

Archivos de Cardiología de México

Volumen **74**
Volume

Suplemento **2**
Supplement




Abril-Junio **2004**
April-June

Artículo:

Valoración cuantitativa de la disfunción diastólica con Doppler tisular

Derechos reservados, Copyright © 2004
Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez

**Otras secciones de
este sitio:**

-  [Índice de este número](#)
-  [Más revistas](#)
-  [Búsqueda](#)

***Others sections in
this web site:***

-  [Contents of this number](#)
-  [More journals](#)
-  [Search](#)



Medigraphic.com

Valoración cuantitativa de la disfunción diastólica con Doppler tisular

Pedro Gutiérrez Fajardo*

Resumen

El ecocardiograma Doppler tisular es una nueva técnica que complementa al Doppler pulsado convencional y que ofrece información útil cuando se pretende analizar la función diastólica del ventrículo izquierdo. Se basa en la medición de velocidades del miocardio y/o del anillo mitral y ha demostrado su utilidad en la diferenciación de patrones de llenado pseudonormalizados. También ha permitido distinguir en forma no invasiva una pericarditis constrictiva de una miocardiopatía restrictiva así como el cálculo de la presión capilar pulmonar. El Doppler Modo-M color representa una herramienta prometedora para el cálculo de las presiones de llenado ventricular.

Summary

QUANTITATIVE ASSESSMENT OF THE DIASTOLIC DYSFUNCTION BY TISSUE DOPPLER

Tissue Doppler imaging is a relatively new echocardiographic method that complements conventional pulsed Doppler and is particularly useful when left ventricle diastolic function analysis is intended. Tissue Doppler is based on myocardial and mitral annulus velocity recordings and it has been useful in differentiating pseudonormal filling patterns. It has also allowed non-invasively distinguish constrictive pericarditis from restrictive cardiomyopathy as well as pulmonary capillary wedge pressure estimate. Color M-Mode represents a promising tool for estimation of left ventricle filling pressures.

Palabras clave: Ecocardiografía. Función diastólica. Doppler pulsado. Doppler tisular.

Key words: Echocardiography. Diastolic function. Pulsed Doppler. Tissue Doppler.

La ecocardiografía se ha convertido en una importante herramienta de diagnóstico en la cardiología moderna.¹ Una vez que fue posible caracterizar con Doppler las velocidades de flujo, el concepto de disfunción diastólica tomó gran relevancia. No obstante, esto ha traído consigo cierto grado de confusión. Tanto en la literatura como en la práctica diaria se sigue cuestionando la forma de interpretar los hallazgos ecocardiográficos, la eventual implicación de los estudios así como su relevancia en la cardiología clínica. Nuestro medio no ha escapado a este fenómeno y la forma de analizar e interpretar los resultados de un estudio con Doppler varía de un laboratorio a otro. A pesar de lo anterior el examen con Doppler constituye una indicación frecuente para la evaluación de la función diastólica.

Con fines académicos la diástole se ha dividido en cuatro fases: la relajación isovolumétrica, el llenado rápido, el llenado lento y la contracción auricular.² Éstas se pueden estudiar con Doppler pulsado al analizar el llenado ventricular y colocar la muestra de volumen en el borde de las valvas de la válvula mitral. La relajación isovolumétrica representa el tiempo que transcurre desde el cierre de la válvula aórtica hasta la apertura de la válvula mitral. En esta fase la presión ventricular cae rápidamente sin inducir un cambio de consideración en el volumen. Este es un proceso dependiente de energía y es vulnerable a la isquemia. El mayor porcentaje del llenado ventricular se lleva a cabo en la siguiente fase que también es parcialmente dependiente de energía. Desde el punto de vista funcional esta fase representa el final de la relajación activa. La

* Cardiotest. Laboratorio de Ecocardiografía. Hospital Bernardette.

Correspondencia: Dr. Pedro Gutiérrez Fajardo Av. Hidalgo 930-201, Guadalajara, Jal. Tel. (0133) 3825 5084, Fax (0133) 3634 4622. Correo electrónico: pedrogef@cybercable.net.mx

fase de llenado lento depende en forma importante de elementos pasivos que afectan la rigidez del miocardio. Dicha rigidez se ve aumentada en presencia de fibrosis generalmente secundaria a isquemia, necrosis o infiltración. La hipertrofia primaria o secundaria puede contribuir de igual forma a la rigidez pasiva. La contracción auricular, también conocida como fase de contribución auricular representa la última fase de la diástole en sujetos en ritmo sinusal. Esta fase se ve afectada si existe disminución de la relajación temprana de tal forma que a mayor alteración en la relajación mayor será la contribución de la aurícula al llenado ventricular. Desde esta perspectiva se puede considerar que la relación entre el volumen y la presión ventricular se ve alterada debido a cambios en la relajación activa, en la propiedad de distensibilidad pasiva o a una combinación de ambas. Independientemente del mecanismo que se active el resultado será una alteración en el llenado ventricular.

Una función diastólica normal es aquella que permite un llenado ventricular bajo diferentes niveles de actividad sin un incremento anormal en las presiones de llenado. Así, cuando consideramos una anomalía en la función diastólica a lo que nos referimos finalmente es a un trastorno en la presión de llenado del ventrículo izquierdo, es decir, a aquel estado en el que el corazón no es capaz de mantener presiones bajas durante la fase de llenado (*Fig. 1*).

Sin lugar a dudas el método que permite medir en forma directa y confiable la presión diastólica final del ventrículo izquierdo es el cateterismo cardíaco. Sin embargo, por su naturaleza, no es un método práctico para realizar estudios seriados, de control o cuando se pretende hacer seguimiento después de una intervención terapéutica. Cuando se coloca la muestra de volu-

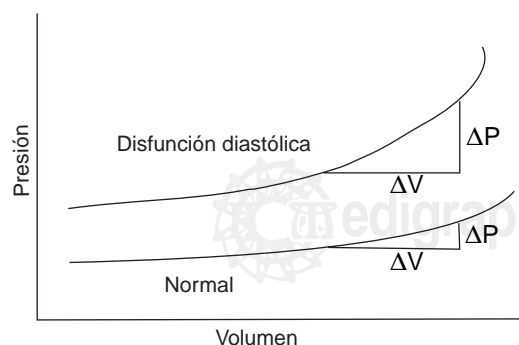


Fig. 1.

men en cualquier orificio obtenemos un registro espectral con Doppler. Si colocamos la muestra de volumen sobre la válvula mitral obtendremos un espectro mitral; como éste lleva a cabo durante la diástole del ciclo cardíaco entonces lo consideramos un patrón diastólico o un patrón de llenado. El ecocardiograma Doppler convencional es con mucho la técnica más utilizada en un intento de evaluar la función diastólica. De esta forma, se puede medir el tiempo de relajación isovolumétrica, la velocidad máxima de la onda E y de la onda A mitral, la relación E/A, el tiempo de desaceleración de la onda E, el tiempo de llenado diastólico así como el flujo de las venas pulmonares (generalmente de la vena pulmonar superior izquierda en la proyección apical de cuatro cámaras) y el flujo de las venas hepáticas (en la proyección subcostal).

En el término diástole van implícitos la relajación y la distensibilidad, sin embargo, cuando nos referimos a la diástole mediante Doppler pulsado estamos hablando en realidad de un patrón de llenado. El principal objetivo del análisis con Doppler es identificar si existe disfunción diastólica del ventrículo izquierdo (DDVI), no obstante, los patrones obtenidos no necesariamente reflejan las propiedades diastólicas del ventrículo izquierdo ni la presencia de enfermedad diastólica intrínseca, con esto en mente, mencionaremos los patrones de llenado que han sido descritos:

1. Patrón normal
2. Patrón con relajación alterada: se registra una onda E de menor velocidad que la onda A con un tiempo de desaceleración prolongado de la onda E
3. Patrón pseudonormalizado: se registra una onda E y A de apariencia normal con tiempo de desaceleración normal o acortado pero con una onda reversa aumentada en el flujo venoso pulmonar durante la sístole auricular
4. Patrón restrictivo: se registra una onda E prominente con tiempo de desaceleración acortado y una onda A de baja velocidad
5. Patrón constrictivo: se registra una onda E alta con tiempo de desaceleración corto

Cuando se realiza un examen del patrón de llenado con Doppler es importante controlar los factores que influyen tanto fisiológicos como técnicos ya que juegan un papel cardinal en la interpretación del registro obtenido (*Tabla I*). Así mismo, se

Tabla I.

Patrón de llenado	
Factores determinantes	
	<ul style="list-style-type: none"> • Gradiente transmitral • Presión en aurícula izquierda • Relajación del ventrículo izquierdo • Rigidez del ventrículo izquierdo • Insuficiencia mitral • Frecuencia cardíaca • Condiciones de volumen • Factores técnicos
Factores extrínsecos	
	<ul style="list-style-type: none"> • Interacción ventricular • Función pericárdica

deberá considerar el estado que guarda la función sistólica. En aquellos pacientes con función sistólica normal y un patrón de llenado que denote relajación alterada podría indicar la presencia de hipertensión arterial sistémica, cardiopatía isquémica o miocardiopatía hipertrófica. Si el patrón de llenado es de tipo restrictivo podría asociarse a miocardiopatía restrictiva o enfermedad pericárdica. No obstante, es necesario considerar que una limitación significativa del análisis espectral es su dependencia de las condiciones de precarga, postcarga y volumen intravascular.

Doppler tisular

Recientemente han emergido nuevas tecnologías que son prometedoras como complemento en la información obtenida con Doppler convencional. Debido a que no existe un solo parámetro que caracterice en forma total a la función diastólica probablemente nos permita una evaluación más integral.

El Doppler tisular (DT) es una técnica relativamente nueva que se utiliza para cuantificar las velocidades de movimiento de las paredes del endocardio y del anillo mitral. Inicialmente se diseñó para facilitar la evaluación de la contractilidad del endocardio, sin embargo, una aplicación importante en la actualidad es la caracterización de la función diastólica.³ Existen dos modalidades de DT: el DT pulsado y el DT color. Ambas se basan en los principios de la técnica Doppler convencional. La diferencia estriba en el grado de filtrado de las velocidades estimadas; con Doppler convencional las estructuras filtradas son aquellas que hiperreflectan pero que tienen una velocidad baja (ej. músculo cardíaco); en cambio, con el DT las velocidades filtradas corresponden a aquellas estructuras que reflejan poca energía pero que tienen un movi-

miento rápido (ej. glóbulos rojos). Se ha convenido que un reflector que se aleja se considera con una velocidad negativa y se codifica en color azul, mientras que un reflector que se acerca al transductor se considera una velocidad positiva y se codifica en color rojo.

El movimiento del anillo mitral se lleva a cabo de una forma longitudinal y se aleja del ápex durante la diástole, dicho movimiento se repite en la diástole tardía con la contracción auricular. A medida que se altera la relajación, la velocidad del anillo mitral se reduce durante la diástole con menos influencia de los cambios en las presiones de llenado. Cuando aumenta la presión de llenado del ventrículo izquierdo, la velocidad de llenado temprano del anillo mitral permanece reducida debido a la anomalía en la relajación mientras que la velocidad de la onda E mitral se hace más alta.

Las velocidades del miocardio con DT se componen de varias ondas. Después del QRS de la señal electrocardiográfica se registra una señal corta multifásica que coincide con el cierre de la válvula mitral y tricúspide y es generada por el movimiento y los cambios geométricos del ventrículo izquierdo (VI) que asume una figura más esférica durante la contracción isovolúmica. Después de esta señal se registra una onda positiva grande que representa la sístole ventricular. Una segunda señal multifásica durante la relajación isovolúmica coincide con el cierre de la válvula aórtica y la apertura de la válvula mitral. Cuando el sujeto se encuentra en ritmo sinusal estas dos ondas corresponden al llenado rápido (E_M) y a la contracción auricular (A_M). Estas ondas corresponden a las velocidades del flujo mitral con Doppler, onda de llenado temprano (E) y contracción auricular (A).⁴

Diversos grupos han usado las velocidades del AM para la evaluación de la función diastólica del VI en diferentes condiciones clínicas. El movimiento del AM refleja la dinámica del eje longitudinal del corazón y están relacionadas con la edad a medida que disminuye la E_M y aumenta la A_M en sujetos mayores. En consecuencia, la relación E_M/A_M también disminuye con la edad. En sujetos sanos se puede observar una concordancia entre la relación E/A con Doppler pulsado y la relación E_M/A_M con DT, no obstante, en presencia de cardiopatías esta concordancia se puede ver alterada.

Algunos estudios clínicos han encontrado que la E_M correlaciona inversamente con el tiempo

constante de relajación isovolúmica (τ). Las velocidades del anillo mitral (AM) parecen ser menos dependientes de las condiciones de carga que las velocidades obtenidas con flujo mitral, tal como fue demostrado por Sohn y col.⁵ quienes midieron las velocidades del miocardio en sujetos sanos, en pacientes con relajación retardada así como en aquellos con patrón pseudonormalizado. En los pacientes con patrón de llenado compatible con relajación alterada la infusión de volumen provocó un cambio hacia la normalización con acortamiento del tiempo de desaceleración y un aumento en la relación E/A, mientras que los pacientes con patrón de llenado basal normal o pseudonormalizado mostraron una reducción significativa de la velocidad de la onda E y de la relación E/A después de una infusión de nitroglicerina. En contraste, no se encontraron cambios en la velocidad E_M confirmando que la velocidad tisular diastólica temprana es menos sensible a las condiciones de carga que las variables del flujo mitral.

Nagueh y col.⁶ propusieron que la relación E/E_M es una herramienta importante para la evaluación no invasiva de la presión de llenado del ventrículo izquierdo. Estudiaron 125 sujetos que dividieron en tres grupos: individuos asintomáticos con relación E/A mitral >1 (grupo normal), $E/A < 1$ (relajación alterada) y $E/A > 1$ pero con síntomas de falla cardíaca (patrón pseudonormalizado). Se encontró E_M reducida en los pacientes con relajación alterada y patrón pseudonormalizado. La mejor correlación para presión pulmonar capilar pulmonar (PCP) fue la relación E/E_M con una $r = 0.87$. En un segundo estudio⁷ encontraron una correlación de 0.86 cuando se calculó la PCP en forma simultánea con Doppler y cateterismo. Se utilizó una relación de la velocidad de la onda E mitral con Doppler y la onda E_M ; así, propusieron la siguiente fórmula: $PCP = 1.55 + 1.47 (E/E_M)$. Un valor $E/E_M >$ predice una $PCP > 15$ (sensibilidad de 92% y especificidad de 80%). Por su parte Dagdelen⁸ y col. evaluaron la utilidad del tiempo de desaceleración (TD) de E_M , A_M y la relación E_M/A_M para estimar la presión diastólica final del ventrículo izquierdo (PDFVI) en 70 pacientes hipertensos sin enfermedad coronaria significativa, con función sistólica normal pero con grados variables PDFVI. Los valores más importantes para predecir una $PDFVI > 15$ mm Hg fueron $TD E_M > 120$ ms (sensibilidad 88%, especificidad 81%), $A_M > 110$ ms (sensibilidad 71%, especificidad 80%) y rela-

ción $E_M/A_M < 0.05$ (sensibilidad 86%, especificidad 72%).

Las velocidades con DT también han sido de utilidad para diferenciar la hipertrofia fisiológica de la patológica. Vinereanu⁹ y col compararon las velocidades tisulares en 15 pacientes con hipertrofia ventricular izquierda (HVI) secundaria a hipertensión arterial sistémica (HAS), 15 pacientes con miocardiopatía hipertrófica (MCH) y 30 pacientes de alto rendimiento. Los pacientes con HAS y MCH tuvieron velocidades sistólica y diastólicas en el eje longitudinal significativamente menores que las de los atletas. Una velocidad anular sistólica < 9 cm/s tuvo una sensibilidad del 87% y una especificidad del 97% para diferenciar la HVI patológica de la fisiológica.

En el diagnóstico diferencial de la pericarditis constrictiva de una miocardiopatía restrictiva el DT tiene un papel preponderante. Como es sabido, ambas condiciones provocan una onda E alta con tiempo de desaceleración corto cuando se evalúa con Doppler pulsado. Al medir las velocidades del AM con DT, García y col.¹⁰ encontraron E_M significativamente mayor en sujetos normales (14.5 ± 4.7 cm/seg) y en pacientes con constricción (14.8 ± 4.8 cm/seg) que en pacientes con restricción (5.1 ± 1.4 cm/seg). De hecho, mediante análisis multivariado E_M fue el mejor predictor para diferenciar entre constricción y restricción. Dicho estudio mostró que las velocidades de expansión del eje longitudinal están muy reducidas en pacientes con miocardiopatía restrictiva.

Estudios preliminares sugieren que el DT se puede utilizar en la detección de rechazo de trasplante cardíaco. Dandel¹¹ y col. estudiaron la utilidad diagnóstica del DT para detectar rechazo agudo de trasplante y enfermedad coronaria en 363 pacientes trasplantados que tuvieron 408 biopsias endomiocárdicas y 293 cateterismos durante el seguimiento post trasplante. En todos los pacientes con rechazo agudo se encontró una reducción significativa de la velocidad E_M y extensión del intervalo S_2-E_M registrada en la pared basal posterior del ventrículo izquierdo en un eje corto. La ausencia de tal cambio se puede usar prácticamente para excluir la presencia de rechazo agudo. En ausencia de rechazo agudo un valor $S_M < 10$ cm/s tenía una probabilidad de enfermedad coronaria del 97.7% mientras que un $S_M > 11$ cm/s excluye coronariopatía con una probabilidad del 90%. De esta forma el DT tiene un gran

potencial para ser usado como prueba de escrutinio que permita seleccionar el momento adecuado para indicar una biopsia endomiocárdica en búsqueda de rechazo agudo y enfermedad coronaria en pacientes con trasplante cardíaco.

Doppler modo-M color

Esta modalidad es un Doppler pulsado que permite obtener un mapa de velocidad espacio-temporal con una resolución de 5 ms, una resolución espacial de 300 μ m y una velocidad de resolución de 3 cm/s con lo que es posible medir en forma simultánea la velocidad de múltiples segmentos del miocardio. A diferencia del Doppler pulsado que proporciona información del curso temporal de la velocidad en un punto dado, el Doppler Modo-M color proporciona informa-

ción de la velocidad, tiempo y espacio. Con esta técnica se evalúa la velocidad de propagación del flujo y al igual que el DT parece ser independiente de las condiciones de carga tal como lo han mostrado diversos estudios clínicos y experimentales. El Doppler Modo-M color combinado con el Doppler pulsado también ha tenido buena correlación para el cálculo de la PCP.⁸

Los adelantos tecnológicos han permitido una evaluación cuantitativa más confiable de la función diastólica, sin embargo, se requieren más estudios con un mayor número de pacientes bajo diferentes condiciones clínicas que permitan revalidar las observaciones actuales. La investigación en curso ofrecerá un entendimiento más objetivo, práctico y reproducible sobre este inagotable tema.

Referencias

1. NISHIMURA R, TAJIK A: *Evaluation of diastolic filling of left ventricle in health and disease: Doppler echocardiography is the clinician's Rosetta Stone*. J Am Coll Cardiol 1997; 30: 8-18.
2. THOMAS G: *Interpretation of Doppler studies of diastolic function*. Cardiolgy Today 2002; 6: 236-40.
3. TRAMBAIOLO P, TONTI G, SALUSTRI A, FEDELE F, SUTHERLAND G: *New insights into regional systolic and diastolic left ventricular function using tissue Doppler echocardiography: from quantitative analysis to a quantitative approach*. J Am Soc Echocardiogr 2001; 14: 85-96.
4. GARCÍA MJ, RODRÍGUEZ L, ARES M, GRIFFIN BP, KLEIN AL, STEWART WJ, ET AL: *Myocardial wall velocity assessment by pulsed Doppler tissue imaging: characteristics findings in normal subjects*. Am Heart J 1996; 132: 648-56.
5. SOHN DW, CHAI IH, LEE DJ, KIM HC, KIM HS, OH BH, ET AL: *Assessment of mitral annulus velocity by Doppler tissue imaging in the evaluation of left ventricular diastolic function*. J Am Coll Cardiol 1997; 30: 474-80.
6. NAGUEH SF, MIDDLETON KJ, KOPELEN HA, ZOGHBI WA, QUIÑONES MA: *Doppler tissue imaging: a noninvasive technique for evaluation of left ventricular relaxation and estimation of filling pressures*. J Am Coll Cardiol 1997; 30: 1527-33.
7. NAGUEH SF, MIKATI I, KOPELEN HA, MIDDLETON KJ, QUIÑONES MA, ZOGHBI WA: *Doppler estimation of left ventricular filling pressure in sinus tachycardia. A new application of tissue Doppler imaging*. Circulation 1998; 98: 1644-50.
8. 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 echocardiography and tissue Doppler imaging*. J Am Soc Echocardiogr 2001; 14: 951-58.
9. VINEREAUNU D, FLORESCU N, SCULTHORPE N, TWEDDEL AC, STEPHENS MR, FRASER AG: *Differentiation between pathologic and physiologic left ventricular hypertrophy by tissue Doppler assessment of long-axis function in patients with hypertrophic cardiomyopathy*. J Am Coll Cardiol 2001; 88: 53-58.
10. GARCÍA MJ, RODRÍGUEZ L, ARES M, GRIFFIN BP, THOMAS JD, KLEIN AL: *Differentiation of constrictive pericarditis from restrictive cardiomyopathy: assessment of left ventricular diastolic velocities in longitudinal axis by Doppler tissue imaging*. J Am Coll Cardiol 1996; 27: 108-114.
11. DANDEL M, HUMMEL M, MULLER J, WELLNHOFFER E, MEYER R, SOLOWJOWA N, ET AL: *Reliability of tissue Doppler wall motion monitoring after heart transplantation for replacement of invasive routine screening by optimally timed cardiac biopsies and catheterizations*. Circulation 2001; 104: I184-I91.

