

17205
16
24



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**FACULTAD DE MEDICINA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL
HOSPITAL DE CARDIOLOGIA
CENTRO MEDICO NACIONAL SIGLO XXI**

**EVALUACION DEL ECOCARDIOGRAMA
DOPPLER PARA EL DIAGNOSTICO DE
HIPERTENSION PULMONAR REVERSIBLE
EN EL PACIENTE PEDIATRICO CON
CARDIOPATIA CONGENITA**

**T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO EN
LA ESPECIALIDAD DE CARDIOLOGIA
P R E S E N T A**

DR. LUIS MIGUEL HERNANDEZ ALVAREZ

**TUTOR: DR. AGUSTIN SANCHEZ SOBERANES
DR. MIGUEL ANGEL VILLASIS KEEVER**



IMSS

MEXICO, D. F.

1995



Universidad Nacional
Autónoma de México



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 está 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.

Tutor:

DR. AGUSTIN SANCHEZ SOBERANES

DR. MIGUEL ANGEL VILLASIS KEEVER

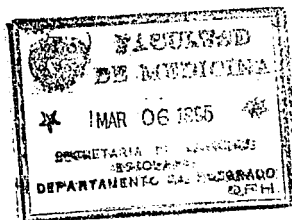
Jefa del servicio de Cardiopatías congénitas
Dra. ARCELIA DIAZ ARAUZO

Profesor Titular del Curso
de Especialización en Cardiología:
DR. DAVID SKROMNE KADLUBIK

Jefe de Enseñanza e Investigación
Hospital de Cardiología del C.M.N. Siglo XXI:
DR. ARMANDO MANSILLA OLIVARES



HOSP. DE CARDIOLOGIA
C.M.N. SIGLO XXI
DIV. DE ENSEÑANZA E
INVESTIGACION.



DEDICATORIA

A DIOS:

Dios y Rey mío, yo te alabaré,
bendeciré Tu nombre siempre y para siempre.
Un día tras otro bendeciré Tu nombre
y no cesará mi boca de alabarte.

Del Salmo 144.

A mi madre:

Sra. Marcela Alvarez Téllez G.

Porque gracias a tu inmenso amor, comprensión y apoyo
he conseguido cada logro de mi vida...
¡Que Dios te bendiga!

A mi hija, Dalila:

Porque tu llegada vino a llenar mi vida
de alegría y esperanza.

A mi esposa, Dally:

Por tu compañía y amor

que me dan aliento para seguir adelante.

A mis hermanos:

Juan Manuel

Gerardo Rafael

Marcela

Por los felices momentos que compartimos.

Por su amistad, en agradecimiento de sus enseñanzas

y por el apoyo para la realización de este trabajo:

Dr. Miguel Angel Villasís Keever

Dr. Agustín Sánchez Soberanes

Dr. Jorge Mojarro Ríos

Dr. Felipe David Gómez

Dr. Carlos Alva Espinosa

Dra. Arcelia Díaz Arauzo

A todos mis Maestros, que recuerdo gratamente por sus enseñanzas en la Ciencia y en la Vida.

A mis compañeros y amigos, esperando que la amistad que hoy nos une perdure por siempre.

A todos los pacientes, que día con día depositan su salud en nuestras manos, esperando que este trabajo, como toda nuestra actividad profesional, reditúe en su beneficio.

INDICE

	Páginas
1. Índice	1
2. Resumen	2
3. Abstract	3
4. Objetivos	4
5. Antecedentes	5
6. Planteamiento del problema	10
7. Hipótesis	11
8. Material y métodos	12
9. Descripción general del estudio	15
10. Análisis estadístico	17
11. Consideraciones éticas	18
12. Resultados	19
13. Discusión	22
14. Tablas y Figuras	24
15. Referencias	30

RESUMEN

La utilidad de la ecocardiografía en la determinación de cifras tensionales pulmonares está bien establecida. Sin embargo, no se ha estimado si puede ser considerada una herramienta diagnóstica para la detección de reversibilidad de la hipertensión arterial pulmonar severa secundaria a cardiopatía congénita con cortocircuito izquierda-derecha o bidireccional. Con esta finalidad se incluyeron 18 niños a los que se les realizó cateterismo, incluyendo prueba de oxígeno, para determinar la reversibilidad de hipertensión arterial pulmonar severa. En las 24 horas posteriores a dicho procedimiento se les hizo estudio ecocardiográfico, infiriendo las cifras de presión arterial pulmonar a través de ecuaciones de regresión que consideran la relación entre los intervalos sistólicos: periodo pre-expulsivo/tiempo de aceleración (PPE/TA) en condiciones basales y después de la administración de oxígeno por 10 minutos. Con el método ecocardiográfico se obtuvo una disminución de la presión media arterial pulmonar (PMAP) de 53.8 ± 11.9 a 38.6 ± 10.3 mmHg ($32.5 \pm 19.4\%$), en tanto que en la determinación directa durante el cateterismo, la PMAP disminuyó de 59.2 ± 10.91 a 40.7 ± 11.4 mmHg ($31.2 \pm 20.1\%$), entre ambas determinaciones las diferencias no fueron estadísticamente significativas. Al correlacionar ambos métodos se obtuvo una sensibilidad de 92% y especificidad de 80% para el diagnóstico de reversibilidad por el método ecocardiográfico. Se concluye que la ecocardiografía con prueba de oxígeno puede ser útil en la determinación de reversibilidad de la presión arterial pulmonar en niños con cardiopatía congénita con cortocircuito izquierda-derecha o bidireccional.

ABSTRACT

The utility of echocardiography in the determination of pulmonary arterial pressures is well established. Nevertheless it is not documented if it could be considered as diagnostic tool for detection of reversibility of severe pulmonary arterial hypertension secondary to left-to-right or bi-directional shunt congenital heart diseases. With this purpose, 18 children who underwent cardiac catheterization with oxygen test to determine the reversibility of severe pulmonary hypertension were included. Within 24 hours after the catheterism, an echocardiographic study was performed in order to assume pulmonary pressure values with regression equations which consider the relationship between systolic intervals: pre-expulsive period/acceleration time, both in basal conditions and after administration of 100% oxygen during 10 minutes. With the proposed echocardiographic method, a decrease in the mean pulmonary pressure from 53.8 ± 11.9 to 38.6 ± 10.3 mmHg ($32.5 \pm 19.4\%$) was obtained, while at catheterism, mean pulmonary pressure decreased from 59.2 ± 10.9 to 40.7 ± 11.4 mm Hg ($31.2 \pm 20.1\%$). The relationship between both methods to compare reversibility showed a sensibility of 92% and specificity of 80% for echocardiographic method. It is concluded that echocardiography with oxygen test can be useful in determination of reversibility of pulmonary arterial pressure in children with left-to-right or bi-directional shunt congenital heart diseases .

OBJETIVO GENERAL.-

Evaluar la utilidad de un método ecocardiográfico para determinar cambios en la presión arterial pulmonar después de la administración de oxígeno en pacientes pediátricos con cardiopatía congénita e hipertensión arterial pulmonar severa.

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

1.- Determinar la sensibilidad, especificidad y valor predictivo positivo y negativo de la ecocardiografía Doppler en comparación al cateterismo cardiaco para la detección de cambios en la presión arterial pulmonar después de la administración de oxígeno en pacientes pediátricos con cardiopatía congénita y cortocircuito de izquierda a derecha o bidireccional.

2.- Establecer la correlación de los valores de presión arterial pulmonar, posterior a la administración de oxígeno, obtenidos por el cateterismo cardiaco y la ecocardiografía Doppler en los niños con cardiopatía congénita e hipertensión arterial pulmonar severa.

ANTECEDENTES

Las cardiopatías congénitas con hiperflujo pulmonar resultan de una comunicación entre las circulaciones sistémica y pulmonar que genera un cortocircuito de izquierda a derecha, es decir, la derivación de sangre de la circulación sistémica a la pulmonar en base al gradiente de presiones existente entre ambas circulaciones (1,2). El hiperflujo pulmonar, además de producir directamente hipertensión arterial pulmonar, produce una serie de cambios progresivos e irreversibles (remodelación vascular) que llevan a la hipertrofia e hiperplasia de la capa muscular lisa vascular e incremento del tejido conectivo intercelular que finalmente conducen a la oclusión del lumen vascular, originando así un mayor incremento de la presión y resistencia vascular pulmonar (2-4).

La hipertensión arterial pulmonar forma parte de la historia natural de algunas cardiopatías congénitas, que incluyen, entre otras: comunicación interventricular, canal aurículo-ventricular completo, ventrículo único sin estenosis pulmonar, tronco arterial común y doble vía de salida del ventrículo derecho, entre otras. En este grupo de cardiopatías, la hipertensión arterial pulmonar es frecuentemente un determinante del curso clínico, la factibilidad de intervención quirúrgica y del pronóstico. La corrección quirúrgica de las cardiopatías congénitas asociadas a hipertensión arterial pulmonar debe realizarse tan pronto como sea posible, para limitar la duración de la exposición de la vasculatura pulmonar a las alteraciones hemodinámicas que condicionan remodelación vascular progresiva. Antes de la decisión quirúrgica se debe incluir la valoración de la severidad y potencial reversibilidad de cualquier cambio vascular pulmonar (1,2,5).

En tanto se diagnostique aumento de las resistencias vasculares pulmonares debe evaluarse si esto es debido a vasoconstricción hipóxica (reversible), a hipertrofia muscular o cambios en la íntima (irreversibles). La valoración de la extensión de

cada una de estas causas de elevación de las resistencias vasculares es difícil. Se hace por una combinación de respuestas de las resistencias al oxígeno al 100% o vasodilatadores, por angiografía "en cuña" de la vasculatura pulmonar, o en último caso, por biopsia de tejido pulmonar (6).

Históricamente se utilizaron acetilcolina e hidrocloreto de tolazolina (Priscoline) para determinar la existencia de un componente de espasmo vascular contribuyendo a la hipertensión pulmonar (7). Paul Wood observó una disminución de la presión y resistencia en 5 de 6 pacientes con hipertensión arterial pulmonar primaria (8).

Respecto al oxígeno como inductor de cambios en la presión y resistencia vascular pulmonar, desde los 1940's quedó establecido su papel como parte del mecanismo de autorregulación por el cual el flujo sanguíneo pulmonar se ajusta automáticamente a la ventilación alveolar (9). Sin embargo, no han quedado bien establecidos los mecanismos por los cuales el oxígeno ejerce efectos vasomotores en la circulación pulmonar. Se ha estudiado el papel del sistema nervioso autónomo (principalmente a través de estimulación alfa adrenérgica) y de otros mediadores vasoactivos intrínsecos (histamina, prostaglandinas, angiotensina) así como el papel de efectos locales directos en la célula muscular lisa (9-11).

El estándar para la medición de la presión arterial pulmonar es el cateterismo cardiaco (5,12). La determinación de la presión arterial pulmonar con métodos no invasivos ha sido un reto para los cardiólogos. A través del tiempo se han utilizado diversos métodos diagnósticos con esta finalidad, incluyendo: electrocardiografía, fonomecanocardiografía, radiografía de tórax, centellografía y ecocardiografía, los cuales siempre se han comparado con el cateterismo cardiaco para determinar su utilidad (12-14). Dentro de la ecocardiografía, se ha intentado realizar una estimación cualitativa de la hipertensión arterial pulmonar, así como la cuantificación de los valores de presión arterial pulmonar por diversos métodos,

buscando correlacionar los parámetros inferidos por ecocardiografía con los obtenidos directamente del cateterismo cardiaco.

Los métodos ecocardiográficos propuestos en la literatura para esta finalidad incluyen:

a) Visualización del movimiento de la valva pulmonar posterior por ecocardiografía modo M. Este método permite inferir, a través del hallazgo de ciertas características de la valva pulmonar posterior [disminución o ausencia de la onda "a", rápida pendiente de apertura "bc", cierre mesosistólico ("escotadura" o "muesca"), aleteo telesistólico, disminución o inversión de la pendiente diastólica "ef" y alteración de los intervalos sistólicos] la presencia de hipertensión arterial pulmonar (15,16).

b) Cálculo de la presión sistólica de la arteria pulmonar (PSAP) basado en la medición del intervalo isovolumétrico diastólico del ventrículo derecho (cierre pulmonar a apertura tricuspídea) por medio de ecocardiografía modo M, de acuerdo con el nomograma de Burstin (12,17,18).

c) Inferencia de la PSAP a partir del cálculo de la presión sistólica del ventrículo derecho por el gradiente de regurgitación tricuspídea obtenido a partir del espectro de flujo mediante ecocardiografía Doppler (18-20).

d) Inferencia de la PSAP a partir del cálculo de la presión sistólica del ventrículo derecho, utilizando el espectro de regurgitación pulmonar mediante ecocardiografía Doppler (21).

e) Inferencia de la PSAP a partir de la resta del gradiente de presiones a través del defecto septal ventricular o del conducto arterioso permeable de la presión arterial sistémica (22) o del gradiente a través de fistulas sistémico-pulmonares (23).

f) Cálculo de presiones pulmonares (presión sistólica, diastólica y media) a través de la medición de los intervalos sistólicos mediante el análisis del espectro de flujo transpulmonar con ecocardiografía Doppler (24-29), empleando adicionalmente ecuaciones de regresión (18,30-37). Con todas estas mediciones, se ha establecido

así, en términos generales, una buena correlación entre las cifras de presión arterial pulmonar calculadas por ecocardiografía y las obtenidas durante el cateterismo cardiaco. Los intervalos sistólicos y las relaciones entre éstos que se han encontrado útiles para esta finalidad en diversos estudios incluyen: tiempo de aceleración (TA) (24-28,32-34,36,38), tiempo de aceleración/periodo expulsivo (TA/PE) (25-27,33,34,36,38) y periodo pre-expulsivo/tiempo de aceleración (PPE/TA) (25,30,31,38).

Entre la población pediátrica se han realizado estudios para calcular la presión arterial pulmonar por ecocardiografía con métodos que emplean los intervalos sistólicos y sus relaciones, determinados a través de su medición mediante el análisis del espectro de flujo pulmonar por ecocardiografía Doppler. Wan-zhen y col. (30) estudiaron 25 niños con cardiopatía congénita, y cortocircuito de izquierda a derecha, determinando la correlación de diversos índices Doppler: tiempo de aceleración corregido (TA_c), periodo pre-expulsivo/periodo expulsivo (PPE/PE), periodo pre-expulsivo/tiempo de aceleración (PPE/TA) y tiempo de aceleración/periodo expulsivo corregido (TA/PE_c) con los parámetros hemodinámicos obtenidos durante cateterismo cardiaco, encontrando una buena correlación entre el índice PPE/TA, derivado de ecocardiografía Doppler y las presiones pulmonares sistólica, diastólica y media, determinadas durante cateterismo cardiaco ($r = 0.92$, $p < 0.001$) estableciendo las siguientes ecuaciones de regresión:

$$PSAP = 55.0(PPE/TA) - 0.8$$

$$PDAP = 35.5(PPE/TA) - 10.8$$

$$PMAP = 43.2(PPE/TA) - 4.6$$

Con estas ecuaciones, se encontró una sensibilidad para predecir presión arterial pulmonar anormal del 86.7% y una especificidad del 100%.

En nuestro medio, Mojarro y col. (13) estudiaron 41 pacientes pediátricos, empleando para el cálculo de presiones pulmonares las ecuaciones de regresión

propuestas por Whan-zen, encontrando diferencia significativa en la relación PPE/TA de pacientes con hipertensión arterial pulmonar con un grupo sin hipertensión, reportando con el método una sensibilidad del 77% y especificidad del 95% para los dos grupos.

En cuanto a métodos no invasivos para la detección de la reversibilidad de la hipertensión arterial pulmonar, Cooper y col. (27,28) valoraron cambios en algunos índices por ecocardiografía Doppler obtenidos a partir de la medición de los intervalos sistólicos: TA, TA/PE y velocidad pico arterial pulmonar en respuesta a la administración de oxígeno y tolazolina en correlación con los cambios obtenidos durante cateterismo cardíaco. Los autores no encontraron cambios significativos en los índices Doppler después de la administración de oxígeno y tolazolina a excepción de un aumento en la velocidad pico arterial pulmonar en pacientes que respondieron a los vasodilatadores y concluyeron que la ecocardiografía Doppler no puede predecir un nivel elevado de resistencias vasculares pulmonares ni el grado de respuesta a vasodilatadores de manera que obviara la necesidad de cateterismo.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Considerando que la determinación de la reversibilidad de la hipertensión arterial pulmonar mediante el uso de oxígeno o medicamentos vasodilatadores es fundamental para la estadificación pronóstica de pacientes pediátricos con hipertensión arterial pulmonar secundaria a cardiopatía congénita, con cortocircuito de izquierda a derecha o bidireccional y para establecer la factibilidad de corrección quirúrgica, sería útil contar con métodos alternativos al cateterismo cardiaco, de carácter no invasivo, para dicha finalidad. De esta manera es necesario determinar si el método propuesto por Wan-zhen, utilizado en nuestro medio rutinariamente para inferir la presión arterial pulmonar, es útil para determinar su reversibilidad después de la administración de oxígeno en base a su correlación con los parámetros derivados del cateterismo cardiaco que constituye actualmente el estándar de oro.

HIPOTESIS.

HIPOTESIS 1.

H0.- La ecocardiografía Doppler, mediante ecuaciones de regresión que consideran la relación de los intervalos sistólicos de cavidades derechas: PPE/TA carece de sensibilidad y especificidad en la determinación de reversibilidad de la presión arterial pulmonar en pacientes pediátricos con cardiopatía congénita y cortocircuito de izquierda a derecha, sometidos a oxígeno al 100% durante 10 minutos.

H1.- La ecocardiografía Doppler, mediante ecuaciones de regresión que consideran la relación de los intervalos sistólicos de cavidades derechas: PPE/TA tiene alta sensibilidad y especificidad en la determinación de reversibilidad de la presión arterial pulmonar en pacientes pediátricos con cardiopatía congénita y cortocircuito de izquierda a derecha, sometidos a oxígeno al 100% durante 10 minutos.

HIPOTESIS 2.

H0.- Los cambios de la presión arterial pulmonar, medidos por ecocardiografía Doppler posterior a la administración de oxígeno en los niños con cardiopatía congénita e hipertensión arterial pulmonar severa carecen de correlación con las mediciones del cateterismo cardiaco.

H1.- Los cambios de la presión arterial pulmonar, medidos por ecocardiografía Doppler posterior a la administración de oxígeno en los niños con cardiopatía congénita e hipertensión arterial pulmonar severa tienen correlación con las mediciones del cateterismo cardiaco.

MATERIAL Y METODOS

DISEÑO DEL ESTUDIO:

Estudio prolectivo, observacional, comparativo y transversal: análisis de una prueba diagnóstica.

CRITERIOS DE SELECCION:

CRITERIOS DE INCLUSION:

1. Pacientes menores de 16 años.
2. Pacientes de sexo masculino o femenino.
3. Diagnóstico de cardiopatía congénita, con corto circuito de izquierda a derecha e hipertensión arterial pulmonar severa secundaria, realizado por clínica, radiografía de tórax, electrocardiograma, ecocardiograma y cateterismo, habiéndose realizado éste último en las 24 horas previas a la realización del estudio.

CRITERIOS DE NO INCLUSION:

1. Pacientes cuya condición clínica se modificara en el intervalo de la realización de las dos evaluaciones.
2. No autorización por parte de los padres para la evaluación ecocardiográfica.

CRITERIOS DE EXCLUSION:

1. Pacientes con mediciones ecocardiográficas o hemodinámicas incompletas.
2. Pacientes a los que se les hubieran realizado intervenciones terapéuticas que modificaran las mediciones antes de la segunda evaluación.

IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES.

Variable independiente.- Administración de oxígeno.

Variable dependiente.- Mediciones de presión arterial pulmonar, por ecocardiografía y cateterismo.

DEFINICION VARIABLES:

Edad.- Tiempo transcurrido desde el nacimiento hasta la fecha de realización de la evaluación.

Categoría: Meses y años.

Sexo.- De acuerdo a las características fenotípicas.

Categoría: Masculino o femenino.

Tipo de Cardiopatía.- Se considerará de acuerdo al diagnóstico clínico, radiográfico, electrocardiográfico, ecocardiográfico y por cateterismo.

Categoría: Persistencia del conducto arterioso, comunicación interauricular, comunicación interventricular, ventana aorto-pulmonar, tronco común, doble vía de salida del ventrículo derecho, drenaje venoso pulmonar anómalo total.

Hipertensión arterial pulmonar severa.- Se considerará cuando por cateterismo la presión arterial pulmonar media sea mayor a 50 mm Hg.

Categoría: Presente o ausente.

Mediciones de la presión arterial pulmonar durante el cateterismo.- Para fines de este estudio, durante el cateterismo cardiaco deberá determinarse de manera directa la presión arterial pulmonar, en milímetros de mercurio, a través de un catéter, colocado en el tronco de la arteria pulmonar y un sistema transductor de presiones. La determinación de las cifras de presión arterial pulmonar debe realizarse de manera basal y posterior a la administración de oxígeno al 100%, a los 3, 6 y 9 minutos.

Categoría: Milímetros de mercurio.

Mediciones de la presión arterial pulmonar durante el ecocardiograma.- Se harán determinaciones del periodo pre-expulsivo y tiempo de aceleración en forma basal como después de la administración de oxígeno por 3, 6 y 9 minutos. A través de las ecuaciones de regresión propuestas por Wan-zhen se calcularán los valores correspondientes de presión arterial pulmonar sistólica, diastólica y media.

Categoría: Milímetros de mercurio.

Reversibilidad de la hipertensión arterial pulmonar.- Tanto para los parámetros determinados en el cateterismo cardiaco como en el ecocardiograma, se considerará reversibilidad de la presión arterial pulmonar a la disminución igual ó mayor al 20% de las cifras de presión arterial pulmonar media obtenidas posteriormente a la administración de oxígeno en relación a las cifras basales.

Categoría: Sí, no.

Disminución de la presión arterial pulmonar.- Se considerará el porcentaje de disminución de las cifras de la presión arterial pulmonar media posterior a la aplicación de oxígeno por 10 minutos al 100% a través de casco cefálico.

Categoría: Porcentaje.

DESCRIPCION GENERAL DEL ESTUDIO

Se incluyeron niños con cardiopatía congénita y cortocircuito de izquierda a derecha o bidireccional que condicionara hipertensión arterial pulmonar severa, que ingresaron al servicio de Cardiopatías Congénita, del Hospital de Cardiología "Luis Méndez" del Centro Médico Nacional "Siglo XXI" para estudio de cateterismo cardiaco y estudio hemodinámico y en los que se realizaron prueba mediante administración de oxígeno para determinar la reversibilidad de la hipertensión arterial pulmonar.

Con un equipo ecocardiográfico Toshiba Sonolayer alfa SSA-270A, empleando transductores de 5.0 y 3.5 MHz, se realizó estudio ecocardiográfico basal en un lapso de tiempo que no excediera 24 horas a la realización del cateterismo, considerando que la condición clínica de los pacientes no cambiara en el intervalo comprendido entre la realización del cateterismo cardiaco y el ecocardiograma y que no se agregara intervención terapéutica alguna en dicho intervalo. El estudio ecocardiográfico, se realizó por médicos adscritos al servicio de Cardiopatías Congénitas, quienes no tuvieron conocimiento de los resultados del cateterismo. Durante el estudio ecocardiográfico se obtuvo una imagen espectral mediante Doppler pulsado del flujo pulmonar, en aproximación paraesternal del eje corto a nivel de los grandes vasos, ubicando el volumen muestra aproximadamente un centímetro por arriba del nivel de las válvulas sigmoideas pulmonares, en el tronco de la arteria pulmonar. En conjunto con este registro y del trazo simultáneo del electrocardiograma, se determinó la duración en milisegundos de los intervalos sistólicos de cavidades derechas, promediando finalmente los valores obtenidos en 5 a 7 ciclos, de la siguiente manera:

PERIODO PRE-EXPULSIVO (PPE).- Del inicio del complejo QRS al inicio del espectro de flujo pulmonar.

TIEMPO DE ACELERACION (TA).- Del inicio del espectro de flujo pulmonar hasta el punto en que alcanza su velocidad pico (Anexo 1).

Posteriormente se establecieron los valores basales de la presión arterial pulmonar de acuerdo a las siguientes ecuaciones de regresión:

$$\text{PSAP} = 55.0(\text{PPE}/\text{TA}) - 0.8$$

$$\text{PDAP} = 35.5(\text{PPE}/\text{TA}) - 10.8$$

$$\text{PMAP} = 43.2(\text{PPE}/\text{TA}) - 4.6$$

Se marcó con tinta indeleble el punto de la superficie torácica del paciente en el que se colocó el transductor para permitir la realización de las determinaciones subsecuentes con la misma aproximación o ventana ecocardiográfica.

Posteriormente se inició la administración de oxígeno mediante casco cefálico o mascarilla a razón de 10 litros por minuto (oxígeno al 100%), realizando determinaciones de los intervalos sistólicos señalados y calculando las cifras de presión arterial pulmonar según se especificó a los 3, 6 y 9 minutos de la administración de oxígeno.

Por último, se estableció la correlación existente entre los valores obtenidos en el estudio ecocardiográfico y los obtenidos en el cateterismo cardiaco.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

- 1. Para cada una de las variables se realizaron medidas de tendencia central y de dispersión.**
- 2. Análisis Bayesiano para determinar sensibilidad, especificidad y valor predictivo positivo y negativo, tomando como estándar de oro al cateterismo**
- 3. Análisis de varianza (ANOVA), para muestras dependientes, para los cambios en la presión arterial pulmonar durante la administración de oxígeno.**

CONSIDERACIONES ETICAS:

El presente estudio fue aprobado por el Comité de Investigación del Hospital de Cardiología del Centro Médico Nacional Siglo XXI.

Para la realización del estudio se solicitó el consentimiento verbal de los padres.

Para el cateterismo los padres previamente otorgaron su consentimiento escrito.

RESULTADOS

Se incluyeron 18 pacientes, 11 niños y 7 niñas, con una edad media de 26 meses, con límites de 7 meses a 11 años.

Los diagnósticos se enumeran en la Tabla 1. Los encontrados más frecuentemente fueron comunicación interventricular (CIV) aislada en 8 casos (44.4%) y de CIV con persistencia del conducto arterioso (PCA) en 3 casos (16.7%).

Todos los pacientes se sometieron a cateterismo diagnóstico que incluyó la realización de pruebas con oxígeno inhalado al 100% para valorar la reversibilidad de hipertensión arterial pulmonar severas. No hubo complicaciones durante el procedimiento en ninguno de los casos.

Las mediciones del cateterismo en promedio fueron: la presión media arterial pulmonar (PMAP) basal fue de 59.2 ± 10.91 mmHg (media \pm DE) con presión sistólica arterial pulmonar (PSAP) de 77.5 ± 12.6 mmHg y presión diastólica arterial pulmonar (PDAP) de 44.5 ± 12.9 mmHg. Posterior a la administración de oxígeno durante 9 minutos, los valores fueron: 40.7 ± 11.4 mmHg para la PMAP, 57.5 ± 13.4 mmHg para la PSAP y 27.5 ± 10.3 mmHg para la PDAP.

La disminución porcentual de la PMAP después de la administración de oxígeno, en promedio, para todo el grupo fue de $31.2 \pm 20.1\%$.

A todos los pacientes posterior a un intervalo de tiempo que no excediera 24 horas después del cateterismo y con estabilidad clínica, se les realizó estudio ecocardiográfico basal, infiriendo las presiones pulmonares media, sistólica y diastólica. Se les administró oxígeno a través de casco cefálico a razón de 10 lts/min, y se determinaron los intervalos sistólicos y cifras tensionales pulmonares a los 3, 6 y 9 minutos.

En promedio, la relación PPE/TA se redujo, de un valor basal promedio de 1.34 ± 0.28 a 1.12 ± 0.07 a los 3 minutos, 1.08 ± 0.07 a los 6 y de 0.99 ± 0.05 a los 9.

En cuanto a la PMAP, los valores disminuyeron de 53.8 ± 11.9 a 38.6 ± 10.3 mmHg a los 9 minutos de la administración de oxígeno, la PSAP de 73.4 ± 15.2 a 54.2 ± 13.1 mmHg y PDAP de 37.9 ± 9.5 a 24.8 ± 8.4 mmHg. El porcentaje de disminución de la PMAP determinada por ecocardiografía fue de $32.5 \pm 19.4\%$.

Los valores promedio de la presión pulmonar sistólica, diastólica y media mediados por cateterismo y por ecocardiografía no tuvieron diferencia estadísticamente significativa ($p > 0.05$) (Figura 1).

Entre los pacientes ($n=12$) que respondieron con disminución de la PMAP igual ó mayor a 20% por ecocardiografía, se encontró una disminución estadísticamente significativa de la relación PPE/TA en cada uno de los tiempos (3,6 y 9 minutos) en que se realizaron determinaciones, $p=0.005$ (Figura 2).

Entre los pacientes que no respondieron ($n=4$) a la administración de oxígeno (disminución de la PMAP menor a 20% por ecocardiografía), no se registró disminución significativa de la relación PPE/TA a ningún intervalo de tiempo ($p=0.937$) ni entre la determinación basal y final ($p=0.593$).

Al correlacionar la disminución de la PMAP en los pacientes que respondieron a la administración de oxígeno entre el inicio y el final de la prueba (registro basal vs. registro a los 9 minutos), se encontró una diferencia estadísticamente significativa tanto por parámetros ecocardiográficos (54.8 ± 13.6 vs. 35.6 ± 10.2 mm Hg, $p=0.002$) como en los parámetros derivados del cateterismo (61.1 ± 12.1 vs. 35.6 ± 8.0 mm Hg ($p=0.002$).

Entre los pacientes que no respondieron a la administración de oxígeno, no se encontró diferencia significativa entre los valores obtenidos por ecocardiografía (49.2 ± 7.7 a 47.0 ± 6.7 mmHg, $p=0.593$) ni por cateterismo (54.4 ± 9.8 a 52.2 ± 10.0 mmHg, $p=0.179$ (Figura 4).

A través de análisis Bayesiano se estableció la concordancia entre los casos que registraron disminución porcentual de la PMAP igual ó mayor de 20% por ambos métodos. De los 18 pacientes, se encontró un caso falso positivo y un caso falso negativo, así la sensibilidad fue de 92% y la especificidad de 80%, con valor predictivo positivo de 92% y valor predictivo negativo de 80% (Figura 3).

DISCUSION.

A pesar de que la utilidad de la ecocardiografía para inferir presiones arteriales pulmonares por diversos métodos ha sido demostrada por la buena correlación que existe con los parámetros hemodinámicos derivados del cateterismo (5), son limitados los intentos para establecer si puede ser una herramienta útil para valorar la reversión de las cifras tensionales pulmonares ante la administración de oxígeno en pacientes con hipertensión arterial pulmonar severa secundaria a cardiopatías congénitas con hiperflujo pulmonar por cortocircuito izquierda-derecha o bidireccional, de manera similar a los que se hace convencionalmente al administrar oxígeno (u otro vasodilatador pulmonar) durante el cateterismo cardiaco con fines diagnósticos y pronósticos (27,28).

El método propuesto, basado en las ecuaciones de regresión ideadas por Wan-zhen y col. (30) para determinar presiones pulmonares a partir de la relación entre los intervalos sistólicos PPE/TA ha sido validado en el Hospital de Cardiología del Centro Médico Nacional Siglo XXI y es de uso rutinario (13). En el presente estudio se utilizó dicho método para valorar la reversibilidad de la hipertensión arterial pulmonar severa en un grupo de niños después de la administración de oxígeno al 100% por 10 minutos a través de casco cefálico; la concordancia obtenida entre las cifras determinadas por este método fue buena cuando se comparó con las cifras obtenidas durante el cateterismo (sensibilidad = 92%, especificidad = 80%). Al comparar la disminución de las cifras tensionales pulmonares obtenidas por ecocardiografía y cateterismo también se observó una adecuada correlación. Sin embargo, para inferir que los resultados pueden ser consistentes, el número de sujetos deberá de incrementarse.

De ser factible el uso de la ecocardiografía para este propósito, se contaría con una alternativa más accesible y económica y menos riesgosa que el cateterismo. Esto permitiría el diagnóstico más precoz y un seguimiento más eficiente de los pacientes con cardiopatía con hipertensión pulmonar por hiperflujo y probablemente reduciría la incidencia de casos con vasculopatía pulmonar irreversible, que se consideran como inoperables.

Hoy en día, la ecocardiografía no puede ser considerada una alternativa al cateterismo para la determinación de reversibilidad de presiones y resistencias vasculares pulmonares, ya que el cateterismo es considerado el estándar de oro y no se han validado debidamente técnicas ecocardiográficas para esta finalidad (5,12).

En tanto esta u otras técnicas ecocardiográficas no logren ser validadas, su papel queda limitado al de una prueba complementaria, mas no sustitutiva del cateterismo. Aún así, la realización previa de la prueba diagnóstica ecocardiográfica, por su relativa sencillez de la técnica, lo accesible del para su realización, su menor costo y la posibilidad de efectuar determinaciones seriadas sin riesgo, permiten que se obtenga información preliminar de gran utilidad para el diagnóstico.

En el futuro, la validación de alguna técnica ecocardiográfica para determinar la respuesta de la vasculatura pulmonar permitiría obviar la necesidad actual de realización de cateterismo con esa finalidad.

Tabla 1.

Diagnósticos de los pacientes estudiados

DIAGNOSTICO	No.	%
CIV aislada	8	44.4
CIV + PCA	3	16.7
PCA aislada	2	11.1
PCA + CIA	2	11.1
PCA + est. subvalv. e insuf.valv. Ao.	1	5.5
CIV + CIA	1	5.5
Canal AV común	1	5.5
TOTAL	18	100

Figura 1.

Comparación de valores de presión pulmonar por cateterismo y ecocardiografía.

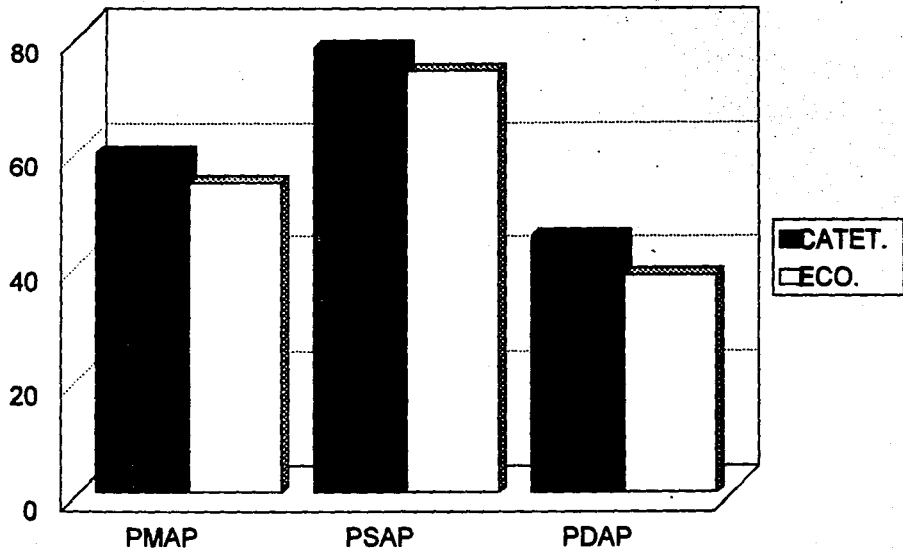


Figura 2.

Modificación de la relación PPE/TA posterior a la administración de oxígeno

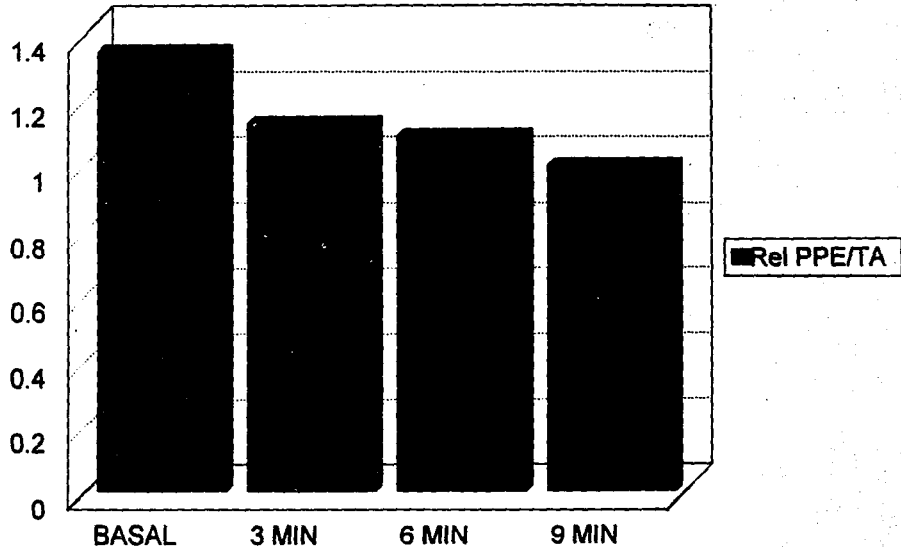


Figura 3.

Análisis Bayesiano de la reversibilidad de la presión pulmonar entre ecocardiografía y cateterismo.

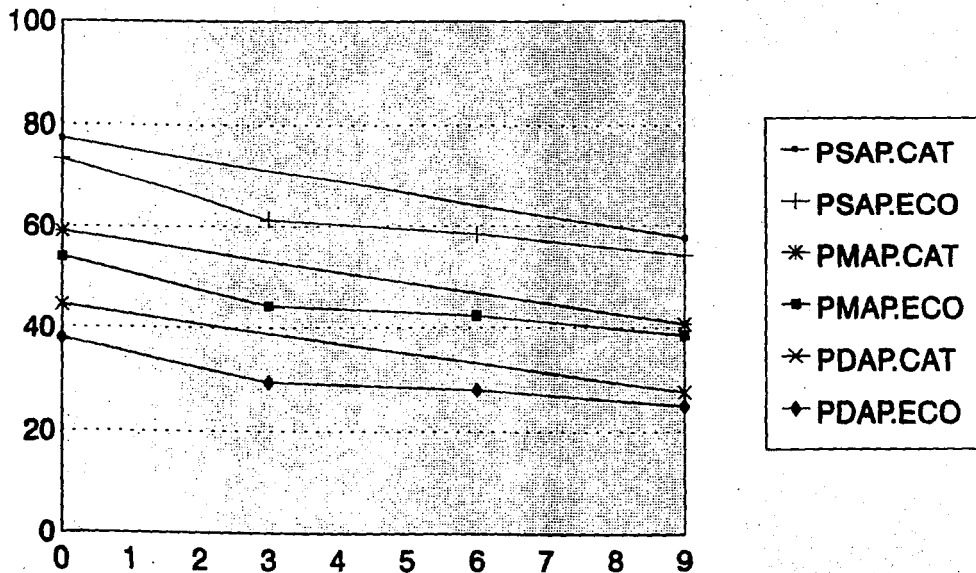
		+ Catet. -	
Eco.	+	12	1
	-	1	4

Sensib. 92%
Especif 80%
VP+ 92%
VP- 80%

Figura 4.

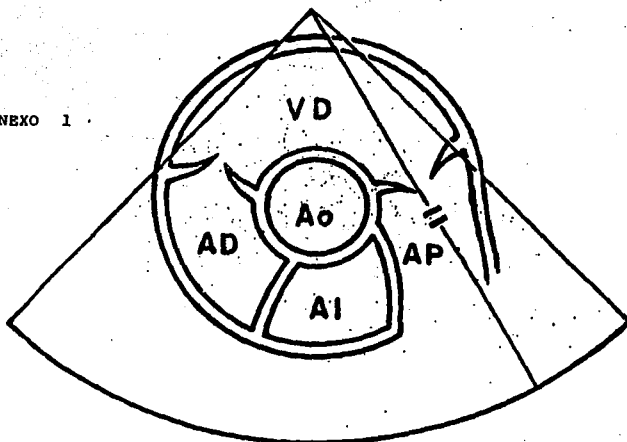
Reversibilidad de la PAP* por Ecocardiografía y Cateterismo.

28

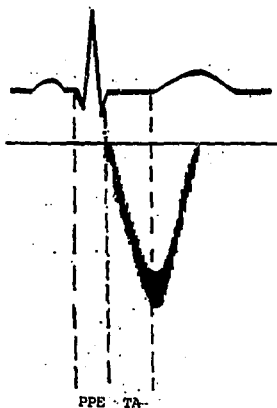


*PAP: presión arterial pulmonar.

ANEXO 1



Esquema de la proyección paraesternal del eje corto, a nivel de las grandes arterias en el que se aprecia el sitio de ubicación del volumen muestra para la obtención del espectro de flujo transpulmonar por ecocardiografía Doppler.



Esquema de la imagen ecocardiográfica Doppler del espectro de flujo transpulmonar y del trazo electrocardiográfico en el que se definen los intervalos sistólicos: período pre-expulsivo (PPE) y tiempo de aceleración (TA).

REFERENCIAS:

- 1.- Fishman AP. PULMONARY HYPERTENSION. En: Schlant RC, Alexander RW, y col. Hurst's The Heart, Arteries and Veins. 8ª edición, 1994. Ed. Mc. Graw Hill. pp. 1857-74.
- 2.- Stambouly JJ. PULMONARY HIPERTENSION IN CHILDREN. *Compr Ther* 1992, 18: 21-6.
- 3.- Rabinovitch M. MATRIZ EXTRACELULAR EN EL DESARROLLO VASCULAR Y EN LA ENFERMEDAD ARTERIAL OBSTRUCTIVA. En: Sánchez-Torres G, Rodríguez-Hernández L. Atresia Pulmonar con Comunicación Interventricular e Hipertensión Arterial Pulmonar. Avance en Dos Temas de Interés. 1ª ed. 1991. Editado por la Sociedad Mexicana de Cardiología.
- 4.- Martínez-Lavín M. LA PATOGENIA DE LA HIPERTENSION PULMONAR DESDE UNA PERSPECTIVA HEMORREOLOGICA. En: Sánchez-Torres G, Rodríguez-Hernández L. Atresia Pulmonar con Comunicación Interventricular e Hipertensión Arterial Pulmonar. Avance en Dos Temas de Interés. 1ª ed. 1991. Editado por la Sociedad Mexicana de Cardiología.
- 5.- Vargas-Barrón J, Lacy-Niebla N. EVALUACION DE LA HIPERTENSION ARTERIAL PULMONAR POR FONOECOCARDIOGRAFIA Y DOPPLER. *Arch Inst Cardiol Mex* 1984, 54: 615-9.
- 6.- Hoffman JIE, Haymann MA. Chap.3: PULMONARY ARTERIAL HYPERTENSION SECONDARY TO CONGENITAL HEART DISEASE. En: Weir EK, Reeves JT. PULMONARY HYPERTENSION. 1st edition, 1984. Futura Publishing Co. Inc. pp. 73-114.
- 7.- Weir EK. Chap 4: DIANOSIS AND MANAGEMENT OF PRIMARY PULMONARY HYPERTENSION. En: Weir EK, Reeves JT. PULMONARY HYPERTENSION. 1st edition, 1984. Futura Publishing Co. Inc. pp. 115-168.
- 8.- Wood P. THE VASOCONSTRICTIVE FACTOR IN PULMONARY HYPERTENSION. *Br Heart J* 1958, 20: 557.
- 9.- Fishman AP. HYPOXIA ON THE PULMONARY CIRCULATION. HOW AND WHERE IT ACTS. *Circ Res* 1976, 38: 221-31.

- 10.- Bergofsky EH. MECHANISMS UNDERLYING VASOMOTOR REGULATION OF REGIONAL PULMONARY BLOOD FLOW IN NORMAL AND DISEASE STATES. *Am J Med* 1974; 57: 378-94.
- 11.- Heymann MA, Hoffman JIE. PERSISTENT PULMONARY HYPERTENSION SYNDROMES IN THE NEWBORN. En: Weir EK, Reeves JT. PULMONARY HYPERTENSION. 1st edition, 1984. Futura Publishing Co. Inc. pp. 45-71.
- 12.- Friedman WF. CONGENITAL HEART DISEASE IN INFANCY AND CHILDHOOD. En Braunwald E. Heart Disease. A Textbook of Cardiovascular Medicine. 4ª ed. Ed. Saunders. pp. 887-965.
- 13.- Mojarro-Ríos JA, Alva-Espinosa C, Gómez J, Jiménez D, Jiménez S y col. MEDICION DE LA PRESION PULMONAR POR ECO DOPPLER EN PACIENTES PEDIATRICOS. En: Sánchez-Torres G, Rodríguez-Hernández L. Atresia Pulmonar con Comunicación Interventricular e Hipertensión Arterial Pulmonar. Avance en Dos Temas de Interés. 1ª ed. 1991. Editado por la Sociedad Mexicana de Cardiología.
- 14.- Graettinger WF, Greene ER, Voyles WF. DOPPLER PREDICTORS OF PULMONARY ARTERY PRESSURE, FLOW AND RESISTANCE IN ADULTS. *Am Heart J* 1987; 113: 1426-36.
- 15.- Weyman AE, Dillon JC, Feigenbaum H, Chang S. ECHOCARDIOGRAPHIC PATTERNS OF PULMONIC VALVE MOTION WITH PULMONARY HYPERTENSION. *Circulation* 1974; 50: 905-10.
- 16.- Nanda NC, Gramiak R, Robinson TI, Shah PM. ECHOCARDIOGRAPHIC EVALUATION OF PULMONARY HYPERTENSION. *Circulation* 1974; 50: 575-81.
- 17.- Hatle L, Angelsen BAJ, Tromsdal A. NON-INVASIVE ESTIMATION OF PULMONARY ARTERY SYSTOLIC PRESSURE WITH DOPPLER ULTRASOUND. *Br Heart J* 1981; 45: 157-65.
- 18.- Chan KL, Currie PJ, Seward JB, Hagler DJ, Mair DD y col. COMPARISON OF THREE DOPPLER ULTRASOUND METHODS IN THE PREDICTION OF PULMONARY ARTERY PRESSURE. *J Am Coll Cardiol* 1987; 9: 549-54.
- 19.- Yock PG, Popp RL. NONINVASIVE ESTIMATION OF RIGHT VENTRICULAR SYSTOLIC PRESSURE BY DOPPLER ULTRASOUND IN PATIENTS WITH TRICUSPID REGURGITATION. *Circulation* 1984; 70: 657-62.

- 20.- Currie PJ, Seward JB. CONTINUOUS WAVE DOPPLER DETERMINATION OF RIGHT VENTRICULAR PRESSURE. A SIMULTANEOUS DOPPLER-CATHETERIZATION STUDY IN 127 PATIENTS. *J Am Coll Cardiol* 1985; 6: 750-63.
- 21.- Mayusama T, Kodama K, Kitabatake A, Sato H, Nanto S y col. CONTINUOUS WAVE DOPPLER ECHOCARDIOGRAPHIC DETECTION OF PULMONARY REGURGITATION AND ITS APPLICATION TO NONINVASIVE ESTIMATION OF PULMONARY ARTERY PRESSURE. *Circulation* 1986; 74: 484-92.
- 22.- Mojarro-Ríos JA. MEDICIONES EN ECOCARDIOGRAFIA PEDIATRICA. En: Alva-Espinosa C, Mojarro-Ríos JA. *Cardiopatías Congénitas. Guía Clínica y Diagnóstico por Ecocardiografía Doppler Color. Técnica e Interpretación.* 1ª ed. 1994. Ed Cuajimalpa.
- 23.- Marx GR, Allen HD, Goldberg SJ. DOPPLER ECHOCARDIOGRAPHIC ESTIMATION OF SYSTOLIC PULMONARY ARTERY PRESSURE IN PATIENTS WITH AORTIC-PULMONARY SHUNTS. *J Am Coll Cardiol* 1986; 7: 880-5.
- 24.- Kosturakis D, Goldberg SJ, Allen HD, Loeber C. DOPPLER ECHOCARDIOGRAPHIC PREDICTION OF PULMONARY ARTERIAL HYPERTENSION IN CONGENITAL HEART DISEASE. *Am J Cardiol* 1984; 53: 1110-5.
- 25.- Jiang L, Stewart WJ, King ME, Weyman AE. AN IMPROVED METHOD FOR ESTIMATION OF PULMONARY ARTERY PRESSURE USING DOPPLER VELOCITY TIME INTERVALS. *J Am Coll Cardiol* 1984; 3: 613.
- 26.- Friedman DM, Bierman FZ, Barst R. GATED PULSED DOPPLER EVALUATION OF IDIOPATHIC PULMONARY HYPERTENSION IN CHILDREN. *Am J Cardiol* 1986; 58: 352-6.
- 27.- Cooper MJ, Tyndall M, Silverman NH. EVALUATION OF THE RESPONSIVENESS OF ELEVATED PULMONARY VASCULAR RESISTANCE IN CHILDREN BY DOPPLER ECHOCARDIOGRAPHY. *J Am Coll Cardiol* 1988; 12: 470-5.
- 28.- Cooper MJ, Tyndall M, Silverman NH. UTILITY OF DOPPLER ECHOCARDIOGRAPHY IN EVALUATING RESPONSIVENESS OF ELEVATED PULMONARY VASCULAR RESISTANCE IN CHILDREN. *Circulation* 1986; 74 (Suppl): II-336.

- 29.- Okamoto M, Miyatake K, Kinoshita N, Sakakibura H, Nimura Y. ANALYSIS OF BLOOD FLOW IN PULMONARY HYPERTENSION WITH THE PULSED DOPPLER FLOWMETER COMBINED WITH CROSS SECTIONAL ECHOCARDIOGRAPHY. *Br Heart J* 1984; 51: 407-15.
- 30.- Wan-zhen L, Jun-bao D, Yu-wen M, Yuan L, Xiao-mei L. PULMONARY ARTERY PRESSURE EVALUATED BY PULSED DOPPLER ECHOCARDIOGRAPHY IN CHILDREN WITH LEFT-TO-RIGHT INTRACARDIAC SHUNT. *Pediatr Cardiol* 1991; 12: 17-9.
- 31.- Isobe M, Yasaki Y, Takaku F, Koizumi K, Hara K y col. PREDICTION OF PULMONARY ARTERIAL PRESSURE IN ADULTS BY PULSED DOPPLER ECHOCARDIOGRAPHY. *Am J Cardiol* 1986; 57: 316-21.
- 32.- Matsuda M, Sekiguchi T, Sugishita Y, Kuwako K, Iida K y col. RELIABILITY OF NONINVASIVE ESTIMATES OF PULMONARY HYPERTENSION BY PULSED DOPPLER ECHOCARDIOGRAPHY. *Br Heart J* 1986; 56: 158-64.
- 33.- Martin-Duran R, Larman M, Trugeda A, Vazquez de la Prada JA, Ruano J y col. COMPARISON OF DOPPLER-DETERMINATED ELEVATED PULMONARY ARTERIAL PRESSURE WITH PRESSURE MEASURED AT CARDIAC CATHETERIZATION. *Am J Cardiol* 1986; 57: 859-63.
- 34.- Kitabatake A, Inoue M, Asao M, Masuyama T, Tanauchi J y col. NONINVASIVE EVALUATION OF PULMONARY HYPERTENSION BY A PULSED DOPPLER TECHNIQUE. *Circulation* 1983; 68: 302-9.
- 35.- Dabestani A, Mahan G, Garding JM, Takenaka K, Burn C y col. EVALUATION OF PULMONARY ARTERY PRESSURE AND RESISTANCE BY PULSED DOPPLER ECHOCARDIOGRAPHY. *Am J Cardiol* 1987; 59: 662-8.
- 36.- Serwer GA, Cogle AG, Eckerd JM, Armstrong BE. FACTORS AFFECTING USE OF THE DOPPLER-DETERMINATED TIME FROM FLOW ONSET TO MAXIMAL PULMONARY ARTERY VELOCITY FOR MEASUREMENT OF PULMONARY ARTERY PRESSURE IN CHILDREN. *Am J Cardiol* 1986; 58:352-6.
- 37.- Marangoni S, Quadri A, Dotti A, Scalvini S, Volterrani M y col. NONINVASIVE ASSESSMENT OF PULMONARY HYPERTENSION. A SIMULTANEOUS ECHO-DOPPLER HEMODYNAMIC STUDY. *Cardiology* 1988; 75: 401-8.

38.- Feigenbaum H. HEMODYNAMIC INFORMATION DERIVED FROM ECHOCARDIOGRAPHY. En: Feigenbaum H. Echocardiography. 5ª ed. 1994, Ed Lea & Febiger.