

# Estimación de un índice de función contráctil de ventrículo derecho con eco-Doppler, correlación con la presión pulmonar

CARLOS KILLINGER\*, HECTOR ROVERE, MATILDE DEL CAMPO, EDGARDO RUBIO, DANIEL LOZANO BERROTARAN, GUILLERMO BONZI, JORGE PISARELLO

Sección Ecocardiografía, División Cardiología, Hospital General de Agudos Carlos G. Durand, Buenos Aires

\* Para optar a Miembro Titular de la Sociedad Argentina de Cardiología

Trabajo recibido para su publicación: 11/96 Aceptado: 6/97

Dirección para separatas: Dr. Carlos Killinger, Av. La Plata 133, 10° piso, (1184) Buenos Aires, Argentina

## *Antecedentes*

El estudio de la función del ventrículo derecho, basado en la evaluación de las presiones, los volúmenes y la contractilidad (curvas de presión-volumen), elastancia máxima y la primera derivada de la curva de presión (dP/dt máxima), es de gran utilidad pero está limitado por la necesidad de métodos invasivos. El objetivo de nuestro estudio fue obtener uno de los parámetros de la contractilidad, la dP/dt máxima del ventrículo derecho por eco-Doppler, y correlacionarla con la presión sistólica pulmonar en pacientes con distintas patologías.

## *Material y método*

Se estudiaron 60 pacientes con insuficiencia tricuspídea leve a moderada, con función sistólica de ventrículo derecho normal. Esta última fue evaluada por ecocardiograma (análisis de la motilidad parietal) y por eco-Doppler (volumen sistólico = integral del flujo x área, a nivel del tracto de salida del ventrículo derecho). La dP/dt máxima se calculó sobre la curva espectral del chorro de insuficiencia tricuspídea, obtenida por Doppler continuo. La dP se obtuvo de la diferencia de las presiones P1 y P2, obtenidas a partir de las velocidades de 0,5 m/seg y 2 m/seg respectivamente, medidas en la rama descendente de dicha curva, mediante la ecuación de Bernoulli ( $4 \times V^2$ ). La dt resultó de la medición del tiempo entre ambas velocidades. La presión sistólica pulmonar se obtuvo a partir de la velocidad máxima de la curva espectral de la insuficiencia tricuspídea por la ecuación de Bernoulli. Se correlacionó la dP/dt máxima del ventrículo derecho con la presión sistólica pulmonar normal y elevada. Para ello se dividió la población en dos grupos: grupo I: presión sistólica pulmonar < 35 mmHg, y grupo II: presión sistólica pulmonar  $\geq$  35 mmHg.

## *Resultados*

La motilidad parietal del ventrículo derecho resultó normal en el análisis cualitativo del ecocardiograma bidimensional. El volumen sistólico promedio fue:  $69 \pm 19$  ml/lat, en el grupo I  $72 \pm 20$  ml/lat y en el grupo II  $65 \pm 14$  ml/lat, sin diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos. La presión sistólica pulmonar promedio fue  $35 \pm 4$  mmHg, en el grupo I  $27,8 \pm 5$  mmHg y en el grupo II  $50 \pm 14$  mmHg, con diferencia significativa entre ambos por la prueba de Student ( $p < 0,001$ ). La dP/dt máxima promedio fue de  $365 \pm 150$  mmHg/seg, en el grupo I de  $342 \pm 150$  mmHg/seg y en el grupo II de  $384 \pm 157$  mmHg/seg, sin diferencias significativas entre éstos. El coeficiente de correlación entre la dP/dt máxima del ventrículo derecho y la presión sistólica pulmonar fue: grupo total  $r = 0,16$ , grupo I  $r = 0,1$  y grupo II  $r = 0,2$ .

## *Conclusiones*

El valor de la dP/dt máxima del ventrículo derecho determinado por eco-Doppler fue de 365 mmHg/seg (rango 170 a 750), similar al obtenido por otros autores mediante cateterismo dere-

cho (416 mmHg/seg, rango 190 a 800). Por lo tanto resulta un método simple, no invasivo y confiable, para estimar la función del ventrículo derecho. Su falta de correlación con la presión sistólica pulmonar confirma que la dP/dt máxima del ventrículo derecho es un índice preeyectivo independiente de la poscarga. *REV ARGENT CARDIOL* 1998; 66 (1): 87-94.

*Palabras clave* dP/dt máxima ventrículo derecho - Eco-Doppler - Presión pulmonar

Antes del año 1950 el interés por la función del ventrículo derecho (VD) se limitó a un pequeño grupo de investigadores, intrigados por la hipótesis de que la circulación humana podría funcionar de manera adecuada sin la actividad contráctil del VD. (1) A partir de la década del 70, tras la descripción del síndrome del infarto de VD, aumentó el interés científico por la función del mismo. (2, 7) Actualmente se reconoce la importancia de la función del VD en el mantenimiento del rendimiento cardíaco global, ya que el deterioro de su función tiene implicancias pronósticas y terapéuticas en distintas patologías, tales como la miocardiopatía dilatada, (3, 4) la cardiopatía isquémica crónica, (5, 6) el infarto del VD, (7) la hipertensión pulmonar primaria y secundaria, (8-10), valvulopatías, (11) síndromes posquirúrgicos, (12) asistencia respiratoria mecánica y trasplante de pulmón. (13) Por estos motivos los métodos de evaluación de la función ventricular derecha tienen gran importancia clínica.

Asimismo, la anatomía compleja del VD determina que su análisis por ultrasonografía resulte más problemática que la del ventrículo izquierdo. Su forma de medialuna, la separación del cuerpo principal del infundíbulo y sus trabeculaciones protruyentes e irregulares contribuyen a esta dificultad. (2, 14)

Como consecuencia de lo anterior el estudio de la función ventricular derecha se basa en la evaluación de las presiones (presión venosa central) y de los volúmenes (angiografía, radionuleídos, termodilución y ultrasonido). Otros parámetros, como la contractilidad, determinados a través de las curvas de presión-volumen, la elastancia máxima, (15) y la dP/dt, (16) son de gran utilidad, pero limitados por la necesidad de una metodología invasiva para su determinación.

Recientemente se ha demostrado que los parámetros preeyectivos del ventrículo derecho pueden determinarse en forma no invasiva con técnicas ultrasonográficas, (16) entre las que se encuentra la dP/dt máxima, que es la primera derivada de la curva de presión sistólica.

La dP/dt máxima puede ser estimada mediante ecocardiografía Doppler a través del gradiente de presión sistólica entre la aurícula y el ventrículo derecho, obtenido de la curva espectral del chorro de la insuficiencia tricuspídea, utilizando la ecuación de Bernoulli ( $4 \times V^2$ ).

Como las fluctuaciones de presión de la aurícula derecha, durante la sístole y el período isovolumé-

trico diastólico, son pequeñas, comparadas con los cambios de la presión del VD, estos cambios pueden ser evaluados, y la dP/dt positiva y negativa máximas también pueden ser determinadas mediante la ecocardiografía Doppler. Basándose en este concepto, Anconina y colaboradores (16, 17) hallaron una excelente correlación ( $r = 0,93$ ;  $p = 0,0001$ ) entre la dP/dt máxima del VD obtenida por cateterismo y la determinada por eco-Doppler. Utilizando la misma técnica, Imanishi y colaboradores (18) también encontraron una buena correlación entre estos dos parámetros ( $r = 0,8$ ;  $p < 0,001$ ).

El objetivo de nuestro estudio fue obtener la dP/dt máxima del VD por eco-Doppler en un amplio grupo de pacientes con distintas patologías y función sistólica ventricular derecha conservada, evaluada en forma cualitativa y cuantitativa, también en forma no invasiva con eco-Doppler, con el propósito de:

1) Comparar los valores obtenidos con aquellos generados por métodos invasivos en experiencias previas.

2) Estudiar la correlación de estos valores con la presión sistólica pulmonar.

Los resultados obtenidos agregan un fundamento experimental para la validación de la técnica de medición de la dP/dt máxima del VD mediante eco-Doppler, así como a la noción de especificidad de la dP/dt máxima como parámetro estrechamente relacionado con el estado de contractilidad miocárdica ventricular, independiente de la poscarga.

Respecto de la evaluación de la función del ventrículo izquierdo, cabe señalar que la dP/dt máxima obtenida mediante registros de presiones, efectuados por métodos sensibles y precisos, exhibe un amplio rango de valores normales y no ha podido separar en forma consistente los corazones normales de aquellos con deterioro de su contractilidad, en el estado basal. Tales mediciones son de utilidad para detectar cambios agudos de la contractilidad en la evolución de pacientes individuales. (15)

## MATERIAL Y METODO

Se incorporaron prospectivamente al estudio 60 pacientes (p) consecutivos, 39 mujeres y 21 hombres, con edad promedio de  $55 \pm 18$  años, que presentaban insuficiencia tricuspídea de grado leve a moderado, de diferentes etiologías, cuantificada por eco Doppler color mediante la planimetría del área del chorro regurgitante. (19) Las de grado severo fue-

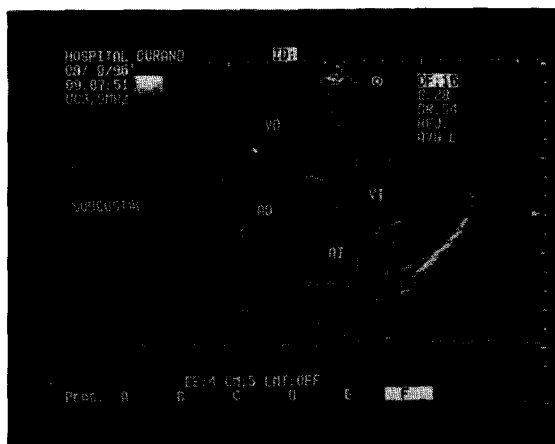
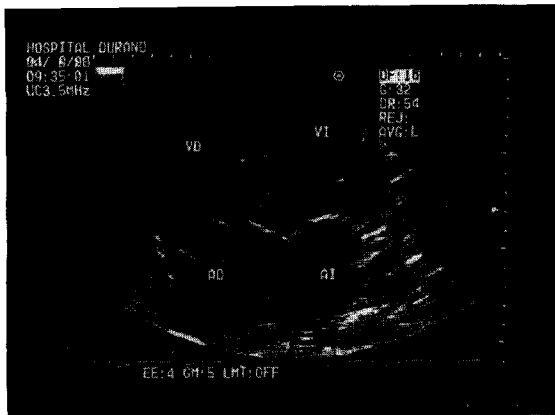


Fig. 1. Vista apical de cuatro cámaras (superior) y subcostal de cuatro cámaras (inferior).

ron excluidas debido a las significativas variaciones que generan en el gradiente de presión sistólica entre la aurícula y el ventrículo derecho.

La distribución de la población según las patologías fue: valvulopatía mitral 15 (estenosis mitral severa 7 y moderada 3, insuficiencia mitral moderada 1 y leve 4), valvulopatía aórtica 5, prótesis valvulares 3 (aórticas 2 y mitral 1), enfermedad coronaria 5 (secuela lateral 1, anterior 1, y diafragmática 3), insuficiencia cardíaca 4, hipertensión arterial 10, aneurisma de aorta ascendente 1, hipertensión pulmonar primaria 2, EPOC 4, síndrome de Wolff-Parkinson-White 1 y normales, 10 pacientes.

Los criterios de inclusión fueron: ritmo sinusal, ausencia de signos y síntomas de insuficiencia cardíaca derecha, presencia de insuficiencia tricuspídea con una curva espectral Doppler satisfactoria, y volumen sistólico del VD (determinado por eco-Doppler) normal. Los criterios de exclusión fueron, registro ecocardiográfico técnicamente no satisfactorio y comunicaciones entre el circuito pulmonar y el sistémico.

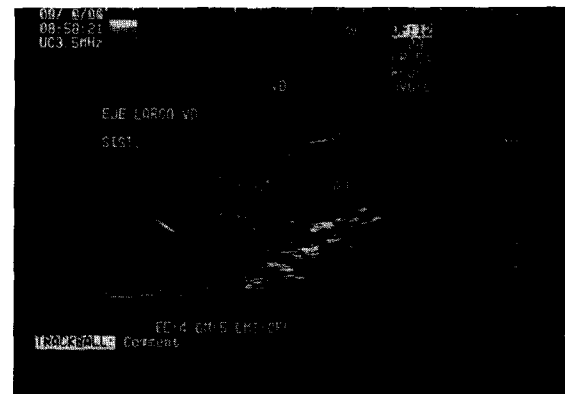
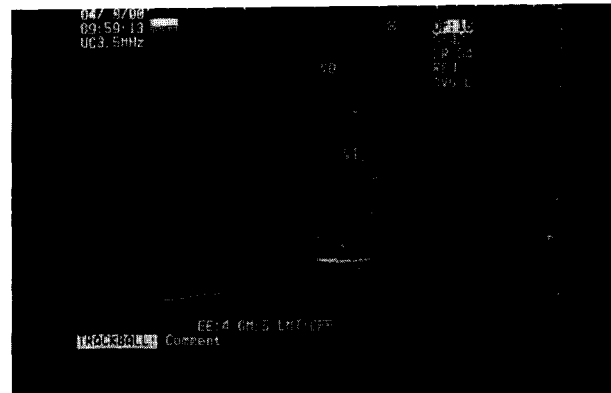


Fig. 2. Vista paraesternal, eje corto (superior) y eje largo del VD (inferior).

Se determinó en forma cualitativa, por dos observadores independientes, la motilidad de cada una de las paredes del VD en las vistas apical y subcostal de cuatro cámaras (Figura 1) y paraesternal (eje corto de los ventrículos y eje largo del VD) (Figura 2) mediante el ecocardiograma bidimensional.

Los estudios de ecocardiograma, Doppler color y continuo, fueron realizados con un ecocardiógrafo Doppler color marca General Electric modelo RT 6800, con transductor de 3,5 Mhz. Los registros de Doppler continuo se realizaron a una velocidad de barrido de 100 mm/seg.

Examen de eco-Doppler:

I) Se calculó el volumen sistólico del VD por la siguiente ecuación: (20)

Volumen sistólico = integral del flujo del TSVD (cm) x área del TSVD (cm<sup>2</sup>)

TSVD: tracto de salida del VD (Figura 3).

II) El gradiente de presión entre el VD y la aurícula derecha (AD) se obtuvo de la curva espectral del chorro de insuficiencia tricuspídea, adquirida con el Doppler continuo (alineando el cursor en forma paralela sobre el flujo color) (Figura 4).

Mediante la ecuación simplificada de Bernoulli

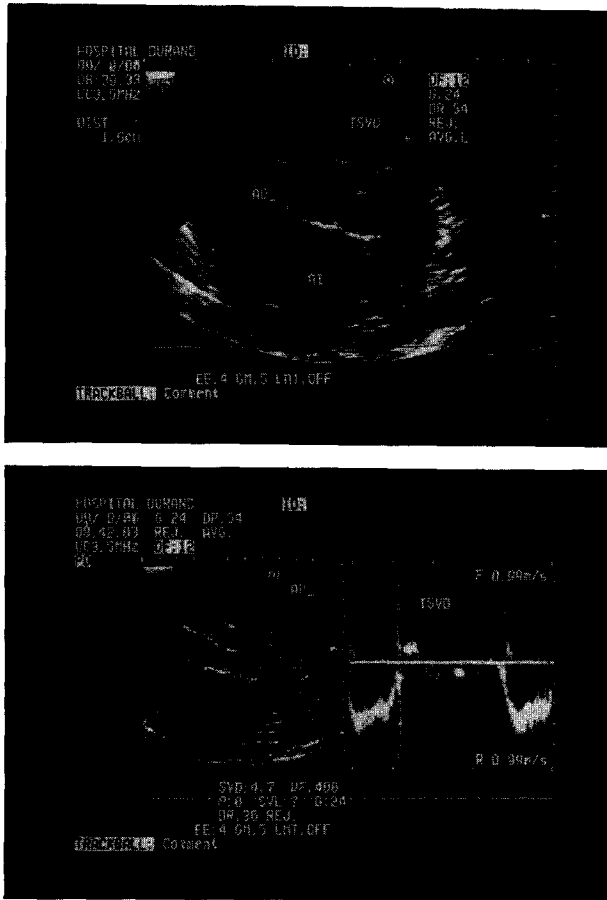


Fig. 3. Cálculo del volumen sistólico del VD: integral del flujo X area (TSVD). Vista paraesternal eje corto del tracto de salida del VD (superior). Flujo Doppler del tracto de salida del VD (inferior).

( $4 \times V^2$ ) se determinó la presión sistólica pulmonar a través de la fórmula:

Presión sistólica pulmonar = gradiente sistólico tricuspídeo + presión de aurícula derecha

La presión de AD se calculó en valores de 5, 10 ó 15 mmHg, de acuerdo con el diámetro de la vena cava inferior en su desembocadura en la aurícula derecha y con las variaciones respiratorias de sus dimensiones. (21)

III) La  $dP/dt$  máxima del ventrículo derecho, que representa la primera derivada de la curva de presión sistólica, se calculó sobre la rama descendente de la curva espectral del chorro de insuficiencia tricuspídea, obtenida por Doppler continuo, a través de la siguiente metodología: 1) La  $dP$  se obtuvo de la diferencia de las presiones  $P_1$  y  $P_2$ , obtenidas a partir de las velocidades de 0,5 m/seg y 2 m/seg, respectivamente, medidas en la rama descendente de dicha curva, mediante la ecuación de Bernoulli ( $4 \times V^2$ ). 2) La  $dt$  resultó de la medición del tiempo entre ambas velocidades (Figura 4).

**DETERMINACION DE LA  $dP/dt$  MAXIMA DEL VD  
JET DE INSUFICIENCIA TRICUSPIDEA (DC)**

**VELOCIDADES -V1 Y V2**

DOPPLER RPR =  $\Delta p/\Delta t$

$\Delta p = 4[V_2^2 - V_1^2]$

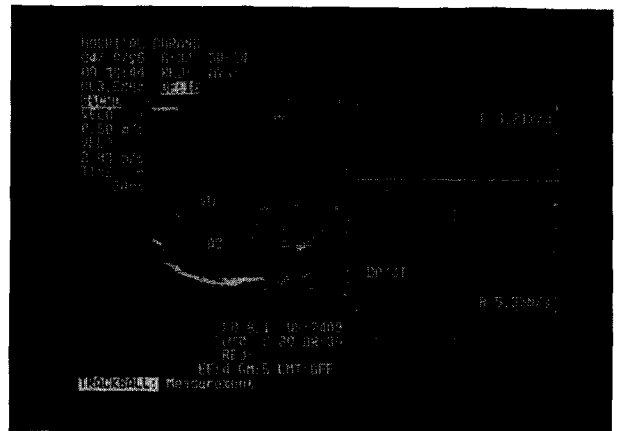
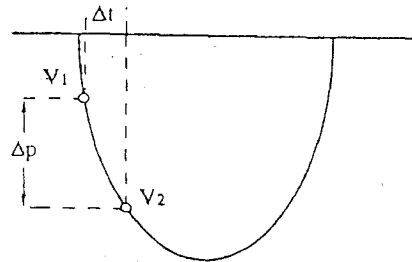


Fig. 4. Flujo Doppler de insuficiencia tricuspídea (inferior). Esquema de la obtención de la  $dP/dt$  (superior).

La población se dividió en dos grupos, de acuerdo con sus valores de presión pulmonar, en: grupo I, presión sistólica pulmonar < 35 mmHg (40 pacientes), y grupo II, presión sistólica pulmonar  $\geq$  35 mmHg (20 pacientes).

Se determinaron la presión sistólica pulmonar y la  $dP/dt$  máxima ventricular derecha en todos los pacientes. Se compararon los valores de  $dP/dt$  y de presión sistólica pulmonar en los grupos I y II. Se correlacionó la  $dP/dt$  máxima del VD con la presión sistólica pulmonar en la totalidad de los pacientes, así como en cada uno de los grupos.

**RESULTADOS**

Cuarenta y un pacientes se encontraban en clase funcional (CF) I, 17 en CF II y 2 en CF III. Los grados de insuficiencia tricuspídea por Doppler color fueron: en 44 pacientes leve y en 16 moderada. La motilidad parietal del VD en el análisis cualitativo del ecocardiograma resultó normal en todos los pacien-

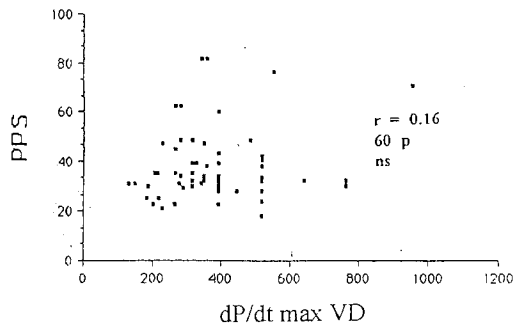


Fig. 5. Correlación entre la dP/dt máxima de ventrículo derecho y presión sistólica pulmonar en el grupo total.

tes. El volumen sistólico promedio, por eco-Doppler, para la población total fue de  $69 \pm 19$  ml, en el grupo I de  $72 \pm 20$  ml y en el grupo II de  $65 \pm 14$  ml, siendo estadísticamente no significativas las diferencias de volumen sistólico entre ambos grupos.

La presión sistólica pulmonar promedio total fue de  $35 \pm 4$  mmHg, en el grupo I de  $27,8 \pm 5$  mmHg y en el grupo II de  $50 \pm 14$  mmHg. Las diferencias de presión sistólica pulmonar entre los grupos I y II fueron estadísticamente significativas ( $p < 0,001$ ) (prueba de Student).

El valor de la primera derivada de presión del VD, dP/dt máxima promedio para la población total fue de  $365 \pm 150$  mmHg/seg, en el grupo I de  $342 \pm 150$  mmHg/seg y en el grupo II de  $384 \pm 157$  mmHg/seg, con diferencias no significativas entre estos valores.

El coeficiente de correlación ( $r$ ) entre la dP/dt máxima del VD y la presión pulmonar fue de  $r = 0,16$  para el grupo total (Figura 5),  $r = 0,1$  para el grupo I (Figura 6) y de  $r = 0,2$  para el grupo II (Figura 7). Esto demostró la falta de correlación entre dichos parámetros.

## DISCUSION

En la década del 50 se postuló que, en condiciones fisiológicas, la pérdida de la integridad funcional del ventrículo derecho no alteraba significativamente el funcionamiento hemodinámico general. (1, 22) Sin embargo, posteriormente se describieron diversas patologías en las cuales la corrección del deterioro de la función ventricular derecha se asociaba con mejoría clínica y pronóstica de los pacientes. En estas patologías (infarto de VD, cardiopatía isquémica crónica, miocardiopatía dilatada, hipertensión pulmonar primaria y secundaria, síndromes posquirúrgicos, asistencia respiratoria mecánica y trasplante cardíaco y pulmonar), donde la función ventricular derecha ejerce una influencia crítica, se requieren parámetros de diagnóstico y seguimiento de las mismas que orienten la estrategia terapéutica y permitan evaluar su evolución.

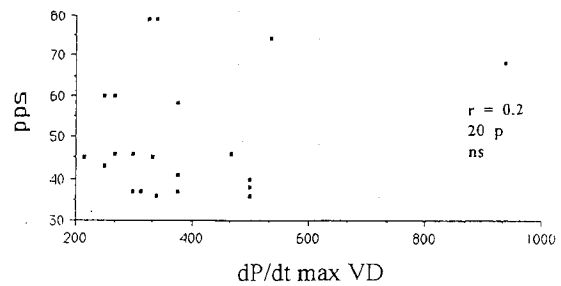


Fig. 6. Correlación entre la dP/dt máxima de ventrículo derecho y presión sistólica pulmonar aumentada, grupo I.

Si bien los principios fundamentales de la fisiología ventricular izquierda se consideran aplicables al ventrículo derecho, las técnicas destinadas a evaluar la función de este último están mucho menos desarrolladas que las empleadas para el ventrículo izquierdo y requieren mayor evidencia experimental para que puedan extrapolarse.

De manera similar a los del ventrículo izquierdo, los parámetros funcionales sistólicos del VD pueden definirse: 1) en el período isovolumétrico, o 2) en el período eyectivo.

Estos últimos, de amplio uso clínico aunque de significado más general, son altamente sensibles a las condiciones de carga, mientras que los primeros reflejan más específicamente el estado de contractilidad, pues son teóricamente independientes de las condiciones de carga, especialmente de la poscarga.

Los métodos ecocardiográficos para determinar los volúmenes del VD están limitados por su compleja geometría y su localización retroesternal, por lo que el estudio ha quedado restringido a técnicas de análisis volumétricos realizados mediante angiografía con radionucleídos y de contraste.

La dP/dt máxima, uno de los parámetros clásicos analizados en el período isovolumétrico sistólico, resulta de gran valor en la determinación de cam-

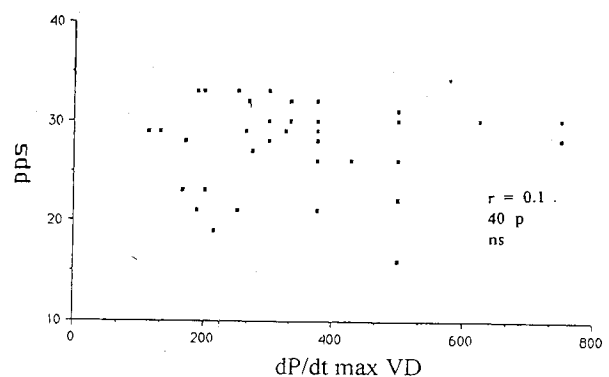


Fig. 7. Correlación entre la dP/dt máxima de ventrículo derecho y presión sistólica pulmonar normal, grupo II.

bios direccionales del estado de contractilidad ventricular, constituyendo potencialmente una útil herramienta diagnóstica. Este parámetro, abundantemente analizado en condiciones fisiológicas experimentales (especialmente en el ventrículo izquierdo), ha resultado de una utilidad clínica limitada, pues su medición requiere de métodos invasivos.

En este trabajo presentamos los datos de la  $dP/dt$  máxima del VD en 60 pacientes consecutivos, calculados mediante eco-Doppler de acuerdo con una técnica recientemente descrita en la literatura. (16-18) Imanishi encontró una buena correlación ( $r = 0,98$ ) entre los valores de la  $dP/dt$  máxima del VD obtenidos por cateterismo y eco-Doppler en forma simultánea. (18)

Los datos obtenidos de la  $dP/dt$  máxima, en valores y dispersión, resultaron comparables con publicaciones previas. (16-18) La  $dP/dt$  máxima exhibió un considerable rango de dispersión, similar a lo descrito para el ventrículo izquierdo.

El funcionamiento del VD está influenciado por factores intrínsecos, tales como la contractilidad miocárdica, y por factores extrínsecos, que incluyen pre y poscarga, constricción pericárdica, presión de perfusión de la arteria coronaria derecha, función ventricular izquierda y estado contráctil del septum interventricular. (23) De esta forma la función normal del VD depende de un adecuado estado contráctil y de los factores extrínsecos que determinan la función de bomba. En este sentido, una depresión de la contractilidad puede estar enmascarada por condiciones de carga favorables, que no permitan discernir el deterioro de la función del VD. Es sin duda en esta circunstancia cuando adquiere jerarquía la cuantificación del estado contráctil del VD a través de la  $dP/dt$  máxima.

Considerando que la función del VD es exquisitamente sensible a cualquier incremento de la poscarga, decidimos analizar si el incremento de ésta, a través del aumento de la presión pulmonar, modificaba la  $dP/dt$ . Observamos que esta última no variaba ante los diferentes grados de presión pulmonar. De esta forma, la ausencia de correlación observada entre la  $dP/dt$  máxima y la presión sistólica pulmonar en el grupo total demostró la independencia entre estos parámetros. Esta independencia persistió al estratificar los pares de datos en subgrupos de pacientes con presiones pulmonares definidas como normales y elevadas.

En este sentido nuestros datos proveen fundamento experimental adicional al método de medición mediante eco-Doppler de la  $dP/dt$  máxima del VD, así como a la noción de especificidad de la  $dP/dt$  máxima como parámetro estrechamente relacionado con el estado de contractilidad miocárdica ventricular derecha e independiente de la poscarga. Esta

última propiedad no ha sido descrita en experiencias clínicas previas.

La determinación de la  $dP/dt$  máxima del VD por eco-Doppler constituye así una metodología alternativa, útil y reproducible, para la evaluación funcional del VD.

Los alcances de la utilidad clínica de la determinación no invasiva de la  $dP/dt$  del ventrículo derecho es en este momento desconocida. No necesariamente los preceptos fisiológicos establecidos para el ventrículo izquierdo pueden transferirse en su totalidad al comportamiento funcional del ventrículo derecho. Este conocimiento deberá generarse basándose en datos obtenidos sistemáticamente en grupos específicos de pacientes y evaluando sus resultados.

Ciertamente, uno de los temas a analizar incluye la evaluación de los cambios direccionales de la contractilidad del VD mediante la  $dP/dt$  máxima, de manera similar a los que sucede en el ventrículo izquierdo. Si este comportamiento puede establecerse científicamente, la determinación de la  $dP/dt$  máxima ventricular derecha sería de utilidad en el manejo clínico de circunstancias patológicas de la disfunción aguda del VD, tales como el tromboembolismo de pulmón, infarto de ventrículo derecho, posoperatorio de cirugía cardiovascular, trasplante de pulmón y otras. No descartamos además que el valor específico de la  $dP/dt$  máxima ventricular derecha pueda identificar pacientes con depresión de la contractilidad con fracción de eyección conservada. Este fue el objetivo de nuestra investigación actual.

## SUMMARY

### ESTIMATION OF AN INDEX OF RIGHT VENTRICULAR FUNCTION WITH ECHODOPPLER: CORRELATION WITH PULMONARY PRESSURE

#### *Background*

Evaluation of right ventricular function usually requires the use of invasive methods to obtain parameters like pressure-volume curves to derive contractility indexes. The need of cardiac catheterization to obtain these data has limited to some extent the accessibility of this information. Thus, the availability of non invasive methods for the evaluation of right ventricular function would facilitate the acquisition of data. In pursuit of this objective, the purpose of our study was to investigate, in a group of patients with different pathologies, the utility of ultrasonic determination of functional right ventricular parameters, by obtaining the maximal  $dP/dt$  of the right ventricle by

echo-Doppler to compare it with previously published invasive data. In addition, we studied the correlation of dP/dt with the systolic pulmonary pressure.

#### Material and method

Sixty consecutive patients with mild or moderate tricuspid insufficiency and normal systolic function of the right ventricle were studied prospectively with echo-Doppler. The systolic volumen of the right ventricle was calculated by this method. The maximal tricuspid regurgitation velocity was recorded. Maximal dP/dt was calculated as the quotient between two pressure-time points defined on the regurgitant jet obtained by continuous Doppler. The differences between pressures P1 and P2 was obtained by subtracting two velocity values, V1 and V2 determined at 0.5 m/sec and 2 m/sec measured over the descending part of the curve and converted to right ventricle-right atrial pressure gradient using the simplified Bernoulli equation; the rate of right ventricular pressure rise was obtained as dP/dt assuming right atrial pressure variation negligible during early systole, even in the presence of tricuspid regurgitation. The time interval between these two points was measured. The pulmonary arterial pressure was calculated using the tricuspid regurgitant jet and the Bernoulli equation. The patients were separated in two groups. Group I: pulmonary systolic pressure < 35 mmHg; Group II:  $\geq$  35 mmHg.

#### Results

The segmental motility of the right ventricle was normal by qualitative analysis of the echocardiogram. The systolic volume was  $69 \pm 19$  ml/beat for the whole group,  $72 \pm 20$  ml/beat for group I and  $65 \pm 14$  ml/beat for group II; without statistically significant differences. The systolic pulmonary pressure was  $35 \pm 4$  mmHg in the whole group: group I  $27.8 \pm 5$  and group II  $50 \pm 14$ , with a statistically significant difference between group I and group II ( $p < 0.001$ , Student's test). The dP/dt maxim and pulmonary systolic pressure were: whole group  $r = 0.16$ ; group I  $r = 0.1$ ; group II  $r = 0.2$ .

#### Conclusions

The obtained value of the right ventricle maximal dP/dt, 365 mmHg/sec (170-750) is similar to that obtained previously by cardiac catheterization: 416 mmHg/sec (190-800). Due to the lack of correlation with the pulmonary systolic pressure, the dP/dt maxim of the right ventricle is an afterload independent variable.

*Key words* Maximal dP/dt of the right ventricle - Echo-Doppler - Pulmonary pressure

#### BIBLIOGRAFIA

1. Starr Y, Jeffers WA, Meade RH. The absence of conspicuous increments in venous pressure after severe damage to the right ventricle of the dog, with a discussion of the relation between clinical congestive failure and heart disease. *Am Heart J* 1943; 3: 291.
2. Diwakar J, Zaret B. Valoración de la función del ventrículo derecho. Participación de técnicas de imágenes nucleares. *Clínicas Cardiológicas de Norte América*. Editorial Panamericana, 1992; 23-40.
3. Schulman D, Grandis D, Deloplaine K y col. Relationship between hemodynamics and right ventricular function in patients with cardiomyopathy. Important role of tricuspid regurgitation. *Chest* 1995; 107: 14.
4. Weyman AE. Principles and Practice of Echocardiography (2<sup>nd</sup> ed). Philadelphia, Lea & Febiger, 1994; 901.
5. Cohn JN, Guiha NH, Broder MI y col. Right ventricular infarction: Clinical and hemodynamic features. *Am J Cardiol* 1974; 33: 209.
6. Panidis Y, Kotler M, Mintz G y col. Right ventricular function in coronary artery disease as assessed by two-dimensional echocardiography. *Am Heart J* 1984; 107: 1187.
7. López-Sendon J, García-Fernández MA, Coma-Canella Y y col. Segmental right ventricular function after acute myocardial infarction: Two-dimensional echocardiographic study in 63 patients. *Am J Cardiol* 1983; 51: 390.
8. Konstam MA, Idoine J, Wynne J y col. Right ventricular function in adults with pulmonary hypertension with and without atrial septal defect. *Am J Cardiol* 1983; 51: 1144.
9. Konstam MA, Salem DN, Isner JN y col. Vasodilator effects on right ventricular function in congestive heart failure and pulmonary hypertension: End-systolic pressure-volume relation. *Am J Cardiol* 1984; 54: 132.
10. Brent B, Berger H, Matthay R y col. Physiologic correlates of right ventricular ejection fraction in chronic obstructive pulmonary disease: a combined radionuclide and hemodynamic study. *Am J Cardiol* 1982; 50: 255.
11. Nagel E, Stuber M, Hess OM. Importance of the right ventricle in valvular heart disease. *Eur Heart J* 1996; 17: 829.
12. Maurer G, Czer LS. Intraoperative color Doppler assessment of mitral and tricuspid valvuloplasty. *Int J Card Imaging* 1989; 4: 11.
13. Pasque M, Trulock E, Cooper J y col. Single lung transplantation for pulmonary hypertension. Single institution experience in 34 patients. *Circulation* 1995; 92: 2252.
14. Chaudry KR, Ogawa S, Pauletto FJ y col. Biplane measurement of left and right ventricular volumes using wide-angle cross sectional echocardiography. *Am J Cardiol* 1978; 41: 391.
15. Braunwald E. Heart disease. A Textbook of Cardiovascular Medicine (fifth ed). Philadelphia, WB Saunders Co, 1997; 384.
16. Anconina J, Danchin N, Selton-Suty C y col. Noninvasive estimation of right ventricular dP/dt in patients with tricuspid valve regurgitation. *Am J Cardiol* 1993; 71: 1495.
17. Anconina J, Danchin N, Selton-Suty C y col. Détermination du pic de la dérivée première de pression du ventricule droit. *Arch Mal Coeur* 1992; 85: 1317.
18. Imanishi T, Nakatani S, Yamada S y col. Validation of continuous wave Doppler-determined right ventricular peak positive and negative dP/dt: effect of right atrial pressure on measurement. *J Am Coll Cardiol* 1994; 23: 1638.
19. Cooper JW, Nanda N, Philpot y col. Evaluation of valvular regurgitation by color Doppler. *J Am Soc Echocardiography* 1989; 2: 56.
20. Schuster AH, Nanda NC. Doppler echocardiography measurements of cardiac output. Comparison with non golden standard. *Am J Cardiol* 1984; 53: 527.
21. Yock PG, Popp RL. Noninvasive estimation of right ven-

- tricular systolic pressure by Doppler ultrasound in patient with tricuspid regurgitation. *Circulation* 1984; 70: 657.
22. Kreutzer E, Quilindro A y col. Distribución y dinámica del flujo pulmonar en los diferentes bypass del ventrículo derecho. *Rev Argent Cardiol* 1995; 63: 565.
23. Hines R. Right ventricular function and failure: a review. *Yale J Biol Med* 1991; 64: 295.