

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE MEDICINA**



**“CORRELACIÓN DE CRITERIOS ELECTROCARDIOGRÁFICOS PARA
ANORMALIDAD ATRIAL CON NUEVOS PARÁMETROS DE DILATACIÓN
AURICULAR IZQUIERDA POR ECOCARDIOGRAFÍA”**

Por

Dr. Oswaldo Santos Morales

como requisito para obtener el grado de especialista en Cardiología
Hemodinamia

Diciembre 2020

"CORRELACIÓN DE CRITERIOS ELECTROCARDIOGRÁFICOS PARA ANORMALIDAD ATRIAL CON NUEVOS PARÁMETROS DE DILATACIÓN AURICULAR IZQUIERDA POR ECOCARDIOGRAFÍA"

Aprobación de la tesis:



Dr. Mario Alberto Benavides González
Director de la tesis



Dr. Alejandro Ordaz Frías
Co-Director de la tesis



Dr. Iván Alejandro López Alcocer
Co-Director de la tesis



Dr. med. Raúl Reyes Araiza
Jefe de enseñanza del servicio de Cardiología



Dr. Mario Alberto Benavides González
Coordinador de investigación del servicio de Cardiología



Dr. Mario Alberto Benavides González
Jefe del servicio de Cardiología



Dr. med. Felipe Arturo Morales Martínez
Subdirector de estudios de Posgrado

Agradecimientos

A mi esposa Marbella, el viaje continúa.

A mi hijo Fernando, bienvenido.

A mi madre, por mi formación.

A mis hermanos, por siempre estar ahí.

Índice

	Página
Capítulo I	
1. RESUMEN.....	5
Capítulo II	
2. INTRODUCCIÓN	8
Capítulo III	
3. HIPÓTESIS	20
Capítulo IV	
4. OBJETIVOS	21
Capítulo V	
5. MATERIAL Y MÉTODOS	22
Capítulo VI	
6. RESULTADOS.	27
Capítulo VII	
7. DISCUSIÓN	30
Capítulo VIII	
8. CONCLUSIÓN	34
Capítulo X	
9. BIBLIOGRAFÍA	35
Capítulo X	
10. ANEXOS.	40
Capítulo XI	
11. RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO	51

Capítulo 1.

Resumen

Objetivo: Correlación de criterios electrocardiográficos para anomalía atrial con nuevos parámetros de dilatación auricular izquierda por ecocardiografía.

Material y métodos: Estudio descriptivo observacional transversal ambispectivo realizado en 1 centro del noreste de México entre agosto del 2016 a diciembre del 2020. Se incluyeron pacientes hombres y/o mujeres mayores de 18 años, a los cuales se les realizó un ecocardiograma transtorácico y electrocardiograma de 12 derivaciones. Se excluyeron sujetos que no desearon participar en estudios, que no se encuentren en ritmo sinusal o que fueran portadores de marcapaso y se eliminaron aquellos con ventana ecocardiográfica limitada, electrocardiograma de difícil interpretación, o en aquellos en los cuales no se pudo realizar las medidas necesarias para este estudio. Se documentó la historia de DM2, HTAS, Dislipidemia, cardiopatía isquémica o arritmias, medidas antropométricas y presión arterial. Se realizaron mediciones ecocardiográficas lineales y de volumen postprocesamiento de la aurícula izquierda en base a las recomendaciones de cuantificación de cavidades cardíacas de la Sociedad Americana de Ecocardiografía y la Asociación Europea de Imagen Cardiovascular. En el electrocardiograma de 12 derivaciones se tomaron como parámetros a medir, la duración de la onda P $>120\text{ms}$, la onda P mellada con duración $>40\text{ms}$ y el eje izquierdo de la onda P (-30° a -90°), de acuerdo a las Recomendaciones para la Interpretación y Estandarización del Electrocardiograma Parte V con respecto a los cambios del electrocardiograma asociados con Hipertrofia de Cavidades Cardíacas, de acuerdo a la Asociación

Americana del Corazón. Los resultados de ambos estudios fueron registrados en una base de datos para el posterior análisis estadístico.

Resultado:

Se incluyeron un total de 222 sujetos. Encontramos un total de 89 sujetos (40.1%) con dilatación auricular izquierda. El voltaje de onda p en DII era mayor en sujetos con dilatación de AI (0.1 (0.1-0.1) vs 0.1(0.1-0.115), $p=0.008$). Un voltaje de 1.5 mV o más era más frecuente en sujetos con dilatación auricular (23.6% vs 7.5%, $p=0.001$), así como como una duración de p en DII mayor o igual a 120 ms (31.5% vs 19.5%, $p=0.043$), la combinación de una duración de p en DII mayor a 120 ms y un voltaje de 1.5 mV o más (31.5% vs 19.5%, $p=0.043$).

Al valorar el desempeño diagnóstico de los criterios electrocardiográficos encontramos la sensibilidad más alta con un voltaje de 1.0 mV o más (sensibilidad: 82%, especificidad: 22.5%, precisión diagnóstica de 46.3%) y la especificidad mas alta con la combinación de una duración de 120 ms o más en DII y un voltaje de 1.5 mV o más (sensibilidad: 8.7%, especificidad: 99.2%, precisión de 62.9%). Los criterios diagnósticos que mejor clasificaban a nuestra población eran un voltaje igual o mayor a 1.5 mV (64.8%), una duración de 100 ms y un voltaje de 1.5 mV (63.4%) y la combinación de una duración de 120 ms y un voltaje de 1.5 mV (62.9%).

Conclusión:

Los criterios electrocardiográficos clásicos para el diagnóstico de DAI tienen un pobre rendimiento diagnóstico frente a los nuevos valores propuestos para el

ecocardiograma. Los nuevos criterios ecocardiográficos requieren un mayor volumen de la AI para el diagnóstico de DAI, por lo tanto muchos pacientes que presenten criterios de dilatación por electrocardiograma, podrían no tener dilatación por ecocardiografía, lo que refleja que los criterios clásicos de ECG podrían ser una buena herramienta de cribado, pero no representan un método seguro para la confirmación del diagnóstico.

Capítulo 2.

Introducción

A pesar de que por mucho tiempo el rol de la aurícula izquierda (AI) en la función e impacto en la génesis de patología cardiovascular (CV) fueron ignorados y minimizados, actualmente se reconoce su importancia y cada vez se acumula más información que nos permite entender su estructura, su función y su rol en la hemodinámica cardiaca.(1) La AI juega un papel crucial en el llenado del ventrículo izquierdo y en el desempeño cardiaco global e interacciona de manera dinámica con la sístole y diástole ventricular. La AI funciona en 3 fases: la fase de reservorio, que ocurre durante la sístole ventricular y el periodo de relajación isovolumétrica (PRIV) del VI, en esta, la AI recibe la sangre de la circulación pulmonar y proporciona cerca del 40 – 50% del volumen latido del VI. Posterior al PRIV, cuando la presión del VI se hace más negativa en comparación con la presión de la AI, la apertura de la válvula mitral da paso a la fase de conducto de la AI, en donde la sangre fluye de las venas pulmonares al VI durante la diástole temprana, y constituye el 20 – 30% del volumen latido. Al final, la fase de bomba ocurre en la diástole tardía y contribuye en un 20% al volumen latido.(2) Las alteraciones en la función y estructura de la AI impactan en la función del VI, se manifiestan clínicamente y además tienen impacto en el desarrollo de eventos CV.

Crecimiento de la aurícula izquierda

Epidemiología

La prevalencia exacta de crecimiento de la AI (CAI) en la población general es difícil de estimar. Bombelli y Cols. analizaron de manera prospectiva a 1045 individuos después de un seguimiento de 10 años, se realizaron ecocardiogramas al inicio del estudio y al seguimiento y se encontró que un 12% había desarrollado CAI; los participantes tenían en promedio 47 años de edad al entrar al estudio, para definir CAI utilizaron el diámetro de la AI y tomaron un punto de corte de 3.9 cm en mujeres y 4.1 cm en hombres.(3) Qiaoyun y Cols. Evaluaron de manera transversal a 11,956 individuos mayores de 35 años de edad en la provincia de Liaoning, China. Definieron CAI utilizando el diámetro de la AI con un valor de corte de 4.0 cm para hombres y 3.8 cm para mujeres. Encontraron una prevalencia de 6.43%, siendo de 6.78% en mujeres y 6.02% en hombres.(4) Estos estudios encontraron además que, el diámetro basal de la AI, [odds ratio (OR) 3.18, intervalo de confianza (IC) 2.26–4.47, $P < 0.001$], el sexo femenino (OR 3.68, IC 2.20–6.18, $P < 0.001$), la presión arterial sistólica de oficina (OR 1.36, IC 1.08–1.70, $P = 0.008$), índice de masa corporal (IMC) (OR 1.35, IC 1.07–1.69, $P = 0.01$), masa indexada del VI (iMVI) (OR 1.29, IC 1.01–1.64, $P = 0.04$), edad avanzada (OR: 1.015, β : 0.036), diabetes (OR: 1.498, β : 0.030), se relacionaban con mayor riesgo de presentar CAI de nueva aparición.(3, 4) En poblaciones con obesidad se ha encontrado una prevalencia de 37%, contra 6% de controles no obesos ($p < 0.0001$). (5) Mientras que una revisión sistemática de estudios en pacientes hipertensos, encontró una prevalencia de 32%, siendo esta similar para hombres y para mujeres.(6)

Fisiopatología

El CAI es usualmente el resultado de la sobrecarga de presión, volumen o ambos sobre la AI.(7) El CAI por sobrecarga de presión es secundario a estenosis mitral o a disfunción sistólica o diastólica del VI sin enfermedad mitral.(7) Durante la diástole ventricular, la AI se expone directamente a las presiones del VI a través de una válvula mitral abierta, Al empeorar la complianza del VI, las presiones en la AI aumentan para tratar de mantener un adecuado llenado del VI o que resulta en CAI, el cual es un marcador de severidad y cronicidad de la disfunción diastólica del VI.(8) La sobrecarga de volumen de la AI, es causada por insuficiencia mitral, cortocircuitos de izquierda a derecha, fistulas arterio – venosas o estados de gasto cardiaco elevado, los cuales contribuyen al remodelado de la AI.(7) Al hablar de etiología, la AI puede crecer secundaria a causas congénitas o adquiridas, entre las más importantes se encuentran: La disfunción del VI (sistólica o diastólica), cortocircuitos de izquierda a derecha (CIV, CIA), hipertensión arterial (HTA), estenosis mitral, estenosis aortica, insuficiencia mitral, masas auriculares izquierdas, fístula A – V, corazón de atleta. Existen otros determinantes del tamaño de la AI. Aunque observaciones previas indicaban que el tamaño de la AI aumentaba con la edad, en realidad los volúmenes indexados de la AI son independientes, los cambios observados en la AI por la edad están asociados a los procesos fisiopatológicos que acompañan el envejecimiento más que a un efecto propio de la edad. El género parece también tener un efecto, siendo la AI más grande en hombres que en mujeres, aunque esto parecer ser atribuible a variaciones en el peso y tamaño corporal.

El tamaño del cuerpo parece ser el mayor determinante del tamaño de la AI, el cual aumenta con el aumento de tamaño. Es por esto que las medidas de la AI deben siempre estar indexadas al área de superficie corporal (ASC).(7)

El crecimiento de la aurícula izquierda y su relación con eventos cardiovasculares.

En general, el CAI no tiene manifestaciones clínicas específicas, su manifestación está más relacionada por la patología de base que está causando este crecimiento. La importancia de la detección de CAI recae en el hecho de que su presencia se ha asociado a un mayor riesgo de presentar desenlaces CV adversos.(7) Se ha encontrado que existe una fuerte asociación entre el aumento en el diámetro de la AI y el riesgo de desarrollar fibrilación auricular (FA). En el estudio Framingham se encontró que, por cada 5 mm de aumento en el diámetro de la AI, había un incremento en el desarrollo de FA de 39%.(9) Así mismo se ha demostrado que el aumento de volumen de la AI predice el desarrollo de FA en sujetos de edad avanzada (10) y pacientes con miocardiopatía hipertrófica.(11) La configuración tridimensional asimétrica de la AI tiene efectos benéficos en la dinámica de flujo.(1) La alineación excéntrica con vías separadas entre la entrada de las venas pulmonares izquierdas y derechas ocasiona un vórtice que impide la estasis sanguínea y dirige el flujo hacia la válvula mitral.(12) La dilatación de la AI con pérdida de su esfericidad y de su asimetría interfiere con la dinámica de flujo, altera la formación del vórtice incrementando la estasis sanguínea y aumentando el riesgo de evento vascular cerebral (EVC).(1, 12) El estudio Framingham demostró que el tamaño de la AI predecía EVC de tipo isquémico en sujetos sin FA o enfermedad de la válvula

mitral.(13) Como se mencionó previamente, la AI se ve afectada por el aumento en las presiones de llenado del VI, y sirve como un marcador de severidad y cronicidad de disfunción diastólica; algunos estudios han demostrado que el volumen de la AI puede predecir el desarrollo de insuficiencia cardiaca (IC). Un estudio de pacientes mayores con fracción de eyección del VI (FEVI) $\geq 50\%$, demostró que un volumen de la AI ≥ 32 mL/m² era un predictor independiente de IC congestiva.(14) El “*Cardiovascular Heart Study*” demostró una asociación independiente entre el volumen de la AI y la incidencia y prevalencia de IC, la cual era similar tanto para IC de fracción de eyección reducida y preservada.(15) Por último, el tamaño de la AI ha demostrado predecir mortalidad, por causas CV y por cualquier causa.(16) Así mismo ha demostrado ser un factor pronóstico en pacientes con infarto agudo al miocardio,(7) arritmias auriculares,(17) disfunción del VI,(18) etc.

Antecedentes directos

Detección de crecimiento de la aurícula izquierda.

La dilatación de la aurícula izquierda suele no dar manifestaciones clínicas por sí misma, generalmente los hallazgos clínicos reflejan la patología subyacente que ha causado la anomalía auricular. El electrocardiograma, al ser accesible e inocuo suele ser una herramienta inicial adecuada en la detección del CAI, las técnicas de imagen como el ecocardiograma nos permiten visualizar y obtener mediciones precisas de la AI, y su efectividad se asemeja a la de la resonancia magnética.

El electrocardiograma en la detección del crecimiento auricular izquierdo

La activación auricular inicia en el nodo sinusal (NSA) y emerge hacia las aurículas a través de los haces internodales.(19, 20) En realidad, el único haz internodal verdadero es el de *Bachmann* el cual conduce el impulso eléctrico a través del septum interauricular a la AI; el resto de la activación ocurre por la conducción del impulso de manera concéntrica a través del tejido auricular.(20)

La secuencia de despolarización inicia en la pared lateral alta de la aurícula derecha (AD), posteriormente se despolariza la pared anterior derecha y el septum interauricular, en este momento la onda de activación alcanza la unión AV así como la AI, a través del haz de *Bachmann* con lo que se activan la pared anterior y posterior de la AI. En total, el proceso de despolarización tiene una duración de 0.07 a 0.11 seg y su manifestación electrocardiográfica corresponde a la onda P, la primera parte de la onda representa la despolarización de la AD y la segunda mitad, la despolarización de la AI. La despolarización de las aurículas genera 3 vectores: (i) El vector de despolarización de la AD, el cual se dirige de hacia adelante, abajo y ligeramente a la izquierda. (ii) El vector de despolarización de la AI, que se dirige hacia a la izquierda y hacia atrás. (iii) El vector de despolarización global, que representa la suma de los 2 vectores, el cual se dirige hacia adelante, abajo y hacia la izquierda, con un eje de aproximado de $+54^{\circ}$.(19, 20)

El término “anormalidad auricular izquierda” se refiere a la alteración en la conducción interauricular en donde la duración de la porción media y terminal de la onda P se encuentran prolongas debido a un retraso en la activación de la AI.(21, 22) Debido a la dirección de la propagación del proceso de despolarización y la orientación anatómica de la AI, las fuerzas de despolarización se dirigen hacia la izquierda y atrás; un aumento en las fuerzas

de despolarización de la AI puede exagerar estas características de la porción terminal de la onda P. Los criterios electrocardiográficos de CAI se basan en estos cambios.(22) Los criterios electrocardiográficos para el CAI son: (i) La fuerza terminal de la onda P en la derivación V1 igual a o más negativa que -0.04 mVseg. Esta medición (mVseg) se refiere al producto de la profundidad de la deflexión terminal negativa de la onda P y su duración.(21, 22) Fue descrito primero por Morris y Cols. quienes compararon 100 sujetos normales, contra 87 sujetos con enfermedad de la válvula aortica y mitral.(23) Encontraron que el producto de la amplitud y duración del componente negativo de la onda P en V1 (FTP-V1) es más negativo que -0.03 mVseg en 2.5% de la población normal, y en 92% de los pacientes con enfermedad valvular izquierda.(23) Toda porción terminal de la onda P en V1 que ocupe más de un cuadro pequeño de duración y profundidad tiene una FTP de -0.04 mVseg y sugiere CAI. Esto ha sido probado también en pacientes con estenosis mitral y dilatación de la AI corroborada durante cirugía. El criterio de Morris logró clasificar 68% de los casos de CAI.(24) Pueden existir falsos positivos en pacientes con EPOC con y sin *Cor Pulmonale*, pacientes con *pectum excavatum* y síndrome de la espalda plana.(22) (ii) Ondas P anchas y melladas. La presencia de una onda P de duración igual o mayor de 0.12 seg en las derivaciones de los miembros, representa los mismos cambios que el criterio de Morris en las derivaciones precordiales (asincronía en la activación de la AD y AI).(21, 22) La prolongación en la duración de la onda P suele estar presente en hasta dos tercios de los pacientes con CAI.(24) La presencia de una melladura pequeña en la onda P puede existir en la mayoría de los electrocardiogramas normales, pero una onda P bífida, con un intervalo de pico

a pico de más de 0.04 mseg, es indicativo de dilatación auricular.(22) Es importante señalar que la prolongación en la duración de la onda P puede estar presente en ausencia de CAI en el caso de un bloqueo interauricular, en donde la presencia de fibrosis y daño miocárdico alteran la conducción a través del haz de *Bachmann*, retrasando la conducción del impulso hacia la AI.(1, 20) La desviación del eje de la onda P hacia la izquierda manifestado por la presencia de una deflexión terminal positiva en aVL y negativa en DIII y aVF se ha usado como criterio de CAI, aunque su sensibilidad y especificidad son bajas.(21, 22) La tabla 1 resume los criterios electrocardiográficos para el diagnóstico de CAI.

El ecocardiograma en el crecimiento auricular izquierdo.

Para la valoración del CAI, el ecocardiograma transtorácico (ETT) es preferido sobre el ecocardiograma transesofágico debido a que en este último la totalidad de la aurícula izquierda es difícil de colocar en el sector de la imagen. Las mediciones de la AI se realizan al final de la sístole ventricular, cuando se encuentra en su mayor dimensión. Es importante tratar de evitar el acortamiento de la AI y realizar una adecuada alineación en el eje longitudinal (que suele encontrarse en un plano diferente al del VI), esto para asegurar la adquisición de una imagen óptima para la realización de las mediciones de la AI. Cuando se trazan los bordes de la AI, la confluencia de las venas pulmonares y la orejuela izquierda deben ser excluidas. La medición de la AI puede realizarse utilizando dimensiones lineares, área, o medición de volúmenes.

La medición del diámetro antero – posterior (AP) es la medición lineal más utilizada, esto debido a que es reproducible, sin embargo, su uso asume que el crecimiento de la AI ocurre de manera similar en todas sus dimensiones, lo cual es incorrecto ya que el remodelado de la AI suele ser asimétrico. Para su adquisición se utiliza la vista para esternal en el eje largo, ya sea en 2D o modo – M. La medición del área de la AI puede realizarse por planimetría en las vistas apicales de 2 y 4 cámaras, para esto se deben obtener contornos ortogonales óptimos alrededor del eje largo de la aurícula desde imágenes de buena calidad, siempre evitando el acortamiento. Debido a que la adquisición de volúmenes de la AI es sencilla y tiene mayor valor pronóstico que el área de la AI, esta última suele tener poco valor.(25)

La medición del volumen de la AI es el método recomendado según las últimas guías de la sociedad americana de ecocardiografía (ASE),(25) esta medición toma en cuenta el crecimiento de la AI en todas sus direcciones, además es un buen marcador pronóstico en varias enfermedades CV y tiene una asociación fuerte con desenlaces CV. Para medir el volumen de la AI se utiliza el método biplanar de discos, o método de Simpson, similar al usado para evaluar los volúmenes del VI. Se obtienen imágenes en las vistas apicales de 2 y 4 cámaras y se traza el borde endocárdico de la AI. Desde la edición previa de las recomendaciones de la ASE para la medición del volumen de la AI, las cuales estaban basadas solo en dos estudios pequeños, se han acumulado un gran número de estudios que reportan los valores normales indexados del volumen de la AI utilizando el método de Simpson, es por esto que el valor previamente reportado de 28 mL/m^2 ha sido cambiado en las últimas recomendaciones a 34 mL/m^2 .(25) La tabla 2 resume los valores normales del

volumen de la AI y los puntos de corte de severidad en el CAI. La figura 1 muestra las recomendaciones para la medición de la AI por ecocardiograma.

Correlación entre electrocardiograma y ecocardiograma en el diagnóstico de crecimiento de la aurícula izquierda.

Los criterios electrocardiográficos de CAI han sido comparados con ecocardiografía, imagen por tomografía y resonancia magnética. Chirife y Cols. evaluaron 48 pacientes con diferentes enfermedades CV utilizando electrocardiograma y ecocardiograma en modo – M. En sus resultados mostraron que una duración de la onda P mayor a 105 mseg identificaba a todos los pacientes con dimensiones de la AI >3.8 cm, con una sensibilidad de 89%.(26) Waggoner y Cols. evaluaron a 307 pacientes, utilizando como criterios electrocardiográficos el ancho de la onda P >120 mseg, la relación entre la Proción terminal negativa de la onda P en V1 y el segmento PR >1 , y la FTP-V1 -0.03 mVseg. Para la evaluación ecocardiográfica utilizaron modo – M, y definieron CAI como un diámetro >4.0 cm. Encontraron que la combinación de criterios diagnósticos electrocardiográficos tenía un valor predictivo positivo de 63% y negativo de 78%.(27) Miller y Cols. evaluaron a 361 pacientes utilizando electrocardiograma y ecocardiograma en modo – M, definieron CAI como una dimensión de la AI >4.0 cm. En sus resultados encontraron que el criterio de FTP-V1 tenía su mejor punto de corte en >0.06 mVseg con el que alcanzaba un valor predictivo positivo de 58%, un valor predictivo negativo de 83% y un porcentaje de diagnóstico correcto de 80%.(28) En un estudio más reciente Lee y Cols. evaluaron a 261 pacientes utilizando ecocardiograma 2D y utilizando el volumen de la AI obtenido por el método biplanar de Simpson para

definir CAI, con un corte de 32 ml/m^2 . Encontraron que la duración de la onda P $>120 \text{ mseg}$ era el criterio con mayor sensibilidad para la detección de CAI (69%), pero con poca especificidad (49%), mientras que la presencia de una onda P bifásica (mellada con intervalo pico a pico $>40 \text{ mseg}$) tenía la mayor especificidad (92%) con una baja sensibilidad (12%), en general el área bajo la curva máxima para la detección de CAI fue de 0.64.(29) En un análisis del estudio ROMICAT, Truong y Cols. evaluaron a 339 pacientes utilizando electrocardiograma y volúmenes de la AI obtenidos por tomografía computada. En sus resultados encontraron que la duración de la onda P $>110 \text{ mseg}$ se asociaba con CAI basado en volumen de la AI y volumen indexado de AI, con una sensibilidad de 71% y especificidad de 55%.(30) Tsao y Cols. evaluaron a 275 pacientes con electrocardiograma y medición de la AI con resonancia magnética. Encontraron que la duración de la onda P $>110 \text{ mseg}$ ofrecía la mayor sensibilidad para detección de CAI, con un valor predictivo negativo de 85%. A demás encontraron que una onda P mellada, la desviación del eje de la P $> -30^\circ$ y una FTP-V1 $>0.04 \text{ mVseg}$ tenían una especificidad de 99%, 90% y 88%.(31)

Justificación

El motivo de realización de este estudio es comparar los criterios electrocardiográficos establecidos para anomalías de la aurícula izquierda con los nuevos parámetros de dilatación auricular establecidos por la Sociedad Americana de Ecocardiografía y sociedad europea de imagen cardiovascular en 2015. Actualmente no existe hasta el momento algún estudio similar.

El estudio más accesible para un screening y un probable diagnóstico de dilatación auricular izquierda es el electrocardiograma.

Por éste motivo buscamos determinar si el electrocardiograma se podría considerar una herramienta de cribado ampliamente disponible y de bajo costo.

Capítulo 3.

Hipótesis

Los criterios electrocardiográficos para anormalidad atrial correlacionan con nuevos parámetros de dilatación auricular izquierda por ecocardiografía.

Hipótesis nula:

Los criterios electrocardiográficos para anormalidad atrial no correlacionan con nuevos parámetros de dilatación auricular izquierda por ecocardiografía .

Capítulo 4.

Objetivos

Objetivo primario

Comparar diferentes criterios electrocardiográficos de dilatación de aurícula izquierda con los criterios de dilatación auricular izquierda por ecocardiografía.

Objetivos secundarios

Clasificar a los pacientes dilatación auricular izquierda en acorde a las guías actuales de cuantificación de cavidades por ecocardiograma bidimensional.

Clasificar a los pacientes con dilatación auricular izquierda en acorde a los criterios electrocardiográficos de la AHA/ACCF/HRS recomendadas para la estandarización e implementación de el electrocardiograma

Corroborar si los criterios electrocardiográficos presentan una correlación con los criterios ecocardiográficos para diagnóstico de dilatación auricular izquierda.

Capítulo 5.

Material y métodos

- Electrocardiograma de 12 derivaciones Mortara ELI 250.
- Ecocardiograma bidimensional GE VIVID E95.

Diseño

Se diseñó un estudio transversal, descriptivo y analítico.

Criterios de Inclusión:

- Hombres y/o mujeres
- Mayores de 18 años

Criterios de Exclusión

- Sujetos que no deseen participar en el estudio.
- Sujetos que no se encuentren en ritmo sinusal.
- Pacientes portadores de marcapasos.

Criterios de Eliminación

- Sujetos con ventana ecocardiográfica limitada.
- Sujetos con electrocardiograma de difícil interpretación.
- Sujetos en los cuales no se hayan podido realizar las medidas necesarias para este estudio.

Consentimiento Informado

Se considera una investigación no intervencionista, por lo que el consentimiento informado será de manera verbal para la toma de imágenes ecocardiográficas. Se dará información al paciente sobre el trabajo que se realiza y se explicará en que consiste la toma de imágenes ecocardiográficas por parte del investigador principal y/o co-investigador para el manejo adecuado de la confidencialidad de la información. Así mismo se supervisará el uso de expediente clínico por parte del co-investigador.

Captura

Se seleccionarán consecutivamente pacientes a quienes se les realizó o realizará ecocardiograma transtorácico, así como electrocardiograma de 12 derivaciones por cualquier indicación.

Periodo comprendido desde Agosto del 2016 hasta obtener el número de participantes para completar el tamaño de la muestra.

A los pacientes que acudan a realizarse ecocardiograma al servicio de cardiología se les invitará a participar en el presente estudio, se les explicará el objetivo de éste y podrán realizar preguntas las cuales se responderán de manera clara.

Se documentará historia de DM2, HTAS, Dislipidemia, cardiopatía isquémica o arritmias, medidas antropométricas y presión arterial.

Se realizará Ecocardiograma TT, con equipo Vivid E9 y Vivid Q de General Electric, con transductor sectorial M5S, para realizar mediciones lineales y de volumen postprocesamiento en caso necesario se utilizará la estación de trabajo EchoPAC.

Se realizaran mediciones de la aurícula izquierda en base a las recomendaciones de cuantificación de cavidades cardiacas de la Sociedad Americana de Ecocardiografía y la Asociación Europea de Imagen Cardiovascular.

Procesamiento

La aurícula izquierda se analizará en modo bidimensional de manera lineal en la vista apical de 4 cámaras, con el eje mayor y menor de la aurícula izquierda, así como el diámetro anteroposterior en la vista paraesternal del eje largo.

Se medirá el área de la misma en la vista apical de 4 y 2 cámaras. Se realizará medición volumétrica de la misma mediante el método de sumación de discos en vistas apicales de 2 y 4 cámaras indexado para la superficie corporal.

Además se realizará medición de volúmenes mediante imágenes en 3D cuando la ventana apical sea adecuada.

El electrocardiograma de 12 derivaciones será realizado con Equipo Mortara ELI-250 y consiste en 3 derivaciones de miembros (I, II y III), 3 derivaciones de miembros aumentadas (aVR, aVL, aVF) y 6 derivaciones precordiales (V1 a V6)..

Antes de colocar los electrodos se procederá a limpiar la piel del tórax y extremidades gentilmente, con el fin de disminuir el ruido y mejorar la calidad del electrocardiograma.

Se colocaran 4 electrodos en las 4 extremidades (muñecas y tobillos), los cuales exploraran las 6 derivaciones de miembros (I, II, III, aVR, aVF y aVL).

Sobre el tórax se colocaran 6 electrodos, que exploraran las derivaciones precordiales, de la siguiente manera: V1, cuarto espacio intercostal en el borde esternal derecho; V2, cuarto espacio intercostal en el borde esternal izquierdo; V3, entre V2 y V4; V4, quinto espacio intercostal en la lineal medio clavicular; V5, en el plano horizontal de V4 en la línea axilar anterior; V6, en el plano horizontal de V4 en la línea axilar media.

Se imprimirá en papel milimétrico estandarizado a una velocidad de 25mm/s, se presentarán secuencialmente 4 columnas de 2.5 segundos cada una sin espacio de tiempo entre ellas.

Análisis e Interpretación de la información.

Se analizará por dos expertos tomando los siguientes criterios:

- Duración de la onda P >120ms
- Onda P mellada con duración >40ms
- Eje izquierdo de la onda P (-30° a -90°)

De acuerdo a las Recomendaciones para la Interpretación y Estandarización del Electrocardiograma Parte V con respecto a los cambios del electrocardiograma asociados con Hipertrofia de Cavidades Cardíacas, de acuerdo a la Asociación Americana del Corazón.

Los resultados de ambos estudios serán registrados en una base de datos para el posterior análisis estadístico.

Análisis estadístico

Se realizó análisis descriptivo usando frecuencias con porcentaje para variables categóricas y media \pm de o mediana (q25-q75) para variables numéricas. La normalidad de variables numéricas fue analizando usando pruebas de Kolmogorov-Smirnov. Nuestra población será dividida de acuerdo a la presencia o no de dilatación auricular. Comparaciones entre ambos grupos de variables categóricas se hará con prueba de Chi cuadrada o prueba de Fisher, y de variables numéricas con t de Student o con U de Mann-Whitney, de acuerdo a su distribución. Posteriormente, el desempeño diagnóstico de las variables electrocardiográficas será valorado usando curvas COR para obtener el AUC y puntos de corte ideales serán estimados usando el índice de Youden. Finalmente el desempeño diagnóstico será valorado para cada criterio electrocardiográfico usando tablas de 2x2 y se calculará la precisión diagnóstica de estos [Precisión diagnóstica= sensibilidad x prevalencia + especificidad x (1-prevalencia)]. Todo el análisis estadístico será realizado en

SPSS versión 25.0, considerando solo valores de $p < 0.05$ como estadísticamente significativos.

Capítulo 6.

Resultados

Se incluyeron un total de 222 sujetos. Las características se muestran en la Tabla 3. Nuestra población tenía una edad media de 61.5 años y 104 (46.8%) eran masculinos, con una alta prevalencia de comorbilidades: un total de 155 (69.8%) padecían hipertensión arterial, 103 (46.4%) cardiopatía isquémica, 91 (41%) DMT2 y 84 (37.8%) dislipidemia. El IMC tenía una mediana de 29.01 (26.1-33.3), encontrándose sobrepeso u obesidad en 82.3% de nuestra población. A la realización del ecocardiograma transtorácico se encontró un diámetro anteroposterior 3.7 ± 0.6 cm, con un diámetro mayor de 5.3 ± 0.7 cm y uno menor de 4 ± 0.6 cm, y un área de 18.4 cm² (15.3-22.7) en el a4c y de 18.7 cm² (15.9-21.7) en el a2c. Los volúmenes auriculares de nuestra población eran de 54 ml (40-73) en el a4c y de 56 ml (42-68.25) en el a2c, para un volumen indexado de 31.14 ml/msc (24.69-40.97).

Encontramos un total de 89 sujetos (40.1%) con dilatación auricular izquierda. Al comparar las características basales de ambos grupos, no encontramos diferencias significativas, excepto una tendencia de diferencia en el IMC ($p=0.06$) y una diferencia significativa en la SCT ($p=0.007$), ambas mayores en pacientes sin dilatación auricular izquierda. Respecto a las características ecocardiográficas, encontramos una diferencia significativa en todos los parámetros auriculares valorados ($p<0.001$), siendo el volumen auricular de 43.1 ml/msc (38-52.6) en sujetos con dilatación y de 25.8 ml/msc (20.4-29.4) en aquellos sin ella. La comparación entre ambos grupos se muestra en la Tabla 4.

Electrocardiograma y criterios electrocardiográficos

Las características electrocardiográficas nuestra población se muestran en la Tabla 3. Al compararlas entre ambos grupos no se encontró diferencia en la duración de la onda p (90 ms (80-100) vs 100 (80-120), $p=0.143$), en el eje de la onda p (40 (26.5-53) vs 41 (22.5-54), $p=0.8$), en la relación P/PR (1.33 (1-2) vs 1.33 (1-2), $p=0.946$), en la fuerza terminal en V1 (40 ms (0-60) vs 40 (0-60), $p=0.712$) o la duración pico-pico ($p=0.104$); el voltaje de onda p en DII era mayor en sujetos con dilatación de AI (0.1 (0.1-0.1) vs 0.1(0.1-0.115), $p=0.008$). Al valorar los criterios electrocardiográficos para la detección de dilatación auricular en nuestra población con curvas COR encontramos que el único útil fue el voltaje de la onda p en DII (AUC:0.590, $p=0.024$). Las curvas COR se muestran en la figura 2. Finalmente, creamos tablas de 2x2 para el análisis del rendimiento diagnóstico de diversos criterios electrocardiográficos disponibles en la literatura para nuestra población que mostramos en la Tabla 6. Un voltaje de 1.5 mV o más era más frecuente en sujetos con dilatación auricular (23.6% vs 7.5%, $p=0.001$), así como como una duración de p en DII mayor o igual a 120 ms (31.5% vs 19.5%, $p=0.043$), la combinación de una duración de p en DII mayor a 120 ms y un voltaje de 1.5 mV o más (31.5% vs 19.5%, $p=0.043$). No encontramos diferencia en la prevalencia de otros criterios propuestos para la detección de dilatación auricular en nuestra población. Al valorar el desempeño diagnóstico de los criterios electrocardiográficos encontramos la sensibilidad más alta con un voltaje de 1.0 mV o más (sensibilidad: 82%, especificidad: 22.5%, precisión diagnóstica de 46.3%) y la especificidad mas alta con la combinación de una duración de 120 ms o más en DII y un voltaje de 1.5 mV o más (sensibilidad: 8.7%, especificidad: 99.2%, precisión de

62.9%). Los criterios diagnósticos que mejor clasificaban a nuestra población eran un voltaje igual o mayor a 1.5 mV (64.8%), una duración de 100 ms y un voltaje de 1.5 mV (63.4%) y la combinación de una duración de 120 ms y un voltaje de 1.5 mV (62.9%).

Capítulo 7.

Discusión

Nuestro estudio representa uno de los primeros que ha tratado de validar los criterios electrocardiográficos para el diagnóstico de DAI contra los nuevos parámetros ecocardiográficos propuestos por la ASE, tanto para la población general como para la población mexicana, para quienes es frecuente que no existan valores de referencia estándar. Siendo la DAI un marcador importante de riesgo cardiovascular, nuestro estudio es de valor por que permite conocer el rendimiento diagnóstico de los criterios de ECG que usamos de manera habitual en la práctica clínica contra los valores constantemente cambiantes del ecocardiograma. En general, encontramos que los criterios electrocardiográficos clásicos para el diagnóstico de DAI tienen un pobre rendimiento diagnóstico frente a los nuevos valores propuestos para el ecocardiograma.

Anteriormente, cuando las mediciones de la AI se realizaban por determinación del diámetro auricular por ecocardiografía, los criterios electrocardiográficos alcanzaban rendimientos al menos moderados para la sospecha de DAI. En los estudios previos, la FTP-V1 >0.04 mm/seg alcanzaba una sensibilidad de cerca del 69% con una especificidad de 93%. La duración de la onda P de más de 110 mseg, una sensibilidad de 33% con una especificidad de 88%, y la relación de la onda P/duración de PR >1.6 una sensibilidad de 31% con especificidad de 64%. Aunque algunos de los criterios permitían predecir con cierta confianza la presencia de DAI por electrocardiografía, seguían teniendo una tasa importante de falsos positivos y negativos, con el inconveniente de que la definición de DAI por ecocardiografía se hacía en una sola dimensión,

utilizando el diámetro de la AI lo cual asume que la DAI ocurre de manera homogénea, y solo permite la medición en un plano espacial, dando lugar a la presencia de falsos positivos. De aquí la importancia de valorar si con los nuevos criterios ecocardiográficos, el electrocardiograma mantenía, aumentaba o perdía su capacidad de predicción de DAI.

En nuestro estudio, el rendimiento más alto lo tuvieron el criterio de una onda P con voltaje mayor a 1.0 mV con una sensibilidad de 82%, pero solo una especificidad de 22.5%, así como la combinación de una duración de la onda P mayor o igual a 120 msec, en DII y un voltaje de 1.5 mV o más, con una sensibilidad de 8.7% y una especificidad de 99.2%. El valor de la duración de la onda P como criterio para el cribado de pacientes con sospecha de DAI ya ha sido demostrado en estudios previos. Lee y cols, encontraron que la duración de la onda P > 110 msec era el parámetro más sensible para el diagnóstico electrocardiográfico de DAI con una sensibilidad de 69% pero solo una especificidad de 49%, con un VPP de 51% y VPN de 68%. En este estudio, la DAI se definió con un volumen indexado de la AI de 32 ml/m², el cual es cercano al utilizado en nuestro estudio, y recomendado por las nuevas guías de la ASE. Al igual que estos investigadores, nuestro estudio demostró que la duración de la onda P > 120 msec tiene una buena sensibilidad (80.4%) pero una pobre especificidad (31.4%). Este mismo estudio demostró que el criterio de la FTP-V1 >0.04 mm/seg tiene una sensibilidad pobre (46%) y una especificidad de 64%. En nuestra población, el criterio de FTP-V1 >0.04 mm/seg alcanzó una sensibilidad de 62.9% con una especificidad de 40.6%, lo cual contrasta con los resultados de Lee y Cols y resalta el hecho de que los nuevos criterios requieren un mayor volumen de la AI para el diagnóstico de

DAI, por lo tanto muchos pacientes que presenten criterios de dilatación por electrocardiograma, podrían no tener dilatación por ecocardiografía, lo que refleja que los criterios clásicos de ECG podrían ser una buena herramienta de cribado, pero no representan un método seguro para la confirmación del diagnóstico. Un estudio más reciente que utilizó imagen por tomografía para la medición del volumen indexado de la AI encontró que la duración de la onda P > 110 mseg tenía la mayor sensibilidad (61%) y una especificidad de 55%. Ambos estudios se realizaron en población que era demográficamente similares a la nuestra.

Es importante mencionar que, en nuestro estudio, el parámetro ecocardiográfico que tuvo el mayor rendimiento diagnóstico fue la presencia de un voltaje de la onda P > 1 mV y una combinación del voltaje de la onda P > 1.5 mV y duración de la onda P > 120 mseg, lo cual no ha sido reportado previamente. Así mismo, intentamos buscar si aumentar o disminuir los cortes de los criterios diagnósticos, permitían mejorar su rendimiento diagnóstico. De manera relevante, encontramos que el criterio de FTP-V1 > 0.04 mm/seg tenía una sensibilidad de 62.9%, y una especificidad de 40.6%, con una VPP de 41.4% y VPN de 62.07%; cuando aumentamos el valor de corte de este parámetro a una FTP-V1 > 0.06 mm/seg, encontramos que la sensibilidad disminuía a 31.4% pero se lograba una especificidad de 72.1% con valores predictivos positivos y negativos muy similares a los que se encontraban con una FTP-V1 > 0.04 mm/seg. Esto mismo fue descrito por Miller y cols, quienes demostraron que aumentar progresivamente el valor de corte del criterio de FTP-V1, mejoraba la especificidad del criterio, a costa de una menor sensibilidad. En su estudio, un valor de corte de 0.04 mm/seg tenía una

sensibilidad de 41.5% y especificidad de 85.7%, mientras que un valor de corte de 0.08 mm/seg mostraba una sensibilidad de 23.2% alcanzando una especificidad de 98.8%, esto con una definición de DAI por ecocardiografía por diámetro de la AI > 40 mm.

Nuestro estudio tiene múltiples limitaciones. Primero, aunque el número de paciente que se logró ingresar en el estudio fue bueno (222 sujetos) y la prevalencia de DAI similar a otros estudios, la muestra sigue siendo pequeña, y no representa el total de la población que encontramos en la práctica diaria. Segundo, comparado con los estudios previos, en nuestra población el diagnóstico de estenosis de la válvula mitral como causa de DAI fue raro, en los estudios previos, realizados ya años atrás, este diagnóstico era más frecuente, y probablemente reflejaba otro proceso de DAI, comparado con las causas vistas más comunes recientemente, como la HTA, por lo que los criterios podían haber tenido más rendimiento en ese contexto. Tercero, los nuevos parámetros propuestos para el diagnóstico de DAI por ecocardiografía por la ASE no están validados en nuestra población y es probable que no reflejen las características estructurales de los mexicanos, lo cual podría invalidar nuestros resultados. Recientemente se han realizado esfuerzos mundiales para encontrar los valores de corte adecuados para nuestra población y pronto se contará con estos datos, desde luego sería de gran valor analizar si con estos valores de corte, el rendimiento diagnóstico de los criterios de ECG cambia.

Capítulo 8.

Conclusión

En conclusión, realizamos uno de los primeros estudios que ha tratado de validar los criterios electrocardiográficos para el diagnóstico de DAI contra los nuevos parámetros ecocardiográficos propuestos por la ASE, encontramos que los criterios electrocardiográficos clásicos para el diagnóstico de DAI tienen un pobre rendimiento diagnóstico frente a los nuevos valores propuestos para el ecocardiograma.

Logramos resaltar el hecho de que los nuevos criterios requieren un mayor volumen de la AI para el diagnóstico de DAI, por lo tanto muchos pacientes que presenten criterios de dilatación por electrocardiograma, podrían no tener dilatación por ecocardiografía, lo que refleja que los criterios clásicos de ECG podrían ser una buena herramienta de cribado, pero no representan un método seguro para la confirmación del diagnóstico.

Además, se obtuvieron resultados no reportados previamente como los parámetros ecocardiográficos con mayor rendimiento diagnóstico en nuestra población.

Capítulo 9.

Referencias

1. Bisbal F, Baranchuk A, Braunwald E, Bayés de Luna A, Bayés-Genís A. Atrial Failure as a Clinical Entity: JACC Review Topic of the Week. *Journal of the American College of Cardiology*. 2020;75(2):222-32.
2. BRAUNWALD E, FRAHM CJ. Studies on Starling's Law of the Heart. *Circulation*. 1961;24(3):633-42.
3. Bombelli M, Cuspidi C, Facchetti R, Sala C, Tadic M, Brambilla G, et al. New-onset left atrial enlargement in a general population. *Journal of hypertension*. 2016;34(9):1838-45.
4. Ou Q, Chen Y, Yu S, Guo X, Zhao H, Sun Y. Prevalence of left atrial enlargement and its risk factors in general Chinese population. *BMC cardiovascular disorders*. 2016;16:53.
5. Sasson Z, Rasooly Y, Gupta R, Rasooly I. Left atrial enlargement in healthy obese: prevalence and relation to left ventricular mass and diastolic function. *The Canadian journal of cardiology*. 1996;12(3):257-63.
6. Cuspidi C, Rescaldani M, Sala C. Prevalence of echocardiographic left-atrial enlargement in hypertension: a systematic review of recent clinical studies. *American journal of hypertension*. 2013;26(4):456-64.
7. Patel DA, Lavie CJ, Milani RV, Shah S, Gilliland Y. Clinical implications of left atrial enlargement: a review. *Ochsner J*. 2009;9(4):191-6.
8. Tsang TS, Barnes ME, Gersh BJ, Bailey KR, Seward JB. Left atrial volume as a morphophysiologic expression of left ventricular diastolic dysfunction and relation to cardiovascular risk burden. *Am J Cardiol*. 2002;90(12):1284-9.

9. Vaziri SM, Larson MG, Benjamin EJ, Levy D. Echocardiographic predictors of nonrheumatic atrial fibrillation. The Framingham Heart Study. *Circulation*. 1994;89(2):724-30.
10. Tsang TS, Barnes ME, Bailey KR, Leibson CL, Montgomery SC, Takemoto Y, et al. Left atrial volume: important risk marker of incident atrial fibrillation in 1655 older men and women. *Mayo Clinic proceedings*. 2001;76(5):467-75.
11. Tani T, Tanabe K, Ono M, Yamaguchi K, Okada M, Sumida T, et al. Left atrial volume and the risk of paroxysmal atrial fibrillation in patients with hypertrophic cardiomyopathy. *Journal of the American Society of Echocardiography : official publication of the American Society of Echocardiography*. 2004;17(6):644-8.
12. Fyrenius A, Wigström L, Ebbers T, Karlsson M, Engvall J, Bolger AF. Three dimensional flow in the human left atrium. *Heart (British Cardiac Society)*. 2001;86(4):448-55.
13. Benjamin EJ, D'Agostino RB, Belanger AJ, Wolf PA, Levy D. Left atrial size and the risk of stroke and death. The Framingham Heart Study. *Circulation*. 1995;92(4):835-41.
14. Takemoto Y, Barnes ME, Seward JB, Lester SJ, Appleton CA, Gersh BJ, et al. Usefulness of left atrial volume in predicting first congestive heart failure in patients \geq 65 years of age with well-preserved left ventricular systolic function. *Am J Cardiol*. 2005;96(6):832-6.
15. Gottdiener JS, Kitzman DW, Aurigemma GP, Arnold AM, Manolio TA. Left atrial volume, geometry, and function in systolic and diastolic heart failure

of persons $>$ or $=65$ years of age (the cardiovascular health study). *Am J Cardiol.* 2006;97(1):83-9.

16. Gardin JM, McClelland R, Kitzman D, Lima JA, Bommer W, Klopfenstein HS, et al. M-mode echocardiographic predictors of six- to seven-year incidence of coronary heart disease, stroke, congestive heart failure, and mortality in an elderly cohort (the Cardiovascular Health Study). *Am J Cardiol.* 2001;87(9):1051-7.

17. Cabin HS, Clubb KS, Hall C, Perlmutter RA, Feinstein AR. Risk for systemic embolization of atrial fibrillation without mitral stenosis. *Am J Cardiol.* 1990;65(16):1112-6.

18. Giannuzzi P, Temporelli PL, Bosimini E, Silva P, Imparato A, Corrà U, et al. Independent and incremental prognostic value of Doppler-derived mitral deceleration time of early filling in both symptomatic and asymptomatic patients with left ventricular dysfunction. *Journal of the American College of Cardiology.* 1996;28(2):383-90.

19. Chapter 1 - Normal Electrocardiogram: Origin and Description. In: Surawicz B, Knilans TK, editors. *Chou's Electrocardiography in Clinical Practice (Sixth Edition)*. Philadelphia: W.B. Saunders; 2008. p. 1-28.

20. Baranchuk A, Bayés de Luna A. The P-wave morphology: what does it tell us? *Herzschritmachertherapie & Elektrophysiologie.* 2015;26(3):192-9.

21. Hancock EW, Deal BJ, Mirvis DM, Okin P, Kligfield P, Gettes LS, et al. AHA/ACCF/HRS recommendations for the standardization and interpretation of the electrocardiogram: part V: electrocardiogram changes associated with cardiac chamber hypertrophy: a scientific statement from the American Heart Association Electrocardiography and Arrhythmias Committee, Council on

Clinical Cardiology; the American College of Cardiology Foundation; and the Heart Rhythm Society. Endorsed by the International Society for Computerized Electrocardiology. Journal of the American College of Cardiology. 2009;53(11):992-1002.

22. Chapter 2 - Atrial Abnormalities. In: Surawicz B, Knilans TK, editors. Chou's Electrocardiography in Clinical Practice (Sixth Edition). Philadelphia: W.B. Saunders; 2008. p. 29-44.

23. Morris JJ, Jr., Estes EH, Jr., Whalen RE, Thompson HK, Jr., McIntosh HD. P-WAVE ANALYSIS IN VALVULAR HEART DISEASE. Circulation. 1964;29:242-52.

24. Saunders JL, Calatayud JB, Schulz KJ, Maranhao V, Gooch AS, Goldberg H. Evaluation of ECG criteria for P-wave abnormalities. American heart journal. 1967;74(6):757-65.

25. Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V, Afilalo J, Armstrong A, Ernande L, et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. Journal of the American Society of Echocardiography : official publication of the American Society of Echocardiography. 2015;28(1):1-39.e14.

26. Chirife R, Feitosa GS, Frankl WS. Electrocardiographic detection of left atrial enlargement. Correlation of P wave with left atrial dimension by echocardiography. British heart journal. 1975;37(12):1281-5.

27. Waggoner AD, Adyanthaya AV, Quinones MA, Alexander JK. Left atrial enlargement. Echocardiographic assessment of electrocardiographic criteria. Circulation. 1976;54(4):553-7.

28. Miller DH, Eisenberg RR, Kligfield PD, Devereux RB, Casale PN, Phillips MC. Electrocardiographic recognition of left atrial enlargement. *J Electrocardiol.* 1983;16(1):15-22.
29. Lee KS, Appleton CP, Lester SJ, Adam TJ, Hurst RT, Moreno CA, et al. Relation of electrocardiographic criteria for left atrial enlargement to two-dimensional echocardiographic left atrial volume measurements. *Am J Cardiol.* 2007;99(1):113-8.
30. Truong QA, Charipar EM, Ptaszek LM, Taylor C, Fontes JD, Kriegel M, et al. Usefulness of electrocardiographic parameters as compared with computed tomography measures of left atrial volume enlargement: from the ROMICAT trial. *J Electrocardiol.* 2011;44(2):257-64.
31. Tsao CW, Josephson ME, Hauser TH, O'Halloran TD, Agarwal A, Manning WJ, et al. Accuracy of electrocardiographic criteria for atrial enlargement: validation with cardiovascular magnetic resonance. *Journal of cardiovascular magnetic resonance : official journal of the Society for Cardiovascular Magnetic Resonance.* 2008;10(1):7.

Capítulo 10.

Anexos

Tabla 1.

Criterios electrocardiográficos para el diagnóstico de crecimiento de la aurícula izquierda
Fuerza terminal de la onda P en V1 (FTP-V1) ≥ 0.04 mVseg
Onda P mellada con duración ≥ 120 mseg. *La duración del intervalo entre pico y pico de la onda P debe ser mayor a 40 mseg.
Desviación del eje de despolarización de la onda P hacia la izquierda (-30 a -90°)

Tabla 1. Criterios electrocardiográficos para el diagnóstico de crecimiento de la aurícula izquierda. Tomado de (22) y (21).

Tabla 2.

	Hombres				Mujeres			
	Rango Normal	LA	MA	SA	Rango Normal	LA	MA	SA
Vol AI/ASC (mL/m²)	16 - 34	35 - 41	42 - 48	>48	16 - 34	35 - 41	42 - 48	>48

Tabla 2. Valores normales para los volúmenes indexados de la aurícula izquierda. LA, levemente anormal; MA, moderadamente anormal; SA, severamente anormal.

Tabla 3. Características demográficas de la población.	
Variable	
Edad (yo), media \pm de	61.568 \pm 13.832
Talla, mediana (q25-q75)	1.56(1.51-1.66)
Peso, mediana (q25-q75)	74(63-84)
IMC, mediana (q25-q75)	29.01(26.15-33.32)
SCT, media \pm de	1.76 \pm 0.225
TAS, mediana (q25-q75)	130(110-140)
TAD, mediana (q25-q75)	75(60-85)
Vol.Index.AL, mediana (q25-q75)	31.14(24.69-40.97)
Vol.INDEX.mod, mediana (q25-q75)	30.49(24.5-39.19)
Area4, mediana (q25-q75)	18.45(15.3-22.7)
Vol.4, mediana (q25-q75)	54(40-73)
Vol.4mod, mediana (q25-q75)	55.5(41.75-69)
Area2, media \pm de	19.036 \pm 4.735
Vol.2AL, mediana (q25-q75)	56(42-68.25)
EcoVol2Mod, mediana (q25-q75)	54(41-67)
Diámetro AP, media \pm de	3.73 \pm 0.63
Diámetro mayor, media \pm de	5.388 \pm 0.776
Diámetro menor, media \pm de	4.048 \pm 0.689
Duración de onda P en DII, mediana (q25-q75)	90(80-102.5)
Eje de onda P, mediana (q25-q75)	41(25-53.25)
Voltaje de onda P, mediana (q25-q75)	0.1(0.1-0.1)
Relacion P/PR, mediana (q25-q75)	1.33(1-2)
Fuerza terminal en V1, mediana (q25-q75)	40(0-60)
Duración Pico/Pico, mediana (q25-q75)	0(0-0)
DMT2, n (%)	91 (41)
HTA, n (%)	155 (69.8)
DLP, n (%)	84 (37.8)

CPI, n (%)	103 (46.4)
EVC, n (%)	8 (3.6)
FA, n (%)	4 (1.8)
Arritmias, n (%)	17 (7.7)
Dilatación AI, n (%)	89 (40.1)
P mitral, n (%)	16 (7.2)
Género masculino, n (%)	104 (46.8)
Fuerza termianl en V1>40, n (%)	135 (60.8)
Pico/Pico mayor 40ms, n (%)	15 (6.8)
Eje menor a <30 grados, n (%)	2 (0.9)
Eje menor a 15 grados, n (%)	29 (13.1)
Eje menor a 30 grados, n (%)	77 (34.7)
Voltaje igual o mayor a 1 mV, n (%)	176 (79.3)
Voltaje igual o mayor a 1.5mV, n (%)	31 (14)
P/PR <0.84, n (%)	26 (11.7)
P/PR <1.06, n (%)	59 (26.6)
P/PR <2.2, n (%)	179 (80.6)
Dur igual o mayor a 120 ms y voltaje igual o mayor a 1.5 mV, n (%)	6 (2.7)

Table 4. Comparación de sujetos de acuerdo a la presencia de dilatación AI			
Variable	Sin Dil. AI (n=133)	Dil. AI (n=89)	Valor de p
Edad (yo), media \pm de	60.54 \pm 13.94	63.1 \pm 13.59	0.177
Género masculino, n (%)	61 (45.9)	43 (48.3)	0.72
HTA, n (%)	89 (66.9)	66 (75)	0.346
CPI, n (%)	64 (48.1)	39 (43.8)	0.529
DMT2, n (%)	51 (38.3)	40 (44.9)	0.461
DLP, n (%)	51 (38.3)	33 (37.1)	0.849
EVC, n (%)	5 (3.8)	3 (3.4)	1
FA, n (%)	1 (0.8)	3 (3.4)	0.305
IMC, mediana (q25-q75)	29.417(26.26-34.378)	28.148(25.966-31.299)	0.061
SCT, media \pm de	1.79 \pm 0.23	1.71 \pm 0.2	0.007
TAS, mediana (q25-q75)	130(110-140)	130(110-140)	0.109
Datos ecocardiográficos			
Diámetro AP, media \pm de	3.49 \pm 0.57	4.09 \pm 0.54	<0.001
Diámetro mayor, media \pm de	5.06 \pm 0.67	5.88 \pm 0.65	<0.001
Diámetro menor, media \pm de	3.68 \pm 0.53	4.59 \pm 0.52	<0.001
Area4, mediana (q25-q75)	16.3(14.1-18.45)	23.1(20.3-27)	<0.001
Area2, media \pm de	16.52 \pm 3.47	22.79 \pm 3.81	<0.001
Vol.4, mediana (q25-q75)	43(34.5-53.5)	75(63-98.5)	<0.001
Vol.2AL, mediana (q25-q75)	44(36-55.5)	70(61.5-86.5)	<0.001
Vol.Index.AL, mediana (q25-q75)	25.856(20.444-29.401)	43.192(38.016-52.646)	<0.001
Datos electrocardiográficos			
Duración de onda P en DII, mediana	90(80-100)	100(80-120)	0.143

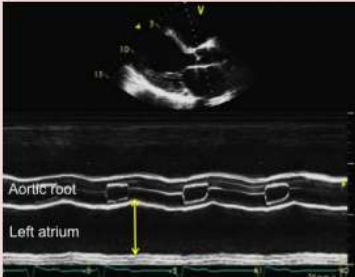

(q25-q75)			
Eje de onda P, mediana (q25-q75)	40(26.5-53)	41(22.5-54)	0.8
Voltaje de onda P, mediana (q25-q75)	0.1(0.1-0.1)	0.1(0.1-0.115)	0.008
Relacion P/PR, mediana (q25-q75)	1.33(1-2)	1.33(1-2)	0.946
Fuerza terminal en V1, mediana (q25-q75)	40(0-60)	40(0-60)	0.712
Duración Pico/Pico, mediana (q25-q75)	0(0-0)	0(0-0)	0.104
Criterios electrocardiográficos			
Fuerza terminal en V1>40, n (%)	79 (59.4)	56 (62.9)	0.598
Pico/Pico mayor 40ms, n (%)	6 (4.5)	9 (10.1)	0.103
Eje menor a <30 grados, n (%)	1 (0.8)	1 (1.1)	1
Eje menor a 15 grados, n (%)	14 (10.5)	15 (16.9)	0.17
Eje menor a 30 grados, n (%)	41 (30.8)	36 (40.4)	0.14
Voltaje igual o mayor a 1 mV, n (%)	103 (77.4)	73 (82)	0.409
Voltaje igual o mayor a 1.5mV, n (%)	10 (7.5)	21 (23.6)	0.001
P/PR <0.84, n (%)	17 (12.8)	9 (10.1)	0.544
P/PR <1.06, n (%)	34 (25.6)	25 (28.1)	0.676
P/PR <2.2, n (%)	109 (82)	70 (78.7)	0.542
Dur igual o mayor a 120 ms y voltaje igual o mayor a 1.5 mV, n (%)	1 (0.8)	5 (5.6)	0.039

Table 5. Curvas COR para el diagnóstico de dilatación auricular			
Variable	AUC	IC 95%	Valor de p
Duración en DII (ms)	0.555	0.477-0.633	0.164
Eje de onda P	0.49	0.41-0.57	0.8
Voltaje en DII (mV)	0.59	0.511-0.668	0.024
Relación PR	0.503	0.424-0.581	0.946
Fuerza terminal en V1	0.514	0.436-0.592	0.724
Duración pico-pico	0.528	0.45-0.606	0.48

Tabla 6. Desempeño diagnóstico de criterios electrocardiográficos para la detección de dilatación auricular								
Criterios electrocardiográficos	Dilatación de AI	Sin dilatación de AI	Valor de p	Sensibilidad	Especificidad	VP P	VP N	Accuracy
Fuerza terminal en V1>40, n (%)	56 (62.9)	79 (59.4)	0.598	62.9	40.6	41.4	62.07	49.5423
Fuerza terminal en V1>60, n(%)	28 (31.5)	37 (27.8)	0.559	31.4	72.1	43.08	61.1	55.7793
Pico/Pico mayor 40ms, n (%)	9 (10.1)	6 (4.5)	0.103	10.1	95.5	60	61.3	61.2546
Eje menor a <30 grados, n (%)	1 (0.8)	1 (1.1)	1	1.1	99.2	50	60	59.8619
Eje menor a 15 grados, n (%)	15 (16.9)	14 (10.5)	0.17	16.8	89.4	51.7	61.6	60.2874
Eje menor a 30 grados, n (%)	36 (40.4)	41 (30.8)	0.14	40.4	69.1	46.7	63.4	57.5913
Voltaje igual o mayor a 1 mV, n (%)	73 (82)	103 (77.4)	0.409	82.02	22.5	41.4	65.2	46.36752
Voltaje igual o mayor a 1.5mV, n (%)	21 (23.6)	10 (7.5)	0.001	23.6	92.4	67.7	64.4	64.8112
P/PR <0.84, n (%)	9 (10.1)	17 (12.8)	0.544	10.1	87.2	34.6	59.1	56.2829
P/PR <1.06, n (%)	25 (28.1)	34 (25.6)	0.676	28.09	74.44	42.3	60.7	55.85365
P/PR <2.2, n (%)	70 (78.7)	109 (82)	0.542	78.6	18.05	39.1	55.8	42.33055
P mitral	7 (7.9)	9 (6.8)	0.684	7.87	93.23	43.7	60.19	59.00064
Duración mayor o igual a 120 ms en DII y voltaje	5 (5.6)	1 (0.8)	0.039	8.7	99.2	88.8	61.1	62.9095

igual o mayor a 1.5 mV								
Duración mayor o igual a 120ms en DII	28 (31.5)	26 (19.5)	0.04 3	31.4	80.4	51. 8	63. 6	60.75 1
Voltaje igual o mayor a 1.5mV y P/PR<2.2	14 (15.7)	9 (6.8)	0.03 2	15.7	93.2	60. 8	62. 3	62.12 25
Duración mayor a 100ms y voltaje de 1.5 mV o mas	10 (11.2)	2 (1.5)	0.00 4	11.2	98.5	83. 3	62. 3	63.49 27
Duración mayor a 100ms fuerza terminal mayor a 60	14 (15.7)	23 (17.3)	0.75 9	15.7	82.7	37. 8	59. 4	55.83 3

Figura 1. Recomendaciones para la evaluación ecocardiográfica de la aurícula izquierda.

Parámetros y métodos	Imagen ecocardiográfica	Ventajas	Limitaciones
<p>Dimensiones internas lineales.</p> <p>El diámetro anteroposterior de la aurícula izquierda puede ser medido en la vista paraesternal eje largo perpendicular al eje largo de la raíz aórtica, y medido a nivel de los senos aórticos utilizando por convención de borde anterior a borde anterior.</p>	<p>Trazado en modo-M</p>  <p>Aortic root Left atrium</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Reproducible • Alta resolución temporal • Abundantes datos publicados 	<ul style="list-style-type: none"> • Dimensión simple no representativa del real tamaño de aurícula izquierda (particularmente en aurícula dilatada)
	<p>Mediciones lineales guiadas 2D</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Facilita la orientación perpendicular de la pared posterior de la aurícula izquierda 	<ul style="list-style-type: none"> • Menor velocidad de cuadros que en el modo M • Una dimensión solamente

<p>Área</p> <p>Medida en vista apical 4 cámaras, en fin de sístole, en el cuadro justo antes de la apertura de la válvula mitral mediante el trazado del borde interno auricular, excluyendo el área debajo del anillo valvular mitral y la entrada de las venas pulmonares.</p>	<p>Imagen bidimensional</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Más representativo del real tamaño auricular izquierdo que el diámetro antero-posterior aislado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Necesidad de una vista específica para evitar el acortamiento de la aurícula izquierda. • Asume una forma simétrica de la aurícula.
---	--	--	--

Volúmen

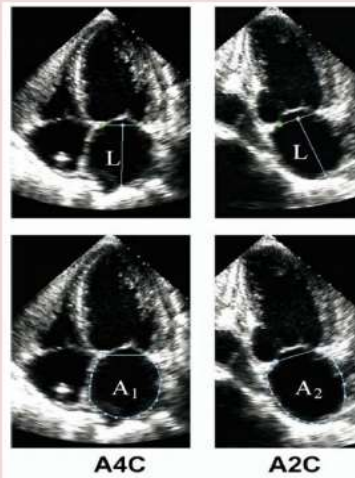
Las mediciones volumétricas en 2D se basan en trazados de la interfaz sangre-tejido en las vistas apical 2 y 4 cámaras. A nivel de la válvula mitral, el contorno se cierra mediante la conexión de las 2 secciones opuestas del anillo mitral con una línea recta. El trazado endocárdico debe excluir la orejuela auricular y venas pulmonares. La longitud (L) de la aurícula izquierda se define como el menor de los 2 ejes largos medidos en las vistas apical 2 y 4 cámaras (para proporcionar cálculos fiables la diferencia entre las dos longitudes no debe exceder los 5 mm). Los volúmenes se pueden calcular utilizando la aproximación área-longitud:

$$\frac{\pi}{3L} \left[\frac{A_1^2 + A_2^2 + A_1 A_2}{3} \right]$$

donde A1 y A2 corresponden a las áreas de AI.

Ecocardiografía bidimensional

Técnica Área-longitud



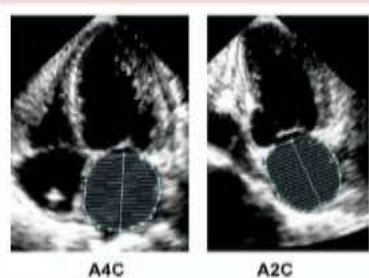
- Permite la evaluación precisa del remodelado asimétrico de la aurícula izquierda
- Predictor más fuerte de eventos cardiovasculares que las mediciones lineales o área
- Asunción geométrica de la forma de la aurícula izquierda
- Pocos datos recogidos en población normal
- Los cálculos del volumen en un solo plano son inexactos, ya que se asume que A1 = A2

Alternativamente el volumen de AI puede ser calculado usando la técnica de sumatoria de discos añadiendo la suma de un volumen de varios discos de altura (h) y área calculada por ejes ortogonales transversales mayor y menor (D1 y D2) asumiendo una forma oval:

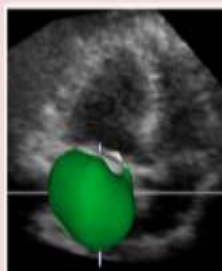
$$\pi/4 (h) \sum (D1) (D2)$$

Conjunto de datos tridimensionales se obtienen generalmente desde un enfoque apical utilizando una adquisición de volumen completo multilado

Método de disco biplano

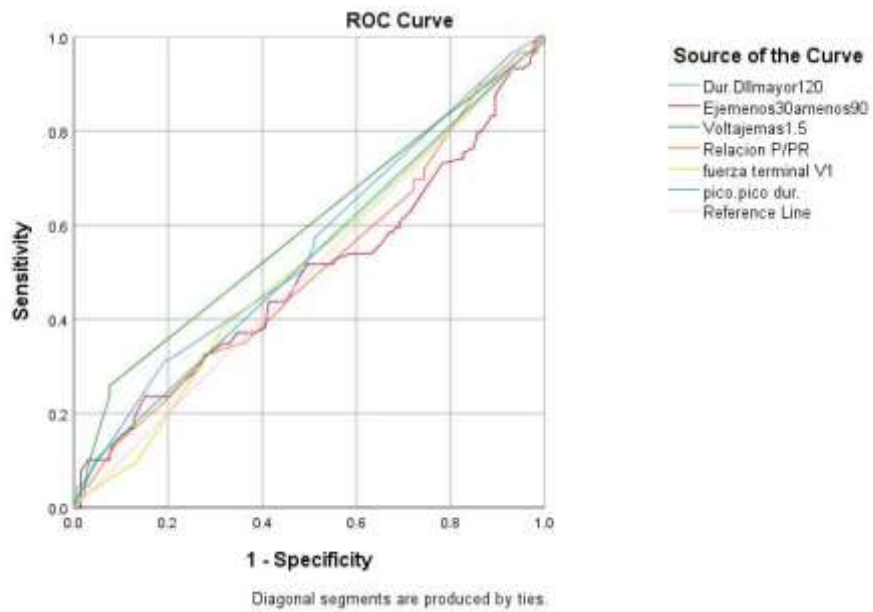


Ecocar
diogra
fia 3D



- No asunción geométrica de la forma de AI
- Mayor precisión comparada con mediciones 2D
- Dependiente de una adecuada calidad de imagen
- Baja resolución temporal
- Pocos datos sobre valores normales
- Requiere de la cooperación del paciente

Figura 2. Curvas COR para la detección de dilatación auricular



Capítulo 11.

Resumen autobiográfico

Nací en el año de 1988 en la Cd. De Monterrey, Nuevo León, siendo el segundo hijo de mi familia. Estudié el bachillerato en la Preparatoria No.15 Unidad Florida, y la carrera como Médico Cirujano y Partero en mi alma mater, la Universidad Autónoma de Nuevo León, graduándome en la generación 2011. Durante la carrera desarrollé intereses particulares en la investigación clínica y en las ramas de la Medicina Interna, por lo que decidí perseguir mi especialización como Médico Internista. Cursando la especialidad de Medicina interna en el Hospital Regional ISSSE Monterrey, durante la cual contraí matrimonio con Marbella de Jesús Villareal Martínez y tuvimos a nuestro hijo Fernando Santos Villareal, actualmente curso la subespecialidad de Cardiología Hemodinamia en la Universidad Autónoma de Nuevo León.