

# Aspectos ecocardiográficos básicos

Dr. Daniel Felipe Guzzo de León<sup>1</sup>

ESPECIAL  
CARDIOPATÍAS  
CONGÉNITAS  
DEL ADULTO

**Palabras clave:** ADULTO  
ECOCARDIOGRAFÍA  
CARDIOPATÍAS CONGÉNITAS-diagnóstico

**Key words:** ADULT  
ECHOCARDIOGRAPHY  
HEART DEFECTS, CONGENITAL-diagnostic

## Estimaciones funcionales de carácter general y de uso rutinario en ecocardiografía

### Evaluación de la presión arterial pulmonar utilizando la insuficiencia valvular tricuspídea

La hipertensión sistólica significativa del ventrículo derecho (VD) siempre produce de modo secundario algún grado de incompetencia de la válvula tricúspide. El registro ecocardiográfico de esta incompetencia con Doppler continuo permite estimar la velocidad máxima (Vmax) del chorro de regurgitación y, mediante la ecuación de Bernoulli simplificada ( $4 \text{ Vmax}^2$ ), estimar el gradiente sistólico que se establece entre la presión sistólica del VD y la aurícula derecha (AD). Si a este gradiente se le adiciona la presión venosa central (PVC), el resultado de dicha operación expresa la presión sistólica del VD. Si se desconoce el dato de la PVC, se puede proceder de la siguiente manera: 1) Si la dimensión de la vena cava inferior (VCI) es normal (12 a 23 mm) y colapsa en inspiración por lo menos 50%, agregar 5 mmHg; 2) si la dimensión de VCI es normal pero no colapsa por lo menos 50%, agregar 10 mmHg; 3) si la VCI está dilatada pero colapsa en inspiración, agregar 15 mmHg; 4) si la VCI está dilatada y no colapsa en inspiración, agregar 20 mmHg<sup>(1)</sup>. Obsérvese que lo que se estima mediante este procedimiento es la presión sistólica del VD y no la presión sistólica arterial pulmonar. Si no existe obstrucción en la vía de salida del VD, se asu-

me que la presión sistólica arterial pulmonar es la misma que la presión sistólica del VD.

### Cálculo del casto cardíaco, índice cardíaco y relación gasto pulmonar/gasto sistémico

El volumen sistólico de un latido puede estimarse confiablemente mediante ecocardiografía Doppler. El mismo se obtiene del producto entre el área de un segmento y la velocidad integral (VTI) en el mismo sitio. A gasto constante, el producto área por VTI también es constante. Para estimar el volumen sistólico sistémico es necesario medir el diámetro del tracto de salida del ventrículo izquierdo (TSVI) a nivel subvalvular aórtico. Se utiliza el enfoque paraesternal de eje largo. Asumiendo que el TSVI es una estructura circular, la medición de su diámetro permite estimar el área de ese segmento mediante la fórmula para el cálculo de área de un círculo ( $\pi R^2$ ). Este valor expresado en  $\text{cm}^2$  multiplicado por VTI expresado en cm (que surge de la envolvente realizada sobre el perfil de flujo subvalvular aórtico desde el enfoque apical de cuatro cámaras o desde apical eje largo), permite obtener el volumen-latido (en  $\text{cm}^3$ ). El volumen-latido multiplicado por la frecuencia cardíaca proporciona el gasto cardíaco (GC) que se expresa habitualmente en  $1/\text{min}$ . El GC dividido por el área corporal proporciona el índice cardíaco que se expresa en  $1/\text{min}/\text{m}^2$ . El mismo procedimiento puede realizarse a nivel subvalvular pulmonar, habitualmente en paraesternal eje corto, para obtener el diámetro subvalvular pulmonar en el tracto de salida del ventrículo derecho (TSVD) y el

1. Coordinador del Comité Docente de Cardiología Pediátrica. Universidad de la República, Escuela de Graduados, Facultad de Medicina.

Cardiólogo Pediátrico de la Asociación Española y del Hospital Evangélico.

VTI en ese mismo sitio. De la correlación entre ambos se deriva la relación gasto pulmonar/gasto sistémico (QP/QS), dato de importancia en la valoración de cardiopatías con cortocircuitos de izquierda a derecha. Obsérvese que el punto crucial de estas medidas es la estimación de los diámetros de los tractos de salida, de los cuales se obtiene el radio, debido a que esta medida posteriormente se eleva al cuadrado en la fórmula del área de un círculo y eso magnifica cualquier error que se haya tenido en la obtención de la misma. El GC también puede calcularse (aunque menos confiablemente) a nivel de los anillos mitral y tricuspídeo utilizando el mismo criterio (área por VTI), también asumiendo que estos anillos son estructuras circulares. Resulta de importancia destacar aquí que el lugar elegido para estas estimaciones no es igual para cualquier caso de cortocircuito. Es así que en la comunicación interauricular (CIA) el cortocircuito se produce a nivel auricular y las estructuras que se ven sobrecargadas de volumen debido al mismo son la válvula tricuspídea (VT) y a nivel subvalvular pulmonar. En cualquiera de estos dos sitios puede calcularse el gasto pulmonar. En contrapartida el gasto sistémico debe calcularse a nivel del anillo valvular mitral o a nivel subvalvular aórtico. Pero si el cortocircuito se produce a nivel ventricular (comunicación interventricular [CIV]) entonces las estructuras recargadas de volumen son la válvula pulmonar y luego de la recirculación, la válvula mitral, de modo que el gasto "pulmonar" puede calcularse a nivel subvalvular pulmonar y a nivel del anillo mitral. El gasto "sistémico" debe estimarse a nivel subvalvular aórtico y en el anillo de la válvula tricuspídea. Finalmente, si el cálculo a efectuar corresponde al cortocircuito que se establece en un ductus arterioso permeable (obsérvese que este cortocircuito se produce distalmente a la válvula pulmonar), entonces el gasto "pulmonar" debe calcularse a nivel del anillo mitral o a nivel subvalvular aórtico luego de la recirculación a través del árbol pulmonar y el gasto "sistémico" a nivel del anillo de la válvula tricuspídea o a nivel subvalvular pulmonar<sup>(1)</sup>.

#### Principales parámetros de función sistólica del ventrículo izquierdo

Además del GC, como se explicó en el párrafo anterior, los siguientes parámetros exploran la función sistólica del ventrículo izquierdo (VI).

1. **Fracción de acortamiento.** Se calcula desde el enfoque paraesternal eje largo midiendo la dimensión diastólica del VI y luego la dimensión sistólica. La diferencia entre ambas, dividido la dimensión diastólica, constituye la fracción de

acortamiento cuyo valor normal debe ser 28% o superior.

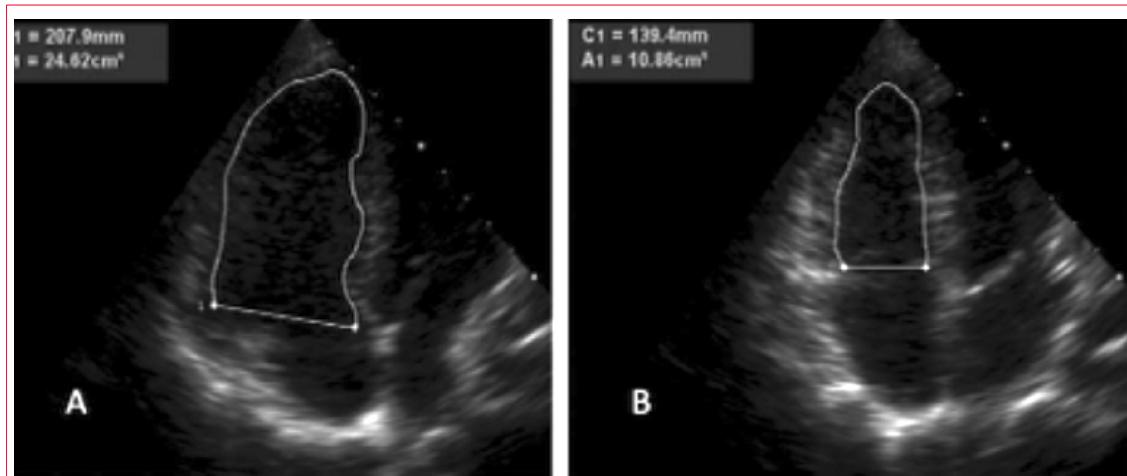
2. **Fracción de eyección del ventrículo izquierdo (FEVI).** Se calcula estimando el volumen sistólico y diastólico del VI. Constituye un método más preciso que la fracción de acortamiento. La diferencia entre ambos volúmenes, dividido el volumen diastólico, constituye el porcentaje que eyecta el ventrículo respecto de lo recibido. Existen varios métodos para estimar el volumen del VI, pero el más difundido y de mayor confiabilidad es el método de Simpson. Este método supone que el VI puede subdividirse en múltiples cilindros de pequeña altura, como una pila de monedas de diferente diámetro. Cuantas más monedas teóricas se incorporen al cálculo, mayor exactitud. La FEVI debe ser por lo menos de 55%.
3. **Doppler tisular de la extremidad septal y lateral del anillo mitral.** El mismo se calcula colocando el volumen muestra en una de estas dos ubicaciones. Una excursión de la extremidad lateral del anillo (onda S') de 10 cm/s o superior supone una función sistólica conservada.

#### Principales parámetros de función sistólica del ventrículo derecho

La morfología del VD dificulta la evaluación de su función sistólica porque no existe un modelo geométrico con el cual pueda compararse y además porque su dinámica de contracción "peristáltica"<sup>(2,3)</sup> complica la evaluación de las distintas fases de la contracción ventricular.

En la actualidad resulta imposible medir la fracción de eyección del VD mediante ecocardiografía bidimensional. La ecocardiografía tridimensional constituye un aporte fundamental en este aspecto. Sin embargo, existen medidas sustitutivas que han demostrado correlación satisfactoria con otros parámetros de utilidad para estimar la función sistólica de este ventrículo.

1. **El área de acortamiento fraccional** se mide desde apical cuatro cámaras, como se ve en la figura 1<sup>(4)</sup>. Este parámetro correlaciona satisfactoriamente con la fracción de eyección estimada por resonancia nuclear magnética (RNM)<sup>(5)</sup>. Su valor normal es 45% o superior.
2. **El Doppler tisular del anillo tricuspídeo** también resulta un buen indicador de la función sistólica de este ventrículo. Un desplazamiento (onda S') inferior a 10 cm/s es indicador de disfunción sistólica del ventrículo derecho<sup>(6)</sup>.
3. Finalmente, el **desplazamiento sistólico del anillo tricuspídeo (TAPSE)** es otro modo



**Figura 1.** Fracción de acortamiento del área del VD (FA de VD). Apical cuatro cámaras. A: Área del VD en diástole. B: Área del VD en sístole.

$$FA \text{ de VD} = \frac{\text{Área en diástole} - \text{Área en sístole}}{\text{Área de VD en diástole}} \times 100 \quad \text{Valor normal} > 45\%$$

Reproducida con permiso de: Guzzo de León D.F. Insuficiencia valvular pulmonar en el posoperatorio alejado de tetralogía de Fallot. Aporte del ecocardiograma transtorácico convencional para la toma de decisiones. Rev Urug Cardiol 2013; 28:42-56.

conceptualmente emparentado con el anterior, que resulta útil para estimar la función sistólica del VD. Se mide colocando el cursor de modo M entre el ápex y el anillo lateral tricuspidiano. Desplazamientos inferiores a 17 mm son altamente específicos para detectar disfunción sistólica del VD en adultos. Este parámetro ha demostrado buena correlación con estimaciones de fracción de eyección realizadas mediante angiografía radioisotópica<sup>(7)</sup>.

#### Índice de Tei o índice de performance miocárdica

El índice de Tei constituye un marcador de eficiencia ventricular global (sistólica y diastólica)<sup>(8-10)</sup> que también ha demostrado su valor en la evaluación funcional del VD<sup>(11,12)</sup>. Lo mencionamos aquí solamente a modo de referencia.

#### Cardiopatías congénitas vírgenes de tratamiento

##### 1. Comunicación interauricular

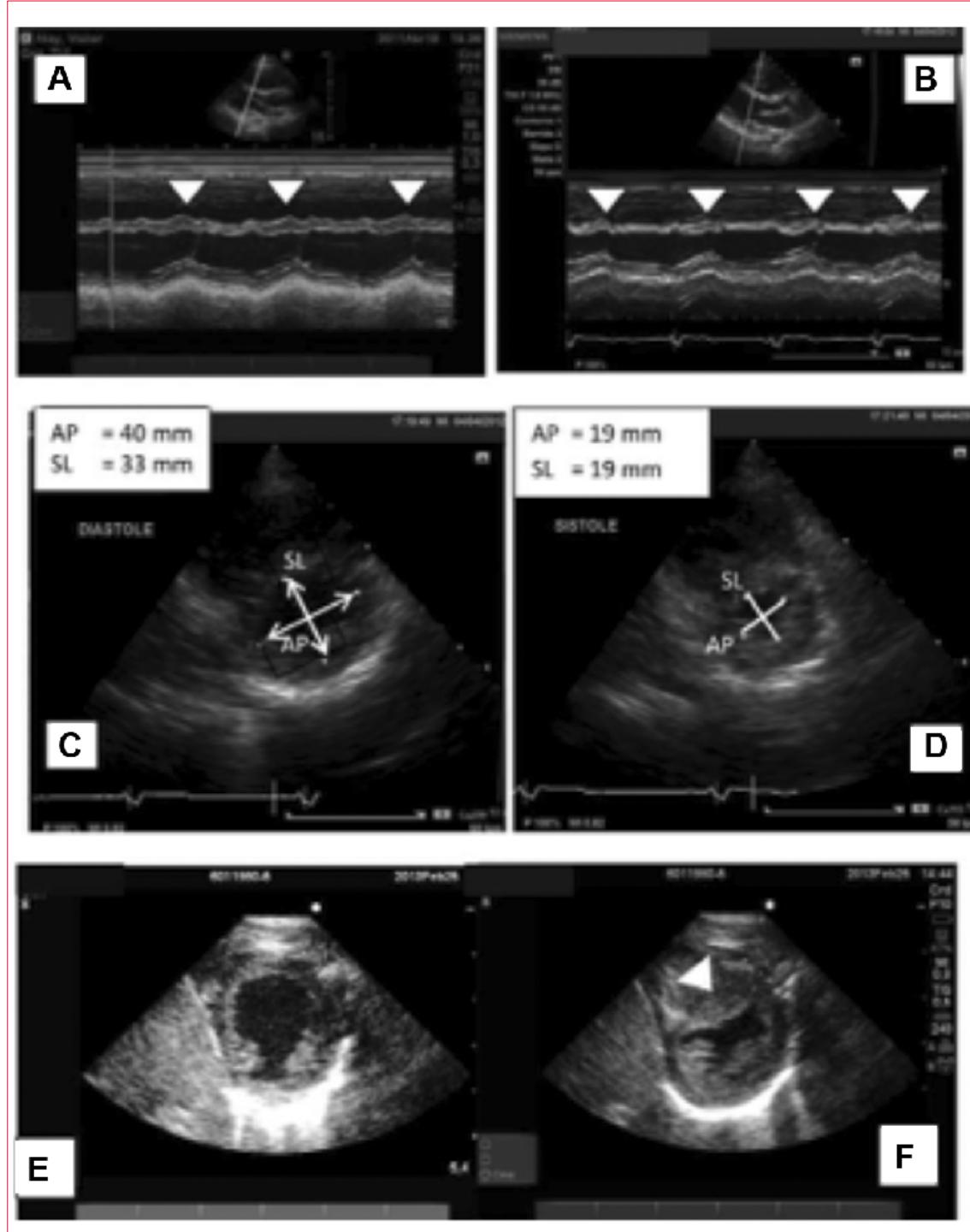
En la actualidad es poco frecuente que una comunicación interauricular (CIA) llegue sin diagnóstico y tratamiento a la vida adulta. Existen varios tipos de defectos del septum interauricular: secundum, primum (en el contexto de defectos de la tabicación atrioventricular), y tipo seno venoso (alto o bajo) próximos a las desembocaduras de la vena cava superior (VCS) o de la VCI respectivamente. No es el

cometido de esta publicación explicar las características morfológicas de cada uno de ellos. El lector interesado puede recurrir a cualquier libro de texto convencional.

La evaluación ecocardiográfica es similar a la que se utiliza en el niño, independientemente del tipo morfológico de defecto, excepto para el ostium secundum, que por ser el único posible de cierre con dispositivos requiere algunas consideraciones especiales.

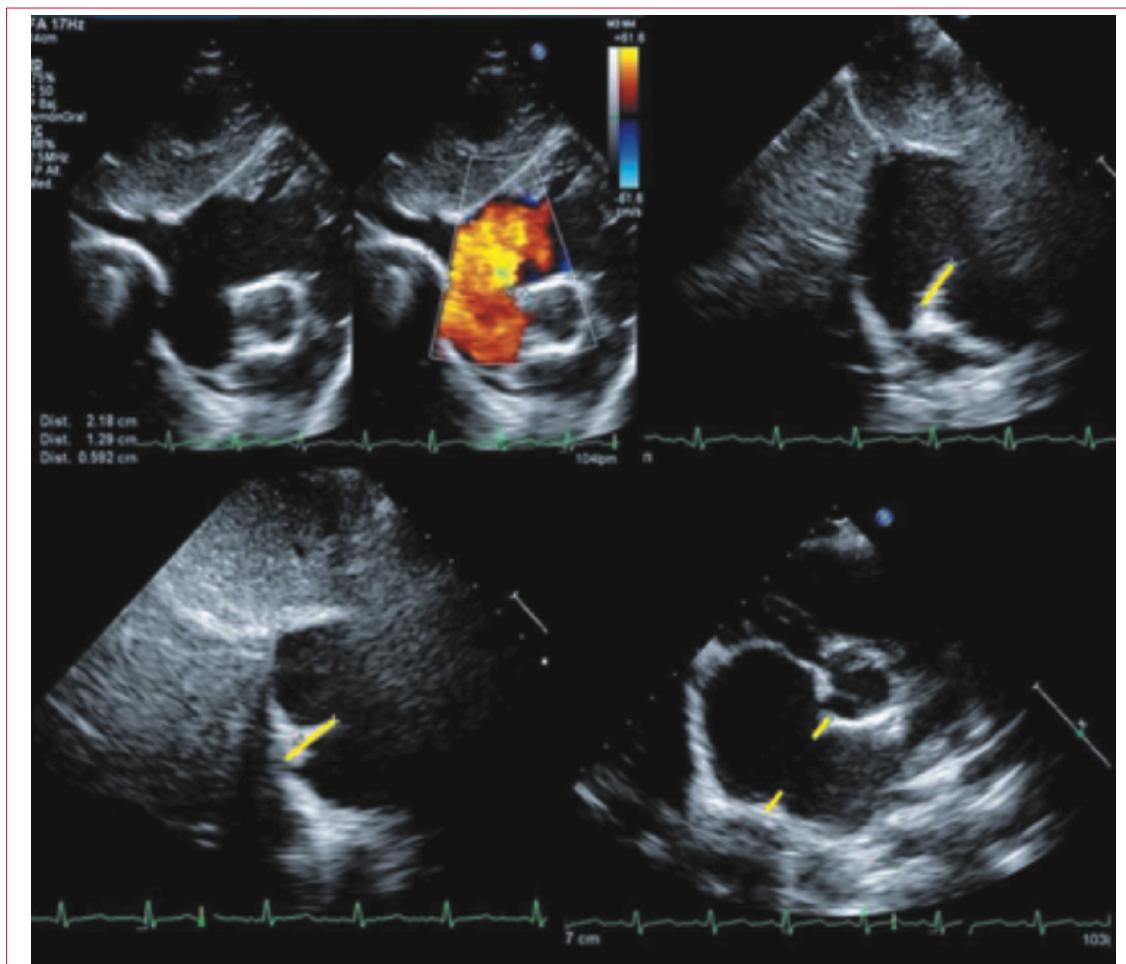
Debe evaluarse la existencia de dilatación de cavidades derechas y detectar si existen signos ecográficos de sobrecarga diastólica del VD (figura 2)<sup>(4)</sup>. Por otra parte, resulta necesario medir las dimensiones del defecto tanto en subcostal de cuatro cámaras como con el enfoque denominado “de las cavas”, para establecer su tamaño y para realizar una valoración inicial de las dimensiones de sus bordes con miras al cierre con dispositivos si tiene indicación. En este sentido, la evaluación definitiva en adultos se realiza mediante ecocardiografía intraesofágica, pero el estudio transtorácico también brinda datos de interés.

Es importante evaluar el tamaño del defecto comparando su dimensión con la dimensión total del septum interauricular en cada uno de estos dos enfoques. Un defecto que sea igual o superior a 30% del tabique se considera amplio. Finalmente es conveniente estimar la magnitud del cortocircuito realizando el cálculo de QP/QS. Un QP/QS superior a 1,5 indica cortocircuito significativo. También debe saberse que la velocidad de flujo baja (< 1,0 m/s) a través de la CIA implica un defecto amplio, no restrictivo, y que un defecto



**Figura 2.** A y B: Movimiento septal asincrónico. Obsérvese cómo el tabique interventricular acompaña el movimiento hacia adelante de la pared posterior del ventrículo izquierdo (puntas de flecha) en lugar de moverse normalmente en sentido opuesto. C, D, E y F: Índice de excentricidad. C) Sobrecarga diastólica. La dimensión septo-lateral (SL) mide 33 mm mientras que la dimensión anteroposterior (AP) es de 40 mm. El índice de excentricidad  $AP/Perp > 1,00$ . Esta situación se corrige durante la sistole (D) en las que ambas dimensiones miden 19 mm. Esta normalización del índice de excentricidad es propia de la sobrecarga diastólica. En la sobrecarga sistólica esta excentricidad no se corrige y puede aún exacerbarse como se muestra en E y F. E) Índice de excentricidad en un caso de sobrecarga sistólica por estenosis valvular pulmonar severa. F) Obsérvese cómo en sistole se exacerba la excentricidad (movimiento septal hacia atrás) a diferencia de lo que ocurre en D, donde esta situación se corrige durante la sistole.

Reproducida con permiso de: Guzzo de León DF. Insuficiencia valvular pulmonar en el posoperatorio alejado de tetralogía de Fallot. Aporte del ecocardiograma transtorácico convencional para la toma de decisiones. Rev Urug Cardiol 2013;28:42-56.



**Figura 3.** Imágenes ecocardiográficas bidimensionales y Doppler color en aproximación subcostal, en donde se muestra una comunicación interauricular amplia y la medición de sus bordes (líneas amarillas) de vena cava superior e inferior, de venas pulmonares y aórtico y contraaórtico.

Reproducida con permiso de: Guzzo DF, Vázquez CA, Pignatelli RH. Enfermedad cardíaca congénita en población pediátrica. En: Restrepo G, Lowenstein J, Gutiérrez-Fajardo P, Vieira M. Ecocardiografía e imagen cardiovascular en la práctica clínica. Bogotá, Colombia: Editorial Distribuna; 2014, pág. 1196.

pequeño, restrictivo, implica flujo turbulento con velocidad entre 1,0 y 2,0 m/seg. En el momento actual, todas las CIA de tipo secundum del adulto deben cerrarse mediante implante de dispositivo por cateterismo intervencionista siempre que las condiciones anatómicas del defecto lo permitan.

Finalmente resulta de importancia medir los bordes del defecto con miras a su oclusión mediante dispositivos. Los mismos deben medir por lo menos 5 mm<sup>(13)</sup> y debe realizarse esta medición respecto a varias estructuras circundantes a saber: VCS, VCI, venas pulmonares, mitral, aórtico y contraaórtico (figura 3)<sup>(14)</sup>.

## 2. Coartación de aorta

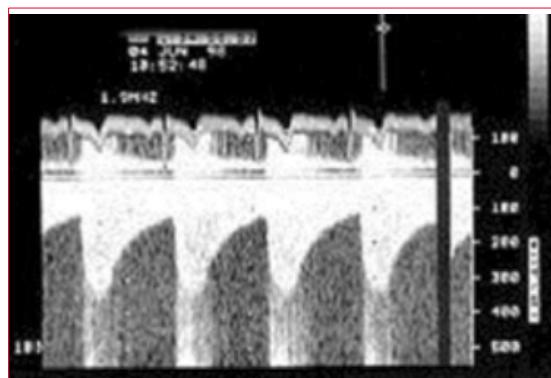
En la coartación de aorta (CoAo) posductal la morfología de la aorta es anormal en forma de S, como puede apreciarse en la figura 4. A este nivel suele

observarse flujo turbulento con velocidad aumentada y gradiente que persiste en diástole (“arrastre diastólico”) (figura 5). Finalmente la aorta abdominal carece de expansión sistólica y de flujo pulsátil, registrándose, en cambio, flujo continuo (figura 6). La magnitud del gradiente registrado depende de la importancia de la coartación pero también de la magnitud de la circulación colateral que se haya desarrollado. Un gradiente sistólico máximo de 20 mmHg o superior se considera indicación para actuar sobre la misma (nivel de evidencia C)<sup>(15)</sup>.

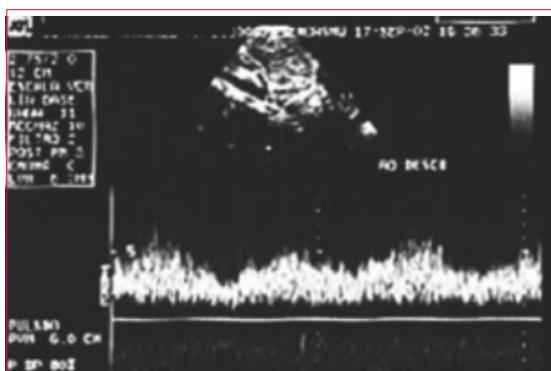
En la CoAo tratada por cirugía o de forma percutánea se deberá evaluar el posible desarrollo de aneurismas. Si se efectuó angioplastia con implante de stent, es procedente valorar posición del mismo y estado de su luz en búsqueda de trombos y la posibilidad de fracturas y desplazamientos de sectores del mismo.



**Figura 4.** Enfoque supraesternal de eje largo de la aorta torácica, donde puede apreciarse la indentación de la aorta que genera la característica forma de S de la coartación.



**Figura 5.** Registro Doppler del flujo aórtico desde el enfoque supraesternal, donde se observa el gradiente sistólico máximo y la persistencia de gradiente durante la diástole (“arrastre diástolico”) característico de las obstrucciones vasculares.



**Figura 6.** Registro Doppler del flujo aórtico a nivel de la aorta abdominal. En lugar de flujo pulsátil, se documenta flujo continuo acorde con la existencia de una coartación de aorta significativa.

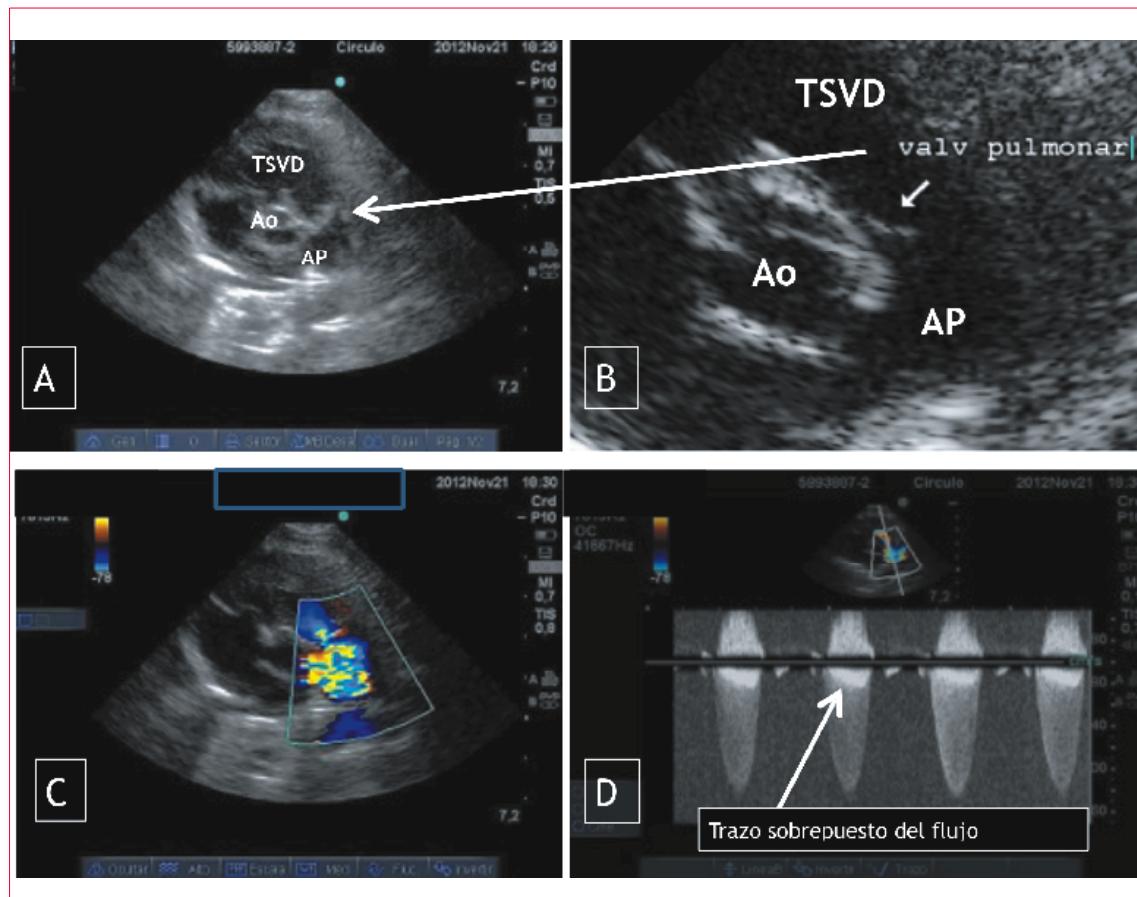
### 3. Estenosis pulmonar

La estenosis pulmonar (EP) puede ser subvalvular, valvular o supravalvular. Abordaremos aquí únicamente la estenosis valvular pulmonar. El diagnóstico ecocardiográfico de estenosis valvular pulmonar (figura 7) incluye la visualización de la válvula para definir su anatomía, lo cual es habitualmente difícil en adultos. Con fines terapéuticos resulta importante definir si la válvula es delgada, fina, delicada, flexible (con apertura “en domo”), habitualmente pasible de dilatación con balón, o, si por el contrario, la misma es gruesa, displásica, rígida, la que habitualmente requiere de tratamiento quirúrgico. Las características hemodinámicas son de importancia en la elaboración diagnóstica. En primer lugar hay que determinar la dirección del flujo o chorro turbulento y estimar, en función de este, los gradientes sistólicos máximo y medio. En otro sentido debe evaluarse la existencia o no de hipertrofia del VD y también la existencia o no de incompetencia

valvular pulmonar asociada. El espesor de la pared libre del VD debe definirse desde subcostal cuatro cámaras. Asimismo debe medirse el diámetro de la arteria pulmonar y las ramas que pueden estar dilatadas, principalmente la arteria pulmonar y su rama izquierda. Por último, la presencia de incompetencia tricuspidea permite calcular la presión sistólica del VD.

### 4. Ductus arterioso permeable

En la actualidad resulta extremadamente infrecuente que un ductus arterioso permeable (DAP) pase desapercibido hasta la vida adulta. El DAP dilata cavidades izquierdas, principalmente la aurícula izquierda (AI) y por ello un parámetro clásico en la valoración de la repercusión funcional del DAP es la relación AI/Aorta (Ao) cuyo valor máximo normal = 1,5. Se debe valorar también la función sistólica del VI. Finalmente, la valoración morfológica del ductus se logra mediante su visualización directa (figura 8 y figura 9 A y B). El enfoque ideal para este cometido suele ser paraesternal eje corto a nivel de los grandes vasos. En recién nacidos y niños habitualmente puede realizarse un barrido entre este corte y el supraesternal eje largo (paraesternal alto) que en adultos es más difícil. En este trayecto frecuentemente es posible obtener la imagen del ductus adecuadamente desplegado como para medir longitud y sección del mismo, aspectos de importancia si se plantea su cierre mediante dispositivos. También en este enfoque es donde habitualmente se logra un mejor alineamiento del chorro ductal con el haz del ultrasonido para registrar su flujo característico (figura 9 C y D). Finalmente, como en todo cortocircuito de izquierda a derecha, debe determinarse el QP/QS. Una comparación útil para la evaluación del tamaño ductal es su tamaño relativo respecto del tamaño de la rama izquierda de la arte-



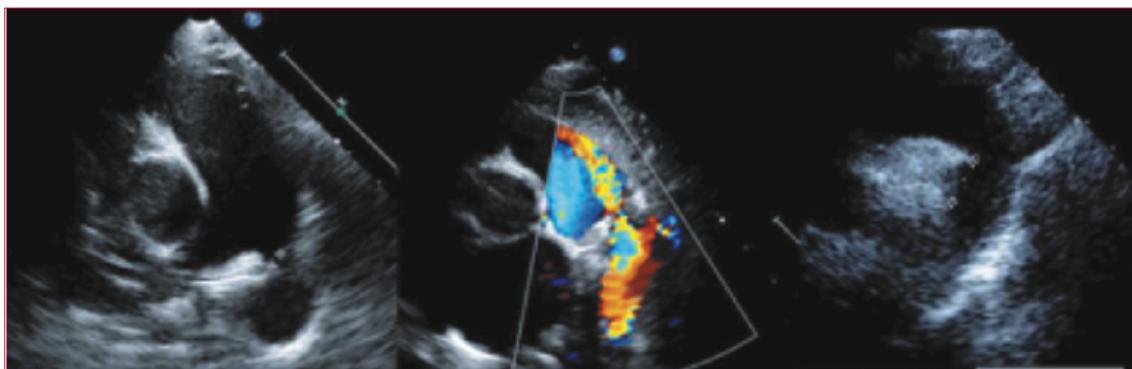
**Figura 7.** A: Estenosis valvular pulmonar (EVP). Válvula pulmonar levemente engrosada pero flexible con apertura en domo. B: Otro ejemplo de EVP con válvula grávida y flexible también con apertura en domo. C: Registro Doppler color que permite documentar que el inicio del flujo turbulento se localiza a nivel valvular. D: Doppler convencional que documenta una velocidad máxima de aproximadamente 4,80 m/s equivalente a un gradiente sistólico máximo de 92 mmHg y trazo sobrepujado del flujo a nivel infundibular (flecha). TSVD: tracto de salida del ventrículo derecho; AP: arteria pulmonar; Ao: aorta.

ria pulmonar (RPI). Un DAP cuyo diámetro supere 75% de la RPI se considera un DAP amplio; 50% mediano, y menos de 50% pequeño.

##### 5. Transposición “corregida” de grandes arterias. Discordancia atrioventricular y ventriculoarterial o L-TGA

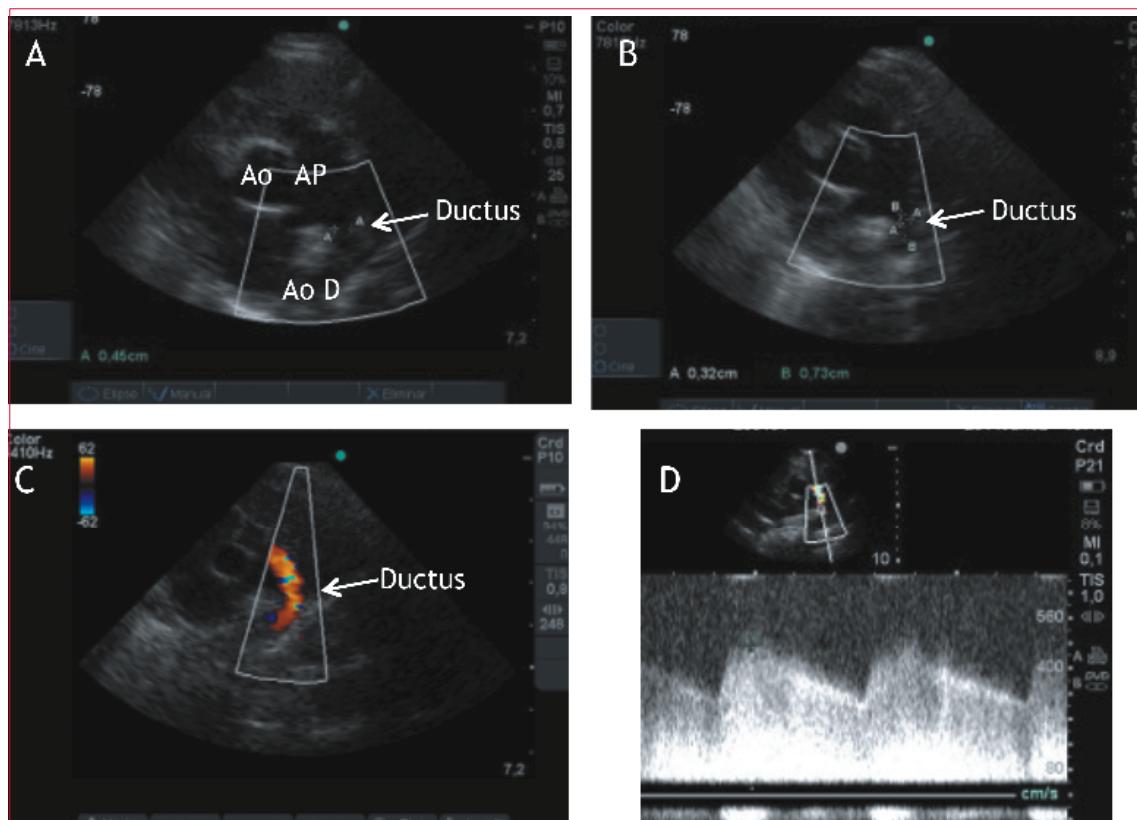
Esta anomalía, antiguamente denominada “inversión ventricular”, puede presentarse en *situs solitus* o *inversus* y consiste básicamente en la presencia de doble discordancia (atrioventricular y ventriculoarterial). De modo que la sangre proveniente de las venas cava llega a la AD y de esta cavidad a un ventrículo morfológicamente izquierdo. Del ventrículo morfológicamente izquierdo emerge la arteria pulmonar y por ello la circulación está fisiológicamente “corregida”. En recirculación, las venas pulmonares vierten su sangre en la aurícula izquierda (AI) que aboca en un ventrículo morfológicamente derecho del cual emerge la aorta. El diagnóstico ecocardiográfico de esta anomalía requiere

el conocimiento del análisis secuencial segmentario<sup>(16)</sup>. Básicamente debe saberse que los ventrículos se definen ecográficamente estrictamente por su morfología. El VD es el que tiene la banda moderadora y su válvula auriculoventricular (AV) (tricúspide) presenta una inserción más apical (figura 10)<sup>(16)</sup>. Respecto de los grandes vasos, la arteria pulmonar es el vaso que se bifurca<sup>(16)</sup> (figuras 11 y 12). Esta anomalía puede llegar a la vida adulta sin tratamiento, excepto que se desarrolle incompetencia valvular tricuspídea (válvula AV sistémica) de grado severo, o bloqueo AV completo que requiera el implante de un marcapasos, y por eso tiene importancia su conocimiento para el ecocardiografiista de adultos. Las anomalías asociadas más frecuentes son CIV y estenosis subpulmonar que se evalúan del mismo modo que cuando estas alteraciones se presentan de forma independiente. La incompetencia valvular sistémica (válvula tricuspíde) se evalúa de modo equivalente a la insuficiencia valvular mitral.



**Figura 8.** Imágenes transtorácicas bidimensionales en aproximaciones de eje corto paraesternal, paraesternal alto y supraesternal en donde se muestran las mediciones de un conducto arterioso permeable en su porción central y extremos pulmonar y aórtico. Ao: aorta; AoD: aorta descendente; AAo: arco aórtico; AP: arteria pulmonar.

Reproducida con permiso de: Guzzo DF, Vázquez CA, Pignatelli RH. Enfermedad cardíaca congénita en población pediátrica. En: Restrepo G, Lowenstein J, Gutiérrez-Fajardo P, Vieira M. Ecocardiografía e imagen cardiovascular en la práctica clínica. Bogotá, Colombia: Editorial Distribuna; 2014. p. 1193.



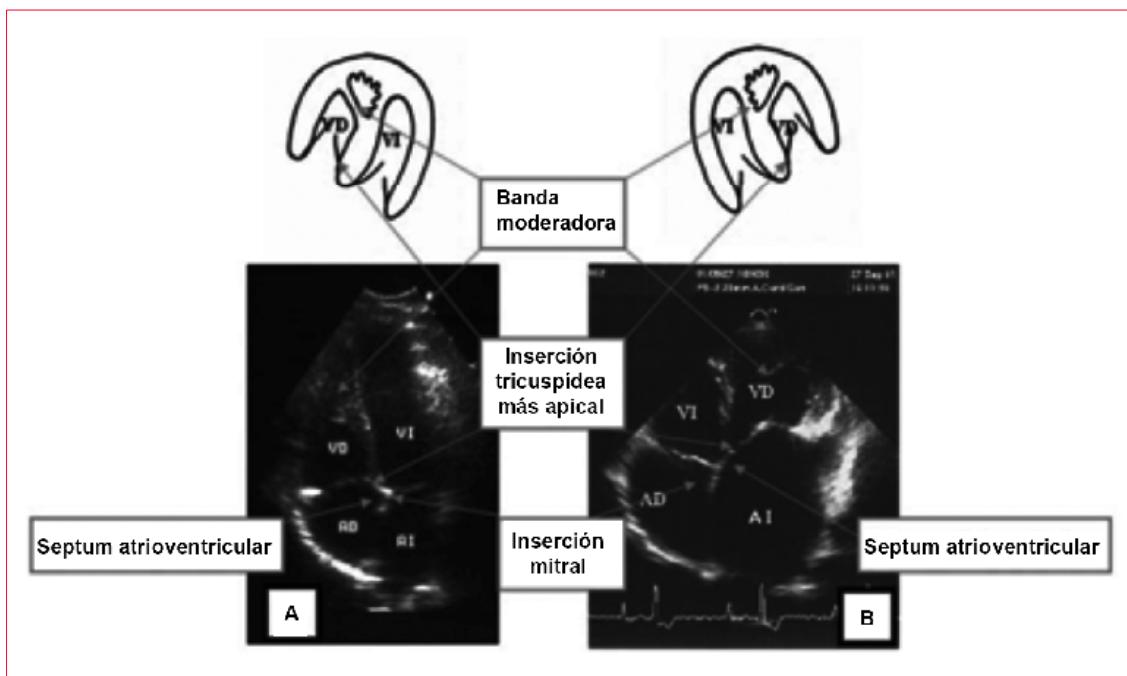
**Figura 9.** A: Enfoque paraesternal eje corto a nivel de los grandes vasos. Puede observarse la presencia de ductus arterioso permeable (DAP) entre aorta torácica descendente (AoD) y rama izquierda de arteria pulmonar (AP). B: Enfoque paraesternal eje corto con desplazamiento superior (paraesternal alto) que permite mejor despliegue del mismo. C: Registro Doppler color del flujo ductal. D: Registro Doppler continuo del mismo flujo.

## Cardiopatías congénitas postratamiento, lesiones residuales y secuelas

### 1. Tetralogía de Fallot

Las secuelas más frecuentes luego de la reparación quirúrgica de esta anomalía son: defecto septal ventricular residual, estenosis infundibular residual e

incompetencia valvular pulmonar. De todas ellas, la insuficiencia valvular pulmonar es la de mayor importancia en la evolución alejada de estos pacientes. La evaluación ecográfica del Fallot corregido implica la evaluación de la función sistólica y diastólica de ambos ventrículos como en toda valoración ecográfica del corazón, pero debe saberse que en este



**Figura 10.** Características morfológicas que permiten definir a un ventrículo como morfológicamente derecho: 1) banda moderadora y 2) inserción más apical de la válvula tricúspide. A: Situs solitus con conexión atrio-ventricular concordante (asa ventricular D o “patrón de mano derecha”). B: situs solitus con conexión atrioventricular discordante (asa ventricular L o “patrón de mano izquierda”).

AD: aurícula derecha; AI: aurícula izquierda; VD: ventrículo derecho; VI: ventrículo izquierdo.

Reproducida con permiso de Guzzo de León DF. Análisis secuencial segmentario para el diagnóstico de cardiopatías congénitas. El aporte de la radiología, del electrocardiograma y de la ecocardiografía. Rev Urug Cardiol 2008; 23: 21-48.

contexto tanto la función sistólica como la diastólica de ambos ventrículos influyen significativamente en la magnitud de la regurgitación pulmonar<sup>(17)</sup>. El volumen del VD (no medible por ecocardiografía bidimensional) es una de las medidas de mayor relevancia en la evaluación de este problema porque se recomienda el reemplazo valvular pulmonar antes de que el volumen del VD supere 170 ml/m<sup>2</sup> en diástole u 85 ml/m<sup>2</sup> en sístole<sup>(18,19)</sup>.

La RNM es el estudio de referencia. La ecocardiografía tridimensional también mide confiablemente este aspecto y se espera que cuando esta técnica esté difundida, en cuanto a disponibilidad generalizada de equipos, podamos mejorar en la evaluación de estos pacientes. Afortunadamente existen parámetros de la ecocardiografía bidimensional, que publicamos recientemente en la Revista Uruguaya de Cardiología<sup>(5)</sup>, que tienen buena correlación con los estudios de referencia y permiten derivar oportunamente a los pacientes para la realización de dichos estudios.

Obviamente la valoración del cortocircuito residual en la CIV y la estenosis pulmonar residual son componentes adicionales de esta valoración. Además debe evaluarse la incompetencia tricuspídea porque constituye un parámetro de indicación para el reemplazo valvular pulmonar. Por último, en es-

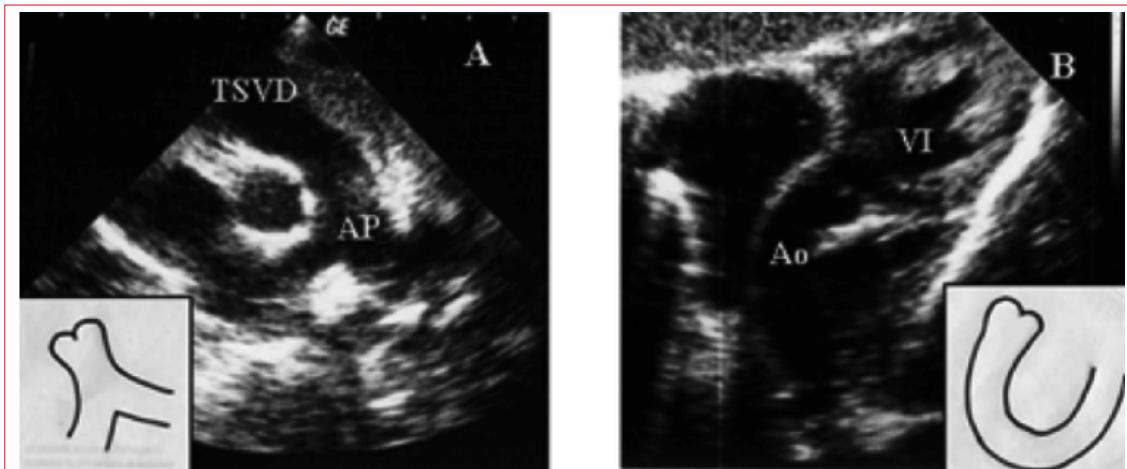
ta entidad resulta de importancia la evaluación de la válvula aórtica. El hecho de que esta válvula congenitamente haya carecido de septum interventricular como soporte de la misma y además la condición de una aorta habitualmente dilatada por el cortocircuito original de derecha a izquierda, propio de la anomalía, constituyen razones para que la válvula aórtica, con relativa frecuencia, sea insuficiente.

## 2. Corazón univentricular. Cirugía de derivación cavopulmonar o cirugía de Fontan

La cirugía de Fontan deriva el retorno venoso sistémico directamente hacia la rama derecha de la arteria pulmonar. Esta derivación se realiza quirúrgicamente en dos etapas. La primera abocando directamente la VCS al borde superior de la rama pulmonar derecha. La segunda derivando por intermedio de un tubo protésico el flujo procedente de la VCI al borde inferior de la misma arteria pulmonar.

La energía para este modelo circulatorio procede del único ventrículo disponible para ello, que funciona como ventrículo sistémico y por “vis a tergo” mantiene la circulación arterial pulmonar.

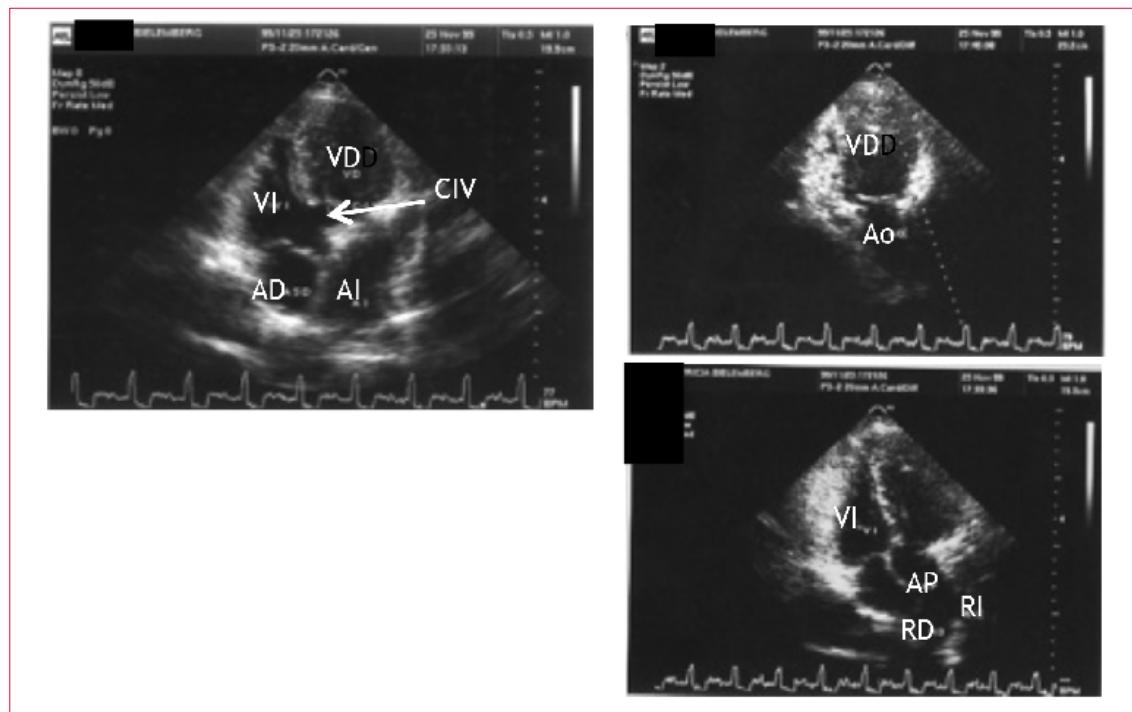
Como consecuencia, la circulación pulmonar deja de ser pulsátil y se transforma en una circulación fásica de tipo venoso. Esta es la característica fun-



**Figura 11.** En A, puede observarse claramente un vaso que emerge del corazón y se bifurca. Se trata, por tanto, de la arteria pulmonar. En B, el vaso que emerge se arquea y corresponde a la aorta.

VI: ventrículo izquierdo; Ao: aorta; AP: arteria pulmonar; TSVD: tracto de salida del ventrículo derecho.

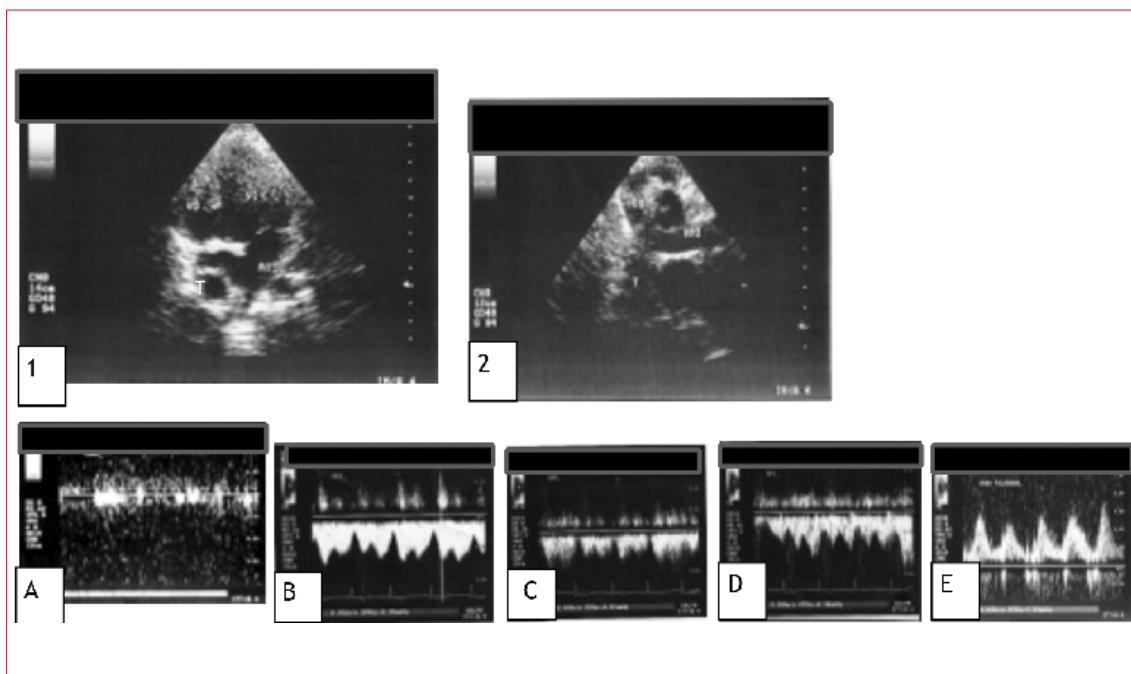
Reproducida con permiso de Guzzo de León DF. Análisis secuencial segmentario para el diagnóstico de cardiopatías congénitas. El aporte de la radiología, del electrocardiograma y de la ecocardiografía. Rev Urug Cardiol 2008; 23:21-48.



**Figura 12.** Izquierda: Discordancia atrioventricular. Derecha: Discordancia ventrículoarterial.

damental que debe evaluarse mediante la técnica Doppler, para asegurar que el sistema está funcionando de modo adecuado. Utilizando Doppler pulsado deben obtenerse registros del tubo protésico, de la VCS, VCI, ambas ramas de la arteria pulmonar y de las venas pulmonares (figura 13). La presencia de flujo continuo implica obstrucción. Los aspectos morfológicos son de menor importancia que lo señalado precedentemente. Sin embargo debe efectuar-

se una evaluación minuciosa en búsqueda de trombos en los distintos sectores de la circulación de Fontan (venas cavas, tubos protésicos y ramas de la arteria pulmonar). Finalmente resulta de capital importancia evaluar la función sistólica y diastólica del único ventrículo viable, de cuya funcionalidad depende todo el sistema. En este aspecto resulta de importancia, además, valorar los aspectos funcionales (estenosis o insuficiencia) de la o las válvulas



**Figura 13.** “Corazón univentricular”. Atresia tricuspídea clásica. Derivación cavopulmonar total bilateral (cirugía de Fontan). Arriba: 1) Apical cuatro cámaras. Se observa la válvula tricuspídea atrésica (ausencia de conexión AV derecha) y el tubo protésico (T) en el interior de la aurícula derecha. 2) Supraesternal eje corto. Se visualiza el abocamiento de la VCS al borde superior de la RPD de la arteria pulmonar y el abocamiento del tubo protésico (T) al borde inferior. Abajo: De A a E respectivamente: registro con Doppler pulsado del flujo (fásico) a nivel del tubo protésico, VCS, RPD, RPI y vena pulmonar.

VD: ventrículo derecho; VI: ventrículo izquierdo; AI: aurícula izquierda; T: tubo protésico; VCS: vena cava superior; RPD: rama pulmonar derecha; RPI: rama pulmonar izquierda.

auriculoventriculares, lesiones obstructivas (valvular, subvalvular o supravalvular) o incompetencia que pudieran asentarse a nivel aórtico. Cuando la aorta emerge del ventrículo hipoplásico (no viable), adquiere relevancia la evaluación en búsqueda de obstrucción, de la CIV o foramen bulbo-ventricular, que permite la comunicación entre ambos ventrículos.

### 3. Transposición de grandes arterias tratada mediante técnica de switch arterial

Lo principal a evaluar es la existencia o no de isquemia ventricular, ya que en la cirugía existe un reimplante de las arterias coronarias y eso puede determinar un acodamiento o abocamiento inadecuado de las mismas que comprometa el flujo coronario del VI. Debemos considerar la motilidad segmentaria del VI así como la función sistólica y diastólica de ambos ventrículos.

Otro aspecto a evaluar es la evolución de las cicatrices en aorta y arteria pulmonar. La fibrosis de las mismas puede generar diversos grados de obstrucción supravalvular pulmonar o supravalvular aórtico. Obviamente estos dos aspectos son de capital importancia en la valoración del posoperatorio alejado de este procedimiento.

Además, si hubo cortocircuitos, valorar la presencia de shunts residuales a nivel atrial, ventricular o a nivel ductal.

### 4. Comunicación interventricular residual

Ocasionalmente, luego de un procedimiento quirúrgico, queda como secuela un defecto septal ventricular residual. Este tipo de defectos suele ser pequeño. Su evaluación ecocardiográfica se lleva a cabo del mismo modo que para valorar una CIV primitiva. Es necesario determinar dimensiones cavitarias, especialmente las izquierdas, que son las que reciben la sobrecarga de volumen en este tipo de cortocircuitos. Debe valorarse la función ventricular y, si las condiciones del estudio lo permiten, realizar una estimación del QP/QS. La presencia de cavidades izquierdas dilatadas y/o un QP/QS  $> 1,5$  deben alertar acerca de la posibilidad de repercusión hemodinámica del defecto.

Aunque es muy poco probable que el tamaño de este tipo de defecto, habitualmente restrictivo, genere hipertensión arterial pulmonar, es conveniente realizar las estimaciones pertinentes, como se ha explicado previamente. Un parámetro adicional que debe tenerse en cuenta en este defecto es la visualización del chorro en el defecto. Un flujo turbu-

lento (mosaico de colores con Doppler color) descarta la presencia de hipertensión arterial pulmonar. Es conveniente, sin embargo, alinear el Doppler continuo con el chorro para determinar la diferencia de presiones entre ambos ventrículos. En este contexto, si se conoce la presión sistólica arterial sistémica, por diferencia puede estimarse la presión sistólica del VD, y, en ausencia de obstrucción en el tracto de salida del ventrículo derecho (TSVD), esta diferencia de presiones permite calcular la presión sistólica arterial pulmonar.

### 5. Patología mitral en posoperatorio de defectos de la tabicación atrioventricular (canal AV)

La secuela quirúrgica de mayor relevancia en los pacientes corregidos quirúrgicamente de la variedad completa de defecto de la tabicación atrioventricular (canal AV) lo constituye la incompetencia de la válvula mitral. Este defecto se corrige de elección a los seis meses de edad, por lo que si la incompetencia mitral es significativa, tiene repercusión clínica tempranamente y debe reintervenirse (plastia mitral o reemplazo valvular mitral) mucho antes de alcanzar la vida adulta. Los controles posteriores del paciente adecuadamente tratado de esta anomalía lo constituyen la incompetencia valvular mitral y tricuspídea de grado leve y las estenosis leves de las mismas válvulas, que deben ser evaluadas periódicamente con los procedimientos y técnicas ecocardiográficas convencionales, de amplia difusión en publicaciones y libros de texto, para el que realiza ecocardiografía de adultos. Los defectos septales residuales a nivel de los tabiques interatrial e interventricular se evalúan, como explicamos precedentemente, del mismo modo que se valoran estos defectos en su presentación aislada fuera del contexto de este espectro de malformaciones.

### Bibliografía

1. **Guzzo DF, Vázquez CA, Pignatelli RH.** Enfermedad cardíaca congénita en población pediátrica. En: Restrepo G, Lowenstein J, Gutiérrez-Fajardo P, Vieira M. Ecocardiografía e imagen cardiovascular en la práctica clínica. Bogotá, Colombia: Editorial Distribuna; 2014. p. 1194.
2. **Ginés F, Grignola JC.** Right ventricular contraction synchronization due to an acute afterload increase. Left ventricle-like mechanical properties of the right ventricle. Rev Esp Cardiol 2001; 54: 973-980.
3. **Grignola JC, Pontet J, Vallarino M, Ginés F.** Características propias de las fases del ciclo cardíaco del ventrículo derecho. Rev Esp Cardiol 1999; 52:37-42.
4. **Guzzo de León DF.** Insuficiencia valvular pulmonar en el posoperatorio alejado de tetralogía de Fallot. Aporte del ecocardiograma transtorácico convencional para la toma de decisiones. Rev Urug Cardiol 2013; 28: 42-56.
5. **Anavekar NS, Gerson D, Skali H, Kwong RY, Yucel EK, Solomon SD.** Two-dimensional assessment of right ventricular function: an Echocardiographic-MRI correlative study. Echocardiography 2007; 24: 452-6.
6. **Mor-Avi V, Lang RM, Badano LP, Belohlavek M, Cardim NM, Derumeaux G, et al.** Current and evolving echocardiographic techniques for the quantitative evaluation of cardiac mechanics: ASE/EAE consensus statement on methodology and indications: endorsed by the Japanese Society of Echocardiography. J Am Soc Echocardiogr 2011; 24:277-313.
7. **Ueti OM, Camargo EE, Ueti Ade A, de Lima-Filho EC, Nogueira EA.** Assessment of right ventricular function with Doppler echocardiographic indices derived from tricuspid annular motion: comparison with radionuclide angiography. Heart 2002; 88: 244-8.
8. **Tei C.** New non-invasive index for combined systolic and diastolic ventricular function. J Cardiol 1995; 26:135-36.
9. **Tei C, Dujardin KS, Hodge DO, Bailey KR, McGoon MD, Tajik AJ, et al.** Doppler echocardiographic index for assessment of global right ventricular function. J Am Soc Echocardiogr 1996; 9: 838 – 46.
10. **Tei C, Nishimura RA, Seward JB, Tajik AJ.** Noninvasive Doppler-derived myocardial performance index: correlation with simultaneous measurements of cardiac catheterization measurements. J Am Soc Echocardiogr 1997; 10: 169-78.
11. **Jurcut R, Giusca S, La Gerche A, Vasile S, Ginghina C, Voigt J-U.** The echocardiographic assessment of the right ventricle: what to do in 2010? Eur J Echocardiogr 2010; 11:81-96.
12. **Grignola JC, Ginés F, Guzzo D.** Comparison of the Tei index with invasive measurements of right ventricular function. Int J Cardiol 2006; 113: 25 – 33.
13. **Chiesa P, Giúdice J, Morales J, Gambetta JC, Peluffo C, Duhagón P.** Diez años de experiencia en el cierre percutáneo de la comunicación interauricular y del ductus arterioso persistente. Rev Urug Cardiol 2008; 23: 5-14.
14. **Guzzo DF, Vázquez CA, Pignatelli RH.** Enfermedad cardíaca congénita en población pediátrica. En: Restrepo G, Lowenstein J, Gutiérrez-Fajardo P, Vieira M. Ecocardiografía e imagen cardiovascular en la práctica clínica. Bogotá, Colombia: Editorial Distribuna, 2014; p. 1196

15. **Warnes CA, Williams RG, Bashore TM, Child JS, Connolly HM, Dearani JA, et al.** ACC/AHA 2008 guidelines for the management of adults with congenital heart disease: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Writing Committee to Develop Guidelines on the Management of Adults With Congenital Heart Disease) Developed in Collaboration With the American Society of Echocardiography, Heart Rhythm Society, International Society for Adult Congenital Heart Disease, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, and Society of Thoracic Surgeons. *J Am Coll Cardiol* 2008; 52(23):e143-263.
16. **Guzzo de León DF.** Análisis secuencial segmentario para el diagnóstico de cardiopatías congénitas: el aporte de la radiología, del electrocardiograma y de la ecocardiografía. *Rev Urug Cardiol* 2008; 23: 21-48.
17. **Kilner PJ.** Pulmonary regurgitation in relation to pulmonary artery compliance and other variables. In: Redington AN, Van Arsdell GS, Anderson RH eds. *Congenital heart diseases in the right heart*. London: Springer-Verlag, 2009; p. 247-50.
18. **Guleserian KJ.** Adult congenital heart disease: surgical advances and options. *Prog Cardiovasc Dis* 2011; 53:254-64.
19. **Oosterhof T, van Straten A, Vliegen HW, Meijboom FJ, van Dijk APJ, Spijkerboer AM, et al.** Preoperative thresholds for pulmonary valve replacement in patients with corrected Tetralogy of Fallot using cardiovascular magnetic resonance. *Circulation* 2007; 116:545-51.