
Ecocardiografía y Doppler Cardíaco

Dr. Héctor Bueno Zamora

Servicio de Cardiología. Hospital General Universitario Gregorio Marañón

1. INTRODUCCIÓN

El estudio mediante la ecocardiografía - Doppler ha adquirido en los últimos años una extraordinaria importancia en el estudio morfológico y funcional cardíaco tanto en sujetos sanos como en aquellos con enfermedades cardíacas. Esto se debe a que esta técnica, que está basada en la emisión y recepción de ultrasonidos, presenta considerables ventajas respecto a otros procedimientos diagnósticos.

Los ultrasonidos son ondas sonoras de muy alta frecuencia que avanzan según los principios de las ondas mecánicas, es decir, sufren fenómenos de atenuación, dispersión y reflexión ("rebote") dependiendo de las propiedades físicas de las estructuras que encuentran a su paso. Estas propiedades son aprovechadas para estudiar estructuras situadas en el interior del cuerpo, de tal manera que emitiendo un haz de ultrasonidos sobre la superficie de un objeto no homogéneo (por ejemplo, el tórax), éste se refleja al chocar con estructuras del interior que no puede atravesar (las estructuras cardíacas), pudiendo recogerse estas señales a través del mismo instrumento utilizado para su emisión. Un aspecto esencial de esta técnica es que es inocua. Hasta la fecha no se conocen efectos nocivos sobre el organismo de la aplicación de ultrasonidos dentro del rango de frecuencias utilizado para el diagnóstico ecográfico. Otro aspecto importante es que el emisor-receptor puede situarse fuera del organismo lo que confiere a esta técnica un carácter incruento o "no invasivo".

Finalmente, la aplicación de las diversas modalidades tecnológicas permiten obtener una gran cantidad de información de los diferentes componentes del corazón y los grandes vasos tanto morfológica (ecografía en modo M, bidimensional y, recientemente, tridimensional) como funcional. Así, la aplicación del efecto Doppler (cambio en la frecuencia del sonido recibido cuando el emisor y/o el receptor se mueven uno respecto del otro) permite calcular la velocidad de las estructuras en movimiento (como la sangre a su paso por las diversas cavidades y estructuras cardiovasculares). Con esa velocidad, a través de fórmulas matemáticas extraídas de principios físicos, se pueden calcular gradientes de presión a través de orificios o válvulas cardíacas e incluso el área de dichos orificios.

Dado que las técnicas de ultrasonidos no producen efectos secundarios, ello permite realizarla en numerosas ocasiones sin riesgos ni complicaciones. Además, su coste es relativamente barato y su realización no requiere unos medios particularmente sofisticados a excepción del propio aparato de ecocardiografía. Estos aspectos la convierten en una técnica ideal para el despistaje y el diagnóstico de alteraciones cardíacas así como para la monitorización y el control temporal de alteraciones cardíacas evolutivas.

Sin embargo, debe reseñarse que desde la perspectiva de la Medicina Laboral la ecocardiografía prácticamente no proporciona parámetros que, aisladamente, sirvan para tomar decisiones respecto a la capacidad laboral. Los datos de la ecocardiografía deben ser integrados dentro del contexto clínico del sujeto a evaluar, es decir, de acuerdo a sus antecedentes, sintomatología y requerimientos específicos de la actividad laboral. Una excepción a este principio puede ser la detección de estenosis severas valvulares (aórtica, mitral) o paravalvulares (p. ej. la miocardiopatía hipertrófica obstructiva) en individuos cuya actividad laboral exija un esfuerzo físico intenso.

2. UTILIDAD DE LA ECOCARDIOGRAFÍA

2.1. Estudio estructural

La ecocardiografía permite en sus distintas modalidades el estudio de la mayoría de las estructuras cardíacas y de algunas porciones de los grandes vasos. La anatomía coronaria, por el contrario, no puede ser evaluada morfológicamente de manera fiable mediante esta técnica.

Tabla 1. Utilidad del eco-doppler cardiaco

ESTUDIO ESTRUCTURAL CARDIACO [Eco modo M, 2D, transesofágico (ESTE)]		
Cavidades cardíacas	VI, AI VD, AD	Volúmen Espesores parietales (hipertrofia)
Septos: Miocardiopatía hipertrófica obstructiva, CIA, CIV Válvulas: Alteraciones congénitas (Ao bicúspide), prolapsos... Pericardio: Derrame, calcio, fibrosis, quistes... Aorta: Raíz (ETT). Ascendente y descendente ± cayado (ETE). Cuerpos extraños: Trombos, tumores, quistes, compresiones...		
ESTUDIO FUNCIONAL CARDIACO (Doppler pulsado, continuo, en color)		
VI	Función sistólica Función diastólica	
Válvulas	<i>Aórtica:</i> Estenosis - Insuficiencia <i>Mitral:</i> Estenosis - Insuficiencia <i>Tricúspide:</i> Insuficiencia <i>Pulmonar</i>	
ECOCARDIOGRAFIA DE STRESS		
Ecocardiograma de esfuerzo (mayor sensibilidad y especificidad) Ecocardiograma de stress farmacológico (dobutamina, dipiridamol...) Cuando ergometría convencional no factible		

En la Tabla 1 se muestra esquemáticamente las estructuras que pueden ser estudiadas mediante la ecocardiografía. En la actualidad el estudio estructural tiene mucha menos relevancia dada la gran cantidad de información que se puede obtener de los estudios funcionales, pero puede ser de gran ayuda como marcadores de disfunciones cardíacas como la dilatación de alguna de las cavidades cardíacas (por ejemplo las miocardiopatías dilatadas o como consecuencia de alteraciones valvulares), la hipertrofia de los ventrículos (por ejemplo en la hipertensión arterial o la miocardiopatía hipertrófica obstructiva) o las alteraciones estructurales valvulares (engrosamiento, calcificación, fusión de comisuras...). También pueden ser evaluadas la presencia de alteraciones pericárdicas (derrame, calcio en la pericarditis constrictiva), aórticas y de estructuras paracardiácas (derrame pleural, masas, quistes...).

2.2. ESTUDIO FUNCIONAL

En el ámbito laboral, la utilidad principal de la ecocardiografía estará en la información funcional que aporte. Dado que los sujetos a estudiar serán siempre adultos y que las patologías cardíacas más prevalentes en ese grupo de población son la insuficiencia cardíaca, la cardiopatía isquémica y las valvulopatías, será la función del ventrículo izquierdo y de las válvulas, en particular mitral y aórtica, las que tengan más interés.

La valoración de la función sistólica del ventrículo izquierdo tiene especial importancia dado que es el principal condicionante del pronóstico en la mayoría de las patologías cardíacas y uno de los principales determinantes de la capacidad funcional y de la tolerancia al esfuerzo, por lo que adquiere una particular importancia en la evaluación de las incapacidades laborales.

La función sistólica del ventrículo izquierdo puede evaluarse ecocardiográficamente mediante diversos modos. Existen técnicas para calcularla cuantitativamente (Figura 1), en este caso se consigna el valor numérico del parámetro analizado como la fracción de acortamiento o la fracción de eyección (fracción del total de volumen del ventrículo izquierdo al final de la diástole que es expulsado durante la sístole) que es el más habitual. La fracción de eyección del ventrículo izquierdo (FEVI) se considera normal cuando es mayor de 0,50 (habitualmente se informa en porcentaje, 50%).

El método más común de evaluar la FEVI es la estimación cualitativa ("a ojo") en la que el ecocardiografista evalúa la información de la contractilidad de los diversos segmentos del ventrículo izquierdo obtenida visualmente integrándola en una información global aproximada.

La disfunción sistólica del ventrículo izquierdo suele clasificarse en tres grados:

- ligera (FEVI entre 40% y 50%)
- moderada (entre 30% y 40%)
- severamente deprimida (menor de 30%)

La función diastólica del ventrículo izquierdo, habitualmente no se informa de rutina aunque en algunos casos particulares tiene especial interés ya que, por ejemplo, en los pacientes con una severa disfunción sistólica del ventrículo izquierdo, la función diastólica del ventrículo es un mejor predictor de su capacidad funcional que

la propia FEVI. Un caso extremo son las miocardiopatías restrictivas, en los que aparece insuficiencia cardíaca, con sus síntomas y limitaciones con una función sistólica ventricular izquierda normal o casi normal. En estos casos, la evaluación de la función diastólica adquiere una mayor importancia.

Existen varios métodos para su evaluación, pero el más extendido es la relación de velocidades (relación E/A) entre las dos ondas de llenado ventricular izquierdo detectadas mediante el Doppler a nivel de la válvula mitral durante la diástole (onda E o de llenado precoz y onda A o de llenado tardío). Normalmente la relación E/A es mayor de 1, pero va disminuyendo cuando empeora la función diastólica. Sin embargo, cuando la afectación es muy severa, que es cuando tiene relevancia clínica, la relación E/A es mayor de 2, situación denominada "patrón restrictivo" por ser típico de las miocardiopatías restrictivas.

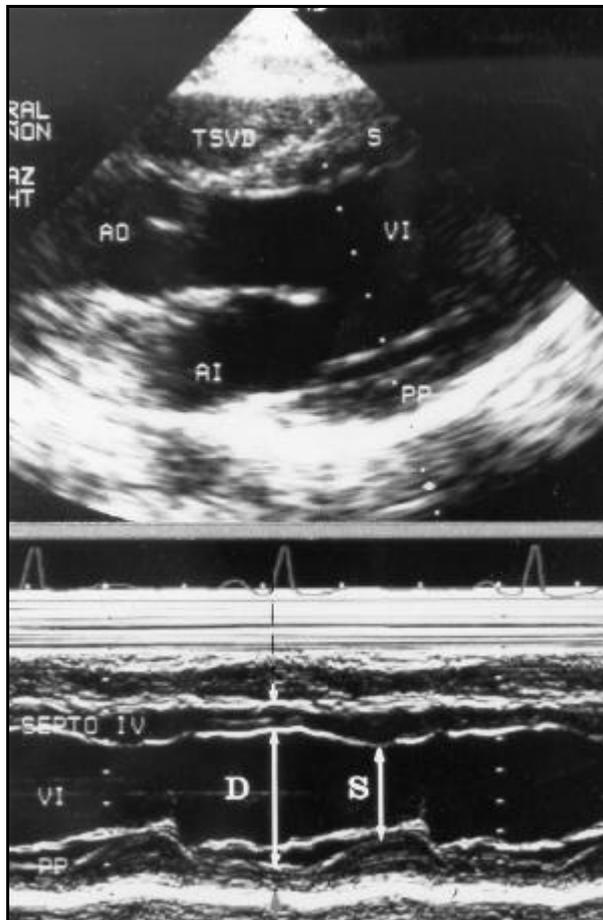


Figura 1. Análisis ecocardiográfico de la estructura y función sistólica del ventrículo izquierdo.

La imagen bidimensional (superior) permite visualizar las cavidades y válvulas izquierdas en movimiento. Para realizar mediciones se puede utilizar el modo M (imagen inferior) que corresponde a la evolución en el tiempo de las estructuras cortadas por la línea punteada visible en la imagen superior. En el ejemplo se han medido los espesores de la pared y los diámetros telediastólico (D) y telesistólico (S) del ventrículo izquierdo. La fracción de eyección del VI, se puede obtener a partir de la relación entre D y S.

Abreviaturas: AI: Aurícula izquierda. Ao: Aorta. D: Diámetro diastólico ventricular izquierdo. PP: Pared posterior. S: Diámetro sistólico ventricular izquierdo. TSVD: Tracto de salida del ventrículo derecho. VI: ventrículo izquierdo.

El estudio de la función valvular se puede realizar con una gran precisión a través de las distintas técnicas Doppler (pulsado, continuo o codificado en color). De hecho, el diagnóstico puede ser tan certero que, en condiciones favorables, ya no se realizan estudios invasivos (cateterismo cardíaco) para el estudio de la mayoría de las disfunciones valvulares.

La presencia y la severidad de las estenosis valvulares suelen calcularse a través de dos medidas principales, el gradiente de presión transvalvular (diferencia de presión entre cavidades en la fase del ciclo cardíaco en que la válvula está abierta que, en condiciones normales, debe aproximarse a 0) y el área valvular.

Como ya hemos señalado antes, la velocidad de la sangre puede calcularse de manera directa en un punto concreto mediante el Doppler. La medición de la velocidad del paso de la sangre al nivel de las válvulas permite calcular a través de la fórmula $DP = 4 v^2$, que es una aproximación al principio de Bernouilli, en donde DP es el gradiente de presión entre dos puntos (a cada lado de la válvula estudiada) y v la velocidad de la sangre a su paso a nivel de la válvula (Figura 2).

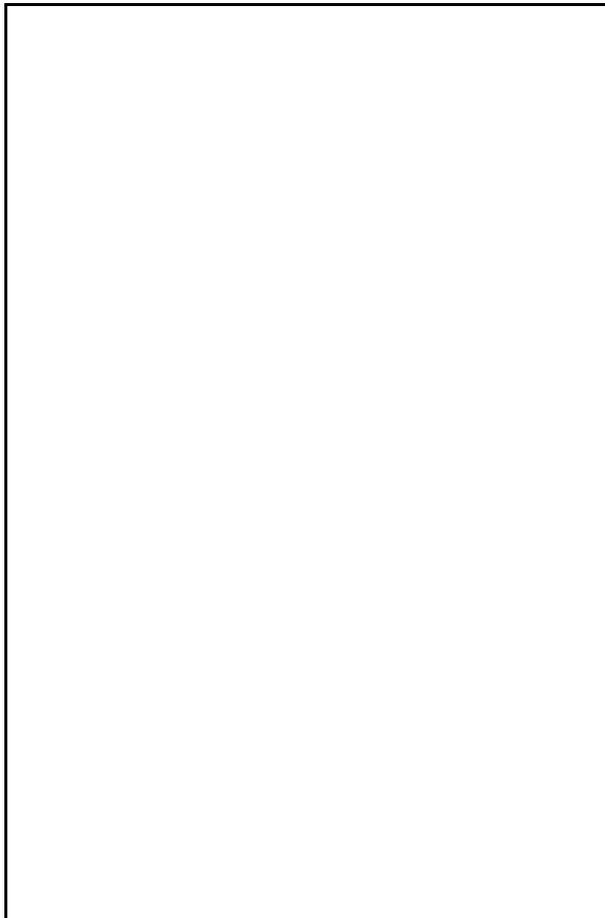


Figura 2. Análisis mediante ecocardiografía-Doppler de la función valvular aórtica.

La combinación de la técnica Doppler codificada en color con la ecocardiografía (imagen superior) permite identificar los flujos sanguíneos y guiar el haz de ultrasonidos del Doppler continuo (línea azul) para medir la velocidad de la sangre a nivel de una válvula, en este caso la aórtica (Ao). La señal Doppler recibida (imagen inferior) permite medir con precisión la velocidad sanguínea y, a través de determinadas fórmulas (ver texto), calcular el gradiente de presión transvalvular o el área valvular.

Abreviaturas: Ao: Aorta. VD: Ventrículo derecho. VI: ventrículo izquierdo

El cálculo del gradiente de presión permite estimar la repercusión funcional de una valvulopatía. Además, conociendo el valor de la presión de la cavidad contigua a alguna de las válvulas estudiadas (por ejemplo, la presión arterial en la válvula aórtica), se pueden calcular las presiones intracavitarias. Por otro lado, asumiendo el principio de continuidad, es decir que el flujo de sangre que fluye por cada cavidad cardíaca es similar al de las demás cavidades (si no hay "fugas") se puede calcular el área de una válvula.

Dado que el flujo de un fluido (cm^3/seg) es igual al producto de una sección del fluido (cm^2) por su velocidad (cm/seg) y que el flujo permanece constante ($\text{Flujo1} = \text{Flujo2}$), se cumplirá que $\text{Area1} \times \text{Velocidad1} = \text{Area2} \times \text{Velocidad2}$ y, despejando, $\text{Area1} = (\text{Area2} \times \text{Velocidad2}) / \text{Velocidad1}$.

Por tanto, basta conocer el área de una sección de corazón conocida (por ejemplo, el tracto de salida del ventrículo izquierdo puede medirse fácilmente), la velocidad de la sangre en ese punto y en la válvula a medir para conocer el área efectiva de esa válvula y estimar con precisión si existe o no una estenosis y su severidad. La Tabla 4 muestra algunos de los valores de gradientes y áreas valvulares sugerentes de estenosis valvulares severas.

Las insuficiencias valvulares suelen evaluarse de manera diferente. En este caso el Doppler codificado en color es de máxima utilidad, particularmente en las insuficiencias mitral y tricuspídea. Habitualmente en los informes de los estudios ecocardiográficos no se suelen exponer los parámetros medidos para evaluar la severidad de una insuficiencia sin significar el juicio definitivo sobre la severidad de ésta (ligera, moderada, severa...) por lo que la explicación de los diversos métodos de su evaluación excede el ámbito de este capítulo.

2.3. Ecocardiografía transesofágica

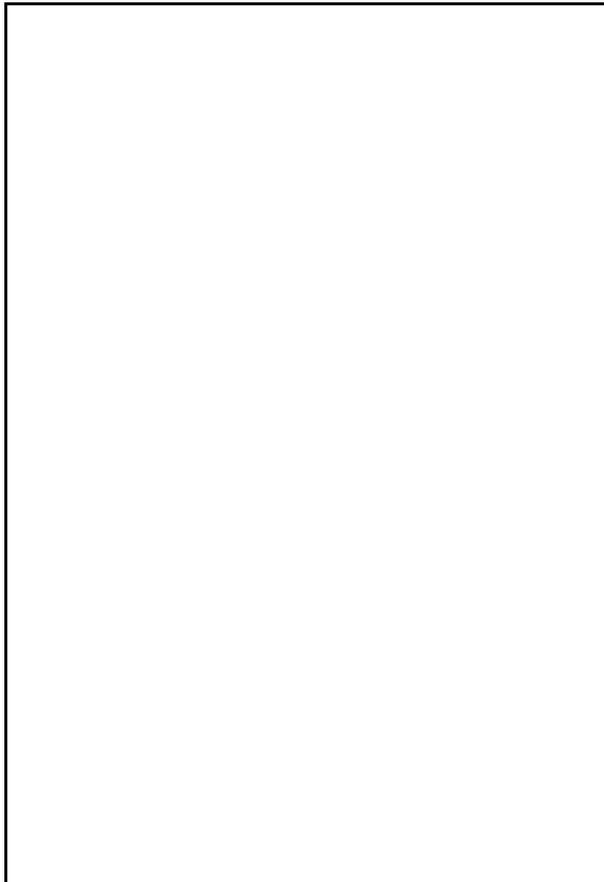


Figura 3. Estudio de una prótesis valvular mitral mediante Doppler codificado en color durante ecocardiografía transesofágica.

La ecocardiografía transesofágica permite el estudio del corazón desde su cara posterior. Por este motivo es particularmente útil en el estudio de las estructuras más posteriores como la aurícula izquierda (AI), particularmente en la presencia de prótesis valvulares (SJM), que habitualmente son "opacas" a los ultrasonidos, situación que dificulta el estudio de la AI mediante estudio transtorácico, posibilitando la omisión del diagnóstico de situaciones patológicas, como una insuficiencia valvular protésica (flechas).

Es la aplicación de la ecocardiografía desde el esófago mediante la incorporación de un pequeño transductor de ultrasonidos a una sonda similar a las que se utilizan en las endoscopias digestivas.

Esto permite realizar estudios similares a los de la ecocardiografía transtorácica desde la parte posterior del corazón pero con una mayor resolución debido a la mayor proximidad del transductor a ésta. Por este motivo es especialmente útil en el estudio de las patologías que afectan a las estructuras cardiovasculares situadas en la parte posterior del tórax, mal visualizados desde la pared anterior torácica, como son la aurícula izquierda y la aorta. Además permite solventar problemas técnicos como la ausencia de ventana ultrasónica por los accesos convencionales o el fenómeno de enmascaramiento que se produce, por ejemplo, con las prótesis valvulares mitrales metálicas, que reflejan los ultrasonidos de tal manera que impiden el estudio de las estructuras entre las que se interponen frente al transductor, como son la aurícula izquierda o las venas pulmonares (Figura 3).

2.4. Ecocardiografía de Stress

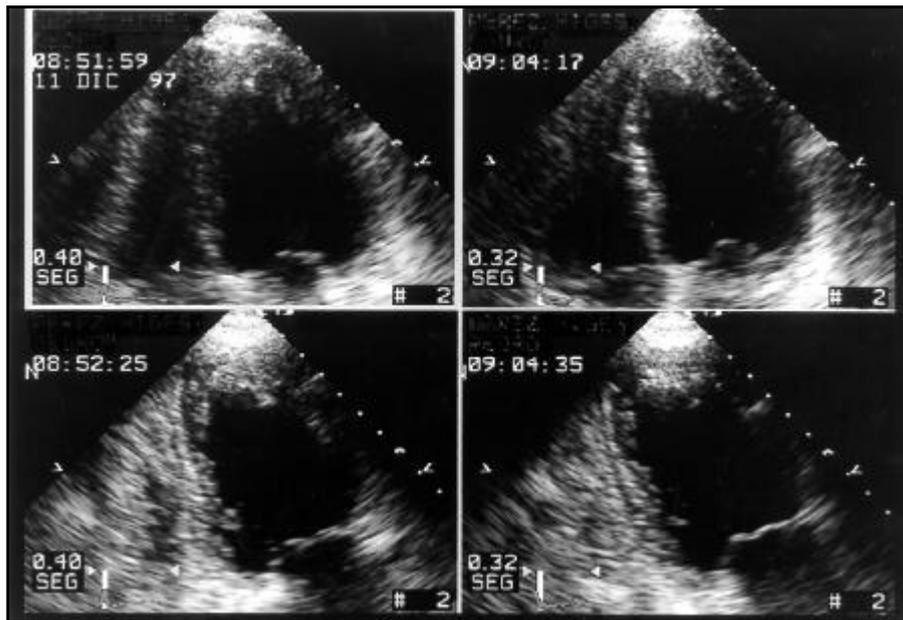


Figura 4. Estudio de la contractilidad regional ventricular izquierda mediante ecocardiografía de esfuerzo.

Imágenes del ventrículo izquierdo en proyección de cuatro cámaras (paneles superiores) y dos cámaras (paneles inferiores) en situación de reposo (paneles de la izquierda) y durante el esfuerzo (paneles de la derecha). La aparición de alteraciones de la contractilidad segmentaria ventricular durante el esfuerzo no presentes en situación basal (flechas) es un signo altamente sensible de la presencia de enfermedad coronaria subyacente

Esta es una modalidad relativamente nueva de la ecocardiografía y representa una combinación entre ésta y las pruebas de stress. Se basa en el análisis de la contractilidad segmentaria mediante ecocardiografía bidimensional en condiciones basales y tras una sobrecarga, ya sea de esfuerzo o farmacológica, habitualmente con dobutamina o con dipiridamol intravenoso (Figura 4).

Es una prueba alternativa a la prueba de esfuerzo convencional, especialmente útil en pacientes que no pueden realizar pruebas de esfuerzo convencionales (por incapacidad física) o cuya evaluación por este medio es poco útil como en los individuos con bloqueo de rama izquierda en el ECG. Pero no sólo es una alternativa sino que su rendimiento en términos de sensibilidad y especificidad es claramente superior a la prueba de esfuerzo convencional en el diagnóstico de la cardiopatía isquémica, por lo que se puede considerar una prueba de elección no solo en pacientes con limitaciones para la realización o interpretación de las pruebas de esfuerzo convencionales sino en individuos en los que la ergometría tiene un rendimiento pobre, como en las mujeres.

3. INDICACIONES DEL ESTUDIO ECOCARDIOGRÁFICO

Las indicaciones más comunes para la realización de estudios ecocardiográficos se muestran en la Tabla 2. Desde el punto de vista de la detección o evaluación de situaciones potencialmente incapacitantes para la actividad laboral tiene especial importancia la evaluación funcional de los pacientes con cardiopatías ya conocidas, principalmente aquellos con cardiopatía isquémica y, en particular, con infarto de miocardio previo debido a la alta prevalencia de esta patología en la edad laboral.

Tabla 2. Indicaciones basicas del estudio ecocardiografico

Estudio de soplos cardíacos Estudio de cardiomegalia / hipertrofia ventricular izquierda Estudio de disnea de origen no pulmonar
Evaluación de los pacientes con cardiopatía conocida Estudio de insuficiencia cardíaca Estudio de angina de pecho, arritmias, síncope
Eco de stress: Diagnóstico de cardiopatía isquémica En pacientes incapaces de realizar una prueba de esfuerzo convencional En pacientes con bloqueo de rama izquierda, fibrilación auricular u otras alteraciones que impidan la valoración de cambios de la repolarización ¿Primera indicación en mujeres?

4. EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS ECOCARDIOGRÁFICOS

La misión de los médicos encargados de la evaluación de la capacidad laboral no incluye, evidentemente, la interpretación de los datos obtenidos en los estudios ecocardiográficos. Estos, deben ser interpretados por el médico ecocardiografista

que realiza el estudio. Sin embargo, la profusión de mediciones y de abreviaturas hace a veces muy difícil entender o evaluar en su justo grado las propias interpretaciones realizadas. Las Tablas 3 y 4 pretenden ayudar a descifrar algunas de las abreviaturas frecuentemente empleadas en los informes ecocardiográficos y señalar algunos de los valores considerados habitualmente como criterios de disfunción severa.

Tabla 3. Abreviaturas frecuentes en los informes ecocardiograficos

<p>AD: Aurícula derecha.</p> <p>AI: Aurícula izquierda.</p> <p>CIA: Comunicación interauricular.</p> <p>CIV: Comunicación interventricular.</p> <p>ETE: Ecocardiograma transesofágico.</p> <p>ETT: Ecocardiograma transtorácico.</p> <p>FEVI: Fracción de eyección del ventrículo izquierdo.</p> <p>Grad: Gradiente (de presión).</p> <p>Grado I, II, III ó IV (en las insuficiencias): ligera, moderada, moderada-severa o severa.</p> <p>IAo, IM, IP, IT: Insuficiencia aórtica, mitral, pulmonar o tricuspídea.</p> <p>PTD: Presión telediastólica (del ventrículo izquierdo).</p> <p>PSP ó PSAP: Presión sistólica (arterial) pulmonar.</p> <p>VAo, VM, VP, VT: Válvula aórtica, mitral, pulmonar ó tricuspídea.</p> <p>VD: Ventrículo derecho.</p> <p>VI: Ventrículo izquierdo.</p> <p>VTD: Volumen telediastólico.</p> <p>VTS: Volumen telesistólico.</p>
--

En conclusión, la ecocardiografía es una técnica muy útil para la evaluación morfológica y funcional cardíaca y, por tanto, como ayuda para la toma de decisiones en la evaluación de la incapacidad laboral de origen cardíaco. El hecho de que la ecocardiografía sea barata, inocua, fácilmente accesible y que permita seguir evoluciones en el tiempo la hace uno de los instrumentos de evaluación cardiológica más importantes en la actualidad. Todo paciente con sospechas fundadas de padecer una cardiopatía o con síntomas sugerentes de ser de origen cardíaco, así como todos los pacientes con una cardiopatía conocida deben ser estudiados mediante la ecocardiografía. Debe recordarse, sin embargo, que pese a ser una técnica extremadamente útil, es una prueba complementaria y que, como tal, salvo excepciones la información que aporta solo tendrá utilidad a la hora de tomar decisiones (ya sean terapéuticas o laborales) dentro del contexto clínico de cada sujeto.

Tabla 4. Criterios ecocardiograficos de severidad en patologia cardiaca

Estudio ventricular izquierdo	
<i>Hipertrofia VI</i>	> 16 mm (Concéntrica versus septal)
<i>Funcion Sistolica VI</i>	FEV1 < 0,30 (30%)
<i>Funcion Diastolica VI</i>	Relación E/A > 2 (ver texto)
Estudio valvular	
<i>Estenosis Aortica</i>	Gradiente máximo* > 70 mm Hg Gradiente medio* > 50 mm Hg Area valvular < 0,75 cm ² Area valvular < 0,4 cm ² / m ²
<i>Insuficiencia Aortica</i> <i>Estenosis Mitral</i> <i>Insuficiencia Mitral</i>	Se informa Area valvular < 1 cm ² Fracción regurgitante > 50% Por áreas: Se informa la severidad
<i>Insuficiencia Tricuspide</i> <i>Hipertension Pulmonar</i>	Se informa PSAP > 60 mm Hg

* Depende de la FEVI

BIBLIOGRAFÍA

1. **Oh. J.K. Seward J.B., Tajik J. eds.** The echo manual. Lippincott-Raven Publishers, Philadelphia, 1999.
2. **García-Fernández, M.A., ed.** Principios y práctica del Doppler cardiaco. McGraw Hill. Madrid, 1995.
3. **García-Fernández, M.A., ed.** Ecocardiografía transesofágica (2 Vol) McGraw Hill. Madrid, 1991.
4. **Picano E.** Ecocardiografía de esfuerzo. Spring-Verlag Ibérica. Barcelona, 1994.
5. **Placer L.** Ecocardiografía de estrés. 1ª Monografía de la Sección de Ecocardiografía y Registros Gráficos Externos. Sociedad Española de Cardiología, 1994.