

SAEU –Sociedad Argentina de Ecografía y Ultrasonografía
CURSO SUPERIOR EN FORMACION ESPECIALIZADA EN ECOGRAFIA
GENERAL Y ULTRASONOGRAFIA -2010

- **INTRODUCCION AL ECO-DOPPLER. NOCIONES BASICAS**
- **ECO-DOPPLER EN GINECOLOGIA. (SINOPSIS)**

DR EDGARDO PIANIGIANI

- Médico Especialista en Tocoginecología.
- Formación Especializada en Ecografía General y Ultrasonografía. (SAEU-AMA)
- Co-Director del capítulo Tocoginecológico del Curso Superior de Formación Especializada en Ecografía General y Ultrasonografía.(SAEU)
- Adscripto a Carrera Docente. Facultad de Medicina. UBA. Orientación Tocoginecología.

pianigiani@intramed.net

¿QUE DEBEMOS CONOCER PARA REALIZAR UN ESTUDIO DOPPLER?

- 1-La anatomía y fisiología del territorio vascular a explorar, (en este caso el lecho útero -ovárico, el lecho útero-placentario y la circulación fetal.)
- 2-Los principios físicos del método a emplear.
- 3-La hemodinámica feto-placentaria y útero-placentaria para poder interpretar adecuadamente los resultados obtenidos.
- 4-Correlacionar los datos obtenidos del estudio con las patologías ginecológicas y obstétricas en estudio (Miomatosis uterina, fertilidad, preclampsia, RCIU, etc.)
- 5- Aprender a redactar un informe comprensible para el ginecólogo y obstetra, y sobre el cual pueda tomar una conducta oportuna

“...un nuevo descubrimiento encuentra su aplicación en el momento mas inesperado “

- Johann Christian Doppler (Austria 1803-1853) Profesor de Ciencias elementales y geometría. Experimentó el principio en el campo de la física óptica, “sobre la luz cromática de las estrellas dobles y algunas otras estrellas del firmamento” (1842)
- Christophorus Buys-Ballot (Holanda 1817-1890). Profesor de geología mineralogía y meteorología. Experimentó y criticó el principio de Doppler, aplicándolo en el campo de la física acústica.

INTRODUCCION

- Con el advenimiento de los últimos equipos de ultrasonido, la herramienta doppler, accesible en los mismos de manera rápida y eficaz, esta siendo incorporada cada vez mas en el estudio de rutina en ginecología y obstetricia
- En ginecología, la tipificación de ciertas patologías (principalmente relacionadas con hallazgos tumorales y fertilidad) imponen la valoración complementaria con eco-doppler.
- Una de las mayores preocupaciones de la práctica obstétrica es la evaluación del bienestar fetal o vigilancia antenatal, siendo uno de los objetivos primordiales la identificación del feto en riesgo de hipoxia-acidosis a fin de poder realizar un adecuado manejo obstétrico.

EFECTO DOPPLER: Fenómeno por el cual la frecuencia de una onda de ultrasonido, cambia después de ser reflejada por un objeto en movimiento (en este caso, el objeto en movimiento son los glóbulos rojos que circulan por los vasos explorados)

Es decir que hablamos de una frecuencia inicial (la emitida por el transductor) y una frecuencia recibida distinta a la inicial. Esta puede ser mayor o menor, dependiendo del sentido de la corriente sanguínea con la que se encuentra e impacta el haz de ultrasonido.

- Si la columna de sangre se “acerca” a la onda de ultrasonido emitida , le imprime mas “fuerza” y la frecuencia con la que vuelve al transductor es mayor,
- Si la onda de ultrasonido se encuentra con una columna de sangre que se “aleja” , la frecuencia con la que vuelve al transductor es menor, porque “perdió fuerza”
- El tipo de doppler que se utiliza en ginecología y obstetricia es TIPLEX PULSADO. Triplex, es porque se están representando en la pantalla tres elementos en forma simultánea: la imagen 2D, el modo color y el espectro. A estos tres elementos se les agrega el sonido que genera el equipo durante el estudio doppler, por ello denominamos como AUDIOESPECTRAL al análisis de la forma de onda de velocidad de flujo.

- Lo que el equipo registra es la **DIFERENCIA DE FRECUENCIAS**, y es lo que genera la **SEÑAL DOPPLER**
Para poder lograr este registro, inevitablemente necesitamos conocer las variables que intervienen en la ecuación doppler.

ECUACION DOPPLER

$$\text{DIF. DE FRECUENCIA} = \frac{2 \times (\text{FREC. INICIAL}) \times (\text{VELOCIDAD SISTOLICA}) \times (\text{COS. DE ANGULO DE INCIDENCIA})}{(F1 - F2)}$$

1540 m/seg

Como vemos, la diferencia de frecuencia será mayor cuanto mayores sean los factores del numerador de la ecuación: la frecuencia inicial emitida por el transductor, la velocidad sistólica del flujo sanguíneo y el coseno del ángulo alfa o ángulo de incidencia. El denominador es una constante, que es la velocidad de propagación del ultrasonido en los tejidos blandos. (1540 m/seg)

El ángulo de incidencia es el que forman el haz de ultrasonido y la corriente del vaso y es de suma importancia, ya que el resultado del coseno de un ángulo de 0° es igual a un valor de 1 (es decir , señal máxima) pero el resultado del coseno de un ángulo de 90° es igual a cero !!! (Es decir, sin señal aunque en dicho vaso exista flujo sanguíneo)

La importancia de este punto, que se denomina ángulo dependencia de la señal doppler es que debemos buscar el mejor ángulo de insonación para obtener la mejor señal posible, y eso lo logramos cuando nos acercamos a una insonación tangencial al vaso a explorar. Esta situación es casi ideal por ejemplo en la exploración de la arteria cerebral media fetal, como veremos mas adelante.

REPRESENTACION (REGISTRO) DE LA SEÑAL DOPPLER La diferencia de frecuencia obtenida es codificada a color o a un registro espectral.

- En la modalidad doppler color de energía (también llamada doppler power, de poder o Power angio) se informa cualitativamente sobre la presencia o ausencia de flujo en el territorio explorado. Se aplica especialmente a los flujos lentos
- En el doppler color bidireccional, los flujos que se acercan al transductor se representan arbitrariamente de color rojo y los que se alejan se grafican de color azul.
- Cuando se grafica un espectro, se considera una línea de base. Los registros en el canal superior de la misma (canal anterogrado) representan la velocidad de los flujos que se acercan al transductor, mientras que los del canal inferior (canal retrogrado) la velocidad de los que se alejan del haz de ultrasonido. El grafico que se dibuja en cada ciclo cardiaco se denomina forma de onda de velocidad de flujo (FOVEF, también expresada como OVF) con un componente sistólico y otro diastólico
- En la aplicación del Ecodoppler en Obstetricia y Ginecología no utilizamos la obtención de velocidades absolutas debido a que resulta muy difícil determinar en la mayoría de los territorios explorados el ángulo de insonación, (dato imprescindible para llegar al cálculo de velocidad). Sin embargo utilizamos INDICES que relacionan la máxima velocidad sistólica y la mínima velocidad tele diastólica. Los índices mas utilizados son el SISTOLICO-DIASTOLICO, el INDICE DE RESISTENCIA DE POURCELOT, y el INDICE DE PULSATILIDAD.

VARIABLES BASICAS DE AJUSTE E INSTRUMENTACION GENERAL

- ANGULO DE INSONACION (se corrige manualmente orientando en transductor)
- LINEA DE BASE (se sube o se baja la misma para adecuar el tamaño de los canales)
- VOLUMEN DE MUESTRA (en lo posible debe ubicarse en el interior del vaso a explorar)
- GANANCIA DOPPLER COLOR Y GANANCIA DOPPLER ESPECTRAL
- PRF (FRECUENCIA DE REPETICION DE PULSOS, O ESCALA)
- ELIMINACION DE ALIASING
- FILTRO DE PARED
- VELOCIDAD DE BARRIDO

Los pasos para eliminar el efecto de ALIASING son

1. aumentar el PRF
2. descender la línea de base
3. congelar el modo B
4. disminuir la frecuencia del transductor multifrecuencia
5. cambiar manualmente la orientación del transductor para modificar el ángulo de insonación (“empeorar” el ángulo, para que las ondas sean de menor tamaño)

SIGNIFICADO (INTERPRETACION) DE LA SEÑAL DOPPLER.

Un concepto de suma importancia para comprender los fenómenos que estamos investigando, es conocer que **los datos que obtenemos acerca el comportamiento del flujo sanguíneo en un vaso, corresponden a lo que ocurre en el extremo distal del mismo.** Es decir que cuando informamos resistencias de la arteria umbilical, en realidad estamos valorando a lo que ocurre en la vellosidad placentaria. De igual forma, la resistencia en la arteria uterina, nos informa del grado de impedancias periféricas a nivel de las ramas distales, es decir las arterias espiraladas (en paciente no gestante) y arterias útero placentarias. (Paciente gestante)

Independientemente del índice que utilicemos para expresar la resistencia distal, cualquiera de los tres informa el grado de impedancia distal al flujo del vaso explorado.

APLICACIONES DE ECODOPPLER EN GINECOLOGIA

Es necesario conocer que los resultados de la valoración doppler en ginecología son complementarios a la imagen 2D y deben ser evaluadas en forma conjunta. Dado que los vasos explorados son de baja velocidad, es imprescindible realizar una serie de ajustes complementarios para detección de flujos lentos, que son los que nos vamos a encontrar en las estructuras y formaciones ginecológicas.

La modalidad de aplicación para la detección de los mismos es el doppler de energía, con el que es posible realizar una determinación cualitativa (presencia o ausencia de flujos) y luego se intentará aplicar doppler espectral.

Pasos para detectar flujos lentos en el mapa color:

1. Aplicar Zoom 2D sobre el área a explorar
2. activar la caja color
3. activar el doppler de energía
4. ajustar el volumen de muestra en el interior del vaso
5. bajar el prf
6. eliminar filtros de pared
7. reducir la caja color
8. aumentar la ganancia doppler
9. aumentar el volumen de muestra a un área mayor si no se obtuvo señal
10. corregir el ángulo de insonación

Dado que los cambios cíclicos que ocurren sobre el aparato genital, están relacionados con estructuras que generan angiogenesis, la señal doppler tendrá variaciones cíclicas sobre estructuras fisiológicas, y también patrones de baja impedancia sobre formaciones patológicas. Las estructuras que generan angiogenesis producen un descenso en la resistencia periférica, por lo tanto la onda doppler será de baja resistencia

Las siguientes estructuras generan angiogenesis:

- Folículo maduro
- Cuerpo Lúteo
- Crecimiento endometrial
- Patología inflamatoria
- Tumores malignos
-

Las siguientes son masas anexiales en las cuales es probable encontrar onda doppler de baja resistencia, dado que en su patogenia interviene el proceso de angiogenesis.

- Tumores Malignos
- Lesiones inflamatorias- infecciosas (salpingitis, absceso tubo-ovárico, etc.)
- Cuerpo lúteo
- Embarazo ectópico

Conclusiones de la aplicación doppler en Ginecología.

- **La valoración doppler permite conocer mapas vasculares del proceso en estudio.**
- **Establecer formas de onda de velocidad de flujo**
- **Vinculación con procesos de neovascularización**
- **Mejora la capacidad predictiva de benignidad-malignidad junto con la imagen 2D**
- **De ninguna manera puede utilizarse la valoración Doppler en ginecología como un parámetro aislado.**

• **ECODOPPLER EN OBSTETRICIA**

RESPUESTAS HEMODINAMICAS FETALES

EVIDENCIA PUBLICADA DE LA APLICACIÓN DOPPLER EN OBSTETRICIA

Una secuencia lógica e histórica de la evidencia publicada es la siguiente:

- **1-Validación del método.** Los índices de impedancia obtenidos mediante doppler se correlacionan con la flujometría electromagnética, y con modelos de microembolización de la vasculatura placentaria.
- **2-Experiencia clínica retrospectiva**
- **3-Correlación Doppler uterino** alterado y riesgo de patologías asociadas a hipoxia
- **4-Correlación Doppler umbilical** y estado acido-base fetal evaluado mediante cordocentesis
- **5-Estado de investigación de sistema venoso fetal.**
- **6-Experiencia clínica prospectiva** en grupos de alto riesgo

ARTERIAS UTERINAS.

Anatomía: Rama de la hipogástrica, presentan una porción descendente, cayado y porción ascendente paralela a las caras laterales del útero. Por delante y detrás del útero, emiten las ramas arcuatas, de las que salen las ramas radiales hacia el centro del órgano. Dichas arterias radiales, al ingresar al endometrio se denominan espiraladas por su trayecto, siendo las ramas terminales de la arteria uterina.

Fisiología y Fisiopatología: En el embarazo normal, hay una invasión trofoblástica en la capa muscular de la pared de las arterias espiraladas y radiales, que provocan un aumento de su calibre hasta 30 veces., por denudación de la musculo elástica, Esta particular adaptación fisiológica se evidencia en el estudio doppler en una conversión del patrón de onda de alta resistencia a uno de baja resistencia. La invasión trofoblastica ocurre en dos etapas, concluyendo el proceso en la semana 20.

Últimamente se han propuesto otros mecanismos precoces de vasodilatación del sistema uterino por la presencia de shunts arterio-arteriales y arterio-venosos del plexo sub-endometrial, los cuales forman parte del proceso de decidualización normal. Estos serían el sustrato histofisiológico de la temprana conversión a un patrón doppler de baja resistencia en pacientes normales, objetivable entre las semanas 11 y 14, antes que se haya completado el proceso de invasión trofoblastica

Utilización practica de la velocimetría doppler de la arteria uterina.: El patrón de baja resistencia en la forma de onda de velocidad de flujo de la arteria uterina nos informa que se logró el cambio adaptativo necesario que corresponde a una placentación normal con adecuada perfusión del espacio intervilloso. La persistencia del patrón de alta resistencia (fundamentalmente la persistencia de Notch protodiastolico definido homolateral a la inserción placentaria) nos pone en alerta sobre alto riesgo de preclampsia, restricción de crecimiento intrauterino o desprendimiento placentario

ARTERIA UMBILICAL

El cordón umbilical normal es trivascular con dos vasos arteriales y uno venoso.

Metodología-Técnica adecuada: Se identifica una porción libre de cordón umbilical y se orienta la dirección del haz incidente y el tamaño del volumen de muestra hasta obtener la mejor señal posible.

Fisiopatología: La información obtenida se encuentra en relación con el estado del árbol vascular de la microcirculación vellositaria.

Utilidad clínica. : Permite delinear los patrones de forma de onda

- **Normal:** Vaso de baja resistencia, con buen componente diastólico, e índice S/D menor a 3, desde la semana 30
- **Resistencia aumentada (patrón de alerta- Doppler patológico tipo I)** Índice S/D mayor a 3, (desde semana 30) con componente diastólico presente. Este estado de afectación nos confirma una alteración en la superficie de intercambio placentaria pero no es vinculable a hipoxia fetal.
- **Resistencia marcadamente aumentada con flujo diastólico ausente- (patrón de alarma -Doppler patológico II)** Este estado de afectación es vinculable a hipoxia y acidosis fetal
- **Resistencia máximamente aumentada con flujo diastólico reverso-(patrón ominoso fetal Doppler patológico III)** Este estado es vinculable a hipoxia y acidosis fetal y descompensación hemodinámica

ARTERIAS CEREBRALES-CIRCULACION CEREBRAL FETAL

Anatomía vascular cerebral: Mediante doppler color, es posible identificar el polígono de Willis y la arteria cerebral media. Esta se nos ofrece en dirección óptima para el registro, tangencial al haz de ultrasonido sobre el ala mayor del esfenoides. El patrón normal es de alta resistencia con índice S/D mayor a 3.

Fisiopatología. En condiciones de hipoxia el feto desencadena mecanismos de compensación para proteger a los órganos nobles. Uno de ellos es la vasodilatación del árbol vascular cerebral que podremos evidenciar por un aumento del componente diastólico y un descenso del índice S/D por debajo de 3.

FLUJOS VENOSOS FETALES: Nos informan sobre el estado hemodinámico del feto al estudiar el retorno venoso. Deben ser valorados junto a los territorios arteriales y la función cardíaca. La forma de onda es trifásica (onda S –onda D- onda A)

- Venas cavas. En condiciones normales la onda A es en reversa
- Ductus venoso. En condiciones normales la onda A es siempre positiva.
(Circuito umbilico porto ductal)

ISTMO AORTICO:

Es la medición del balance biventricular fetal, objetivado en la aorta, entre el tracto de salida y la llegada del ductus Arterioso de Botal. En condiciones normales, el flujo tiene que ser siempre anterógrado.

La detección de flujo reverso a dicho nivel, significa que el torrente sanguíneo que viene del ductus arterioso, adopta un recorrido anómalo hacia el cerebro fetal, y ello es porque la resistencia cerebral disminuye en forma marcada.

APLICACIONES ACTUALES DE LA FLUJOMETRIA DOPPLER EN OBSTETRICIA

- 1. Cribado de Cardiopatías/Cromosomopatías (primer trimestre)
- 2. Cribado de trastornos hipertensivos del embarazo
- 3. Vigilancia de los cambios fisiológicos en las arterias uterinas
- 4. Predicción, evaluación y seguimiento del RCIU
- 5. Evaluación de cambios hemodinámicos en la hipoxia
- 6. Evaluación del grado de Anemia fetal en la ISORh y otras
- 7. Detección de la TIG en el embarazo múltiple
- 8. Evaluación del funcionalismo cardíaco fetal
- 9. Tipificación de ciertas cardiopatías
- 10. Detección y tipificación de arritmias cardíacas fetales así como su seguimiento de la respuesta terapéutica
- 11. Evaluación de la madurez del lecho vascular pulmonar fetal
- 12. Evaluación de la actividad respiratoria del feto
- 13. Vigilancia de efectos colaterales de fármacos
- 14. Evaluación de anomalías vasculares congénitas.
- 15. Misceláneos: anomalías complejas, síndrome de respuesta inflamatoria generalizada fetal. Trabajo de parto, muerte fetal inminente, etc.