

Función Diastólica: Abordaje Actual del Diagnóstico Ecocardiográfico

Diastolic Function: Current Approach to Echocardiographic Diagnosis

Oscar Francisco Sanchez-Osella, Rafael Castilla-Fassio, Marcelo Luiz Campos-Vieira

UNICARDIOS – Centro de Estudios en Cardiología y Ecocardiografía, Córdoba, Cba, Argentina;¹ Hospital Alcivar, Ciudad de Guayaquil, Ecuador; InCor - Instituto del Corazón del Hospital de Clínicas de la USP – Universidade de São Paulo, SP, Brasil; Hospital Albert Einstein, São Paulo, SP, Brasil²

Resumen

La ecocardiografía permite detectar y cuantificar la disfunción diastólica utilizando numerosos parámetros que parecen volver muy compleja esa tarea, particularmente en disfunciones más severas. En este artículo son revisados y actualizados los parámetros utilizados y los recursos tecnológicos disponibles. Es propuesto un algoritmo para orientar la incorporación progresiva de las variables necesarias de acuerdo con los hallazgos. La evaluación realizada, de manera metódica siguiendo un algoritmo adecuado, permite llegar al diagnóstico con elevada sensibilidad y especificidad en la casi totalidad de los casos, haciendo de la ecocardiografía el mejor método no invasivo para el diagnóstico y evaluación de esta frecuente disfunción.

Introducción

La función diastólica es el resultado final de la compleja interacción de factores que determinan la elasticidad ventricular y las fuerzas mecánicas que restauran el volumen después de la sístole. La falla en estos mecanismos lleva a la disfunción diastólica, la cual resultará en aumento de las presiones de llenado.

La ecocardiografía permite detectar la disfunción y cuantificarla proporcionando numerosos parámetros, los que a su vez, deben ser relacionados con los datos clínicos.

El análisis del flujo mitral continúa constituyendo parte primordial de la evaluación de la función diastólica y se complementa con los datos anatómicos e informaciones derivadas del Doppler tisular, *strain* y *strain rate*.

Conceptos fisiológicos y fisiopatológicos

se considera que la diástole comienza y termina con el cierre de las válvulas aórtica y mitral respectivamente. La fase inicial de la diástole, llamado *período de relajación isovolumétrico*, termina con la apertura de la válvula mitral. En este período se inicia la súbita “destorsión” o contra-torsión (untwisting) del ventrículo izquierdo, fenómeno que no es totalmente pasivo ya que durante la sístole las

últimas fibras en contraerse (las subepicárdicas ascendentes de la banda muscular única que constituye el ventrículo izquierdo), prolongan su contracción durante todo el período isovolumétrico y tienden a alargar la cavidad en el sentido longitudinal, colaborando en la generación de un gradiente de presión negativo de aproximadamente 2 a 5 mmHg entre el ápex y la base, responsable en gran parte por el período de llenado rápido que sigue a la apertura mitral. A ese fenómeno se suma la contra-torsión resultante de la liberación de energía acumulada durante la torsión ventricular, la que fue generada por la compresión elástica de la pared miocárdica, especialmente de la región subendocárdica. El llenado diastólico también depende del grado de distensibilidad ventricular, resultante de la integridad funcional de las paredes miocárdicas y del pericardio. Todos estos mecanismos juegan un papel importante en la función diastólica expresando la indiscutible influencia de la sístole sobre la diástole, especialmente en su etapa inicial. A su vez, en forma inversa, la influencia de la diástole sobre la sístole ocurrirá predominantemente en la fase final de la diástole.

El período de llenado rápido provocado por el efecto de succión inicial, es seguido por el *período de llenado lento* o diástasis, en el que hay una tendencia al equilibrio de las presiones entre la aurícula y el ventrículo. El flujo de llenado es proveniente de las venas pulmonares. Finalmente, se produce la *contracción auricular*, completando el llenado ventricular seguido del cierre de la válvula mitral.

De este modo, la aurícula cumple tres funciones durante el ciclo cardíaco.¹ *Depósito o reservorio* durante la sístole, distendiéndose para recibir el flujo de las venas pulmonares mientras la válvula mitral está cerrada.² *Conducto pasivo* en el período de llenado rápido y lento.³ *Bomba* durante su contracción de fin de diástole.

La disfunción diastólica (DD) se caracteriza por una o más de las siguientes alteraciones: *relajación disminuida* y *lentificada*, *rigidez aumentada* y *capacidad de restauración disminuida*. Las presiones de llenado son normales inicialmente y tienden a aumentar con la progresión de la disfunción. La primera que se eleva es la presión diastólica final del ventrículo. El aumento crónico de las presiones diastólicas lleva a la dilatación de las cámaras.¹

La DD se clasifica en tres grados de severidad:²

1. Grado I (leve): Caracterizada por relajación ventricular disminuida, con presión diastólica normal
2. Grado II (moderada, o pseudonormal): Con relajación disminuida y presión diastólica moderadamente aumentada
3. Grado III (severa): Caracterizada por llenado ventricular restrictivo, y presión diastólica acentuadamente aumentada.

Palavras-chave

Ecocardiografía; Función Diastólica; Diagnóstico.

Correspondência: Oscar F. Sanchez Osella •

Pedernera 441 - Departamento 01. San Luis – SL, 5700 - Argentina

E-mail: oscarsanchezosella@gmail.com

Artigo recebido em 17/7/2018; revisado em 6/11/2018; aceito em 16/11/2019

DOI: 10.5935/2318-8219.20190036

En la DD, las presiones del llenado serán mayores que las normales para un volumen determinado. Asimismo, el aumento progresivo del volumen diastólico, como ocurre durante el ejercicio, inducirá elevaciones anormales y acentuadas de las presiones de llenado, provocando congestión pulmonar que se manifestará como disnea.³ La elevación concomitante de la presión sistólica en la arteria pulmonar, en ausencia de patología pulmonar, se considera criterio de elevación de la presión diastólica en las cámaras izquierdas. En estadios avanzados de DD, la presión diastólica estará elevada en condiciones basales, con limitación acentuada de la tolerancia al ejercicio y síntomas con esfuerzos mínimos.

Diagnóstico de disfunción diastólica por la ecocardiografía

Los primeros datos del paciente que debemos considerar son el sexo y la edad. Los parámetros analizados pueden tener valores diferentes para cada sexo y varían a lo largo de la vida. Para interpretarlos, hay que utilizar los valores de referencia correspondientes.³ Por ejemplo algunos valores considerados normales en jóvenes serían patológicos en la edad avanzada y viceversa.

Para interpretar los hallazgos y la posible etiología de DD, es necesario relacionarlos con los datos clínicos, síntomas, comorbilidades como hipertensión arterial, obesidad, coronariopatía conocida, neumopatías, hemodiálisis y otras.

Deben identificarse las condiciones que puedan interferir con los parámetros utilizados para el diagnóstico de DD. En esos casos, se recomienda utilizar aquellos que presenten menor interferencia. Las condiciones que interfieren y limitan el diagnóstico son las siguientes: valvulopatías, especialmente mitral (engrosamiento de los velos, estenosis, insuficiencia o calcificación significativa del anillo valvular), insuficiencia aórtica, insuficiencia mitral moderada a importante, prótesis valvulares, frecuencia cardíaca elevada, trastornos del ritmo (especialmente fibrilación auricular), sobrecargas de volumen o presión, hipertrofia ventricular, patologías del corazón derecho, disincronía (especialmente auriculoventricular), marcapasos, pericardiopatías, respiración asistida.⁴ En los casos referidos deberán utilizarse las variables que sufran menos interferencias. Cuando los factores que interfieren son reversibles, puede ser recomendable realizar una nueva evaluación en condiciones más favorables.

El uso de medicación modifica el patrón de presentación, pudiendo normalizar algunos parámetros mientras otros persisten alterados, lo que puede dificultar la interpretación.

Los hallazgos ecocardiográficos deben evaluarse en conjunto y no como parámetros aislados. Cuando surjan indefiniciones o dudas se deberá incorporar un mayor número de variables para el diagnóstico.

El ecocardiograma debe acompañarse siempre de un registro electrocardiográfico de referencia.

A continuación, se revisarán los registros y mediciones más utilizados, por su poder predictivo y utilidad diagnóstica, los cuales están ordenados de acuerdo con la secuencia habitual de su obtención.

Doppler pulsado del flujo transmitral

Velocidad de Onda E (E) (cm/sec.)

Refleja el gradiente diastólico temprano entre cavidades izquierdas. Es influenciada por alteración en la relajación ventricular y aumento en la presión auricular. Se correlaciona con las presiones de llenado del VI cuando la Fracción de Eyección del Ventrículo Izquierdo (FEVI) se encuentra disminuida. Disminuye su velocidad en forma inversamente proporcional a la edad del paciente. (Figura 1)

Velocidad de Onda A (A) (cm/sec.)

Refleja el gradiente diastólico tardío entre cavidades izquierdas. Su disminución se traduce en caída tanto en la distensibilidad ventricular, como en la contractilidad auricular. Incrementa su velocidad en forma directamente proporcional a la edad del paciente. Tiende a fusionarse con la Onda A en presencia de Taquicardia Sinusal o Bloqueo Auriculoventricular de Primer grado. (Figura 1)

Relación Onda E/ Onda A (E/A)

Junto con el tiempo de desaceleración de la Onda E, es el parámetro más utilizado de estudio de DD, permitiendo identificar *a priori* los patrones clásicos de llenado ventricular: normal, alteración de relajación, seudonormal y restrictivo, en forma fácil, reproducible y con valor diagnóstico y pronóstico. (Figura 2) Es afectada por la edad (disminuye en proporción directa) y la precarga existente en el momento de la medición.⁵ No puede aplicarse en presencia de fibrilación auricular o flutter, debido a la ausencia de Onda A. Para establecer una mejor apreciación de las presiones de llenado del VI, es necesario complementar la relación E/A con otros parámetros considerados actualmente como de igual o mayor sensibilidad en el análisis de la función diastólica. (Figura 1)

Tiempo de Pendiente de Desaceleración de Onda E (DTE) (ms.)

Aumenta con la edad (hallazgo normal), y con estados que incrementen la relajación ventricular. Su disminución sugiere presiones diastólicas finales ventriculares elevadas, inclusive en presencia de fibrilación auricular (no en flutter), cuando la FEVI se encuentra disminuida. (Figuras 1)

Tiempo de Relajación Isovolumétrica (TRIV) (ms)

Tiempo entre el cierre valvular aórtico y la apertura de la Válvula Mitral. Se prolonga con relajación ventricular aumentada y disminuye con el incremento en las presiones de llenado.

Doppler tisular del anillo mitral

Onda e' (e'): Es la única variable relacionada con relajación ventricular disminuida que permanece alterada en todos los grados de DD.⁶ Traduce significativamente el comportamiento de la Curva Presión/Volumen en el tiempo (*tau*), relajación ventricular, fuerzas de restauración y presiones de llenado del VI.¹ (Figura 3) Es poco afectada por cambios en precarga o poscarga, aunque sí puede alterarla la coexistencia de disfunción regional (isquemia, necrosis) que involucre el área específica del anillo (septal o lateral) en que es obtenida. Debe recordarse que, normalmente, su velocidad es menor en el ángulo septal con respecto al lateral, y además disminuye en forma inversamente proporcional a la edad del paciente.³ La onda a' corresponde a la contracción auricular y la onda S es la onda sistólica.

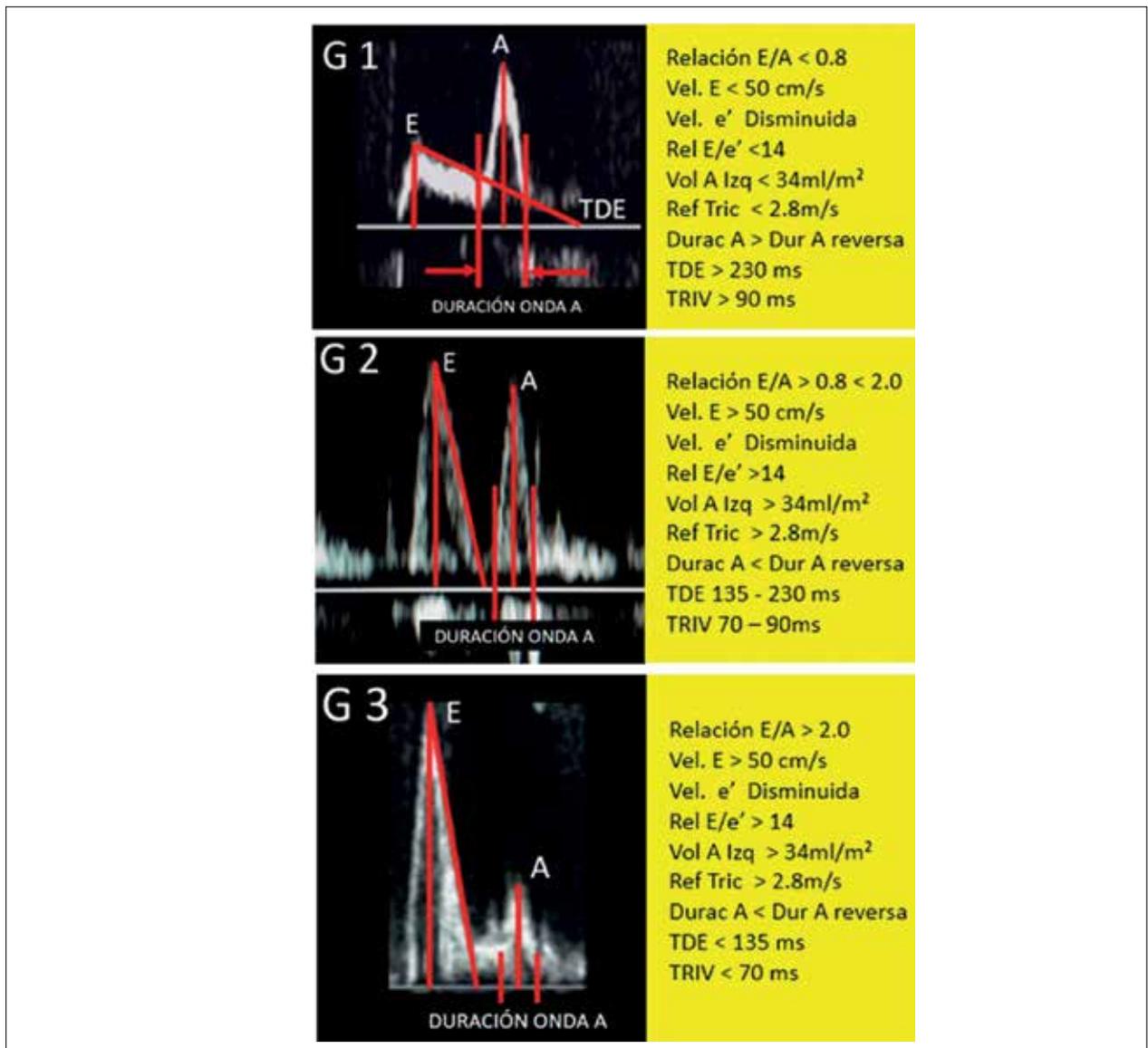


Figura 1 – G1: Disfunción diastólica de grado 1 – Paciente femenino 62 años - Valores de referencia. G2: Disfunción diastólica de grado 2 – Seudonormal Paciente masculino 60 años - Valores de referencia. G3: Disfunción diastólica de grado 3 – Patrón restrictivo – Paciente masculino 48 años.

Relación Onda E/Onda e' (E/e')

Este parámetro es destacado en la mayoría de los algoritmos por indicar presiones de llenado normales o anormales, con valores < 8 y > 14 respectivamente, con alta especificidad.³ Aunque su valor se incrementa progresivamente con la edad, solamente el 0.5 % de los sujetos sanos mostraran E/e'(promedio septal-lateral) > 15, y el 0.7 % un E/e' (lateral) > 13, sin cambios significativos con respecto al sexo.

Índice de Volumen Auricular Izquierdo (IVAI) (ml/m² SC.)

La importancia de encontrar una AI dilatada estriba en que indica presiones diastólicas aumentadas en cavidades izquierdas en forma crónica, situación con valor predictivo para fibrilación auricular, tromboembolismo, falla cardíaca y muerte.⁷ Aunque las Recomendaciones para Evaluación

de la Función Diastólica de ASE/EACI publicadas en 2009 y 2016^{4,8} sugieren como anormal un punto de corte igual o mayor a 34 ml/m². SC, es posible encontrar volúmenes iguales o mayores a éste, hasta en el 10.5 % de la población general adulta sana,³ especialmente en sujetos con bradicardia funcional, estados de alto gasto (anemia), portadores de valvulopatía mitral sin DD y en atletas. De igual manera, los volúmenes obtenidos por ecocardiografía tridimensional muestran también gran variabilidad en sujetos sanos.⁹ Por otro lado, se han demostrado alteraciones en índices funcionales (*strain* auricular) en pacientes con volúmenes menores.¹⁰ Los estudios de validación hemodinámica realizados en base a las Recomendaciones mencionadas reportan valores con límites de Desviación Estándar (DE) de 26.1 (18.7-34.2) / 28.6 (± 10.9) ml/m² SC para DD Grado I, y 26.5 (21.2-36.2)

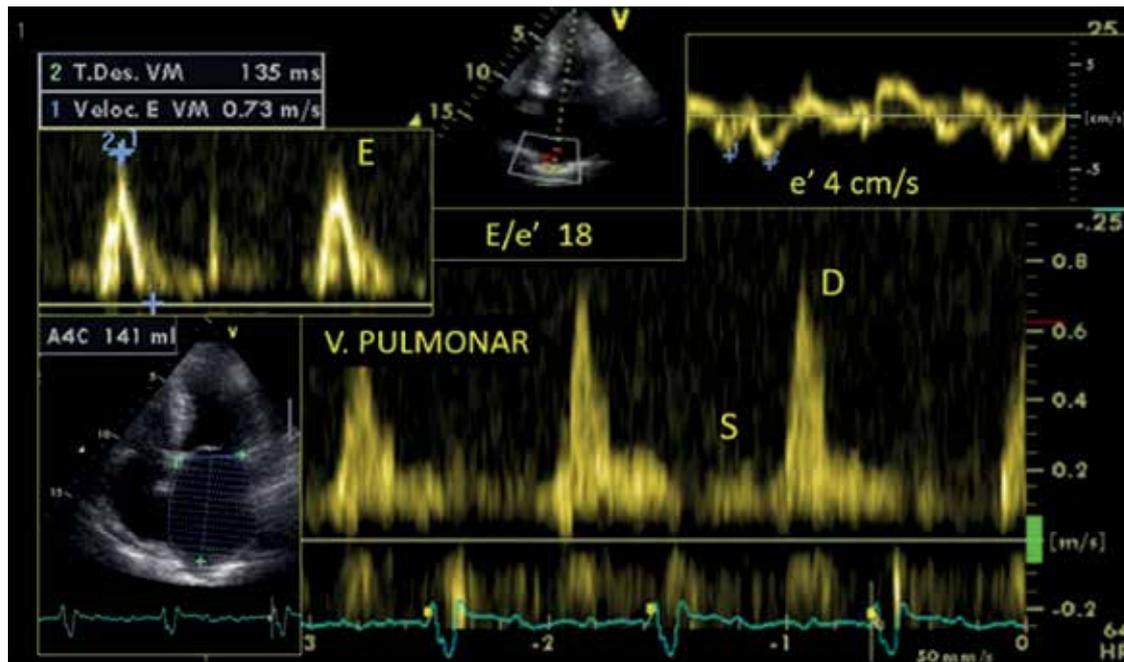


Figura 2 – Paciente femenina 45 años – Amiloidosis - Vena pulmonar con flujo sistólico mínimo. Flujo diastólico predominante coincide con el período de llenado rápido, con acentuada disminución en la meso y telediástole. Indica disfunción diastólica restrictiva con acentuada elevación de la presión diastólica.

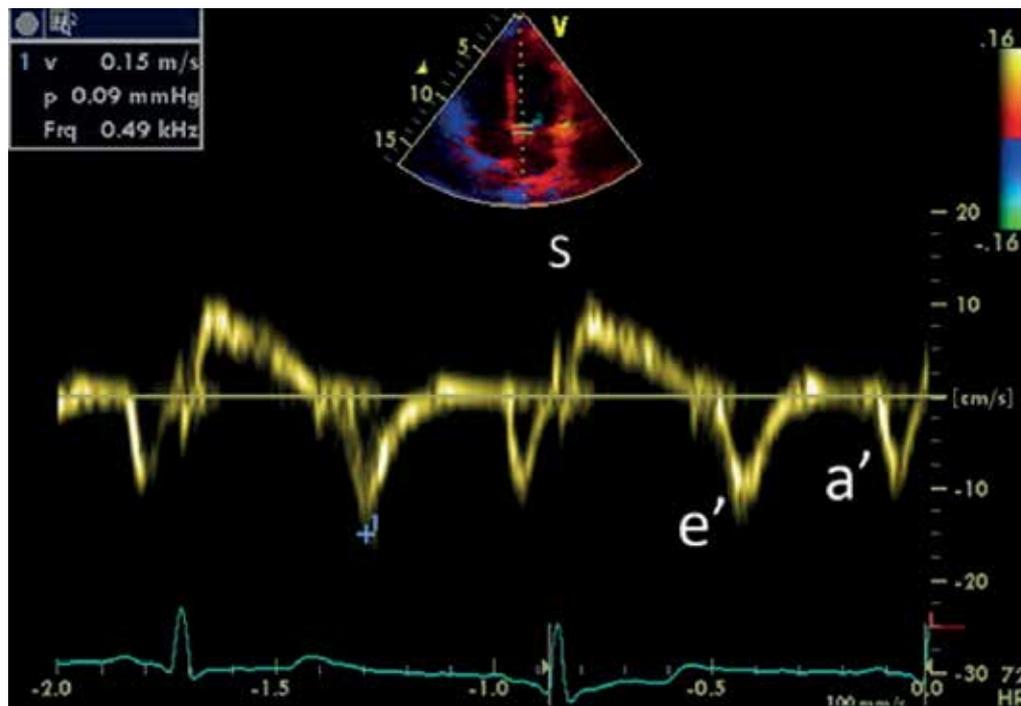


Figura 3 – Doppler tisular normal – Ondas del anillo mitral.

/ 43.5 (\pm 13.3) para DD Grado II, respectivamente.¹¹ Con estos antecedentes y con lo que también sugieren otras publicaciones,¹² con ánimo de detectar lo más tempranamente una posible dilatación auricular, parecería recomendable considerar IVAI anormal con un punto de corte menor ($>$ 28 ml/m². SC), especialmente en sujetos con cardiopatía establecida o razonable sospecha clínica de tenerla, así como en obesos (conocido factor condicionante para DD), en los que este punto de corte impediría subestimar una AI dilatada debido a su indexación.

Velocidad máxima del flujo de regurgitación de la válvula tricúspide (Vmax. IT) (m/sec.)

Aplicando la Formula de Bernoulli ($4V_{max}^2$), esta variable calcula el gradiente pico de presión sistólica entre las cavidades derechas (en mmHg.). Además de estimar la Presión Sistólica de la Arteria Pulmonar (al añadir la presión media de la aurícula derecha) al combinarse con otros parámetros de análisis de DD y en ausencia de enfermedad pulmonar hipertensiva, se considera que una velocidad igual o mayor a 2.8 m/sec. sugiere elevación de la presión AI.⁴

Doppler pulsado de venas pulmonares

Presenta dos ondas positivas, (Figura 4) siendo S (sistólica), y D (diastólica) y una onda negativa Onda A retrógrada (Ar).

La Onda S (S) tiene dos componentes de dirección anterógrada que muchas veces se observan fusionados. El primero (S1) es producto de la caída en la presión sistólica temprana de la AI debida a la relajación auricular y el segundo (S2) a la propagación, a través de la circulación pulmonar, de la presión de pulso proveniente del ventrículo derecho. Ambos componentes son influenciados por el descenso del anillo auriculoventricular. Esto implica que la reducción de la velocidad de S traduce disminución en la

contractilidad de cualquiera de los ventrículos o en ambos. Además, la propia disfunción auricular izquierda puede contribuir a una onda S reducida, ya que luego de una contracción auricular deficiente, seguirá una caída leve en la presión auricular durante su relajación. Forma parte de la Relación S/D, complemento de las variables principales del estudio diastólico.

La Onda D (D) es el primer componente diastólico del flujo de venas pulmonares, y al igual que la onda S, tiene dirección anterógrada. Es influenciada por cambios en el llenado diastólico temprano, traduciendo el grado de distensibilidad ventricular y auricular, el que será inversamente proporcional a la velocidad de esta onda. Es el segundo componente de la Relación S/D.

La onda A retrógrada (Ar) es el componente diastólico final del flujo venoso pulmonar. Tiene dirección retrograda y representa la contracción auricular izquierda. Su principal utilidad es formar parte del cálculo Ar – A descripto a continuación.

Diferencia en la duración de Onda Ar menos duración Onda A (Ar – A)

La contracción auricular en un ventrículo con presión diastólica final aumentada (PFDVI) prolonga el tiempo de duración del componente venoso pulmonar (Ar) con un valor anormal al sustraer la duración de la Onda A transmitral mayor a 30 ms. Es una variable no afectada por la edad o contractilidad ventricular, y puede ser útil cuando coexiste insuficiencia mitral. Desafortunadamente, solo se logra la correcta medición de la Onda Ar en el 65 % de los casos.¹³

Relación Onda S/ Onda D: En el 73 % de los pacientes es posible la medición adecuada de las ondas S y D del flujo venoso pulmonar en la AI.¹³ Su hallazgo normal es S/D $>$ 1 y encontrar una inversión en dicha relación es considerada

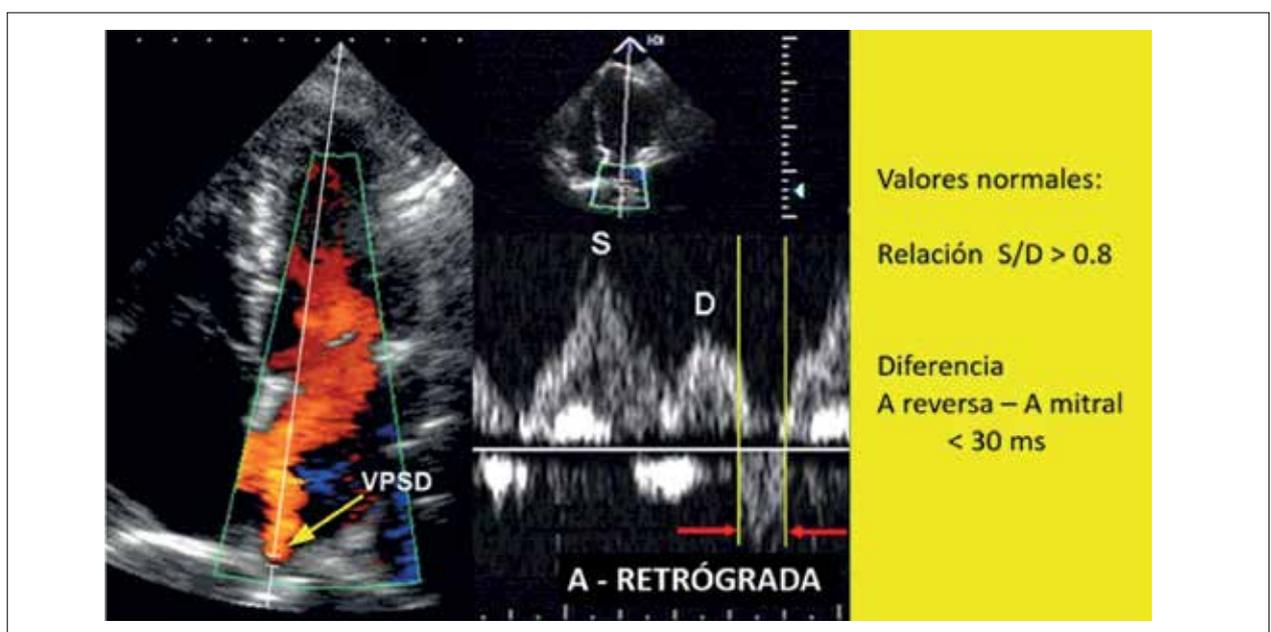


Figura 4 – Flujo normal en vena pulmonar.

predictiva de eventos cardiovasculares, disfunción de uno o ambos ventrículos, aumento de la presión diastólica así como de la aurícula izquierda. Por ese motivo, forma parte de los parámetros complementarios, especialmente en la detección de DD Grado II y III, siendo también útil en la fibrilación auricular.

Maniobra de Valsalva: Especial atención merece el comportamiento del flujo transmitral con la maniobra de Valsalva. Realizada en forma adecuada (intento de exhalar aire con la glotis cerrada, generándose presión positiva intratorácica de aproximadamente 40 mmHg. durante 10 segundos), permite descubrir una falsa función diastólica normal, poniendo en evidencia la disfunción seudonormal subyacente al observarse disminución del radio E/A mayor del 50 % traduciendo presiones de llenado ventricular aumentadas.⁴ (Figura 2) Sin embargo, se han destacado las limitaciones de ese método ya que la inversión del radio de flujo puede ser un hallazgo normal en sujetos de mediana edad,² por lo que se sugiere complementar el estudio con otros índices de DD.

Estimación de la presión diastólica

La elevación de la presión diastólica se confirma cuando están presentes por lo menos dos de las tres variables siguientes: Relación E/e' >14; volumen de la aurícula izquierda $\geq 34\text{ml/m}^2$ y reflujo tricúspide (RT) con velocidad > 2.8m/s. Cuando apenas una variable es positiva estamos ante lo que en la guía ASE 2016 se denominó grado indeterminado. En ese caso se complementa con el análisis del flujo de venas pulmonares. Si éste es normal indica que el cuadro evolutivo del paciente es de transición (indeterminado) o intermedio entre el grado 1 y el grado 2. Publicaciones recientes indican que sumando la utilización de *strain* y/o *strain rate* de la aurícula izquierda es posible avanzar definiendo el grado de DD en la casi totalidad de los pacientes.

Nuevas técnicas y su aplicación en la evaluación de disfunción diastólica

Ecocardiografía de ejercicio para análisis diastólico

Aunque la ecocardiografía de ejercicio lleva más de 30 años de implementada y las primeras publicaciones sobre estrés y función diastólica datan de algo más de una década, su utilización no se ha generalizado. Esta técnica fue diseñada para esclarecer la causa de disnea de esfuerzo, ya sea como manifestación de equivalente anginoso o como dato clínico relevante de DD.⁴ En forma ideal, se indica este procedimiento

en pacientes sintomáticos, con estimación de DD Grado I el cual no debería dar síntomas. Se utiliza cicloergómetro o banda ergométrica (no se aconseja dobutamina por su capacidad de disminuir la presión diastólica) para llevar al paciente al grado de ejercicio deseado (generalmente limitado por síntomas).

Se considera que la prueba es anormal cuando se reúnen los siguientes criterios: Relación E/e' (promedio septal – lateral) > 14 o E/e' (septal) > 15 con ejercicio, Vmax. IT > 2.8 m/sec. con ejercicio y e'septal, < 7 cm/sec. o e' lateral < 10 cm/sec. en reposo. Se considera normal si la Relación E/e' (promedio o septal) < 10 con ejercicio y Vmax. IT < 2.8 m/sec. con ejercicio. De igual manera, el encontrar hipertensión pulmonar inducida por ejercicio (Presión Sistólica del Ventrículo Derecho > 50 mmHg.) en forma concomitante con E/e' aumentados en reposo o con ejercicio, demostró ser predictivo de eventos cardiovasculares adversos.¹⁶

Strain ventricular izquierdo sistólico y diastólico

El *Strain* Global Longitudinal (SGL), el *Strain Rate* Sistólico (SSR) y el *Strain Rate* Diastólico Temprano (SRDT) han demostrado su utilidad en el diagnóstico y clasificación de DD. En un estudio retrospectivo realizado en pacientes con diversas patologías, comparándolos con sujetos sanos y estableciendo puntos de corte de -17 %, -0.94 s-1 y 1.0 s-1 para SGL, SRS y SRDT respectivamente, se demostró disminución de los dos primeros en disfunciones grados II y III, mientras que el SRDT disminuyó inclusive en la DD Grado I, con Sensibilidad de 83.9 % y Especificidad de 100 %.¹⁵ (Tabla 1)

Strain auricular izquierdo

Así como el aumento de volumen de la aurícula izquierda (AI) es un parámetro conocido en el diagnóstico y pronóstico de DD, el análisis del *Strain* auricular izquierdo, conduce a la mejor comprensión de los fenómenos diastólicos al permitir cuantificar la deformación del miocardio auricular y su velocidad en los distintos períodos del ciclo, reconociéndose su capacidad de predicción de eventos cardiovasculares.¹⁶

En la aurícula izquierda, se han descrito múltiples índices de función diastólica. Tanto el análisis volumétrico como el de deformación (*strain*) han demostrado alteraciones asociadas con DD. El primero muestra superposiciones, especialmente en DD grados I y II, las que impiden una clara definición de los diferentes estadios únicamente con este parámetro. Sin embargo, los valores del *Strain* Pico de AI mantienen tendencia a disminuir en todos los grados de DD con clara

Tabla 1 – Comportamiento del strain ventricular y auricular en la normalidad y en los diferentes grados de disfunción diastólica.

Strain Ventricular	Normal	Grado 1	Grado 2	Grado 3
Strain Global Longitudinal (SGL)	-17 %	Normal	Disminuido	Disminuido
Strain Rate Sistólico (SSR)	-0.94 s-1	Normal	Disminuido	Disminuido
Strain Rate Diastólico Temprano (SRDT)	1.0 s-1	Disminuido	Disminuido	Disminuido
Strain Auricular				
Strain Longitudinal (STR-AI)	37 +/- 13 %	29 +/- 8	22 +/- 9 %	13 +/- 6 %

diferencia entre ellos. Los puntos de corte son: normal = 37 +/- 13 %, grado I = 29 +/- 8 %, grado II = 22 +/- 9 % y grado III = 13 +/- 6 %, constituyéndose en una valiosa herramienta para estratificar DD.¹⁷(Tabla 1)

Integrándolo todo

En los últimos años, se han publicado valiosas guías y algoritmos que facilitan el diagnóstico de DD. Todos plantean el análisis estratificado, tanto de la presencia de alteración diastólica en sí como de su grado de afectación.^{4,5,8}

El modelo de algoritmo que se detalla a continuación (Figura 5) se basa en la Guía 2016 de la ASE⁴ y el algoritmo publicado por Mitters et al.,¹³ con adaptaciones e inclusiones adicionales.

Su valor práctico estriba en que sigue la secuencia de realización del examen dividiéndose en dos partes, análisis imprescindible y análisis complementario, para estimar si existen presiones de llenado del VI elevadas. Para el caso de condición indeterminada o de transición, se incorpora el análisis de *strain* ventricular y de la aurícula izquierda. En cada etapa se mencionan los valores de referencia.

La incorporación de variables es progresiva y se detiene en el momento en que se hayan obtenido informaciones suficientes para la definición y confirmación del grado de disfunción. En la mayoría de los casos es suficiente la primera parte definida como análisis imprescindible. En situaciones complejas puede ser necesario utilizar la



Figura 5 – Algoritmo para análisis de la función diastólica. Abreviaturas: E/A = Relación Onda E/ Onda A del flujo mitral. e' = Onda e' del anillo mitral. VAI = Volumen de la Aurícula Izquierda. RT= Reflujo Tricúspide. TDE = Tiempo de desaceleración de la onda E. TRIV = Tiempo de relajamiento isovolumétrico. FVP= Flujo en vena pulmonar. SGL = Strain Longitudinal Global. SSR = Strain Rate Sistólico. SRDT = Strain Rate Diastólico Temprano. STR-AI = Strain longitudinal de la Aurícula Izquierda.

totalidad de los parámetros presentados. Las alteraciones detectadas deben ser confirmadas por lo menos por dos variables diferentes.

Estimacion de funcion diastolica en situaciones especiales

Determinadas condiciones fisiopatológicas impiden la utilización de los parámetros y algoritmos habituales desarrollados para el análisis de DD. Aunque se han establecido variantes aplicables a estas condiciones, no siempre es posible un diagnóstico certero del grado de DD en el paciente que las presenta. Debe recordarse que, finalmente, en ausencia de enfermedad pulmonar subyacente, obtener una Vmax IT mayor a 2.8 m/sec. con o sin dilatación de la AI constituirá importante indicador de DD, con elevación de presiones auriculares en todos los casos. Se deben revisar las alteraciones fisiopatológicas más frecuentes.

Fibrilación Auricular (FA)

La investigación de DD en sujetos con FA permite no solo estratificar el grado de alteración presente, sino también la predicción de eventos cardiovasculares.⁴ La progresión de la DD es un condicionante importante para la aparición de FA. En forma ideal, la mayoría de los parámetros para estudio de DD se aplican durante ritmo sinusal, por lo que analizar el comportamiento diastólico de un paciente en FA puede ser desafiador para el ecocardiografista. Se enfrenta la ausencia de contracción auricular, frecuencias cardíacas muchas veces elevadas y de cadencia irregular además del sustrato fisiopatológico condicionante. Se aconseja realizar las mediciones con un promedio de 5 a 10 latidos, no necesariamente consecutivos, preferiblemente a una frecuencia cardíaca entre 60 y 80 latidos por minuto.

Los marcadores utilizados con mayor frecuencia son: TRIV < 65 ms. y DTE < 150 ms. (ambos en presencia de contractilidad del VI disminuida, para estimar PFDVI > 15 mmHg., y predicción de eventos cardiovasculares), Tiempo de Desaceleración de Onda D de Flujo Venoso Pulmonar > 220 ms. (relacionado con PFDVI > 12 mmHg.), Onda S < D y Relación E/e' (septal) ≥ 11 (PFDVI > 15 mmHg. con sensibilidad de 75 % y especificidad de 93 % en pacientes con FA crónica y contractilidad preservada), siendo este último el parámetro más utilizado, sugiriéndose utilizar E/e' (lateral) > 10 en caso de disfunción del VD o isquemia septal. Estos parámetros no son aplicables en el caso de pacientes en FA con prótesis valvulares.

Valvulopatía Mitral

La calcificación del anillo mitral, en diferente grado, está presente en diversas patologías y en la edad avanzada. Una moderada o severa afectación puede generar aumento de los gradientes de presión transmitral, y el consiguiente incremento de velocidad de sus respectivas ondas. Además, la restricción del anillo secundaria a la calcificación causará disminución en la velocidad de e', y a su vez elevación de la relación E/e', con una falsa estimación de presiones de llenado del VI alteradas.

El engrosamiento de los velos valvulares afecta su movilidad. En consecuencia, disminuye la velocidad de la onda E, observándose un falso patrón de disfunción grado 1, aun cuando la función fuera normal.

La estenosis mitral pura cursa con presiones diastólicas normales en el ventrículo. Aunque la estimación de las presiones de llenado del VI está afectada por la barrera que ofrece la válvula es posible una buena correlación con parámetros que sugieran presiones de la AI mayores a 15 mmHg. (En protodiástole TRIV < 60 ms. y en telediástole Onda A > 1.5 m/sec.). La demora en la expresión de la onda e' del Doppler tisular del anillo mitral con respecto a la Onda E del flujo transmitral es un dato sensible de presión de AI aumentadas estableciéndose la relación TRIV/T (E-e') < 4.2. La relación E/e' no es útil en estenosis mitral.

En el caso de la insuficiencia mitral, solamente en las valvulopatías secundarias o funcionales pueden aplicarse parámetros de DD con seguridad, pues éstas reflejan alteraciones de las presiones intracavitarias secundarias tanto al daño miocárdico como al valvular subyacente. En el caso de la insuficiencia mitral primaria, las alteraciones podrían ser debidas a cambios volumétricos de adaptación a la valvulopatía antes que a DD. Son sugestivos de presión de AI elevada (mayor a 15 mmHg.) en presencia de FEVI normal: TRIV < 60 ms., Ar-A > 30 ms. Y TRIV/T(E-e') < 5.6; con FEVI deprimida E/e' > 14, y TRIV/T (E-e') < 3 con o sin depresión de la FEVI.⁴

Cardiomiopatías (CM)

A diferencia de la CM Dilatada en que las alteraciones de la función diastólica coexisten con cavidades dilatadas y trastornos en la contractilidad global y segmentaria ventricular, con aplicación amplia de parámetros de DD en la generalidad de los casos, las CM Restrictiva e Hipertrófica presentan características especiales que deben ser conocidas y aplicadas.⁴

La CM Restrictiva, con variadas etiologías, puede mostrar evolución paulatina en el deterioro de su función diastólica hasta llegar al Grado III con relajación alterada y presiones de llenado del ventrículo izquierdo aumentadas. Tendrá signos Doppler inequívocos de restricción, es decir, Relación E/A > 2, TRIV estrecho (< 50 ms.) y DTE < 150 ms., así como Onda e' (lateral y medial) muy disminuidas y Relación E/e' > 14. Se complementa el diagnóstico con dilatación de una o ambas aurículas y espesores parietales aumentados del miocardio ventricular. En el caso de la Amiloidosis cardíaca, habrá aumento de ecogenicidad con "patrón granular" característico. La contractilidad generalmente está preservada permitiendo diferenciar esta CM de otras patologías con llenado restrictivo. En el caso particular de la Amiloidosis, el SGL nos permitirá comprobar la afectación nula o leve del *strain* regional de la zona apical con disminución importante de los valores en las regiones medias y basales.

La diferenciación con Pericarditis Constrictiva, desde el punto de vista del Doppler estriba en que la Onda e' del DT septal es siempre mayor a la lateral con velocidades generalmente normales, al contrario de la CM restrictiva que guarda la relación e' lateral mayor a e' septal. La CM Hipertrófica, por su parte, muestra un amplio rango de

presentación individual (diferencias en masa ventricular, desarreglo de miocitos, presencia y grado de obstrucción, etc.). Sin embargo, es útil para estratificar riesgo encontrar Volumen Auricular Izquierdo aumentado ($> 34 \text{ ml/m}^2$), Relación E/A restrictiva (> 2), $V_{\text{max IT}} > 2.8 \text{ m/sec.}$, Tiempo Ar – A $> 30 \text{ ms.}$ y Relación E/e' aumentada ($E/e' > 14$ predice falla cardíaca, síncope, FA o muerte súbita). En caso de regurgitación valvular mitral severa, solo son válidos el Tiempo Ar – A y el $V_{\text{max IT}}$. El Strain Rate del TRIV y del Pico Temprano Diastólico (SRptd) se observaron disminuidos en pacientes con obstrucción significativa del tracto de salida del VI, desarrollándose la relación Onda E / SRptd como indicador de presiones de llenado del VI aumentadas.⁴⁻

Disincronía intraventricular, interventricular y atrioventricular

Disincronía intraventricular

La evaluación de la deformidad miocárdica (*strain*) determina la intensidad y el momento de contracción de cada segmento miocárdico permitiendo evaluar el sincronismo mecánico intraventricular. La disincronía eléctrica está acompañada

siempre por disincronía mecánica. Sin embargo, puede existir disincronía mecánica intraventricular sin disincronía eléctrica debido a anomalías miocárdicas, como ocurre en la cardiotoxicidad y en algunas miocardiopatías. La isquemia miocárdica vuelve lenta la respuesta contráctil de los segmentos isquémicos, pudiendo provocar contracción pos sistólica, o sea después del cierre de la válvula aórtica. Independientemente de la etiología, la contracción pos sistólica ocurre una vez comenzada la diástole, lo que de forma evidente compromete la relajación y distensibilidad ventricular, impactando negativamente sobre la función diastólica.⁴ (Figura 6 A)

La disincronía sistólica está acompañada por grados variables de disincronía diastólica, los que también compromete la relajación y elasticidad ventricular. (Figura 6 A)

La velocidad de contracción y relajación puede ser analizada con *strain rate*. Dependiendo de la etiología y del grado de lesión miocárdica subyacente la velocidad puede ser muy heterogénea, agregando así información para mejor comprensión de la DD en las formas avanzadas de miocardiopatía. (Figura 6 B)

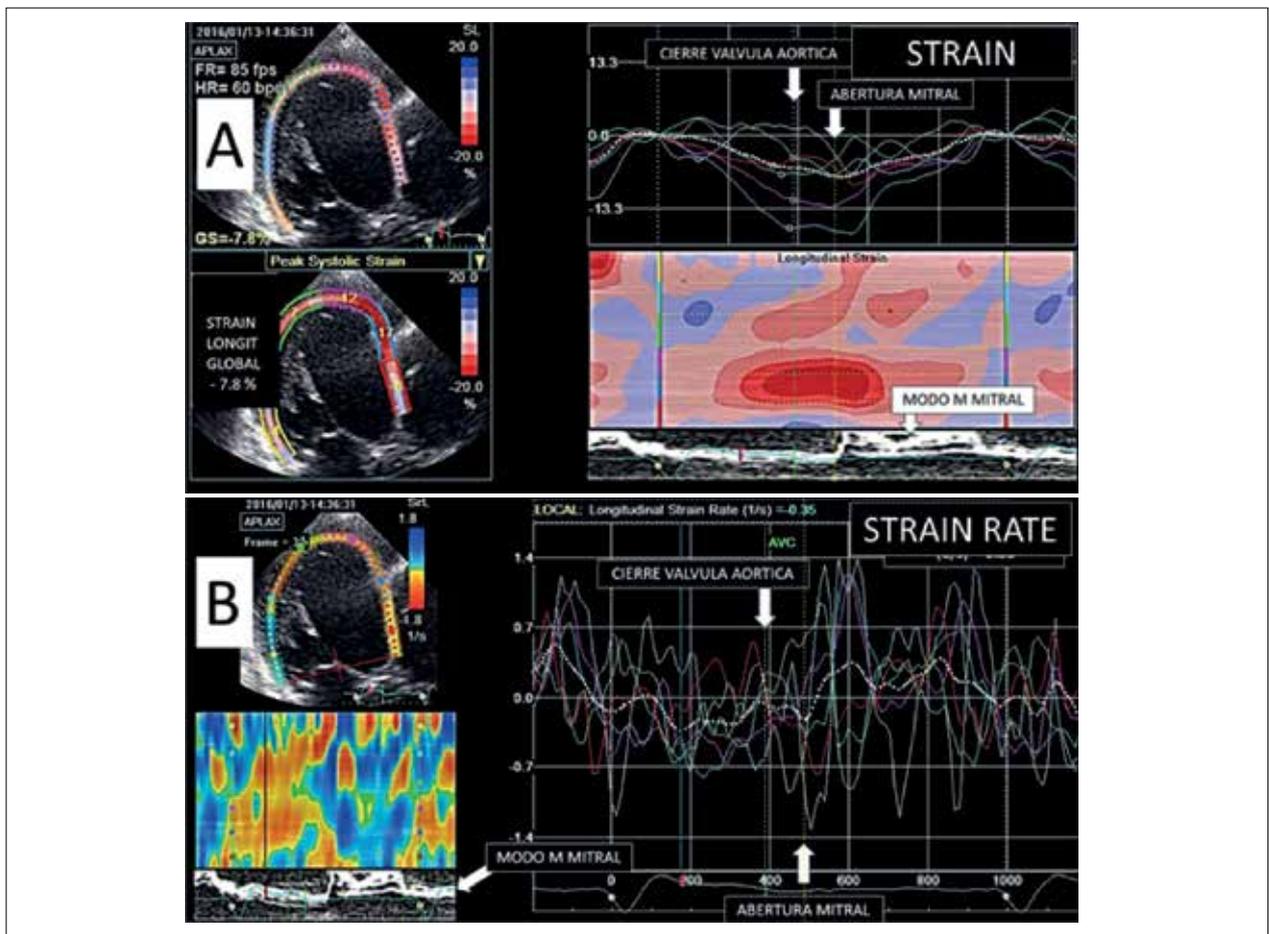


Figura 6 – Paciente masculino 51 años – Miocardiopatía dilatada con disincronía intraventricular. A: Se observan curvas disincrónicas de strain longitudinal, con picos pos sistólicos ocurriendo después de la apertura mitral, que pueden verse en modo M en la parte inferior de la figura. B: Se observan curvas de strain rate con gran disincronía y amplia variación de las velocidades de deformación.

La disincronía interventricular generalmente acompaña a la disincronía intraventricular siendo un factor agravante tanto de la función diastólica como de la sistólica.

La disincronía auriculoventricular se reconoce por el aumento del periodo de pre-eyección aórtico superior a 140ms y por el acortamiento del tiempo de diástole, con duración inferior al 40% del ciclo cardíaco. (Figura 7) En esta disincronía disminuye el tiempo de vaciamiento auricular con lo que aumenta la presión diastólica a ese nivel, provocando síntomas en la circulación pulmonar. Esta condición puede ser observada en miocardiopatías importantes y arritmias con frecuencia ventricular rápida como en la fibrilación auricular o flutter. También se observa en portadores de marcapaso con estimulación bicameral o resincronizadores siendo indicación de ajuste del dispositivo de cardioestimulación.⁴

Conclusión

la evaluación de la función diastólica se apoya en numerosos parámetros que parecen volver muy compleja la tarea, particularmente en las disfunciones más severas. Sin embargo, la evaluación realizada de manera metódica, siguiendo un algoritmo adecuado, incorporando progresivamente las variables necesarias y de acuerdo con los hallazgos, permite llegar al diagnóstico con elevada sensibilidad y especificidad en la inmensa mayoría de los casos. El reducido número de pacientes que cuando es evaluado por los parámetros habituales presenta un grado de disfunción indeterminado, intermedio o de transición, puede ser definido con la utilización de las técnicas de *strain* longitudinal y *strain rate*, o con ecocardiografía de ejercicio para análisis diastólico.

La ecocardiografía constituye el método de elección para la evaluación de la DD.

Ideas Para Recordar

1. Utilizar valores de referencia que correspondan al sexo y edad del paciente
2. Evaluar si el paciente tiene alguna alteración que pueda interferir con la interpretación de las variables utilizadas para evaluación de DD
3. Para evaluación de DD los parámetros de análisis imprescindibles son la Relación E/A, Velocidad de la Onda E, Onda e', Relación E/e', volumen de la aurícula izquierda y velocidad del reflujo tricúspide.
4. Para evaluación de DD los parámetros de análisis complementarios son TDE, TRIV y el flujo en venas pulmonares. Los casos indeterminados o de transición entre grado 1 y 2, pueden definirse utilizando *strain* del Ventrículo Izquierdo y de la Aurícula Izquierda.

Contribución de los autores

Concepción y diseño de la investigación, obtención de datos, análisis e interpretación de los datos, análisis estadístico, redacción del manuscrito y revisión crítica del mismo respecto al contenido intelectual importante: Sanchez-Osella CF, Castilla-Fassio R y Campos-Vieira ML.

Potencial conflicto de intereses

Los autores declaran que no hay conflicto de intereses pertinentes.



Figura 7 – Paciente masculino 46 años Disincronía atrioventricular Tiempo de pre-eyección aórtico de 152ms (VN < 140ms) Tiempo de llenado ventricular equivalente a 28% del ciclo cardíaco (VN > 40%).

Referencias

1. Opdahl A, Remme EW, Helle-Valle T, Lyseggen E, Trond Vartdal T, Pettersen E, et al. Determinants of left ventricular early-diastolic lengthening velocity: Independent contributions from left ventricular relaxation, restoring forces and lengthening load. *Circulation*. 2009; 119: 2578 - 2586.
2. Kapila R, Mahajan R. Diastolic dysfunction. *Continuing Education in Anaesthesia, Critical Care & Pain*. 2009; 9 (1):29 – 33.
3. Caballero L, Kou S, Dulgheru R, Gonjilashvili N, Athanassopoulos GD, Barone D, et al. Echocardiographic reference ranges for normal cardiac Doppler data: results from the NORRE Study. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2015; 16:1031–1041.
4. Nagueh SF, Smiseth OA, Appleton CP, Byrd BF, Dokainish H, Edvardsen T, et al. Recommendations for the Evaluation of Left Ventricular Diastolic Function by Echocardiography: An Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *J Am Soc Echocardiogr*. 2016; 29:277-314.
5. Choong CY, Herrmann HC, Weyman AE, Fifer MA. Preload Dependence of Doppler-Derived Indexes of Left Ventricular Diastolic Function in Humans. *J Am Coll Cardiol* 1987; 10:800–808.
6. Nagueh SF, Middleton KJ, Kopelen HA, Zoghbi WA, Quinones MA. Doppler Tissue Imaging: A Noninvasive Technique for Evaluation of Left Ventricular Relaxation and Estimation of Filling Pressures. *J Am Coll Cardiol*. 1997; 30:1527–1533.
7. Pritchett AM, Mahoney DW, Jacobsen SJ, Rodeheffer RJ, Karon BL, Redfield MM. Diastolic Dysfunction and Left Atrial Volume A Population-Based Study. *J Am Coll Cardiol*. 2005; 45:87–92.
8. Nagueh SF, Appleton CP, Gillebert TC, Marino PN, Oh JK, Smiseth OA, et al. Recommendations for the Evaluation of Left Ventricular Diastolic Function by Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 2009; 22:107–133.
9. Aune E, Baekkevar M, Roislien J, Rodevand O, Otterstad JE. Normal reference ranges for left and right atrial volume indexes and ejection fractions obtained with real-time three-dimensional echocardiography. *Eur J Echocardiogr*. 2009; 10: 738–744.
10. Santos ABS, Kraigher-Krainer E, Gupta DK, Claggett B, Zile MR, Pieske B, et al., for the PARAMOUNT Investigators. Impaired left atrial function in heart failure with preserved ejection fraction. *Eur J Heart Fail*. 2014; 16:1096–1103.
11. Grant ADM, Negishi K, Negishi T, Collier P, Kapadia SR, Thomas JD, et al. Grading diastolic function by echocardiography: hemodynamic validation of existing guidelines. *Cardiovascular Ultrasound*. 2015; 13:28.
12. Deschlem HA, Allende N, Miranda A, Lakowskymsac A, Sánchez Luceros D, Carbajales J, et al. Volumen de la aurícula izquierda indexada por superficie corporal en sujetos normales divididos por sexo y edad. *Rev Argent Cardiol*. 2010; 78:39-42.
13. Mitter SS, Shah SJ, Thomas JD. A Test in Context: E/A and E/e to Assess Diastolic Dysfunction and LV Filling Pressure. *J Am Coll Cardiol*. 2017; 69:1451–464.
14. ShimCH Y, Kim SA, Choi D, Yang WI, Kim JM, Moon SH, et al. Clinical outcomes of exercise-induced pulmonary hypertension in subjects with preserved left ventricular ejection fraction: implication of an increase in left ventricular filling pressure during exercise. *Heart*. 2011; 97:1417–1424.
15. Del Castillo JM, Soares de Albuquerque E, Mota Silveira CA, Lamprea DP, Medeiros Sena AD. Diastolic Function Assessment with Doppler Echocardiography and Two-Dimensional *Strain*. *Arq Bras Cardiol: Imagem cardiovasc*. 2017; 30(2):46–53.
16. Welles CC, Ku IA, Kwan DM, Whooley MA, Schiller NB, Turakhia MP. Left atrial function predicts heart failure hospitalization in subjects with preserved ejection fraction and coronary heart disease. Longitudinal data from the Heart and Soul Study. *J Am Coll Cardiol*. 2012; 59:673-680.
17. Singh A, Addetia K, Maffessanti F, Mor-Avi V, Lang RM. LA *Strain* for Categorization of LV Diastolic Dysfunction. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2017; 10:735–743.