

Palabras clave

Ecocardiograma, hipertrofia concéntrica, hipertrofia excéntrica, remodelamiento concéntrico, función sistólica y diastólica ventricular izquierda.

Abreviaturas utilizadas

Modo M: modalidad del estudio ecocardiográfico que muestra las estructuras en función del tiempo

2D: modalidad de aplicación de los ultrasonidos que muestra imágenes en dos dimensiones

3D: estudio ecocardiográfico con reconstrucción de imágenes en tres dimensiones

VI: ventrículo izquierdo

MVI: masa ventricular izquierda

EPR: espesor parietal relativo del ventrículo izquierdo

DdVI: diámetro diastólico final del ventrículo izquierdo

DsVI: diámetro sistólico del ventrículo izquierdo

Esd: espesor diastólico del septum interventricular

Ess: espesor sistólico final del septum interventricular

Eppd: espesor diastólico de la pared posterior

Epps: espesor sistólico final del septum interventricular

IMVI: índice de masa ventricular izquierda

F Ac end: fracción de acortamiento endocárdico del ventrículo izquierdo

F Ac MV: fracción de acortamiento medio-ventricular del ventrículo izquierdo

FE: fracción de eyección del ventrículo izquierdo

Vdf: volumen diastólico final del ventrículo izquierdo

Vsf: volumen sistólico final del ventrículo izquierdo

Síntesis Inicial

El estudio ecocardiográfico es uno de los métodos no invasivos más comúnmente utilizado en pacientes con enfermedades cardíacas conocidas o sospechadas. Este estudio brinda la posibilidad de evaluar morfología, función y ciertos aspectos hemodinámicos de las diferentes estructuras cardíacas.

Si tenemos en cuenta a su vez que esa información puede identificar la afectación del corazón en el escenario de la hipertensión arterial, surge claramente la importancia del método para analizar mecanismos fisiopatológicos, estratificar riesgos, definir pronósticos y/o fundamentar conductas terapéuticas en esa patología.

En el presente capítulo se centrará la discusión en la valoración anatómica y funcional principalmente del ventrículo izquierdo a través de las diferentes herramientas que nos brindan los ultrasonidos en el escenario de la hipertensión arterial abarcando un espectro que va desde el laboratorio de investigaciones hasta el manejo individual del paciente hipertenso en el consultorio.

EL ECOCARDIOGRAMA EN LA EVALUACION DE LA ESTRUCTURA Y FUNCION DEL VENTRICULO IZQUIERDO

Valoración anatómica

Para obtener imágenes que permitan analizar las características estructurales del VI se utiliza en la mayoría de los casos trazados en modo M guiando el corte a través de la imagen 2D. Si bien el método ofrece información del resto de las estructuras cardiacas, recordemos que en el escenario de la hipertensión arterial la principal atención esta en identificar el compromiso del órgano diana representado en el corazón por el VI. En la fig. 77-1 se observa un registro ecocardiográfico en modo M de un corte del VI en su eje menor guiado por 2D de un paciente hipertenso. Con las mediciones realizadas se calculan parámetros de significativo valor en el estudio de la estructura ventricular como son la MVI y el EPR.

Masa ventricular izquierda

La MVI se obtiene a partir de la medición de los diámetros y espesores parietales de la cavidad a fin de diástole, asumiendo que el ventrículo tiene una forma elíptica. Si bien esas mediciones pueden adquirirse a través de diferentes planos con ecocardiograma 2D, en general el cálculo se hace en cortes desde modo M guiados por 2D como fue mencionado anteriormente. La asunción de esa figura geométrica puede resultar no adecuada en algunos casos, limitación que se reduce significativamente al utilizar reconstrucciones de imágenes en 3D. En general para su cálculo se utiliza la fórmula de Devereux ($MVI = 0,8 \times \{1,04 \times (DdVI + Esd + Eppd)^3 - DdVI^3\} + 0,6 g$) con buena correlación con el peso del ventrículo obtenido en autopsias.¹ La MVI es normalizada por algún valor que represente el tamaño corporal, teniendo en cuenta que ese parámetro condiciona las dimensiones de los diferentes órganos, para obtenerse de esa forma el IMVI. El mismo puede ser referido a la superficie corporal (g/m^2),

a la altura (g/m) o a la altura elevada a un exponente cercano al cubo como expresión de dimensión volumétrica (g/m).^{2,7} La presencia de hipertrofia ventricular izquierda se define a partir de puntos de corte recomendados por la *American Society of Echocardiography (ASE)* cuyos valores son mayor a $115 g/m^2$ en el hombre y a $95 g/m^2$ en la mujer.

Espesor parietal relativo

Este parámetro permite analizar la relación entre el tamaño de la cavidad y el espesor parietal y se lo calcula como $EPR = (Esd + Eppd)/DdVI$.² Combinando el IMVI y el EPR, Ganau y col.³ describieron 4 estructuras del VI en una población de individuos hipertensos (fig. 77-2). Estos modelos estructurales tienen importantes implicancias pronosticas y de interpretación fisiopatológica en la hipertensión arterial.

Valoración funcional

Los diferentes recursos que ofrece la ecocardiografía para detectar los movimientos de las estructuras cardiacas son los fundamentos que permiten a la técnica evaluar el estado funcional del VI, tanto durante la sístole como durante la diástole.

Función sistólica

El músculo cardíaco se caracteriza por transformar fuerza en movimiento generando la expulsión de sangre de su cavidad al árbol circulatorio en cada latido. Este volumen/ latido es dependiente de la capacidad de contracción intrínseca de las fibras miocárdicas y de las condiciones de carga a la que se expone en cada contracción (pre y post-carga). Como la contractilidad es la principal propiedad que tiene el músculo cardíaco para realizar su trabajo la mayoría de los recursos utilizados para evaluar la función sistólica del VI han puesto su atención en obtener mediciones que identifiquen ese estado contráctil, aunque todavía no se ha logrado el índice

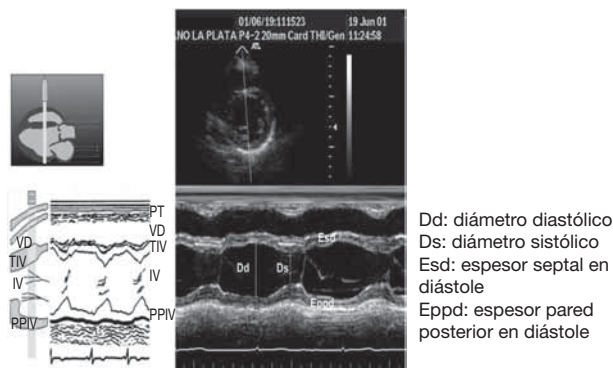


Figura 77-1. El Ecocardiograma en la Hipertensión arterial. PT pared torácica, VD ventrículo Derecho, TIV septum interventricular, IV ventrículo izquierdo, PPIV pared posterior de ventrículo izquierdo.

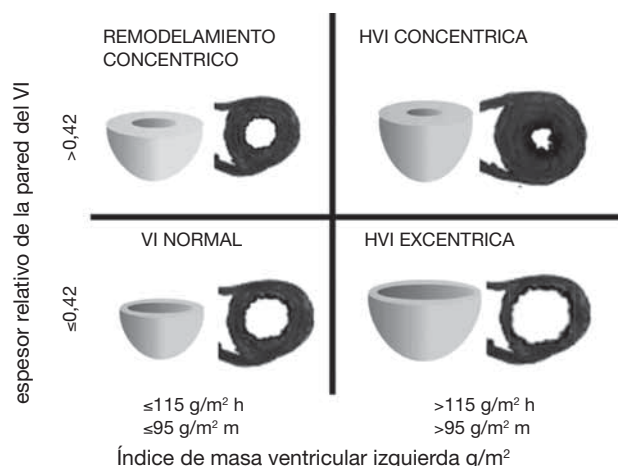


Figura 77-2. El Ecocardiograma en la Hipertensión arterial.

ideal. Sin embargo uno de esos índices propuestos, la FE, con sus ventajas y limitaciones fue incorporado desde hace tiempo por la comunidad cardiológica y es empleado en la toma de conductas para el tratamiento de pacientes, así como en estudios clínicos y experimentales.

El ecocardiograma al identificar el movimiento del endocardio brinda la posibilidad de analizar el acortamiento de las fibras cardíacas y por consecuencia cuantificar la función sistólica. La utilización de mediciones lineales de las dimensiones basadas en la identificación del endocardio, por modo M guiados por 2D o directamente en imágenes en 2D han demostrado ser reproducibles con baja variabilidad intra e interobservador. Mediante esas mediciones se puede estudiar el comportamiento contráctil de las fibras circunferenciales a través del $F Ac\ end [(DdVI - DsVI)/DdVI] \times 100$. Por otra parte la relación con el estrés sistólico pico que también puede calcularse a través del estudio ecocardiográfico, incrementa el valor de este parámetro en la identificación de la contractilidad.

El acortamiento de las fibras musculares en la parte media de la pared ventricular refleja en forma más exacta las características contráctiles de las fibras circunferenciales que el observado a nivel del endocardio, identificando mejor los estados incipientes de disfunción ventricular principalmente en presencia de hipertrofia concéntrica. Este $F Ac\ MV$ se lo calcula a partir de mediciones lineales con la siguiente fórmula:

$$F\ Ac\ MV : (DdVI + Eppd/2 + Esd/2) - [DsVI + (Epps/2 + Ess/2)] / (Ddd + Eppd/2 + Esd/2)$$

La obtención de la FE, que como fue discutido es uno de los índices más utilizados, se hace principalmente a través de imágenes en 2D desde ventana apical en uno o dos planos. Sobre esas imágenes se aplican fórmulas, la recomendada por la ASE está basada en la regla de Simpson modificada para obtener los volúmenes y de esa forma la $FE = (Vdf - Vf) / Vdf$. Recientemente con la introducción del eco 3D se ha conseguido mayor precisión en el cálculo de los volúmenes y de la FE.

El análisis de la contracción de las fibras longitudinales, puede evaluarse por el ecocardiograma a través del estudio del desplazamiento apical del anillo mitral, de la velocidad pico sistólica de ese desplazamiento utilizando Doppler tisular u obteniendo el strain y el strain/rate de esas fibras con Doppler tisular o con 2D a través del Speckle Tracking.^{4,5}

Función diastólica

Durante la diástole ventricular se produce el llenado ventricular que permite mantener el gasto cardíaco de acuerdo a las necesidades del organismo a presiones diastólicas normales; este proceso depende de varios factores como la relajación, la función auricular y la distensibilidad de la cámara ventricular. La evaluación de la función diastólica se ha transformado en parte integral del estudio de rutina principalmente en pacientes que presenten hipertensión arterial, disnea o síndrome clínico de insuficiencia cardíaca; el conocimiento de la misma es de importancia tanto para el manejo clínico como para la estratificación pronóstica de esos pacientes. La eco-

cardiografía utilizando principalmente la técnica con efecto Doppler se ha constituido en la herramienta no invasiva más utilizada para el estudio de la función diastólica.

EL ECOCARDIOGRAMA EN EL LABORATORIO DE INVESTIGACIONES

La posibilidad de utilizar modelos experimentales que se asemejan a la hipertensión arterial esencial en el hombre como son las ratas espontáneamente hipertensas han permitido avanzar en el conocimiento de diversos aspectos de esta patología. Por otra parte, la introducción del ecocardiograma en el laboratorio de investigaciones posibilita identificar las características estructurales y funcionales del corazón y ver los cambios que pueden aparecer como consecuencia de diversas intervenciones en forma longitudinal sin necesidad de sacrificar al animal. En la fig. 77-3 se observa como el bloqueo de intercambiador sodio-hidrógeno con B II B reduce la hipertrofia y mejora la función sistólica ventricular izquierda sin modificar significativamente la presión arterial en una población de ratas hipertensas. La disminución de la masa ventricular calculada por ecocardiograma es coincidente con la reducción en el tamaño de los miocitos y con el peso del VI. Estos resultados permiten inferir que la hipertrofia desarrollada secundaria a la hipertensión es de mala adaptación y como al disminuir independientemente de las cifras de presión arterial, mejora la función ventricular.⁶ En otros estudios experimentales se han encontrado diferentes morfologías del VI en las ratas espontáneamente hipertensas como las referidas en el hombre, presentando a su vez distintas patentes hemodinámicas también coincidentes con lo señalado en humanos, reforzando la similitud de estos modelos animales con la hipertensión en el hombre. Los animales con remodelamiento concéntrico o hipertrofia concéntrica tenían volumen latido normal o bajo y aumento de la resistencia periférica mientras que los animales con hipertrofia excéntrica presentaban volumen latido alto y resistencias periféricas bajas.⁷

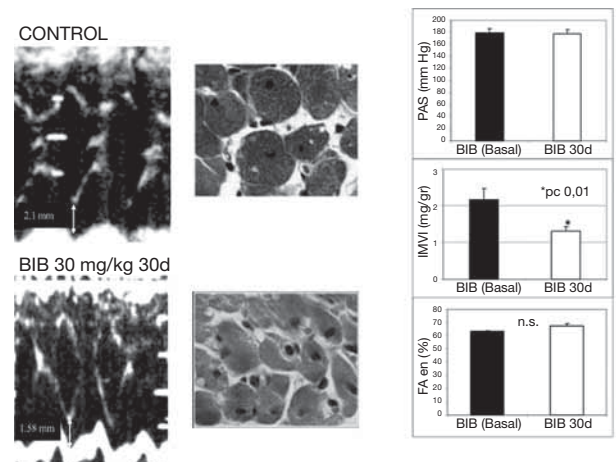


Figura 77-3. El Ecocardiograma en la Hipertensión arterial.

EL ECOCARDIOGRAMA EN LOS ESTUDIOS CLINICOS Y EPIDEMIOLOGICOS

El cálculo del IMVI y del EPR a través del estudio ecocardiográfico permite, como fue analizado anteriormente, identificar 4 modelos en el comportamiento del VI en poblaciones hipertensas. En la fig. 77-4 se muestran estudios ecocardiográficos de pacientes hipertensos con diferente geometría ventricular. Además de la significación pronostica de estas diferentes formas de respuestas del VI, se observan distintas patentes hemodinámicas como las referidas anteriormente en animales, dando sustento a la elección terapéutica más adecuada para el manejo farmacológico de estos pacientes. En los hipertensos con remodelamiento concéntrico o hipertrofia concéntrica con aumento de las resistencias periféricas y niveles de renina y péptido natriurético elevados los fármacos de mejor acción serían los inhibidores de la enzima convertidora, los antagonistas de receptores de angiotensina o los antagonistas cálcicos. En la hipertrofia excéntrica con bajas resistencias periféricas, alto volumen minuto, renina baja y mayor actividad simpática, los diuréticos y los bloqueantes de los receptores beta adrenérgicos se constituirían en fármaco de elección.⁸

La utilización del ecocardiograma para estudiar la contracción de las fibras longitudinales del VI en hipertensos con hipertrofia ventricular y parámetros de función de las fibras circunferenciales normales ha permitido identificar un deterioro más temprano en el acortamiento de las primeras.

Por otra parte al analizar una población de aproximadamente 750 jóvenes entre 18 y 24 años el estudio ecocardiográfico permitió identificar en los hipertensos (6% del total), la presencia de aumento de la masa ventricular izquierda y cambios en el llenado ventricular en relación a los que tenían

presión optima, contribuyendo de esa forma a mejorar el conocimiento de la hipertensión arterial en sus etapas iniciales, confirmando el compromiso estructural y funcional precoz de esa cavidad.

Si bien el estudio de la repercusión de la elevación de la presión arterial sobre el órgano diana en el corazón se ha centrado en el comportamiento del VI, la utilización de los ultrasonidos ha puesto en evidencia la presencia de alteraciones estructurales y funcionales en el ventrículo derecho asociados a las modificaciones referidas en el VI.⁹

EL ECOCARDIOGRAMA EN EL CONSULTORIO

En el manejo clínico del paciente hipertenso desde el consultorio el estudio ecocardiográfico cumple un importante papel permitiendo identificar aspectos estructurales y funcionales del corazón, como hemos venido discutiendo hasta aquí, que inciden en el mayor conocimiento del paciente y en el manejo terapéutico.

Detectar alteraciones estructurales

El ecocardiograma puede solicitarse para detectar la presencia de alteraciones estructurales del VI (hipertrofia o remodelamiento concéntrico) que señalen compromiso de órgano blanco, y permitan definir conductas terapéuticas. Esta indicación está avalada por las guías de *la American Heart Association, el American College of Cardiology* y la ASE en Clase I (evidencias o acuerdo general que considera justificada la indicación)¹⁰ y como Clase II (condiciones donde hay evidencias encontradas o divergencias de opinión sobre si la indicación de un procedimiento es útil o eficaz) en las de la

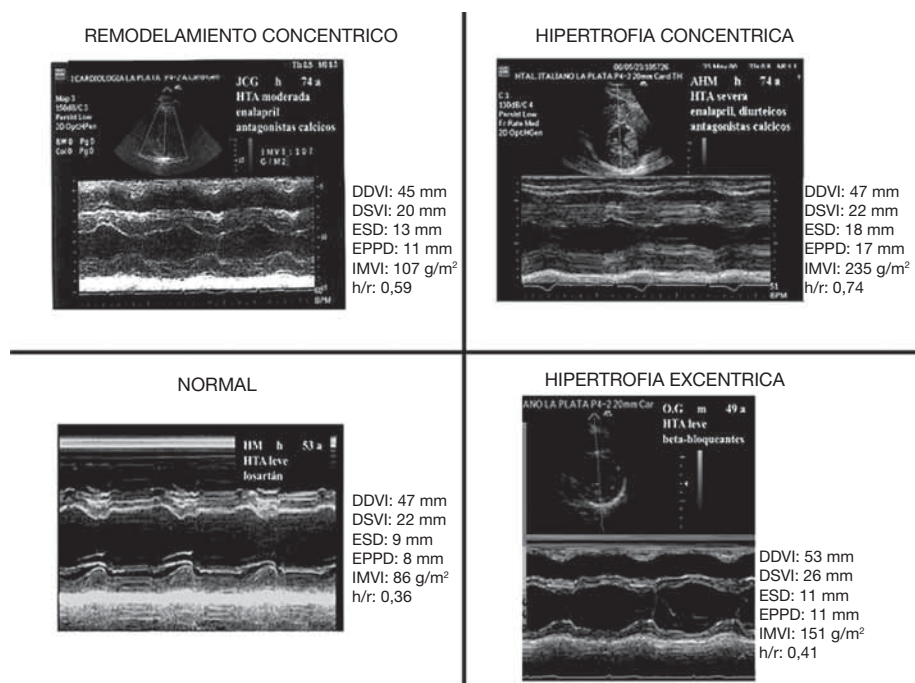


Figura 77-4. El Ecocardiograma en la Hipertension arterial.

Sociedad Canadiense de Cardiología.¹¹ Es importante señalar que en la mayoría de los pacientes no es necesario el aporte del estudio para decidir el inicio de terapéutica farmacológica. La indicación en este escenario puede ser importante en algunos pacientes pre-hipertensos o normales altos donde la identificación de daño en órgano blanco puede definir la conducta.

Identificar patología asociada y/o evaluar función ventricular

La detección de patología cardíaca asociada o el análisis de la función sistólica y/o diastólica del VI son indicaciones frecuentes de la realización de estudios ecocardiográficos en los pacientes hipertensos. Las guías mencionadas la consideran indicación Clase I junto al uso del Eco-Estrés para descartar patología coronaria.¹⁰ Sin embargo esas mismas guías consideran Clase IIa (divergencia de opiniones con mayoría para justificar la indicación) la solicitud del ecocardiograma para evaluar el estado de la función diastólica. En general en la práctica diaria una de las indicaciones del ecocardiograma que con más frecuencia se hace en las primeras visitas de un paciente hipertenso es para completar el estudio de soplos cardíacos.

Estratificación de riesgo

Esta indicación queda encuadrada dentro de la primera analizada, aceptando que la definición de daño en órgano blanco pasa solamente por la identificación de hipertrofia o remodelamiento ventricular izquierdo. Si bien en algún momento en el control del paciente hipertenso se debe realizar un estudio ecocardiográfico, muchas veces para definir historia de su hipertensión, estos objetivos no se plantean en las visitas iniciales.

En el seguimiento del paciente hipertenso

Es aceptado y recomendado por las guías como indicación Clase I en el seguimiento de pacientes hipertensos con dilatación de las cavidades cardíacas cuando se documentan cambios en el estado clínico o para fundamentar conductas terapéuticas.^{10,11} La indicación del estudio en el seguimiento para evaluar la terapéutica basada en la regresión de hipertrofia o el estudio de la función ventricular en asintomáticos no

esta recomendada. Como se señaló anteriormente en algún momento del seguimiento del paciente hipertenso se solicita un ecocardiograma para tener un elemento de identidad del estado del órgano blanco, aunque no se corresponda con alguna de éstas recomendaciones.

Bibliografía sugerida

1. Devereaux RB, Alonso DR, Lutas EM y col. Echocardiographic assessment of left ventricular hypertrophy: comparison with necropsy findings. *Am J Cardiol* 1986; 57: 450-458
2. Riechek N, Devereaux RB. Reliable estimation of peak left ventricular systolic pressure by M-mode echocardiography-determined end-diastolic relative wall thickness: identification of severe valvular aortic stenosis in adult patients. *Am Heart J* 1982;103:202-213
3. Ganau A, Devereux RB, Roman MJ y col. Patterns of left ventricular hypertrophy and geometric remodeling in essential hypertension. *J Am Coll Cardiol* 1992; 19: 1550-1558
4. Blessberger H, Binder T. Non-invasive imaging: Two dimensional speckle tracking echocardiography: basic principles. *Heart* 2010;96: 716-722
5. Kalogeropoulos AP, Georgiopoulos VV, Gheorghiadu M, Butler J. Echocardiographic evaluation of left ventricular structure and function: new modalities and potential applications in clinical trials, *J Card Fail* 2012; 18: 159-172
6. Escudero EM, Tufare AL, Ennis IL, Garcarena CD, Pinilla OA, Carranza VB. Análisis ecocardiográfico del efecto de diferentes inhibidores del intercambiador Na⁺/H⁺ sobre la estructura y función sistólica del ventrículo izquierdo en ratas espontáneamente hipertensas. *Medicina* 2006; 66: 392-398
7. Escudero EM, Pinilla OA, Carranza VB. Análisis ecocardiográfico de la geometría ventricular izquierda en ratas espontáneamente hipertensas. *Medicina* 2009; 69: 335-340
8. Dávila DF, Donis JH, Odreman R, González M, Landaeta A. Patterns of left ventricular hypertrophy in essential hypertension: should echocardiography guide the pharmacological treatment? *Int J Cardiol* 2008; 124:134-138
9. Escudero EM, Tufare AL, Pinilla OA. Adaptación del ventrículo derecho a la hipertrofia ventricular izquierda fisiológica y patológica. *Rev Fed Arg Cardiol* 2010; 39: 282-287
10. Chaitlin MD, Armstrong WF, Aurigemma GP y col; American College of Cardiology; American Heart Association; American Society of Echocardiography. ACC/AHA/ASE 2003 guideline update for the clinical application of echocardiography: summary article: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (ACC/AHA/ASE Committee to Update the 1997 Guidelines for the Clinical Application of Echocardiography). *Circulation* 2003;108:1146-1162
11. Sanfilippo AJ, Bewick D, Chan KL et al. Guidelines for the provision of echocardiography in Canada: recommendations of a joint Canadian Cardiovascular Society/Canadian Society of Echocardiography Consensus Panel. *Can J Cardiol* 2005; 21: 763-780