

Evaluación de la función ventricular por ecocardiografía Doppler en niños con comunicación interauricular

Ana M. Schroh, Lidia B. Laghezza, Pablo J. Domínguez, Virginia Brandán y Daniel E. Nento

Servicio de Cardiología Infantil. Hospital Pediátrico Dr. Humberto J. Notti. Mendoza. Argentina.

Introducción y objetivos. Valorar la función ventricular de pacientes con comunicación interauricular (CIA) por ecocardiografía Doppler.

Métodos. Se estudió a 158 niños, divididos en dos grupos: 111 pacientes con CIA y 47 niños sanos. La función sistólica del ventrículo izquierdo fue valorada por fracción de eyección, fracción de acortamiento, velocidad miocárdica sistólica del anillo mitral obtenida por Doppler tisular, y del ventrículo derecho por la velocidad miocárdica sistólica del anillo tricuspídeo. La función diastólica ventricular izquierda fue valorada por mediciones estándar de la curva Doppler mitral, la velocidad de propagación del flujo por modo M-color (Vp), el índice E/Vp y las velocidades diastólicas precoces y tardías del anillo mitral obtenidas a nivel lateral y septal (ondas EML y EMS y ondas AML, AMS respectivamente), y la diastólica ventricular derecha por la velocidad diastólica precoz y tardía del anillo tricuspídeo (ondas ET y AT) obtenidas por Doppler tisular pulsado.

Resultados. No hubo diferencias significativas entre ambos grupos respecto a las variables para función sistólica y diastólica ventricular izquierda, salvo la menor velocidad de EMS y EML en el grupo de casos. La función sistólica ventricular derecha estuvo significativamente incrementada en el grupo con CIA. La velocidad pico ET fue similar en ambos grupos, pero la velocidad pico AT fue significativamente mayor en el grupo con CIA.

Conclusiones. Las funciones sistólica y diastólica (índices independientes de la precarga) del ventrículo izquierdo fueron similares en ambos grupos. Los pacientes con CIA mostraron un incremento de la función sistólica con preservación de la función diastólica del ventrículo derecho.

Palabras clave: Ecocardiografía Doppler. Comunicación interauricular. Función ventricular.

Echocardiographic Doppler Evaluation of Ventricular Function in Children With an Atrial Septal Defect

Introduction and objectives. To evaluate ventricular function using Doppler echocardiography in patients with an atrial septal defect (ASD).

Methods. The study involved 158 children, who were divided into two groups: Group 1 comprised 111 children with an ASD, and Group 2, 47 healthy children. Left ventricular systolic function was evaluated by measuring the ejection fraction, the shortening fraction, and the systolic mitral annular velocity (by tissue Doppler), and right ventricular systolic function, by measuring the systolic tricuspid annular velocity. Left ventricular diastolic function was evaluated by measuring standard transmitral Doppler indices, the color M-mode Doppler flow propagation velocity (Vp), the E/Vp ratio, and early and late diastolic mitral annular velocities at the lateral and septal areas of the mitral annulus (EML, EMS and AML, AML waves, respectively), and right ventricular diastolic function, by using pulsed tissue Doppler to measure early and late diastolic tricuspid annular velocities (ET and AT waves, respectively).

Results. There was no significant difference between the two groups in any left ventricular systolic or diastolic function parameter, except that the EML and EMS velocities were smaller in Group 1. Right ventricular systolic function was significantly increased in children with an ASD. The peak ET wave velocity was similar in the two groups but the peak AT wave velocity was significantly greater in children with an ASD.

Conclusions. Systolic and diastolic left ventricular function (i.e., preload-independent indices) were similar in the two groups. Children with an ASD demonstrated an increase in right ventricular systolic function, though diastolic function was unchanged.

Key words: Doppler echocardiography. Atrial septal defect. Ventricular function.

Full English text available from: www.revespcardiol.org

Correspondencia: Dra. A.M. Schroh.
Paso de los Andes, 812. (5500) Mendoza. Argentina.
Correo electrónico: amschroh@yahoo.com;
schroh@cardiologiainfantil.com

Recibido el 25 de agosto de 2007.
Aceptado para su publicación el 22 de enero de 2008.

INTRODUCCIÓN

La comunicación interauricular (CIA) representa un modelo crónico de sobrecarga volumétrica de las cavidades derechas del corazón.

ABREVIATURAS

CIA: comunicación interauricular.

FA: fracción de acortamiento.

FE: fracción de eyección.

DdVD: diámetro diastólico del ventrículo derecho.

DdVI: diámetro diastólico del ventrículo izquierdo.

Vp: velocidad de propagación del flujo por modo-M color.

La función ventricular derecha es difícil de apreciar con ecocardiografía Doppler convencional debido al insuficiente desarrollo de modelos matemáticos adecuados y fiables para reconstruir su forma geométrica compleja¹. La incorporación del Doppler tisular pulsado, como nueva técnica ultrasónica de uso corriente, permite estudiar el movimiento anular mitral y tricuspídeo y ha enriquecido la apreciación no invasiva de la función ventricular derecha e izquierda sistólica y diastólica²⁻⁵. Eidem et al⁶ establecieron los valores de referencia de las velocidades obtenidas por Doppler tisular pulsado en una población pediátrica sana.

Nuevos índices derivados del ecocardiograma en modo-M color, además de los obtenidos por Doppler tisular, parecen ser de utilidad en la apreciación no invasiva de la función ventricular izquierda diastólica en niños⁷.

Debido a que la disfunción ventricular derecha y/o izquierda, sistólica y/o diastólica, participa significativamente en la morbilidad y la mortalidad de muchos pacientes con cardiopatías congénitas, su apreciación por técnicas no invasivas es de fundamental importancia.

El objetivo del presente trabajo fue determinar si la presencia de un cortocircuito significativo en el septum interauricular modifica la función ventricular, apreciada por índices ecocardiográficos fiables de uso cada vez más frecuente.

MÉTODOS

De enero de 2003 a marzo de 2006, se incluyó en este estudio prospectivo a 158 niños que consultaron al Servicio de Cardiología del Hospital Pediátrico Dr. Humberto Notti. Se los dividió en dos grupos: el grupo 1 estuvo constituido por 111 pacientes (68 niñas y 43 varones; media de edad, 6,5 años; intervalo, 22 meses-15 años) con CIA tipo ostium secundum y evidente sobrecarga volumétrica de cavidades derechas. Todos tenían ritmo sinusal al momento del diagnóstico, no estaban en insuficiencia cardiaca clínica, y la presión pulmonar estimada era inferior al 75% de la presión sistémica. Se excluyó a los pacientes menores de 2 años, los pacientes con presión pulmonar estimada $\geq 75\%$ de la sistémica y las CIA tipo ostium primum y

seno venoso, debido a la constante asociación con *clef*t mitral y anomalía parcial del retorno venoso pulmonar respectivamente. También se excluyó a los pacientes con otras cardiopatías concomitantes (estenosis valvular pulmonar, comunicación interventricular, ductus persistente, insuficiencia mitral, etc.). El grupo 2 estuvo formado por 49 niños (24 niñas y 26 varones) con edades comprendidas entre 21 meses y 14,3 años (media, 7,5 años) que tenían un examen cardiovascular normal (soplo funcional) y ritmo sinusal, que fueron referidos para ecocardiograma Doppler color por dolor torácico, síncope, cardiomegalia radiológica o sospecha de hipertrofia ventricular izquierda en el electrocardiograma, siendo el estudio ecocardiográfico normal. Los pacientes con CIA que cumplían los criterios anteriores fueron seleccionados en forma consecutiva, al igual que los niños de similar edad del grupo control.

A todos los pacientes se les realizó un estudio ecocardiográfico bidimensional, Doppler color y Doppler tisular pulsado (utilizando un equipo Hewlett Packard SONOS 2500 con transductores de 4/2,5/2 MHz) en supinación y decúbito lateral izquierdo, sin sedación. Los estudios fueron grabados en vídeo para posterior análisis. Una velocidad de 100 mm/s fue usada para el registro y se utilizó monitorización electrocardiográfica continua de un canal durante todo el estudio.

Se determinó el diámetro ventricular derecho telediastólico⁷ (DdVD) en centímetros, corregido por la superficie corporal. Las dimensiones ventriculares izquierdas fueron medidas de manera convencional: el diámetro telediastólico ventricular izquierdo fue medido al comienzo del complejo QRS y el diámetro telesistólico, en la sístole tardía al momento de la máxima contracción de la pared posterior del ventrículo izquierdo (VI)⁸. La función sistólica del VI fue evaluada a través de la fracción de eyección (FE) y la fracción de acortamiento (FA) obtenidas por modo-M⁹.

Además se determinó el índice de flujo pulmonar respecto al sistémico (Qp/Qs) de acuerdo con técnicas estándar¹⁰.

Se midieron las velocidades de la curva espectral mitral obtenida por Doppler pulsado (velocidades máximas de la onda E y A) en metros por segundo y el tiempo de desaceleración de la onda E (en milisegundos), al igual que el tiempo de relajación isovolumétrico medido en la curva espectral obtenida en el tracto de salida de VI¹¹.

También se determinó la velocidad de propagación del flujo mitral por modo-M color (Vp) como índice de función diastólica independiente de la carga ventricular^{12,13}.

Las velocidades miocárdicas medidas por Doppler tisular pulsado fueron obtenidas en una proyección de 4 cámaras apical desde 3 localizaciones: anillo mitral lateral, septum interventricular y anillo tricuspídeo lateral. Las medidas de Doppler tisular pulsado para cada uno de estos segmentos miocárdicos incluyó la velocidad anular sistólica pico (onda SM y onda ST),

TABLA 1. Características generales

	Varones	Mujeres	Edad (años)	Superficie corporal (m ²)
Grupo 1 (CIA)	43	68	6,53 ± 3,92	0,815 ± 0,27
Grupo 2 (control)	23	24	6,2 ± 2,68	0,94 ± 0,33
p	NS	NS	0,7778	< 0,05

CIA: comunicación interauricular; NS: no significativo.

la velocidad pico diastólica precoz del anillo mitral registrada a nivel lateral (onda EML) y septal (onda EMS), la velocidad pico diastólica precoz del anillo tricuspídeo (onda ET) y la velocidad anular pico diastólica tardía mitral y tricuspídea (onda AM y AT)¹⁴.

A partir de estas medidas se calcularon los índices E/A, E/EML y E/Vp.

Análisis estadístico

Todos los valores se expresaron como media ± desviación estándar. La distribución normal de la variable cardinal continua fue confirmada o rechazada usando el test de Kolmogorov-Smirnov. Luego, las diferencias obtenidas en las mediciones entre ambos grupos fueron comparadas usando el test de la t de Student o el de Mann-Whitney no apareado de dos colas, según correspondiera.

Para apreciar la existencia de diferencias para la variable dicotómica sexo, se utilizó la prueba de la χ^2 .

RESULTADOS

No hubo diferencias estadísticamente significativas entre los grupos respecto al sexo y la edad (grupo 1, 6,53 ± 3,92 años, frente a grupo 2, 6,2 ± 2,68 años), aunque sí respecto a la superficie corporal (0,81 ± 0,27 m² en el grupo 1 frente a 0,94 ± 0,33 m² en el grupo control), que fue significativamente menor en el grupo con CIA (tabla 1).

El diámetro telediastólico ventricular derecho corregido por la superficie corporal fue significativamente mayor en los pacientes del grupo 1 (2,88 ± 0,99 frente a 1,89 ± 0,67 cm; p < 0,0001), mientras el diámetro telediastólico ventricular izquierdo fue menor (3,74 ± 0,87 frente a 4,4 ± 0,62 cm; p < 0,001) en el grupo 1 que en el grupo control (tabla 2).

TABLA 2. Características hemodinámicas

	DdVI/sc (cm)	FA (%)	FE (%)	DdVD/sc (cm)	Qp/Qs
Grupo 1 (CIA)	3,74 ± 0,87	36,69 ± 7,1	66,82 ± 8,8	2,88 ± 0,99	1,74 ± 0,53
Grupo 2 (control)	4,4 ± 0,62	38,97 ± 7,62	69,86 ± 8,63	1,89 ± 0,67	0,96 ± 0,21
p	0,001	0,3184	0,1478	< 0,0001	< 0,0001

CIA: comunicación interauricular; DdVI: diámetro de fin de diástole ventricular derecha; DdVI: diámetro de fin de diástole ventricular izquierda; FA: fracción de acortamiento; E: fracción de eyección; Qp/Qs: flujo pulmonar/flujo sistémico; sc: superficie corporal.

TABLA 3. Función ventricular sistólica valorada por DTP

	DTP mitral (S _m) (cm/s)	DTP tricuspídeo (S _r) (cm/s)
Grupo 1 (CIA)	13,5 ± 9,53	16,32 ± 2,78
Grupo 2 (control)	14,33 ± 14,1	14,95 ± 2,97
p	0,4584	0,0216

CIA: comunicación interauricular; DTP: Doppler tisular pulsado; S_m: velocidad sistólica del anillo mitral; S_r: velocidad sistólica del anillo tricuspídeo.

El cortocircuito estimado por la relación Qp/Qs fue significativamente mayor en el grupo 1 que en el grupo 2 (1,74 ± 0,52 y 0,96 ± 0,15; p < 0,0001).

No se encontraron diferencias significativas entre el grupo 1 y el 2 respecto a la FE (66,82% ± 8,8% frente a 69,86% ± 8,63%; p = 0,1478) y la FA del ventrículo izquierdo (36,69% ± 7,1% frente a 38,97% ± 7,6%; p = 0,1972) (tabla 2).

Respecto a las velocidades obtenidas por Doppler tisular pulsado, la velocidad sistólica del anillo mitral a nivel lateral (onda SM) también fue similar en ambos grupos (13,5 ± 9,53 frente a 14,33 ± 14,1 cm/s; p = 0,4584), pero la velocidad sistólica anular lateral tricuspídea (onda ST) fue significativamente mayor en el grupo con CIA (16,32 ± 2,7 frente a 14,95 ± 3,59 cm/s; p = 0,0216) (tabla 3, fig. 1).

La función diastólica ventricular izquierda se valoró a través del análisis de la curva espectral Doppler mitral (ondas E y A; relación E/A y tiempo de desaceleración de la onda E). No se observaron diferencias significativas entre ambos grupos, a excepción del tiempo de relajación isovolumétrico, que estuvo significativamente prolongado en el grupo 1 respecto al grupo 2 (51,31 ± 12,78 frente a 43,65 ± 9,74 ms; p < 0,0001) (tabla 4).

La función diastólica también fue evaluada a través de la velocidad de propagación del flujo valorado por modo-M Doppler color (Vp) y por la relación E/Vp, y no se registraron diferencias significativas entre ambos grupos (tabla 5).

La velocidad diastólica precoz del anillo mitral tanto septal (onda EMS) como lateral (onda EML) fue significativamente inferior en el grupo 1 que en el grupo 2 (13,7 ± 5,58 frente a 15,03 ± 2,73 cm/s, y 18,18 ± 5,3 frente a 21,69 ± 4,22 cm/s, respectivamente; p < 0,0001) (tabla 6).

No hubo diferencia significativa en la velocidad diastólica precoz anular tricuspídea entre ambos gru-

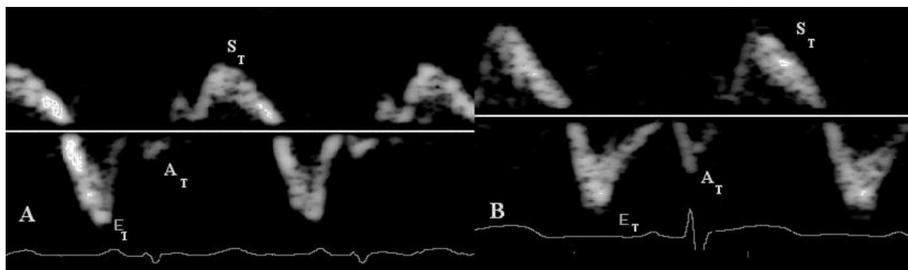


Fig. 1. Doppler tisular obtenido a nivel del margen lateral del anillo tricuspídeo. Se identifican las ondas E_T (diastólica precoz), A_T (diastólica tardía) y S (sistólica). A: paciente del grupo control. B: paciente con CIA. Nótese el incremento significativo de la velocidad de la onda diastólica tardía (A_T) y la sistólica (S_T).

TABLA 4. Índices de función ventricular diastólica

	Velocidad pico onda E mitral (m/s)	Velocidad pico onda A mitral (m/s)	Relación E/A	E-DE (ms)	TRIV (ms)
Grupo 1 (CIA)	0,97 ± 0,17	0,56 ± 0,16	1,81 ± 0,6	130,53 ± 31,15	51,31 ± 12,78
Grupo 2 (control)	1 ± 0,19	0,53 ± 0,11	1,96 ± 0,55	133,17 ± 36,75	43,65 ± 9,74
p	0,29	0,23	0,09	0,6529	< 0,0001

CIA: comunicación interauricular; E-DE: tiempo de desaceleración de la onda E mitral; TRIV: tiempo de relajación isovolumétrica.

TABLA 5. Índices de función ventricular diastólica

	Vp (cm/s)	E/Vp
Grupo 1 (CIA)	53,62 ± 14,97	1,91 ± 0,68
Grupo 2 (control)	61,86 ± 18,17	1,71 ± 0,38
p	0,055	0,2262

CIA: comunicación interauricular; E/Vp: relación velocidad pico onda E mitral/velocidad de propagación del flujo por modo-M color; Vp: velocidad de propagación del flujo por modo-M color.

pos ($18,13 \pm 5,29$ frente a $17,12 \pm 4,05$ cm/s; $p = 0,1971$), pero fue significativamente mayor la velocidad anular tricuspídea diastólica tardía en el grupo con CIA ($14,79 \pm 10,42$ frente a $11,15 \pm 4,1$ cm/s; $p < 0,0001$) (tabla 6).

La relación E/E_{ML} obtenida a nivel lateral del anillo mitral fue significativamente mayor en el grupo 1 que en el grupo 2 ($5,77 \pm 2,45$ frente a $4,81 \pm 1,35$; $p = 0,0179$) (tabla 6).

DISCUSIÓN

La CIA representa un modelo clínico de sobrecarga volumétrica crónica del ventrículo derecho. El estudio de esta cardiopatía siempre se ha centrado en las con-

secuencias del cortocircuito interauricular para las cavidades derechas y el árbol vascular pulmonar. Pero además el cortocircuito interauricular produce una reducción de la precarga ventricular izquierda¹⁵ al disminuir el llenado ventricular, lo que podría afectar a algunos de los índices considerados para la evaluación de la función ventricular.

Alteraciones de la función ventricular sistólica y diastólica, izquierda y/o derecha, han sido descritas en pacientes con cardiopatías congénitas. La disfunción ventricular puede afectar al resultado de las intervenciones terapéuticas efectuadas y el pronóstico a mediano y largo plazo en estos pacientes.

Berger et al¹⁶ demostraron una reducción precoz en el volumen telediastólico ventricular derecho después del cierre de la CIA por dispositivo o por cirugía, y Gomez et al¹⁵ han descrito cambios inmediatos en algunos índices ecocardiográficos de función diastólica ventricular izquierda que ocurren en pacientes con CIA posteriores al cierre por dispositivo, pero los atribuyen a las alteraciones agudas de las condiciones de carga ventricular izquierda producidas por el cierre. Sin embargo, no se ha enfatizado lo suficiente respecto a la función ventricular sistólica y diastólica de los ventrículos derecho e izquierdo en pacientes con cortocircuitos interauriculares significativos respecto a los normales.

TABLA 6. Índices de función ventricular diastólica valorados por DTP

	DTP: E _{ML} (cm/s)	DTP: E _{MS} (cm/s)	DTP: E _T (cm/s)	DTP: A _{ML} (cm/s)	DTP: A _T (cm/s)	E/E _{ML}
Grupo 1 (CIA)	18,18 ± 5,3	13,7 ± 5,58	18,13 ± 5,29	9,01 ± 4,2	14,79 ± 10,42	5,77 ± 2,45
Grupo 2 (control)	21,69 ± 4,2	15,03 ± 2,73	17,12 ± 4,05	8,23 ± 2,99	11,15 ± 4,1	4,81 ± 1,35
p	< 0,0001	< 0,0001	0,1971	0,6697	< 0,0001	0,0179

A_{ML}: velocidad diastólica tardía del anillo mitral; A_T: velocidad diastólica tardía del anillo tricuspídeo; CIA: comunicación interauricular; DTP: Doppler tisular pulsado; E/E_{ML}: relación velocidad pico onda E mitral/velocidad diastólica precoz del anillo mitral; E_{ML}: velocidad diastólica precoz del anillo mitral; E_{MS}: velocidad diastólica precoz del septum basal; E_T: velocidad diastólica precoz del anillo tricuspídeo.

La ecocardiografía Doppler tradicional permite de una manera simple y no invasiva determinar diferentes índices de función ventricular, enriquecida actualmente por nuevas modalidades técnicas, como la medición de las velocidades miocárdicas por Doppler tisular y de la velocidad de propagación del flujo diastólico precoz ventricular izquierdo (Vp) por ecocardiografía Doppler en modo-M color.

Los pacientes con CIA tienen un desarrollo ponderal inferior al normal¹⁷, y en nuestros pacientes se evidencia una superficie corporal significativamente menor que en el grupo control ($p < 0,05$). Esto estaría vinculado con la repercusión hemodinámica generada por el cortocircuito auricular, que resulta en una sobrecarga volumétrica de las cavidades derechas y en un incremento del flujo venoso pulmonar en detrimento del flujo arterial sistémico, evidente en nuestros pacientes con CIA. Tanto el diámetro telediastólico del ventrículo derecho como el Qp/Qs fueron significativamente superiores en el grupo con CIA que en el grupo control, algo similar a lo ampliamente mencionado en diferentes trabajos sobre el tema^{17,18}.

El ventrículo derecho tiene configuración espacial, arquitectura de las fibras miocárdicas y características de llenado diferentes de las del ventrículo izquierdo¹⁹. El ventrículo derecho ha sido comparado con un pistón, con una gran capacidad para compensar las cargas de volumen²⁰. La función ventricular derecha es difícil de determinar por métodos ecocardiográficos tradicionales debido a que las ecuaciones matemáticas son insuficientes para reconstruir su compleja forma geométrica. Sin embargo, el Doppler tisular es una alternativa para la determinación de la función ventricular sistólica y diastólica del ventrículo derecho. Las mediciones de las velocidades del anillo tricuspídeo usando Doppler tisular en una proyección de cuatro cámaras apical parecen ser muy reproducibles²¹. Eidem et al⁶ y Frommelt et al¹ establecieron los valores normales en niños sanos y señalaron que la función sistólica y diastólica del ventrículo derecho puede ser apreciada en forma no invasiva utilizando las curvas espectrales obtenidas por Doppler tisular del movimiento anular tricuspídeo.

La medición de las velocidades del anillo tricuspídeo por Doppler tisular refleja los cambios de longitud de las fibras miocárdicas en el plano longitudinal, que es el mecanismo principal de la función ventricular derecha²². Por la ley de Frank-Starling, sería de esperar que se produjera un incremento de la contractilidad del ventrículo derecho como consecuencia del incremento de la longitud de fin de diástole de la fibra miocárdica generada por la sobrecarga volumétrica. En nuestros pacientes con CIA se observó un significativo incremento de la función ventricular sistólica derecha, valorada por la velocidad miocárdica obtenida por Doppler tisular pulsado a nivel lateral del anillo tricuspídeo (onda ST).

La velocidad diastólica precoz anular tricuspídea (onda ET) fue similar en pacientes con CIA y en el grupo control valorado por Doppler pulsado tisular, y como esta velocidad miocárdica estaría vinculada a la función ventricular diastólica derecha¹, este hallazgo respaldaría la hipótesis de que los pacientes con CIA no presentan disfunción diastólica ventricular derecha. Respecto a la velocidad diastólica tardía del anillo tricuspídeo (onda AT), ésta fue significativamente superior en los pacientes con CIA. Como esta onda se correlaciona con la sístole auricular¹, el incremento de la velocidad evidenciada en los pacientes con CIA se vincularía a una sístole atrial derecha más enérgica secundaria a la sobrecarga volumétrica auricular.

Respecto al ventrículo izquierdo, nuestros pacientes con CIA tuvieron un diámetro telediastólico ventricular izquierdo significativamente menor que los del grupo control, similar a lo publicado por otros autores²³, lo que sería consecuencia de la reducción de la precarga ventricular¹⁵. Sin embargo, no hubo diferencias en la función sistólica del ventrículo izquierdo entre ambos grupos, valorada tanto en el plano circunferencial (determinado por la fracción de eyección y la fracción de acortamiento) como en el longitudinal (onda SM del Doppler tisular pulsado). La velocidad miocárdica sistólica obtenida a nivel lateral del anillo mitral es una medida de la función sistólica longitudinal del ventrículo izquierdo²⁴ y se correlaciona con la fracción de eyección²⁵ y la relación dP/dT ²⁶, por lo que podría inferirse que la CIA tipo ostium secundum no modifica la función sistólica del ventrículo izquierdo.

La curva espectral Doppler del flujo transmitral se ha usado históricamente para evaluar la función ventricular diastólica. No hubo diferencias significativas en los índices ecocardiográficos tradicionales obtenidos de la curva espectral mitral entre ambos grupos, como la relación E/A y el tiempo de desaceleración de la onda E, pero sí se prolongó en forma significativa el tiempo de relajación isovolumétrica, aunque este parámetro no es un marcador de función diastólica, sino que responde a cambios en la morfología ventricular izquierda, que es lo que acontece en los pacientes con CIA por la interdependencia ventricular²⁷.

Recientemente, el Doppler tisular del anillo mitral y el modo-M color han sido incorporados como herramientas ecocardiográficas eficaces en la valoración de la función ventricular izquierda diastólica.

En niños, la velocidad miocárdica diastólica precoz del anillo mitral (onda EM) se correlaciona bien con la constante de tiempo de caída de presión ventricular izquierda (τ)⁷, pero este índice estaría afectado por la precarga ventricular^{28,29}. Estudios efectuados en pacientes adultos mostraron una correlación cercana entre la razón E/EM y la presión capilar pulmonar de Wedge³⁰, pero en niños no parecería haber una buena correlación entre la razón E/EM y la presión de fin de diástole ventricular⁷.

En nuestros pacientes, la velocidad diastólica precoz del anillo mitral (onda EMS y onda EML) fue significativamente inferior en el grupo con CIA que en el grupo control, probablemente por la reducción de la precarga ventricular izquierda ocasionada por el cortocircuito izquierdo-derecho auricular. La reducción de la precarga ventricular izquierda explicaría también que el diámetro telediastólico ventricular izquierdo en pacientes con CIA fuera menor que en el grupo control, similar a lo publicado por otros autores²³. La reducción de la velocidad miocárdica diastólica precoz a nivel del anillo mitral determinó también un incremento significativo de la relación E/EML en los pacientes con CIA.

La velocidad de propagación del flujo diastólico precoz ventricular izquierdo (Vp), derivada de la ecocardiografía Doppler en modo-M color, es un nuevo índice de relajación ventricular izquierda independiente de la precarga³¹. Además, combinando E (obtenida de la curva espectral Doppler mitral) con Vp, se obtiene otro índice (E/Vp) que se correlaciona estrechamente con la presión de fin de diástole ventricular izquierda en niños⁷.

Estos índices (Vp y E/Vp) no mostraron diferencias significativas entre los pacientes con CIA y el grupo control, por lo que puede inferirse que la menor velocidad diastólica precoz del anillo mitral y el incremento de la relación E/EML en pacientes con CIA reflejarían cambios en la precarga ventricular.

Valores similares en ambos grupos respecto a los índices de función diastólica ventricular izquierda obtenidos por ecocardiografía Doppler (no dependientes de la precarga ventricular) respaldarían la hipótesis de que los pacientes con CIA ostium secundum no presentan disfunción diastólica del ventrículo izquierdo durante los primeros años de vida.

Implicaciones clínicas

Debido a que la disfunción ventricular derecha y/o izquierda, sistólica y/o diastólica tienen un papel significativo en la morbilidad y la mortalidad de muchos pacientes con cardiopatías congénitas, pues determinan el éxito a largo plazo de las intervenciones terapéuticas efectuadas, la apreciación por técnicas no invasivas de la función ventricular es de fundamental importancia.

Los resultados de este estudio sobre función ventricular muestran que los pacientes asintomáticos con CIA tipo ostium secundum aislada no sufren disfunción ventricular izquierda durante la infancia y los primeros años de la adolescencia, y sólo la función sistólica ventricular derecha se incrementa en respuesta a la sobrecarga volumétrica impuesta por la cardiopatía. Este comportamiento «benigno» de la CIA ostium secundum aislada durante los primeros años de la vida explicaría los excelentes resultados

obtenidos con el cierre por cirugía convencional o por dispositivo³².

Son necesarios futuros estudios sobre la función ventricular, realizados además en otros subgrupos de pacientes, como los lactantes sintomáticos, los adultos y en la evolución alejada a los pacientes ya intervenidos, para afirmar que esta afección es «benigna».

Limitaciones del estudio

Debido a la naturaleza compleja de los mecanismos determinantes de la función ventricular, la fiabilidad de los índices ecocardiográficos utilizados puede ser cuestionable, sobre todo en pacientes con enfermedad cardiaca congénita.

La anormal motilidad septal en los pacientes con CIA afecta a las determinaciones de los diámetros ventriculares izquierdos requeridos para apreciar la función ventricular sistólica a través de la FE y FA. La determinación de la velocidad miocárdica sistólica del anillo mitral es otro aporte al estudio de la función ventricular izquierda sistólica y se correlaciona con la FE²⁵ y la relación dP/dT²⁶. Si bien no encontramos en nuestros pacientes con CIA diferencias significativas respecto al grupo control en las variables estudiadas para función ventricular sistólica, probablemente el uso de nuevas tecnologías que permitan un cálculo fiable y real del volumen ventricular en tres dimensiones aporte datos más fidedignos sobre la función ventricular sistólica en estos pacientes.

La función diastólica del ventrículo izquierdo en pacientes con CIA, estudiada con las técnicas ecocardiográficas disponibles, no mostró estar afectada en esta afección durante la edad pediátrica. Sin embargo, son necesarios estudios adicionales que incorporen nuevas modalidades ecocardiográficas, como la evaluación cuantitativa de la motilidad miocárdica segmentaria, para afirmar que esta entidad no produce un deterioro de la función ventricular.

CONCLUSIONES

La función ventricular sistólica del ventrículo izquierdo fue similar en pacientes pediátricos con CIA y en el grupo control. La función diastólica ventricular izquierda no parecería estar afectada en estos pacientes cuando se valora por índices ecocardiográficos independientes de la precarga ventricular.

Respecto a la función del ventrículo derecho, se observó un incremento significativo de la función sistólica en los pacientes con CIA, esperable como una respuesta ventricular a la sobrecarga volumétrica ocasionada por la CIA (ley de Frank-Starling). La función diastólica ventricular derecha fue similar a la del grupo control y la mayor velocidad miocárdica diastólica tardía del anillo tricúspideo registrada probablemente se deba a una sístole auricular derecha más enérgica por la sobrecarga volumétrica auricular.

BIBLIOGRAFÍA

- Frommelt PC, Ballweg JA, Whitstone BN, Frommelt MA. Usefulness of Doppler tissue imaging analysis of tricuspid annular motion for determination of right ventricular function in normal infants and children. *Am J Cardiol*. 2002;89:610-3.
- Riggs TW, Rodríguez R, Znider AR, Batton D. Doppler echocardiographic evaluation of right and left ventricular diastolic function in normal neonatos. *J Am Coll Cardiol*. 1989;13:700-5.
- Donovan CL, Armstrong WF, Bach DS. Quantitative Doppler tissue imaging of the left ventricular myocardium: validation in normal subjects. *Am Heart J*. 1995;130:100-34.
- García MJ, Rodríguez L, Ares M, Griffin BP, Klein AL, Stewart WJ, et al. Myocardial wall velocity assessment by pulsed Doppler tissue imaging: characteristic findings in normal subjects. *Am Heart J*. 1996;132:648-56.
- Rychik J, Tian ZY. Quantitative assessment of myocardial tissue velocities in normal children with Doppler tissue imaging. *Am J Cardiol*. 1996;77:1254-7.
- Eidem BW, McMahon CJ, Cohen RR, Wu J, Finkelshteyn I, Kovalchin JP, et al. Impact of cardiac growth on Doppler tissue imaging velocities: A study in healthy children. *J Am Soc Echocardiogr*. 2004;17:212-21.
- Border WL, Michelfelder EC, Glascock BJ, Witt SA, Spicer RL, Beekman RH, et al. Color M-mode and Doppler tissue evaluation of diastolic function in children: Simultaneous correlation with invasive indices. *J Am Soc Echocardiogr*. 2003;16: 988-94.
- Allen HD, Goldberg SJ, Sahn DJ. Workbook in pediatric echocardiography. Chicago: Year Book; 1978.
- Gutgesell HP, Paquet M, Duff DF, Mc Namara DG. Evaluation of left ventricular size and function by echocardiography. Results in normal children. *Circulation*. 1977;56:457-62.
- Kitabatake A, Inoue M, Asao M, Ito H, Masuyama T, Tanouchi J, et al. Noninvasive evaluation of the ratio of pulmonary to systemic flow in atrial septal defect by duplex Doppler echocardiography. *Circulation*. 1984;69:73-9.
- Thomas JD, Weyman AE. Echocardiographic Doppler evaluation of left ventricular diastolic function. Physics and physiology. *Circulation*. 1991;84:977-90.
- Garcia MJ, Palac RT, Malenka DJ, Terrell P, Plehn JF. Color M-mode Doppler flow propagation velocity is a relatively preload-independent index of left ventricular filling. *J Am Soc Echocardiogr*. 1999;12:129-37.
- Garcia MJ, Smedira NG, Greenberg NL, Main M, Firstenberg MS, Odabashian J, et al. Color M-mode Doppler flow propagation velocity is a preload insensitive index of left ventricular relaxation: animal and human validation. *J Am Coll Cardiol*. 2000;35:201-8.
- Alam M, Wardell J, Andersson E, Samad BA, Nordlander R. Characteristics of mitral and tricuspid annular velocities determined by pulsed wave Doppler tissue imaging in healthy subjects. *J Am Soc Echocardiogr*. 1999;12:618-28.
- Gomez CA, Ludomirsky A, Ensing GJ, Rocchini AP. Effect of acute changes in load on left ventricular diastolic function during device closure of atrial septal defect. *Am J Cardiol*. 2005;95:686-8.
- Berger F, Jin Z, Ishihashi K, Vogel M, Ewert P, Alexi-Meshkishvili V, et al. Comparison of acute effects on right ventricular haemodynamics of surgical versus interventional closure of atrial septal defects. *Cardiol Young*. 1999;9:484-7.
- Craig RJ, Selzer A. Natural history and prognosis of atrial septal defect. *Circulation*. 1968;37:805-15.
- Campbell M. Natural history of atrial septal defect. *Br Heart J*. 1970;32:820-6.
- Redington AN, Gray HN, Hodson MR, Rigby ML, Oldershaw PJ. Characterization of the normal right ventricular pressure-volume relation by biplane angiography and simultaneous micrometer pressure measurements. *Br Heart J*. 1988;59:23-30.
- Rushmer RF, Thal N. The mechanics of ventricular contraction. A cinefluorographic study. *Circulation*. 1951;4:219-28.
- Nikitin NP, Witte KKA, Thackray SDR, De Silva R, Clark AL, Cleland JGF. Longitudinal ventricular function: Normal values of atrioventricular annular and myocardial velocities measured with quantitative two-dimensional color doppler tissue imaging. *J Am Soc Echocardiogr*. 2003;16:906-21.
- Lytrivi ID, Lai WW, Ko H, Nielsen JC, Parness IA, Srivastava S. Color Doppler tissue imaging for evaluation of right ventricular systolic function in patients with congenital heart disease. Color Doppler tissue imaging for evaluation of right ventricular systolic function in patients with congenital heart disease. *J Am Soc Echocardiogr*. 2005;18:1099-104.
- Pauliks LB, Chan K-C, Chang D, Kirby SK, Logan L, DeGross CG, et al. Regional myocardial velocities and isovolumic contraction acceleration before and after device closure of atrial septal defect. A color tissue Doppler study. *Am Heart J*. 2005;150:294-301.
- Ho CY, Solomon SD. A Clinician's guide to tissue doppler imaging. *Circulation*. 2006;113:e396-8.
- Galiuto L, Ignone G, DeMaria AN. Contraction and relaxation velocities of the normal left ventricle using pulsed-wave tissue Doppler echocardiography. *Am J Cardiol*. 1998;81:609-14.
- Yamada H, Oki T, Tabata T, Iuchi A, Ito S. Assessment of left ventricular systolic wall motion velocity with pulsed tissue Doppler imaging: comparison with peak dP/dt of the left ventricular pressure curve. *J Am Soc Echocardiogr*. 1998;11:442-9.
- Gibson DG, Francis DP. Clinical assessment of left ventricular diastolic function. *Heart*. 2003;89:231-8.
- Nagueh SF, Sun H, Kopelen HA, Middleton KJ, Khoury DS. Hemodynamic determinants of the mitral annulus diastolic velocities by tissue Doppler. *J Am Coll Cardiol*. 2001;37:278-85.
- Abaci A, Oguzhan A, Kiranatli B, Kondo H, Sakata Y, Takiuchi S. Influence of alteration in preload on the pattern of left ventricular diastolic filling as assessed by Doppler tissue imaging. *Eur Heart J*. 1999;20:292.
- Sundereswaran L, Nagueh SF, Vardan S, Middleton KJ, Zoghbi WA, Quiñones MA, et al. Estimation of left and right ventricular filling pressures after heart transplantation by tissue Doppler imaging. *Am J Cardiol*. 1998;82:352-7.
- Brun P, Tribouilloy C, Duval AM, Iserin L, Meguir A, Pelle G, et al. Left ventricular flow propagation during early filling is related to wall relaxation: a color M-mode Doppler analysis. *J Am Coll Cardiol*. 1992;20:420-32.
- Du ZD, Hijazi ZM, Kleinman CS, Silverman NH, Lantz K. Comparison between transcatheter and surgical closure of secundum atrial septal defect in children and adults. *J Am Coll Cardiol*. 2002;39:1836-44.