

EVALUACIÓN DEL FLUJO SISTÓLICO EN EL TRACTO DE ENTRADA DEL VENTRÍCULO DERECHO

EVALUATION OF VENTRICULAR SYSTOLIC FLOW IN RIGHT ENTRY TRACT

Alberto Barón-Castañeda, MD*

RESUMEN

Objetivos: Estudiar el comportamiento del flujo sanguíneo en el tracto de entrada del ventrículo derecho durante la sístole, describir sus características y cuantificar la velocidad y los intervalos de tiempo. **Material y métodos:** se estudiaron 100 individuos con *Doppler* del seno del ventrículo derecho. Se midió la velocidad sistólica (S) y los intervalos de tiempo: Período pre-contracción (Q-0), tiempo hasta la velocidad máxima (Q-M) y se calculó el tiempo de aceleración y la aceleración. **Resultados:** Se registró el flujo sistólico en todos los pacientes. La velocidad sistólica fue en promedio 42.61 cm/seg (DE = 12.41), el tiempo Q-0 fue 77.6 (27.97) y Q-M 143.59 (40.86) msec. No se encontró correlación significativa entre las velocidades o intervalos de tiempo y la edad de los pacientes o la frecuencia cardiaca. Se calculó un tiempo de aceleración de 65.56 (28.7) msec y la aceleración en promedio fue 779.82 (497) cm/seg². La variabilidad intraobservador e interobservador fue baja. **Conclusiones:** Se demuestra que durante la sístole hay movimiento de sangre

en el seno del ventrículo derecho. Es posible que la velocidad sistólica y los intervalos de tiempo se relacionen con la calidad de la contracción de la pared libre del ventrículo derecho y se puedan usar como un método sencillo para evaluar la función ventricular.

Palabras Clave: seno ventricular, flujo sistólico en el seno, velocidad sistólica, intervalos de tiempo sistólico.

ABSTRACT

Objectives: To study the right ventricle tract systolic inflow, describe characteristics and measure speed and time intervals. **Materials and methods:** Right-ventricle sinus of one-hundred patients were studied with Doppler imaging. Systolic speed (S) was measured and time intervals as well: Pre-contraction period (Q-0), time until maximum speed was reached (Q-M). Acceleration time and acceleration were figured out. **Results:** Systolic flow was registered in all patients. Average systolic speed was 42.61 cm/sec (DE =12.41), Q-0 time was 77.6 (27.97), Q-M 143.59 (40.86) msec. and

* Cardiólogo, Clínica de Marly S.A.

Q-M 143.59 (40.86) msec. There was no significant correlation between speed or time intervals and patients age and heart rate. An acceleration time of 65.56 (28.7) msec. was calculated and average acceleration was 779.82 (497) cm/sec². Intra and inter-observer variability was low. **Conclusions:** A systolic blood movement in right ventricular sinus was shown. It is possible that systolic speed and time intervals are related with right ventricular free wall contraction quality and therefore could be used as a simple method to evaluate ventricular function.

Key words: ventricular sinus, sinus systolic flow, systolic speed, systolic time intervals.

INTRODUCCIÓN

La función del ventrículo derecho ha sido menos estudiada en comparación con la fisiología de las cavidades izquierdas, quizá por tratarse de una bomba que trabaja contra resistencia baja; pero no se puede menospreciar su función, si se tiene en cuenta que a pesar de tener una pared delgada, de aproximadamente 1/6 del espesor del ventrículo izquierdo y con una geometría compleja, tiene que impulsar el mismo volumen de sangre cada minuto. Es posible que podamos evaluar mejor su función y reconocer en forma temprana cuando falla si conocemos la dinámica del flujo sanguíneo en el ventrículo derecho durante las distintas fases del ciclo cardíaco.

Consideraciones anatómicas y funcionales

El ventrículo derecho está constituido por dos unidades diferentes en su forma y origen embriológico: el tracto de entrada o *seno* y el *infundíbulo* o tracto de salida. (1,2). Por su localización anterior

gran parte de la pared libre detrás del esternón (3), se dificulta con frecuencia la evaluación ecográfica. La forma de la cavidad no se asimila a figura geométrica alguna que admita la aplicación de fórmulas matemáticas para realizar cálculos volumétricos (4,5). El seno tiene paredes delgadas, trabeculadas y por lo general es más grande comparado con el del ventrículo izquierdo. (6)

Durante el ciclo cardíaco el ventrículo derecho tiene que pasar por una secuencia de: 1) estrechamiento con disminución del diámetro transversal, 2) acortamiento con disminución de la longitud del ventrículo, 3) alargamiento con incremento del eje longitudinal y 4) dilatación con aumento del diámetro transversal que permite alojar mayor volumen de sangre (7, 8). El volumen latido del ventrículo derecho depende de la contracción de la pared libre del tracto de entrada, del septum interventricular y del tracto de salida, todas estructural y funcionalmente diferentes (9,10). El 75% del volumen expulsado depende del acortamiento longitudinal del ventrículo, que es mayor al 60% en individuos sanos, valor que sugiere la presencia de fibras longitudinales además de las circunferenciales (11).

Ginés y Grignola (12) demostraron que la contracción del ventrículo derecho se produce en una forma secuencial, de tipo peristáltico que se inicia en la porción de entrada, se dirige hacia la punta de la cámara y la sístole concluye con la contracción del tracto de salida. El engrosamiento de las trabéculas exprime la sangre que contienen y de esta forma colabora con la eyección. Este tipo de contracción genera curvas de presión-volumen de tipo triangular, con elastancia máxima temprana y fase de eyección prolongada (13) Se plantea la hipótesis que el tipo de contracción asincrónica, secuencial es característica de las bajas resistencias pero existe una capacidad de adaptación en respuesta al aumento de la poscarga.

DOPPLER COLOR

El Doppler codificado en color es útil para estudiar las características del flujo en las cavidades del corazón, en función del tiempo (14). El estudio del movimiento de sangre en el tracto de entrada derecho se logra en la mayoría de los pacientes en forma adecuada empleando el Doppler codificado en color desde las proyecciones apical de cuatro cámaras, paraesternal eje corto o eje largo orientado hacia el tracto de entrada del ventrículo derecho. Dado que el flujo de sangre durante la diástole se dirige desde la válvula tricúspide hacia la punta del corazón, se acerca al transductor y se registra en color rojo. (Figura No. 1) También es posible demostrar el movimiento en modo M guiado por el flujo bidimensional. Tradicionalmente se han identificado dos ondas, una diastólica temprana (E) y la segunda durante la contracción auricular (A) (Figura No. 2). La velocidad de la sangre a este nivel se puede registrar también en la forma espectral del Doppler de onda pulsada, identificando el flujo que se acerca al transductor es positivo y está por encima de la línea de cero (Figura No. 3).

De acuerdo con lo anteriormente expuesto se plantea la hipótesis que el Doppler de onda pulsada o codificado en color puede poner en evidencia si durante la sístole hay desplazamiento de sangre en el tracto de entrada del ventrículo derecho, como una manifestación de la contracción de su pared.

Si estudiamos la dinámica del flujo sanguíneo en el ventrículo derecho durante las distintas fases del ciclo cardíaco es posible que podamos evaluar mejor su función y reconocer en forma temprana cuando falla.

Objetivos:

Objetivo primario:

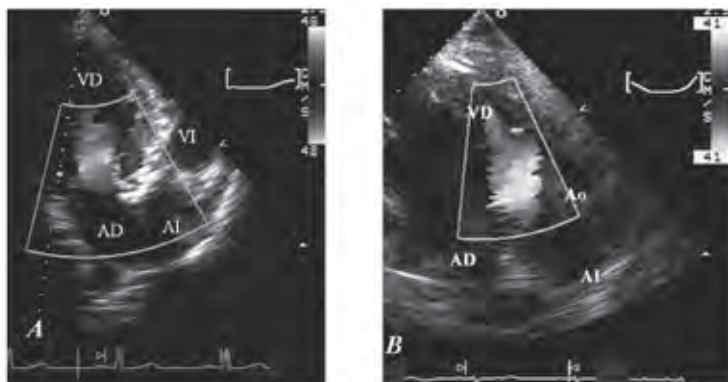
Estudiar el comportamiento durante la sístole del flujo sanguíneo en el tracto de entrada del ventrículo derecho.

Objetivos específicos:

- Describir las características del flujo con el Doppler color en el tracto de entrada del ventrículo derecho usando Doppler de onda pulsada.

Figura 1

Doppler codificado en color, flujo diastólico en el tracto de entrada de los ventrículos



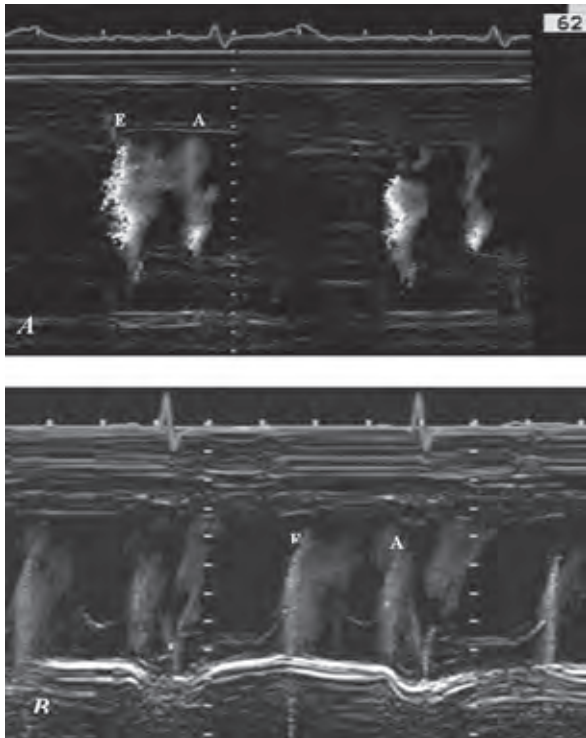
Proyección apical 4 cámaras, Doppler Color en la entrada al ventrículo derecho.

A. Diástole temprana

B. Diástole tardía

AD = aurícula derecha. VD = ventrículo derecho. AI = Aurícula izquierda. Ao = Aorta

Figura 2
Doppler codificado en color, modalidad M.



Doppler M color en el tracto de entrada del ventrículo izquierdo
Doppler M color en el tracto de entrada del ventrículo derecho
E = diástole temprana. A Diástole tardía, contracción auricular

- Evaluar el patrón de flujo en el tracto de entrada del ventrículo derecho mediante Doppler modo M codificado en color.
- Cuantificar las características de flujo sistólico en el tracto de entrada del ventrículo derecho con velocidad y los intervalos de tiempo.
- Observar si las características del flujo cambian con la edad y la frecuencia cardiaca.

MATERIAL Y MÉTODOS

Criterios de Inclusión:

- Individuos sanos o enfermos que consultan al servicio de cardiología para la realización de ecocardiograma.

- Personas con ventana ecográfica adecuada para realizar ecocardiograma Doppler en las modalidades de onda pulsada, codificado en color y modo M color.
- Aceptación voluntaria por parte del paciente.

Criterios de Exclusión:

- Personas con ventana ecocardiográfica inadecuada.
- Registro de mala calidad del Doppler en el tracto de entrada del ventrículo derecho.

Técnica:

Todos los estudios se realizaron en el Servicio de Cardiología de la Clínica de Marly S.A. utilizando ecocardiógrafo Philips Sonos 5.500 versión D.1 con transductor multi-frecuencia de fusión S3. Se dejó registro de cada imagen en VHS de alta resolución y en disco compacto (CD).

A cada paciente se le realizó ecocardiograma el paciente en posición decúbito lateral izquierdo, con inclinación aproximada de 45 grados, siguiendo las proyecciones habituales (15). Para el registro Doppler del tracto de entrada se usaron las siguientes proyecciones:

Paraesternal tracto de entrada derecho:

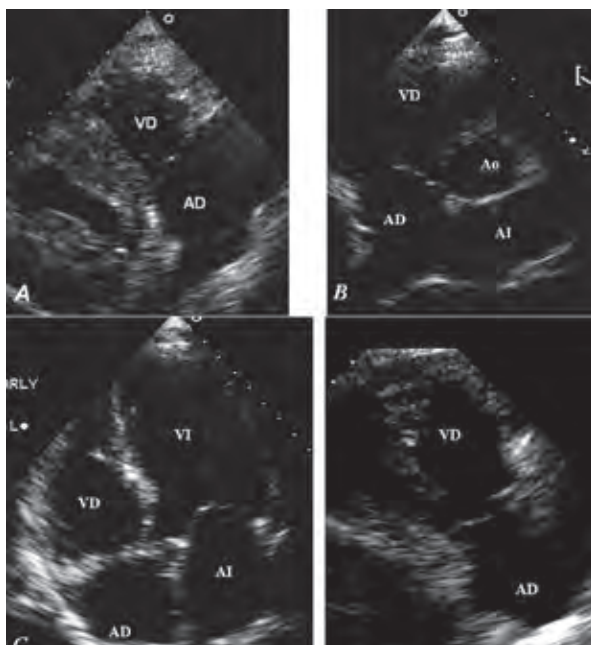
A partir de la proyección paraesternal eje largo se cambió la inclinación del transductor en sentido medial y anterior para dirigir el ultrasonido hacia el tracto de entrada del ventrículo derecho, la válvula tricúspide y la aurícula derecha (Figura No. 4- A).

Paraesternal eje corto:

En la proyección paraesternal eje corto se dirigió el haz ultrasónico para exponer en forma clara la válvula tricúspide y el tracto de entrada del ventrículo derecho (Figura No. 4-B).

Figura 3

Proyecciones ecográficas para estudiar el tracto de entrada del ventrículo derecho.



- A. Proyección tracto de entrada del ventrículo derecho, eje largo.
 B. Proyección paraesternal eje corto
 C. Proyección apical de cuatro cámaras
 D. Proyección apical, tracto de entrada

AD = aurícula derecha. VD = ventrículo derecho. AI = Aurícula izquierda. Ao = Aorta

Apical cuatro cámaras:

Con el transductor en el ápex se dirigió el haz ultrasónico para obtener imagen apical de cuatro cámaras de acuerdo con las recomendaciones de la Sociedad Americana de Ecocardiografía (ASE) (16). La orientación del haz ultrasónico se modificó para exponer el ventrículo derecho en su mayor amplitud (Figura No. 4-C).

Apical eje largo:

A partir de la proyección apical de dos cámaras se dirigió el rayo hacia la derecha para obtener

las dos cámaras derechas, en su eje largo (Figura No. 4-D).

Registro Doppler en el tracto de entrada del ventrículo derecho:

Cuando se obtuvo una buena imagen del tracto de entrada se activó el Doppler codificado en color para obtener registro de las velocidades en el tracto de entrada; se ajustó el límite de Nyquist para obtener la mejor señal de flujo. Orientado por el Doppler color se ubicó el cursor para registrar el Doppler color modo M; se ajustó el límite de Nyquist para obtener la mejor señal de flujo. (Figura No. 5). A partir del Doppler codificado en color se identificó la zona de mayor velocidad para localizar la muestra para el Doppler de onda pulsada. Se ajustaron los controles de ganancia y límite de velocidad para obtener el registro espectral del flujo en el tracto de entrada. (Figura No. 5).

Análisis de Doppler color modo M:

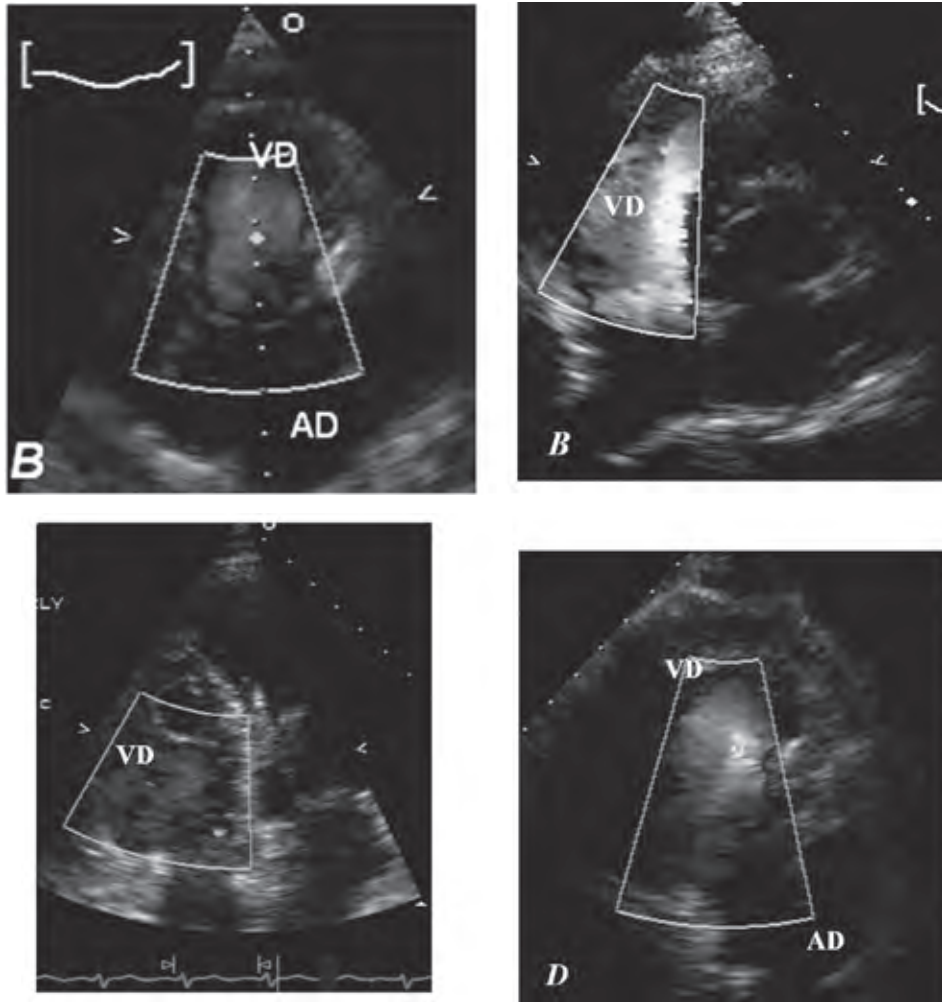
En cada una de las proyecciones se obtuvo Doppler color modo M. (Figura No. 6). En todos los pacientes se identificó flujo sistólico después el pico de la onda R, que señala el fin de la diástole, y antes del final de la onda T del electrocardiograma, que indica el fin de la sístole, de color rojo durante este intervalo de tiempo se interpretó como flujo sistólico anterógrado.

- Doppler de onda pulsada:

Se analizó el registro espectral del Doppler de onda pulsada teniendo en cuenta que las velocidades positivas indican que hay flujo que se acerca hacia el transductor y los flujos que se alejan se registran como negativos, por debajo de la línea de 0. El flujo sistólico se analizó. Se interpretó la señal espectral positiva desde el pico de la onda R hasta el final de la onda T del electrocardiograma como flujo sistólico anterógrado. (Figura No. 3).

Figura 4

Doppler codificado en color obtenido desde las diferentes proyecciones ecográficas



- A. Registro diastólico de Doppler color en la Proyección paraesternal tracto de entrada del ventrículo derecho, eje largo.
 - B. Registro diastólico de Doppler color en la Proyección paraesternal eje corto.
 - C. Registro diastólico de Doppler color en la Proyección apical cuatro cámaras
 - D. Doppler color modo M obtenido desde la proyección apical cuatro cámaras
- AD = aurícula derecha. VD = ventrículo derecho.

Medidas:

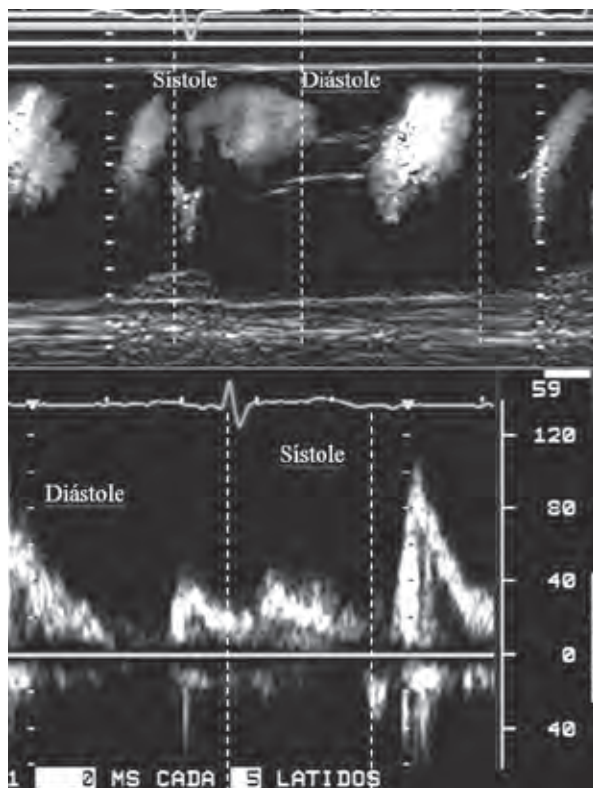
- Medidas del Doppler pulsado del tracto de entrada derecho:

En los registros de flujo sistólico se midió:

1. La velocidad máxima durante la sístole (S), expresada en cm/seg.
2. Período pre-contracción: desde el inicio del complejo QRS hasta el inicio del flujo sistólico (Q-0) (mseg.)
3. Período hasta la velocidad máxima: El tiempo entre el inicio del QRS y la velocidad máxima en la sístole (Q-M) (mseg).

Figura 5

Doppler del tracto de entrada del ventrículo derecho.

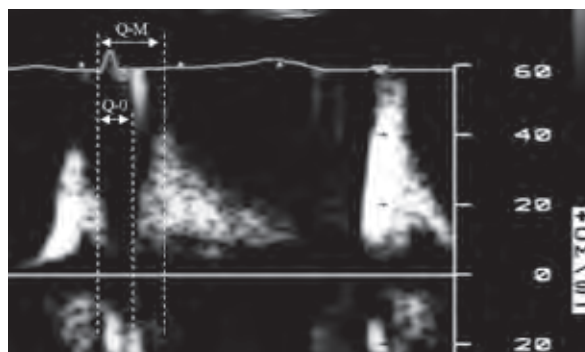


A. Doppler Codificado en color, Modo M en el tracto de entrada derecho.
 B. Doppler de onda Pulsada en el tracto de entrada derecho

- Cálculos a partir de las medidas del tracto de entrada derecho:
4. Tiempo de aceleración: El intervalo entre el inicio del flujo sistólico y velocidad máxima en la sístole (Q-M) (mseg)
 5. Aceleración: Velocidad S dividida por el tiempo de aceleración, expresada en cm/s².
 6. Corrección de tiempos para la frecuencia cardiaca: Los intervalos de tiempo Q-0, Q-M y tiempo de aceleración se dividieron por la raíz cuadrada del intervalo RR.

Figura 6

Doppler del tracto de entrada del ventrículo derecho. Intervalos Sistólicos.



Doppler de onda pulsada en el tracto de entrada del ventrículo derecho
 S = Velocidad Sistólica. Q-0 = tiempo hasta el inicio del flujo. Q-M = tiempo hasta la velocidad máxima

Análisis Estadístico

- A cada variable se le calculó el promedio y la desviación estándar (DE).
- La diferencia entre dos series se evaluó con el test t.
- Se buscó el coeficiente de correlación entre la edad, la frecuencia cardiaca y las medidas del Doppler del tracto de entrada del ventrículo derecho.
- Se evaluó la variabilidad intra-observador haciendo medidas del registro de treinta pacientes en dos ocasiones diferentes, usando las imágenes grabadas en el disco óptico. El mismo ecocardiografista realizó las medidas. A estas se evaluó el coeficiente de variabilidad.
- Se evaluó la variabilidad inter-observador haciendo medidas del registro de treinta pacientes en dos ocasiones diferentes, usando las imágenes grabadas en el disco óptico. Un segundo ecocardiografista realizó las medidas sin conocer los resultados. A estas se evaluó el coeficiente de variabilidad.

RESULTADOS

Se estudiaron 100 pacientes, 53 hombres y 47 mujeres de 3 a 95 años de edad, con promedio de 57.5 años (DE = 22.01) (Tabla No. 1). En todos los pacientes se registró una señal positiva del Doppler durante la sístole en el tracto de entrada del ventrículo derecho, obtenidas desde las proyecciones paraesternales o apicales.

Tabla No 1. Datos Demográficos

Género	n	Edad Promedio	DE	Mínimo	Máximo
Masculino	53	56,02	21.78	5	95
Femenino	47	59.17	22.52	3	93
Total	100	57.49	22.01	3	95

Con el Doppler codificado en color se demostró que hay flujo en dirección base-ápex (color rojo) más evidente durante la primera mitad de la sístole (Figura No. 5). Con el registro del Doppler color en la modalidad M se demostró que hay flujo sistólico que se manifiesta como color rojo entre el pico de la onda R del electrocardiograma y el final de la onda T, como un flujo independiente de las ondas E y A del llenado ventricular. (Figura No. 6) Se demostró flujo sistólico inclusive en pacientes con fibrilación auricular y con insuficiencia tricuspídea severa relacionada con hipertensión pulmonar (Figura No. 7).

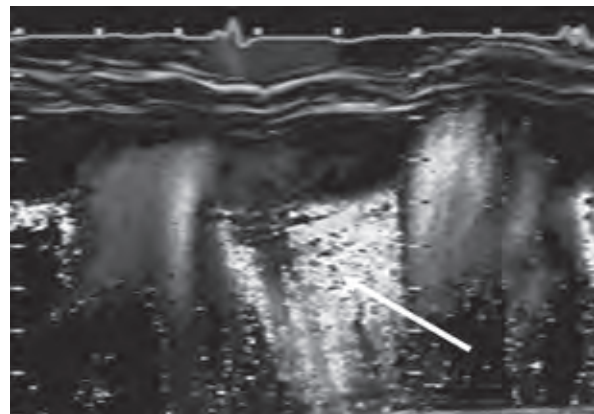
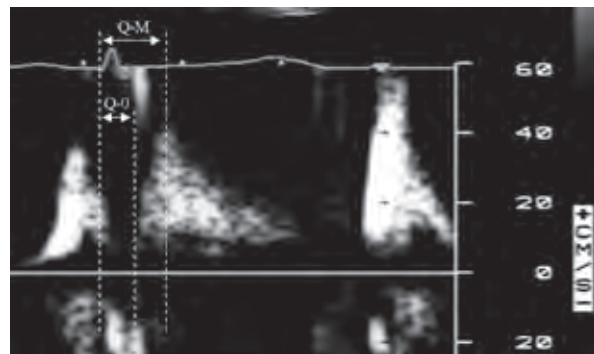
La modalidad del Doppler M-Color permite identificar en forma simultánea el flujo anterógrado en el ventrículo derecho y retrógrado hacia la aurícula derecha debido a la insuficiencia tricuspídea.

Lo mejores registros del Doppler se lograron con los siguientes ajustes técnicos:

- Límite de Nyquist bajo, alrededor de 40 a 60 cm/seg para el Doppler pulsado, Color o M-color.
- Filtro de 400 a 500 Hz.
- Velocidad de barrido 100 a 150 cm/seg.

Figura 7

Doppler codificado en color de las cavidades derechas del corazón



- Proyección paraesternal eje corto, Doppler durante el tercio inicial de la sístole. El electrocardiograma muestra ritmo de fibrilación auricular.
- Doppler color M de un paciente con insuficiencia tricuspídea severa.

Se observa en forma simultánea color rojo delante de la válvula tricúspide y el flujo turbulento de la insuficiencia tricuspídea en la aurícula derecha.

S = Flujo sistólico en el tracto de entrada del ventrículo derecho. IT = Insuficiencia tricuspídea

Se midió la velocidad sistólica máxima (S), el intervalo pre-contracción entre el inicio del complejo QRS y el inicio del flujo sistólico (Q-0) y el tiempo hasta la velocidad máxima (Q-M), logrando un total de 271 registros.

Tabla 2

Velocidad Sistólica e Intervalos de tiempo en el tracto de entrada del ventrículo derecho

	S	Q-0	Q-SM
Promedio	42,61	77,60	143,59
DE	12,41	27,97	40,86

El valor promedio de la velocidad sistólica fue 42.61 cm/seg (DE = 12.41), el tiempo hasta el inicio del flujo (Q-0) fue 77.6 mseg (DE = 27.97) y hasta la velocidad máxima (Q-M) 143.59 mseg (DE = 40.86) (Tabla No. 2).

En la tabla No. 3 se presentan las velocidades y tiempos obtenidos en cada una de las proyecciones. No hubo diferencia significativa en las diferentes proyecciones ecográficas.

Tabla 3

Velocidad y tiempo sistólico e intervalos de tiempo en el tracto de entrada, obtenidos desde diferentes proyecciones ecográficas.

	Eje Largo	Eje Corto	Cuatro cámaras	Tracto de entrada
N	22	91	77	81
Velocidad S				
Promedio	41,14	43,40	41,62	43,30
DE	8,71	14,91	11,03	11,50
Q-0				
Promedio	74,82	79,87	71,34	81,75
DE	23,98	30,14	24,72	28,70
Q-SM				
Promedio	140,00	151,16	129,95	149,04
DE	45,57	41,69	35,56	40,67
p NS				

Con el fin de determinar la relación entre la edad y la velocidad y tiempo sistólico en el tracto de entrada del ventrículo derecho se analizaron los datos discriminados por grupos de edad. En la figura 7 se observa la velocidad S distribuida de acuerdo con

los diferentes grupos de edad donde se demuestra una tendencia hacia una mayor velocidad en los dos extremos de edad, pero no sin encontrar valores estadísticamente significativos entre los diferentes grupos, desde niños hasta mayores de 80 años. En la figura No 8 se demuestra que no hay correlación entre la velocidad S y la edad, con un coeficiente de correlación $r = 0.716$, p NS.

En la figura No. 9 aparecen los intervalos de tiempo Q-0 demostrando una que es menor en los pacientes de más de 80 años en comparación con los demás grupos, con un valor de $p < 0.01$ pero en la gráfica de dispersión de puntos se observa que no hay correlación con coeficiente $r = -0.129$, p NS. Un comportamiento semejante se observa en el valor de los intervalos Q-M que es menor en los grupos de mayor edad, con $p < 0.05$ entre el grupo de 60 a 79 años de edad comparado con los individuos de 20 a 39, y $p < 0.01$ entre los mayores de 80 años en comparación con los otros grupos de edad (Figura No. 10). El coeficiente de correlación $r = -0.212$ no tiene valor de p significativo.

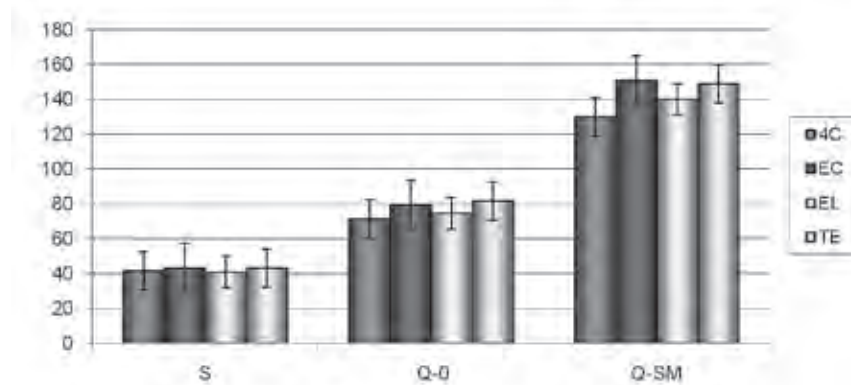
A partir de los intervalos de tiempo se calculó el tiempo de aceleración encontrando un valor promedio de 65.56 mseg (DE = 28.7) y la aceleración en 779.82 cm/seg² (DE = 497).

No se encontró correlación entre el tiempo de aceleración o la aceleración y la edad, con coeficientes de correlación $r = 0.109$ y $r = 0.154$ respectivamente, con p NS.

Se demuestra que no hay correlación significativa entre la velocidad S y la frecuencia cardiaca con coeficiente $r = 0.239$. Están relacionados los intervalos de tiempo en función de la frecuencia cardiaca, descartando correlación significativa con coeficientes $r = 0.007$ para el intervalo Q-0 y $r = -0.031$ para el Q-M. Tampoco se observó una correlación significativa entre la frecuencia cardiaca

Figura 8

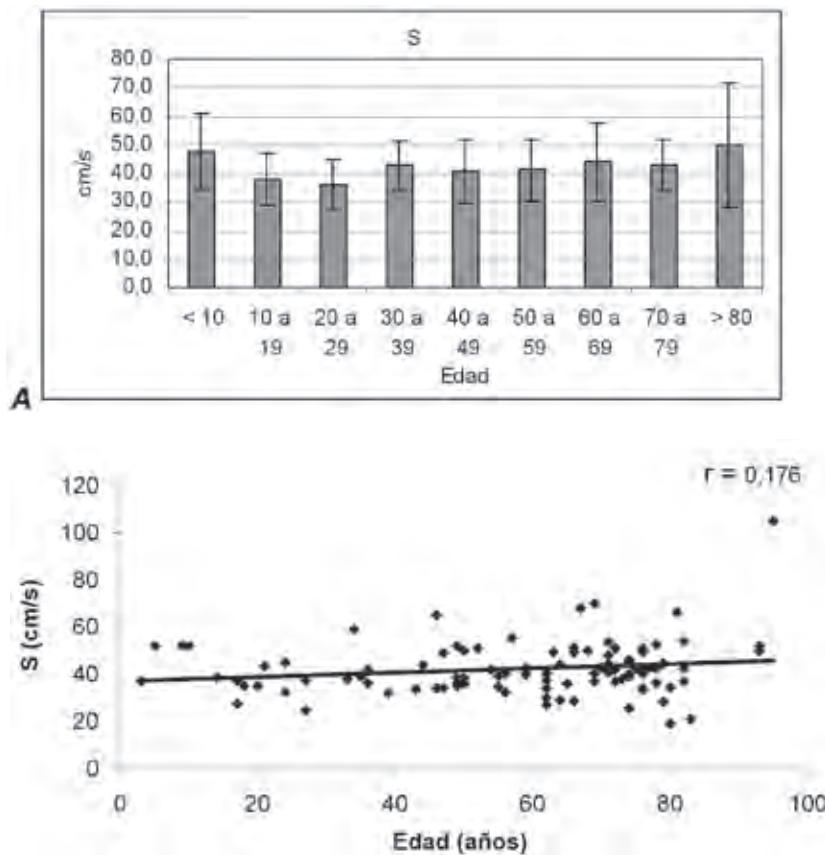
Velocidad y tiempo del flujo sistólico en relación con las proyecciones ecográficas



No hay diferencia significativa en las velocidades y tiempos obtenidos desde las diferentes proyecciones

Figura 9

Velocidad S distribuida por grupos de edad



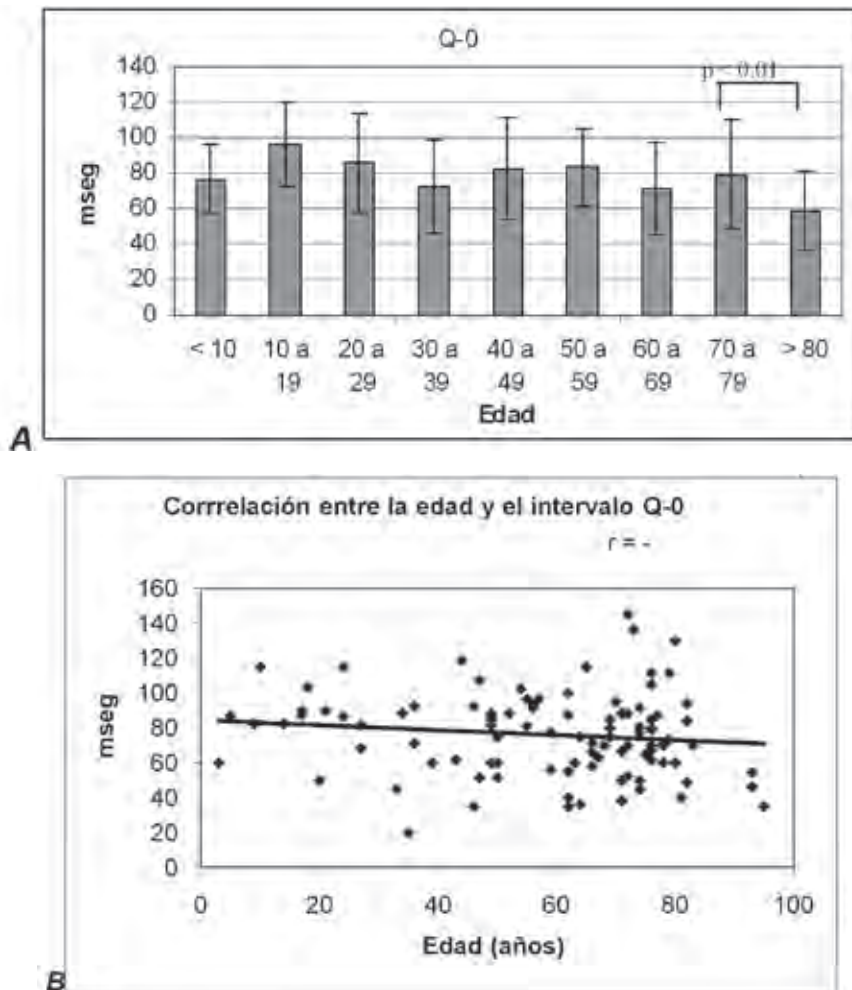
A. Distribución por grupos de edad. No hay diferencia significativa entre los diferentes grupos.
 B. Correlación entre la velocidad S y la edad

con el tiempo de aceleración con $r = 0.053$ o con la aceleración con coeficiente $r = 0.170$.

Las mediciones repetidas por el mismo observador demostraron baja variabilidad para la velocidad S con menos de 5 cm/seg de diferencia y un magnífico coeficiente de correlación $r = 0.939$. La variabilidad fue ligeramente mayor para los intervalos de tiempo, 30 mseg para Q-0 con $r = 0.732$, y menos de 40 mseg el Q-M, $r = 0.882$. Se observó un comportamiento semejante con la variabilidad Inter-observador de menos de 5 mm Hg de velocidad S con coeficiente de correlación $r = 0.939$ y variabilidad mayor para los intervalos de tiempo con coeficiente de correlación $r = 0.732$ para el tiempo Q-0 y $r = 0.882$ para el tiempo Q-M.

los de tiempo, 30 mseg para Q-0 con $r = 0.732$, y menos de 40 mseg el Q-M, $r = 0.882$. Se observó un comportamiento semejante con la variabilidad Inter-observador de menos de 5 mm Hg de velocidad S con coeficiente de correlación $r = 0.939$ y variabilidad mayor para los intervalos de tiempo con coeficiente de correlación $r = 0.732$ para el tiempo Q-0 y $r = 0.882$ para el tiempo Q-M.

Figura 10
Intervalo Q-0 distribuido por grupos de edad



A. Distribución del intervalo Q-0 por grupos de edad.
B. Correlación entre el intervalo Q-0 y la edad

DISCUSIÓN

En este estudio se pone en evidencia que en el tracto de entrada del ventrículo derecho hay movimiento de sangre durante la sístole. El flujo se inicia en forma temprana durante la sístole, en promedio 77 milisegundos después del pico del complejo QRS que indica la despolarización ventricular. Se demostró en todos los pacientes estudiados por registrar con el Doppler una señal de color rojo después del pico de la onda R y antes del final de la onda T, tanto por las modalidades M como bidimensional de Doppler codificado en color y mediante el registro espectral de onda pulsada (Figuras 5 a 7). La mejor calidad de examen se logró cuando se trabajó con límite de Nyquist bajo, alrededor de 50 cm/seg. Este tipo de flujo se encontró en todos los tipos de pacientes: adultos, niños, hombres y mujeres, sin encontrar diferencias significativas entre los diferentes grupos de edad.

Por existir el flujo durante la sístole, en momento en que la válvula tricúspide se encuentra cerrada, se colige que no depende de la contracción auricular sino de la contracción ventricular. Esta hipótesis es sostenida por el hecho que el flujo sistólico del sinus fue evidente inclusive en pacientes con insuficiencia tricuspídea severa, relacionada con hipertensión pulmonar, en quienes usando la modalidad M color se observó flujo sistólico con dos direcciones simultáneas: anterógrado desde el seno hacia el ápex, en color rojo y de velocidad baja y flujo retrogrado desde la válvula tricúspide hacia la aurícula derecha, de gran velocidad y características de flujo turbulento, que corresponde con el flujo regurgitante (Figura No. 7). También se demostró flujo sistólico en pacientes con fibrilación auricular (Figura No.7) confirmando que el flujo es independiente de la contracción auricular.

Esta demostración del flujo sistólico en el tracto de entrada es una confirmación en vivo y en corazones humanos de lo propuesto por Guinés y Grignola, con base en sus interesantes investigaciones realizadas en corazón ovino, que la contracción del ventrículo derecho es de tipo asincrónico, secuencial, como un movimiento peristáltico que se inicia en el tracto de entrada, se extiende hacia el ápex y finalmente se dirige hacia la válvula pulmonar por contracción del conus. (2).

Si pensamos de que la mayor parte del volumen expulsado por el ventrículo derecho es como consecuencia de la contracción del tracto de entrada, (1,2, 5) encontrar un método para estudiar esta parte de la fisiología del corazón puede ser de utilidad en el estudio de patologías como la insuficiencia cardiaca, el cor pulmonale, el infarto de miocardio con compromiso del ventrículo derecho o en pacientes con hipertensión pulmonar. Por tratarse de una técnica sencilla puede ser más fácil de usar en comparación con los intentos de evaluación volumétrica de esta compleja cavidad (4). La medición de la velocidad sistólica en el tracto de entrada derecho puede ser un método sencillo y más económico que el patrón de oro para evaluar la función sistólica del ventrículo derecho que es la ventriculografía isotópica (17, 18). Es necesario adelantar nuevos estudios para establecer si hay correlación entre la velocidad sistólica del ventrículo derecho medida por Doppler y medidas de la función ventricular derecha, tales como la fracción de eyección determinada por medicina nuclear (17), el desplazamiento del anillo tricuspídeo o la velocidad sistólica del anillo tricuspídeo determinado por Doppler tisular (17,19, 20).

Se determinó el valor de la velocidad sistólica en 40.86 cm/seg, que es de una magnitud comparable con las velocidades E y A medidas mediante el Doppler de onda pulsada a nivel de de la

válvula tricúspide. La variabilidad interobservador e intraobservador es baja, lo que hace pensar que los datos obtenidos son confiables. El hecho de no encontrar diferencia en las medidas de velocidad e intervalos de tiempo sistólico desde las diferentes proyecciones implica que se pueden medir desde cualquier ventana con la misma confiabilidad, lo que da al ecocardiografista la flexibilidad de usar la ventana que exponga con nitidez el tracto de entrada derecho y con la mejor alineación con el flujo en el tracto de entrada derecho, lo que hace más probable obtener medidas adecuadas en pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica en quienes es frecuente tener ventanas paraesternales o apicales de mala calidad.

No se encontró correlación entre la frecuencia cardíaca y las medidas de tiempo y velocidad del tracto de entrada del ventrículo derecho ni en los datos derivados como la aceleración o los tiempos corregidos para la frecuencia, lo que hace pensar que las medidas obtenidas son función de la contractilidad, independientes de la frecuencia cardíaca y se puedan usar en los rangos de frecuencia que habitualmente se encuentran en los diferentes escenarios clínicos. La variabilidad de los datos puede estar relacionada con las características de los pacientes, ya que por no seleccionar se incluyeron personas sanas y enfermas, con diferentes tipos de patología, se requieren nuevos estudios para establecer las características y valores en diferentes tipos de patología tales como hipertensión pulmonar y disfunción sistólica del ventrículo derecho como en casos de cardiomiopatías, falla cardíaca, infarto derecho y *cor pulmonale*. No se encontró correlación entre los valores de velocidad y tiempo con la edad lo que hace pensar que se pueden usar estas medidas en todos los grupos etáreos.

La variabilidad interobservador de los intervalos Q-0 y Q-M está ligeramente aumentada en

comparación con las medidas de velocidad, posiblemente por dificultad de definir con precisión el momento de la máxima velocidad diastólica inicial ya que en algunos pacientes el Doppler espectral en la sístole temprana puede tener una forma redondeada. De todas maneras es importante hacer nuevos estudios para determinar si medir el tiempo hasta el pico de velocidad o la aceleración del flujo sistólico en el tracto de entrada se correlacionan con la función sistólica del ventrículo derecho.

Este estudio demuestra que hay movimiento de sangre en el tracto de entrada del ventrículo derecho durante la sístole, más evidente durante la sístole temprana y que la velocidad sistólica (S) en el tracto de entrada del ventrículo derecho es en promedio 42.36 (12.4) cm/seg. Los intervalos de tiempo hasta el inicio de flujo (Q-0) y hasta la velocidad máxima (Q-M) son cortos: 77.6 (28.0) y 143.6 (40.86) respectivamente. El tiempo de aceleración del flujo es también corto, 65.56 mseg.

Es posible que la magnitud de la velocidad sistólica y los intervalos de tiempo se relacionen con la calidad de la contracción de la pared libre del tracto de entrada del ventrículo derecho, y se puedan usar como un método sencillo para evaluar la función ventricular sistólica del ventrículo derecho. La medición de la velocidad sistólica es independiente de la edad, de la frecuencia cardíaca y del ritmo.

Se recomienda la realización de nuevos estudios para comparar la velocidad S y los Intervalos sistólicos Q-0 y Q-M y el tiempo de aceleración con exámenes aceptados para evaluar la función del ventrículo derecho como el desplazamiento sistólico del anillo tricuspídeo, Doppler tisular del anillo tricuspídeo o fracción de eyección por ventriculografía isotópica. También se recomiendan nuevos estudios para determinar los puntos de

corte para definir los grados de disfunción del ventrículo derecho.

AGRADECIMIENTOS

Al Doctor Edgar Ramírez Bojacá por su asesoría Epidemiológica.

A la Doctora Ana Cristina Palacio Eastman por su ayuda para la variabilidad interobservador.

A los Doctores Gilberto Rueda Pérez y Eduardo Jaramillo Carling por el estímulo para la realización del estudio.

A Mery Caballero por su colaboración como asistente.

CONFLICTO DE INTERESES

Ninguno

REFERENCIAS

1. Borrás FX. Análisis de la función del ventrículo derecho y su importancia en la enfermedad valvular cardíaca. *Rev Esp Cardiol* 1989; 42: 673-683.
2. Grignola JC, Pontet J, Vallarino M y Fernando Ginés F. Características propias de las fases del ciclo cardíaco del ventrículo derecho. *Rev Esp Cardiol* 1999; 52: 37-42.
3. Anderson H. Anatomic basis of cross-sectional echocardiography. *Heart* 2001;85:716-720.
4. Levine RA, Gibson TC, Aretz T, et al. Echocardiographic measurements of right ventricular volume. *Circulation* 1984; 69: 497-505.
5. Foale R, Nihoyannopoulos P, McKenna, Kleinebenne W A, Nadazdin A, Rowland E, Smith G, and Kleinebenne A. Echocardiographic measurement of the normal adult right ventricle. *Heart*, Jul 1986; 56: 33 - 44.
6. Gibson D, The Right Ventricular Infundibulum: Has it a Role? Editorial. *Eur J Echocardiography* (2003).
7. Torrent-Guas F. Estructura y función del corazón. (*Rev Esp Cardiol* 1998; 51: 91-102).
8. Armour JA, Pace JB, Randall WC. Interrelationship of architecture and function of the right ventricle. *Am J Physiol*. 1970 Jan;218(1):174-179. *American Journal of Physiology* 1970; 218: 1.710-1.717.
9. H Naito, J Arisawa, K Harada, H Yamagami, T Kozuka, and S Tamura. Assessment of right ventricular regional contraction and comparison with the left ventricle in normal humans: a cine magnetic resonance study with presaturation myocardial tagging *Heart*, Aug 1995; 74: 186 - 191.
10. Galderisi M, Severino S, Cicala S, Caso P. The usefulness of pulsed tissue Doppler for the clinical assessment of right ventricular function. *Ital Heart J* 2002; 3 (4): 241-247.
11. Lindqvist P, Henein M, Kazzam E. Right ventricular outflow-tract fractional shortening an applicable measure of right ventricular systolic function. *Eur J Echocardiogr*.
12. Ginés F, Grignola JC. Sincronización de la contracción del ventrículo derecho frente a un aumento agudo de su poscarga. «Izquierdización» del comportamiento mecánico del ventrículo derecho. *Rev Esp Cardiol* 2001; 54: 973-980.
13. Redington AN, Rigby ML, Shinebourne EA, Oldershaw PJ. Changes in the pressure-volume relation of the right ventricle when loading conditions are modified. *Br Heart J* 1990; 63: 45-49.
14. Alfonso F, Rabago R, García-Fernández, Etxebeste. Bases tecnológicas del Doppler Color. En García-Fernández, Etxebeste J. *Doppler Color en Cardiología*. E. Interamericana- McGraw-Hill. Madrid, 1.989. 5- 23.
15. Henry WL, DeMaria A, Gramiak R, et al. Report of the American Society of Echocardiography Committee on Nomenclature and Standards in Two-dimensional Echocardiography. *Circulation* 1980;62(2):212-215.
16. Waller BF, Taliercio CP, Slack JD, et al. Tomographic views of normal and abnormal hearts: the anatomic basis for various cardiac imaging techniques, Part I. *Clin Cardiol*. 1990;13:804-812.
17. Maddahi J, Berman DS, Matsuoka DT, et al. A new technique for assessing right ventricular ejection fraction using rapid multiple-gated equilibrium cardiac blood pool scintigraphy: description, validation and findings in chronic coronary artery disease. *Circulation* 1979;60 : 581-589.
18. Schulman DS. Assessment of the right ventricle with radionuclide techniques. *J Nucl Cardiol* 1996;3: 253-264
19. Ghio S; Recusani F; Klersy C; Sebastiani R; Laudisa ML; Campana C; Gavazzi A; Tavazzi L. Prognostic usefulness of the tricuspid annular plane systolic excursion in patients with congestive heart failure secondary to idiopathic or ischemic dilated cardiomyopathy. *Am J Cardiol*. 2000; 85(7):837-42.
20. Miller D; Farah MG; Liner A; Fox K; Schluchter M; Hoit BD. The relation between quantitative right ventricular ejection fraction and indices of tricuspid annular motion and myocardial performance. *J Am Soc Echocardiogr*. 2004; 17(5):443-7.