

# ECOCARDIOGRAFIA FETAL. ANATOMIA Y FISIOLOGIA NORMAL DEL FETO

**Dr. C. Mortera**  
**Unidad de Cardiología Pediátrica.**  
**HSJD-HCP. Barcelona**

---

## INTRODUCCIÓN A LA CARDIOPATÍA FETAL POR MEDIO DE LA ECOCARDIOGRAFÍA PRENATAL

Entendemos por Cardiopatía congénita fetal la malformación estructural o alteración funcional del corazón y sus vasos detectada durante la gestación, o malformación de estas estructuras que estuviera presente al momento de nacer, aunque su diagnóstico definitivo pudiera establecerse más tardíamente.

La incidencia publicada de las cardiopatías congénitas en el recién nacido vivo está alrededor de 6 a 8 casos por mil según series de (Bound y Logan 1977, Dickinson 1981), sin embargo estudios más recientes muestran cifras alrededor de 10/1000 nacidos vivos (Cabrera y Ardura 1979, Hoffman 1995) Este incremento parece estar en relación con la mejor adecuación de medios de diagnóstico y mejor aplicación del diagnóstico cardiológico actual, más que en el aumento de casos nuevos de cardiopatía.

Sin embargo, la incidencia real de cardiopatía congénita concebida en la especie humana sería considerablemente más elevada a la cardiopatía que se conoce del recién nacido, si incluyéramos los abortos espontáneos y fetos muertos portadores de una cardiopatía desconocida. La asociación entre abortos espontáneos, alteraciones cromosómicas y cardiopatía es elevada (Allan et

al). Mortera 1990 en su serie de diagnóstico prenatal de fetos seleccionados para estudio Ecocardiográfico refiere la asociación elevada de cardiopatía y cromosomopatía, con una mortalidad espontánea intrauterino en cardiopatía y síndrome elevada.

Así pues, la incidencia real debería incluir todos los fetos concebidos con cardiopatía, que aproximadamente serían cinco veces mayor del número de casos diagnosticados de cardiopatía congénita en el recién nacido vivo (Bierman 1965, Hoffman y Christianson 1978, Hoffman 1987,1995) Este número elevado de cardiopatía congénita en el feto podría llegar a ser diagnosticada, en parte, durante el período prenatal mediante la Ecocardiografía Fetal.

La ecocardiografía fetal y perinatal es el estudio por ultrasonidos del corazón y vasos del feto y del recién nacido, utilizando de forma combinada un conjunto de técnicas modo TM, Eco 2D, Eco Doppler, pulsado, continuo y color. Este estudio debe ser realizado por un especialista que integre la formación de diagnóstico ecográfico prenatal "Obs-tétrico y de Cardiólogo-perinatólogo"

La introducción de la Ecocardiografía en la exploración pre y postnatal del sistema cardiovascular, ha hecho evolucionar el diagnóstico de cardiopatía congénita fetal, de ser en el pasado una patología de difícil sospecha, a ser una de las enfermedades mejor estudiadas y definidas a lo largo de la gestación.

La visión del movimiento regular del corazón fetal se utiliza durante las primeras semanas de la gestación para establecer el diagnóstico de gestación en desarrollo.

Durante el segundo trimestre es cuando es posible discernir estructuras intracardíacas independizadas y se puede llegar a identificar alteraciones estructurales del corazón.

La ecocardiografía 2D por vía transvaginal puede llegar a visualizar el corazón a partir de la 12 semana de gestación, siendo posible por vía transabdominal a partir de la 16 S.G.

Sin embargo, un estudio completo de la anatomía y fisiología cardiovascular estandarizado, sería posible a partir de la 18 S.G., considerándose el momento más adecuado para mejor resolución, entre la 24-27 S.G., al existir en este momento una relación entre líquido amniótico y estructura corporal equilibrada. A partir de entonces las dificultades de visión vienen marcadas por el aumento corporal fetal y la reducción de líquido amniótico, con una disminución en los cambios posturales del feto que habitualmente facilitan la visión ecocardiográfica de todos los planos del corazón.

### OBJETIVOS DE LA ECOCARDIOGRAFÍA FETAL

El primer objetivo de este estudio está dirigido a demostrar la normalidad del sistema cardiovascular fetal o por el contrario a establecer el diagnóstico y pronóstico temprano de la Cardiopatía Congénita durante la gestación. Así como a planificar el manejo del feto con cardiopatía intrauterina y establecer el tratamiento inmediato del recién nacido.

El segundo objetivo debe ir orientado al estudio de la fisiología de la circulación fetal, por la importancia que tiene en el desarrollo del feto. Este estudio debe incluir el análisis de la fisiología

propia del feto durante la vida intrauterina, como el estudio específico de las comunicaciones fetales (fosa oval y ductus arterioso) y circulación sistémico-pulmonar. Por último, la circulación feto-placentaria (arterias umbilicales, vena umbilical y ductus intrahepático) y circulación de cordón umbilical.

### NIVELES DE ANALISIS ECOCARDIOGRAFICO

- 1) Estudio completo y preciso de la anatomía estructural y funcional del corazón y vasos fetales, para detectar patrones malformativos.
- 2) Estudio de la fisiología del sistema cardiovascular fetal y ritmo cardíaco. Función miocárdica, insuficiencias valvulares y sobrecargas de volumen, valoración de signos de insuficiencia cardíaca que afecten al feto en el desarrollo de Hidrops.
- 3) Estudio de la circulación feto-placentaria y de cordón, para detectar signos de inadecuada oxigenación y falta de desarrollo y crecimiento.

### PRECISIÓN DE DIAGNÓSTICO

La precisión de diagnóstico viene marcada básicamente en tres áreas:

- 1) **Nivel tecnológico.** Para llegar a valorar anatomía y función cardiovascular fetal se necesita Eco 2D y Modo M de alta definición integrado con sistemas Doppler lineal pulsado y continuo junto con Doppler color con análisis de tiempo real que habitualmente se utilizan en Cardiología.
- 2) **Nivel de formación.** La ecocardiografía fetal requiere el haber estado expuesto a un número y nivel de estudio calificado dentro del nivel III de Ultrasonidos. Se necesita una amplia formación en Ecografía Obstétrica, así como formación en Ecocardiografía de malformaciones congénitas, además de extensos conocimientos de fisiopatología

y anatomía malformativa del corazón. El diagnóstico de sospecha aunque habitualmente se genera en las Unidades de diagnóstico Prenatal, necesita también de un segundo estudio por el Cardiólogo-Ecocardiografista que define el tipo de anomalía, valore el pronóstico de la cardiopatía ofreciendo pautas de tratamiento neonatal con Cirugía cardíaca.

3) **Nivel de manejo Hospitalario del feto con Cardiopatía.** El impacto que genera el diagnóstico de una malformación cardíaca en vida fetal, impone una coordinación multidisciplinaria entre Obstetras Clínicos, Unidad de diagnóstico Prenatal, Ecocardiografistas, Cardiólogo Pediatra, Cirujano cardíaco, Genetista y Pediatras Neonatólogos.

### INDICACIONES DE LA ECOCARDIOGRAFIA FETAL

Las indicaciones pueden dividirse en dos grupos, las de carácter urgente, donde debe realizarse la ecocardiografía de forma inmediata, impediendo de la edad de gestación.

Las indicaciones de carácter electivo-preventivo, deben realizarse a lo largo de la gestación, como parte del manejo preventivo de la gestación y del recién nacido.

#### Ecocardiografía prenatal de carácter urgente

- Silueta cardíaca anormal (sospecha de cardiopatía)
- Taquicardias persistentes >200/min. bradicardias < 80/min.,
- Retraso de crecimiento severo
- Polihidramnios severo. hidrops
- Polimalformado sindrómico
- Cromosomopatía asociada a cardiopatía (21,18,13, q22 etc.)

#### Ecocardiografía prenatal de carácter electivo-preventivo

### Factores fetales

- Sospecha de cardiopatía.
- Hidrops
- Hidrotorax
- Arritmias. extrasistoles
- Polihidramnios
- Arritmias
- Cir
- Malformaciones extracardíacas:
  - Hernia diafragmática
  - Onfalocele
  - Atresia duodenal
  - Higroma quístico
  - Fístula traqueo-esofágica
- Anomalías cromosómicas
- Fístulas a-v
- Transfusión fet-fetal

### Factores familiares

- Cardiopatía congénita
- Muerte fetal en embarazos previos
- Enf. genética con incidencia de cardiopatía.

### Factores maternos

- Cardiopatía (congénita o adquirida)
- Edad avanzada > 40 años.
- Tto. anfet., anticonvuls., litio etc.
- Enf. virales (rubeola, varicela, coxakie)
- Drogas (alcohol, heroína)
- Diabetes, hip. art., toxemia, isoinmun.
- Colagenosis, fenilketonuria.
- Exposición a teratogénicos, rx.
- Enfermedades del colágeno ro y anti la+
- Miocardiopatía familiar

### FISIOLOGIA DE LA CIRCULACION FETAL NORMAL

Comenzaremos la descripción de la circulación fetal desde la placenta, órgano donde el feto intercambia sus productos metabólicos residuales y obtiene el oxígeno, glucosa, aminoácidos, grasas,

iones y líquidos como fuentes de energía para mantener su metabolismo y crecimiento.

Esta sangre procedente de la placenta con porcentaje de oxígeno elevado, llena de nutrientes adecuados, se canaliza por vena umbilical vía cordón umbilical hacia pared abdominal, y a través de vena umbilical en su trayecto intrahepático se continua con el "ductus venosus hepático" primer órgano fetal perfundido por sangre oxigenada.

El "ductus venosus hepático" es el final del trayecto intrahepático de la vena umbilical, este vaso reduce su tamaño y actúa a manera de esfínter imponiendo un flujo acelerado en su unión con la vena cava inferior (VCI). Este cambio de tamaño y velocidad de flujo evita que la sangre desaturada procedente de los miembros inferiores y circulación abdominal pueda penetrar en el sistema de vena umbilical.

La conexión anatómica entre la VCI y el "Ductus venosus hepático" sistema, por su orientación espacial en su unión con la aurícula derecha, permite que la mayor parte de sangre saturada de O<sub>2</sub> procedente de vena umbilical, llegue aurícula izquierda a través de aurícula derecha y del foramen ovale, lo que representa un 46% del volumen minuto total fetal. De esta forma, se asegura que las cavidades cardíacas izquierdas reciban sangre con un mayor porcentaje de saturación de oxígeno a fin de suplir la mayor demanda de oxígeno de la circulación coronaria y circulación cerebral.

La mayor parte de la circulación de venosa de retorno del feto, con menor porcentaje de oxígeno, procedente de la porción superior del cuerpo fetal, llega por VCS a la aurícula derecha, ventrículo derecho y arteria pulmonar. También la aurícula derecha recibe la sangre desaturada del retorno venoso periférico inferior vía VCI y también de la circulación coronaria de retorno, a través del seno coronario y ambos se

incorporan al flujo de ventrículo derecho.

Los pulmones del feto en ausencia de su función de intercambio gaseoso, solo reciben una pequeña proporción del volumen de sangre el 4-15% de lo que expulsa el ventrículo derecho hacia arteria pulmonar. En su mayor parte la sangre de arteria pulmonar, se deriva hacia aorta torácica a través del conducto arterioso (Ductus), que transporta un 60% del volumen sanguíneo total hacia Aorta torácica y aorta abdominal.

Así pues, el ventrículo derecho mantiene preferentemente la circulación torácica y abdominal vía arco de Ductus mientras el ventrículo izquierdo mantiene la circulación coronaria y cerebral vía Arco aórtico. Por tanto ambos ventrículos y arterias soportan la presión sistémica de la Aorta.

La circulación fetal se completa continuándose con la aorta abdominal donde se distribuye el flujo sanguíneo para las vísceras abdominales y arterias ilíacas y circulación de miembros inferiores. Sin embargo el mayor volumen sanguíneo de la aorta abdominal lo reciben ambas arterias umbilicales que se dirigen hacia la pared externa abdominal bordeando la parte superior de la vejiga urinaria, para constituir las dos arterias umbilicales del cordón umbilical en su trayecto intrabdominal, cerrando así la circulación fetoplacentaria con el transporte de sangre desaturada para su depuración y recambio placentario.

El volumen minuto del corazón fetal es elevado, unos 200 ml por kg/min., aproximadamente el 50% de este volumen lo envía el corazón fetal hacia placenta vía cordón umbilical y el otro 50% lo utiliza el propio feto para su circulación propia.

Existen dos circulaciones en paralelo. La intrafetal y la circulación placentaria, intercomunicadas por la circulación fetoplacentaria mediante el cor-

dón umbilical que transporta el "volumen de intercambio". El volumen de sangre oxigenada procedente de la placenta versus al volumen de sangre desaturada procedente del feto ha de tener un volumen proporcional en la circulación feto-placentaria de cordón. De no ser así una circulación acabaría drenando en el tiempo en la otra circulación. En este conjunto, el corazón fetal mantiene la circulación intrafetal de forma proporcionada transportando la sangre saturada de O<sub>2</sub> a través de su comunicación interauricular hacia corazón izquierdo mientras que el corazón derecho utiliza el conducto arterioso con la sangre más desaturada hacia la aorta descendente. La circulación intrafetal mantendría el "volumen de mezcla efectivo" aquel que utiliza el feto para efectuar su oxigenación.

## METODOLOGÍA DE ESTUDIO

El estudio del feto debe comenzar por el reconocimiento de su posición dentro del útero por medio de la Eco 2D. Se ha de identificar la cabeza, tórax, columna vertebral, abdomen y extremidades, localizando la posición cardíaca según la presentación del dorso fetal.

**-Identificación izquierda del corazón y del estómago.**

**-Identificación de la relación normal entre la Aorta y VCI**

**-4 Cámaras:**

Posición del SIV a 45° de la línea media

Tamaño del corazón 1/3 del tórax

Dos aurículas de tamaño comparativo aproximado

Dos ventrículos de similar tamaño

Grosor miocárdico entre pared ventricular libre y septo Interventricular simétrico.

Dos válvulas A-V de apertura y movimiento normal

La Cruz cordis integra la confluencia del septo Interauricular e Interventricular mediante la porción de

septo aurículo-ventricular que da el soporte septal a las válvulas A-V. Normalmente esta porción de septo muestra un anclaje diferencial de las válvulas A-V. Siendo el anclaje de válvula tricúspide en el SIV más próxima a ápex cardíaco que la de la válvula mitral que aparece en un plano superior. La inversión de esta anatomía normal identifica una inversión ventricular. Las válvulas A-V en el mismo plano identifican malformaciones del canal auriculoventricular.

Septo Interventricular Integro

Septo Interauricular con presencia de la Fosa oval de tamaño aproximado al vaso aórtico. Debe existir la membrana de la fosa oval que se proyecta de forma abombada hacia el sentido del shunt.

Venas pulmonares en aurícula izquierda.

Venas sistémicas en la AD

**-Cortes Longitudinales:**

Origen Aórtico de VI

Origen pulmonar de VD

Tractos de salida y Arterias normalmente cruzados.

Arco aórtico y Arco de ductus de similar tamaño

Arteria Pulmonar ligeramente más prominente que la Aorta.

Aorta abdominal y VCI

**-Cortes transversales:**

Infradiafragmático ventricular

Arterial: Aorta en transversa abrazada por el tracto de salida de VD la Arteria pulmonar

Corte de tres vasos en sección superior Art.Pulmonar, Aorta, VCS

**-Doppler color:**

Normal a nivel de válvulas A-V. Sin evidencia de aliasing

Normal a nivel de troncos arteriales

Sin evidencia de insuficiencia valvulares

Septo Interventricular sin evidencia de CIV

Flujo laminar a velocidades máximas de 130cm/seg.

**-Ritmo y frecuencia cardíaca** regular y estable entre 120-180 l/min.

Medición por Eco Doppler o Modo M.

### Cortes favorables en la indentificación de estructuras

El dorso anterior permite la visión más adecuada de los los troncos supraórticos arco aórtico y arco de ductus y también de estructuras intracardíacas en 4 cámaras.

El dorso posterior visualiza con más facilidad el corazón en el corte en 4 cámaras para valorar válvulas A-V y septos.

El dorso lateral identifica los cortes longitudinales los tractos de salida ventricular y conexiones ventrículo-arteriales, como también los septos.

Sin embargo, desde todos los cortes debe conseguirse contrastar patrones anatómicos bajo sospecha de cardiopatía.

El estudio Ecocardiográfico 2D debe orientarse en conseguir los 6 cortes estandarizados para una visión cardíaca completa:

-Corte en 4 cámaras (visualiza tractos de entrada aurículo-ventricular, válvulas A-V y septos). En tres posiciones: Dorso posterior, Dorso anterior y Dorso lateral.

-Cortes longitudinales (visualizan tractos de salida y conexiones ventrículo-arteriales). En posición de dorso lateral.

-Cortes transversales: A nivel de ambos ventrículos, a nivel de ambas arterias y corte de tres grandes vasos.

-Corte arco aórtico y troncos supraórticos. En posición de dorso anterior y dorso posterior.

- Corte arco de Ductus. En posición de dorso anterior y dorso posterior.

-Cortes subdiafragmáticos.

## RECONOCIMIENTO ANATOMICO-FUNCIONAL NORMAL

Debe identificar aquellas variantes anatómicas normales, propias del corazón fetal:

-Proporcionalidad comparativa en el tamaño de cavidades derechas e izquierdas. Aurículas y ventrículos. Arterias y venas.

-AD y VD dominantes puede visualizarse en algunos fetos con corazón normal.

-La posición del corazón en el tórax fetal está más horizontalizado (por situación y tamaño hepático). Levocardia (normal). Dextrocardia. Mesocardia.

-Integridad de septos (presencia de FOP con identificación de la membrana oval móvil.)

-Decalaje de implantación septal de las válvulas A-V. Válvula tricúspide más cercana al ápex ventricular que la implantación septal de la válvula mitral.

-Miocárdio grosor proporcionado entre pared libre y SIV.

-Pericárdio. Se puede observar un pequeño espacio pericárdico en fetos normales.

-Función ventricular y ritmo cardíaco (FC normal:120-180).

-Relación y conexiones ventrículo-arteriales Normales. Tractos de salida y arterias normalmente cruzados.

-Arco aórtico y troncos supraórticos formando el cayado aórtico.

Arco de Ductus donde la arteria pulmonar se continua con la Aorta descendente en ángulo recto.

-Identificación de venas ( pulmonares y sistémicas) y posibles anomalías de conexión.

## IDENTIFICACIÓN DE PATRONES ANOMALO Y MALFORMATIVOS

- Malposiciones.(Dextrocardia, mesocardia) Levoposición excesiva por crecimiento de cavidades derechas.
- Asimetría de cavidades y vasos. Reducción o aumento de cavidades y vasos cardíacos.
- Alteración del corte en 4 C. (cavidad única. Hipoplasia de cavidad ventricular derecha o izquierda. Atresia tricúspide o atresia mitral)
- Acabalgamiento arterial del Septo Interventricular (dextroposición Aórtica). Tronco arterial único.
- Atresia de Válvula sigmoidea
- Válvula A-V única.
- Arterias y tractos de salida en paralelo en transposición de grandes arterias.
- Comunicaciones septales Ventriculares o a nivel del septo interauricular.
- Malformaciones específicas. ventrículo derecho de doble salida.
- Cardiomegalia.
- Signos de fallo cardíaco: -derrame pericárdico
- ascítis, Hidrops.
- Arritmias (extrasístoles. Taquicardias, Bradicardias.

### MAPA DOPPLER COLOR DE LA CIRCULACION FETAL NORMAL

Los avances tecnológicos de los tres sistemas Doppler: pulsado, continuo y codificado en color, han hecho posible al mismo tiempo el desarrollo de conocimientos de fluxometría y mapa Doppler cardiovascular, convirtiéndose en un método de diagnóstico preciso e inocuo para estudio de la circulación fetal. En la práctica clínica, la velocimetría Doppler se valora por el análisis de flujos a partir de la medición en cm/seg de la onda de flujo, del análisis espectral de la onda y de la codificación del mapa color.

### ANALISIS DE FLUJOS

1) Velocidad del flujo sanguíneo. (según el ángulo de incidencia. La veloci-

dad sanguínea máxima en el feto no debiera ser superior a 130cm/seg. Flujos de mayor velocidad deben considerarse patológicos.

2) Dirección y sentido del flujo sanguíneo. Positivo/negativo. Rojo/Azul, respectivamente en codificación color.

La codificación del Doppler color fetal se ha normalizado en color rojo cuando el flujo se mueve hacia el transductor y de azul cuando se aleja del mismo. Cuando el flujo es disperso y turbulento se identifica por un "mosaico" de colores amarillo verdoso, aliasing que suele ser patológico y muestra una elevada velocidad.

3) Características del flujo.

-Laminar (espectro de frecuencias agrupado). Normal.

-Turbulento (espectro irregular y disperso). Patológico. Aliasing

### SISTEMÁTICA DE EXPLORACIÓN DE LA CIRCULACION FETAL

1) **Fluxometria y mapa** del "cordón umbilical" en sus dos arterias y en el recorrido de la vena umbilical

2) **Circulación venosa** en su trayecto de entrada, vena umbilical Abdominal e intrahepática. Flujo de Ductus venosus Hepático. Circulación venosa de retorno, vena Cava superior e inferior y venas sistémicas.

3) **Flujos intracardiácos**. Establecer patrones de normalidad. Visualización de patrones patológicos dentro de una alteración estructural o funcional del corazón y vasos. Insuficiencia de válvulas A-V, presencia de comunicaciones, tamaño de estructuras y cavidades y anomalías del ritmo cardíaco.

Dentro de este apartado hay que establecer los dos niveles básicos de estudio:

A) "**Tractos de entrada**" (venas, aurículas, ventrículos, válvulas A-V, septo

interauricular, septo interventricular de entrada, muscular y apical).

B) "**Tractos de salida**" Ventrículos en sus infundíbulos derecho e izquierdo, Septo infundibular, Conexiones y relaciones ventrículo-arteriales, troncos arteriales, arco aórtico, istmo Aórtico.

4) **Flujos arteriales.** Especialmente Arco aórtico y arco de ductus Circulación arterial periférica (Troncos supraaórticos, carótidas, trayecto intracraneal y cerebrales, Aorta torácica, Art.Renales y arterias umbilicales.

5) **Circulación fetoplacentaria. Cordón umbilical.**

## RECONOCIMIENTO DE PATRONES DOPPLER FETAL

- "Flujo pulsátil" arterial. Facilita la frecuencia cardíaca y el estudio del ritmo cardíaco.

- "Flujo venoso" (continuo o en tiempos marcando los tiempos de llenado y contracción de aurícula derecha), sometido a variaciones por los movimientos diafragmáticos que ejercen en parte procesos de succión similar a los movimientos respiratorios del adulto.

- "Volumen de muestra Doppler" reducido, para centrarlo dentro del flujo en la estructura de estudio.

- Medición de "velocidades máximas" (> a 130 cm/seg, deben considerarse patológicas)

- Reconocimiento de "patrones intracardíacos normales", relacionando la sístole para la opacificación arterial y la diástole para el llenado ventricular.

- Reconocimiento de turbulencias patológicas "Mosaicos Doppler color" a nivel de (válvulas, septos, espacios intracavitarios y arterias).

- "Mapa Doppler Color". Establecer dirección y sentido de flujo:

- a) Identificar la dirección del flujo.
- b) Definir el tamaño de cavidades, vasos y secuencia de llenado (ausencia de llenado de una cavidad o vaso sugiere

re una atresia de la válvula que le corresponde).

c) Codificar flujos opuestos, en tractos de salida cruzados (normales) a diferencia de los tractos de salida en paralelo (arterias en transposición).

d) Mapa de flujos arteriales periféricos.

## Cordón umbilical

El Doppler pulsado permite incidir sobre el cordón umbilical donde puede seleccionarse de forma selectiva el flujo de un solo vaso. La arteria umbilical muestra una onda pulsátil que refleja la frecuencia cardíaca fetal. La onda alcanza su máxima deflexión al final de la sístole y decrece rápidamente manteniendo flujo continuo en la diástole, sin llegar a alcanzar la línea base, cuando ya se inicia el siguiente latido.

En la porción contraria de la onda arterial se capta una onda continua, procedente de la vena umbilical, cuyas variaciones ondulantes están producidas por los movimientos diafragmáticos.

Un volumen de muestra no selectivo sobre el cordón integra la onda arterial y venosa con sus características propias, pero de fisonomía y sentido opuesto.

El Eco color opacifica la estructura anatómica de cordón umbilical con ambas arterias y un gran tercer vaso que corresponde a la vena umbilical. En presencia de una arteria umbilical única solo se identifican dos vasos de opacificación color opuesto.

## Circulación venosa fetal

1) La vena umbilical se extiende en su trayecto de entrada con una porción intrahepática de similar tamaño y flujo que la vena umbilical del cordón. Se continua con el "Ductus venosus hepático" estructura venosa de corto trayecto y reducido diámetro, lo que impone una aceleración del flujo venoso, y onda de flujo pulsátil en dos tiempos donde que confluye con vena cava inferior.

Esta reducción de tamaño actúa a modo de esfínter que evita un flujo retrogrado de la VCI hacia la vena umbilical.

A nivel de confluencia del ductus hepático, VCI y aurícula derecha se detecta un flujo venoso pulsátil con pequeñas variaciones y turbulencias venosas producidas por los movimientos diafragmáticos que ejercen una succión que favorece el flujo de la vena umbilical hacia el corazón.

2) Por el contrario, la circulación venosa de retorno, cercana al corazón, muestra ondas en dos tiempos que están marcadas por la secuencia de contractilidad y distensibilidad cardíaca.

### Flujos intracardiacos

Los patrones de flujo intracavitario normal demuestran la fisiología del corazón fetal en sus fases de llenado y contractilidad ventricular. La secuencia de flujo se ilustra con la orientación selectiva del "volumen de muestra" dentro de cada cavidad en estudio.

El Doppler color opacifica con rapidez la secuencia de llenado y el tamaño de cavidades y vasos.

### Tractos de entrada

El estudio básico se realiza con los cortes en 4 cámaras y variaciones que permitan visualizar el retorno venoso sistémico y el retorno venoso pulmonar. La posición fetal más favorable es en dorso anterior y dorso lateral.

Se visualiza el tamaño y posición de las aurículas, así como la presencia de la fosa oval y su diámetro (normal = a 6mm). La secuencia de opacificación de aurícula y ventrículo derecho, así como de aurícula y ventrículo izquierdo. "4 cámaras" permite el análisis del tamaño y llenado ventricular a través de las válvulas A-V con visualización de la cruz del corazón en su continuidad del septo auriculoventricular, septo inter-ventricular, implantación de las Válvu-

las A-V en el septo de entrada y valoración de la contractilidad miocárdica.

### Tractos de salida y arterias

La valoración de los tractos de salida no siempre se consigue en el mismo corte. Se realiza utilizando cortes longitudinales y su interpretación de normalidad o anormalidad depende del conocimiento de la anatomía ventrículo-arterial. La posición fetal más favorable es dorso lateral y dorso posterior.

En un corazón normal los tractos de salida se superponen con una orientación cruzada de 90 grados, lo que pocas veces permite la visualización simultánea de ambos. La integridad del septo de salida o septo infundibular es visible en cortes longitudinales.

Por otra parte, la correcta identificación de la conexión de una arteria a su ventrículo correspondiente (pulmonar a ventrículo derecho y aorta a el ventrículo izquierdo), solo es segura si es posible seguir la continuidad ventrículo-arterial hasta definir la arteria por su anatomía periférica (aorta por los troncos supraórticos y arteria pulmonar por su bifurcación y ductus.)

Los "cortes transversales arteriales" pueden también definir la anatomía arterial periférica pero difícilmente la conexión ventrículo-arterial. Corte superior de 3 vasos art. Pulmonar, Ao y VCS.

Todo este ejercicio de diagnóstico Ecocardiográfico está orientado a diferenciar la normalidad de las conexiones ventrículo-arteriales, de la transposición de grandes arterias y otras variedades de malformaciones troncoconales.

El Doppler color de los tractos de salida y arterias puede ser de gran ayuda a la hora de definir la normalidad anatómica a este nivel. Los flujos normales se codifican de colores opuestos por la relación y orientación cruzada de los tractos de salida y arterias que tiene la nor-

malidad. Para ello la posición en dorso lateral del feto ayuda a esta visión anatómica por Eco color. Otras posiciones fetales pueden hacer este análisis más laborioso.

### Flujos arteriales

La opacificación color del arco aórtico y arco de ductus se consigue con mayor facilidad en posición fetal de dorso anterior o dorso posterior. Posiciones fetales intermedias hacen difícil esta visión. La visión se consigue con " cortes longitudinales".

La aorta ascendente, arco aórtico y troncos supraaórticos muestran una codificación color cambiante a lo largo de todo su recorrido, por la curvatura anatómica del cayado aórtico. Esta orientación opuesta de la aorta ascendente y descendente produce flujos aórticos opuestos, por el contrario, el arco de ductus muestra una continuidad anatómica y espacial con la aorta descendente opacificándose en su recorrido del mismo color.

El estudio de "flujos arteriales periféricos" se realiza identificando el patrón individualizado de cada órgano.

Tiene particular interés el comportamiento sistólico-diastólico del flujo a lo largo de la aorta, manteniéndose estas características a nivel del flujo cerebral. A nivel de aorta ascendente se detecta una onda sistólica seguida del chasquido producido por el cierre de la válvula aórtica. Este patrón sistólico se obtiene también a nivel de troncos supraaórticos.

Este patrón sistólico en troncos supraaórticos puede evolucionar a una onda sistólico-diastólica, como se ve a nivel de territorios periféricos cerebrales, cuando en situación de hipoxia fetal, el feto produce una vasodilatación cerebral con caída de resistencias vasculares a fin de salvar el aporte de oxígeno al cerebro.

Sin embargo, a lo largo del recorrido de aorta descendente y según nos aleja-

mos del corazón, el flujo sistólico pulsátil normal se continua con un flujo diastólico, que aumenta según nos acercamos a la circulación del cordón, siendo más evidente en su fase diastólica cuanto más próximo se está a la inserción placentaria del mismo. Este patrón de flujo diastólico refleja el flujo pasivo que permiten unas resistencias placentarias bajas. Por el contrario, un aumento de resistencias placentarias por una situación de hipoxia mantenida con grave compromiso hemodinámico, reduce o anula esta fase diastólica a lo largo del recorrido aórtico y cordón umbilical. El eco color completa la visión de la circulación fetal con la identificación de las arterias umbilicales intrabdominales que bordean la parte superior de la vejiga urinaria hasta confluir en el cordón umbilical.

### **FALLO CARDÍACO DIAGNÓSTICO-PRONÓSTICO**

La contracción inadecuada del corazón para mantener el gasto cardíaco y la perfusión tisular origina el conjunto sindrómico de fallo cardíaco. En esta situación de insuficiencia cardíaca el feto responde con vasoconstricción periférica como respuesta al stress cardiovascular producido por un aumento de catecolaminas y factor naturetico. Posteriormente a través de encimas humerales complejos ha de mantener la redistribución del flujo arterial y del gasto cardíaco a órganos vitales. El examen Ecocardiográfico puede darnos datos e información del estado hemodinámico del feto. La identificación de fallo cardíaco fetal puede conseguirse a través de identificar varios signos del sistema cardiovascular.

1) Valoración de la Cardiomegalia por medio del índice cardiorácico

El corazón fetal debe representar 1/3 del diámetro torácico.

También se mide el índice de circunferencia cardiorácico.

- 2) Función miocárdica. Medida por la fracción de acortamiento sistólico utilizando la diferencia de acortamiento sistólico debe alcanzar valores  $> 0.30$ .
- 3) Aumento de la contracción atrial identificada en el flujo del Ductus venoso hepático por una profundización de la onda "a" con fase diastólica cero o negativa. El aumento de A:S contracción reversa auricular dividido por la velocidad Doppler de la fase de contracción ventricular. Valores normales  $<$  del 7%.
- 4) Presencia de insuficiencia de la válvula tricúspide y mitral
- 5) Derrame pericárdico
- 6) Hidrops

## BIBLIOGRAFIA

1. Allan LD, Tynan MJ, Campbell S, Wilkinson J, Anderson RH. Doppler Echocardiography and Anatomical correlates in the fetus. *Br. Heart J.* 57. 528-533. 1987.
2. Allan LD, Crawford DC, Anderson RH, Tynan MJ. Echocardiographic and anatomical correlates in fetal congenital heart disease. *Br. Heart J.* 52. 542-548. 1984
3. Allan LD(2000) A practical approach to fetal heart scanning. *Sem. Perinatol* 24:324-330.
4. Allan LD, Sharland GK, Chita SK, et al. Chromosomal anomalies in fetal congenital heart disease. *Ultrasound Obst. Gynecol.* 8-11 1991
5. Angelini, A. Allan, LD. Anderson, RH. y cols. Measurements of the dimensions of the aortic and pulmonary pathways in human fetus; a correlative echocardiographic and morphometric study. *Br. Heart J.* 60. 221-226. 1988.
6. Brown DL, Emerson DS, Shulman LP et al. Predicting Aneuploidy in Fetuses with cardiac Anomalies. *J. Ultrasound Med.* 153-161. 1993.
7. Buis-Liem, TM. Ottenkamp, J. Meerman, RH. Verwey, R. The concurrence of fetal supraventricular tachycardia and obstruction of the foramen ovale. *Prenat. Diagn.* 7. 425-431. 1987.
8. Carrera JM, Alegre M. Pérez-Ares, C. Mortera, C. Torrents, M. Evaluación de las resistencias vasculares umbilico-placentarias. *Prog. Obstet. Ginecol.* 29. 6. 321-329. 1987.
9. Carrera, JM. Pérez-Ares, C. Alegre, M. Mortera, C. Torrents, M. Estudio de la onda de velocidad de flujo en la circulación umbilical. *Masson-Salvat en Doppler en Obstetricia. Hemodinamica perinatal.* Cap. 22. 1992.
10. Chiba Y, Kanzaki T. Kobayashi H. y cols. Evaluation of fetal structural heart disease using color flow mapping. *Ultrasound Med. Biol.* 16(2). 221-229. 1990.
11. Colloridi, F. Pizzuto, F. Ventriglia, E y cols. Valoración con Doppler color del flujo sanguíneo intracardiaco y en los grandes vasos. *Masson-Salvat en Doppler en Obstetricia. Hemodinamica perinatal.* Cap 19. 1992.

12. Cohen MS(2001) Fetal diagnosis and management of congenital Heart disease.Clin.Perinatol 28:11-29
13. Copel JA. Morotti R. Hobbins JC. Keinman CS. The antenatal diagnosis of congenital heart disease using fetal echocardiography: is color flow mapping necessary?. Obstet. Gyne col. 78(1) 1-8.1991.
14. Chiba Y, Kanzaki T. Kobayashi H. et al.(1990) Evaluation of fetal structural heart disease using color flow mapping. Ultrasound Med. Biol. 16(2). 221-229.
15. DeVore,GR. The aortic and the pulmonary outflow tract screening examination in the human fetus. J. Ultrasound Med 11. 345-348.1992.
16. Eyck,J. Stewart, PA. Wladimiroff, JW. Human fetal foramen ovale flow velocity waveforms relative to fetal breathing movements in normal term pregnancies. Ultrasound Obstet. Gynecol. 1.5-7. 1991.
17. Gembruch U. Knopfle G. Chatterjee y cols. First-trimester diagnosis of fetal congenital heart disease by transvaginal two-dimensional and Doppler echocardiography. Obstt. Gynecol. 75(3).496-498. 1990.
18. Gembruch U. Chatterjee MS. Bald R. Redel DA. Hansmann M. Color Doppler flow mapping of fetal heart. J. Perinat. Med. 19(1-2). 27-32.1991.
19. Herberg U,Golberg H, BreuerJ.(2003) Dynamic free-hand fetal echocardiography by cardiotocography. Ultrasound Obstet Gynecol. 2003 22(5):493-502.
20. Huhta JC. (2004). Guidelines for the evaluation of Heart Failure in the fetus with or without hydrops. 25:274-286.
21. KovalchinJP,Silverman N(2004). The impact of Fetal Echocardiography. *Pediatr. Cardiol* 25: 299-306
22. Maulik,D. Namda,NC. Hsiung ,MC. y cols. Doppler color flow mapping od the fetal heart . *Angiology* 37. 628-632.1986.
23. Monogham , MJ. Mills P. Doppler colour flow mapping:technology in search of an application?. *Br. Herat J.* 61. 133-138. 1989.
24. Mortera C. Carrera JM. Torrents M. Doppler pulsado codificado en color: Mapa Doppler color de la circulacion fetal. *Masson-Salvat en Doppler en Obstetricia. Hemodinamica perinatal.* Cap 20 . 1992.
25. Mortera,C. Salvador, JM. Torrents, M. Carrera, JM. Diagnostico prenatal de las Cardiopat!as Congénitas mediante Ecocardiografía Doppler. *Masson-Salvat. en Doppler en Obstetricia. Hemodinamica perinatal.* Cap. 21. 1992.
26. Mortera,C. Torrens,M. Alegre, M.Barri,P.Carrera,JM.Diagnóstico prenatal ecocardiografico de un caso de defecto del tabique auriculoventricular. *Rev. Esp. Cardiol.* 34.288-290. 1985.

27. Mortera C. Diagnostico Prenatal de las Cardiopatias Congenitas: Valor de la Ecocardiografía. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona. Oct. 1989.
28. Mortera C, Maroto C, Maroto I. (1995) Ecocardiografía Doppler de la circulación fetal. In McGraw-Hill (ed). Principios y practica del Doppler Cardio. pp.365-389
29. Reed, KL. Meijboom, EJ. Sahn, DJ. y cols. Doppler flow velocities in human fetuses. *Obstet. Circ* . 73. 41-46. 1986
30. Respondek ML, Binotto CN, Smith S. et al . *Ultrasound Obst. Gynecol.* 272-278. 1994
31. Rizzo, G. Arduini, D. Romanini, C. Mancuso, S. Doppler Echocardiographic assessment of atrioventricular velocity waveforms in normal and small for gestational age fetuses. *Br. Osbtet. Gynaecol.* 95. 65-69. 1988.
32. Rudolph, AM. Congenital Heart disease . Cap 2. Pag.17-28. Year Book Medical. Chicago. 1974.
33. Sharland GK. Im genes de flujo color en la Ecocardiografía fetal. Masson-Salvat en Doppler en Obstetricia. Hemodinamica perinatal. Cap 18. 1992.
34. Sharland GK. Chita SK. Allan LD. The use of Doppler in fetal echocardiography . *Int. J. Cardiol.* 28(2). 229-236. 1990.
35. Shenker GG. Reed KL. Anderson CF. y cols. Congenital Heart-block and cardiac anomalies in the absence of maternal connective tissue disease. *Am. J. Obstet. Gynecol.* 157. 248-253. 1987.
36. Shenker L. Reed KL. Marx GR. y cols. Fetal cardiac Doppler flow studies in prenatal diagnosis of heart disease . *Am. J. Obstet. Gynecol.* 158. 1267-1273. 1988.
37. Silverman NH. Schmidt KG. Ventricular volume overload in the human fetus: observations from fetal echocardiography. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 3(1) 20-29. 1990.
38. Steinfield L. Rappaport HL. Rossbach H. Martinez E. Diagnosis of fetal arrhythmias using echocardiographic and Doppler techniques. *J. Am. Coll. Cardiol.* 8. 1425-1433. 1986.
39. Stewart PA. Wladimiroff JW. Fetal atrial arrhythmias associated with redundancy/aneurism of the foramen ovale. *J. Cardiac. Ultras.* 16. 643-650. 1988.
40. Todros T. Presbitero P. Gaglioti P. Demarie D. Pulmonary stenosis with intact ventricular septum: Documentation of development of the lesion echocardiographically during fetal live. *Int. J. Cardiol.* 19. 355-362. 1988.
41. Torrens M, Muñoz A., Cos T, Rubio R, Mortera C, Carrera J.M. Estudio Doppler y defectos congénitos. *Progresos en Diagnostico Prenatal.* 5,4, 122-127. 1993.

42. Trudinger, BJ. Giles WB. Cook CM. y cols. Fetal umbilical artery flow velocity waveforms and placental resistance: clinical significance. *Br. J. Obstet. Gynaecol.* 92. 23-30 1985.
43. Trudinger BJ. Umbilical and uterine artery flow velocity waveforms in pregnancy associated with major fetal abnormality. *Br. J. Obstet Gynecol* 666-670. 1985.
44. Tulzer G. Gudmundsson S. Sharkey AM. Wood DC. Cohen AW. Huhta JC. Doppler echocardiography of fetal ductus arteriosus constriction versus increased right ventricular output. *J. Am Coll. Cardiol.* 18(2). 532-536. 1991.
45. Wessels M.W, Frohn-Mulder IM, Cromme-Dijkhuis AH, Wladimiroff W. In utero diagnosis of infradiaphragmatic total anomalous pulmonary venous return. *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 8. 206-209. 1996.
46. Wladimiroff JW. Stewart PA. Tonge HM. Fetal bradyarrhythmia: diagnosis and outcome. *Prenat. Diagn.* 8. 53-57. 1988.
47. Yagel S. Hchner-Celnikier D. Hurwitz A. Palti Z. The significance and importance of prenatal diagnosis of fetal cardiac malformations by Doppler echocardiography. *Am. J. Obstet. Gynecol.* 158. 272-277. 1988.
48. Yoo SJ, Lee YH, Kim ES et al (1997). Three-vessel view of the fetal upper mediastinum: an easy means of detecting abnormalities of the ventricular outflow tracts and great arteries during obstetric screening. *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 9: 173-182