

Ricardo A Migliore, \* María E Adaniya, \* Guillermo Miramont, \* Florencio T Guerrero, \*  
Horacio Tamagusuku \*

## RESUMEN

**Antecedentes:** La  $dP/dt$  positiva del VI puede estimarse en forma no invasiva a través del jet de insuficiencia mitral (IM), mediante el cálculo de la velocidad de ascenso de la presión (VAP) desde 1 a 3 m(seg). **Objetivo:** Establecer si dicho cálculo se realiza durante el periodo de contracción isovolumétrica (CI). **Método:** Se estudiaron 38 pacientes con edad promedio de  $51 \pm 8$  años, portadores de IM de diversas etiologías. La CI se calculó como la diferencia entre el periodo pre-ejectivo y el Q-primer ruido ( $R_p$ ). Se midió la velocidad del jet de IM al comienzo y al final de la CI para estimar la VAP durante la CI y el tiempo desde 1 m(seg) al  $R_p$  ( $T1-R_p$ ) para evaluar la diferencia entre ambos métodos. **Resultados:** No hubo diferencias entre la VAP 1 a 3 m(seg) y VAP (CI). El  $T1-R_p$  fue de  $26 \pm 24$  msec indicando que la medición de la VAP 1 a 3 m(seg) fue realizada antes del comienzo de la CI. **Conclusión:** La estimación de la  $dP/dt$  del VI de 1 a 3 m(seg) se efectúa antes del comienzo de la CI.

## SUMMARY

NON-INVASIVE ASSESSMENT OF LEFT VENTRICULAR DP/DT: IS THE MEASUREMENT MADE DURING ISOVOLUMETRIC CONTRACTION?

Left ventricular  $dP/dt$  is estimated from mitral regurgitation (MR) jet as the rate of pressure rise (RPR) from 1 to 3 m/sec. In order to establish if this measure is made during the isovolumetric contraction (IC), we with MR studied 38 patients (age average  $51 \pm 8$  years) of different etiology. IC was estimated as pre-ejection time minus Q-first sound ( $S_1$ ). Velocity of the MR was measured at the onset and at the end of IC to estimate RPR during IC and time from 1 m/s to  $S_1$  ( $T1-S_1$ ) to indicate the mismatch between the two methods. **Results:** There was not difference between RPR 1 to 3 m/s and RPR (IC).  $T1-S_1$  was  $26 \pm 24$  ms indicating that the measure of RPR 1 to 3 m/s was made prior to the onset of IC. **Conclusion:** Noninvasive assessment of left ventricular  $dP/dt$  from 1 to 3 m/s is made prior to the onset of IC.

## RESUME

EVALUATION INDIRECTE DU DP/DT VENTRICULAIRE GAUCHE CETTE DETERMINATION SE REALISE-T-ELLE PENDANT LA CONTRACTION ISOVOLUMETRIQUE?

**Antécédents:** Le rapport  $dP/dt$  positif du ventricule gauche peut être évalué de façon indirecte par le jet de l'insuffisance mitrale (MI), moyennant le calcul de la vitesse de la montée de la pression (VAP) de 1 à 3 m/sec. **Objectif:** Etablir si ce calcul se réalise pendant la période de contraction isovolumétrique (CI). **Méthode:** On a étudié 38 malades âgés de  $51 \pm 8$  ans en moyenne, atteints d'insuffisance mitrale d'étiologies diverses. La CI a été déterminée comme la différence entre la période pré-ejective et celle Q-premier bruit ( $R_p$ ). On mesure la vitesse du jet d'IM tout au début et à la fin de la CI pour évaluer la VAP pendant la CI aussi bien que le temps entre 1 m/sec et  $R_p$  ( $T1-R_p$ ) afin d'évaluer la différence entre les deux méthodes. **Résultats:** Il n'y eut aucune différence entre la VAP 1 à 3 m/sec et la VAP (CI). L'intervalle  $T1-R_p$  a été de  $26 \pm 24$  msec en montrant que la détermination de la VAP 1 à 3 m/sec a été réalisée avant le début de la CI. **Conclusion:** L'évaluation du rapport  $dP/dt$  du ventricule gauche de 1 à 3 m/sec se réalise avant le début de la CI.

**Palabras clave:** Doppler cardiaco. Insuficiencia mitral. Primera derivada de la presión del ventrículo izquierdo.  
**Key words:** Doppler echocardiography. Mitral regurgitation. First derivative of the left ventricular pressure.

\*Del Hospital Eva Perón, Cerrito 2569, San Martín (1650), Pcia. de Buenos Aires, Argentina  
Aceptado: 29 de agosto de 2000

## INTRODUCCIÓN

**L**a primera derivada de la curva de ascenso de la presión intraventricular (dP/dt) del ventrículo izquierdo (VI) es un índice de función ventricular que se ha utilizado desde principios de la década del 60.<sup>1</sup> Si bien el valor de la dP/dt pico está influenciado por la pre y poscarga, su utilización sigue siendo útil sobre todo en investigación clínica cuando se intenta caracterizar el nivel inotrópico.<sup>2</sup> El desarrollo de catéteres con transductores de presión de muy pequeñas dimensiones (micromanómetros) y el progreso en la digitalización de las curvas de presión intraventricular ha hecho que la determinación de la dP/dt sea simple y reproducible.<sup>3,4</sup> La aparición del Doppler cardíaco ha permitido determinar la dP/dt en forma no invasiva, a través de su estimación mediante la curva de velocidad de la insuficiencia mitral registrada con Doppler continuo.<sup>5</sup> Para ello se toman los valores de velocidad de la curva del jet de insuficiencia mitral a intervalos de tiempo regulares (cada 5 ó 10 milisegundos) y se convierten a unidades de presión (mmHg) utilizando la ecuación de Bernoulli modificada. Una vez obtenida la reconstrucción de la curva de presión se puede calcular la dP/dt pico positiva y negativa (*Figura 1*). Bargiggia<sup>6</sup> describió un método simplificado para determinar la dP/dt, que consiste en realizar el cociente entre el incremento de presión ( $\Delta P$ ) entre 1 m(seg) de velocidad (equivalente a 4 mmHg) y 3 m(seg) (equivalente a 36 mmHg), el cual es de 32 mmHg, y el tiempo que tarda dicho incremento en producirse ( $\Delta t$ ).

De esta manera:

$$dP/dt = \Delta P/\Delta t = (36 \text{ mmHg} - 4 \text{ mmHg})/dt = 32 \text{ mmHg}/\text{dt}$$

En realidad el parámetro calculado como dP/dt, de acuerdo a este método, no es una velocidad instantánea, sino un cociente entre diferencias ( $\Delta P/\Delta t$ ), por lo que tal vez sería más conveniente denominarlo dP/dt “media” para diferenciarlo de la dP/dt pico o instantánea que se muestra en la *Figura 1*.

Clásicamente se define a la dP/dt como un índice de función ventricular del periodo *pre-ejectivo*, diferente de la fracción de eyección o la fracción de acortamiento que son índices del *periodo eyectivo*. Teóricamente la dP/dt ocurre en el intervalo de tiempo desde el cierre de la válvula mitral hasta la apertura de la válvula aórtica, en el periodo de tiempo denominado contracción isovolumétrica o isométrica.<sup>7</sup> De acuerdo a ello, utilizando el método descripto por Bargiggia, el valor de 1 y 3 m(seg) debería estar incluido en el intervalo de tiempo entre el cierre mitral (primer ruido) y la apertura de la válvula aórtica (comienzo de la eyección ventricular), o sea durante la contracción isovolumétrica. Dado que dichos autores tomaron los valores de 1 y 3 m(seg) en forma empírica, el objetivo del presente trabajo fue determinar si la estimación no invasiva de la dP/dt se efectúa realmente durante la fase de contracción isovolumétrica.

## MÉTODOS

Se estudiaron prospectivamente 45 pacientes: 20 mujeres y 25 hombres con edad promedio de  $51 \pm 8$

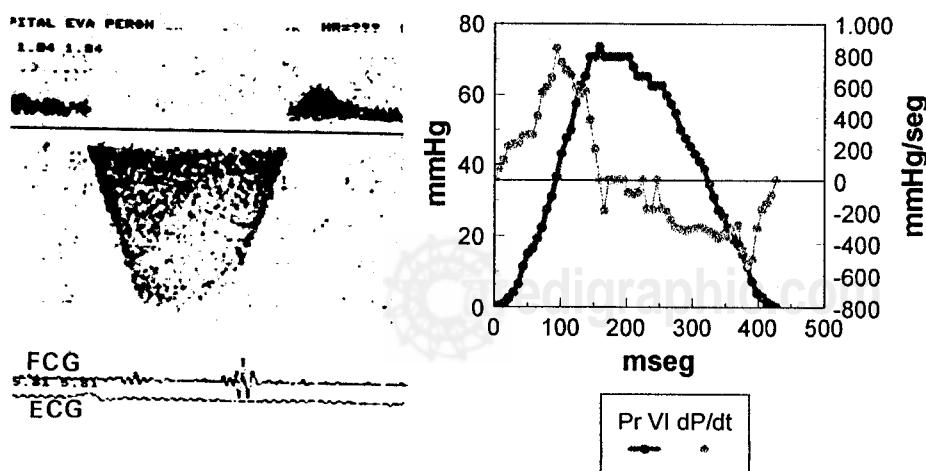


FIG. 1: Izquierda: registro de flujo Doppler de un paciente con insuficiencia mitral. Derecha: reconstrucción de la curva de presión intraventricular transformando la velocidad medida cada 7 msec en unidades de presión utilizando la ecuación de Bernoulli modificada. Puede observarse la curva de la dP/dt con su dP/dt pico positiva y negativa.

años portadores de insuficiencia mitral evaluada por Doppler cardiaco. Catorce pacientes eran portadores de miocardiopatía dilatada (6 pacientes con enfermedad de Chagas), 15 pacientes con cardiopatía isquémica crónica, 6 pacientes con prolapsio de válvula mitral y 10 pacientes con insuficiencia mitral reumática (pura en 5 pacientes y con estenosis mitral leve en 5 pacientes). A todos los pacientes se les efectuó ecocardiograma modo M, bidimensional y Doppler color, continuo y pulsado con equipos Tohiba Sonolayer SSH60 A y 140 A. El registro de Doppler se realizó simultáneamente con un micrófono de fonocardiografía (FCG) ubicado en mesocardio y la derivación electrocardiográfica DII para medir el intervalo P-R. Cuando el primer ruido cardíaco (R1) presentaba amplitud disminuida en el registro, su comienzo fue definido con el registro simultáneo del cierre de la válvula mitral en el modo-M.<sup>8</sup> El componente aórtico del segundo ruido (A2) fue definido de la misma manera, utilizando el cierre de la válvula aórtica en el modo-M o el ruido de cierre en el registro Doppler. El diámetro diastólico del VI (DDVI) y el diámetro sistólico (DSVI) fueron medidos de acuerdo a las recomendaciones de la ASE<sup>9</sup>. La curva de velocidad de flujo del tracto de salida de referencia VI (TSVI) se obtuvo con Doppler pulsado en la vista de cinco cámaras apical. Al registrar el jet de regurgitación mitral con Doppler continuo (DC), se puso especial cuidado en delinear el borde de la señal espectral lo más claramente posible, alineando el transductor para tal efecto, guiándose por la señal de audio y la espectral. A todos los pacientes se les registró la tensión arterial con esfigmomanómetro en el brazo derecho en decúbito lateral izquierdo antes de comenzar el estudio, comparando el valor de la tensión sistólica con el gradiente máximo obtenido a través del jet de regurgitación mitral registrado con DC. Dicho valor fue inferior a la tensión arterial sistólica en todos los pacientes, indicando correcta alineación del transductor.<sup>6</sup> La insuficiencia mitral fue evaluada en forma semicuantitativa en grado 1+ a 3+<sup>10</sup>. Todos los registros Doppler fueron efectuados a una velocidad de 50 y 100 mm/seg y el estudio completo fue grabado en videocasete para su posterior análisis. Las mediciones efectuadas se tomaron del promedio de entre 3 y 5 ciclos cardiacos consecutivos. Los registros con DC de regurgitación mitral fueron clasificados en tres tipos de acuerdo a su calidad:

- *Óptimo*: si se delineaba correctamente todo el contorno de la señal espectral del jet de regurgitación mitral en su totalidad o en su porción descendente y pico, y además se definían adecuadamente las primeras vibraciones rápidas del primer ruido (R1) en el FCG.
- *Regular*: si no se delineaba correctamente la señal espectral o no se podía definir el comienzo del primer ruido.
- *Deficiente*: si no se podía registrar el R1 o la señal espectral era muy poco definida.

Treinta y ocho pacientes (84%) presentaron registros óptimos, y sobre ellos se midieron los siguientes parámetros (*Figura 2*):

1. **Periodo eyectivo del VI (PE) (mseg)**: desde el comienzo de la curva de flujo del VI hasta el fin.
2. **Q-A2 (mseg)**: desde el comienzo de la onda Q del ECG a las primeras vibraciones rápidas del segundo ruido.
3. **Periodo pre-eyectivo (PPE) (mseg)**: (Q-A2)-PE
4. **Q-R1 (mseg)**: desde la onda Q a las primeras vibraciones del R1.
5. **Contracción isovolumétrica (CI) (mseg)**: PE-PPE
6. **Tiempo desde 1 a 3 m/seg ( $t_{1-3}$ ) (mseg)**: tiempo desde 1 m/seg hasta 3 m/seg medido sobre el registro espectral de la regurgitación mitral con DC.
7.  **$V_1$  (m/seg)**: velocidad medida sobre el registro de la regurgitación mitral, al comienzo de la contracción isovolumétrica, o sea sincrónico con el comienzo del primer ruido.
8.  **$V_2$  (m/seg)**: velocidad medida sobre el registro de la regurgitación mitral, al final de la CI.
9. **T 1-R<sub>1</sub> (mseg)**: intervalo entre 1 m/seg (DC) y R<sub>1</sub>.

**Cálculos**: la fracción de acortamiento (FA) del VI se determinó como:

$$FA = ((DDVI-DSVI)/DDVI) \times 100.$$

La dP/dt fue calculada por el método convencional (dP/dt  $t_{1-3}$ ) descrito por Bargiggia y durante la contracción isovolumétrica (dP/dt CI), para lo

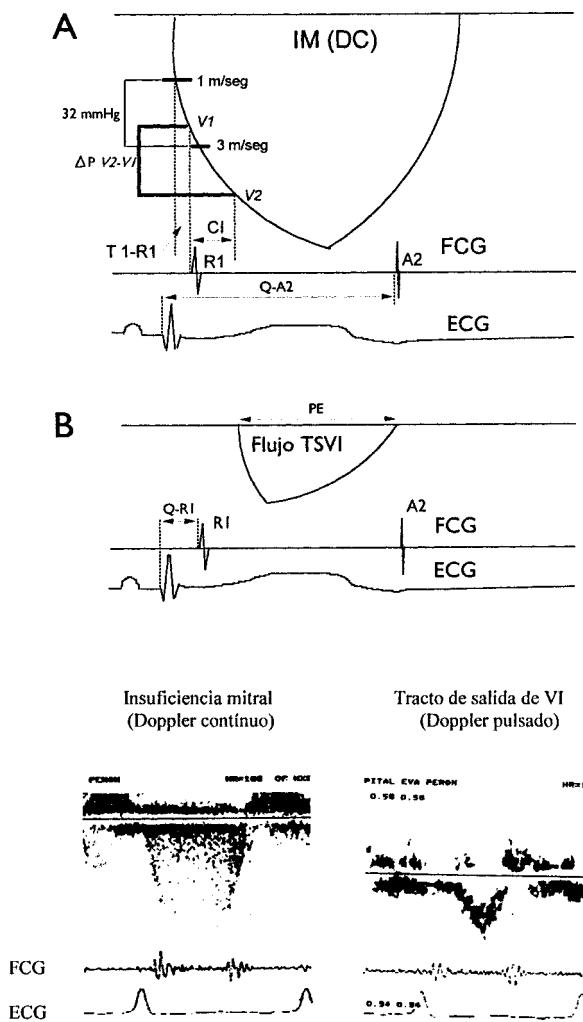


FIG. 2: Intervalos de tiempos medidos (explicación en el texto), en A sobre el registro de insuficiencia mitral y en B a nivel del tracto de salida del VI. IM: insuficiencia mitral; DC: Doppler continuo; FCG: fonocardiograma; ECG: electrocardiograma; CI: contracción isovolumétrica; PE: periodo eyectivo; TSVI: tracto de salida del ventrículo izquierdo; R1: primer ruido cardíaco; A<sub>2</sub>: componente aórtica del segundo ruido cardíaco. Inferior: registros del jet de insuficiencia mitral (izquierda) y del flujo del TSVI (derecha).

cual se reemplazó las velocidades de 1m/seg y 3 m/seg por V<sub>1</sub> y V<sub>2</sub> respectivamente, realizando la conversión a mmHg según la ecuación de Bernoulli simplificada, y como denominador se utilizó el tiempo que dura la contracción isovolumétrica.

De esta manera:

$$dP/dt t_{1-3} = 32 \text{ mmHg}/t_{1-3}$$

$$dP/dt CI = (4V_2^2 - 4V_1^2)/CI$$

**Análisis estadístico:** las variables cuantitativas fueron expresadas como valores promedio  $\pm$  1 desvió estándar. Para el análisis de diferencias entre grupos se utilizó el test t de Student. La concordancia entre los dos métodos se estudió mediante el análisis de Bland-Altman.<sup>11</sup> Se realizó análisis de correlación y regresión simple para la relación entre variables numéricas, y para determinar la predicción de variables independientes se utilizó análisis de regresión múltiple escalonada hacia delante.<sup>12</sup> Una p < 0.05 fue considerada diferencia significativa. La variación interobservador se estudió en 22 pacientes, siendo la correlación entre dos de ellos (RAM y MEA) de r = 0.95 con una variabilidad de 4  $\pm$  4%.

## RESULTADOS

La insuficiencia mitral fue leve en 19 pacientes (50%), moderada en 16 pacientes (42%) y severa en 3 pacientes (8%). La duración de la CI fue similar a la del intervalo t<sub>1-3</sub> (50  $\pm$  24 msec y 51  $\pm$  24 msec respectivamente, NS).

**Correlación entre la dP/dt CI y la dP/dt t<sub>1-3</sub>:** el valor de dP/dt CI fue 873  $\pm$  427 mmHg/seg, ligeramente superior al dP/dt t<sub>1-3</sub> de 768  $\pm$  324 mmHg/seg, aunque la diferencia no fue estadísticamente significativa. La velocidad V<sub>1</sub> fue de 1.9  $\pm$  0.9 m/seg y la velocidad V<sub>2</sub> de 3.6  $\pm$  0.7 m/seg, siendo ambas velocidades mayores que las utilizadas empíricamente (1 y 3 m/seg) (p < 0.001). La correlación entre los dos métodos de estimación de la dP/dt fue aceptable (r = 0.62 p < 0.001). La concordancia entre los dos métodos según el análisis de Bland-Altman se observa en la Figura 3 siendo la diferen-

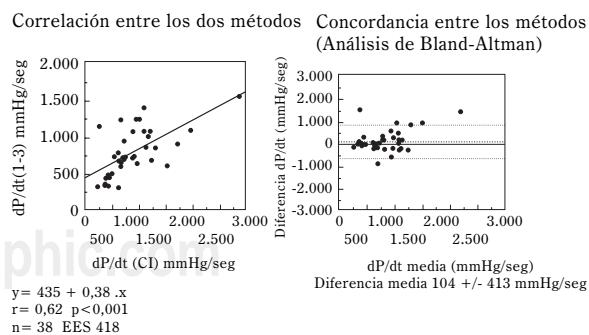


FIG. 3: Correlación, regresión y concordancia entre la dP/dt medida durante la contracción isovolumétrica y el método convencional.

cia media entre los dos métodos de  $104 \pm 413$  mmHg/seg. El  $\Delta P$  calculado de acuerdo a la ecuación de Bernoulli entre  $V_2$  y  $V_1$  fue de  $36 \pm 19$  mmHg, el cual representa el incremento de presión durante la CI. Este valor no fue diferente del utilizado por el método convencional de estimación de la  $dP/dt$  (32 mmHg) (NS).

**Tiempo T<sub>1</sub>-R<sub>1</sub>:** el tiempo T<sub>1-R<sub>1</sub></sub> promedio fue de  $26 \pm 24$  mseg, indicando que el valor de 1 m/seg de velocidad de flujo medido sobre el DC ocurre antes que el comienzo de la CI. Por lo tanto el tiempo T<sub>1-R<sub>1</sub></sub> indicaría el “desfasaje” entre el comienzo teórico de la CI en 1 m/seg y el comienzo real que ocurre con las primeras vibraciones del R<sub>1</sub>. En la Figura 4 se grafica la distribución de la frecuencia de los pacientes de acuerdo al valor de T<sub>1-R<sub>1</sub></sub>, observándose que 16 pacientes (42%) se ubicaron entre 0 y 20 mseg, 21 pacientes (55%) entre 20 y 40 mseg y sólo un paciente (3%) presentó un valor negativo (-10 mseg) indicando que el R<sub>1</sub> se registró antes del valor 1 m/seg.

**Análisis univariado:** en el análisis univariado (Tabla I) el T<sub>1-R<sub>1</sub></sub> se correlacionó positivamente con el intervalo P-R ( $r = 0.54$   $p < 0.001$ ) y con el tiempo Q-R<sub>1</sub> ( $r = 0.48$   $p < 0.01$ ) (Figura 5). La correlación fue inversa y logarítmica con la FA ( $r = -0.53$   $p < 0.001$ ) y la  $dP/dt$  t<sub>1-3</sub> ( $r = -0.59$   $p < 0.001$ ) (Figura 5).

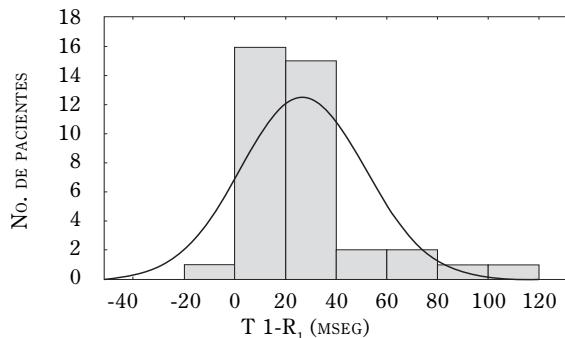


FIG. 4: Distribución de frecuencias del intervalo T<sub>1-R<sub>1</sub></sub>.

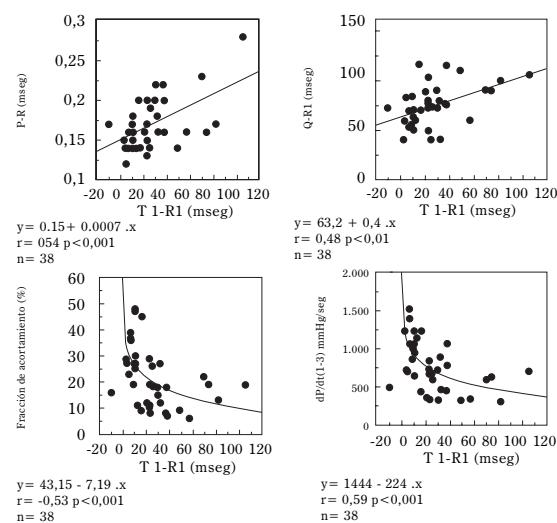


FIG. 5: Correlación del T<sub>1-R<sub>1</sub></sub> con el intervalo P-R1, el intervalo Q-R1, la fracción de acortamiento y la  $dP/dt$  t<sub>1-3</sub>.

Tabla I.  
Análisis univariado: coeficientes de correlación r.

	dP/dt t <sub>1-3</sub>	dP/dt (CI)	T 1-R <sub>1</sub>	CI	T 1-3	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	$\Delta P$ (V <sub>2</sub> -V <sub>1</sub> )
P-R	0.33*	-0.09	0.54#	0.07	0.25	0.41*	0.20	-0.15
PPE	0.58#	-0.55#	0.22	0.78#	0.62#	-0.08	-0.02	0.03
PE	0.23	0.55#	-0.09	-0.29	-0.22	-0.09	0.18	0.34*
DDVI	-0.57#	-0.35*	0.36*	0.11	0.52#	0.18	-0.25	-0.42 <sup>o</sup>
DSVI	-0.77#	-0.50#	0.46 <sup>o</sup>	0.28	0.73#	0.25	-0.23	-0.46 <sup>o</sup>
FA	0.70#	0.50#	-0.38*	-0.33*	-0.65#	-0.28	0.14	0.40 <sup>o</sup>
Diferencia entre dP/dt t <sub>1-3</sub> y dP/dt CI	0.01	0.79#	0.23	-0.40*	-0.02	0.37*	0.52	0.35*
Q-R <sub>1</sub>	-0.35*	-0.12	0.48 <sup>o</sup>	0.05	0.28	0.40*	0.15	-0.16
Q-A <sub>2</sub>	-0.17	0.14	0.05	0.27	0.22	-0.15	0.15	0.36*

\*p < 0.05

#p < 0.01

#p < 0.001

Abreviaturas: P-R: intervalo de conducción aurículo-ventricular; PPE: periodo pre-eyectivo del VI; PE: periodo eyectivo del VI; DDVI: diámetro diastólico del VI; DSVI: diámetro sistólico del VI; FA: fracción de acortamiento del VI; Q-R<sub>1</sub>: intervalo entre la onda Q del ECG y el primer ruido cardiaco; Q-A<sub>2</sub>: intervalo entre la onda Q del ECG y el componente aórtico del segundo ruido cardiaco; CI: contracción isovolumétrica; T<sub>1-3</sub>: tiempo entre 1 y 3 m/seg de velocidad de flujo medido sobre el registro de Doppler continuo; T 1-R<sub>1</sub>: tiempo entre 1 m/seg (Doppler continuo de la insuficiencia mitral) y el primer ruido cardiaco;  $\Delta P$  (V<sub>2</sub>-V<sub>1</sub>): diferencia de presión entre V<sub>2</sub> y V<sub>1</sub> utilizando la ecuación de Bernoulli modificada; dP/dt t<sub>1-3</sub>: primera derivada de la presión del VI calculada por el método convencional; dP/dt (CI): idem calculada durante el periodo de contracción isovolumétrica.

**Análisis de regresión lineal múltiple:** el análisis de regresión lineal múltiple se muestra en la *Tabla II*. En la columna de la derecha se presenta el valor acumulativo de R múltiple que se realizó en cinco pasos. La ecuación de regresión múltiple para predecir el intervalo T 1-R<sub>1</sub> incluyó cinco variables: el intervalo P-R, V<sub>1</sub>, t<sub>1-3</sub>, CI y Q-R<sub>1</sub>. Sólo el tiempo t<sub>1-3</sub> fue identificado como variable independiente ( $p < 0.01$ ) para predecir el intervalo T 1-R<sub>1</sub>. La *Figura 6* muestra tres pacientes con valores de dP/dt t<sub>1-3</sub> y dP/dt CI muy similares a pesar de ser calculados a partir de velocidades diferentes (V<sub>2</sub> y V<sub>1</sub>) y tiempos distintos (t<sub>1-3</sub> y CI), especialmente en A y B. En C los valores de dP/dt no difieren casi entre sí, estando ambas medidas “desfasadas” en 105 mseg de acuerdo al valor de T1-R<sub>1</sub>. Estos hallazgos se ex-

**Tabla II.**  
Regresión lineal múltiple  
(escalonada hacia adelante)  
T 1-R<sub>1</sub> como variable dependiente

Variables	Paso	Valor de R múltiple acumulado
P-R	1	0.54
P-R, V1	2	0.63
P-R, V1, t 1-3	3	0.73
P-R, V1, t 1-3, CI	4	0.76
P-R, V1, t 1-3, CI, Q-R1	5	0.77

Ecuación de regresión:

$$T1-R1 = (205 \times P-R + 6.7 \times V1 + 0.49 \times t1-3 - 0.3 \times CI + 0.17 \times Q-R1) - 43.57$$

Variable independiente: t (1-3)  $p < 0.01$

Abreviaturas: similares a la *Tabla 1*.

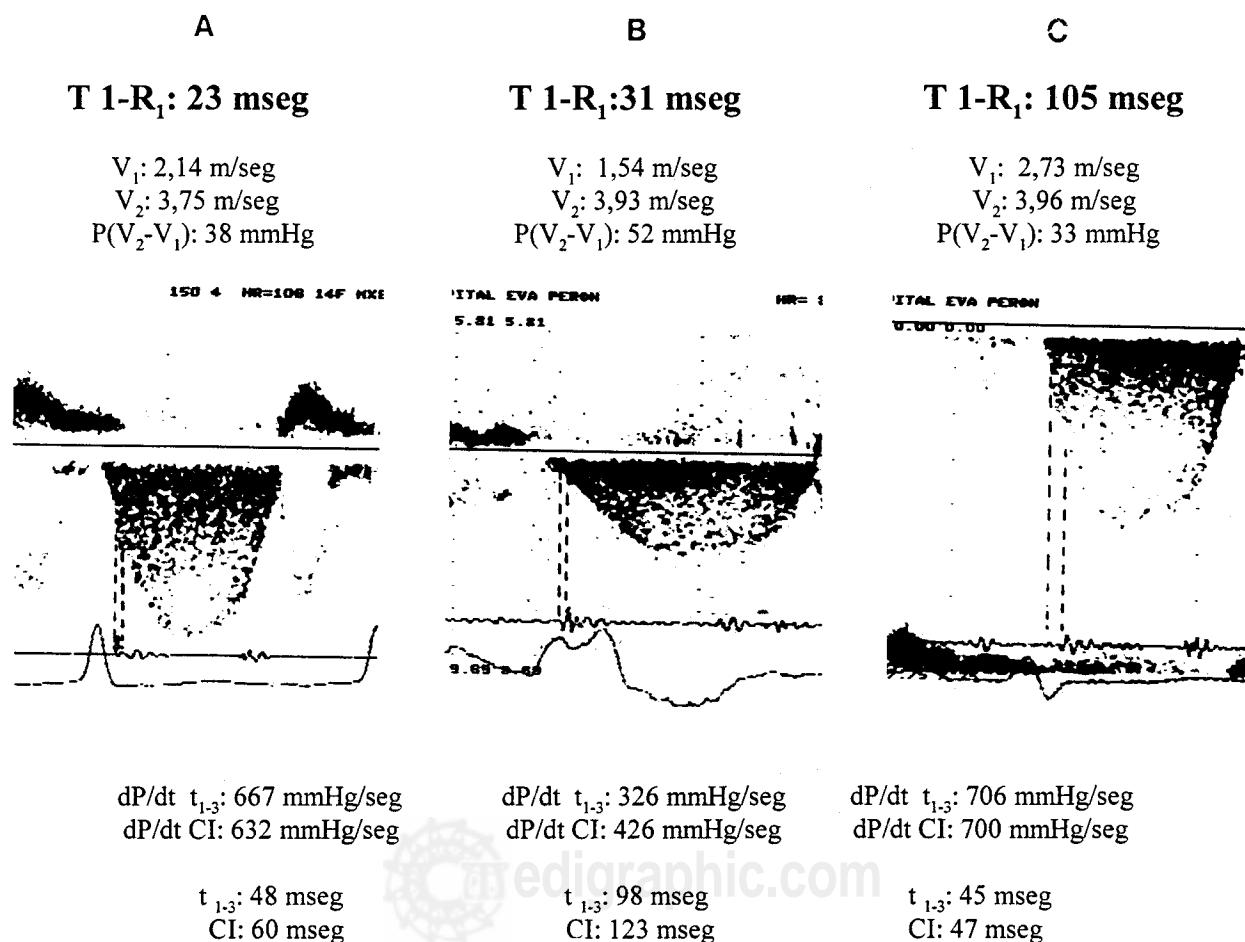


FIG. 6: (A, B y C). Ejemplos de tres pacientes con diferentes valores de dP/dt y T1-R1. Con línea punteada se indica el punto que corresponde a 1 m/seg (línea de la izquierda) y al comienzo del R1 (línea de la derecha), el tiempo de separación entre ambas líneas corresponde al intervalo T1-R1.

plicarían por el hecho de que ambas mediciones ( $dP/dt$   $t_{1-3}$  y  $dP/dt$  CI) equivalen a la pendiente de ascenso de la curva tomada en un intervalo de tiempo entre dos puntos (separados por más de 40 mseg), y no en forma instantánea ( $dP/dt$  pico). Esto se cumple siempre y cuando la morfología de la curva de velocidad de flujo Doppler tenga un perfil uniforme.

**Morfología de la curva de velocidad de flujo de la insuficiencia mitral:** en la *Figura 7* se observan 3 registros correspondientes a pacientes con insuficiencia mitral en los cuales el perfil de la curva no es uniforme. Segundo puede observarse en la *Figura 6* y en la *Figura 7* en A y C, las primeras vibraciones del RI se corresponden con una muesca en la curva de velocidad Doppler. Este hallazgo fue frecuente, y se registró en 27 de los 38 pacientes (71%) e indicaría que el cierre de la válvula mitral produce un cambio en el gradiente VI-AI que permitiría establecer el comienzo de la CI en un gran porcentaje de casos, sin necesidad de utilizar un registro de fonoecardiograma simultáneo. Esta observación no ha sido reportada, y puede verificarse la presencia de dicha muesca en registros publicados previamente.<sup>13,14</sup>

## DISCUSIÓN

### La $dP/dt$ pico como índice de nivel inotrópico

La velocidad de ascenso pico de la presión intraventricular o  $dP/dt$  es un parámetro útil para caracterizar el nivel inotrópico de VI y VD.<sup>2</sup> El ascenso de la presión en el VI comienza primero en forma lenta (fase bradibárica), y luego del cierre de la válvula mitral en forma más rápida hasta la apertura de la válvula aórtica, posteriormente a lo cual el ascenso disminuye progresivamente hasta estabilizarse durante un pequeño intervalo de tiempo, iniciándose luego el proceso de relajación ventricular. La primera derivada de la presión intraventricular es el registro de la velocidad con que se producen estos cambios.<sup>2</sup> Su curva presenta un punto máximo de velocidad ( $dP/dt$  pico) positivo que se corresponde con la contracción ventricular, y otro punto máximo negativo que coincide con la relajación ventricular. La  $dP/dt$  pico positiva se produce en general en el momento de la apertura de la válvula aórtica, cuando el ventrículo desarrolla su máxima presión isovolumétrica.<sup>2</sup> Un aumento de la  $dP/dt$  pico implica un aumento del nivel inotrópico mientras no se alteren otras variables hemodinámicas<sup>2</sup> como la pre y la poscarga. En efecto, un aumento de

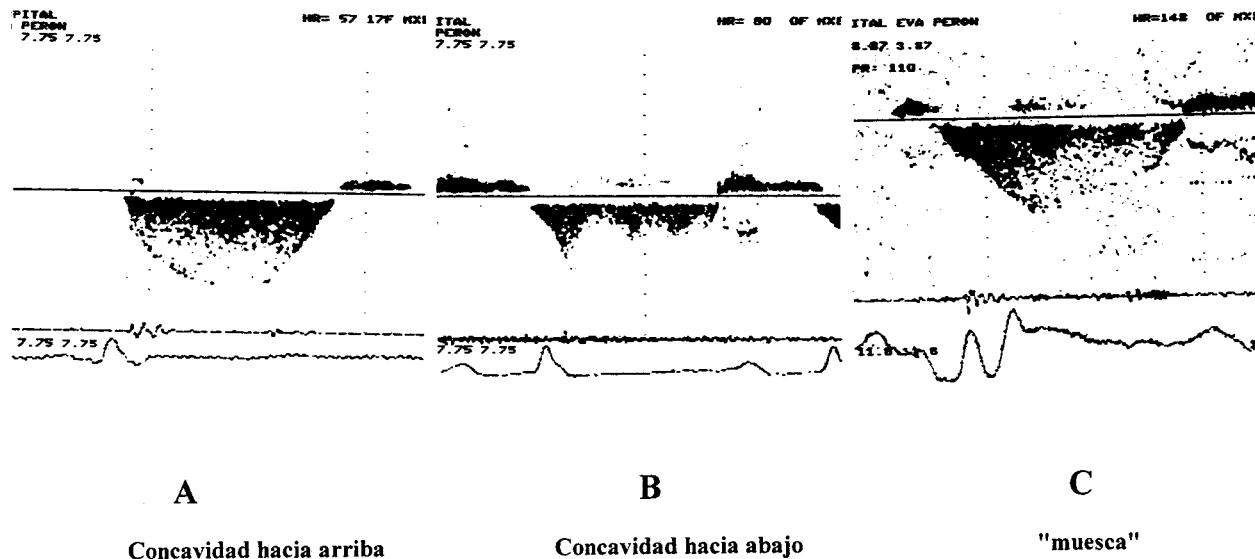


FIG. 7: (A, B y C). Tres morfologías diferentes de contornos de flujo Doppler continuo de insuficiencia mitral.

precarga expresado a través de un incremento del volumen o presión de fin de diástole, eleva el valor de la dP/dt aunque el nivel intrópico no se halla modificado.<sup>15</sup> Un aumento de la poscarga (HTA) puede producir un incremento de la dP/dt pico sin que ello implique cambios del inotropismo, debido a que se extiende el periodo de tiempo en el cual el trabajo cardíaco desarrolla presión y no impulsa flujo.<sup>16</sup> El aumento de la FC también induce aumento de la dP/dt pico.<sup>2</sup> Sin embargo, la dP/dt pico es útil para investigar los cambios del inotropismo en un paciente en particular cuando permanecen constantes las condiciones de carga.<sup>17</sup>

### **Estimación no invasiva de la dP/dt**

Hatle<sup>13</sup> fue la primera en describir la asociación entre la velocidad de ascenso de la curva de insuficiencia mitral y la función sistólica. Posteriormente Bargiggia<sup>6</sup> desarrolló un método para su medición utilizando dos puntos elegidos empíricamente sobre dicha curva, a 1 y 3 m/seg. Otros autores<sup>5,14</sup> confirmaron estos hallazgos y reportaron una buena correlación entre la morfología de la curva de presión intraventricular registrada con micromanómetro y la curva de insuficiencia mitral obtenida por Doppler continuo. Su determinación ha demostrado ser útil y reproducible en la práctica diaria. Una aparente contradicción del método es que se puede calcular sólo en los pacientes con insuficiencia mitral, ya que por definición, si el paciente presenta una regurgitación valvular el periodo de contracción isovolumétrico no sería tal, debido a que cierto volumen es expulsado del VI durante dicho periodo. Sin embargo, los estudios en los cuales se correlacionó la medición de la dP/dt pico obtenida por digitalización de los trazados Doppler con la obtenida por catéteres micromanómetros mostraron una excelente correlación.<sup>5,6,15</sup> El grado de insuficiencia mitral tampoco parece influir, siendo incluso propuesta la estimación de la dP/dt no invasiva como un predictor independiente de la función ventricular izquierda posoperatoria en pacientes que son sometidos a cirugía de la válvula mitral.<sup>18</sup>

### **¿La estimación de la dP/dt se efectúa durante la contracción isovolumétrica?**

Un aspecto no establecido es si la medición de la dP/dt se efectúa realmente durante el periodo de

contracción isovolumétrica, ya que los valores 1 y 3 m/seg han sido establecidos empíricamente. Este punto fue el objetivo del trabajo, para lo cual se midió el tiempo T 1-R<sub>1</sub> como un índice del desfasaje o “mistmach” entre el punto inicial de la medición determinada empíricamente (1 m/seg) y el comienzo de la contracción isovolumétrica con el R<sub>1</sub>. El tiempo T 1-R<sub>1</sub> fue mayor de 20 msec en el 55% de los pacientes y en el 42% entre 0 y 20 msec, lo cual indica que la medición por el método convencional se efectúa en general antes del inicio del periodo de contracción isovolumétrica, en el comienzo de la contracción ventricular (fase bradibárica),<sup>19</sup> que es el mecanismo por el cual se completa el cierre de la válvula mitral.<sup>20</sup> Laniado<sup>21</sup> demostró con registros simultáneos de presiones en aorta, aurícula izquierda y VI con micromanómetro, que el cierre de la válvula mitral se producía 20 a 40 msec después del cruce de presiones de AI-VI. Es precisamente durante este periodo, en que se registra el comienzo de la curva de flujo Doppler de regurgitación mitral, y que incluye el punto de 1 m/seg. El tiempo T 1-R<sub>1</sub> se correlacionó inversamente con la función sistólica del VI expresada a través de la fracción de acortamiento o dP/dt t<sub>1-3</sub>, sugiriendo que cuanto más deprimida está la función sistólica, más posibilidades habrá de que el punto de medición de 1 m/seg se adelante al comienzo de la contracción isovolumétrica. En el análisis multivariado la única variable independiente predictora del tiempo T 1-R<sub>1</sub> fue el intervalo t<sub>1-3</sub>, el cual se relaciona con la función sistólica, ya que es el denominador del cálculo de la dP/dt t<sub>1-3</sub>.

### **Correlación entre la dP/dt CI y la dP/dt t<sub>1-3</sub>**

Es interesante puntualizar que, a pesar de que la dP/dt es evaluada en distintos momentos por los dos métodos utilizados, los valores obtenidos no difieren significativamente. Estos hallazgos pueden deberse a que el parámetro calculado no es la dP/dt pico o instantánea, sino un parámetro relacionado con ella, que en realidad corresponde a una dP/dt “media”. De esta forma la dP/dt media se podría medir por un método u otro, sin que los resultados sean muy distintos. Sin embargo, para que esto ocurra se debe efectuar la medición sobre una curva Doppler de insuficiencia mitral con un contorno uniforme, y esto no siem-

pre ocurre como puede observarse en la *Figura 7*. En la *Figura 7-A* se observa una curva de flujo Doppler con concavidad hacia arriba, en B con la concavidad hacia abajo y en C con una muesca, tres ejemplos de curvas sin contorno uniforme. En estos casos creemos que es útil calcular la dP/dt CI por el método propuesto por nosotros, ya que el método convencional puede inducir a un error significativo en la estimación de la dP/dt. Para ello puede ser útil tomar como referencia la muesca que aparece en el contorno de la curva de velocidad de flujo Doppler que coincide con el RI, o sea el comienzo de la CI.

## CONCLUSIÓN

De acuerdo con nuestros hallazgos, la estimación de la dP/dt por el método convencional se efectúa antes del comienzo del periodo de contracción isovolumétrica. No obstante ello creemos que dicho método es muy útil por lo simple de su medición, pero que no se debería aplicar cuando el contorno de la curva de velocidad de flujo Doppler de insuficiencia mitral sea de forma curvilínea o presente muescas significativas en su descenso. En esta última situación el método de la dP/dt CI sería más adecuado.

## REFERENCIAS

1. GLEASON WL, BRAUNWALD E: *Studies the first derivative of the ventricular pressure pulse in man*. J Clin Invest 1962; 41: 80-91.
2. MASON DT: *Usefulness and limitations of the rate of rise of intraventricular pressure (dP/dt) in the evaluation of myocardial contractility in man*. Am J Cardiol 1969; 23: 516-27.
3. GROSSMAN W: *Pressure measurement*. En: Baim DS, Grossman W. *Cardiac catheterization, angiography, and intervention*. Fifth edition, Baltimore. Williams & Wilkins 1996: 141.
4. LITTE WC: *The left ventricular dP/dt max-end diastolic volume relation in closed-chest dogs*. Circ Res 1995; 56: 808-15.
5. CHEN CH, RODRIGUEZ L, GUERRERO JL, MARSALL S, LEVINE RA, WEYMAN AE ET AL: *Noninvasive estimation of the instantaneous first derivative of left ventricular pressure using continuous-wave Doppler echocardiography*. Circulation 1991; 83: 2101-10.
6. BARGIGGIA GS, BERTUCCI C, RECUSANI F, RAISARO A, DE SERVI S, VALDEZ-CRUZ LM ET AL: *A new method for estimating left ventricular dP/dt by continuous wave Doppler-echocardiography. Validation studies at cardiac catheterization*. Circulation 1989; 80: 1287-92.
7. HIRSCHFELD S, MEYER R, KORFHAGEN J, KAPLAN S, LIEBMAN J: *The isovolumic contraction time of the left ventricle. An echographic study*. Circulation 1976; 54: 751-6.
8. MILLS P, CRAIGE E: *Ecofonocardiografía*. Progresos en las enfermedades cardiovasculares 1979; 18: 520-53.
9. FEIGENBAUM H: *Echocardiography*, 5 th ed. Philadelphia. Lea & Febiger 1994: 660.
10. HELMCKE F, NANDA NC, HSIUNG MC, SOTO B, ADEY CK, GOYAL RG, ET AL: *Color Doppler assessment of mitral regurgitation with orthogonal planes*. Circulation 1987; 75: 175-83.
11. BLAND JM, ALTMAN DG: *Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement*. Lancet 1986; 1: 307-310.
12. GLANTZ SA, SLINKER BK: *Primer of applied regression and analysis of variance*. New York. McGraw-Hill, 1990: 265.
13. HATLE L, ANGELSEN B: *Doppler ultrasound in cardiology: physical principles and clinical applications*. 2 edition. Philadelphia. Lea & Febiger, 1985: 188-9.
14. CHUNG N, NISHIMURA RA, HOLMES DR, TAJIK J: *Measurement of left ventricular dP/dt by simultaneous Doppler echocardiography and cardiac catheterization*. J Am Soc Echocardiogr 1992; 5: 147-52.
15. MAHLER F, ROSS J, O'ROUKE RA, COVELL JW: *Effects of changes in preload, afterload and inotropic state on ejection and isovolumic phase measures of contractility in the conscious dog*. Am J Cardiol 1975; 35: 626-34.
16. FIFER MA, GUNTHER S, GROSSMAN W, MIRSKY I, CARABELLO B, BARRY WH: *Myocardial contractile function in aortic stenosis as determined from the rate of stress development during isovolumic systole*. Am J Cardiol 1979; 44: 1318-25.
17. MASON DT, BRAUNWALD E, COVELL JW, SONNENBLICK EH, ROSS J: *Assessment of cardiac contractility. The relation between the rate of pressure rise and ventricular pressure isovolumic systole*. Circulation 1971; 44: 47-58.
18. PAI RG, BANSAL RC, SHAH PM: *Doppler-derived rate of left ventricular pressure rise. Its correlation with postoperative left ventricular function in mitral regurgitation*. Circulation 1990; 82: 514-20.
19. FISHLEDER B: *Las fases del ciclo cardiaco: cronocardiometría*. En: *Exploración cardiovascular y fonomecanocardiografía clínica*. 2<sup>a</sup> edición. México. La Prensa Médica Mexicana, 1978: 169.
20. SHAVER JA, SALERNI R: *Auscultación del corazón*. En: Hurst JW. *El corazón*, 7<sup>a</sup> edición, México. Interamericana-McGraw-Hill, 1994: 187-188.
21. LANIADO S, YELLIN EL, MILLER H, FRATER RWM: *Temporal relation of the first heart sound to closure of mitral valve*. Circulation 1973; 47: 1006-10.