

Distintas variables hemodinámicas determinan la amplitud de las ondas de llenado mitral y de las propagadas al tracto de salida

JORGE ROISINBLIT*, GUSTAVO LANOSA, VERONICA VOLBERG†, CRISTIAN TIANO*, JOSE LUIS, ROLANDO BRUNOLDI, MARCOS BER, JORGE LERMAN*, DANIEL PIÑEIRO*

RESUMEN

Objetivos

Evaluar las variables fisiológicas determinantes de la velocidad de las ondas de llenado precoz (E) y tardío (A) y las propagadas al tracto de salida del ventrículo izquierdo (E_{TSVI} y A_{TSVI}).

Métodos

Se estudiaron 49 pacientes (30 mujeres) de 64 ± 18 años. Se midieron: velocidades de E, A, E_{TSVI} , A_{TSVI} y la pérdida de velocidades de E y A hasta el TSVI (E_{TSVI}/E y A_{TSVI}/A). Se evaluaron como propiedades de la función diastólica: velocidad de propagación de E (Vp), presión auricular izquierda ($PAI = 5,27E / Vp + 4,66$) constante de rigidez del VI ($K_{VI} = [0,07 / \text{tiempo de desaceleración de E (TD)]^2$) y presión de fin de diástole del VI ($PFDVI = 46 - 0,22TD - 0,10[2 / (E/A)]$) y como propiedades de la función sistólica el estrés de fibra (SF) y un índice de estiramiento ($[In(h_0/h)]$) al comienzo (c-e) y al final (f-e) de la eyección ventricular.

Resultados

En el análisis multivariado de regresión múltiple resultaron predictores independientes: 1) Vp sólo para E_{TSVI} , 2) K_{VI} para E, E_{TSVI} , A_{TSVI} y E_{TSVI}/E , 3) PFDVI para E, A y E_{TSVI} , 4) $[In(h_0/h)](c-e)$ para A_{TSVI} y A_{TSVI}/A y, finalmente, 5) $[In(h_0/h)](f-e)$ sólo para A_{TSVI}/A . Ninguno de los parámetros Doppler analizados se determinó por el SF.

Conclusiones

Este estudio indica que E, A y E_{TSVI} son determinadas exclusivamente por propiedades diastólicas del VI. Por el contrario, A_{TSVI} está determinada tanto por variables diastólicas como sistólicas. Respecto de las pérdidas de velocidad en el VI, E_{TSVI}/E depende sólo de propiedades diastólicas y A_{TSVI}/A sólo de propiedades sistólicas. REV ARGENT CARDIOL 2003; 71: 48-53.

Recibido: 4/2002

Aceptado: 9/2002

Dirección para separatas:

Daniel Piñeiro. Hospital de Clínicas "José de San Martín", Universidad de Buenos Aires. Arenales 2463 - Piso 2 "D" - (1124) Buenos Aires, Argentina. e-mail:dpineiro@intramed.net.ar

Palabras clave

> Ecocardiografía - Eco-Doppler - Función diastólica - Función sistólica

INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha avanzado de manera notable en el conocimiento de la fisiología de la diástole ventricular y en particular en los medios de evaluación de la función diastólica del ventrículo izquierdo (VI). No obstante, persisten algunas áreas oscuras, entre ellas el comportamiento de los flujos diastólicos dentro del VI. En este sentido han contribuido el modo M color del flujo mitral y el análisis de la onda precoz (E) y tardía (A) transmitidas al tracto de salida del VI (TSVI). Estas últimas se conocen como ondas E_{TSVI} y A_{TSVI} . Existen ciertos desacuerdos en los estudios publicados con referencia a las variables que influyen

tanto en su amplitud como en su retraso respecto de las ondas transmitrales E y A. (1-14)

El objetivo del presente trabajo fue el de determinar la diferencia entre las variables hemodinámicas que determinan la amplitud de las ondas de llenado mitral y aquellas que determinan la amplitud de las propagadas al tracto de salida, con el fin de evaluar la potencialidad clínica de la medición de estas últimas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Población

Se estudiaron en forma prospectiva 49 pacientes, 30 mujeres y 19 hombres, de 20 a 91 años (media \pm desvío estándar:

Premio "Oscar Arias" al mejor trabajo XXVIII Congreso Argentino de Cardiología

División de Cardiología, Hospital de Clínicas "José de San Martín", Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina

* Miembro Titular SAC

† Para optar a Miembro Titular SAC

64 ± 18 años). Las características de la población y los diagnósticos se resumen en la Tabla 1.

Se excluyeron los pacientes con estenosis mitral, prótesis mitral, ritmo no sinusal, PR anormal, insuficiencia aórtica significativa, angina inestable o infarto reciente.

Ecocardiograma y Doppler

El ecocardiograma, el Doppler pulsado y el Doppler color en modo M se realizaron con un equipo Apogee CX 200 (ATL, Bothell, Washington, USA) con un transductor combinado de ecografía y Doppler (2,5 MHz).

En el ecocardiograma transtorácico se midió el diámetro diastólico y sistólico del VI, el grosor del septum interventricular y de la pared posterior en diástole. Para el estudio del llenado del VI se localizó el tracto de entrada del VI en el plano de cuatro cámaras, desde la ventana apical. Mediante Doppler pulsado, ubicando un volumen de muestra de 3 mm a nivel del borde libre de las valvas de la válvula mitral, se registró el flujo anterógrado transmitral. Se midieron las velocidades E y A del llenado del VI y el tiempo de desaceleración de E (TD). Desplazando el volumen de muestra hacia el TSVI se registraron simultáneamente el flujo anterógrado mitral y el flujo de eyección ventricular para medir el tiempo de relajación isovolumétrica del VI (TRIV). Para registrar la velocidad de las ondas del llenado propagadas al tracto de salida del VI (E_{TSVI} y A_{TSVI}), éste se localizó en el plano de cuatro cámaras con la aorta (generalmente denominado de cinco cámaras) desde la ventana apical. Mediante Doppler pulsado se ubicó un volumen de muestra de 3 mm a 1 cm del plano valvular aórtico, en busca de la máxima amplitud de estas ondas (Figura 1). El Doppler color en modo M se registró de acuerdo con la técnica descrita con anterioridad. (15) Se modificó la línea de base del color de manera de obtener el primer *aliasing*. Se estimó la velocidad de propagación (V_p) como la pendiente del primer *aliasing*.

Cálculos

Se calcularon la fracción de acortamiento, la masa del VI, (16) el índice de masa del VI (dividiendo la masa del VI por la potencia 2,7 de la altura), (17) el estrés de fibra (SF) (18) y un índice de estiramiento [$\ln(h_0/h)$] al comienzo (c-e) y al final (f-e) de la eyección ventricular, (19) la relación E/A, la constante de rigidez del VI ($K_{VI} = 0,07/TD^2$), (20) la PFDVI ($PFDVI = 46 - 0,22TD - 0,10[2/(E/A)]$), (21) las relaciones E_{TSVI}/E y A_{TSVI}/A y la presión auricular izquierda ($PAI = 5,27E/V_p + 4,66$). (22)

Tabla 1
Características demográficas de la población

Edad (años)	64 ± 18
Sexo masculino (n [%])	19 (39%)
Peso (kg)	68 ± 11
Talla (cm)	164 ± 10
TAS (mm Hg)	128 ± 20
TAD (mm Hg)	72 ± 8
FC (lat/min)	68 ± 9
Diagnóstico:	
Normales	19
Hipertensión arterial	20
Enfermedad coronaria	6
Miocardiopatía dilatada	4

FC: frecuencia cardíaca. TAD: tensión arterial diastólica. TAS: tensión arterial sistólica.

ABREVIATURAS

A	Onda tardía
A_{TSVI}	Onda A del tracto de salida del VI
DDVI	Diámetro diastólico del VI
DSVI	Diámetro sistólico del VI
E	Onda precoz
E_{TSVI}	Onda E del tracto de salida del ventrículo izquierdo
$\ln(h_0/h)$ (c-e)	Índice de estiramiento al comienzo de la eyección del ventrículo izquierdo
$\ln(h_0/h)$ (f-e)	Índice de estiramiento al final de la eyección del ventrículo izquierdo
$\ln(h_0/h)$	Índice de estiramiento de la eyección ventricular
K_{VI}	Constante de rigidez del ventrículo izquierdo
PAI	Presión de la aurícula izquierda
PFDVI	Presión de fin de diástole del ventrículo izquierdo
SF (c-e)	Estrés de fibra al final de la eyección del ventrículo izquierdo
SF (f-e)	Estrés de fibra al final de la eyección del ventrículo izquierdo
TRIV	Tiempo de relajación isovolumétrica del ventrículo izquierdo
VI	Ventrículo izquierdo
V_p	Velocidad de propagación intraventricular del flujo anterógrado mitral

Estadística

Las variables discretas se expresan como porcentajes. Las variables continuas se explicitan como media ± desvío estándar. Las comparaciones entre variables se realizaron con la prueba de chi cuadrado. Las correlaciones univariadas se efectuaron con análisis de regresión. Los análisis multivariados se hicieron con análisis de regresión múltiple. Se consideró estadísticamente significativa una $p < 0,05$.

RESULTADOS

Los resultados del ecocardiograma y del Doppler se resumen en las Tablas 2 y 3.

En el análisis univariado la E se correlacionó en forma positiva con la PAI, con la K_{VI} y con la PFDVI; la A se correlacionó en forma negativa con la PFDVI; la E_{TSVI} se correlacionó en forma positiva con la V_p , la K_{VI} y la PFDVI; la A_{TSVI} se correlacionó en forma negativa con la K_{VI} , el SF (c-e), el SF (f-e), el índice $\ln(h_0/h)$ (c-e) y el índice $\ln(h_0/h)$ (f-e); la relación E_{TSVI}/E se correlacionó en forma positiva con la K_{VI} y la relación A_{TSVI}/A se correlacionó en forma negativa con el SF (c-e), el SF (f-e), el índice $\ln(h_0/h)$ (c-e) y el índice $\ln(h_0/h)$ (f-e) (Tabla 4).

En el análisis multivariado se obtuvieron las ecuaciones que se muestran en la Tabla 5.

DISCUSIÓN

La evaluación de la función diastólica del VI se basa en el análisis del flujo anterógrado mitral, de su propagación ventricular (mediante Doppler color en modo M), del flujo de las venas pulmonares, de la velocidad de desaceleración del flujo de la insuficiencia mitral o de aceleración de la insuficiencia aórtica, el Doppler tisular, la detección automática de bordes y la color-

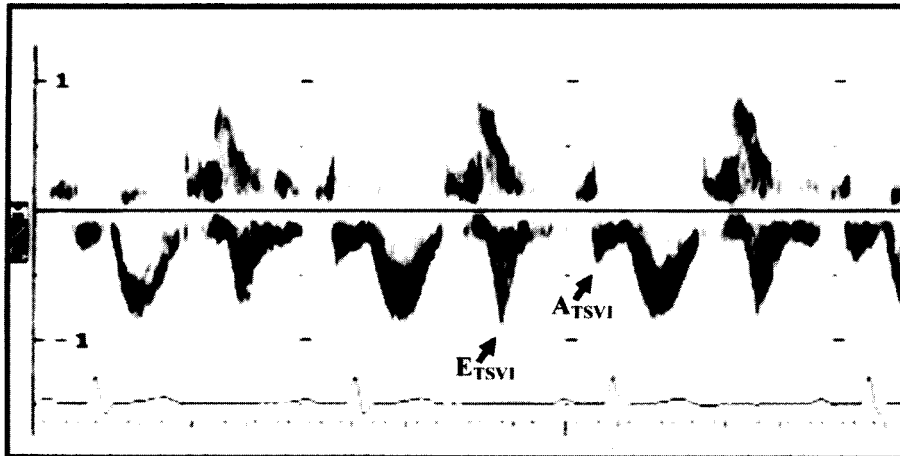


Fig. 1. Trazado obtenido con Doppler pulsado en el tracto de la salida del VI. A_{TSVI} : onda tardía propagada en el tracto de salida del ventrículo izquierdo; E_{TSVI} : onda precoz propagada en el tracto de salida del ventrículo izquierdo.

cinesis. Todas estas técnicas son sumamente promisorias pero presentan limitaciones técnicas y de factibilidad.

Recientemente se ha revalorizado el análisis de las ondas de llenado propagadas al TSVI como un método útil para investigar la progresión del flujo anterógrado mitral en el VI y complementar las técnicas disponibles para la evaluación de la función diastólica. El método consiste en ubicar, desde la ventana apical del ecocardiograma transtorácico, un volumen de muestra en el TSVI aproximadamente a 1 cm del plano de la válvula aórtica. De esta forma se investigan las velocidades de las ondas propagadas al TSVI y los tiempos de conducción del flujo anterógrado desde el borde libre de las valvas mitrales hasta el TSVI. Se registra una onda precoz (E_{TSVI}) y una tardía (A_{TSVI}) corres-

pondientes cada una de ellas con el llenado precoz (E) y tardío (A) del VI.

El análisis de las ondas propagadas al TSVI se ha empleado para evaluar las alteraciones diastólicas en diferentes situaciones patológicas. (10) Sin embargo, aún es escasa la información existente sobre la relación de la amplitud de las ondas propagadas al TSVI y diferentes variables hemodinámicas. Por otra parte, no está claro si son diferentes las variables hemodinámicas que determinan el flujo anterógrado mitral y aquellas que determinan la amplitud de las ondas propagadas al TSVI.

Desde la publicación inicial de Panayiotou en 1990 se han realizado varios estudios tendientes a identifi-

Tabla 2
Resultados del ecocardiograma

DDVI (mm)	48 ± 8
DSVI (mm)	39 ± 9
SIV (mm)	11 ± 3
PP (mm)	9 ± 1
IMVI ($g/m^{2.7}$)	61 ± 22
FA (%)	37 ± 10
SF (c-e) (g/cm^2)	192 ± 47
SF (f-e) (g/cm^2)	122 ± 37
In(h_0/h) (c-e)	0,99 ± 0,13
In(h_0/h) (f-e)	0,59 ± 0,16

DDVI: diámetro diastólico del ventrículo izquierdo. DSVI: diámetro sistólico del ventrículo izquierdo. FA: fracción de acortamiento. IMVI: índice de masa del ventrículo izquierdo. In(h_0/h) (c-e): índice de estiramiento al comienzo de la eyección del ventrículo izquierdo. In(h_0/h) (f-e): índice de estiramiento al final de la eyección del ventrículo izquierdo. PP: pared posterior en diástole. DF (c-e): estrés de fibra al comienzo de la eyección del ventrículo izquierdo. SF (f-e): estrés de fibra al final de la eyección del ventrículo izquierdo. SIV: septum interventricular en diástole.

Tabla 3
Resultados del Doppler

E (cm/s)	73 ± 18
A (cm/s)	86 ± 28
TRIV (ms)	121 ± 37
E/A	0,95 ± 0,44
K_{VI} (mm Hg/ml)	0,08 ± 0,05
PFDVI (mm Hg)	9 ± 9
E_{TSVI} (cm/s)	44 ± 19
A_{TSVI} (cm/s)	56 ± 23
$E-E_{TSVI}$ (ms)	81 ± 44
$A-A_{TSVI}$ (ms)	67 ± 29
E_{TSVI}/A_{TSVI}	0,96 ± 0,63
E_{TSVI}/E	0,59 ± 0,23
A_{TSVI}/A	0,70 ± 0,38
VP (cm/s)	60 ± 38
PAI (mm Hg)	5,48 ± 0,42

A: llenado tardío del ventrículo izquierdo. A_{TSVI} : onda tardía propagada en el tracto de salida del ventrículo izquierdo. E: llenado precoz del ventrículo izquierdo. E_{TSVI} : onda precoz propagada en el tracto de salida del ventrículo izquierdo. K_{VI} : constante de rigidez del ventrículo izquierdo. PAI: presión de la aurícula izquierda. PFDVI: presión de fin de diástole del ventrículo izquierdo. TRIV: tiempo de relajación isovolumétrica del ventrículo izquierdo. V_p : velocidad de propagación intraventricular del flujo anterógrado mitral.

Tabla 4
Análisis univariado de las variables hemodinámicas y las ondas de llenado mitral y las propagadas al tracto de salida del ventrículo izquierdo

	E	A	E_{TSVI}	A_{TSVI}	E_{TSVI}/E	A_{TSVI}/A
Vp	0,23	-0,14	0,40**	-0,04	0,27	0,29
PAI	0,36*	0,021	-0,02	-0,08	0,21	-0,11
K_{VI}	0,41**	-0,24	0,54***	-0,42**	0,33*	-0,28
PFDVI	0,63***	-0,40*	0,51**	-0,22	0,13	0,18
SF (ce)	-0,07	0,03	0,05	-0,53***	0,08	-0,40**
SF (f-e)	0,05	-0,11	0,00	-0,37*	-0,04	-0,40**
$\ln(h_0/h)$ (c-e)	0,06	-0,18	0,22	-0,69***	0,18	-0,47***
$\ln(h_0/h)$ (f-e)	-0,03	-0,02	0,03	-0,59***	0,05	-0,49***

*P < 0,05 **P < 0,01 *** < 0,001

A: llenado tardío del ventrículo izquierdo. A_{TSVI} : onda tardía propagada en el tracto de salida del ventrículo izquierdo. E: llenado precoz del ventrículo izquierdo. E_{TSVI} : onda precoz propagada en el tracto de salida del ventrículo izquierdo. K_{VI} : constante de rigidez del ventrículo izquierdo. $\ln(h_0/h)$ (c-e): índice de estiramiento al comienzo de la eyección del ventrículo izquierdo. $\ln(h_0/h)$ (f-e): índice de estiramiento al final de la eyección del ventrículo izquierdo. PAI: presión de la aurícula izquierda. PFDVI: presión de fin de diástole del ventrículo izquierdo. SF (c-e): estrés de fibra al comienzo de la eyección del ventrículo izquierdo. SF (f-e): estrés de fibra al final de la eyección del ventrículo izquierdo. TRIV: tiempo de relajación isovolumétrica del ventrículo izquierdo. V_p : velocidad de propagación intraventricular del flujo anterógrado mitral.

Tabla 5
Análisis multivariado de las variables hemodinámicas y las ondas de llenado mitral y las propagadas al tracto de salida del ventrículo izquierdo

	Ecuación de regresión	r	p
E	$-49 + 0,42 \text{ PAI} + 0,15 \text{ K}_{VI} + 0,56 \text{ PFDVI}$	0,79	< 0,00001
A	$99 - 0,40 \text{ PFDVI}$	0,40	< 0,02
E_{TSVI}	$13 + 0,24 \text{ V}_p + 0,43 \text{ K}_{VI} + 0,26 \text{ PFDVI}$	0,70	< 0,0002
A_{TSVI}	$104 - 0,42 \text{ K}_{VI} - 0,30 \text{ SF (c-e)} - 0,27 \text{ In}(h_0/h)(\text{c-e})$	0,72	< 0,00001
E_{TSVI}/E	$0,46 + 0,33 \text{ K}_{VI}$	0,33	< 0,01
A_{TSVI}/A	$0,90 - 0,29 \text{ SF (f-e)} - 0,24 \text{ In}(h_0/h) (\text{f-e})$	0,46	< 0,02

A: llenado tardío del ventrículo izquierdo. A_{TSVI} : onda tardía propagada en el tracto de salida del ventrículo izquierdo. E: llenado precoz del ventrículo izquierdo. E_{TSVI} : onda precoz propagada en el tracto de salida del ventrículo izquierdo. K_{VI} : constante de rigidez del ventrículo izquierdo. $\ln(h_0/h)$ (c-e): índice de estiramiento al comienzo de la eyección del ventrículo izquierdo. $\ln(h_0/h)$ (f-e): índice de estiramiento al final de la eyección del ventrículo izquierdo. PAI: presión de la aurícula izquierda. PFDVI: presión de fin de diástole del ventrículo izquierdo. SF (c-e): estrés de fibra al comienzo de la eyección del ventrículo izquierdo. SF (f-e): estrés de fibra al final de la eyección del ventrículo izquierdo. V_p : velocidad de propagación intraventricular del flujo anterógrado mitral.

car los fenómenos que tienen influencia en las ondas diastólicas reflejas del TSVI. (14)

Respecto de la E_{TSVI} , en estudios clínicos se ha descrito correlación positiva con la E, (2) la rigidez del VI, (3, 4) la fracción de eyección (2) y la PFDVI. (2, 4) En estudios experimentales, también se relacionó con el volumen sistólico del VI. (3) La A_{TSVI} , por su parte, se vería influida por la velocidad A y por la fracción de eyección del VI. (2) El $E-E_{TSVI}$, según los diferentes autores, se correlaciona en forma positiva con el grosor septal y de la pared posterior (6) y con la constante tau, (7) y en forma negativa con la dP/dt negativa (7) y con la rigidez del VI. (3) El $A-A_{TSVI}$, en

cambio, tendría relación inversa con la rigidez del VI en telediástole, (1, 8, 9) con la hipertrofia ventricular (1, 10) y con la elasticidad del VI evaluada mediante hemodinámica. (11) Asimismo, su acortamiento también guarda relación con la presencia de 4^{to} ruido. (12) Es de interés la discordancia observada con respecto a la influencia de la edad (1, 10, 13) y de la PFDVI. (5, 8, 11) Se ha comunicado que ambos cocientes E_{TSVI}/E y A_{TSVI}/A guardan relación con la fracción de eyección. (2) En la más reciente publicación sobre el tema, Pai y col., basados en que la alteración de la relajación del VI prolonga el $E-E_{TSVI}$ y que la rigidez telediastólica del VI acorta el $A-A_{TSVI}$, evaluaron el cociente $E-E_{TSVI}/$

$A-A_{TSVI}$, el cual resultaría así en un índice global de la función diastólica. Describieron una correlación positiva con la hipertrofia del VI, la constante tau, la rigidez de fin de diástole del VI, la presión pre-A y la PFDVI. (9)

El objetivo del presente trabajo fue el de determinar la diferencia entre las variables hemodinámicas que determinan la amplitud de las ondas de llenado mitral y aquellas que determinan la amplitud de las propagadas al tracto de salida. Para ello se ha considerado la velocidad de propagación de E (mediante Doppler color en modo M) como subrogante de la relajación del VI, (15) la PAI, (22) y la PFDVI (21) como subrogantes de las presiones de llenado del VI, la K_{VI} como subrogante de las características pasivas del VI, (20) el estrés de fibra [SF (c-e)], (18) y el $\ln(h_0/h)$ (c-e) como subrogante de la precarga del VI (19) y el SF (f-e) y el $\ln(h_0/h)$ (f-e) como subrogante de la poscarga del VI. (18, 19)

Los resultados obtenidos permitirían sostener que los determinantes hemodinámicos de las ondas diastólicas a nivel del borde libre de la válvula mitral y los de las ondas diastólicas en el TSVI son diferentes. En efecto, la E estaría determinada por las presiones de llenado de la aurícula izquierda y por las características pasivas del VI, mientras que la E_{TSVI} estaría determinada por las mismas variables y además por la velocidad de relajación del VI. Por su parte, la A estaría determinada por la PFDVI y la A_{TSVI} por el estiramiento y el estrés de fibra de comienzo de la eyección. Más importante aún resulta que la conservación de la velocidad hasta el TSVI al comienzo de la diástole (relación E_{TSVI}/E) dependería de las características elástico-pasivas del VI. Finalmente, la conservación de la velocidad hasta el TSVI al final de la diástole (relación A_{TSVI}/A) dependería del estrés de fibra y del índice de estiramiento al final de la eyección, variables éstas que expresan la contractilidad del VI. Podría plantearse la hipótesis de que aquellos pacientes con una relación A_{TSVI}/A elevada tienen una contractilidad del VI adecuada. Por el contrario, aquellos en quienes se pierde la velocidad telediastólica en el TSVI tendrían una disminución de la contractilidad. Ello podría agregar información a otras variables que indican depresión de la función sistólica del VI.

LIMITACIONES

En el presente trabajo se emplearon ecuaciones derivadas de mediciones ecocardiográficas como subrogantes de las mediciones hemodinámicas directas. Si bien estas ecuaciones han sido validadas, su utilización puede introducir cierto grado de error.

Más importante resulta que algunas de estas ecuaciones, como la PAI, la PFDVI y la K_{VI} , incluyen en sus términos las variables (dependientes) en estudio, lo cual constituye una "contaminación" de las variables independientes por las dependientes. Cabe señalar, sin embargo, que las variables V_p , SF (c-e), SF

(f-e), $\ln(h_0/h)$ (c-e) e $\ln(h_0/h)$ (f-e) son completamente independientes de las estudiadas, por lo que no presentan esta última limitación.

SUMMARY

Hemodynamic variables influencing early and late transmitral diastolic waves

Objective

To identify the physiologic variables influencing the velocities of the early (E) and late (A) transmitral diastolic waves, as well as the waves transmitted to the left ventricular outflow tract (E_{TSVI} y A_{TSVI}).

Methods

We included 49 patients (30 women), 64 ± 18 years of age. The following Doppler parameters were measured: velocities of E, A, E_{TSVI} and A_{TSVI} , as well as the decrease of E and A velocities into the left ventricular outflow tract (E_{TSVI}/E y A_{TSVI}/A). The selected diastolic function properties evaluated were: E velocity propagation (V_p), left atrial pressure ($PAI = 5.27E/V_p + 4.66$), left ventricular (VI) stiffness constant ($K_{VI} = (0.07/E \text{ deceleration time}[TD])^2$) and end diastolic VI pressure ($PFDVI = 46 - 0.22TD - 0.10[2/(E/A)]$), and as systolic function properties the fiber stress (SF) and a shear index [$\ln(h_0/h)$] at the beginning (c-e) and end (f-e) of the VI ejection.

Results

In the multiple regression multivariate analysis, the following variables resulted independent predictors: 1) V_p only for E_{TSVI} , 2) K_{VI} for E, E_{TSVI} , A_{TSVI} and E_{TSVI}/E , 3) PFDVI for E, A and E_{TSVI} , 4) [$\ln(h_0/h)$](c-e) for A_{TSVI} and A_{TSVI}/A , and finally 5) [$\ln(h_0/h)$](f-e) only for A_{TSVI}/A . None of the Doppler parameters appeared to depend on SF.

Conclusions

E, A and E_{TSVI} waves are determined only by diastolic VI properties. On the other hand, A_{TSVI} depends on both systolic and diastolic variables, E_{TSVI}/E on diastolic ones and A_{TSVI}/A on systolic properties exclusively.

Key words: Echocardiography - Echo-Doppler - Diastolic function - Systolic function

BIBLIOGRAFÍA

1. Pai RG, Shah PM. A new Doppler method for assessing left ventricular diastolic stiffness based on principles of flow propagation: mathematical basis and review of the method. *J Heart Valve Dis* 1993;2:167-73.
2. Charlton GA, Field JC, Chai AU. Estimation of left ventricular diastolic pressure by outflow tract velocity indices. *JASE* 1997;10:429 (abstract).
3. Pai RG, Yoganathan AO, Toomes C, Eberhardt C, Shah PM. Mitral E wave propagation as an index of left ventricular diastolic function I: its hydrodynamic basis. *J Heart Valve Dis* 1998;7:438-44.
4. Pai RG, Yoganathan AP, Shah PM. Mitral E wave propagation to the left ventricular outflow tract II: evaluation of left ventricular filling pressures and diastolic stiffness from an analysis of their amplitude and duration in a modeled human left ventricle. *J Heart Valve Dis* 1998;7:445-9.
5. Castro E, Bonzi G, Pettinari M, Pastor F, Del Campo M, Lapresa S y col. Correlación entre la presión de fin de diástole del ventrículo izquierdo y el tiempo de propagación de la onda de presión auricular

izquierda. *Rev Argent Cardiol* 1999;67(Supl III):33 (abstract).

6. Pai RG, Stoletniy LN. Clinical an echocardiographic correlates of mitral E-wave transmission inside the left ventricle: potential insights into left ventricular diastolic function. *J Am Soc Echocardiogr* 1997;10:532-9.
7. Pai RG, Stoletniy LN. Hemodynamic basis of mitral E transmission in the left ventricular cavity and its relation to the left ventricular relaxation process. *Am J Cardiol* 1998;81:1385-8.
8. Pai RG, Suzuki M, Heywood JT, Ferry DR, Shah PM. Mitral A velocity wave transit time to the outflow tract as a measure of the left ventricular diastolic stiffness. *Circulation* 1994;89:553-7.
9. Pai RG, Stoleniy LN. An integrated measure of left ventricular diastolic function based on relative rates of mitral E and A wave propagation. *J Am Soc Echocardiogr* 1999;12:811-6.
10. Pai RG, Shakudo M, Yoganathan AP, Shah PM. Clinical correlates of the rate of transmission of transmitral "A" wave to the left ventricular outflow tract in left cardiomyopathy or aortic valve stenosis. *Am J Cardiol* 1994;73:831-4.
11. Brennan EG, O'Hare NJ, Walsh MJ. Correlation of end-diastolic pressure and myocardial elasticity with the transit time of the left atrial pressure wave (A-Ar interval). *J Am Soc Echocardiogr* 1997;10:293-9.
12. Voon WC, Sheu SH, Hwang YY. Doppler Study Transmitted Transmitral A Wave in Patients with a Fourth Heart Sound. *Echocardiography* 1997;14:243-50.
13. Voon WC, Sheu SH, Hwang YY. Doppler evaluation of left ventricular diastolic inflow and outflow waveforms in normal subjects. *Echocardiography* 1997;14:535-44.
14. Panayiotou H, Byrd BF 3rd. Origin and significance of diastolic Doppler flow signals in the left ventricular outflow tract. *J Am Coll Cardiol* 1990;16:1625-31.
15. Piñeiro D, Montecchiesi R, Tiano C, Luján S, Berensztein CS, Lerman J. Evaluación del llenado del ventrículo izquierdo por Doppler color en modo M del flujo anterógrado mitral. *Rev Argent Cardiol* 1997;65:639-48.
16. Devereux RB, Reichek N. Echocardiographic determination of left ventricular mass in man. Anatomic validation of the method. *Circulation* 1977;55:613-8.
17. Devereux RB, Wallerson DC, de Simone G, Ganau A, Roman MJ. Evaluation of left ventricular hypertrophy by M-mode echocardiography in patients and experimental animals. *Am J Card Imaging* 1994;8:291-304.
18. Denslow S, Balaji S, Hewett KW. A new framework for echocardiographic assessment of left ventricular mechanics: sensitivity to heart failure. *J Am Soc Echocardiogr* 2000;13:969-79.
19. Denslow S, Balaji S, Hewett KW. Wall thickness referenced to myocardial volume: a new noninvasive framework for cardiac mechanics. *J Appl Physiol* 1999;87:211-21.
20. Little WC, Ohno M, Kitzman DW, Thomas JD, Cheng CP. Determination of left ventricular chamber stiffness from the time for deceleration of early ventricular filling. *Circulation* 1995;92:1933-9.
21. Mulvagh S, Quiñones Mam Kleiman NS, Cheirif J, Zoghbi WA. Estimation of left ventricular end-diastolic pressure from Doppler transmitral flow velocity in cardiac patients independent of systolic performance. *J Am Coll Cardiol* 1992;20:112-9.
22. García MJ, Ares MA, Asher C, Rodríguez L, Vandervoort P, Thomas JD. An index of early left ventricular filling that combined with pulsed Doppell peak E velocity may estimate capillary wedge pressure. *J Am Coll Cardiol* 1997;29:448-54.