

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE MEXICO
INSTITUTO NACIONAL DE CARDIOLOGIA

TITULO DE TESIS

EVALUACION DE LA SINCRONIA DE LA CONTRACCION VENTRICULAR
EN PACIENTES CON HIPERTENSION PULMONAR PRIMARIA CON
VENTRICULOGRAFIA RADIOISOTOPICA EN EQUILIBRIO

AUTOR : JUAN GUSTAVO DEL ANGEL SOTO

PARA LA OBTENCION DE TITULO DE CARDIOLOGIA

ASESOR: ENRIQUE VALLEJO

A 07 NOVIEMBRE DEL 2006



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIA

A mi Señor, Jesús, quien me dio la fe, la fortaleza, la salud y la esperanza para terminar este trabajo.

A mi esposa, Laura, quien me brindó su amor, su cariño, su estímulo y su apoyo constante. Su cariño, comprensión y paciente espera para que pudiera terminar el grado son evidencia de su gran amor. ¡Gracias! por estar siempre a mi lado...preocupandote por lo que me pasa, a mi lado compartiendo mis triunfos y derrotas, ayudandome a levantarme cuando he caido.... por que estas a mi lado para reir y para llorar. demostrandome asi que siempre estaras a mi lado...Nuevamente Gracias Amor

A mis hijos Juan Pablo y Natalia, que con su amor han sido, el pilar de mis esfuerzos, y la razon de mi proseguir son lo mejor que me ha dado la vida, siendo ustedes mi mayor inspiracion. Llegaron a mi vida iluminando mas mi camino, motivandome a salir adelante, dandole sentido a mi destino.

A mis padres, Hector y Elisa quienes me enseñaron desde pequeño a luchar para alcanzar mis metas. Porque gracias a ellos hoy estoy aqui...dandome la oportunidad, de vivir, de gozar la vida. siendo mis primeros maestros, enseñandome el buen camino; a sentir, amar, expresar lo que mi cuerpo y alma dice. Dedicandome su paciencia mientras aprendia, dandome palabras de aliento en todo momento. regalandome una sonrisa para salir siempre adelante. mil gracias a dios por tenerlos como padres y antes de padres....como amigos todo lo que soy es gracias a ustedes. mis queridos padres Mi triunfo es el de ustedes, ¡los amo!

A mis hermanos Hector y Elisa que con su ejemplo de vida me han enseñado ha ser mejor como persona y como profesionista Gracias hermano por siempre estar ahi cuando mas los nesecitamos, que siempre tuviste tiempo para todo, por el simple hecho de estar a nuestro lado. Con ustedes empece a compartir mi vida, asi como nuestros juegos, ilusiones y fantasias... sin olvidar nuestros pleitos. pero aun despues de haber peleado siempre estaba el amor dentro de nuestro corazon para seguirmos queriendo como hermanos. Ahora ya mas grandes, es un gran honor el saber que ese amor todavia perdura, que seguiremos unidos con el pasar de los años. Doy gracias a Dios por todavia permitirme tenerlos a mi lado. Y Gracias a ti Gerardo, Fabiola y Karlita, que siempre estuvieron con nosotros desde tan lejos, paro siempre sintiendonos cerca de ustedes, con todo ese amor y apoyo que siempre nos dieron.

A mis Maestros especialmente al Dr. Gustavo Sanchez Miranda y el Dr. Jorge Gaspar, Dr Enrique Vallejo quienes en ellos encuentre amistad ademas de sus enseñanzas y que con sus consejos me han guiado para mejorar como profesionista y ser humano

A mis tios, principalmente a mi Tia Sonia quien fue como una madre en esta largo camino recorrido, quien siempre me dio palabras de aliento para continuar con mi destino, gracias por tu carino y comprensión. Y por su puesto a mis primos quienes estuvieron a mi lado en los buenos y malos momentos de mi carrera Gracias Lizzette y Beto que fueron como nuestros hermanos en este camino que gracias a ustedes lo logramos

A mis suegros Gerardo y Laura quienes fueron fuente de apoyo en mi trayectoria tan larga, por brindarnos su amor y carino, que fue pieza fundamental para completar este camino. Gracias por su amor, Los quiero muchisimo.

Gracias a mis companeros y amigos, por estar en las buenas y en las malas

INDICE

Antecedentes	1
Justificacion	4
Objetivos.....	4
Material y metodos.....	6
Metodos.....	8
Resultados.....	9
Discusion.....	10
Bibliografia.....	13
Anexo 1.....	16
Anexo 2.....	17
Anexo 3.....	18
Anexo 4.....	19
Anexo 5.....	20
Anexo 6.....	21

EVALUACION DE LA SINCRONIA DE LA CONTRACCION VENTRICULAR EN PACIENTES CON HIPERTENSION PULMONAR PRIMARIA CON VENTRICULOGRAFIA RADIOISOTOPICA EN EQUILIBRIO

ANTECEDENTES

La ventriculografía radioisotópica en equilibrio (VRIE) conocido como angiografía radioisotópica o radiocardiograma, es el método más exacto y repetible para medir la fracción de expulsión cuando se usa la técnica de equilibrio. Ampliamente utilizado con la técnica planar, fue descrito por primera vez en 1971 por Strauss y Zaret¹ ya que el ^{99m}Tc estaba permanentemente disponible en los servicios de medicina nuclear, por lo que era posible realizar el estudio en cualquier momento, esto permitía dar de alta a los pacientes de la unidad coronaria en forma temprana con un estudio de gran confiabilidad pronóstica^{2,3}.

El análisis Fourier aplicado a las imágenes de ventriculografía radioisotópica en equilibrio (VRIE) permite evaluar de manera objetiva el inotropismo cardiaco y el patrón de contractilidad del ventrículo izquierdo⁴. El análisis de fase es un método automático que evalúa la contracción ventricular píxel por píxel, mediante una transformación matemática, llamada de Fourier, de la curva de actividad tiempo de las contracciones ventriculares adquiridas en la VIRE (suma de los senos y cosenos de las ondas de diferentes frecuencias y amplitudes), desplegando el resultado como una curva de fase y amplitud con codificación de colores, similar a una curva Gaussiana. Esta implementación fue diseñada

para valorar la secuencia temporal, es decir la sincronía en el movimiento de las paredes ventriculares

Estudios experimentales en perros demostraron que las alteraciones relacionadas con la isquemia se origina en zonas regionales que pueden ser identificadas en este análisis, Los estudios iniciales sugieren que el primer componente de la transformación de Furier indica el inicio del movimiento sistólico de la pared ventricular y que un retraso regional se puede hacer aparente en la imagen de distribución en el histograma del análisis de fase de la VRIE, ambos métodos la VRIE y el análisis de fase de Fourier son automáticos y se realizan simultáneamente con un programa computacional integrado en el sistema de adquisición de las imágenes durante la VRIE

Recientemente se ha demostrado que las alteraciones en la sincronía de la contracción ventricular son determinantes del riesgo de muerte súbita en pacientes con insuficiencia cardiaca. El análisis de fase con VRIE se encuentra indicado en la evaluación secuencial de la fracción de expulsión del ventrículo izquierdo, en la evaluación del movimiento regional en pacientes con infarto reciente o antiguo y en la evaluación de la reserva inotrópica del ventrículo izquierdo en pacientes con insuficiencia cardiaca. Además es un método útil en la evaluación del patrón de contracción ventricular, (sincronía de contracción de ambos ventrículos) y tiene valor pronóstico en la predicción de arritmias letales y/o muerte súbita.⁵ Estudios con VRIE han demostrado que algunos pacientes con infarto de la pared inferior del VI con afectación del ventrículo derecho (VD) persisten con disfunción del VD a pesar de la recanalización oportuna y eficaz

de la arteria responsable del infarto⁶. El análisis de fase y de amplitud con VRIE permite predecir en este grupo de pacientes, quienes persistirán con disfunción crónica residual del VD.

El análisis de fase es una aplicación bien establecida de la (VRIE). Para la obtención de fase de distribución y la fase de cambios secuenciales en las regiones de interés del ventrículo derecho e izquierdo imágenes de fase codificadas con color y los histogramas correspondientes. Se pueden realizar mediciones de diferentes parámetros como la sincronía de la contractilidad interventricular, mediciones de la contractilidad intraventricular.

Los valores de la asincronía intraventricular del ventrículo izquierdo, y de la asincronía interventricular en sujetos normales se ha reportado $22 \pm 12\text{ms}$ ($8.9 \pm 2.8\text{grados}$) $15 \pm 13\text{ms}$ respectivamente.

Este método ha demostrado la ventaja de optimización de la sincronía atrioventricular en pacientes con estimulación con marcapaso en la mejoría del desempeño ventricular

Existen algunas potenciales fuentes de fallas asociada con el método: Los valores absolutos de la fase angulada por el tiempo de adquisición con referencia al ECG y la duración del ciclo cardiaco, el estudio de pacientes en ritmos regulares minimiza el efecto de la frecuencia cardiaca y la duración de la diástole y en aquellos en la simetría de la curva tiempo –radioactividad, los valores de la proyección anterior y de la oblicua anterior derecha, se deben usar con precaución dado la presencia de estructuras que se traslapan en las proyecciones

LA VRIE es un método sencillo y no invasivo, para el estudio de la función ventricular, con poca variabilidad interobservador e intraobservador (< 5%), a diferencia del ecocardiograma (alrededor de 10%), El método consiste en delimitar la cavidad ventricular marcando la hemoglobina con Tc 99. Las imágenes se adquieren en 3 proyecciones distintas durante un periodo aproximado de cinco minutos cada una, al final de la prueba se analizan automáticamente entre 250 y 300 latidos cardiacos

Existen cuatro formas diferentes de anormalidades electromecánicas que llevan a la perdida de la sincronía 1 atrioventricular, 2 interventricular, 3 intraventricular, 4 mural. Existen diversas formas para la valoración y cuantificación de la asincronía con técnicas de imagen entre las que se destaca la utilización de la VRIE con analisis de fase.

JUSTIFICACIÓN

Hoy día no está descrito el patrón de contracción ventricular en los pacientes con hipertensión pulmonar primaria. Debido a la carga de presión y a la alteración geométrica que sufre el ventrículo derecho durante la hipertensión pulmonar es de suponer que existen alteraciones en la sincronía de la contracción de ambos ventrículos. Sin embargo hasta el momento no se ha demostrado ni caracterizado el patrón de asincronía intraventricular en la hipertensión arterial pulmonar primaria.

El análisis de fase por medio de la VRIE es una herramienta confiable y reproducible que permite evaluar en forma integral la sincronía de la contracción ventricular (derecha e izquierda) así como la interventricular.

OBJETIVOS

Primario

- Determinar el patrón de sincronía de la contracción Inter e intraventricular en los pacientes con hipertensión arterial pulmonar mediante el análisis de fase de la VRIE.

TIPO Y DISEÑO DE ESTUDIO

Observacional, retrolectivo, descriptivo

MATERIAL Y METODOS

Se estudiaron 23 pacientes con HAP que acuden al servicio de Cardioneumología del Instituto Nacional de Cardiología “Ignacio Chávez” y que son referidos al servicio de cardiología nuclear para la evaluación de la función ventricular con VRIE. Siendo interpretados por un solo medico cardiólogo nuclear, el cual desconocía los datos hemodinámicos. El diagnóstico se realizo mediante cateterismo cardiaco derecho y reto farmacológico con adenosina.

Se incluyeron a todos los pacientes con hipertensión pulmonar primaria sin tratamiento farmacologico, mayores de 18 años en clase funcional I/II, se excluyeron aquellos con diagnostico de hipertensión pulmonar secundaria y en clase funcional III/IV, siendo el único criterio de eliminación la existencia de VRIE con problemas de adquisición (falta de sincronización de la imagen al electrocardiograma)

Los criterios diagnosticos de hipertensión pulmonar primaria son : presión media de la arteria pulmonar > 25 mmHg en reposo ó > 30 mmHg en ejercicio, presión en cuña capilar pulmonar normal y causa no identificable. A todos los pacientes se les realizo ventriculografía radioisotópica en equilibrio con ^{99m}Tc (VRIE) (Figura 1). El análisis de fase o primera derivada armónica de Fourier fue generado utilizando un programa automático. El ángulo de fase corresponde a la secuencia relativa y al patrón de contracción ventricular durante el ciclo cardiaco. A cada uno de los sujetos incluidos en el estudio se le genero una imagen de fase con color codificado y un histograma correspondiente (Fig 2). Para cada región cardiaca se generaron imágenes de

fase utilizando escala de color continua, correspondiendo a ángulos de fase de 0° a 360°. Se computó el ángulo de fase medio (AFM) para ambos ventrículos. La moda fue el ángulo con valor más alto en el histograma de fase (Fig.3). La disincronía ventricular se evaluó con la diferencia entre el VI y el VD (AFM), así como también con el valor absoluto (retraso interventricular) considerando que algunos pacientes mostraron un valor negativo en la diferencia del VI y el VD. Se midió la sincronía en la contractilidad intraventricular en cada uno de los ventrículos con la desviación estándar del ángulo de fase medio para VD y el VI (desviación estándar [DE] del AFM)

Los resultados se compararon con 28 sujetos sanos (grupo control) sin cardiopatía de base. Los valores se expresan en promedio y desviación estándar. Para la diferencia entre grupos se utilizó la prueba de *t student* para variables independientes. Para la asociación entre el AF y variables hemodinámicas se utilizó la correlación del momento producto de Pearson

MÉTODOS

Evaluación clínica inicial

Se les realizó una evaluación clínica basal determinando la clase funcional según la NYHA

Electrocardiografía

Se determinó en el electrocardiograma de superficie de 12 derivaciones la duración del intervalo QRS mayor en cualquier derivación y se identificó la presencia de bloqueos de ramas derecha o izquierda u otros trastornos de la conducción ventricular. El QRS se midió desde el inicio de la deflexión inicial del mismo hasta el inicio isoelectrico del componente terminal (punto J).

Caminata de 6 minutos

Se realizó la prueba de caminata de seis minutos siguiendo las guías establecidas por la Sociedad Americana de Tórax.

RESULTADOS:

De los cincuenta y uno pacientes estudiados 23 pacientes tenían diagnóstico HAP (PAP: 60 ± 19 mmHg, PAD: 10 ± 19 mmHg, IC: 3.5 ± 1.1) de los cuales 20 eran del sexo femenino, y 3 del sexo masculino, y fueron comparados con 28 sujetos sanos como grupo control. (Tabla 1)

Los pacientes con HAP mostraron disincronía interventricular al ser comparados con el grupo control (retraso interventricular $p < 0.05$). (DE AFM $p < 0.01$). (figura 5)

La sincronía en la contractilidad intraventricular para el VI fue anormal en el grupo de HAP. Se encontró una correlación negativa entre el índice cardiaco y la disincronía ventricular ($r = -0.7962$ $p < 0.01$), (figura 3)

Se encontró que la pérdida de la sincronía interventricular es un fenómeno independiente de la duración del QRS, encontrando solo 7 pacientes (30%), con bloqueo completo de rama derecha del haz de His.

DISCUSIÓN:

La sincronía de la contracción ventricular (interventricular o intraventricular), es un elemento clave para que el funcionamiento ventricular sea adecuado^{7,8}. El deterioro en la sincronía es uno de los factores principales en el inadecuado funcionamiento ventricular y en el mal pronóstico de los pacientes con insuficiencia cardiaca avanzada, la restauración de la sincronía mejora la función sistólica ventricular⁹, disminuye los síntomas¹⁰, e incrementa la tasa de supervivencia¹¹.

Los pacientes con hipertensión arterial pulmonar primaria toleran de forma adecuada incrementos graduales de la poscarga, debido a que el VD tiene tiempo de reunir nuevas sarcomeras paralelo al incremento de la rigidez de las paredes (adecuada respuesta hipertrófica del VD).

En HAP severa el tamaño y el volumen del VD incrementan de forma importante tanto en sístole como en diástole^{12,13}, el incremento en la dimensión diastólica es resultado de remodelación de la cámara, dado por un incremento en tamaño del miocito cardiaco. El incremento en volumen sistólico es secundario a un incremento sostenido del estrés de las paredes durante la sístole y posiblemente a la presencia de una disfunción intrínseca de la contractilidad sistólica¹².

Hay una gran variabilidad en la tendencia a desarrollar disfunción del VD en los pacientes con HAP primaria. A pesar de niveles muy similares de presión en la arteria pulmonar, algunos individuos mantienen una adecuada función del VD y

sobreviven por periodos más largos y otros desarrollan de forma más temprana disfunción del VD, lo que condiciona un mal pronóstico.

En el cor pulmonale secundario a la HAP primaria, el gasto cardiaco es bajo, la dilatación del corazón cuando ocurre, es mas tardía y las manifestaciones primordiales son las de bajo gasto (disnea y síncope), en cambio las manifestaciones congestivas, cuando ocurren, lo hacen en fase terminal. La implicación pronóstica de la disfunción del ventrículo derecho, es muy clara en la HAP. Mientras no falle el VD el paciente tendrá estabilidad clínica, sin embargo, una vez que se presenta disfunción del VD el pronóstico es malo a corto plazo y poco se puede ofrecer en la actualidad a este punto.¹⁴

Otros factores deben de ser considerados en el origen de la insuficiencia cardiaca derecha en pacientes con HAP primaria entre ellos se encuentran: isquemia del VD, Excesiva estimulación del sistema nervioso simpático, sobrecarga de volumen.

Con respecto a la sobre estimulación del sistema nervioso simpático. Bristow et al¹⁵ describieron un descenso en la expresión del gen y proteína de los receptores β_1 - adrenérgicos y un descenso de la adenilatociclasa que contribuye a desensibilización de dichos receptores, como resultado de un incremento local de la actividad adrenérgica. Este efecto compromete la reserva miocárdica y disminuye su función contráctil¹⁶. En pacientes con insuficiencia cardiaca derecha e hipertensión pulmonar se ha demostrado a través de estudios bioquímicos, activación neurohumoral mediante incrementos en los

niveles de norepinefrina^{17, 18} lo que correlaciona con el grado de anormalidad hemodinámica de estos pacientes¹⁷

No hay estudios que evalúen la utilidad de la VRIE para identificar alteraciones en la sincronía ventricular como un elemento pronóstico en el estudio de pacientes con HAP.

Fauchier et al⁴ estudiaron el valor pronóstico de la disincronía interventricular e intraventricular en pacientes con cardiomiopatía dilatada idiopática (CDI). Incluyeron un total de 103 pacientes a quienes realizaron análisis de Fourier aplicado a las imágenes VRIE para examinar ambos ventrículos. Encontraron una asociación entre deterioro en el estatus hemodinámico y un incremento en la disincronía intraventricular, no pudiendo establecer la misma relación con la disincronía interventricular. Durante el seguimiento de los pacientes 18 pacientes presentaron un evento cardíaco (7 pacientes muerte de origen cardíaco y 11 deterioro clínico).

En este grupo de pacientes, el grupo HAP se encontró disincronía interventricular y anormalidad en la sincronía de la contractilidad intraventricular para el VI. Por otro lado se encontró una correlación negativa entre el índice cardíaco y la disincronía ventricular y una tendencia negativa entre la fracción de eyección y la DE AFM de ambos ventrículos.

CONCLUSIÓN:

Las alteraciones en la sincronía de la contracción ventricular podrían contribuir al deterioro hemodinámico de los enfermos con HAP. Se requieren más estudios para determinar la utilidad de la VRIE en el estudio de estos pacientes

Bibliografía

1. Strauss HW, Zares BL, Hurley PJ y col. A scintigraphy method for measuring left ventricular ejection fraction in man without cardiac catheterization. *Am J. Cardiol.* 1971; 28:575.
2. Mazzotta G, Pace L and Bonow R: Risk stratification of patients with coronary artery disease and left ventricular dysfunction by exercise radionuclide angiography and exercise electrocardiography. *J Nucl Cardiol.* 1994; 6:529.
3. Zaret B, Wackers F, Terrin M y col. Value of radionuclide rest and exercise left ventricular ejection fraction in assessing survival of patients after thrombolytic in therapy for the acute myocardial infarction: results of thrombolysis in myocardial infarction (TIMI) phase II study. *J Am Coll Cardiol* 1995; 26:73.
4. Fauchier L, Marie O, Casset-Senon D, Babuty D, Cosnay P, Faucier JP. Interventricular and intraentricular dyssynchrony in idiopathic dilated cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol* 2002; 40: 2022-30
5. Vallejo E. La ventriculografía radioisotópica en equilibrio: utilidad en la cardiopatía isquémica. *Arch Cardiol Mex* 2004; (74) Supl 2; S515-S517.
6. Verani MS, Tortoledo FE, Batty JW, Raizner AE: Effect of coronary artery recanalization on right ventricular dysfunction in patients with acute myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol* 1985; 5: 1029-1035.

7. Yu CM, Fung JW, Zhang Q, Chan C, Kong S, et al. Left ventricular reserve remodeling predicted rehospitalization for heart failure after cardiac resynchronization therapy [abstract]. *J Am Coll Cardiol* 2004;43:131A
8. Stellbrink C, Breitthard O, Franke A, Sack S, Bakker P, Auricchio A, et al. Impact of cardiac resynchronization therapy using hemodynamically optimized pacing on left ventricular remodeling in patients with congestive heart failure and ventricular conduction disturbances. *J Am Coll Cardiol* 2001; 38:1957-65.
9. Young JB, Abraham WT, Leon AR, Smith AL, Canby RC, Liem LB, et al. Cardiac resynchronization improves functional status in patients with ventricular dyssynchrony and an ICD indication. Results from the Miracle ICD Trial [abstract]. *Circulation* 2002; 106; II-644.
10. Auricchio A, Stellbrink C, Block M, Vogt J, Bakker P, et al. The pacing therapies in congestive heart failure study group. Long term clinical effect of hemodynamically optimized cardiac resynchronization therapy in patients with heart failure and ventricular conduction delay. *J Am Coll Cardiol* 2002; 39:2026-33.
11. Bristow MR, Saxon LA, Boehmer J, Krueger S, Kass DA, De Marco T, et al. Cardiac-resynchronization therapy with or without an implantable defibrillator in advanced chronic heart failure. *N Engl J Med* 2004; 350; 2140-50.

12. Bristow MR, Zisman LS, Lances BD et al. The pressure overloaded right ventricle in pulmonary hypertension. *Chest* 1998; 114:101S-6S.
13. Hoeper MM, Tangers J, Leppert A et al. Evaluation of right ventricular performance with right ventricular ejection fraction thermodilution catheter and MRI in patients with pulmonary hypertension. *Chest* 2001; 120:502-7.
14. Sandoval J. Insuficiencia ventricular derecha en la hipertensión arterial pulmonar. Consideraciones fisiopatológicas. *Arch Cardiol Mex* 2001; S164-S167.
15. Bristow MR, Minobe W, Rasmussen R et al. β -Adrenergic neuroeffector abnormalities in the failing human heart produced by local, rather than systemic mechanisms. *J Clin Invest* 1992; 89:803-815.
16. Bristow MR. Mechanism of action beta-blocking agent in heart failure. *Am J Cardiol* 1997; 80:26L-40L.
17. Nootens M, Kaufmann E, Receptor T et al. Neurohormonal activation in patients with right ventricular failure from pulmonary hypertension: relation to hemodynamic variables and endothelin levels. *J Am Coll Cardiol* 1995; 26:1581-1585.
18. Rich S, Seidilitz M, Dodin E et al. The short-term effect of digoxin in patients with right ventricular dysfunction from pulmonary hypertension. *Chest* 1998; 114:782-92.

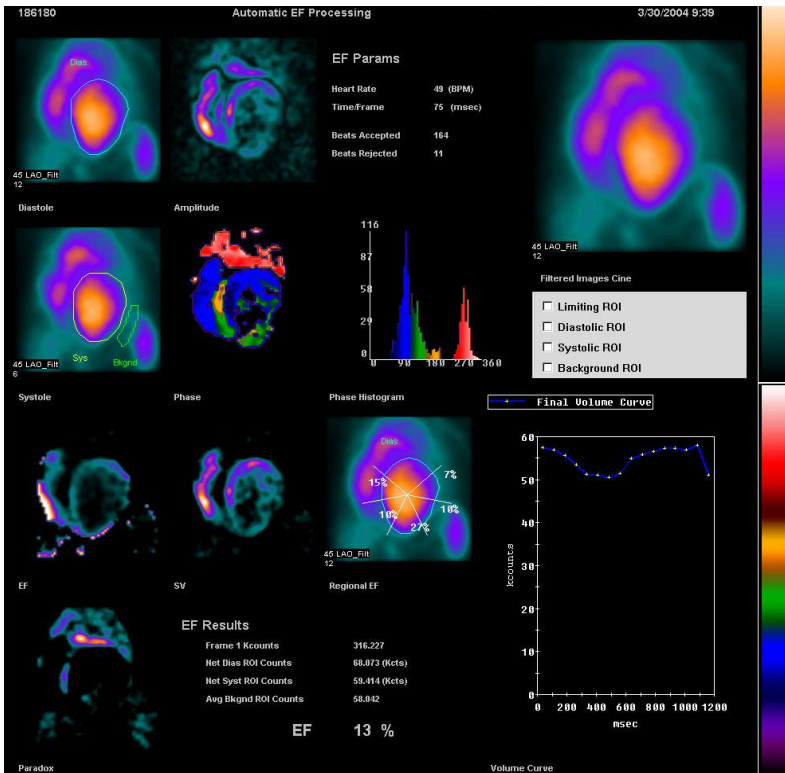


Figura. 1. Muestra una Ventriculografía radioisotópica en equilibrio. La figura incluye la fracción de eyección del ventrículo izquierdo, el análisis de contractilidad regional, el análisis de fase y de amplitud de la contracción ventricular y la curva de contracción ventricular.

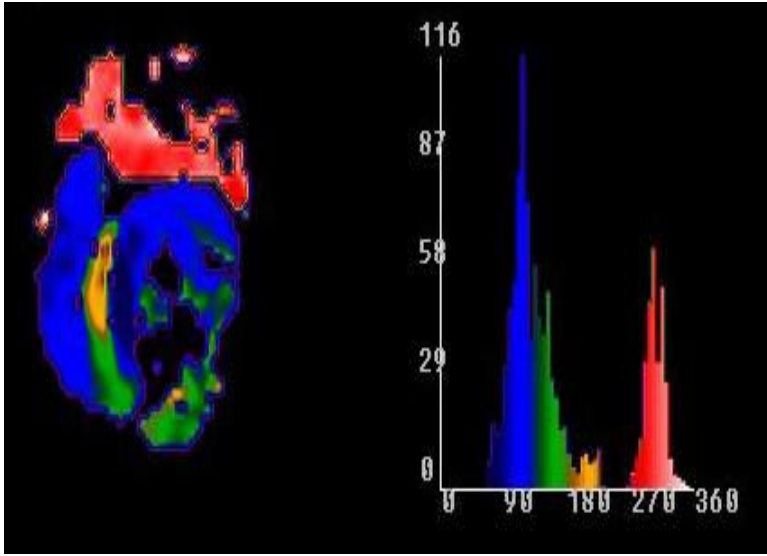


Figura. 2. Muestra imagen de fase y Análisis de Fase A cada uno de los sujetos incluidos en el estudio se le generó una imagen de fase con color codificado (imagen de fase) y su histograma correspondiente (análisis de fase)

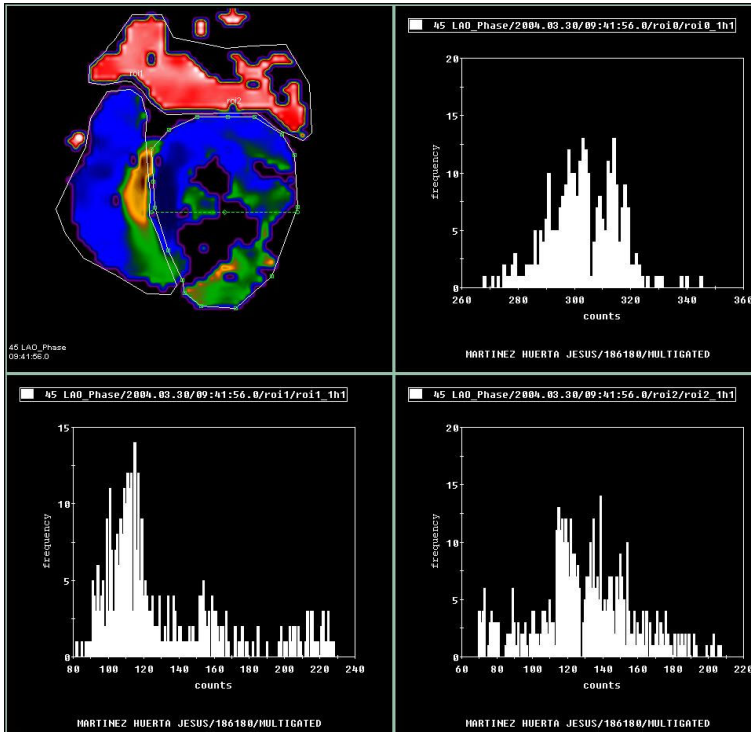


Figura. 3. Muestra la región de análisis. Para cada región cardíaca (aurícula, VD, VI) se generaron imágenes de fase utilizando escala de color continua, correspondiendo a ángulos de fase de 0° a 360° . Se computó el ángulo de fase medio para ambos ventrículos. La moda fue el ángulo con valor más alto en el histograma de fase.

VD: Ventrículo derecho. VI: Ventrículo izquierdo.

TABLA 1 Comparacion demografica entre los grupos

Caracteristicas	TABLA DEMOGRAFICA		
	HAP	Rangos HAP	NORMALES
Edad	37	27-48	28
Sexo			
M	3		10
F	20		18
HTA	2		0
FEVI	0.53	.25-.81	0.63
FEVD	0.37	.10-.40	0.42

TABLA 2. Resultados del análisis de fase

Aurícula	Controles	HAP	p
Media	316 ± 11	326 ± 16	0.0001
Desviación estándar	15 ± 5	14 ± 11	0.03
Moda	312 ± 16	327 ± 18	0.0001
Ventrículos			
Media	139 ± 14	164 ± 26	0.0001
Desviación estándar	14 ± 4	19 ± 9	0.022
Moda	141 ± 15	169 ± 30	0.0001
Ventrículo derecho			
Media	139 ± 14	170 ± 31	0.0001
Desviación estándar	14 ± 5	14 ± 5	0.09
Moda	142 ± 16	171 ± 31	0.0001
Ventrículo izquierdo			
Media	139 ± 13	156 ± 19	0.0001
Desviación estándar	12 ± 4	16 ± 9	0.03
Moda	140 ± 14	156 ± 21	0.0001
VI menos VD			
Media	0.41 ± 15	-14 ± 18	0.0001
Desviación estándar	-3 ± 5	2 ± 8	0.07
Moda	-2 ± 7	-15 ± 20	0.0001

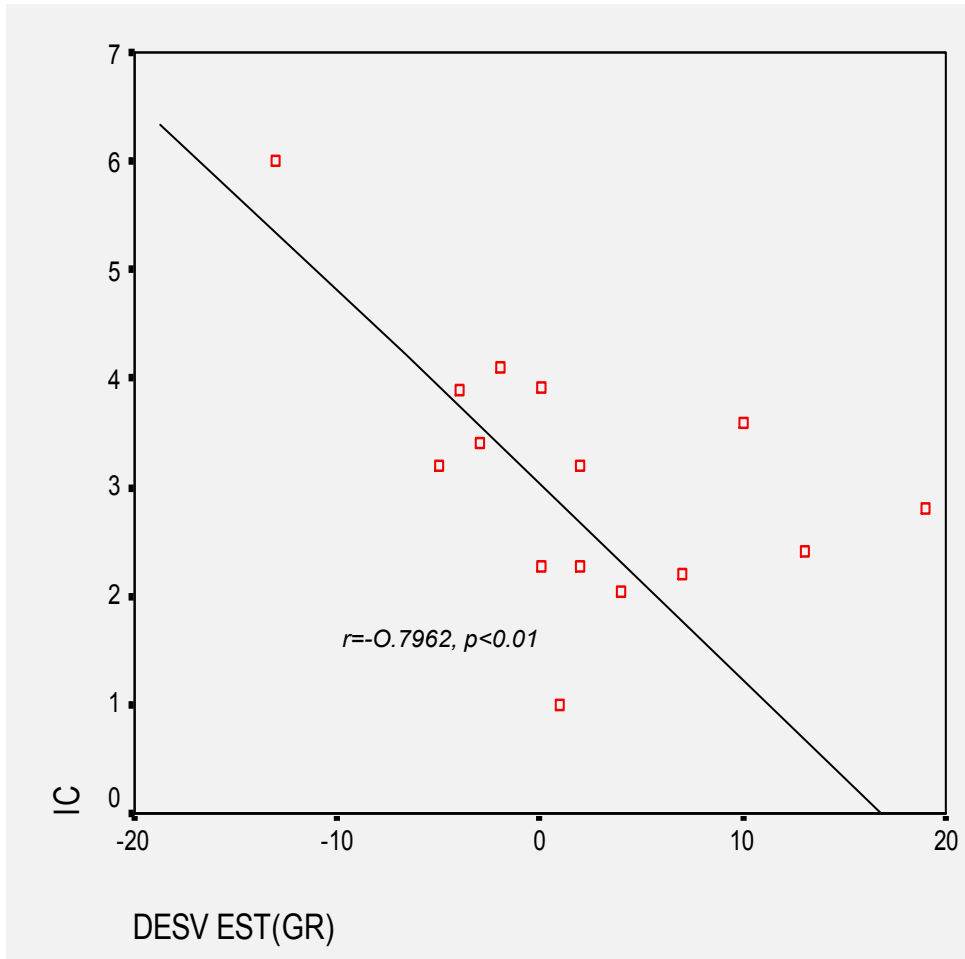


Figura. 5. Muestra la correlación entre el IC y DE AFM. Se encontró una correlación negativa entre el índice cardíaco y la disincronía ventricular

IC: Índice Cardíaco. DE AFM: Desviación estándar del ángulo de fase medio.

DESV EST (GR): Desviación estándar (grados).

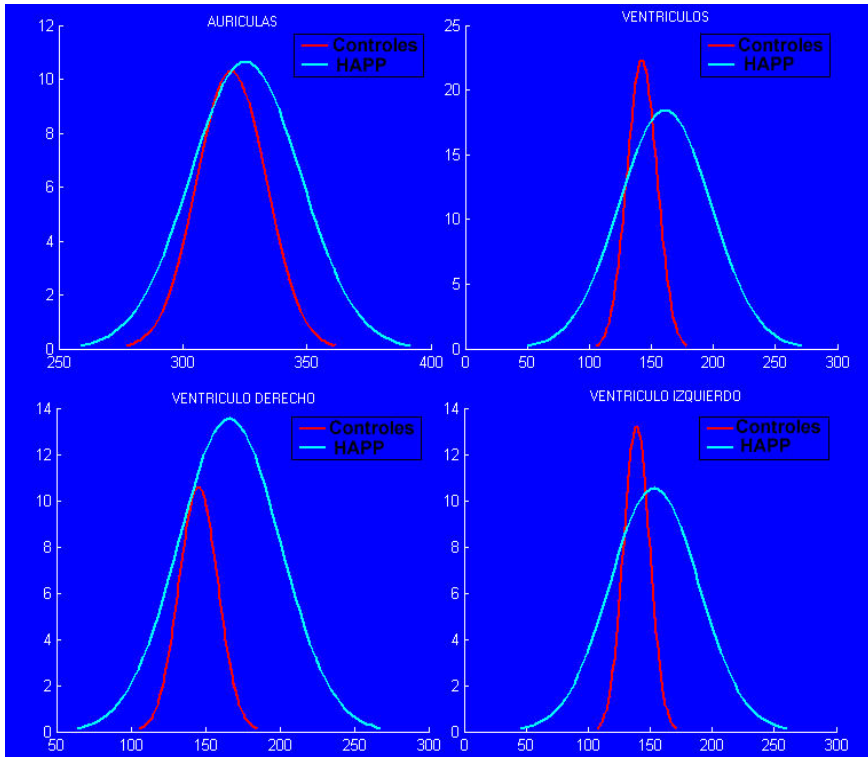


Fig. 6. Desviación estándar del ángulo de fase medio en sujetos controles y en pacientes con HAP. La sincronía en la contractilidad intraventricular para el VI fue anormal en el grupo HAP.

HAP: Hipertensión Arterial Pulmonar. VI: Ventrículo Izquierdo