

## ECOCARDIOGRAFÍA FUNCIONAL FETAL

Unidad de Cardiología Fetal

Hospital Clínic | Hospital Sant Joan de Déu | Universitat de Barcelona

### 1. INTRODUCCIÓN: Importancia de la función cardiaca fetal

El corazón es un órgano clave en el desarrollo del feto ya que es el responsable de la perfusión y correcto desarrollo de todos los órganos fetales. Esto condiciona que cualquier patología en vida fetal puede afectar al correcto desarrollo y funcionamiento del sistema cardiovascular. De hecho, cuando existe alguna condición o patología que sobrecarga el corazón, éste debe adaptarse para mantener una perfusión adecuada de los órganos fetales y de la placenta. Esta adaptación implica un cambio en el tamaño o forma del corazón (**remodelado cardiovascular**) así como un cambio de su manera de funcionar (**disfunción cardíaca**). Si el insulto se mantiene en el tiempo o supera la capacidad de adaptación del corazón, entonces aparecerá fallo cardíaco, hidrops e incluso muerte fetal.

Tradicionalmente el funcionamiento del corazón en vida fetal se infería de signos indirectos como la presencia de hidrops, insuficiencia tricúspide o cardiomegalia. Se han propuesto algunos algoritmos diagnósticos de fallo cardíaco combinando estos parámetros clásicos con el Doppler fetal, pero que presentan poca utilidad clínica ya que se afectan en estadios tardíos de la adaptación cardiovascular fetal. Sin embargo, el desarrollo y sofisticación de nuevos equipos ecográficos han permitido la aparición de nuevos parámetros para la evaluación del remodelado y disfunción cardíaca fetal. Así, diversos estudios han demostrado que la ecocardiografía funcional mediante la combinación de diferentes parámetros, permite detectar de forma precoz aquellos fetos más susceptibles a desarrollar fallo cardíaco/hidrops y por lo tanto son útiles en el diagnóstico precoz y monitorización de diferentes condiciones clínicas. No obstante, el acceso limitado y el pequeño tamaño del corazón fetal implican que la evaluación de la función cardíaca fetal sea una técnica difícil que requiere un entrenamiento específico.

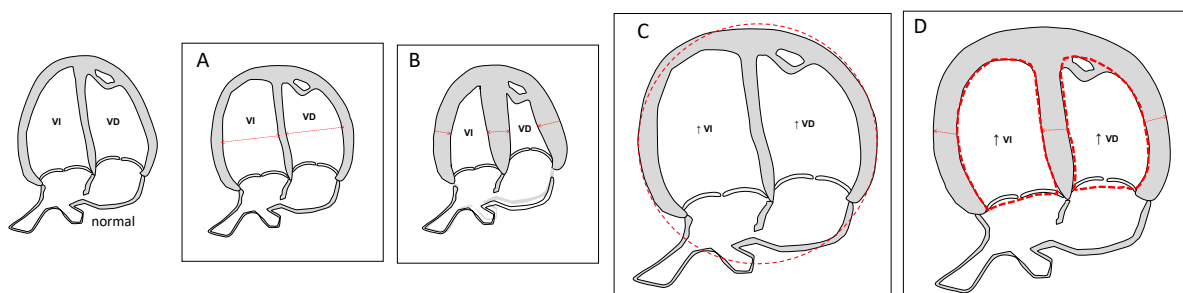
Este protocolo pretende desglosar las principales condiciones fetales que se podrían beneficiar de un estudio ecocardiográfico funcional fetal, así como la metodología y conducta clínica ante los hallazgos de dicha ecocardiografía.

#### 1.1. Evaluación del remodelado cardiovascular fetal

**PROTOCOLO: ECOCARDIOGRAFÍA FUNCIONAL FETAL**

El remodelado cardiovascular consiste en los cambios en la forma y el tamaño del corazón para su adaptación a una condición o patología (sobrecarga de presión o volumen, hipoxia, tóxicos, etc). En vida fetal, los insultos (sobrecarga, hipoxia o tóxicos) suelen afectar de forma global a todo el corazón, aunque el ventrículo derecho puede mostrar cambios de forma más precoz, al ser el ventrículo dominante en la etapa prenatal.

La Figura 1 nos muestra los diferentes patrones de remodelado cardíaco que se han descrito en vida prenatal:



*Figura 1. Patrones de remodelado cardíaco fetal: A) cambio de forma (corazón más globular o esférico); B) hipertrofia miocárdica sin cardiomegalia (hipertrofia concéntrica); C) Cardiomegalia; D) Hipertrofia con cardiomegalia (hipertrofia excéntrica).*

El corazón fetal puede adaptarse a un insulto cambiando únicamente su forma (por ejemplo, volviéndose más esférico para reducir el estrés de la pared ventricular o auricular, Figura 1A), aumentado la masa miocárdica (hipertrofia, Figura 1B) y/o aumentado su tamaño (cardiomegalia o dilatación de aurículas o ventrículos, Figura 1C y D).

El tipo de remodelado dependerá del insulto o patología al cuál el corazón está intentando adaptarse:

- **Daño miocárdico:** Puede existir un daño directo sobre el miocardio secundario a la exposición fetal a fármacos antirretrovirales, hipoxia o isquemia (insuficiencia placentaria, anemia, etc) o también por una enfermedad primaria del músculo cardíaco (cardiomiopatías, enfermedades de depósito). En estos casos, el daño miocárdico asocia la muerte de miocitos y disminución de su contractilidad. El corazón suele adaptarse con hipertrofia miocárdica compensatoria sin cardiomegalia (hipertrofia concéntrica, Figura 1B).
- **Sobrecarga de presión:** Cuando existe un aumento de la postcarga (por ejemplo, en estenosis pulmonar o aórtica, síndrome de transfusión feto fetal (STFF), enfermedad placentaria o técnicas de reproducción asistida (TRA)), el corazón fetal compensará inicialmente volviéndose más esférico (para reducir el estrés en la pared de los ventrículos) (Figura 1A). Si esto no es suficiente, el corazón se hipertrofiará para aumentar la fuerza contráctil (hipertrofia concéntrica hacia la

---

## PROTOCOLO: ECOCARDIOGRAFÍA FUNCIONAL FETAL

---

cavidad ventricular, Figura 1B). Si el insulto persiste, se añadirá una dilatación de cavidades (cardiomegalia) por lo que la hipertrofia será excéntrica (Figura 1D)

- **Sobrecarga de volumen:** Cuando existe un aumento del volumen de sangre que el corazón necesita bombear (anemia, tumores fetales, CIR severo, drenaje venoso anómalo, STFF, etc), el corazón fetal suele adaptarse dilatando sus cavidades cardíacas para aumentar el volumen de sangre que puede movilizar (Figura 1C).

Los parámetros ecocardiográficos que usaremos para valorar el remodelado cardíaco, serán los parámetros morfométricos (diámetros y áreas) del corazón, ventrículos y aurículas, así como el grosor del miocardio. Ver Anexo para los detalles de su medición.

### 1.2. Evaluación de la función cardíaca fetal

El remodelado cardiovascular condiciona un cambio en la función cardíaca, aumentando o disminuyendo el volumen de sangre que eyectará el corazón, cambiando la velocidad de contracción del miocardio o aumentando el tiempo que tarda el corazón en relajarse o contraerse. En estos casos hablaremos de disfunción cardíaca. Según el tipo de parámetros predominantemente afectados, hablaremos de **disfunción sistólica** (afectación de la capacidad contráctil del corazón) o **diastólica** (afectación de la capacidad de relajación del músculo cardíaco y por tanto de la capacidad de llenado) o ambas. En la mayoría de patologías, observaremos primero una disfunción diastólica y más tarde sistólica.

La función cardíaca fetal se puede evaluar usando diferentes modalidades ecocardiográficas como el 2D, modo M, Doppler convencional o tisular, 4D-STIC o 2D speckle tracking. En el Anexo se detallan los diversos parámetros de función sistólica y diastólica que se han descrito en vida fetal, así como su metodología.

## 2. INDICACIONES DE ECOCARDIOGRAFÍA FUNCIONAL FETAL

---

### 2.1. Indicaciones ecocardiografía funcional

1. Cardiopatía estructural fetal
2. Miocardiopatía fetal
3. Riesgo de sobrecarga cardíaca fetal: insuficiencia tricúspide o mitral significativa (holosistólica y/o con velocidad máxima > 200 cm/s) y persistente, cardiomegalia, derrame pericárdico significativo (> 2 mm o que rebase el nivel atrioventricular), anemia fetal, tumoración fetal o corioangioma, malformación arterio-venosa fetal o placentaria, anomalías del sistema umbilico-porto-sistémico (excluyendo la

---

PROTOCOLO: ECOCARDIOGRAFÍA FUNCIONAL FETAL

---

agenesia de ductus venoso sin conexión anómala (forma intrahepática)).

4. Presencia de hidrops fetal
5. Patología torácica fetal con desplazamiento mediastínico: hernia diafragmática, malformación broncopulmonar congénita, hidrotórax
6. Infección fetal TORCH: Toxoplasma, varicela, lues, citomegalovirus y herpes virus, Parvovirus B19 y Coxsackie
7. Toma de fármacos con potencial toxicidad mitocondrial (fármacos antirretrovirales en pacientes VIH)
8. Quimioterapia o radioterapia materna
9. Tratamiento antiinflamatorio con riesgo de restricción del ductus arterioso (indometacina y AINES principalmente, si tratamiento no esporádico en tercer trimestre)
10. Diabetes pregestacional materna, a realizar preferentemente a las 34 semanas.
11. CIR de segundo trimestre ( $\leq 23.6s$ ), severo y precoz ( $p < 3$  a las 24-27.6s), o CIR II o superior. Se realizará en **la unidad de CIR**.
12. Gestación múltiple monocorial con STFF, CIR selectivo, TRAP (del inglés 'Twin Reversed Arterial Perfusion') o muerte espontánea de uno de los dos gemelos. Se realizará en la **unidad de gestación gemelar monocorial**.

## 2.2 Edad gestacional para la ecocardiografía funcional

El momento óptimo para la realización de la ecocardiografía funcional es alrededor de las **28-34 semanas** de gestación, aunque en situaciones de riesgo de descompensación hemodinámica se realizará en el momento del diagnóstico (riesgo de sobrecarga cardíaca, síndrome de transfusión feto-fetal, CIR II o superior, ...).

## 3. METODOLOGÍA

---

Existen múltiples parámetros para la evaluación de morfometría y función cardiovascular fetal. En este protocolo indicamos los parámetros básicos mínimos que deberían incluirse para la realización de una ecocardiografía funcional, y también mencionamos otros parámetros que tan sólo estarían indicados en aquellos casos en los que haya una sospecha específica. Los

---

PROTOCOLO: ECOCARDIOGRAFÍA FUNCIONAL FETAL

---

parámetros de morfometría y función cardiaca dependen en gran medida del tamaño del feto/corazón, por lo que los parámetros se normalizarán con respecto a **la edad gestacional** (usando z-score) siempre que sea posible. En casos donde exista un cambio relevante del tamaño del feto (por ejemplo, en el retraso de crecimiento intrauterino, o en fetos grandes por edad gestacional de madres diabéticas) se ajustarán por **peso fetal estimado** o tamaño del corazón. La metodología para la medición de los diferentes parámetros morfométricos y funcionales está detallada en el anexo 1.

### 3.1 Morfometría cardiovascular fetal

*Todas las mediciones se realizarán en un plano de 4 cámaras con el corazón a final de diástole a excepción de morfometría de aurículas y diámetros de aorta y pulmonar que se realizan en sístole.*

#### 3.1.1 Morfometría cardiovascular fetal básica

- **Tamaño del corazón:** medición de área cardíaca y cálculo de índice cardiorácico
- Forma del corazón: medición de índice de **esfericidad** del corazón
- Medición del **grosor del septo** interventricular.
- Evaluación de la **dominancia de cavidades** ventriculares: cálculo de la ratio derecha/izquierda (basal o medio ventricular)
- Diámetros de **aorta** y **arteria pulmonar** a nivel de anillo valvular.

### 3.2 Evaluación de la función cardiovascular fetal

#### 3.2.1 Función cardiovascular fetal básica

- Evaluación de la **frecuencia cardiaca fetal** (incluyendo frecuencia cardiaca media y regularidad del ritmo)
- Valoración de la **función de las válvulas atrio ventriculares:** apertura y cierre correcto con *cine-loop*, Doppler color anterógrado sin regurgitación y estudio de la onda de velocidad de flujo mediante Doppler pulsado (monofásica o bifásica). Medición de **fracción de tiempo de llenado**. Medición de **tiempo de relajación isovolumétrica izquierdo** (TRI).
- Valoración del **flujo aórtico y pulmonar** (aplicación del Doppler color y medición del pico de velocidad sistólico). Medición de **fracción de tiempo de eyección**.
- Valoración de motilidad miocárdica longitudinal con modo M a nivel de anillo mitral y

---

PROTOCOLO: ECOCARDIOGRAFÍA FUNCIONAL FETAL

---

tricúspide: medición de *Mitral and Tricuspid Annular Plane Systolic Excursion* (**MAPSE, TAPSE**).

- Medición del índice de pulsatilidad del **ductus venoso** en un corte transversal o sagital del abdomen fetal.

En la ecocardiografía funcional, se incluirá un repaso anatómico fetal para descartar tumores o anomalías que pudieran explicar cambios en la función cardíaca. También se valorará Doppler fetoplacentario, en concreto velocidad pico de arteria cerebral media para descartar anemia fetal, así como ratio cerebro-placentario y el índice de pulsatilidad (IP) medio de arterias uterinas para para descartar insuficiencia placentaria.

### 3.3 Parámetros morfométricos y funcionales avanzados

El estudio de parámetros avanzados se realizará **sólo** en casos seleccionados o si hay sospecha específica de anomalía en alguna de las cavidades cardíacas y/o alteración de la función cardíaca básica. La metodología para la medición de los diferentes parámetros morfométricos y funcionales está detallada en el anexo 1.

#### 3.3.1. Parámetros adicionales de morfometría cardíaca

- Medición de **derrame pericárdico** en diástole (si evidente y/o sobrepasa límite atrioventricular)
- Morfometría completa de **ventrículos**: áreas y esfericidad
- Morfometría completa de **aurículas**: áreas y esfericidad
- Medición del grosor de las **paredes ventriculares libres** (pared ventricular libre izquierda y derecha)
- Cálculo del **grosor ventricular relativo** (*relative wall thickness*)

#### 3.3.2. Parámetros adicionales de función cardíaca (se realizará sólo en casos seleccionados o si hay sospecha específica y/o alteración de la función cardíaca básica)

- Medición de insuficiencia tricúspide o mitral (se considerará significativa cualquier grado de insuficiencia mitral que se pueda cuantificar mediante Doppler espectral y sea persistente)
- Cálculo de la **ratio E/A** derecho e izquierdo (Velocidad onda E/velocidad onda A),

---

**PROTOCOLO: ECOCARDIOGRAFÍA FUNCIONAL FETAL**

---

- tiempo de deceleración de la onda E y duración de la onda A.
- Medición de tiempo de contracción isovolumétrica (TCI).
  - Valoración de la contractilidad del ventrículo izquierdo: medición de fracción de acortamiento (*shortening fraction*) con modo M.
  - Valoración de la contractilidad del ventrículo derecho: medición de fracción de cambio de área (*fractional area change*) mediante 2D.
  - Valoración de volumen de sangre eyectado por los ventrículos: medición de volumen sistólico (*stroke volume*) y gasto cardíaco (*cardiac output*) de ventrículo izquierdo, ventrículo derecho y global (cálculo del índice cardíaco: gasto cardíaco/Peso fetal estimado en Kg).
  - Valoración de motilidad miocárdica longitudinal con Doppler tisular a nivel de anillo mitral y tricúspide: medición de velocidad pico sistólica (S') y diastólicas (E' y A').
  - Valoración de la deformación miocárdica mediante análisis off-line de Doppler tisular o 2D speckle tracking: estimación de deformación (*strain*) y velocidad de deformación (*strain-rate*) miocárdica.
  - Medición de índice de pulsatilidad de istmo aórtico y ductus arterioso.

---

#### **4. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

---

El diagnóstico de remodelado cardiovascular o disfunción cardíaca no puede hacerse por un solo parámetro, sino con la integración de todos los parámetros morfométricos y funcionales medidos. El tipo de parámetro que se verá afectado depende sobre todo de la patología subyacente. Sin embargo, de forma general podemos definir:

**Patrones ecocardiográficos de remodelado cardiovascular:**

- **Cardiomegalia:** aumento del tamaño cardíaco. Área cardíaca ajustada por área torácica (ICT), por edad gestacional (EG) o peso fetal estimado (PFE).
- **Dilatación ventricular:** aumento del tamaño/área ventricular derecho o izquierdo medidos al final de la diástole y ajustado por EG o PFE.
- **Ventrículos de morfología esférica o globulosa:** disminución del índice de esfericidad.
- **Hipertrofia miocárdica:** aumento del grosor miocárdico. Tamaño de las paredes

---

**PROTOCOLO: ECOCARDIOGRAFÍA FUNCIONAL FETAL**

---

ventriculares y septo al final de la diástole y ajustado por EG o PFE.

- **Remodelado concéntrico:** aumento del grosor ventricular relativo (hacia la cavidad ventricular).
- **Remodelado excéntrico:** disminución del grosor ventricular relativo.
- **Dilatación auricular:** aumento del área o del tamaño auricular a final de la sístole, ajustado por EG o PFE.

**Parámetros ecocardiográficos de función cardíaca:**

- **Función cardíaca normal** si todos los parámetros de función cardíaca son normales
- **Disfunción cardíaca leve/moderada** cuando existe uno-dos parámetros de función cardíaca alterados. Según el parámetro alterado distinguiremos la disfunción sistólica de la diastólica. Se consideran cambios probablemente adaptativos a la patología de base.
- **Disfunción cardíaca severa** cuando existan 2 o más parámetros alterados incluyendo una fracción de eyección izquierda inferior al 30%, una *fractional area change* inferior al 10%, flujo reverso con la contracción atrial en el ductus venoso y/o presencia de insuficiencia tricúspide o mitral significativa. Existe un alto riesgo de evolución a fallo cardíaco e hidrops.
- **Fallo cardíaco** cuando exista disfunción cardíaca severa con hidrops.

Los fetos que cumplan criterios de disfunción grave (sistólica o diastólica) se aconsejará seguimiento ecocardiográfico intensivo (1-2 veces por semana, dependiendo de la patología de base) por el alto riesgo para desarrollar fallo cardíaco.

Los fetos que cumplan criterios de disfunción leve o moderada (sistólica o diastólica) se considerarán de bajo riesgo para desarrollar fallo cardíaco y se aconsejará control ecocardiográfico cada 2-4 semanas (su frecuencia dependerá de la patología de base).

**4.2. Informe tipo de ecocardiografía funcional fetal:**

EG:

Indicación:

ECOCARDIOGRAFIA FUNCIONAL FETAL

---

PROTOCOLO: ECOCARDIOGRAFÍA FUNCIONAL FETAL

---

Feto en situación \_\_\_\_\_. Situs solitus. Plano de cuatro cámaras normal, con posición intratorácica, tamaño (índice cardiotorácico \_\_, área cardíaca\_\_) y forma correctos (Esfericidad cardíaca \_\_). No hay dominancia de cavidades (ratio D/I\_\_). No se detecta derrame pericárdico. Grosor del septo interventricular normal (\_\_mm).

Válvulas aurículo-ventriculares correctamente implantadas y normofuncionantes con ondas bifásicas, sin evidenciarse signos de insuficiencia valvular significativa. Función diastólica normal: fracción de tiempo de llenado derecho (\_\_%) e izquierdo (\_\_%), tiempo de relajación isovolumétrica izquierdo (\_\_ms) normales.

Motilidad miocárdica normal con función longitudinal conservada en corazón derecho (TAPSE \_\_mm) e izquierdo (MAPSE \_\_mm).

Conexión ventrículo arterial correcta, identificándose el tracto de salida del ventrículo derecho en continuidad con la arteria pulmonar (PVS \_\_\_\_\_ cm/s, fracción de tiempo de eyección \_\_%) de \_\_\_\_\_ mm de diámetro a nivel valvular. Tracto de salida del ventrículo izquierdo en continuidad con la arteria aorta (PVS \_\_\_\_\_ cm/s, fracción de tiempo de eyección \_\_%), de \_\_\_\_\_ mm de diámetro a nivel valvular. Arco aórtico y pulmonar visibles y de trayecto normal, con ductus arterioso e istmo aórtico normofuncionantes.

El ritmo cardíaco es regular y estable durante toda la exploración con frecuencia cardíaca fetal de \_\_x'. Flujos a nivel de arteria umbilical (IP\_\_), arteria cerebral media (IP\_\_), ratio cerebro-placentario\_\_, arterias uterinas (IP medio \_\_), ductus venoso (IP\_\_, onda atrial presente/ausente/reverso) dentro de la normalidad.

## ORIENTACIÓN DIAGNÓSTICA

Corazón y vasos fetales funcionalmente normales en esta exploración.

Signos de remodelado cardiovascular (cardiomegalia, forma globular, hipertrofia concéntrica/excéntrica).

Cambios probablemente adaptativos a la patología de base sin signos de disfunción cardíaca severa. Recomendamos seguimiento.

**PROTOCOLO: ECOCARDIOGRAFÍA FUNCIONAL FETAL**

---

Signos de disfunción cardíaca sistólica/diastólica severa con riesgo de evolución a fallo cardíaco. Se aconseja nuevo control en **x** semanas.

Signos de fallo cardíaco e hidrops.

<b>Responsables del protocolo:</b>	Fàtima Crispi, Laura Nogué, Míriam Pérez, Narcís Masoller, María Clara Escobar-Díaz, Mar Bennasar, Josep Maria Martínez, Olga Gómez
<b>Fecha del protocolo y actualizaciones:</b>	11/02/2014, 4/8/2023
<b>Última actualización:</b>	13/01/2024
<b>Próxima actualización:</b>	13/01/2028
<b>Código Hospital Clínic:</b>	MMF-76-2010
<b>Código Sant Joan de Déu:</b>	

## ANEXO 1: Metodología de medición de parámetros ecocardiográficos avanzados:

### 1. Parámetros morfométricos

#### Evaluación del corte de las 4 cámaras (apical/basal):

1. **Morfometría cardíaca:** parámetros que se detallan a continuación. Todas las mediciones se realizan al final de la diástole en su máxima área (fotograma en el que las válvulas atrioventriculares cierran), con la excepción de las dimensiones auriculares que se miden al final de la sístole (su máxima distensión; fotograma que precede la apertura de las válvulas atrioventriculares). (*García-Otero et al. Fetal Diagn Ther. 2019 Jan 4:1-12*).

Tablas complementarias y calculadora de los diferentes z-score de parámetros morfométricos disponibles en <https://obgyn-onlinelibrary-wiley-com.sire.ub.edu/action/downloadSupplement?doi=10.1002%2Fuog.23127&file=uog23127-sup-0003-AppendixS3.xlsm>

- a. Evaluación del **tamaño del corazón: índice cardiorácico (Figura 2)** (ICT) = área cardíaca/área torácica. Se considera **cardiomegalia** si  $ICT > 0.35$  y cardiomegalia severa si  $ICT > 0.5$ . El área torácica en ocasiones puede ser de difícil medición (anhidramnios, ...) por lo que se propone el **área cardíaca (Figura 3)** ajustada por EG o por PFE como alternativa en la evaluación de la cardiomegalia.

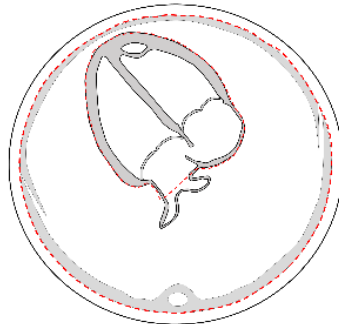


Figura 2.

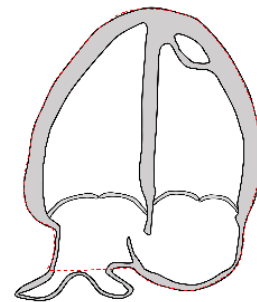
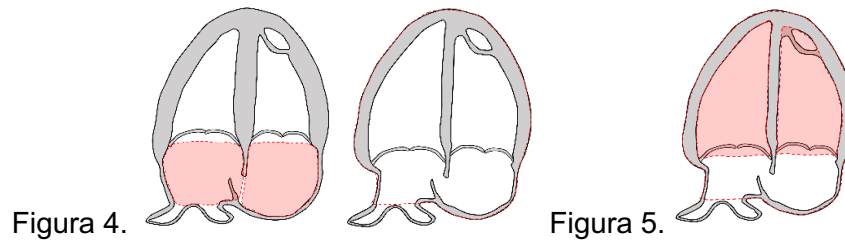


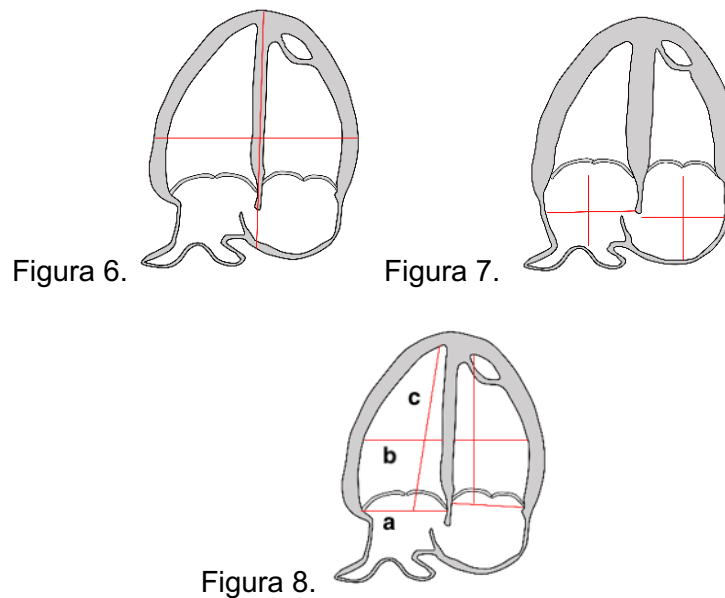
Figura 3.

Se han descrito otras ratios: aurícula derecha o izquierda /área cardíaca (Figura 4), ratio ventrículo derecho o izquierdo/área cardíaca (Figura 5) para estudiar el tamaño relativo de la aurícula o ventrículo respecto el tamaño del corazón. Pueden estar alterados ante una sobrecarga de volumen o presión, cardiopatías congénitas, etc. Son ratios con una distribución constante a lo largo de la gestación.

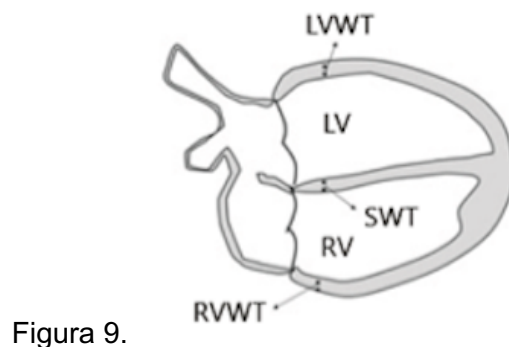
**PROTOCOLO: ECOCARDIOGRAFÍA FUNCIONAL FETAL**



- a. Evaluación de **dimensiones cardiacas**: diámetro transverso y longitudinal cardiaco (Figura 6), diámetro transverso y longitudinal auricular (Figura 7), diámetro basal (a), medio ventricular (b) y longitudinal (c) ventricular (Figura 8).



- b. Evaluación del **grosor de las paredes** ventriculares y el septo. Se pueden medir mediante ecocardiografía 2D o modo M al final de la diástole (sin incluir el endocardio/pericardio; Figura 9). (LVWT: grosor pared ventrículo izquierdo; SWT: grosor del septo; RVWT: grosor pared ventrículo derecho).



- c. Medición del **índice de esfericidad** cardíaco, ventricular (basal y medio ventricular) y auricular. Esfericidad = diámetro longitudinal / diámetro transversal (Figuras 6, 7, 8). La esfericidad cardíaca se mantiene estable a lo largo de la gestación con una mediana alrededor de 1.24-1.17.
- d. Evaluación de la **dominancia de cavidades** ventriculares (basal o medio ventricular) (Figura 8). Definimos dominancia de cavidades derechas significativa cuando la ratio ventrículo derecho/izquierdo es superior a 1.4.
- e. Se han descrito ratios para la evaluación de la asimetría de paredes ventriculares y el tipo de hipertrofia miocárdica (excéntrica vs excéntrica): la ratio **septo/pared ventricular** derecha o izquierda = grosor del septo (a) / grosor pared libre ventricular (b), y el **grosor ventricular relativo** = (grosor del septo (a) + grosor pared libre ventricular) (b) / diámetro transverso ventricular diástole (c) (Figura 10).

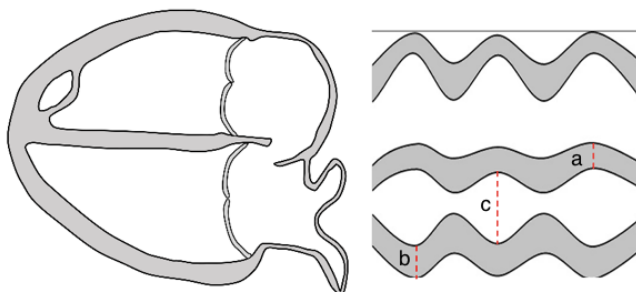


Figura 10.

#### Evaluación la salida de la arteria aorta (corte de las 5 cámaras):

1. Medición del **tamaño de la arteria aorta** a nivel del anillo valvular en sístole. (Figura 11 - 1) (Schneider C, UOG 2005; 26: 599-605).

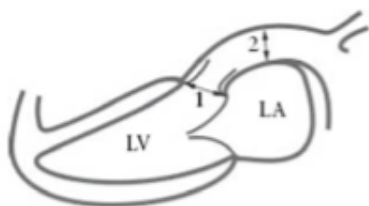


Figura 11.

### Evaluación de la salida de la arteria pulmonar (corte de los 3 vasos):

1. Medición del **tamaño de la arteria pulmonar** a nivel del anillo valvular en sístole (válvula abierta). (Figura 12 - 1) (*Schneider C, UOG 2005; 26: 599-605*).

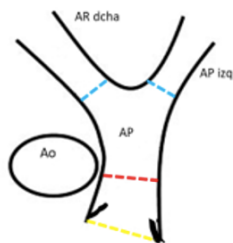


Figura 12.

## 2. Parámetros funcionales

### Evaluación del corte de las 4 cámaras (apical/basal):

#### 2.1. Función sistólica:

- a. Medición de la **fracción de acortamiento/eyección del ventrículo izquierdo (Teicholz)**.

Se realiza en un corte de 4 cámaras transversal mediante modo M (Figura 13) incluyendo la medición del diámetro del ventrículo izquierdo al final de la diástole (EDD) y de la sístole (ESD), estimación de los volúmenes al final de la diástole ( $EDV = (7/(2.4/EDD)) \times EDD^3$ ) y sístole ( $ESV = ((7/(2.4/ESD)) \times ESD^3)$ ) y calculando la fracción de acortamiento como  $(EDD-ESD)/EDD$  y la fracción de eyección como  $(EDV-ESV)/EDV$ .

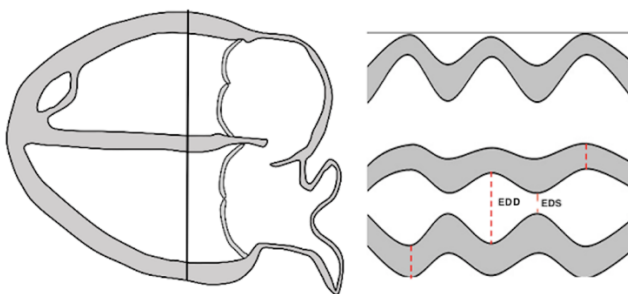


Figura 13.

Se considera normal un valor de fracción de acortamiento >28% o de eyección >50-60%.

- b. Medición de la **función sistólica del ventrículo derecho** mediante la **FAC** (Fractional Area Change). Se realiza en un corte de 4 cámaras

**PROTOCOLO: ECOCARDIOGRAFÍA FUNCIONAL FETAL**

apical/basal midiendo el área del ventrículo derecho al final de la diástole (ED) y al final de la sístole (ES) trazando el límite entre el endocardio (línea hiperecogénica) y el miocardio. El trazado debe incluir las trabeculaciones y la banda moderadora, considerados cavidad ventricular, así como el anillo tricúspide (Figura 14). Se calcula como:  $FAC = [(ED-ES)/ED] \times 100$ .

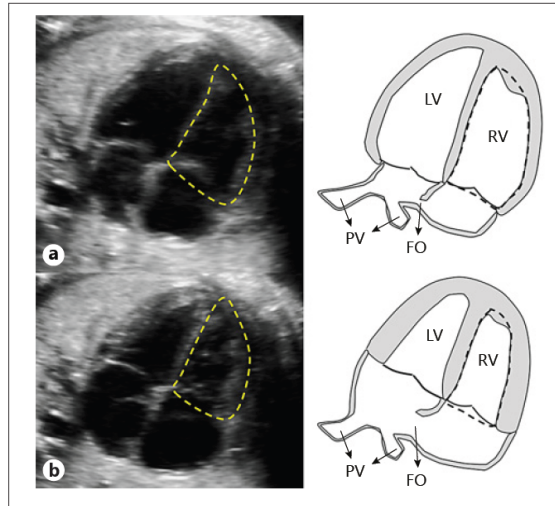


Figura 14.

Se consideran valores normales una FAC > 35% a las 18 semanas, (percentil 10-90: 25-47%) y superior al 29% a las 41 semanas (percentil 10-90: 18-40%). (Guirado et al. *Fetal Diagn Ther.* 2019 Dec 10:1-12). Es posible medir los z-score mediante la calculadora:

[https://karger.figshare.com/articles/Supplementary\\_Material\\_for\\_Nomograms\\_of\\_Fetal\\_Right\\_Ventricular\\_Fractional\\_Area\\_Change\\_by\\_2D\\_Echocardiography/11346635](https://karger.figshare.com/articles/Supplementary_Material_for_Nomograms_of_Fetal_Right_Ventricular_Fractional_Area_Change_by_2D_Echocardiography/11346635)

- c. Grabación de un clip de corazón en 2D a nivel de 4 cámaras en apical o basal para eventual análisis off-line del *Global longitudinal strain* (mediante técnicas de FetalHQ, Tomtec o similar, en casos seleccionados) (Figura 15) (De Vore et al. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2018 May;51(5):650-658).

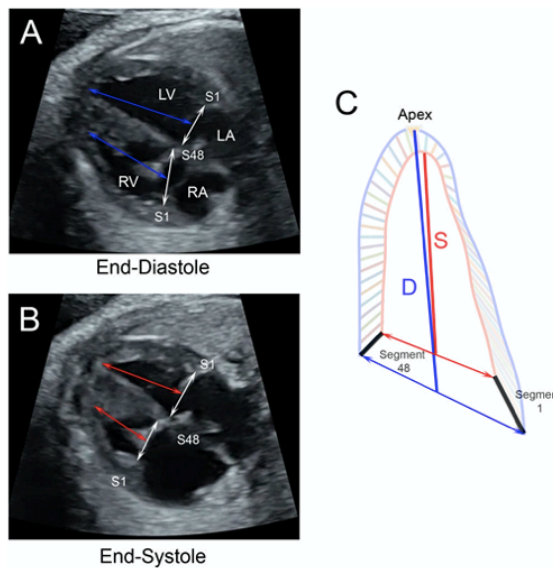


Figura 15.

El análisis off-line del strain puede hacerse a partir de un clip 2D o con volumen **4D-STIC**. En el siguiente enlace se pueden consultar los valores de normalidad del strain global calculado mediante 2D speckle tracking utilizando TomTec:

<https://doi.org/10.1002/jum.14454>

## 2.2. Función sistólica longitudinal:

- Medición del desplazamiento longitudinal a nivel de los anillos derecho (**TAPSE**) e izquierdo lateral (**MAPSE**) en un corte de 4 cámaras apical o basal mediante modo M (Figura 16).

Los percentiles de las velocidades pico anulares se estimaran según la edad gestacional (*Gardiner et al. Int J Cardiol 2006;113:39-47*).

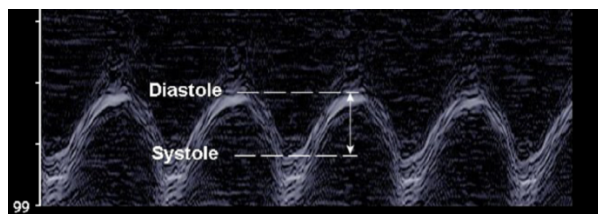


Figura 16.

- Estudio de velocidades pico miocárdicas en sístoles (S') mediante **Doppler tisular** pulsado en casos seleccionados.

La cuantificación del Doppler tisular se realizará mediante Doppler pulsado espectral a nivel del anillo mitral y tricúspide, y septo en un corte de 4 cámaras apical/basal. Se medirá la velocidad pico sistólica (S') (Figura 17).

Los percentiles de las velocidades pico anulares se estimarán según la

**PROTOCOLO: ECOCARDIOGRAFÍA FUNCIONAL FETAL**

edad gestacional, con la excepción de los fetos con restricción de crecimiento en los que también podrán normalizarse según peso fetal estimado (*Comas et al. Ultrasound Obstet Gynecol 2011;37:57-64*).

También es posible calcular los z-score mediante la calculadora (<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/uog.8870/suppinfo>).

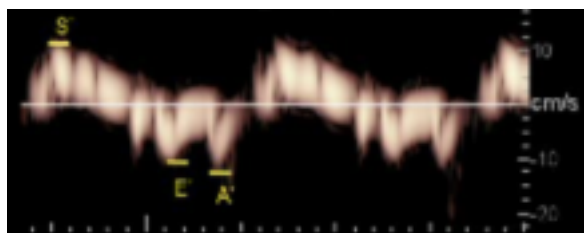


Fig 17.

### 2.3. Función diastólica

#### Evaluación del corte de las 4 cámaras (apical/basal):

1. Parámetros de tiempos cardíacos: **Fracción del tiempo de llenado o *Filling Time Fraction (FTF)***. La medición del FTF del ventrículo derecho e izquierdo se realiza en un corte de 4 cámaras apical/basal colocando el volumen muestra justo debajo de las válvulas atrioventriculares (Figura 18). Se calcula como:  $FTF = (\text{Filling time}/\text{Cycle time}) * 100$ .

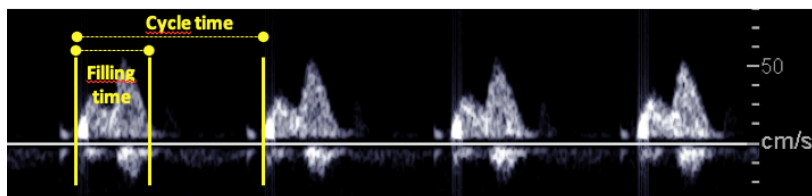


Figura 18.

Es posible medir los z-score mediante la calculadora:

<https://obgyn.onlinelibrary.wiley.com/action/downloadSupplement?doi=10.1002%2Fuog.22152&file=uog22152-sup-0001-AppendixS1.xlsx>

2. Estudio de velocidades pico miocárdicas diastólicas (E' y A') mediante **Doppler tisular** pulsado en casos seleccionados (Figura 17).

También es posible calcular los z-score mediante la calculadora (<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/uog.8870/suppinfo>).

**PROTOCOLO: ECOCARDIOGRAFÍA FUNCIONAL FETAL**

3. Cálculo de la ratio **E/A** derecho e izquierdo (Velocidad onda E/velocidad onda A), tiempo de deceleración de la onda E y duración de la onda A.

**Evaluación la salida de la arteria aorta (corte de las 5 cámaras):**

1. Valoración del **flujo aórtico** (aplicación del Doppler color y medición del pico de velocidad sistólico). Los valores normales cambian con la edad gestacional (*Kiserud et al. Ultrasound Obstet Gynecol 2006;28:126- 136*), aunque en general consideramos normales valores entre 60 y 120 cm/s.
2. Medición de la **fracción del tiempo de eyección o ejection time fraction (ETF)** del ventrículo izquierdo se realiza con el Doppler pulsado en la válvula aórtica (Figura 19). Se calcula como:  $ETF = (Ejection\ time / Cycle\ time) * 100$ .

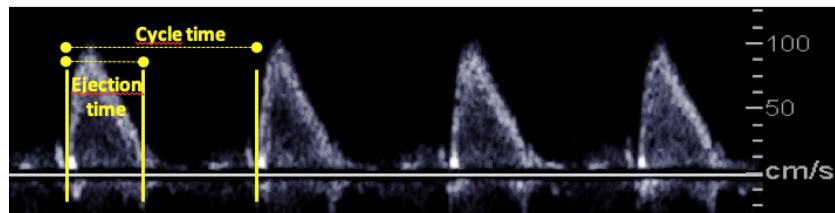


Figura 19.

Es posible medir los z-score mediante la calculadora:

<https://obgyn.onlinelibrary.wiley.com/action/downloadSupplement?doi=10.1002%2Fuog.22152&file=uog22152-sup-0001-AppendixS1.xlsx>

3. Medición del **índice de función miocárdica o Tei index** mediante Doppler espectral a nivel del corte de 5 cámaras. Se miden los tiempos de eyección (ET) y de contracción (ICT) y **relajación isovolumétrica (IRT)** (Figura 20), y cálculo del Tei como  $(ICT+IRT)/ET$ .

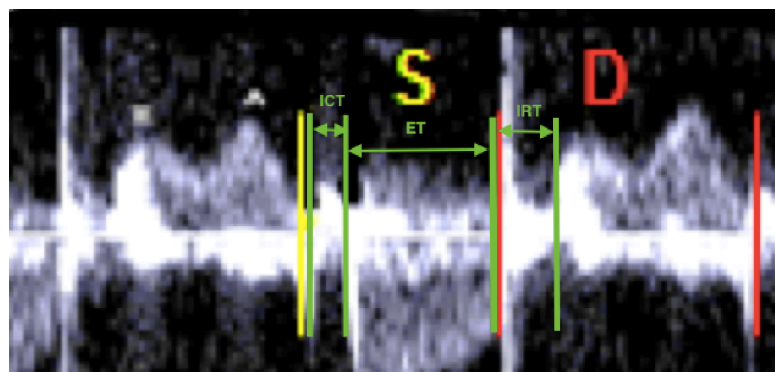


Figura 20.

**PROTOCOLO: ECOCARDIOGRAFÍA FUNCIONAL FETAL**

Los percentiles se estimarán a partir de normalidades publicadas en nuestra población (*Cruz-Martinez et al. Fetal Diag Ther 2012;32:79-86; Comas et al. Ultrasound Obstet Gynecol. 2011;37:57-64*).

4. En casos seleccionados, se calculará el **gasto cardíaco** izquierdo, derecho y **combinado (índice cardíaco)** (suma del gasto cardíaco derecho e izquierdo y normalizado por peso fetal estimado (ml/min/kg)), usando los resultados de diámetro valvular aórtico/pulmonar, área bajo la curva de la onda de flujo aórtico/pulmonar (velocity-time integral VTI) (Figura 21), y la frecuencia cardíaca (HR).

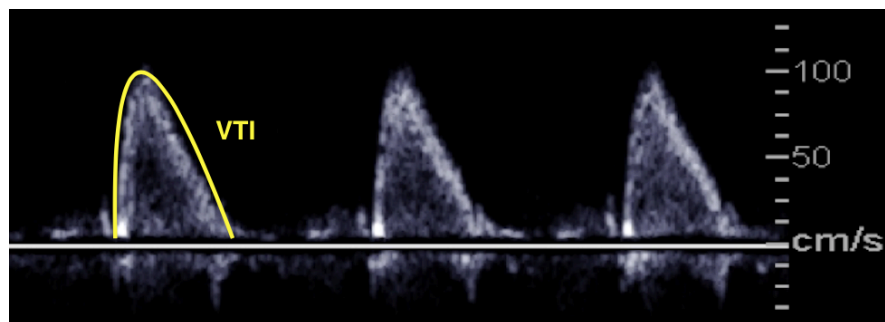


Figura21.

Se calcula el volumen de eyección ( $SV = \pi \cdot (\text{diámetro vaso}/2)^2 \times \text{VTI}$ ), gasto cardíaco ( $CO = SV \times HR$ ) y gasto cardíaco combinado normalizado por peso fetal estimado: **índice cardíaco** =  $(CO \text{ derecho} + CO \text{ izquierdo}) / \text{peso fetal estimado (kg)}$ .

Se consideran valores normales un gasto cardíaco combinado (CCO) alrededor de 450 ml/min/kg (Nomogramas disponibles en: *Kiserud T, et al. Fetal cardiac output, distribution to the placenta and impact of placental compromise. Ultrasound Obstet Gynecol. 2006 Aug;28(2):126-36*).

**Evaluación de la salida de la arteria pulmonar (corte de los 3 vasos):**

1. Valoración del **flujo pulmonar** (aplicación del Doppler color y medición del pico de velocidad sistólico). Los valores normales cambian con la edad gestacional (*Kiserud et al. Ultrasound Obstet Gynecol 2006;28:126- 136*), aunque en general consideramos normales valores entre 60 y 120 cm/s.

Medición de la **fracción del tiempo de eyección o ejection time fraction (ETF)** del ventrículo derecho se realiza con el Doppler pulsado en la válvula pulmonar (Figura 19). Se calcula como:  $ETF = (\text{Ejection time}/\text{Cycle time}) \cdot 100$ . Es posible medir los z-score mediante la calculadora:

<https://obgyn.onlinelibrary.wiley.com/action/downloadSupplement?doi=10.1002%2Fuog.22152&file=uog22152-sup-0001-AppendixS1.xlsx>

2. En casos seleccionados, se calculará el **gasto cardiaco** derecho. Fig 21.

**Evaluación de los grandes vasos (corte de la “V”):**

1. Confirmación de la existencia de flujo anterógrado a lo largo de todo el trayecto de las arterias. Medición del índice de pulsatilidad del **istmo aórtico** y **ductus arterioso**. Valores del índice de pulsatilidad del ductus arterioso superior a 2 se consideran normales (*Mielke G, Benda N. Blood flow velocity waveforms of the fetal pulmonary artery and the ductus arteriosus: reference ranges from 13 weeks to term. Ultrasound Obstet Gynecol. 2000 Mar;15(3):213-8*)