

# Algoritmo diagnóstico para la evaluación de la función diastólica del ventrículo izquierdo mediante ecocardiografía y Doppler cardíaco

DANIEL PIÑEIRO\*<sup>#1</sup>, RICARDO MIGLIORE\*<sup>§2</sup>

*Recibido:* 19/02/2002  
*Aceptado:* 11/06/2002  
*Dirección para separatas:*  
 Daniel Piñeiro. Hospital de Clínicas "José de San Martín", Universidad de Buenos Aires. Avellaneda 2081, piso 6 -A-, 1406, Buenos Aires, Argentina. e-mail: dpineiro@intramed.net.ar

## RESUMEN

La ecocardiografía es la técnica de elección para obtener información sobre las presiones de llenado del ventrículo izquierdo. Los patrones de llenado pueden clasificarse como normal, relajación prolongada, seudonormal, restrictivo reversible y restrictivo irreversible utilizando información brindada por el flujo mitral, de vena pulmonar, el modo M color y el Doppler tisular. Las maniobras que modifican la precarga como la elevación de miembros inferiores, Valsalva y el uso de vasodilatadores agregan información complementaria a los parámetros que se evalúan con las diferentes modalidades de Doppler. El objetivo del presente artículo es presentar un algoritmo para la evaluación de la función diastólica del ventrículo izquierdo en pacientes con función sistólica normal y con función sistólica deprimida.

REV ARGENT CARDIOL 2003;71: 453-457.

## Palabras clave

> Función diastólica - Doppler cardíaco - Insuficiencia cardíaca

## INTRODUCCIÓN

La evaluación de la función diastólica es importante en diversas circunstancias, especialmente porque la disfunción diastólica puede ser una causa independiente de insuficiencia cardíaca y porque desempeña un papel fundamental en los pacientes con insuficiencia cardíaca por disfunción sistólica, valvulopatías, enfermedad coronaria, hipertensión arterial, miocardiopatías y aun en aquellos con marcapasos. (1-10) Permite, además, el diagnóstico diferencial en situaciones particulares, como las miocardiopatías restrictivas y la pericarditis constrictiva. (1-5, 11-13)

La evaluación de la función del VI requiere el examen de las tres fases fisiológicas del ciclo cardíaco: contracción, relajación y complacencia-rigidez. Desde el punto de vista clínico, las dos últimas suelen considerarse fases de la "diástole". (14-16) Cabe destacar que la contracción y la relajación y esta última y la complacencia-rigidez se encuentran temporalmente superpuestas. En efecto, la relajación comienza ya en el segundo tercio de la fase de eyección del VI y puede prolongarse hasta aun el comienzo de la siguiente contracción (en este caso no hay una fase de complacencia "pura"). De modo que el único "corte" absoluto del ciclo está dado por el comienzo de la contracción. (14-16)

La relajación es una fase activa del ciclo cardíaco que comprende un triple control: la desactivación, la "no homogeneidad" y las cargas (precarga y poscarga).

(1-5, 14-16) La relajación está muy relacionada con la fase de contracción previa y puede afirmarse que a mayor contracción le corresponde más y mayor relajación. La relajación suele evaluarse con la constante de relajación t. (1-5, 14-16)

La complacencia-rigidez es una fase pasiva del ciclo cardíaco que se encuentra constituida por la capacidad del VI de recibir sangre. (1-5, 14-17) La complacencia-rigidez se evalúa por la relación presión-volumen o estrés-volumen durante el llenado del VI y, particularmente, por estas relaciones al comienzo de la contracción (fin de diástole). (1-5, 14-17)

La relajación puede alterarse por ser incompleta o por ser lenta. Ambas circunstancias suelen asociarse. Por ejemplo, una relajación lenta que puede ser completa en presencia de una frecuencia cardíaca lenta, se hace también incompleta en caso de aumento de ésta.<sup>1</sup> (1-5, 14-16) Las causas más comunes de alteración de la relajación son la isquemia, la hipertrofia (concéntrica o excéntrica), las miocardiopatías, los estados de alto gasto cardíaco y la sobrecarga de presión o de volumen.

La complacencia-rigidez depende de las propiedades elástico pasivas del VI (miocitos, intersticio, coronarias, pericardio, geometría del VI) que pueden alterarse tanto en VI de tamaño normal (independiente de estiramiento) como aumentado (dependiente de

<sup>1</sup> Téngase presente que el período diastólico es el que más se acorta con el aumento de la frecuencia cardíaca.

\* Miembro Titular SAC

# FACC, FAHA, FESC

§ AFACC

<sup>1</sup> División Cardiología, Hospital de Clínicas "José de San Martín", Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina

<sup>2</sup> Servicio de Cardiología, Hospital General De Agudos "Eva Perón", Buenos Aires, Argentina

estiramiento). En el primer caso hay un desplazamiento hacia arriba y a la izquierda de la curva presión volumen. En el segundo caso, al estar aumentado el tamaño del VI, éste opera a la derecha de una curva "normal", en su porción más empujada. Las causas más frecuentes de alteración de la complacencia del VI son: 1) aquellas independientes de estiramiento: hipertrofia concéntrica, isquemia aguda o crónica, miocardiopatías restrictivas, infiltrativas y pericarditis constrictiva, y 2) aquellas dependientes de estiramiento: insuficiencia cardíaca (disfunción sistólica), sobrecarga de volumen, anemia, cirrosis, osteopatía hipertrófica, fístula arteriovenosa, *mismatch* de frecuencia cardíaca (miocardiopatía taquicárdica), tirotoxicosis y déficit de tiamina. (1-5, 14-17). Nótese que muchas causas son comunes tanto a la relajación lenta o incompleta como a las alteraciones de la complacencia.

### Métodos para evaluar la función diastólica

En la práctica clínica la función diastólica suele evaluarse con la clínica y con ecocardiografía y Doppler cardíaco. (1-5)

La evaluación de la función diastólica debe iniciarse siempre con la recolección de datos clínicos. (1-5) Es imprescindible, luego, realizar un ecocardiograma bidimensional y en modo M guiado por bidimensional y Doppler color, que brinda algunos signos importantes de disfunción diastólica (Tabla 1). (1-5, 18, 19) Los parámetros específicos que pueden evaluarse en el Doppler pulsado del flujo transmitral, con maniobras hemodinámicas y de las venas pulmonares se resumen en la Tabla 1. (1-5, 20) Nuevas técnicas como en Doppler color en modo M y el Doppler tisular tienen la gran ventaja de ser relativamente independientes de las cargas (precarga y poscarga). (21-30) Otros métodos, como la transmisión de ondas diastólicas dentro del VI, el Doppler continuo de la desaceleración de la insuficiencia mitral y de la aceleración de la insuficiencia aórtica y la cuantificación acústica y la colorcinesia, no son de uso clínico habitual, por lo que no se tratan en esta reseña. (31-33)

Se reconocen diversos grados de alteración de la función diastólica. (1-5) Cada uno de estos grados se correlaciona con un estado de la relajación y de la complacencia-rigidez con que opera el VI. (1-5) En la Tabla 2 se explicita la relación de los grados de disfunción diastólica con la relajación y las presiones de llenado del VI.

Los propósitos de definir el estado de disfunción diastólica son asistir al cardiólogo en definir la situación fisiopatológica (presiones de llenado<sup>2</sup> y función sistólica del VI), el diagnóstico, el pronóstico y el tra-

Tabla 1  
Evaluación de la función diastólica.  
Ecocardiografía y Doppler color

#### Ecocardiografía bidimensional y modo M (guiada por bidimensional)

- Tamaño de la aurícula izquierda
- Tamaño del VI
- Masa del VI
- Grosor parietal relativo
- Función sistólica global (fracción de acortamiento o fracción de eyección)
- Motilidad segmentaria
- Valvulopatía. Miocardiopatía. Pericardiopatía
- Signos específicos de disfunción diastólica en el ecocardiograma en modo M
  - Punto B
  - Cierre precoz de la mitral (previo al comienzo del QRS [ECG])

#### Doppler color

- Valvulopatías

#### Flujo transmitral (llenado del VI)

- Velocidad E. Integral E
- Velocidad A. Integral A
- Relación E/A (velocidades). Relación E/A (integrales)
- TRIV
- TD<sub>E</sub>
- TD<sub>A</sub>
- Duración A
- Finalización precoz de A (previa al QRS [ECG])
- IM telesistólica

#### Flujo transmitral con maniobra de Valsalva o maniobras farmacológicas (nitroprusiato de sodio o nitritos) que disminuyen la precarga

- E/A > 1 → E/A > 1 → Normal
- E/A > 1 → E/A < 1 → Seudonormal
- E/A > 2 → E/A ≈ 1 → Restrictivo reversible
- E/A > 2 → E/A > 2 → Restrictivo irreversible

#### Flujo transmitral con elevación de los miembros inferiores (aumento de la precarga)

- E/A < 1 → E/A < 1 → Relajación incompleta o lenta estable
- E/A < 1 → E/A > 1 → Relajación incompleta o lenta inestable

#### Flujo de las venas pulmonares (llenado de la AI)

- Velocidad S. Integral S
- Velocidad D. Integral D
- Relación S/D (velocidades) (integrales)
- Fracción sistólica (S/[S+D])
- Velocidad Ar. Duración Ar
- Duración Ar- Duración A

#### Doppler color en modo M (propagación del flujo en el VI)

- Vp
- Tiempo retraso base-ápex
- Relación E/Vp

#### Doppler tisular (velocidades del miocardio del VI)

- Velocidad Em
- Velocidad Am
- Relación Em/Am
- Relación E/Em

#### Otros

- Transmisión de ondas diastólicas dentro del VI (mitral a tracto de salida del VI)
- Doppler continuo (desaceleración de la IM, aceleración de IAo)
- Cuantificación acústica. Colorcinesia (movilidad del endocardio del VI y de la AI durante la diástole)

AI: aurícula izquierda; ECG: electrocardiograma; VI: ventrículo izquierdo; A: onda de llenado tardío del ventrículo izquierdo; Am: onda de llenado tardío del ventrículo izquierdo; AI: aurícula izquierda; Ar: onda diastólica del flujo de las venas pulmonares; E: onda de llenado precoz del ventrículo izquierdo; ECG: electrocardiograma; Em: velocidades del miocardio durante el llenado precoz del ventrículo izquierdo; IAo: insuficiencia aórtica; IM: insuficiencia mitral; S: onda sistólica del flujo de las venas pulmonares; TD: tiempo de desaceleración; TRIV: tiempo de relajación isovolumétrica; VI: ventrículo izquierdo; Vp: velocidad de propagación del Doppler color en modo M.

<sup>2</sup> Las presiones de llenado del VI son: 1) presión media de la AI; 2) presión pre A; 3) presión de fin de diástole del VI, y 4) presión capilar pulmonar (o de enclavamiento). En general, todas ellas se modifican en forma similar aunque en algunas circunstancias pueden no ser coincidentes. Debe preferirse la presión media de la AI, y en su defecto la presión pre A, como expresión de la presión de llenado del VI.

tamiento de un paciente determinado. (1-5) Los signos de aumento de las presiones de llenado del VI que se observan son: en el ecocardiograma bidimensional (aumento de la aurícula izquierda), en el ecocardiograma en modo M (incisura B, cierre precoz de la mitral), en el flujo transmitral (aumento de la velocidad del llenado precoz [E], disminución del tiempo de desaceleración de E, aumento de la relación velocidad del llenado precoz / velocidad del llenado tardío [E/A], disminución del tiempo de relajación isovolumétrico [TRIV], disminución del tiempo de desaceleración del llenado tardío, insuficiencia mitral diastólica), mediante la maniobra de Valsalva (cambio de  $E/A > 1$  a  $E/A < 1$ ), en el flujo de las venas pulmonares (disminución de la velocidad del flujo sistólico, aumento de la velocidad del flujo diastólico, aumento de la fracción sistólica, aumento de la velocidad y duración del flujo correspondiente a la sístole auricular [Ar], aumento de la diferencia  $Ar - A$ ), en el Doppler color en modo M (aumento de la relación E / velocidad de propagación del Doppler color en modo M) y, en el Doppler tisular (disminución de la velocidad del miocardio durante el llenado precoz del VI [Em] y de la relación E/Em). (6-10, 34) La presencia de los siguientes signos en el ecocardiograma y el Doppler cardíaco son de mal pronóstico respecto de la sobrevida en pacientes con insuficiencia cardíaca: alteración de la geometría del VI (aumento de la masa del VI), disminución de la función sistólica del VI (disminución de la fracción de eyección del VI, disminución de la  $dP/dt$  positiva del VI), relajación del VI incompleta o lenta (disminución de la  $dP/dt$  negativa del VI) o aumento de las presiones de llenado del VI (aumento de E/A, disminución del tiempo de desaceleración de E, disminución del TRIV). (6-10, 34) El grado de disfunción diastólica se relaciona tanto con la mortalidad de los pacientes con insuficiencia cardíaca como con la necesidad de diuréticos y la tolerancia a los  $\beta$ -bloqueantes. En efecto, la

mortalidad y la necesidad de diuréticos se incrementa y la tolerancia a los  $\beta$ -bloqueantes decrece progresivamente con los siguientes grados de disfunción diastólica: 1) relajación incompleta o lenta estable, 2) seudonormalizado o restrictivo reversible, 3) relajación incompleta o lenta inestable y 4) restrictivo irreversible. (6-10, 34) En la Tabla 3 se resumen los hallazgos ecocardiográficos en pacientes con diferente grado de disfunción diastólica.

#### Algoritmo de evaluación de la función diastólica

En las Figuras 1 y 2 se muestra el algoritmo que permite llegar al diagnóstico del grado de disfunción diastólica del VI. Cabe señalar la validez y confiabilidad de la ecocardiografía y el Doppler cardíaco no sólo para en el diagnóstico de la disfunción diastólica, sino particularmente en el paciente con síndrome de insufi-

Tabla 2  
Relación de la función diastólica con la relajación y las presiones de llenado

	Relajación	Presiones de llenado
Normal	⊥	⊥
Grado I		
Relajación incompleta o lenta	↑	⊥↑
Grado II		
Seudonormalizado	↓↓	↑↑
Grado III		
Restrictivo reversible	↓↓↓	↑↑↑
Grado III		
Restrictivo irreversible	↓↓↓	↑↑↑

↓: disminuido; ↑: elevado; ⊥: normal

Tabla 3  
Ecocardiografía y estadios de la disfunción diastólica

Método	Parámetro	Normal (joven)	Normal (adulto)	Relajación incompleta o lenta	Seudonormal	Restricción
Flujo transmitral	E/A (velocidades)	> 1	> 1	< 1	1-2	> 2
	TD <sub>E</sub> (ms)	< 220	< 220	> 220	150-200	< 150
	TRIV (mm)	< 100	< 100	> 100	60-100	< 60
Venas pulmonares	S/D	< 1	≥ 1	≥ 1	< 1	< 1
	Ar (cm/s)	< 35	< 35	< 35	≥ 35	≥ 35
Doppler M color	Vp (cm/s)	> 55	> 45	< 45	< 45	< 45
Doppler tisular	Em (cm/s)	> 10	> 8	< 8	< 8	< 8
Flujo trans mitral/Doppler M color	E/Vp	< 2,5	< 2,5	< 2,5	≥ 2,5	≥ 2,5
FTM/DTI	E/Em	< 10	< 10	< 10	≥ 10	≥ 10

A: onda de llenado tardío del ventrículo izquierdo; Ar: onda auricular reversa del flujo de las venas pulmonares; E: onda de llenado precoz del ventrículo izquierdo; Em: velocidades del miocardio durante el llenado precoz del ventrículo izquierdo; D: onda diastólica del flujo de las venas pulmonares; S: onda sistólica del flujo de las venas pulmonares; TD: tiempo de desaceleración; TRIV: tiempo de relajación isovolumétrica; Vp: velocidad de propagación del Doppler color en modo M.

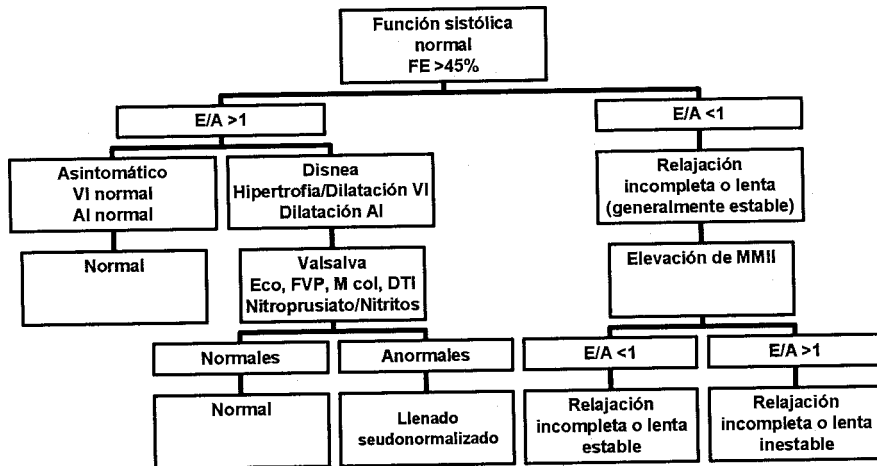


Fig. 1. Algoritmo diagnóstico de la disfunción diastólica en pacientes con función sistólica normal.

A: onda de llenado tardío del ventrículo izquierdo; E: onda de llenado precoz del ventrículo izquierdo; Eco 2D: ecocardiograma bidimensional; FE: fracción de eyección; FVP: flujo de las venas pulmonares; M col: Doppler color en modo M; DTI: Doppler tisular; MMII: miembros inferiores.

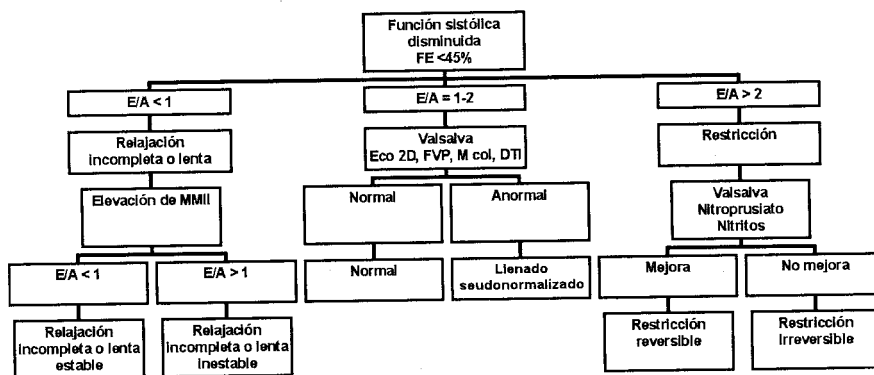


Fig. 2. Algoritmo diagnóstico de la disfunción diastólica en pacientes con función sistólica disminuida.

A: onda de llenado tardío del ventrículo izquierdo; E: onda de llenado precoz del ventrículo izquierdo; Eco 2D: ecocardiograma bidimensional; FE: fracción de eyección; FVP: flujo de las venas pulmonares; M col: Doppler color en modo M; DTI: Doppler tisular; MMII: miembros inferiores

ciencia cardíaca, en especial aquella con función sistólica conservada (insuficiencia cardíaca diastólica). Más aún, el “patrón” del Doppler se correlaciona con la activación neurohumoral, es útil para estimar el pronóstico y puede ayudar en la toma de decisiones terapéuticas. (6-10, 35-37). Sin embargo, cabe destacar las limitaciones de método, especialmente en algunas situaciones, como la miocardiopatía hipertrófica, que requieren una evaluación más refinada. (25, 38)

SUMMARY

Algorithm diagnostic for the evaluation of left ventricle diastolic function with echocardiography and Doppler echocardiography

Echocardiography is the technique of choice to assess left ventricular filling pressures. Filling patterns could be classified as normal, impaired relaxation, “pseudonormal”, reversible restrictive and irreversible restrictive according to mitral flow, pulmonary venous flow, color M mode and Doppler tissue imaging. Complementary information could be obtained with modification of preload with maneuvers as elevation of limbs, Valsalva and vasodilators. The purpose of this article is to present an algorithm to assess diastolic function of the left ventricle in patients with and without normal systolic function.

Key words: diastolic function - Doppler echocardiography - Heart failure

BIBLIOGRAFÍA

- Migliore RA, Guerrero FT, Adaniya ME, Chianelli O, Iannariello J, Tamagusuku H, et al. Ventricular diastolic function: a correlation between phonomechanocardiography and echo-Doppler. Arch Inst Cardiol Mex 1993;63:415-24.
- Appleton CP, Firstenberg MS, García MJ, Thomas JD. The echo-Doppler evaluation of left ventricular diastolic function. A current perspective. Cardiol Clin 2000;18:513-46.
- Donato M, Gelpi RJ. Nuevos conceptos (y otros antiguos reconsiderados) en la fisiopatología de la diástole. Rev Argent Cardiol 2000;68:121-7.
- Migliore R, Grancelli H, Berensztein S, Bustamante Labarta M, Piñeiro D, Marantz P, editores. Consenso para la aplicación de la ecocardiografía. Rev Argent Cardiol 2000;68(Supl I):1-47.
- Kitabatake A, Mikami T, Nishihara K, Onozuka H. Clinical significance of noninvasive assessment of left ventricular diastolic function by Doppler echocardiography. J Cardiol 2001;37(Suppl 1):109-13.
- Trambaiolo P, Tonti G, Salustri A, Fedele F, Sutherland G. New insights into regional systolic and diastolic left ventricular function with tissue Doppler echocardiography: from qualitative analysis to a quantitative approach. J Am Soc Echocardiogr 2001;14:85-96
- Brutsaert DL. Diagnosing primary diastolic heart failure. Eur Heart J 2000;21:94-6.
- Dauterman KW, Go AS, Rowell R, Gebretsadik T, Gettner S, Massie BM. Congestive heart failure with preserved systolic function in a statewide sample of community hospitals. J Card Fail 2001;7:221-8.
- Vasan RS, Benjamin EJ. Diastolic heart failure - no time to relax. N Engl J Med 2001;344:56-9.
- Hunt SA, Baker DW, Chin MH, Cinquegrani MP, Feldman AM, Francis GS, et al; American College of Cardiology/American Heart Association. ACC/AHA guidelines for the evaluation and management

- of chronic heart failure in the adult: executive summary. A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee to revise the 1995 Guidelines for the Evaluation and Management of Heart Failure). *J Am Coll Cardiol* 2001;38:2101-13.
11. Rossendy J, Berensztein C, Piñero D. Amiloidosis cardíaca. *Prensa Méd Argent* 1994;81:178-83.
  12. Berensztein CS, Piñero D, Marcotegui M, Brunoldi R, Blanco MV, Lerman J. Usefulness of echocardiography and Doppler echocardiography in endomyocardial fibrosis. *J Am Soc Echocardiogr* 2000;13:385-92.
  13. Rajagopalan N, García MJ, Rodríguez L, Murray RD, Apperson-Hansen C, Stugaard M, et al. Comparison of new Doppler echocardiographic methods to differentiate constrictive pericardial heart disease and restrictive cardiomyopathy. *Am J Cardiol* 2001;87:86-94.
  14. Dent CL, Bowman AW, Scott MJ, Allen JS, Lisauskas JB, Janif M, et al. Echocardiographic characterization of fundamental mechanisms of abnormal diastolic filling in diabetic rats with a parameterized diastolic filling formalism. *J Am Soc Echocardiogr* 2001;14:1166-72.
  15. Firstenberg MS, Smedira NG, Greenberg NL, Prior DL, McCarthy PM, García MJ, et al. Relationship between early diastolic intraventricular pressure gradients, an index of elastic recoil, and improvements in systolic and diastolic function. *Circulation* 2001;104:1330-5.
  16. Nakatani S, Firstenberg MS, Greenberg NL, Vandervoort PM, Smedira NG, McCarthy PM, et al. Mitral inertance in humans: critical factor in Doppler estimation of transvalvular pressure gradients. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2001;280:H1340-5.
  17. Migliore RA, Guerrero FT, Adaniya ME, Iannariello J, Tamagusuku H, Lapuente A. Relación entre el flujo transmitral y la rigidez elástica pasiva del ventrículo izquierdo. *Rev Argent Cardiol* 1994;64:407-14.
  18. Appleton CP, Galloway JM, González MS, Gaballa M, Basnight MA. Estimation of left ventricular filling pressures using two-dimensional and Doppler echocardiography in adult patients with cardiac disease. Additional value of analyzing left atrial size, left atrial ejection fraction and the difference in duration of pulmonary venous and mitral flow velocity at atrial contraction. *J Am Coll Cardiol* 1993;22:1972-82.
  19. Kurtoglu N, Akdemir R, Yuce M, Basaran Y, Dindar I. Left ventricular inflow normal or pseudonormal. A new echocardiographic method: diastolic change of left atrial diameter. *Echocardiography* 2000;17:653-8.
  20. Berensztein CS, Piñero D, Luis JF, Iavicoli O, Lerman J. Effect of left and right lateral decubitus positions on Doppler mitral flow patterns in patients with severe congestive heart failure. *J Am Soc Echocardiogr* 1996;9:86-90.
  21. Piñero D, Montecchiesi R, Tiano C, Lujan 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.
  22. Piñero D. Evaluación de la función diastólica con Doppler color en modo M. En: Torino A, editor. *Temas de eco-Doppler Cardíaco*. Buenos Aires: Tiempo Editorial; 1998. p. 141-51.
  23. García MJ, Smedira NG, Greenberg NL, Main M, Firstenberg MS, Odabashian J, et al. Color M-mode Doppler flow propagation velocity is a preload insensitive index of left ventricular relaxation: animal and human validation. *J Am Coll Cardiol* 2000;35:201-8.
  24. Dagdelen S, Eren N, Karabulut H, Akdemir I, Ergelen M, Saglam M, et al. Estimation of left ventricular end-diastolic pressure by color M-mode Doppler echocardiography and tissue Doppler imaging. *J Am Soc Echocardiogr* 2001;14:951-8.
  25. Nagueh SF, Kopelen HA, Lim DS, Zoghbi WA, Quinones MA, Roberts R, et al. Tissue Doppler imaging consistently detects myocardial contraction and relaxation abnormalities, irrespective of cardiac hypertrophy, in a transgenic rabbit model of human hypertrophic cardiomyopathy. *Circulation* 2000;102:1346-50.
  26. Ommen SR, Nishimura RA, Appleton CP, Miller FA, Oh JK, Redfield MM, et al. Clinical utility of Doppler echocardiography and tissue Doppler imaging in the estimation of left ventricular filling pressures: A comparative simultaneous Doppler-catheterization study. *Circulation* 2000;102:1788-94.
  27. Shan K, Bick RJ, Poindexter BJ, Shimoni S, Letsou GV, Reardon MJ, et al. Relation of tissue Doppler derived myocardial velocities to myocardial structure and beta-adrenergic receptor density in humans. *J Am Coll Cardiol* 2000;36:891-6.
  28. Nagueh SF, Sun H, Kopelen HA, Middleton KJ, Khoury DS. Hemodynamic determinants of the mitral annulus diastolic velocities by tissue Doppler. *J Am Coll Cardiol* 2001;37:278-85.
  29. Waggoner AD, Bierig SM. Tissue Doppler imaging: a useful echocardiographic method for the cardiac sonographer to assess systolic and diastolic ventricular function. *J Am Soc Echocardiogr* 2001;14:1143-52.
  30. Pai RG, Stoletniy L. Clinical and 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.
  31. Killinger C, Castro E, Bonzi G, Del Campo M, Lapresa S, Pastor F 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 (intervalo A-Ar). *Rev Argent Cardiol* 2000;68:79-85.
  32. Migliore RA, Reinoso R, Adaniya ME, Rando C, Guerrero F, Poch J y col. Un nuevo método no invasivo para estimar la dP/dt negativa en pacientes sin regurgitación valvular. *Rev Argent Cardiol* 2001;69:190-7.
  33. Migliore RA, Adaniya ME, Guerrero FT, Foschiatti P, Rando C, Reinoso R y col. Estimación de las presiones diastólicas intraventriculares izquierdas mediante eco-Doppler. *Rev Argent Cardiol* 1997;65:187-98.
  34. Temporelli PL, Scapellato F, Corra U, Eleuteri E, Firstenberg MS, Thomas JD, et al. Chronic mitral regurgitation and Doppler estimation of left ventricular filling pressures in patients with heart failure. *J Am Soc Echocardiogr* 2001;14:1094-9.
  35. Zile MR, Brutsaert DL. New concepts in diastolic dysfunction and diastolic heart failure, part 2: causal mechanisms and treatment. *Circulation* 2002; 105: 1503-08.
  36. Zile MR, Brutsaert DL. New concepts in diastolic dysfunction and diastolic heart failure: Part I. Diagnosis, prognosis, and measurements of diastolic function. *Circulation* 2002;105:1387-93.
  37. Lubien E, DeMaria A, Krishnaswamy P, Clopton P, Koon J, Kazanegra R, et al. Utility of B-natriuretic peptide in detecting diastolic dysfunction: comparison with Doppler velocity recordings. *Circulation* 2002;105:595-601.
  38. Nagueh SF, Bachinski LL, Meyer D, Hill R, Zoghbi WA, Tam JW, et al. Tissue Doppler imaging consistently detects myocardial abnormalities in patients with hypertrophic cardiomyopathy and provides a novel means for an early diagnosis before and independently of hypertrophy. *Circulation* 2001;104:128-30.