..14

Capítulo 3-Marco teórico……15

3.1 Antecedentes

Capítulo 4- Metodología……...30

4.1 Diseño del estudio…….30

4.2 Materiales…….30

4.2.1 Pacientes……30

4.2.2 Criterios de selección de la muestra……..30

4.2.3 Criterios de inclusión…….31

4.2.4 Criterios de exclusión……....31

4.2.5 Calculo del tamaño de la muestra……..32

4.2.6 Técnica de muestreo……..32

4.2.7 Visita…….33

4.2.8 Historia clínica……...34

4.3 Metodología…….34

4.3.1 Tabla de variables…….34

4.4 Análisis estadístico……...35

4.5 Programa de análisis de datos……...36

4.6 Consideraciones éticas……..36

4.6.1 Cumplimiento con leyes y regulaciones……36

4.7 Consentimiento informado……...36

Capítulo 5- Resultados…….38

Capítulo 6- Análisis de resultados……..…….43

Capítulo 7- Discusión de resultados……...…….……61

Capítulo 8- Bibliografía……...…….……...……62

Capítulo 9- Anexos……...…66

9.1 Tablas de características Clínicas y demográficas……66

9.2 Forma de Consentimiento informado……...78

Capítulo 10- Currículum Vitae……87

Capítulo 1- Resumen.

Antecedentes:

El funcionamiento aurícular izquierdo ha sido cuantificado por métodos que arrojan resultados tardíos, es decir, cuando la función auricular se encuentra comprometida y se interpreta como subrogado de disfunción diastólica ventricular. El strain de la aurícula izquierda ha surgido como un método fidedigno, altamente sensible y sobre todo con un alto valor predictivo en la detección de disfunción diastólica del ventrículo izquierdo y en una amplia gama de patologías ofreciendo un panorama terapéutico temprano.

Objetivos:

El objetivo principal es cuantificar los valores normales del strain auricular izquierdo en una cohorte mexicana sin enfermedades cardiovasculares para estandarizar estos valores en nuestra población.

Métodos:

Se reclutaron 44 pacientes sin enfermedad cardiovascular, se excluyeron 3 participantes. Se les realizó ecocardiograma transtorácico estándar y se cuantificó el strain auricular izquierdo en sus tres fases de reservorio, conducción y contracción.

Resultados:

Fase de reservorio, 41.8 % (SD 5.7), fase de conduccion 24.2%, (SD 4.2), fase de contracción auricular 17.4% (SD 3.4), diferencia significativa con respecto a la bibliografía en la fase de reservorio p=0.004

Conclusiones:

La población estudiada tiene mayor función de reservorio en comparación con la literatura, es necesario un mayor tamaño de muestra para validar estos resultados y encontrar una correlación entre este hallazgo y otras variables clínicas.

1.1 Abreviaturas.

Palabras clave: DLP Dislipidemia, DM Diabetes mellitus, EACV Enfermedad aterosclerótica cardiovascular, ECV Enfermedad cardiovascular, ERC Enfermedad renal crónica, FEVI Fracción de expulsión del ventrículo izquierdo, FRCV Factor de riesgo cardiovascular, GLS Strain longitudinal global, HDL Lipoproteína de alta densidad, HTA Hipertensión arterial, HZH Hospital Zambrano Hellion, ICC Insuficiencia cardíaca, IMC Índice de masa corporal, LDL Lipoproteína de baja densidad, TA Tensión arterial

Capítulo 2- Planteamiento del Problema.

2.1 Antecedentes.

El problema surge en el momento de identificar tardíamente los parámetros de disfunción diastólica, momento cuando el paciente ya presenta una hemodinámica ventricular comprometida. Por esto surge la necesidad de estudiar nuevos métodos para evaluar de forma más exacta y temprana la mecánica sistolo-diastólica antes de iniciar manifestaciones clínicas de deterioro . Partiendo de esta premisa, el strain auricular izquierdo se ha convertido en una novedosa herramienta que en estadios tempranos puede predecir el riesgo de desarrollar complicaciones cardiovascular secundarias a la disfunción diastólica, como consecuencia de un sometimiento continuo a presiones y volúmenes aumentados del ventrículo izquierdo. Por lo tanto, surge así la necesidad de estandarizar el strain auricular izquierdo para conocer los valores normales en sujetos mexicanos. Hasta nuestro conocimiento, este sería el primer estudio en nuestro medio que analiza el strain auricular. . Considerando que el strain auricular está al alcance de muchos centros en el país, esta investigación pudiera ayudar a generar nuevas hipótesis para mejorar la atención de los pacientes con factores de riesgo cardiovascular.

2.2 Planteamiento del Problema.

La dinámica ventricular esencialmente consiste en una precarga adecuada, resistencias vasculares periféricas (poscarga) y la contracción ventricular, sin embargo, esta última depende en forma importante de la funcionalidad de la aurícula izquierda (AI), encargada de recibir volumen de la circulación pulmonar y posteriormente vaciar su contenido al ventrículo izquierdo en una fase pasiva. Esta consiste en el llenado ventricular por gravedad y el efecto de succión que se produce al momento de relajarse, por último, la "patada" auricular que aporta más del 20 % del volumen que expulsa el ventrículo izquierdo.

Actualmente se cuenta con técnicas avanzadas para evaluar la dinámica ventricular; como ecocardiografía modo bidimensional, tridimensional, Doppler de flujos, Doppler tisular, así como fórmulas de cálculo avanzadas basadas en las leyes físicas vigentes en el flujo de líquidos y mantenimiento de las presiones intracavitarias. Una de ellas es el "speckle tracking", el cual se puede considerar como uno de los avances ecocardiográficos más importantes en los últimos tiempos y que permite calcular la función ventricular de una forma más exacta. Este método se basa en el seguimiento de partículas seleccionadas por el programa, al seguir su movimiento en el espacio de forma longitudinal, radial y circunferencial para calcular un porcentaje de acortamiento de cada una de las secciones previamente seleccionadas por el sistema, esto permite conocer la dinámica ventricular de cada una de las regiones del ventrículo por separado y no como un todo como se ha realizado con la fracción de expulsión del ventrículo izquierdo (FEVI). El porcentaje de acortamiento longitudinal es el estándar para valorar el

funcionamiento ventricular, aunque cada uno puede ser utilizado dependiendo del contexto que se evalúe . La FEVI es el parámetro más utilizado que permite conocer la mecánica del VI, sin embargo, no es suficientemente sensible para detectar disfunción miocárdica por lo que el speckle tracking, ha ganado popularidad ya que permite al clínico realizar un abordaje más sofisticado y preciso de la función tanto sistólica como diastólica del VI.

Existe numerosa evidencia con el ecocardiograma transtorácico en 2D donde el strain longitudinal global (SLG) es el parámetro más robusto y confiable para detectar disfunción sistólica y diastólica subclínica e identificar pacientes de alto riesgo en estadios tempranos de disfunción ventricular. A través de esta evidencia existe la seguridad de que los valores de referencia fueron realizados en una población sin enfermedad cardiovascular, promediados con resultados de otros estudios para su correlación y pronóstico con diferentes patologías cardíacas.

Considerando que en un principio la dinámica ventricular depende de diversos factores, esta se ve afectada por algunos componentes relacionados con la precarga, poscarga y la contractilidad del miocardio. La primera de ellas depende de forma importante del funcionamiento auricular, esta cavidad contribuye a la hemodinámica ventricular modulando el llenado del VI al funcionar como reservorio, conducción y contracción, estas funciones son esenciales para el mantenimiento de una buena hemodinámica ventricular ya que el VI depende de la precarga para un adecuado funcionamiento; cuando cualquiera de estas tres funciones auriculares se pierde o deteriora es posible que aparezca disfunción no sólo sistólica sino también diastólica, la función de la cavidad mencionada ha sido

abordada a través de las curvas de presión-volumen de forma invasiva, sin embargo existe un abordaje no invasivo de la AI la cual se lleva a cabo predominantemente por análisis ecocardiográfico volumétrico y Doppler, cualquiera que sea el abordaje sería interesante analizar con el strain auricular en condiciones clínicas como enfermedades crónico-degenerativas, insuficiencia cardíaca , enfermedad valvular y fibrilación auricular.

Considerando la amplia aceptación de este método, se requiere una definición de los valores de referencia, se han descrito sobre la base de una evidencia limitada. Sin embargo, los componentes del strain auricular tienen algún grado de variaciones metodológicas, por ejemplo, el inicio de su medición (inicio de la onda P o del QRS), inclusión o exclusión de la raíz de la AI y qué proyecciones apicales se utilizaron (4 cámaras solamente o 4 y 2 cámaras) resultando en unos valores de la AI como reservorio, conducto o contracción.

Recientemente un metaanálisis describió los valores de las tres funciones de la AI con speckle tracking, esta información en población hispana es limitada, en México, hasta nuestro conocimiento, no se ha realizado un estudio para conocer los parámetros de normalidad en sujetos sin enfermedad cardiovascular, por lo tanto, es imperativo realizar un análisis en dicha población para obtener dichos valores.

2.3 Pregunta de Investigación.

¿Cuáles son los valores del strain auricular en una población sin enfermedad cardiovascular?

2.4 Objetivo Primario.

Describir la distribución del strain auricular de reservorio, conducción y contracción de los enfermeros del programa ENTEC sin enfermedad cardiovascular

2.5 Objetivos Secundarios.

No se estudiaron objetivos secundarios

2.6 Hipótesis Nula.

No aplica

2.7 Hipótesis Alterna.

No aplica

2.8 Justificación.

Hasta nuestro conocimiento, en la población mexicana no hay estudios que analicen con ecocardiografía en 2D la aurícula izquierda los valores del strain auricular con speckle tracking. Se que es una limitante, pero mi objetivo es ver en esta población en específico sometidos a una carga de estrés conocer cuáles son los valores del strain auricular, por lo tanto, el conocer este parámetro podría ser el primer paso para intentar una estandarización en una población en especial. Partiendo de esta premisa y conociendo los rangos en una población sin enfermedad cardiovascular sería posible iniciar otros estudios para estudiar la patología cardíaca en estadios más tempranos.

2.9 Alcance del Estudio.

Los resultados de esta investigación serán utilizados para continuar con la investigación del funcionamiento auricular izquierdo, partiendo de la necesidad de tener valores más cercanos a lo real en una población anteriormente no estudiada, la intención es idear nuevas hipótesis de investigación para en un futuro concretar mejores opciones terapéuticas para los pacientes con fracción de expulsión preservada y como valor pronóstico en algunas patologías como fibrilación auricular, valvulopatía mitral y pacientes llevados a ablación de las venas pulmonares. Puede ser aplicado a nivel local, se necesitarían estudios más robustos para un alcance nacional ya que la diversidad genética mexicana es bastante amplia.

Capítulo 3- Marco teórico.

Una revisión sistematizada y meta-análisis de los valores normales del strain auricular izquierdo con speckle tracking mediante ecocardiograma transtorácico 2D incluyó estudios con un tamaño de muestra mayor a 30 participantes sin factores de riesgo y sin enfermedad cardiovascular. (1) Se identificaron 2,542 pacientes que cumplieron los criterios de inclusión, los resultados sugieren como valores normales de referencia strain reservorio de 39% (95% CI, 38%–41%,), strain de conducción de 23%(95% CI, 21%–25%,), y para strain de contracción de 17% (95% CI, 16%–19%). La mayor proporción de los estudios determinaron el strain reservorio, y la menor proporción strain de conducción y de contracción. Una minoría determinó las tres funciones auriculares conocidas (reservorio, conducción y contracción). Cada uno de estos estudios se encuentran en un contexto diferente, donde el strain auricular izquierdo puede considerarse como un componente extra de la función ventricular, lo que traduce una alteración que pudiera expresar una forma temprana de disfunción ventricular. La hipertensión, es un factor de riesgo dominante para pacientes con insuficiencia cardiaca con fracción de expulsión preservada ya que la disfunción sistólica que se desarrolla con esta enfermedad se cree que está asociada a síntomas asociados a insuficiencia cardíaca. (1) Aunque la sobrecarga del ventrículo izquierdo puede inducir hipertrofia como expresión de una remodelación compensatoria, es posible que la relajación se encuentre disminuida, este aumento de presiones y cambios en la dinámica ventricular repercuten en la AI .

Datos recientes demuestran en una población sin enfermedad cardiovascular, que antes de la aparición de la disfunción diastólica existe compromiso del strain auricular izquierdo, especialmente en grupos mayores de edad. (2) Considerando que la prevalencia de enfermedades cardiovasculares se incrementa con la edad, aunado a una mayor incidencia de enfermedad cardiovascular, el strain auricular podría ser un elemento para identificar sujetos con riesgo alto. (2) Además, estudios recientes en población en general han demostrado que el péptido natriurético cerebral tipo B (PNC) se eleva con la edad y se considera como un predictor de enfermedad cardiovascular. (2) En pacientes con factores de riesgo cardiovascular y con insuficiencia cardiaca con función ventricular preservada, el endurecimiento arterial se considera un determinante clave de eventos cardiovasculares incluyendo el "acoplamiento ventrículo-arterial". Por otro lado, el tamaño de la AI se ha propuesto como un biomarcador de disfunción ventricular izquierda (1), ya que la rigidez ventricular izquierda pudiese exigir una mayor contracción de la AI para favorecer el llenado activo. Además, el llenado rápido se ve disminuido por las paredes rígidas y muchas veces por una cavidad ventricular disminuida secundaria a la hipertrofia concéntrica la cual limita en forma importante el llenado del ventrículo izquierdo. Por lo tanto, una detección temprana del acoplamiento AI-VI en pacientes sanos y con enfermedad subclínica podría ser un predictor de mala evolución por disfunción ventricular y generar cambios en el estilo de vida y control estricto de factores de riesgo para reducir el riesgo (3).

La diabetes mellitus también es un factor asociado a anormalidades morfológicas de la AI . Un incremento en pacientes con hipertensión arterial y diabetes es un

hallazgo común y el mecanismo se ha analizado extensamente (4). El impacto de esta condición se ha demostrado mediante ecocardiografía al analizar el volumen de la AI , con imagen estándar Doppler, flujo venoso pulmonar o transmitral, Doppler tisular del movimiento de la pared miocárdica de la AI(4) Sin embargo, estas medidas están limitadas por presunciones geométricas, reproducibilidad subóptima y limitaciones técnicas comunes a todas las técnicas basadas en Doppler. Muchos de estos estudios incluyeron pacientes en quienes no se evaluó el tamaño de la AI . Esto genera la pregunta de, si la disfunción de la AI en pacientes con hipertensión y diabetes pudiera detectarse en ausencia de crecimiento atrial. Esta pregunta podría ser de interés clínico, ya que en la práctica clínica, el tamaño del atrio izquierdo comúnmente se utiliza como un subrogado de la función de la AI . (4) Existe controversia sobre la influencia de los desórdenes subclínicos tiroideos en la morbilidad y mortalidad cardiovascular. Evidencias sugieren que el hipertiroidismo subclínico incrementa la mortalidad por todas las causas, incidencia de fibrilación auricular, y riesgo de eventos cardiovasculares adversos mayores por insuficiencia cardiaca.(5)

Aún no se ha dilucidado el papel del remodelado auricular en el hipertiroidismo subclínico, por lo que sería de relevancia clínica tratar de identificar el mecanismo de la fibrilación auricular y de la insuficiencia cardiaca. Solo un estudio investigó la dinámica atrial en pacientes con hipertiroidismo con ecocardiograma 2D e identificaron disfunción de la AI (5). Nacar y cols, (5). estudiaron sujetos con hipertiroidismo y no encontraron ninguna diferencia entre los volúmenes de aurícula derecha e izquierda, pero identificaron retraso

electromecánico intra-atrial y de AI – derecha. Esto recuerda el comportamiento del electrocardiograma en pacientes con hipertensión pulmonar y crecimiento auricular en donde se pueden observar cambios en la amplitud de la onda P, por la sobrecarga e incremento en el tamaño de la aurícula derecha. En cambio, cuando hay sobrecarga de presión o de volumen en el corazón por hipertensión o insuficiencia mitral u otras patologías que condicionan incremento de la presión intra-auricular izquierda y crecimiento es posible identificar aumento en la duración de la onda P. Por otro lado una onda P bifásica podría significar retraso en la conducción interatrial por el Haz de Bachman.

Strain ventricular

La función sistólica del ventrículo izquierdo en pacientes con enfermedades cardiovasculares es una variable independiente de sobrevida hospitalaria, a mediano y largo plazo. El parámetro más utilizado es la FEVI Además, este parámetro también se ha utilizado para seleccionar pacientes para implante de dispositivos, procedimientos quirúrgicos y tratamientos farmacológicos, sin embargo, depende de la experiencia del observador y se afecta de una forma significativa por la variabilidad intraobservador e interobservador (6) La función global del VI es el resultado de la contracción continua y relajación de una arquitectura miocárdica compleja compuesta por fibras geométricas, donde la geometría helicoidal derecha en la capa subendocárdica de la pared miocárdica gradualmente cambia a una geometría izquierda en la capa subepicárdica. La contracción de las fibras determina los cambios en el tamaño y forma del VI como

resultado de la contracción longitudinal concomitante, rotación circunferencial y adelgazamiento radial del miocardio.

La particular estructura de doble hélice de las fibras de miocardio resulta en la rotación sistólica de la base al ápex del VI en direcciones opuestas alrededor de su eje longitudinal y la sustracción algebraica de esta rotación causa torcimiento del músculo cardiaco. A través de este movimiento muscular la base se mueve hacia el ápex produciendo acortamiento longitudinal del VI. Así pues, la contracción ventricular sistólica resulta de la acción simultánea de acortamiento y torsión del VI, componente fundamental de la función cardíaca. (7) La FEVI provee un índice global de la función de cámara del VI, sin embargo no toma en cuenta el papel relativo de los diferentes componentes de la función miocárdica (deformación en varias direcciones y rotación) que pueden verse afectados por diferentes enfermedades cardiovasculares, aun cuando la FEVI se encuentra dentro de parámetros normales. (6)

El ecocardiograma con speckle tracking surge recientemente como una nueva técnica objetiva y cuantitativa para evaluar la función del miocardio global y regional independientemente del ángulo de la insonación. Una característica es que no se modifica por los movimientos traslacionales del corazón y por su carácter tridimensional puede evaluar simultáneamente todo el miocardio del VI (6) Inicialmente los movimientos rotacionales del VI se median utilizando métodos invasivos. Sin embargo, en las últimos 20 años las técnicas de imagen no invasivas como la resonancia magnética se han convertido en la prueba de oro y actualmente con el desarrollo del strain longitudinal se ha redireccionado el estudio de la

mecánica rotacional del ventrículo izquierdo con excelente correlación con la resonancia magnética (r=0.93)(7). Este método ha demostrado mayor precisión y mayor valor predictor positivo (8).

Disfunción diastólica medida con strain

El strain longitudinal global diastólico durante el periodo de relajación isovolumétrica y durante la diástole temprana con speckle tracking con ecocardiografía se obtiene una asociación significativa con la constante del tiempo de la relajación ventricular izquierda. Este método en diferentes enfermedades junto con la velocidad mitral E (E/e´sr) se utiliza para estimar la presión del llenado ventricular y como pronóstico. (8) Se puede indexar la (E/e´) obtenida del anillo mitral lateral y septal como abordaje basado en velocidades de la relajación temprana del VI, pero puede que no refleje la disfunción diastólica ya que mide solamente el movimiento de una pared del miocardio. Además es ángulo dependiente, por lo tanto la evaluación de la proporción diastólica global del strain (E/e´sr) por speckle tracking parece ser superior al Doppler tisular (TDI). (9) Recientemente en pacientes con insuficiencia cardiaca se analizó el valor pronóstico de la presión del llenado ventricular con speckle tracking y se demostró su superioridad comparado con el Doppler tisular. (9) El speckle tracking también se ha utilizado para evaluar la dinámica ventricular derecha en infarto agudo comparado con resonancia magnética cardiaca utilizando la relación entre la aldosterona y la remodelación cardiaca. (10)

Strain auricular izquierdo

La AI tiene una actividad fundamental en la secuencia de eventos que modulan el llenado del VI. Tiene cuatro fases: Fase 1, reservorio (colección de la sangre venosa pulmonar durante la sístole ventricular izquierda); Fase 2, función de conducción (paso de la sangre hacia el VI durante la diástole temprana); Fase 3, contracción (15-30% del llenado del VI en la diástole tardía); Fase 4, succión (el atrio se llena por sí mismo en la sístole temprana). La relajación, la rigidez de la cámara y la contractilidad influyen en las funciones reservorio, conducción y contracción respectivamente. (11) El remodelado de la AI se refiere a la regulación adaptativa tiempo-dependiente de los miocitos cardíacos para mantener la homeostasis en contra de estresores externos; el tipo y la extensión del remodelado depende de la fuerza y duración de la exposición a aquellos estresores. El distintivo del remodelado estructural de la AI es la dilatación la cual con frecuencia se acompaña de un cambio en su desempeño. En individuos jóvenes es una cámara altamente distensible con relativamente bajas presiones, pero en presencia de daño agudo o crónico reduce su volumen, pierde distensibilidad, se estrecha y se endurece. (11)

Myocardial ε y SR representan la magnitud y el ritmo de la deformación miocárdica. Durante la sístole y la diástole ventriculares tardía atrial ε y SR reflejan la distensibilidad auricular (independientemente del ritmo eléctrico de base) y la contractilidad auricular (en presencia de ritmo sinusal) respectivamente. El strain es un cambio fraccional en la longitud de un segmento miocárdico, no tiene unidades y se expresa usualmente en porcentaje. Puede tener valores positivos o

negativos reflejando estiramiento y acortamiento. SR es el ritmo de cambio en ε y corresponde a la velocidad en la cual la deformación miocárdica expresada por segundo. Las curvas del LA ε y SR durante el ciclo cardíaco exhiben la fisiología de la función auricular y siguen estrechamente la dinámica ventricular izquierda. Durante la fase de reservorio, correspondiendo a la contracción isovolumétrica, expulsión y relajación isovolumétrica, la AI se estrecha y se llena con sangre proveniente de las venas pulmonares. En este momento el ε atrial longitudinal se incrementa, alcanzando un pico positivo al final del llenado auricular. Esta fase también se ve afectada por el movimiento hacia abajo del anillo mitral hacia el ápex como resultado de la contracción del VI justo antes de la apertura de la válvula mitral. Después de la apertura de la válvula mitral la AI se vacía rápidamente. En este momento LAε disminuye hacia un plateau, correspondiente a la diástasis de la AI. Subsecuentemente el acortamiento de la pared auricular desde una perspectiva longitudinal durante la fase de contracción de la AI se conoce como el potenciador de bomba y conlleva a un decremento mayor en el LAε. Durante la fase de conducción de la AI y la fase de contracción la curva de LAε inversamente refleja el patrón de la deformación. Por consiguiente, la mecánica de la AI parece verse influida no solamente por la rigidez sino también por la distensibilidad durante el llenado ventricular y por la contracción del VI por el descenso de la base durante la sístole del VI. (11)El volumen de la AI es un marcador pronóstico en insuficiencia cardíaca, infarto y fibrilación auricular. Las mediciones invasivas no son factibles en la mayoría de los pacientes, por lo tanto, las funciones de la AI (contráctil, conducto y reservorio) son tradicionalmente estimadas mediante el

ecocardiograma bidimensional (2D) y el análisis Doppler de los flujos venosos pulmonar y mitral. Sin embargo, la evaluación de la AI es todavía un reto. La evaluación de los volúmenes por ecocardiografía en 2D está limitada por el uso de modelos geométricos que determinan el volumen de una cámara no simétrica y por los errores de profundidad. La ecocardiografía 2D puede desestimar los volúmenes de la AI comparado con los métodos en 3D, la evaluación de la función de la AI con Doppler de los flujos venosos pulmonar y mitral es indirecta y sumamente limitada. (12).

Strain auricular izquierdo

En una revisión sistematizada y metaanálisis para analizar los valores del strain de la AI , se incluyeron 2,542 sujetos sanos. Los resultados establecieron valores de referencia para el strain reservorio de 39% (IC 95% 38% -41% de 40 estudios), para el strain de conducción 23% (IC 95% 21%-25%, de 14 artículos) y para el strain de contracción de 17% (IC 95% 16%-19% de 18 artículos). Los factores que contribuyeron a la heterogeneidad fueron la frecuencia cardiaca (P=0.2), y la superficie de área corporal (p=0.003). Un análisis de subgrupo reveló heterogeneidad por el tamaño de muestra (n > 100 vs N < 100, P = .02). (13) Este meta-análisis demuestra los valores normales en una población sana. El strain de la AI se ha estudiado en diferentes condiciones incluyendo hipertensión, diabetes, insuficiencia cardiaca, enfermedad valvular y fibrilación auricular incluyendo cálculo de riesgo para accidente cerebrovascular isquémico. Entonces este método de evaluación funcional de la AI, requiere la definición de valores normales. (13) Previamente dos estudios recomendaron valores de referencia sobre los resultados

de solo 3 estudios. Sin embargo, estos valores normales reportados tenían algún grado de variaciones metodológicas. Por ejemplo, el inicio de su adquisición (inicio de la onda P o el complejo QRS), la inclusión o exclusión de la raíz de la AI y que vista apical se utilizó (4 cámaras solamente o 4 y 2 cámaras o las tres proyecciones) observándose una importante diferencia de rangos para el strain reservorio de la AI (27.6% a 59.8%). En niños los valores del speckle tracking para la media del strain del VI y VD han demostrado alta heterogeneidad en los valores normales (13). Los resultados permitieron en una población sana establecer un consenso en los valores de referencia normales. Menos de la mitad de los estudios estudiaron las tres diferentes funciones de la AI.

En un estudio que incluyó 54 pacientes (37 hombres, edad media de 44 + 10 años) con prueba de esfuerzo con ecocardiograma normal y factores de riesgo no coronario. Se excluyeron aquellos con arritmias atriales o ventriculares y enfermedad cardiaca valvular. Acorde a lo estipulado por la Sociedad Americana de Ecocardiografía se realizó ecocardiograma, prueba de esfuerzo en banda, cálculo de la FEVI con método de Simpson y se midieron los volúmenes del atrio izquierdo en 4 cámaras y 2 cámaras. Posteriormente se analizaron las imágenes en 2D en 4 y 2 cámaras utilizando el software de speckle tracking (EchoPAC software versión 7.0.0, GE VingMed), almacenando 3 ciclos cardíacos consecutivos; este programa se basa en el seguimiento en tiempo real de marcadores acústicos naturales que permite la derivación de 2D ε/SR comparando el desplazamiento relativo de las partículas a través del ciclo cardiaco. Para determinar el strain longitudinal de la AI y SR con el programa se trazó manualmente el borde endocárdico y arbitrariamente

dividieron las paredes de la AI en 3 segmentos: anular, medial y basal. Se excluyeron del estudio dos o más trazos inadecuados. Obtuvieron el SLG de la AI justo antes de la apertura de la válvula mitral, el strain durante la diástole tardía se obtuvo al inicio de la onda P en el electrocardiograma, el pico sistólico del strain rate (GLSRs-LA), el pico diastólico temprano del strain rate (GLSRE-LA) y el pico tardío diastólico del strain rate se obtuvieron del contorno trazado de la AI. Se estudiaron 64 sujetos sanos (12) por historia clínica, examen físico, y electrocardiograma en reposo normal. En todos se realizó ecocardiograma transtorácico y las mediciones cardiacas se realizaron conforme a las recomendaciones de la Sociedad Americana de Ecocardiografía. Los valores en 2D se obtuvieron en 3 ciclos cardíacos consecutivos, se utilizó el modo M para medir el diámetro de la AI y los diámetros finales sistólico y diastólicos del VI. También se calcularon con Doppler color en eje 4 cámaras mediciones de flujos valvulares y diastología ventricular, flujos de la válvula pulmonar y Doppler tisular. Posteriormente se calcularon los valores del strain auricular izquierdo para evaluar las funciones de contracción, conducción y reservorio. Además, en pacientes mayores de 50 años se encontró una disminución de la correlación del strain de la AI y la edad. Una de las ventajas del strain auricular ángulo independiente, por lo que la variabilidad interobservador es mínima y tiene buena reproducibilidad.

En sujetos sin factores de riesgo y con factores de riesgo por ultrasonografía modo M se midió el grosor de la íntima de la carótida interna y por ecocardiograma 2D el strain y el strain rate de la AI y el VI. El endurecimiento y el volumen indexado de la AI fue mayor en el grupo con factores de riesgo que en el

grupo control. Sin embargo, en el primer grupo fue menor el pico sistólico del strain longitudinal del VI, el pico sistólico y diastólico temprano del strain longitudinal del VI, el pico sistólico auricular y el strain AI. Hubo correlación entre la rigidez de la AI y la edad, la presión de pulso, pico diastólico temprano del strain longitudinal del VI y todas las variables del strain de la AI. Los resultados sugieren que en pacientes con factores de riesgo cardiovascular existe relajación anormal del atrio y VI como signo temprano de acoplamiento AI-VI relacionados a rigidez arterial lo que sugiere que el ecocardiograma en 2D con strain es una herramienta cuantitativa de la función de estas dos cámaras para detectar un acoplamiento anormal AI-VI (3). Se realizó medición del strain de la AI por speckle tracking a 155 pacientes con hipertensión y diabetes con volúmenes auriculares menores a 28 ml/m2. Se les midió el strain longitudinal auricular pico, tiempo para el pico del strain longitudinal auricular, strain auricular durante la diástole temprana y la diástole tardía, strain rate pico de la AI durante la sístole ventricular, diástole temprana y diástole tardía. Se observó que el strain longitudinal pico era menor en pacientes con hipertensión arterial (29.0 $\pm$ 6.5%) y aquellos con diabetes (24.7 + 6.4%) que en controles (39.6 $\pm$ 7.8%) y más reducido aún en pacientes con hipertensión y diabetes (18.3 $\pm$ 5.0%) ($P < .0001$). Resultados similares se encontraron para el strain auricular longitudinal durante la diástole temprana. En el análisis multivariado la diabetes e hipertensión fueron variables independientes asociadas con disminución de todos los strains de la AI , con excepción del strain auricular izquierdo pico durante la diástole tardía. Como conclusión los autores sugieren que la mecánica de deformación auricular se deteriora en pacientes con

hipertensión o diabetes y este efecto es mayor si coexisten estas dos enfermedades. Por lo tanto, la ecocardiografía con speckle tracking de la AI podría ser una herramienta prometedora para la detección temprana de anormalidades del strain AI. (4)

Recientemente se analizó el impacto negativo de los factores de riesgo cardiovascular en el funcionamiento de la aurícula y ventrículo izquierdo y su relación con la rigidez aórtica. Se analizaron 112 pacientes con factores de riesgo cardiovascular (tabaquismo, obesidad IMC>25 kg/m2, hipertensión (sistólica >140 mmHg y diastólica >90 mmHg), hiperlipidemia (colesterol total >220mg/dl, triglicéridos > 150 mg/dl) y diabetes y se compararon con 56 individuos sanos. Se encontró que el volumen auricular izquierdo y la masa ventricular izquierda indexada, la relación del flujo transmitral diastólico temprano, el pico sistólico del strain auricular izquierdo, la rigidez de la aorta abdominal era mayor si existían factores de riesgo cardiovascular. El strain de la AI fue menor en el grupo con factores de riesgo cardiovascular sugiriendo que los cambios funcionales y estructurales de la aurícula y VI y la rigidez de la aorta abdominal están acelerados. También en pacientes asintomáticos con factores de riesgo cardiovascular la rigidez aórtica abdominal se asoció con distensibilidad auricular menor y relajación del VI disminuida. El ecocardiograma 2D con strain auricular tiene el potencial de detectar tempranamente disfunción de la AI y del VI relacionada a la rigidez de la aorta abdominal. (14)

Otro estudio analizó la relación de la AI en pacientes asintomáticos con hipertensión mediante Doppler tisular y ecocardiografía en 2D, particularmente la

función de reservorio con el remodelado estructural relacionado con disfunción del VI . Se incluyeron 140 pacientes con hipertensión, 75 con volumen AI indexado <29 ml/m2 (Grupo con AI normal) y 65 con volumen AI indexado >29 ml/m2 (grupo con AI dilatada) y se compararon con 50 sujetos sanos. El análisis de regresión multivariado demostró en el grupo con dilatación de la AI como variables predictivas de rigidez diastólica de la AI, edad, el remodelado de la AI y la disfunción sistólica y diastólica. Por lo tanto, aun en pacientes asintomáticos se considera que la hipertensión altera significativamente la dinámica auricular con volumen aumentado y la rigidez diastólica relacionada con disfunción sistolo - diastólica, (1)

Recientemente se estudió la función fásica auricular izquierda y derecha y la deformación en el hipertiroidismo subclínico. Se incluyeron 45 pacientes mujeres con hipertiroidismo subclínico y 45 mujeres sanas a quienes se les realizó ecocardiograma en 2 y 3 dimensiones. Se demostró en pacientes con hipertiroidismo subclínico que la fracción de vaciado total y pasivo de la AI se encontraba disminuida, mientras que la fracción de vaciado activo se encontraba incrementada. En este grupo la fracción de expulsión de la aurícula derecha fue similar en ambos grupos, la FE pasiva se encontró disminuida y la activa aumentada. Además, la TSH se correlacionó con FE activa y pasiva con eco 2D, strain total de aurícula izquierda en 3D, FE activa y pasiva, así como con el strain longitudinal de la AI. Los autores concluyeron que en pacientes con hipertiroidismo subclínico la función biatrial fásica evaluada por ecocardiografía en 2 y 3D se encontraba significativamente disminuida y la TSH se correlacionó con las

funciones de bomba de conducción de la AI y derecha. En estos sujetos, estos mecanismos pudieran explicar la fibrilación auricular o la insuficiencia cardíaca. Estos hallazgos reproducen evidencias previas en pacientes con hipertiroidismo que demuestran intervalos electromecánicos prolongados y disminución funcional de la AI . También se observó correlación entre la TSH y el retraso electromecánico auricular. Estos hallazgos podrían razonablemente explicar la susceptibilidad para el desarrollo de fibrilación auricular sugiriendo la necesidad de electrocardiogramas seriados para una mejor monitorización de estos pacientes(5).

También se ha evaluado en pacientes con flujo coronario lento mediante ecocardiograma en 2D con seguimiento de partículas la función AI y derecha. El fenómeno de bajo flujo es un diagnóstico angiográfico el cual se caracteriza por retraso en la opacificación coronaria en ausencia de enfermedad coronaria obstructiva. En pacientes con flujo lento mediante ecocardiograma 2D utilizando el método de seguimiento de partículas se evaluó la AI y derecha, el strain longitudinal global y el strain rate durante la sístole, diástole temprana y diástole tardía . Se observó que el strain AI disminuyó específicamente la función de conducción, pero la función contráctil aumento, además en la aurícula derecha el strain también disminuyó. Estos hallazgos sugieren que esta técnica ecocardiográfica pudiera ser un método confiable y directo para abordaje de la deformación auricular (15).

Capítulo 4 – Metodología.

4.1 Diseño del Estudio.

- Tipo de estudio: Observacional.
- Tipo de análisis: Descriptivo.

El presente es un estudio de tipo observacional y descriptivo de una cohorte de un solo centro mexicano sin enfermedades cardiovasculares.

4.2 Materiales.

4.2.1 Pacientes

Pacientes pertenecientes al programa de enfermero saludable (ENTEC) del Hospital Zambrano-Hellion.

4.2.2Criterios de selección de la muestra

Se realizo el reclutamiento proveniente de una base de datos del programa ENTEC incluyendo solo a aquellos pacientes sin enfermedad cardiovascular, se les envió un ofrecimiento para participar en el estudio explicando de forma clara el estudio ecocardiográfico, posteriormente se programó en fechas y horas establecidas a aquellos que respondieran de forma afirmativa hasta completar con la muestra necesaria para realizar el estudio.

4.2.3 Criterios de Inclusión.

Sujetos del sexo masculino y femenino sin enfermedad cardiovascular pertenecientes al programa de enfermero saludable y haber aceptado la invitación a participar en el estudio y firmar por su propia voluntad el consentimiento informado.

4.2.4 Criterios de exclusión.

Sujetos con padecimientos cardiovasculares como:

- Hipertensión arterial
- Cardiopatía isquémica por enfermedad coronaria
- Enfermedad cerebrovascular
- Enfermedad vascular periférica
- Insuficiencia cardíaca
- Cardiopatía reumática.
- Cardiopatías congénitas del adulto
- Miocardiopatías
- Enfermedades renales
- Diabetes mellitus
- Sujetos hospitalizados o con historia de infección viral o bacteriana durante los cuatro meses previos.
- Sujetos que hayan participado en algún estudio de investigación dentro de los 90 días previos al estudio

- Sujetos medicados con antibióticos, antivirales, antihipertensivos, antidiabéticos, anorexigénicos.
- Enfermedades terminales.
- Pacientes en programa de rehabilitación cardiovascular
- Cualquier persona que no pueda firmar el FCI
- Sospecha de enfermedad por COVID-19
- Temperatura > 37.8º C

Pacientes en quienes el ecocardiograma identifique:

- Malformaciones congénitas del adulto
- Valvulopatías.
- FE <50% por método de Simpson.
- Hipertrofia ventricular izquierda.
- TAPSE (Excursión sistólica del anillo tricúspideo) disminuido.
- Trastornos del engrosamiento parietal en reposo.
- Derrame pericárdico moderado a severo.
- Fibrilación auricular.
- Mala ventana acústica
- Ecocardiograma no útil técnicamente para la medición adecuada de variables.

4.2.5 Cálculo del Tamaño de la muestra.

De acuerdo a los resultados de Mondillo et al. (4) el porcentaje de contracción en 36 pacientes control sanos fue de 37.0% + 11.3% por lo que se tomará este valor del strain para calcular el tamaño de la muestra con un intervalo

de confianza de 99%; la desviación estándar de la variable fue de 11.3%, la amplitud del intervalo deseado es de 10% (5% arriba y 5% abajo), y del intervalo de confianza del 99%, por lo que dividimos los dos intervalos arrojando 0.8, sobre esta base el tamaño de la muestra para tener un intervalo de confianza del 99% es de 42 pacientes. (16) Se utilizó la fórmula descrita por Hulley para cálculo de tamaño de muestra de estudios descriptivos para una variable continua y no categórica por lo tanto no se estiman proporciones. Esta fórmula toma en cuenta el intervalo de confianza de la media esperada. Se estimará la desviación estándar de la variable de interés, en este caso el porcentaje de contracción auricular en 36 pacientes control sanos fue de 37.0% + 11.3%, especificar la precisión deseada (+-5%) y el intervalo de confianza, en este caso 99%

$$N = 4z_{\alpha}^{2}S^{2} \div W^{2}$$

La comparación con la literatura será de forma exploratoria usando una probabilidad de una sola muestra

4.2.6 Técnica de muestreo.

Muestreo no probabilístico por conveniencia.

4.2.7 Visita.

Visita 1 se procedió a realizar la lectura y firma de consentimiento informado, posterior se llevó a cabo la realización del ecocardiograma transtorácico en el Instituto de cardiología y Medicina Vascular del Hospital Zambrano Hellion.

*Anexo forma de Consentimiento Informado que utilizamos.

4.2.8 Historia clínica

Las variables documentadas fueron las siguientes: características demográficas como el género, edad actual en años, peso y talla. Signos vitales como tensión arterial sistólica, tensión arterial diastólica, frecuencia cardíaca, saturación de oxígeno y temperatura.

Historia médica y factores de riesgo como diabetes mellitus, hipertensión arterial sistémica, enfermedad arterial periférica, isquemia miocárdica, falla cardíaca, enfermedad cerebrovascular, cardiopatía reumática, miocardiopatía, enfermedad renal, tratamiento intrahospitalario en los últimos 4 meses, enfermedad viral o bacteriana en los últimos 4 meses, parte de alguna investigación en los últimos 90 días, medicación, enfermedad terminal y rehabilitación cardiaca.

Síntomas de COVID-19 como fiebre, tos, disnea, cefalea, anosmia o disgeusia.

4.3 Metodología.

Previa autorización del comité de Ética en Investigación de la Escuela de Medicina del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Con aprobación bajo el número de folio P000413-STRAIN ATRIAL-CEIC-CR002, se invitó a participar a todos los pacientes con las características descritas previamente. Previa lectura y firma de consentimiento informado, se procedió a documentar los datos clínicos y demográficos de la historia clínica y de la evaluación clínica. Dichos datos fueron recabados en la Visita 1.

Se incluyó un total de 44 pacientes para realizar el ecocardiograma transtorácico, resultando excluidos 3 de ellos por tener al menos un criterio de exclusión descrito previamente. Una vez completados los datos se introdujeron en un libro de Microsoft Excel para posteriormente realizar el análisis estadístico en el Software SPSS.

4.3.1 Tabla 1. variables demográficas y clínicas de la cohorte (Ver Anexo)

4.4 Análisis Estadístico.

Las características clínicas y demográficas, así como las variables ecocardiográficas se analizaron utilizado estadísticas descriptivas, incluyendo frecuencias y porcentajes para variables categóricas, y medias, medianas, desviación estándar y rangos intercuartiles para variables continuas de acuerdo con su distribución.

Para el objetivo principal se utilizaron estadísticas descriptivas para analizar el strain auricular (reservorio, conducción y contracción), incluyendo medidas de tendencia central (media) y de dispersión (desviación estándar)

Para comparar el strain auricular de nuestra población de estudio (reservorio, conducción y contracción) y los valores descritos en la literatura, se utilizó la prueba de t de student para una muestra.

Se realizaron diversos subanálisis para evaluar de forma exploratoria la asociación de los valores obtenidos en el strain auricular con variables clínicas y demográficas, incluyendo edad, género, índice de masa corporal, FEVI, presión arterial y parámetros ecocardiográficos.

La edad se categorizó de acuerdo a los rangos intercuartiles en 4 grupos (<29, 20-30, 31-39 y >39) y se evaluó su asociación con el strain utilizando la prueba de ANOVA.

La asociación entre los valores del strain auricular y género, índice de masa corporal y FEVI se analizaron utilizando la prueba de t de student para muestras independientes. Género se categorizó en pacientes masculinos y femeninos. Índice de masa corporal se categorizó en pacientes con obesidad (BMI≥30) y pacientes sin obesidad (BMI<30). FEVI se categorizó en <60 y ≥60.

La correlación entre los valores del strain auricular y presión arterial y los parámetros ecocardiográficos se analizó utilizando el coeficiente de correlación de Pearson.

Por último, se analizó la correlación entre cada uno de los parámetros del strain auricular utilizando el coeficiente de correlación de Pearson..

4.5 Programa para análisis de datos.

Se utilizo el paquete estadístico IBM-Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) en su versión 25.

4.6 Consideraciones Éticas.

4.6.1 Cumplimiento con las leyes y regulaciones.

Esta investigación se realizó en total conformidad con la guía de la ICH E6 de las Buenas Prácticas Clínicas y respetando los principios éticos del Código

de Nuremberg, del Informe de Belmont y de la Declaración de Helsinki. Se documento la información demográfica y médica del sujeto evaluado con fines de investigación médica brindando la mayor protección a la información de los datos del sujeto en estudio.

4.7 Consentimiento informado.

Al ser un estudio observacional y descriptivo y no existir riesgos previsibles para los pacientes será necesario un consentimiento informado firmado por parte de los pacientes para el uso de datos personales y medición de variables. Este protocolo se apega a las normas de ICH E6 de las Buenas Prácticas Clínicas, la Declaración de Helsinki, y la Norma Oficial Mexicana, con la finalidad de mantener la confidencialidad y seguridad del individuo.

Se mantendrá la confidencialidad utilizando iniciales y número de identificación.

Capítulo 5- Resultados.

Se incluyo un total de 41 pacientes de los cuales 8 (19.5%) de los pacientes fueron varones, la edad media fue de 31 años (IR 29-39), el índice de masa corporal (BMI) fue de 23.4 (IR 22.4-39), con una media de 64 Kg (58.5-72.5) y talla de 1.63 m (1.58-1.67). Se identifico una frecuencia cardiaca con una media de 70 lpm (IR 65-76.6), la media de la presión arterial sistólica fue de 120 mm Hg (IR de 110-120), la media de la diastólica de 80 mmHg (IR 65-82.5), y la saturación de oxígeno, requisito para excluir insuficiencia respiratoria resulto en una media de 98% (IQR 97-98). En este mismo contexto la temperatura media de los participantes fue de 37 grados Celsius (IQR 38.8-37) (Tabla 1).

Tabla 1. Características clínicas y demográficas (Ver Anexo)

Se realizo un ecocardiograma transtorácico de acuerdo a las recomendaciones de la Sociedad Americana de Ecocardiografía que incluyen el eje paraesternal largo, dimensiones longitudinales de la aorta y atrio izquierdo. El tamaño de la aurícula derecha se evaluó en eje cuatro cámaras, la pared posterior del ventrículo izquierdo y septum en eje paraesternal largo, las medidas de la velocidad máxima de la válvula aórtica en eje cinco cámaras y velocidad máxima de la válvula pulmonar en eje corto basal del tracto de salida del ventrículo izquierdo con Doppler pulsado y continuo, se evaluó el flujo transmitral en eje cuatro cámaras con Doppler pulsado. Las dimensiones sistólicas y diastólicas del ventrículo izquierdo y diastólicas del ventrículo derecho en eje cuatro cámaras,

además se calculó el área Doppler de la válvula mitral, en postproceso calculando la relación entre la velocidad máxima del Punto E y punto A.

Tabla 2. Variables ecocardiográficas 2D (Ver Anexo)

Además, calculamos la media del strain de cada una de las fases de contracción auricular izquierda medidas en porcentaje de cada uno de los participantes comparándose con la media descrita por la literatura y calculándose el valor de la *p* para verificar si existía alguna diferencia significativa.

Para la fase de reservorio, primera fase de las funciones del atrio izquierdo, resulto con una media de 41.8 % (SD 5.7), esta media en comparación con la literatura de 39% arrojó un valor de p=0.004, considerándose una diferencia significativa.

Para la fase de conduccion, la cual corresponde a la segunda fase de las tres funciones del atrio izquierdo resultó con una media de 24.2%, (SD 4.2), esta media en comparación con la literatura de 23% arrojó un valor no significativo (p=0.086)

La última fase de las tres que comprenden las funciones del atrio izquierdo es la de contracción auricular, en este estudio la media fue de 17.4% (SD 3.4), la media de la literatura es de 17%, si la comparamos no arroja ninguna diferencia significativa (p=0.475)

Tabla 3. Variables del Strain Auricular Izquierdo comparado con la literatura (Ver anexo.)

En estricto sentido exploratorio categorizamos a los pacientes con índice de masa corporal mayor y menor de 30 estudiándose si existía alguna diferencia significativa en cada una de las fases de contracción auricular reservorio, conduccion y contracción, los resultados no sugieren alguna diferencia entre estos dos grupos de individuos.

Tabla 4. Variables del Strain Auricular Izquierdo por categoría de BMI (Ver Anexo)

Exploratoriamente dividimos a los pacientes en 4 grupos de edad que iban desde menores de 29 años (N=7), de 29 a 30 años (N=10), de 31 a 39 años (N=13) y mayores de 39 años (N=11), y se analizó si existía alguna diferencia en esos grupos de edad con cualquiera de las tres fases de la contracción auricular. No obtuvimos ninguna diferencia significativa en ninguno de los rangos intercuartiles.

Tabla 5. Variables del Strain Auricular Izquierdo por grupo de edad (por rango intercuartil) (Ver Anexo)

Dividimos a la muestra según el género, siendo 8 hombres y 33 mujeres, se compararon con cada una de las fases de la contracción auricular, no encontrándose diferencia significativa para ninguna de las tres, reservorio (p=0.707), conducción (p=0.0472), contracción (p=0.110) (Tabla 6)

Tabla 6. Variables del Strain Auricular Izquierdo por género (Ver Anexo)

La función sistólica del ventrículo izquierdo medida por método de Simpson (Fracción de expulsión de Ventrículo izquierdo) fue normal (FEVI >50%)

en todos los sujetos. Este era un criterio de exclusión , por lo tanto en un análisis exploratorio dividimos a los pacientes con FEVI mayor y menor de 60% comparándose con cada una de las 3 fases del atrio izquierdo sin encontrar un valor significativo en ninguna, reservorio (p=0.0442), conducción (p=0.915), contracción (p=0.785)

Tabla 7. Variables del Strain Auricular Izquierdo categoría de FEVI

Correlacionamos las variables del strain auricular en cada una de sus tres fases (reservorio, conducción y contracción) con las variables ecocardiográficas y presión arterial calculando la P de Pearson y el valor de la p, llamando la atención una correlación significativa del tamaño auricular con strain reservorio (P de Pearson= -0.390, p= 0.013) **Imagen 1**, el atrio izquierdo medido en el eje transverso en cm con el strain reservorio (P de Pearson= -0.375, p= 0.017) **Imagen 2**, el atrio izquierdo en el eje transverso y el strain de contracción (P de Pearson -0.329, p= 0.044) Imagen 4, la dimensión diastólica del ventrículo derecho con el strain de conducción (P de Pearson 0.330, p= 0.038) **Imagen 3**, el resto de las variables ecocardiográficas no tuvieron alguna correlación significativa con ninguna de las tres fases de contracción.

Tabla 8. Correlación de variables del Strain Auricular Izquierdo con variables ecocardiográficas y presión arterial (Ver Anexo).

Correlacionamos las variables de las fases del strain reservorio y conducción con el strain conduccion y contracción encontrando valores

significativos entre la fase de reservorio y conduccion (P de Pearson=0.412, p=0.008). **Imagen 5**

Tabla 9. Correlación de funciones del strain reservorio con conducción-contracción y conducción con contracción.

Capítulo 6 - Discusión

El diseño del estudio incluyo sujetos con factores de riesgo sin comorbilidades que afectaran el funcionamiento de la aurícula izquierda para conocer lo más cercanamente posible los valores normales y reproducir estos hallazgos en un momento dado e inferir si el sujeto en estudio tiene una normalidad de acuerdo a las variables sugeridas.

Se había descrito con anterioridad el funcionamiento de la aurícula izquierda, modula el llenado del ventrículo izquierdo hasta en un 30% del gasto cardiaco, esto es particularmente importante en insuficiencia cardiaca con fracción de expulsión de ventrículo izquierdo reducida, ya que, en presencia de episodios de fibrilación auricular, la a fracción disminuye con la pérdida del aporte atrial al llenado ventricular. Al iniciar un estadio de insuficiencia cardíaca, la aurícula izquierda secreta péptido natriurético producido en los cardiomiocitos como respuesta al aumento del estrés parietal, como expresión de activación del eje renina angiotensina aldosterona, el cual actúa como un barómetro de la función diastólica y como un biomarcador pronóstico de la enfermedad cardiovascular.

En el estudio The Strong Heart Study con más de 3 mil sujetos midieron el diámetro del atrio izquierdo, encontrando en el seguimiento que aquellos con diámetro menor del atrio izquierdo tenían menor incidencia de enfermedades cardiovasculares que en aquellos con aumento del diámetro auricular. Por esto, es de suma importancia conocer el diámetro del atrio izquierdo en nuestra población; en nuestro estudio la media del diámetro de la aurícula fue de 3.2 cm (SD 0.36), por

lo que podemos inferir que es población de bajo riesgo al carecer de comorbilidades que pudieran afectar las presiones y volúmenes del ventrículo izquierdo.

En nuestra población existe una alta incidencia de cardiopatía isquémica, con seguimiento ecocardiográfico cada tres meses. Cabe resaltar que con solo medir la aurícula izquierda y calcular su volumen indexado pudiéramos predecir mortalidad, como se demostró al calcular el volumen indexado de la aurícula izquierda. Se concluyó que el volumen indexado mayor de 32 ml / m2 era un predictor independiente de mortalidad a los 5 años post infarto.

En la disfunción diastólica el volumen de la aurícula izquierda refleja la cronicidad y el grado de la disfunción diastólica, históricamente solo utilizamos el modo M para evaluar el tamaño de la aurícula izquierda. Sin embargo, la aurícula es asimétrica, por lo que se sugiere usar el volumen, esta asimetría se hace más evidente en la resonancia magnética nuclear cardiaca donde, el eje más largo del ventrículo izquierdo no se alinea con el eje más largo de la aurícula izquierda. En nuestro estudio los valores para calcular el volumen y el volumen indexado de la aurícula izquierda resultaron normales dentro de los rangos de referencia de la Asociación Americana de Ecocardiografía, por lo que calcularlo debe ser mandatorio en un abordaje ecocardiográfico inicial.

Existen diferentes puntos que considerar para la cuantificación del funcionamiento del atrio izquierdo, de forma invasiva utilizamos la curva de presión-volumen, en ella, cuando la válvula mitral se cierra la sangre llena la aurícula izquierda por medio de las venas pulmonares, esta es la función de reservorio. Cuando la válvula mitral se abre, la sangre tiende a moverse hacia el

ventrículo izquierdo de una forma muy rápida. Esta función se conoce como función de conducción, al final de la diástole y cuando la actividad eléctrica proveniente del nodo sinusal activa las células musculares del atrio izquierdo por medio del Haz de Bachmann y este se contrae, envía una cantidad de sangre hacia el VI. Esta función es la de contracción, por lo tanto, cuanto hablamos del funcionamiento de la aurícula izquierda no solo pensamos en la función contractil sino que debemos considerar la función de reservorio, conducción y contracción y no se requieren abordajes invasivos, ya que las medidas ecocardiográficas permiten conocer estas funciones con una correlación extraordinariamente alta.

Tradicionalmente hemos utilizado parámetros de la función contractil del corazón, VTI de la onda A, fracción auricular (A VTI/Total VTI), fuerza de expulsión la aurícula izquierda, velocidad de la onda A , sin embargo, todos ellos son subrogados del flujo sanguíneo durante la contracción atrial y estas solamente pueden ser en ritmo sinusal lo cual conlleva una enorme desventaja a la hora de estudiar a los pacientes con fibrilación auricular.

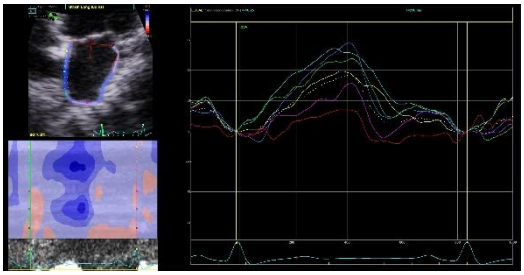
Para medir las fases de la contracción auricular se puede utilizar también el volumen pasivo (Max LA -Pre p), volumen pasivo (Pre p LA – min LA) , volumen de conducción (LVSV – LA SV), al realizar estas medidas asumimos que la aurícula izquierda es simétrica durante los cálculos en biplano. Existe una falta de datos normativos para los índices de la función volumétrica, una forma que puede disminuir la variabilidad de las pruebas es el volumen del atrio izquierdo en 3D, pero no está presente en la práctica clínica o su uso es infrecuente.

El Strain es una nueva modalidad inicialmente considerada para el ventrículo izquierdo y derecho, el cual mide la deformación del miocardio que corresponde al cambio de la longitud desde una posición original hacia una nueva. Con esta información se puede calcular un delta y esta se divide por la distancia original. Se puede medir por Doppler tisular (TDI), en 2D, Velocity Vector Imaging (VVI) o en 3D.

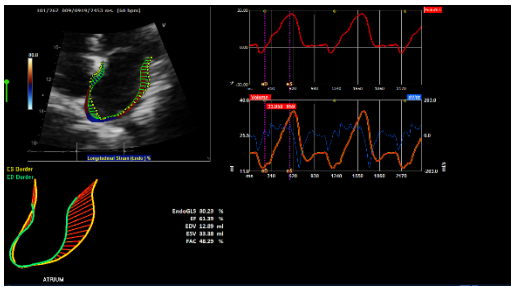
El TDI es ángulo dependiente, la sangre puede ocasionar artefactos, el tamaño del lugar a estudiar es pequeño (30 x 2 mm), por lo que su uso es altamente limitado y depende de la experiencia del operador.

Con el advenimiento del strain en 2D, que fue la técnica que utilizamos en nuestro estudio, el panorama cambió radicalmente, ésta es una forma semiautomática, funciona mediante el reconocimiento de partículas ultrasonográficas a través del ciclo cardiaco, observa como es el movimiento de esas partículas de una antigua a una nueva ubicación, es posible obtener las tres fases del funcionamiento atrial, es ángulo independiente, pero depende de la calidad de las imágenes obtenidas. Hay dos patrones de las curvas del strain que se pueden obtener con esta modalidad; ambas dependen del momento del ciclo cardiaco que elijamos para su medición, puede ser desde la onda P, aquí observaremos primero la curva de contracción de la aurícula, la cual aparece de forma negativa, pero si obtenemos la onda R la curva inicial aparecerá positiva, pues corresponde a la función de reservorio. Evidencias sugieren que la medición desde la onda P es mejor que la onda R, sin embargo, en presencia de FA no hay onda P por lo que no

es posible utilizar esta modalidad. En nuestro estudio se prefirió utilizar la onda R como disparador para calcular las tres funciones, por lo tanto, los tres valores medidos en porcentaje resultaran positivos..



Existe otra forma que es la imagen de velocidad de vectores (VVI), es una tecnología nueva, que combina el speckle tracking con tracking del endocardio, sin embargo, no es un método accesible, y en nuestro hospital contamos con esta modalidad, sin embargo, esto no fue un objetivo del estudio.



La mayoría de los datos disponibles acerca del strain es en el modo 2D, en un metaanálisis poner referencia en donde se incluyeron 40 estudios, 37 utilizaron el gatillado R-R, el resto por P-P; todos los estudios tenían más de 30 sujetos normales, 36 tenían un vendor en particular, concluyeron un valor para reservorio de 39%, de conducción 23% y la función contractil en 17%.

En nuestro estudio incluimos 41 pacientes, las características demográficas la mayoría del sexo femenino (80%) con edad media de 31 años (IQR 29-39), con un índice de masa corporal media de 23.4 (IQR 22.4-27.4), obtuvimos valores similares en el strain de conducción y contracción comparados con la literatura, reservorio 24.2 (SD4.2) p= 0.086, contracción 17.4 (SD 3.4) p=0.475.

Respecto al strain de reservorio 41.8 (SD 5.7) p=0.004 encontramos una diferencia significativa en comparación con la literatura, reservorio

Tabla 3. Variables del Strain Auricular Izquierdo comparado con la literatura

Variable	**N=41**	***p****
Reservorio % **$\overline{X}$ (SD)**	41.8 (5.7)	Media en la literatura: 39% 0.004
Conducción % **$\overline{X}$ (SD)**	24.2 (4.2)	Media en la literatura: 23% 0.086
Contracción % **$\overline{X}$ (SD)**	17.4 (3.4)	Media en la literatura: 17% 0.475

Esto pudiera explicarse por la edad de los sujetos quienes en su gran mayoría fue una población joven. En estudios con poblaciones mayores se ha observado que en el seguimiento existe un estado degenerativo persistente de las células musculares atriales que conlleva a una rigidez por la presencia de fibrosis. Esta función se ve traducida específicamente en el reservorio, por lo que los resultados de este estudio sugieren *que el funcionamiento de la fase reservorio del strain atrial se incrementa por la ausencia de factores que inducen rigidez o disfunción en el llenado auricular.* Una limitación del estudio es que solo el 19.5 % de la población pertenece al género masculino. Por lo tanto, decidimos dividir las variables del strain auricular por género masculino y femenino con un objetivo meramente exploratorio. Ninguna de las mediciones tuvo un valor significativo que nos permita establecer si el género es un factor importante para alguna de las fases, específicamente, reservorio p=0.707, conducción p=0.472,

contracción p=0.110.

Variable	<29 N=7	29-30 N=10	31-39 N=13	>39 N=11	*p**
Reservorio % **$\overline{X}$ (SD)**	44.1 (7.5)	38.3 (4.6)	41.9 (6.6)	43 (2.9)	0.171
Conducción % **$\overline{X}$ (SD)**	24.7 (4.4)	25.1 (3.9)	22.7 (4.9)	24.9 (3.4)	0.501
Contracción % **$\overline{X}$ (SD)**	17 (3.9)	16.7 (3.6)	17.5 (3.6)	18 (3.2)	0.871

Tabla 6. Variables del Strain Auricular Izquierdo por género

De forma exploratoria, dividimos a los pacientes en rangos de edad para observar si existe algún grupo que pudiese tener una diferencia significativa. Se dividieron por rango intercuartil en 4 grupos de edad (<29, 29-30, 31-39, >39), no encontrando significancia estadística en ninguno de los 4 rangos, reservorio p=0.171, conducción 0.501, contracción 0.871.

Tabla 5. Variables del Strain Auricular Izquierdo por grupo de edad (por rango intercuartil)

Variable	Hombres N=8	Mujeres N=32	*p**
Reservorio % **$\overline{X}$ (SD)**	41 (7.2)	41.9 (5.4)	0.707
Conducción % **$\overline{X}$ (SD)**	23.2 (5.9)	24.4 (3.7)	0.472
Contracción % **$\overline{X}$ (SD)**	15.7 (2.7)	17.8 (3.5)	0.110

Se ha demostrado que el strain de la aurícula izquierda es más sensible que el volumen de la aurícula izquierda. Se observó en sujetos normales que el volumen de la aurícula izquierda que el cambio en el funcionamiento de la diástole ventricular ocurre después del strain auricular ya que observaron cambios tempranos en el strain en pacientes dos décadas más jóvenes comparados con los cambios volumétricos, sugiriendo que la medida funcional puede ser más sensible

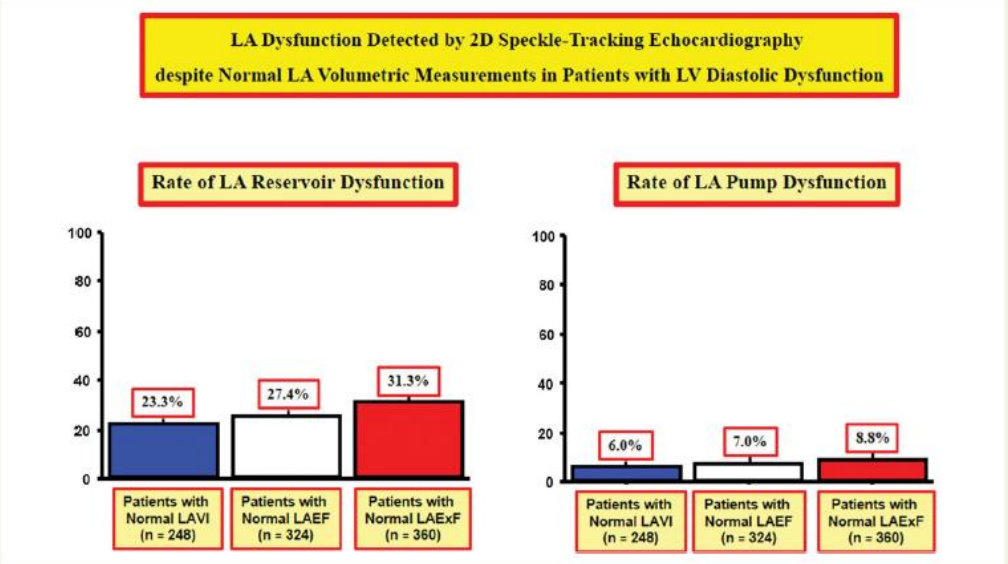


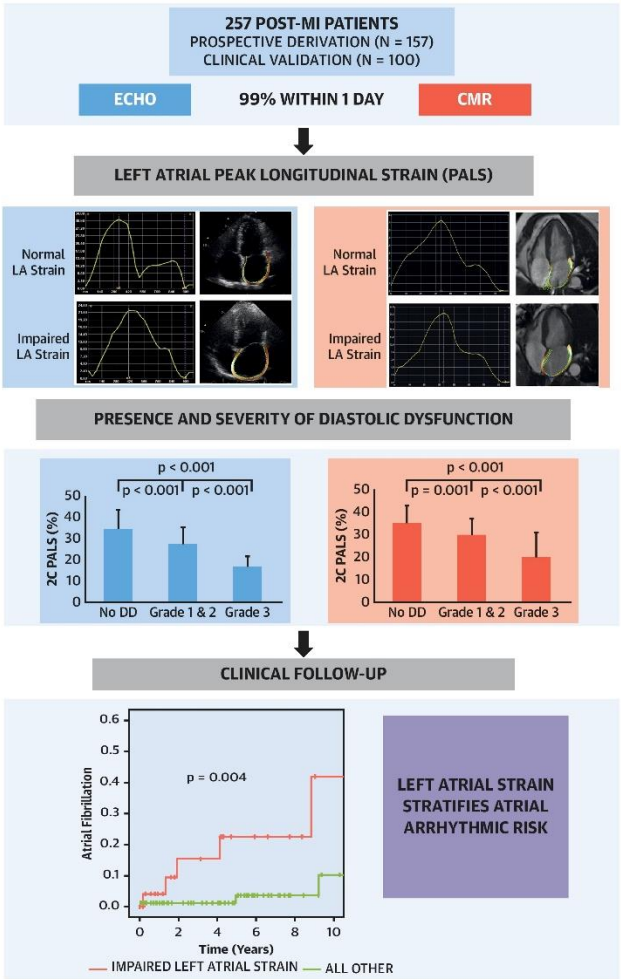
Figure 3: LA dysfunction detected by 2DSTE despite normal LA volumetric measurements in patients with LVDD. Normal LA volumetric measurements using LAEF and LAExF were defined according to the normal range of these measurements in the healthy population (namely, LAEF $\geq$51.1% and LAExF $\geq$73%). Normal LA volume was defined as LAVI $\leq$28 mL/m^2 according to the recommendations on chamber quantification of the EACI.[29] To define LA reservoir and pump dysfunction using 2DSTE, the lowest expected values of LA-Strain and LA-SRa in the healthy population were used as cut-offs (namely, LA-Strain $<$23.1% and LA-SRa >-0.91 s^{-1}, respectively).

que los cambios volumétricos. Estos resultados se han reproducido al estudiar sujetos con volumen y fracción auricular izquierda normal, encontrando que un porcentaje de los pacientes tenían un strain disminuido incluso aún con estudios volumétricos normales, lo que demuestra que claramente los cambios en el strain son más tempranos que la aparición de cambios en las medidas volumétricas . (Morris, D et al EHJCVI 2015;16:364-72)

En un estudio que incluyo 90 pacientes con diferentes grados de disfunción diastólica se observó que, al estratificarlos con solamente el volumen del atrio izquierdo, el 10% tuvieron un resultado indeterminado, específicamente en el grupo de disfunción diastólica grado 1 y 2 existía una sobreposición , por lo que se midió el strain de la aurícula izquierda y demostraron una correlación inversa con diferencias significativas entre grado 1, grado 2 y grado 3 de disfunción diastólica. Por lo tanto, medir el volumen del atrio izquierdo resulta infra óptimo si queremos conocer en realidad la integridad global del atrio izquierdo.

En otro estudio que incluyó una población de 517 pacientes, un 62% con disfunción diastólica grado 1 tenían strain anormal pero solo el 32% tenían aumento del volumen auricular, lo que demostró que la sensibilidad del strain para disfunción diastólica es mayor en estadios tempranos ya que aparece antes que los cambios de volumen, tradicionalmente considerados como subrogados de disfunción ventricular. (Morris DA et al, JACC CV img 2017)

CENTRAL ILLUSTRATION: LA Strain Is a Robust Marker for Presence and Severity of LV DD That Stratifies Atrial Arrhythmic Risk

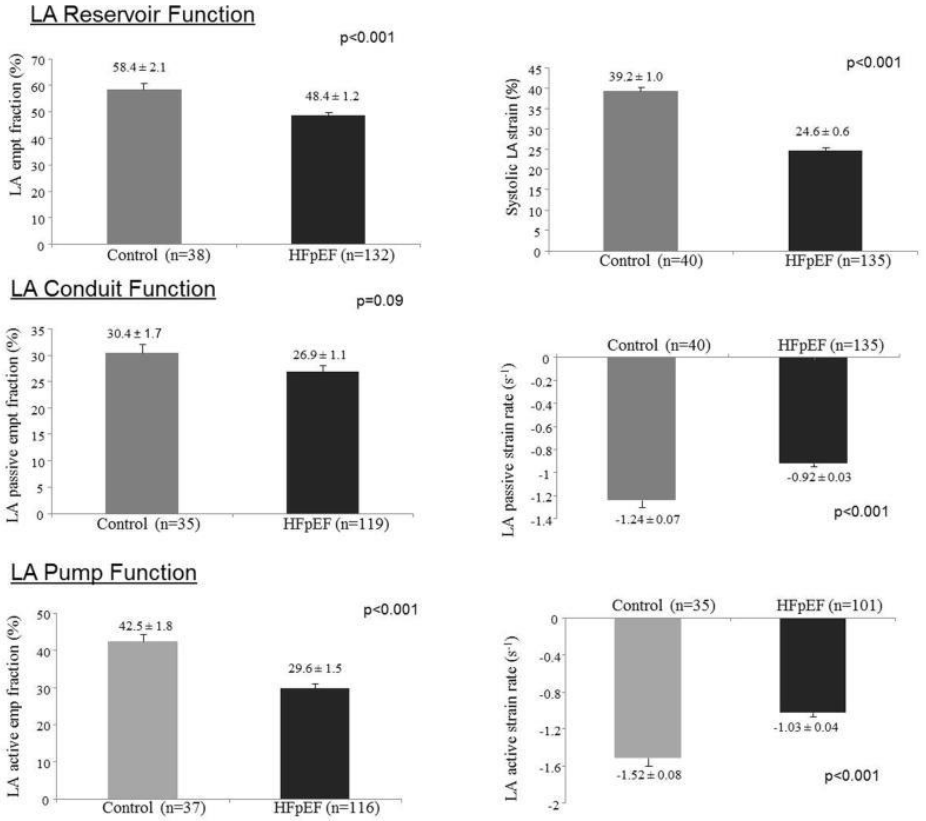


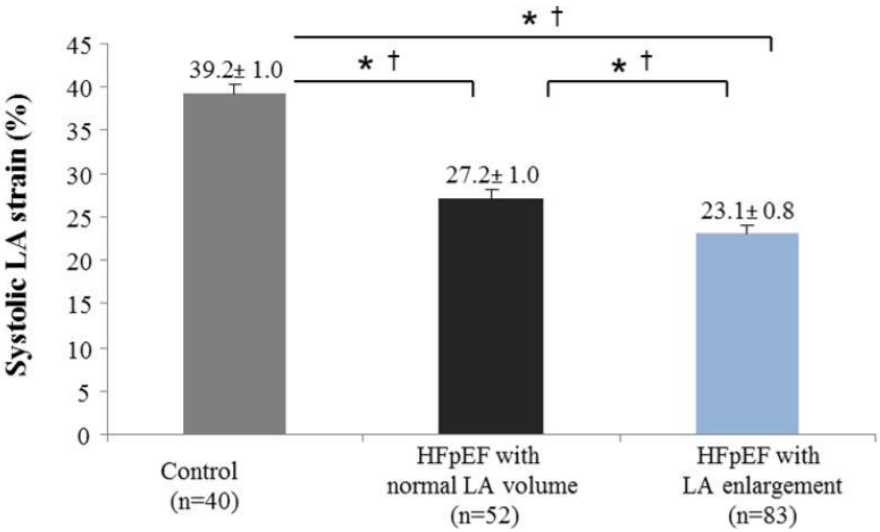
Kim, J. et al. J Am Coll Cardiol Img. 2020;13(10):2099-113.

Ahora bien, una importante pregunta es: ¿En dónde podría ser útil el strain de la aurícula izquierda? Definitivamente en la disfunción diastólica, donde observamos sobrecarga volumétrica del ventrículo izquierdo y aumento del estrés parietal como la insuficiencia cardiaca con fracción de expulsión preservada, fibrilación auricular y enfermedad valvular mitral,

En el PARAMOUNT TRIAL se estudiaron 135 pacientes con insuficiencia cardiaca con fracción de expulsión preservada (HFpEF). En este

grupo comparado con control sano la función del strain reservorio y contracción estaba disminuido y al analizar eventos adversos se demostró que el strain de la aurícula izquierda era mucho menor, por lo que parecería ser que esta disminución en la función de la aurícula izquierda podría tener un factor pronostico.

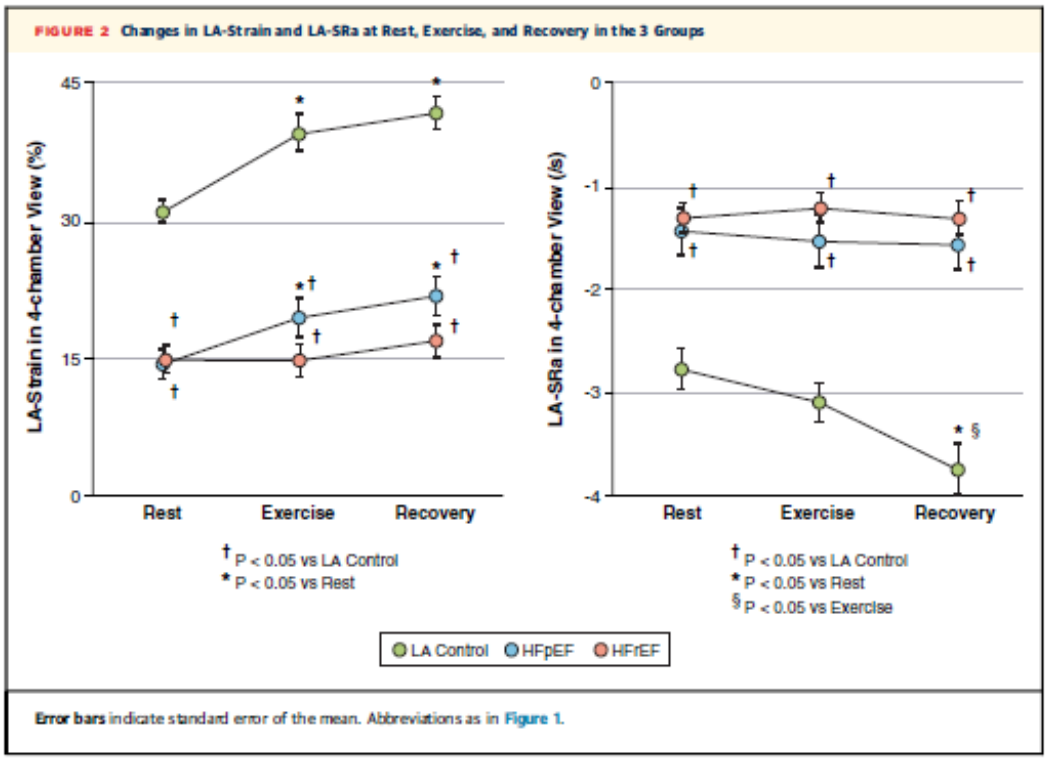




En el mismo contexto de HFpEF, el estudio TOPCAT incluyó 357 pacientes y se observó una correlación directa debido a que cuando el strain longitudinal global disminuye la función diastólica del ventrículo izquierdo lo hace simultáneamente , concluyendo además que el strain es un marcador pronóstico de mortalidad hospitalaria.

Un aspecto muy importante del strain es que lo podemos medir en reposo y en ejercicio. Sugimoto et al. estudiaron pacientes con HFpEF y HFrEF comparados con sujetos sanos . En estos sujetos , al someterlos a ejercicio, el strain tiene una tendencia a incrementar dramáticamente al aumentar como respuesta al estrés ventricular requerido para mantener la demanda sistémica. En el grupo de HFpEF (49 pacientes) el strain también incrementa, pero en mucho menor medida que los sujetos sanos. Cuando estudiaron a los pacientes con HFrEF no existió ningún cambio, nuevamente tenemos a pacientes con disfunción subclínica que mediante ejercicio podemos identificar una función anormal (Sugimoto et al,

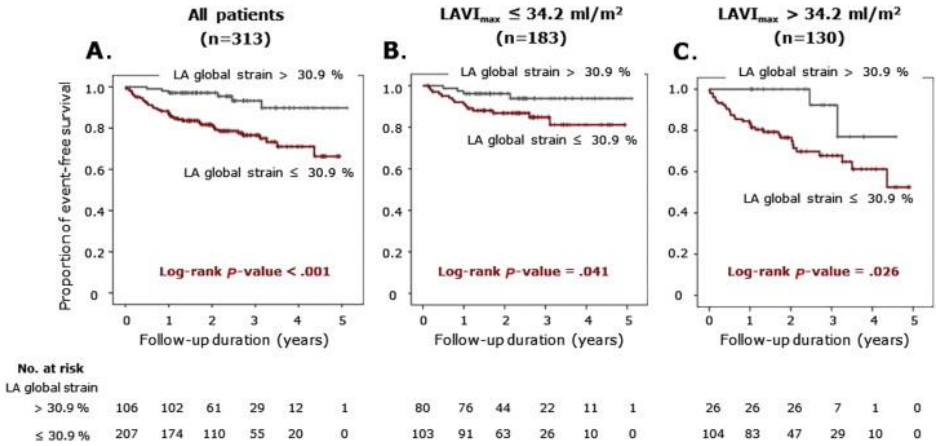
JACC img 2017)



Se estudiaron sujetos con insuficiencia mitral grave asintomáticos, todos con HFpEF. En este grupo siempre existe la duda de si aquellos asintomáticos con fracción de expulsión preservada deben de ser operados o no. En este estudio el strain fue un predictor de eventos adversos y tiende a disminuir antes de la caída de la fracción de expulsión de ventrículo izquierdo, por lo que el strain podría tener más sensibilidad en condiciones donde existe un aumento de volumen intra cameral auricular.

Una enfermedad bastante frecuente en nuestro medio es la fibrilación auricular paroxística, una de las interrogantes más antiguas es como podemos predecir la progresión a fibrilación auricular persistente. Se reclutaron a 300 pacientes con FA paroxística donde el objetivo era conocer si era posible predecir

cuál desarrollaría FA persistente. Identificaron que si el strain era menor al 30% tenían tendencia a desarrollar FA persistente en un seguimiento a 5 años. Cuando los subdividieron basados en el volumen atrial izquierdo este signo persistía a pesar de tener un volumen normal.(Yoon et al JASE 2015: 28: 709.717).



Esto podría tener implicaciones clínicas muy importantes, ya que, si tenemos a un paciente con un episodio de FA paroxística, con volumen auricular izquierdo normal, CHADS VASC <2 no candidato para recibir anticoagulación pero con un valor del strain bajo, es posible que se pudiera considerar la anticoagulación por la alta probabilidad de una FA persistente.

En la última década uno de los tratamientos considerados definitivos para el control del ritmo en la fibrilación auricular es la ablación ya sea por radiofrecuencia o por crioablación de las venas pulmonares, siendo estas últimas consideradas el foco más frecuente de la actividad eléctrica generadas por actividad disparada o por rotores. Uno de los escenarios esperados posterior a la ablación de las venas pulmonares es la recurrencia. En un estudio que incluyó pacientes llevados a ablación de venas pulmonares demostraron que el strain era un predictor

poderoso para mantener ritmo sinusal. Probablemente la aplicación clínica de este hallazgo es que, ante la alta tasa institucional de pacientes en espera de ablación, este método pudiera estratificar a aquellos que pudieran revertir a ritmo sinusal y quienes pudieran permanecer en FA (Motoki H et al, JASE 2014; 27: 1184-92). Partiendo de este hallazgo, es urgente la necesidad de que a todo paciente con fibrilación auricular candidato a ablación de las venas pulmonares se le cuantifique el strain para conocer si la recurrencia de la arritmia tiene una posibilidad alta.

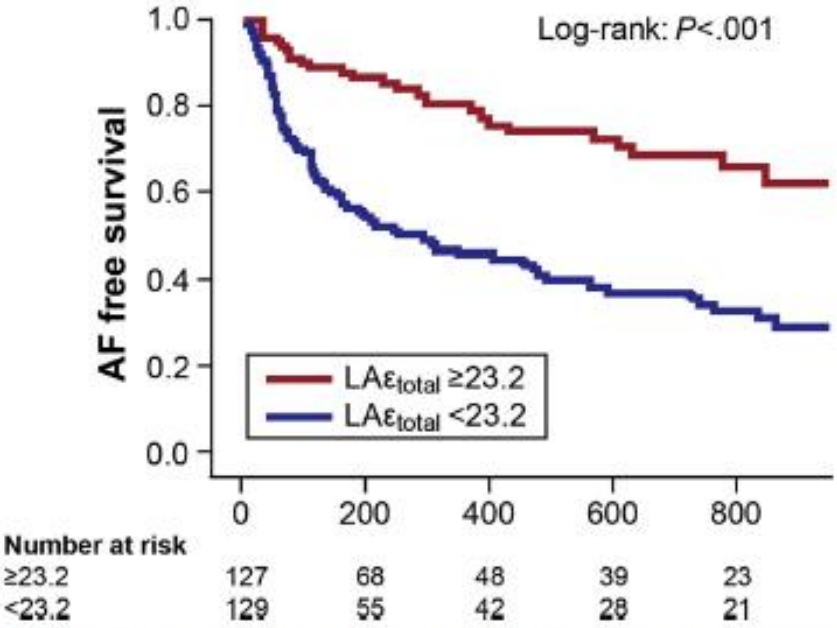


Figure 3 Kaplan-Meier analysis on the basis of $LA\varepsilon_{total}$. Preserved baseline $LA\varepsilon_{total}$ predicted long-term sinus rhythm maintenance.

Una de las interrogantes más frecuentes que se le realizan a un electrofisiólogo es si después de la ablación de las venas pulmonares donde se practica ablación en los segmentos inferior y lateral para aislar efectivamente las venas pulmonares podría tener repercusiones en el funcionamiento auricular. Esta

pregunta no podría ser contestada si solo midiéramos los subrogados de la contractilidad auricular previamente comentados. Boyd et al estudió a aquellos con strain auricular normal, llevados a cardioversión eléctrica y a ablación por radiofrecuencia de las venas pulmonares y demostró que el comportamiento del strain en pacientes normales y llevados a cardioversión eléctrica era muy similar. Sin embargo, en el grupo de la ablación se encontró que el strain en la región inferior y lateral era sustancialmente menor, recordando que es en estos sitios donde se realizan las líneas de ablación con radiofrecuencia para aislar las venas pulmonares. Considerando estos hallazgos podríamos comenzar a utilizar el strain para observar el funcionamiento atrial de forma regional, ya que la ablación de las venas pulmonares no es del toda inocua en el funcionamiento de esta cavidad a pesar de que el strain de contractilidad se recupera abismalmente, no olvidando que cada una de las fases del funcionamiento auricular es el promedio del funcionamiento de todas las regiones.

El accidente vascular cerebral embolico isquémico secundario a FA es una de las complicaciones más temidas; En el accidente vascular cerebral (AVC) criptogénico, una de las primeras causas que se debe descartar es la FA. En un estudio de 600 pacientes con AVC criptogénico incluyeron pacientes en bajo y alto riesgo basados en la función del strain reservorio y contráctil. Siestas dos funciones estaban disminuidas, los pacientes estaban en mayor riesgo de desarrollar FA. Eran entonces pacientes con AVC seguidos prospectivamente para el desarrollo FA y la pregunta de investigación fue considerar que tal vez la causa del AVC stroke criptogénico fue una FA no diagnosticada.

La aurícula izquierda tiene tejido muscular contractil que al tener un daño en su estructura conlleva cambios en su función ya sea mecánico o eléctrico, por lo que el conocer si tiene fibrosis pudiera ser un subrogado para el cálculo del riesgo de desarrollar arritmias auriculares. El estudio con mayor sensibilidad para la detección de fibrosis es la resonancia magnética nuclear cardiaca, al ser accesible para una población grande podríamos encontrar una relación entre la disminución de la función atrial y la presencia de fibrosis tal y como lo demuestra Kuppohally et al en un estudio donde recluto a 65 pacientes. El 44% tenían FA paroxística y el 56% con FA persistente, a todos se les realizó RMN cardiaca encontrando que en el primer grupo se observó 4% de fibrosis y el segundo grupo 22%. Posteriormente lo correlacionaron con el strain de la auricular izquierda, entre mayor fibrosis menos strain, por lo que pudiéramos asumir que en aquellos pacientes con strain disminuido existe la presencia de fibrosis y mayor probabilidad de desarrollar FA.

Consideraciones

Sugerimos que el cálculo del strain auricular izquierdo debe ser universal ya que es un predictor de disfunción diastólica, al ser el primer parámetro medible que disminuye antes que cualquier parámetro de la diastología. En pacientes con enfermedades crónico degenerativas como diabetes mellitus e hipertensión, el strain disminuye a pesar de tener un tamaño auricular normal lo que sugiere que precede a los cambios estructurales de la aurícula izquierda. Además en la hipertensión podemos determinar los efectos de los medicamentos antihipertensivos ya que al controlar la presión arterial se puede recuperar el strain independientemente del tratamiento que se utilice. En pacientes isquémicos puede predecir eventos

cardiovasculares, tiene una exactitud diagnostica mayor para predecir las presiones de llenado del ventrículo izquierdo comparado con las mediciones convencionales. Es útil en la amiloidosis, miocardiopatía hipertrófica como premonitor de disfunción diastólica, Su mejoría en la terapia de resincronización traduce una respuesta adecuada, es pronostico en enfermedades valvulares mitrales y aórticas, es predictor para el desarrollo y persistencia de arritmias supraventriculares como la fibrilación auricular. Después de la ablación de las venas pulmonares, es una variable independiente, para mantener ritmo sinusal y tiene una alta correlación con el grado de fibrosis del tejido muscular auricular.

Este método es fácil de aprender, se puede realizar posterior a la adquisición de las imágenes y sobre todo brinda datos de forma rápida y precisa, solo se necesita entrenamiento en la adquisición de las imágenes y un amplio conocimiento de la diastología ventricular para una interpretación óptima que pueda traducirse clínicamente en cada uno de los diferentes contextos a los que el cardiólogo enfrenta día a día

Capitulo-7 Conclusiones

Los valores del strain en sujetos sanos, predominantemente del sexo femenino con factores de riesgo cardiovascular, son parecidos a los reportados en la literatura. Sin embargo, el strain reservorio resulto ser significativamente mayor. Sin embargo, se requiere aumentar la muestra y equilibrar el género para validar estos hallazgos.

Capitulo-8 Bibliografía.

1. Miyoshi H, Oishi Y, Mizuguchi Y, Iuchi A, Nagase N, Ara N, et al. Association of left atrial reservoir function with left atrial structural remodeling related to left ventricular dysfunction in asymptomatic patients with hypertension: evaluation by two-dimensional speckle-tracking echocardiography. Clin Exp Hypertens. 17 de febrero de 2015;37(2):155-65.

2. Yoshida Y, Nakanishi K, Daimon M, Ishiwata J, Sawada N, Hirokawa M, et al. Alteration of Cardiac Performance and Serum B-Type Natriuretic Peptide Level in Healthy Aging. J Am Coll Cardiol. octubre de 2019;74(14):1789-800.

3. Miyoshi H, Mizuguchi Y, Oishi Y, Iuchi A, Nagase N, Ara N, et al. Early detection of abnormal left atrial-left ventricular-arterial coupling in preclinical patients with cardiovascular risk factors: evaluation by two-dimensional speckle-tracking echocardiography. Eur J Echocardiogr. 1 de junio de 2011;12(6):431-9.

4. Mondillo S, Cameli M, Caputo ML, Lisi M, Palmerini E, Padeletti M, et al. Early Detection of Left Atrial Strain Abnormalities by Speckle-Tracking in Hypertensive and Diabetic Patients with Normal Left Atrial Size. J Am Soc Echocardiogr. agosto de 2011;24(8):898-908.

5. Tadic M, Cuspidi C, Ilic S, Marjanovic T, Celic V, Trpkovic S. Subclinical hyperthyroidism and biatrial function and mechanics: a two- and three-

dimensional echocardiographic study. Scand Cardiovasc J. 3 de marzo de 2016;50(2):88-98.

6. Kocabay G, Muraru D, Peluso D, Cucchini U, Mihaila S, Padayattil-Jose S, et al. Normal Left Ventricular Mechanics by Two-dimensional Speckle-tracking Echocardiography. Reference Values in Healthy Adults. Rev Esp Cardiol Engl Ed. agosto de 2014;67(8):651-8.

7. Mora V, Roldán I, Romero E, Romero D, Bertolín J, Ugalde N, et al. Comprehensive assessment of left ventricular myocardial function by two-dimensional speckle-tracking echocardiography. Cardiovasc Ultrasound. diciembre de 2018;16(1):16.

8. Gupta R, Gupta N, Yadav O, Yadav A, Doshi R. Exploring speckle-tracking echocardiography for the assessment of diastolic function: A step in the right direction. Echocardiography. abril de 2019;36(4):629-30.

9. Nahum J, Kloekner M, Dussault C, Macron L, Bensaid A, Mitchell-Heggs L, et al. 106 Prognosis value of left ventricular filling pressure by speckle tracking in heart failure patients. Arch Cardiovasc Dis Suppl. enero de 2011;3(1):34.

10. Lemarié J, Huttin O, Girerd N, Mandry D, Juillière Y, Moulin F, et al. Usefulness of Speckle-Tracking Imaging for Right Ventricular Assessment after Acute Myocardial Infarction: A Magnetic Resonance Imaging/Echocardiographic Comparison within the Relation between

Aldosterone and Cardiac Remodeling after Myocardial Infarction Study. J Am Soc Echocardiogr. julio de 2015;28(7):818-827.e4.

11. Vieira MJ, Teixeira R, Gonçalves L, Gersh BJ. Left Atrial Mechanics: Echocardiographic Assessment and Clinical Implications. J Am Soc Echocardiogr. mayo de 2014;27(5):463-78.

12. Saraiva RM, Demirkol S, Buakhamsri A, Greenberg N, Popović ZB, Thomas JD, et al. Left Atrial Strain Measured by Two-Dimensional Speckle Tracking Represents a New Tool to Evaluate Left Atrial Function. J Am Soc Echocardiogr. febrero de 2010;23(2):172-80.

13. Pathan F, D'Elia N, Nolan MT, Marwick TH, Negishi K. Normal Ranges of Left Atrial Strain by Speckle-Tracking Echocardiography: A Systematic Review and Meta-Analysis. J Am Soc Echocardiogr. enero de 2017;30(1):59-70.e8.

14. Oishi Y, Miyoshi H, Iuchi A, Nagase N, Ara N, Oki T. Negative Impact of Cardiovascular Risk Factors on Left Atrial and Left Ventricular Function Related to Aortic Stiffness. Circ J. 2013;77(6):1490-8.

15. Wang Y, Zhang Y, Ma C, Guan Z, Liu S, Zhang W, et al. Evaluation of Left and Right Atrial Function in Patients with Coronary Slow-Flow Phenomenon Using Two-Dimensional Speckle Tracking Echocardiography. Echocardiography. junio de 2016;33(6):871-80.

16. Hulley SB, editor. Designing clinical research. 3rd ed. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins; 2007. 367 p.

Capitulo-9 Anexos.

9.1 Tablas.

Tabla 1. Características clínicas y demográficas

Variable	**N=41 (100%)**
Masculino	8 (19.5)
Edad Med (IQR)	31 (29-39)
BMI Med (IQR) Talla Peso	23.4 (22.4-27.2) 1.63 (1.58-1.67) 64 (58.5-72.5)
Frecuencia cardiaca Med (IQR)	70 (65-76.5)
Presión arterial Med (IQR) Sistólica Diastólica	 120 (110-120) 80 (65-82.5)
SaO2 Med (IQR)	98 (97-98)
Temperatura Med (IQR)	37 (38.8-37)

Tabla 2. Variables ecocardiográficas 2D

Variable $\overline{X}$ (SD)	**N=41**
Raíz aórtica cm.	2.8 (0.28)
Aurícula cm.	3.2 (0.36)
Vel Max TSVI cm/s	0.9 (0.16)
Vel Max AO cm/s	1.18 (0.21)
Atrio izquierdo Sup Inf cm	4.85 (0.38)
Atrio derecho Sup Inf cm	4.36 (0.43)
Atrio izquierdo Transverso cm	3.81 (0.45)
Atrio derecho Transverso cm	3.32 (0.44)
Pared posterior diástole cm	0.88 (0.13)
Septum IV cm	0.96 (0.38)
Dimensión diastólica VI cm	4.23 (0.68)
Dimensión diastólica VD cm	3.32 (0.43)
Dimensión sistólica VI cm	2.83 (0.35)
FEVI %	60.6 (4.74)
TAPSE mm	22.2 (3.1)
Vel Max Pulmonar m/s	0.96 (0.14)
Vel Punto E m/s	0.77 (0.16)
Vel Punto A m/s	0.47 (0.13)
Relación E/A	1.7 (0.56)
Área doppler cm2	4.1 (1.19)

Tabla 3. Variables del Strain Auricular Izquierdo comparado con la literatura

Variable	**N=41**	***p****
Reservorio % **$\overline{X}$ (SD)**	41.8 (5.7)	Media en la literatura: 39% 0.004
Conducción % **$\overline{X}$ (SD)**	24.2 (4.2)	Media en la literatura: 23% 0.086
Contracción % **$\overline{X}$ (SD)**	17.4 (3.4)	Media en la literatura: 17% 0.475

*t de student para una muestra

Tabla 4. Variables del Strain Auricular Izquierdo por categoría de BMI

Variable	**BMI<30** **N=32**	**BMI≥30** **N=9**	***p****
Reservorio % **$\overline{X}$ (SD)**	42 (5.87)	40.9 (5.5)	0.580
Conducción % **$\overline{X}$ (SD)**	23 .7 (4.3)	25.9 (3.5)	0.170
Contracción % **$\overline{X}$ (SD)**	17.6 (3.6)	16.6 (2.7)	0.411

*t de student para dos muestras independientes

Tabla 5. Variables del Strain Auricular Izquierdo por grupo de edad (por rango intercuartil)

Variable	**<29 N=7**	**29-30 N=10**	**31-39 N=13**	**>39 N=11**	***p****
Reservorio % $\overline{X}$ (SD)	44.1 (7.5)	38.3 (4.6)	41.9 (6.6)	43 (2.9)	0.171
Conducción % $\overline{X}$ (SD)	24.7 (4.4)	25.1 (3.9)	22.7 (4.9)	24.9 (3.4)	0.501
Contracción % $\overline{X}$ (SD)	17 (3.9)	16.7 (3.6)	17.5 (3.6)	18 (3.2)	0.871

*One way ANOVA

Tabla 6. Variables del Strain Auricular Izquierdo por género

Variable	**Hombres N=8**	**Mujeres N=32**	***p****
Reservorio % $\bar{X}$ **(SD)**	41 (7.2)	41.9 (5.4)	0.707
Conducción % $\bar{X}$ **(SD)**	23.2 (5.9)	24.4 (3.7)	0.472
Contracción % $\bar{X}$ **(SD)**	15.7 (2.7)	17.8 (3.5)	0.110

*t de student para dos muestras independientes

Tabla 7. Variables del Strain Auricular Izquierdo categoría de FEVI

Variable	**FEVI<60%** **N=19**	**FEVI≥60%** **N=21**	***p****
Reservorio % **$\overline{X}$ (SD)**	42.5 (6.6)	41.1 (4.8)	0.442
Conducción % **$\overline{X}$ (SD)**	24.2 (4.9)	24.1 (3.6)	0.915
Contracción % **$\overline{X}$ (SD)**	17.7 (4.3)	17.2 (2.5)	0.785

*t de student para dos muestras independientes

Tabla 8. Correlación de variables del Strain Auricular Izquierdo con variables ecocardiográficas y presión arterial

	Reservorio		**Conducción**		**Contracción**	
	P de Pearson	*p*	P de Pearson	*P*	P de Pearson	*p*
Tamaño auricular	-0.390	0.013	-0.012	0.940	-0.233	0.148
Atrio izquierdo Sup Inf cm	-0.151	0.353	-0.108	0.506	-0.171	0.292
Atrio derecho Sup Inf cm	-0.164	0.310	0.010	0.953	-0.077	0.636
Atrio izquierdo Transverso cm	-0.375	0.017	-0.210	0.194	-0.329	0.044
Atrio derecho Transverso cm	-0.196	0.227	-0.027	0.871	-0.288	0.071
Relación AE	-0.137	0.401	-0.086	0.599	-0.052	0.749
Área Doppler	0.162	0.317	-0.097	0.552	-0.117	0.472
TAPSE	0.034	0.836	0.204	0.159	-0.057	0.727
Dimensión diastólica VI cm	-0.357	0.024	-0.261	0.104	-0.211	0.190
Dimensión diastólica VD cm	-0.011	0.947	0.330	0.038	0.002	0.989
Dimensión sistólica VI cm	-0.094	0.564	0.014	0.934	-0.154	0.343
Presión arterial sistólica	-0.085	0.100	0.132	0.418	0.155	0.341
Presión arterial diastólica	-0.026	0.873	-0.128	0.431	0.091	0.575

Tabla 9. Correlación de funciones del strain reservorio con conducción-contracción y conducción con contracción.

	Reservorio		**Conducción**	
	P de Pearson	*p*	P de Pearson	*p*
Conducción	0.412	0.008	-	-
Contracción	0.274	0.087	0.297	0.062

Imagen 1. Relación entre reservorio y tamaño auricular

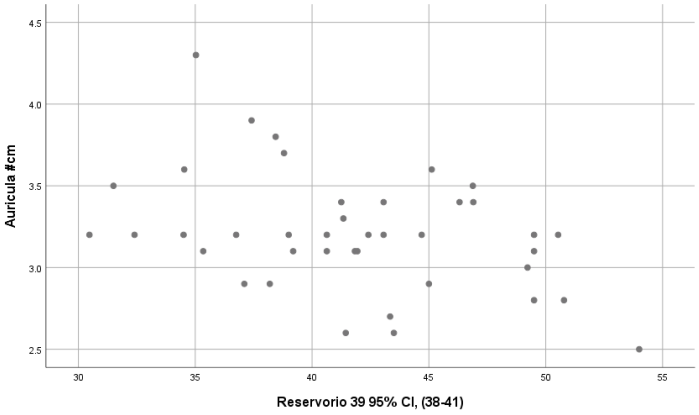


Imagen 2. Relación entre reservorio y atrio izquierdo transverso

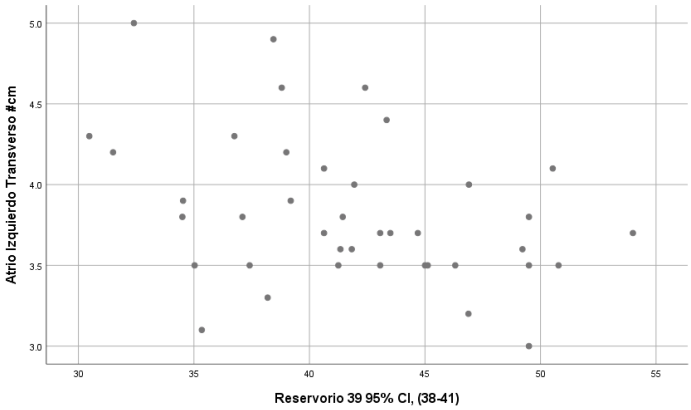


Imagen 3. Relación entre conducción y dimensión diastólica VD

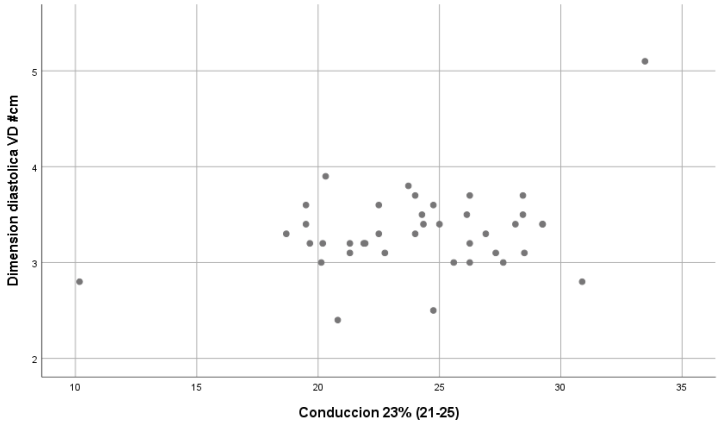


Imagen 4. Relación entre contracción y atrio izquierdo transverso

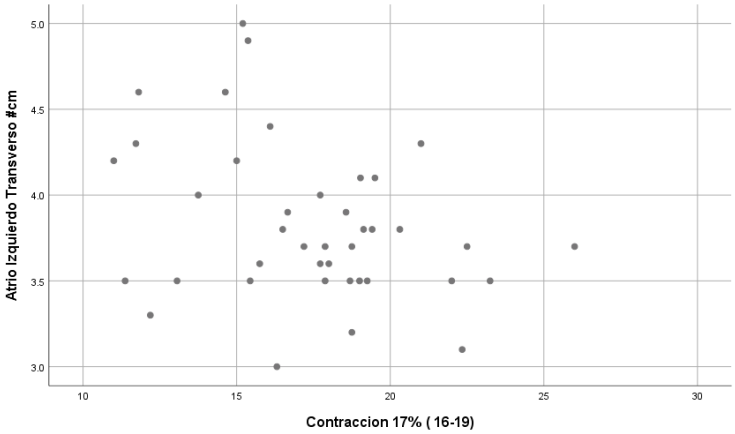
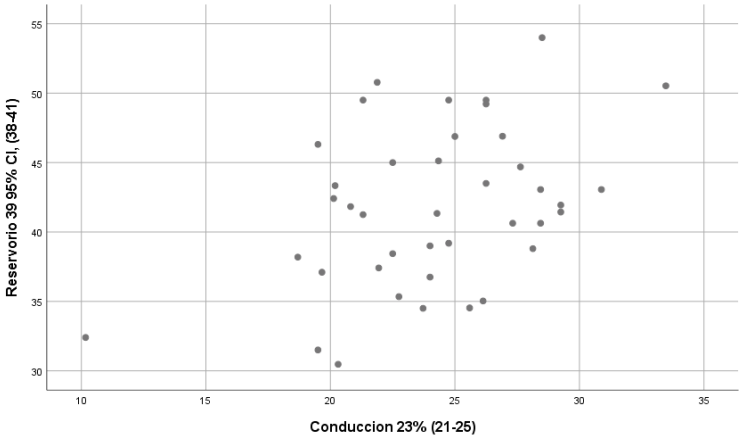


Imagen 5. Relación entre reservorio y conducción



9.2 Forma de Consentimiento Informado.

Título: Valores del strain de la aurícula izquierda en sujetos sin enfermedad cardiovascular del programa enfermero saludable.

Centro del estudio:	Hospital Zambrano Hellion, TecSalud, Fundación Santos de la Garza Evia.
Domicilio:	Av. Batallón de San Patricio 112, Real San Agustín, 66278 San Pedro Garza García, N.L.
Número telefónico	8188880000
Número telefónico de atención las 24 horas	8113263523
Médico del estudio:	Investigador principal: Dr. Carlos Jerjes Sánchez Díaz Sub-investigadores: Dr. Héctor G. Betancourt del Campo, Dr. Arturo Cadena Payton, Dra. Sylvia Linda de la Rosa Pacheco, Licenciada Leticia Solís Domínguez, Licenciada Iris Yadira Garza Rodríguez
Comité de Ética: Persona de contacto: Domicilio: Teléfono de contacto:	Comité de Ética en Investigación de la Escuela de Medicina del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Dr. Víctor Javier Lara Díaz Presidente del Comité de Ética en Investigación Dr. José Ascensión Hernández Hernández Secretario del Comité de Investigación Av. Batallón de San Patricio 112, Real San Agustín, 66278 San Pedro Garza García, N.L. 81 13 26 35 23
Nombre del centro médico de atención en caso de urgencias Datos de contacto en caso de urgencias	Hospital Zambrano Hellion Dr. Carlos Jerjes Sánchez D 8180207577

Introducción

A través de este documento queremos hacerle una invitación para participar voluntariamente en un estudio de investigación clínica. El objetivo es evaluar la contracción de la aurícula izquierda, la cual es una de las cuatro cavidades del corazón por medio de ultrasonido cardíaco para conocer los valores en una población de trabajadores de la salud del Hospital Zambrano Hellion. La contracción de la aurícula izquierda es una medición que se realiza con un ultrasonido del corazón y que permite medir la capacidad de la aurícula para expulsar sangre del corazón

Se le ha pedido que participe en este estudio ya que usted pertenece a un programa conocido como "Enfermero Saludable" donde se le han realizado medidas antropométricas y medidas de prevención primaria. Además de los valores de la contracción de la auricular izquierdo también se realizarán medidas estándar del funcionamiento global de su corazón. Este estudio es importante ya que actualmente no tenemos valores normales de la contracción de la aurícula izquierda en población mexicana y no se conoce con exactitud la mecánica de esta.

Antes de que usted acepte participar en este estudio, le pedimos que por favor lea el presente documento que se conoce como consentimiento informado. El cual tiene como objetivo principal el que usted conozca detalladamente el estudio al cual se le ha invitado, así como los posibles riesgos, beneficios y derechos que usted tiene como paciente.

El consentimiento informado le proporciona información sobre el estudio al que se le está invitando a participar, por ello es de suma importancia que lo lea cuidadosamente antes de tomar alguna decisión y si usted lo desea, puede comentarlo con otra persona (un amigo, un familiar de confianza, etc.). Además, si usted tiene preguntas puede hacerlas directamente al investigador o al personal del estudio quienes le ayudarán a resolver cualquier inquietud.

Una vez que tenga conocimiento sobre el estudio y los procedimientos que se llevarán a cabo, se le pedirá que firme el consentimiento informado para que de esta forma usted pueda participar en el estudio. Su decisión es voluntaria, lo que significa que usted es totalmente libre de aceptar participar o no en el estudio. Podrá retirar su consentimiento en cualquier momento y sin tener que explicar las razones, sin que esto genere alguna represalia o problema laboral. Si decide no participar, usted puede platicar con el investigador y no existirá problema alguno para su desempeño hospitalario y laboral.

Propósito del Estudio

Hasta nuestro conocimiento, en la población mexicana no hay estudios que analicen con ultrasonido cardíaco la contracción de la aurícula izquierda. El conocer este parámetro podría ser el primer paso para intentar una estandarización. Partiendo de esta premisa y conociendo los rangos en una población sin enfermedad cardiovascular sería posible iniciar otros estudios para estudiar la patología cardíaca en estadios más tempranos.

Si usted acepta participar se le realizará un ultrasonido cardíaco con equipo del instituto de cardiología y medicina vascular realizándose mediciones hechas por un especialista en ecocardiografía, y se realizarán mediciones de su corazón que habitualmente se efectúan con este estudio. Además, se medirá la aurícula izquierda con un programa de computadora que calculará automáticamente la mecánica de esta cavidad específicamente en cómo se contrae.

¿Cuántos pacientes participarán en el Estudio?

Se espera reclutar a los enfermeros y enfermeras del programa "Enfermero Saludable" que no cuenten con enfermedades cardiovasculares. Al ser un estudio descriptivo lo único que se busca es aumentar el número de sujetos para aumentar la precisión de mis mediciones. Al menos se tratarán de reclutar 42 pacientes.

¿Cuánto durará su participación?

Una vez que acepte participar se le realizará el ecocardiograma transtorácico el cual tiene una duración no mayor a 15 minutos.

¿Qué sucederá durante el estudio de Investigación?

Después de firmar el consentimiento informado se verificará que usted cumpla con todos los requisitos:

1. **Criterios de inclusión**
    1. Sujetos del sexo masculino y femenino sin enfermedad cardiovascular pertenecientes al programa de enfermero saludable.
    2. Sujetos que voluntariamente acepten participar en este estudio y que firmen el consentimiento informado.

4.2 **Criterios de exclusión**

Sujetos con padecimientos cardiovasculares como:

1. Hipertensión arterial
2. Cardiopatía isquémica por enfermedad coronaria
3. Enfermedad cerebrovascular
4. Enfermedad vascular periférica
5. Insuficiencia cardíaca
6. Cardiopatía reumática.
7. Cardiopatías congénitas del adulto
8. Miocardiopatías
9. Enfermedades renales
10. Pacientes en programa de rehabilitación cardiovascular
11. Cualquier persona que no pueda firmar el FCI
12. Sospecha de enfermedad COVID-19
13. Temperatura > 37.8º C

4.3 **Criterios de eliminación**

Si a usted se le detecta alguna de las siguientes anomalías:

1. Malformaciones congénitas del adulto
2. Valvulopatías.
3. FE <50%por método de Simpson.
4. Hipertrofia ventricular izquierda.
5. TAPSE (Excursión sistólica del anillo plano tricuspídeo) disminuido.
6. Trastornos del engrosamiento parietal en reposo.
7. Derrame pericárdico moderado a severo.
8. Fibrilación auricular.
9. Mala ventana acústica
10. Ecocardiograma no útil técnicamente para la medición adecuada de variables.

Procedimientos del Estudio

El ecocardiograma se realizará en una sola visita.

Se realizará un estudio completo de ecocardiografía en segunda dimensión en todos los participantes usando una máquina de ultrasonido con capacidad digital (Vivid 7, General electric.) de 2.5 MHz. Y se realizarán las siguientes mediciones del corazón en eje paraesternal largo, así como mediciones en eje corto en sus vista basal, medio y apical, eje de dos y cuatro cámaras las cuales consisten en observar el corazón de diferentes ángulos.

Se almacenarán tres latidos cardíacos consecutivos en ritmo normal del corazón para su análisis subsecuente y obtención de las variables establecidas, así como cálculo de la contracción auricular de forma automática por el programa de computadora.

Los parámetros del estudio en 2D se medirán usando métodos estándar. Se utilizarán proyecciones llamadas eje paraesternal largo, corto y apical cuatro cámaras. También se medirá el grosor de la pared posterior y el septum las cuales son paredes del corazón, el diámetro del ventrículo izquierdo cuando se contrae y se relaja, el diámetro de la aurícula izquierda y el nacimiento de la aorta.

Se realizarán observaciones en eje corto basal, medio y apical, se corroborará que no exista trastornos en la contracción de las paredes del corazón en ninguna de sus secciones (anterior, lateral, inferior y septal).

Sus responsabilidades:

- Proporcionar información acerca de su salud durante el estudio.
- Permanecer acostado boca arriba y realizar maniobras de inspiración y espiración profunda en caso de que se le indique durante el estudio.
- Utilizar cubrebocas durante todo el estudio, así como avisar si ha tenido síntomas como fiebre, tos seca, incapacidad para distinguir olores y sabores, cansancio, escurrimiento nasal o dificultad para respirar.

- Previo al inicio del estudio se le tomará la temperatura con dispositivo infrarrojo el cual no ocasiona ningún daño a su cuerpo.

Responsabilidades de los investigadores:

- Comunicar si existe algún hallazgo anormal y explicarle cualquier duda durante el estudio.

- El operador se compromete a usar medidas de protección como careta, gogles, cubrebocas N-95, guantes (nuevos con cada paciente) que se abrirán a la vista de usted y bata quirúrgica para disminuir el riesgo de infección por coronavirus.

Riesgos

La composición del gel ecográfico utilizado es: glicerina, carbómero, hidróxido de sodio, propilenglicol, metilisotiazolinona, yodopropinilo, butilcarbamato y clorhidrato de sodio. Se puede sentir un poco de frío por el gel para realizar el ultrasonido. Esto es extremadamente raro ya que el gel se adecua a una temperatura agradable. No hay reportes de eventos secundarios por el contacto del gel en pacientes a los que se realiza un ecocardiograma, ya que la base es agua.

Beneficios

No existe beneficio del mismo directamente, sin embargo, se podrán conocer los valores de contracción de su corazón y nos ayudará a desarrollar nuevas preguntas de investigación para mejorar los diagnósticos de los pacientes en el futuro.

Compensación por lesiones

Si usted experimenta una lesión relacionada con la investigación, se le proporcionará tratamiento médico de urgencia sin costo para usted. Esto aplica desde el momento que usted acepta participar en el estudio firmando el presente documento, hasta el momento en que termine su participación en el proyecto o usted retire su consentimiento.

Al firmar este consentimiento informando de ninguna manera anula sus derechos legales ni libera a los investigadores, patrocinador o instituciones participantes de su responsabilidad legal y profesional, siempre y cuando usted respete y siga las indicaciones de “responsabilidad del paciente” mencionadas en la página anterior.

¿Participar en el estudio es voluntario?

Participar en este estudio de investigación es decisión de usted. Usted puede decidir no participar o cambiar de opinión y después retirarse (abandonar). No habrá ninguna penalidad, represalia o problema laboral y usted no perderá ningún derecho como trabajador.

El investigador del estudio puede retirarlo del estudio sin su consentimiento si:

- Usted no sigue las instrucciones del equipo del estudio;
- Si se decide que el estudio no es lo mejor para usted;

Costo de la participación

No tiene ningún costo para Ud.

¿Me pagarán por participar en este estudio?

No recibirá ninguna compensación por participar en este estudio.

Si participo en este estudio de Investigación, ¿Cómo se protegerá mi privacidad?

Confidencialidad

Con su consentimiento, el investigador será informado que usted decidió participar en este estudio de si usted lo considera conveniente.

Sus registros obtenidos mientras participa, así como los registros de salud relacionados, serán confidenciales en todo momento. Sin embargo, tendrán que estar disponibles para los miembros del Comité de Ética en Investigación y Comité de Investigación de la Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud, Tecnológico de Monterrey o de alguna agencia reguladora mexicana en caso de una auditoría.

Al firmar la forma de consentimiento, usted otorga al grupo de investigación acceso a sus datos médicos y resultados obtenidos durante el estudio. El Investigador del estudio tomará las medidas necesarias para proteger su información personal, y no incluirá su nombre en ningún formato, publicaciones o divulgación futura. Si se retira del estudio, no obtendremos más información personal acerca de usted, pero podremos necesitar continuar utilizando la información ya recopilada.

Usted no será identificado en ninguno de los reportes o publicaciones que resulten de este estudio.

¿A quién podré contactar si tengo preguntas?

Antes de que usted firme este documento, deberá preguntar acerca de cualquier cosa que no haya entendido. El equipo del estudio responderá sus preguntas antes, durante y después del estudio. Si usted piensa que su pregunta no ha sido contestada completamente o si no entiende la respuesta, por favor continúe preguntando hasta que esté satisfecho.

No firme este formato a menos que usted haya tenido la oportunidad de hacer preguntas y de que haya obtenido respuestas satisfactorias a todas sus preguntas.

SUS DERECHOS NO SON AFECTADOS BAJO NINGUNA

LEY DE PROTECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.

¿A quién poder contactar si tengo preguntas sobre mis derechos?

Si tiene alguna preocupación o queja acerca de este estudio o sobre cómo se está realizando, por favor no dude en discutir sus preocupaciones con el Dr. Héctor Guillermo Betancourt del Campo, el cual está disponible para contestar sus preguntas en los teléfonos que se encuentran en la primera página de este documento.

Este Consentimiento ha sido revisado por *Comité de Ética en Investigación de la Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud del Instituto Tecnológico de Monterrey y el Comité de Investigación de la Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud del Instituto Tecnológico de Monterrey*.

Este documento cumple con las especificaciones estipuladas en los Artículos 21, 22 y 23 para la redacción de Consentimiento Informado de la Ley General de Salud en materia de Investigación y Salud en Seres Humanos.

Si usted tiene alguna pregunta con respecto a sus derechos como participante de esta investigación, usted puede comunicarse al (01) 81 88880000

FIRMAS:

He sido informado acerca del estudio y tuve mi primer diálogo con el encargado del estudio o el personal de la investigación acerca de dicha información

He leído y entendido la información en este documento de consentimiento informado.

He tenido la oportunidad de hacer preguntas y todas mis preguntas fueron contestadas a mi satisfacción.

Consiento voluntariamente participar en este estudio. No renuncio a ninguno de mis derechos legales al firmar este documento de consentimiento.

Entiendo que recibiré una copia firmada y fechada de este documento, que tiene 7 páginas.

_____ _____

Nombre del participante Firma del Participante

_____

Fecha de la firma

_____ _____

Nombre del representante legalmente autorizado Parentesco

_____ _____ _____

Firma del representante legalmente autorizado Fecha de la firma Hora (si es necesaria)*

Testigos Imparciales

_____

Nombre del testigo imparcial 1

_____

Dirección del testigo imparcial 1

_____

Parentesco

_____ _____

Firma del testigo imparcial 1 Fecha (dd-mmm-aa)

_____

Nombre del testigo imparcial 2

_____

Dirección del testigo imparcial 2

_____

Parentesco

_____ _____

Firma del testigo imparcial 2 Fecha (dd-mmm-aa)

Persona que Obtiene el Consentimiento

_____

Nombre de la persona que condujo el proceso del consentimiento

_____ _____

Firma Fecha de la firma

- **Certifico que me han entregado una copia de este documento firmado, así como he entregado una copia de mi identificación oficial**

Capitulo-10 Currículum Vitae.

Héctor Guillermo Betancourt del Campo

No Currículum Vitae: 684561

Información Personal

Fecha de Nacimiento: 31 Mayo 1988

Lugar: Torreón, Coahuila

Nacionalidad: Mexicano

CURP: BECH880531HCLTMC07

RFC: BECH880531A24

Cedula Medico General: 10119649

Dirección: Privada, Boca Negra 602, Buenos Aires, 64800 Monterrey, N.L.

Teléfonos: 8113263523

Contacto: betancourtdelcampo@gmail.com

ESTUDIOS

Primaria

Año Año de Juárez. Blvd Reforma y calzada Águila Nacional de 1994 a 1999

Ciudad-País *Torreón Coahuila, México*

Secundaria

Año Técnica No.77 Rovirosa Wade S/N Nueva California de 1999 a 2003

Ciudad-País *Torreón Coahuila, México*

Preparatoria

Año Luzac . Paseo del Amanecer Ampl. La Rosita de 2003 a 2006

Ciudad-País *Torreón Coahuila, México*

Licenciatura Médico Cirujano y Partero

Año Facultad de Medicina Unidad Torreón Universidad Autónoma de Coahuila 2006 a 2011

Ciudad-País *Torreón, Coahuila, México*

Otros Estudios Medicina Interna

Año Universidad Autónoma de Coahuila 2014 a 2018

Ciudad-País *Torreón Coahuila México*

Otros Estudios Cardiología Clínica

Año Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey 2018 a 2021

Ciudad-País *Monterrey Nuevo León*

Programas manejados: Microsoft Office, Plataformas de Imagen cardiovascular Tomtec, Q-Lab, Expediente Clínico electrónico Alert, Sistema Administrativo Hospitalario SAP, Manejo de plataforma Carestream

IDIOMAS

Español: Natal

Inglés: Avanzado

INTERESES

- Superación académica, continuar con mi preparación en el campo de la cardiología para así tener un mayor grado de experiencia para el beneficio de mis pacientes
- Publicaciones en revistas Indexadas para beneficio de la comunidad científica Internacional.
- Deportes : Futbol Soccer, lo practico con regularidad con amigos, Gimnasio con ejercicio aeróbico regularmente.
- Rotaciones nacionales e internacionales para ampliar mi conocimiento en el ámbito médico, en especial en cardiología, ecocardiografía y electrofisiología

FORMACIONES ADICIONALES

2020-presente Jefe de Residentes Subespecialidad en Cardiología Clínica ITESM, Mty, NL. Royal College of Physicians and Surgeons of Canada, Taller de Liderazgo, Gestión de Cambio y Educación para Jefes de Residentes. Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud TecSalud

2017-2018 Jefe de Residentes de la Especialidad de Medicina Interna, UAC, Torreón, Coah.

2017-2018 Profesor Adjunto Cardiología, impartida a los Alumnos de 5° año, UAC

2017-2018 Reconocimiento por participación en proceso de enseñanza-aprendizaje en beneficio de los alumnos de Medicina con el tema Relación de Laboratorios con Enfermedades más comunes, expedido por la Universidad Autónoma de Durango Campus Torreón.

2017-2018 Docente Adjunto en la materia de Farmacología, Anestesiología y Neurología en Enfermería de Cuidados Intensivos y en el Posbásico de Enfermería Quirúrgica en la materia de Neurocirugía en los cursos Post-técnicos.

Bibliografía:

1. Relación de los Niveles de Leptina y parámetros electrocardiográficos en pacientes con obesidad Numero de Revista 1 Volumen de Revista 4 Año de publicación 2017 Páginas de 215 a 217 Key words: obesity electrocardiogram obesity risk

1. Jerjes-Sánchez C, **Betancourt H,** Valdés F, Rodriguez D, Vázquez Guajardo M, Del Toro-Mijares R. Chapter 5.- Acute Coronary Syndromes in the ER. **Cardiology in the ER, A Practical Guide, Edition 1, Springer International Publishing, Switzerland, 2019, p. 73-99. DOI: 10.1007/978-3-030-13679-6.**
2. Vázquez Guajardo M, Jerjes-Sánchez C, Paredes-Vázquez JG, **Betancourt Del Campo H**, Rodríguez D, Del Toro Mijares R. Complicaciones asociadas al tratamiento de tromboembolia pulmonar en el paciente longevo. **IV Congreso SOMETH (Sociedad Mexicana de Trombosis y Hemostasia A.C.), 2019.**
3. López de la Garza H, Torre-Amione G, Paredes-Vázquez JG, del Toro-Mijares R, Vázquez-Guajardo M**, Betancourt H,** Rodriguez D, Jerjes-Sánchez C. Evolución de Dispositivo de Asistencia Ventricular para Insuficiencia Cardiaca con Fracción de Expulsión Reducida. **Arch Cardiol Mex 2019; 89 Supl 1:153**
4. **Betancourt Del Campo H**, Pozas Garza GE, Jerjes-Sánchez C, Paredes-Vázquez JG, Azpiri H, López de la Garza H, Guajardo Lozano JA,

Rodriguez D, Panneflek J, Jimenez Franco V. Left Cardiac Sympathectomy Denervation In A Patient With Long Qt Syndrome Unresponsive To Beta-Blockers And Cardiac Pacing. **J Am Coll Cardiol 2020; 75:11, 2834**. DOI: https://doi.org/10.1016/S0735-1097(20)33461-6.

5. López de la Garza H, Paredes-Vázquez JG, Guajardo Lozano JA, **Betancourt Del Campo H**, Jimenez Franco V, Azpiri H, Jerjes-Sánchez C, Quintanilla Gutiérrez JA, Valdés F, Rodríguez D, Panneflek J. Multimodal Cardiac Imaging Approach In Atypical Chest Pain Resulting In Primary Right Atrial Cardiac Spindle Cell Sarcoma. **J Am Coll Cardiol 2020; 75:11, 3131.** DOI: https://doi.org/10.1016/S0735-1097(20)33758-X.
6. Systemic Thrombolysis and Anticoagulation Improved Biomarker Measurements in Massive-Like Pulmonary Embolism and Severe COVID-19 Pneumonia: A Case Report - EMID:ada332a930a23c3d **Hector Betancourt-Del Campo**, MD,Carlos Jerjes-Sanchez, MD Hector Lopez-de la Garza, MD, Mauricio Castillo-Perez, MD, Marcos Ibarra-Flores, MD, Juan Francisco Moreno-Hoyos, MD, **Manuscript Number EHJ-CR-D-20-00780 2020**
7. Trombolisis sistémica y anticoagulación mejoran la expresión de biomarcadores en tromboembolia pulmonar aparentemente masiva y neumonía grave covid-19: reporte de caso **Hector Betancourt-Del Campo**, MD, Carlos Jerjes-Sanchez, MD Hector Lopez-de la Garza, MD, Jose Gildardo Paredes Vázquez, MD, Mauricio castillo MD, **SOMETH México 2020**

8. Tromboembolia pulmonar masiva complicada con paro cardiorespiratorio y trombolisis de rescate en paciente con covid-19: reporte de caso **Hector Betancourt-Del Campo**, MD, Carlos Jerjes-Sanchez, MD Hector Lopez-de la Garza, MD, Jose Gildardo Paredes Vázquez, MD, Mauricio castillo MD, **SOMETH México 2020**
9. Systemic Thrombolysis and Anticoagulation Improved Biomarker Measurements in Massive-Like Pulmonary Embolism and Severe COVID-19 Pneumonia: A Case Report **Héctor Guillermo Betancourt del Campo**, MD, Carlos Jerjes-Sánchez **European Heart Journal November 2020**

Membresías en Sociedades Científicas:

• **American Heart Association, desde 2018 (Fellow in training)**

• **Sociedad Mexicana de Medicina Interna, desde 2018 (Miembro Titular)**

Estancia Investigación

1. Rotación Clínica Unidad de Cuidados Intensivos

Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán 2017

Campo: Especialidad médica Subdisciplina: Medicina del enfermo en estado crítico

2. Nombre de estancia: Rotación Clínica Cardiología

Tipo de estancia: Académica Institución: HOSPITAL UNIVERSITARIO "DR. JOSE ELEUTERIO GONZALEZ" 2016 Área: Medicina y ciencias de la salud Campo: Especialidad médica Disciplina: Cardiología Subdisciplina: Cardiología

Formación continua:

1. XXVII Curso de Capacitación para el Examen Nacional de Aspirantes a Residencias Médicas, ENARM UANL 2013
2. ¿Dolor Torácico y Síndrome Coronario Agudo en Urgencias¿ por parte del Consejo Mexicano de Medicina de Urgencias 2014
3. Participación en la Sociedad Médica con el tema ¿Síndrome de Brugada, Presentación de Caso Clínico y Revisión Bibliográfica 2015, Universidad Autónoma de Coahuila
4. Concurso Regional de Modelos Farmacológicos¿ en modalidad Video con el tema: ¿Síndrome de Brugada 2016 Universidad Autónoma de Coahuila
5. Concurso Regional de Modelos Farmacológicos en modalidad Cartel con el tema: Relación de los niveles de leptina y grasa 2016 UAC
6. Curso Taller Control Total del Paciente Inestable, Módulo 1. Electrocardiografía básica e Intermedia 2016
7. Certificación otorgada por el Centro de Capacitación y Adiestramiento de Personal CECAP Henry Dunant como Técnico en Urgencias Médicas 2017 Cruz Roja Mexicana delegación Torreón

8. 9ª Conferencia Científica Anual sobre Síndrome Metabólico por la presentación de Cartel con el tema: ¿Relación de los Niveles de Leptina y Grasa Visceral 2017 Universidad Autónoma de Coahuila
9. Advanced Cardiovascular Life Support Course ACLS 2017 Medicina y ciencias de la salud Especialidad médica American Heart Association
10. Presentación con el tema Caso Clínico, celebrado el día 27 de Abril 2017 Torreón, Coah. Otorgado por Hospital Universitario 2017 Universidad Autónoma de Coahuila
11. Presentación con el tema ¿Caso Clínico¿, celebrado el día 16 de Febrero 2017 . Torreón, Coah. Otorgado por Hospital Universitario 2017 UAC
12. Avances en Insuficiencia Cardiaca e Hipertensión Pulmonar. TecSalud. San Pedro Garza García, N.L. 2018 Medicina y ciencias de la salud Especialidad médica Cardiología Cardiología
13. 2019. Avances en Insuficiencia Cardiaca e Hipertensión Pulmonar. TecSalud. San Pedro Garza García, N.L 2019
14. Reconocimiento por participación en proceso de enseñanza-aprendizaje en beneficio de los alumnos de Medicina con el tema "Relación de Laboratorios con Enfermedades más comunes" expedido por la Universidad Autónoma de Durango Campus Torreón 01/jun/2017 Fin: 30/jun/2017