

Hospital Universitario Materno Infantil La Paz. U.A.M.  
Curso de Doctorado: Exploración Doppler en Obstetricia y Ginecología.

# DOPPLER

**EN EL ESTUDIO DEL CICLO OVÁRICO NORMAL Y PATOLÓGICO.**

**ALICIA GUNTIÑAS CASTILLO**  
Residente de Obstetricia y Ginecología.  
Hospital La Paz. Madrid.

# ÍNDICE

- Introducción histórica.....	Pag. 3
- Principio Doppler.....	Pag.3
- Representación gráfica de la señal Doppler.....	Pag. 4
- Estudio de la OVF.....	Pag. 4
- Perfil de la OVF.....	Pag. 5
- Velocimetría Doppler.....	Pag. 5
- Estudio del flujo utero-ovárico.....	Pag. 5
- Velocimetría Doppler en el ciclo ovárico normal.....	Pag. 5
- Doppler en la disfunción ovárica.....	Pag. 6
- Síndrome LUF.....	Pag. 6
- Otras disfunciones ováricas.....	Pag. 7
- Aplicaciones clínicas del Doppler intraovárico.....	Pag. 8
- Flujo arterial y venoso lúteo en ciclos estimulados.....	Pag. 8
- Bibliografía.....	Pag. 9

## ***Introducción histórica***

El físico austriaco Christian Johan Doppler (1803-1853) estudió la luz emitida por las estrellas dobles. Observó que las estrellas que se alejaban de la tierra tenían una luz roja, mientras que si se aproximaban cambiaban a un color azul. A partir de esta observación, y según los principios de propagación de las ondas, promulgó su teoría. Asumiendo que el color de la luz está en función de su frecuencia, su cambio se producirá si varía la posición relativa entre la fuente de luz y el observador. A este cambio en la frecuencia de las ondas lumínicas de objetos en movimiento se denomina *efecto Doppler*.

Buys Ballot (1817-1890) fue el primer investigador que demostró la validez del efecto Doppler para las ondas acústicas (1845).

La primera aplicación del efecto Doppler se debe a los japoneses Satomura, Matsubara y Yoshioka, quienes, en 1956, publicaron la aplicación del efecto Doppler de los ultrasonidos al estudio de los movimientos del corazón. Posteriormente, Satomura postuló también la aplicación del efecto Doppler al estudio de las características de flujo en las arterias periféricas.

La utilidad del efecto Doppler en la estimación del flujo genital fue ensayada, por primera vez, en 1975, por Niswender y cols., que calcularon el flujo ovárico de las ovejas mediante la colocación directa de un transductor sobre la superficie de la arteria ovárica. Dos años más tarde, Fitzgerald y Drumm lograban medir el flujo umbilical fetal mediante Doppler transabdominal.

## ***Principio Doppler***

Si una fuente continua y uniforme de sonido se aproxima a un observador, la frecuencia del sonido percibida, por éste, aumenta. Por el contrario, si la fuente se aleja, la frecuencia del sonido disminuye.

Dado que la frecuencia de emisión permanece estable, el cambio en la frecuencia del sonido recibida dependerá de la velocidad de las ondas sonoras y de la posición del observador, es decir, del ángulo respecto a la dirección del sonido.

El cambio entre la frecuencia emitida y la recibida se denomina frecuencia o desplazamiento Doppler.

El principio Doppler se aplica de igual forma al sonido reflejado por una estructura en movimiento. En esto se basa el Doppler ecográfico para la exploración

vascular: un transductor emite ultrasonidos a una frecuencia determinada dentro del cuerpo humano. El haz ultrasonoro se reflejará en las distintas interfases tisulares. Si la interfase permanece estática, el haz se recibe con la misma frecuencia que la emitida. Por el contrario, cuando en el trayecto del haz se interpone una interfase en movimiento sufre un cambio en la frecuencia (Desplazamiento Doppler) proporcional a la velocidad de la interfase.

## **REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA SEÑAL DOPPLER**

En cada latido cardiaco, la señal Doppler adopta una forma de onda de flujo (OVF), que incluye todo el espectro de frecuencias producidas por el desplazamiento de las células sanguíneas. La OVF se representa en un eje de coordenadas: el eje de abscisas indica el tiempo y el de ordenadas la frecuencia. Dada su correspondencia con el ciclo cardiaco, la OVF adopta una forma bifásica. El pico está constituido por la pendiente de aceleración y deceleración sistólicas. En condiciones normales, la diástole es más estable. A veces, entre ambos se presenta una incisura o angulación (*notch*).

El espectro de la OVF es procesado informáticamente mediante la transformación de Fourier.

## **ESTUDIO DE LA OVF**

Las OVF positivas indican un flujo centrípeto respecto al transductor, mientras que las negativas se deben a un flujo centrífugo. La aparición de frecuencias diastólicas en sentido inverso al flujo sistólico recibe el nombre de *flujo reverso diastólico* e indican una resistencia vascular elevada.

También es posible la situación no sistemática de las frecuencias del espectro a ambos lados de la línea basal, con una pérdida del perfil de la OVF. Se origina por la presencia de estrecheces, angulaciones, bifurcaciones e interrupciones de la pared vascular. Constituye la expresión máxima de la turbulencia de flujo.

En los vasos que presentan un flujo tapón la banda espectral de frecuencias es muy estrecha y todos los puntos se agrupan en la periferia de la onda.

La banda de frecuencias tiende a ocupar toda la superficie de la onda en los registros de vasos con *flujo parabólico*. Es la manifestación de la pérdida de velocidad de las capas, de la columna hemática, en contacto con las paredes del vaso.

### ***Perfil de la OVF***

Es un parámetro indicativo del tipo de circulación que se está explorando.

Los vaso centrales y periféricos presentan las siguientes características:

- Componente sistólico muy marcado, con pendientes de aceleración y deceleración muy marcadas.
- Componente diastólico poco relevante y a veces reverso.
- Incisura o angulación (notch) acentuada.

La red vascular visceral o terminal tiene el siguiente perfil:

- Componente sistólico menos llamativo y con pendientes suaves.
- Componente diastólico importante y nunca reverso en condiciones normales.
- Incisura escasamente pronunciada o no visible.

### ***Velocimetría Doppler***

Es el análisis cuantitativo indirecto de la OVF. Se han diseñado distintas relaciones matemáticas entre los componentes sistólico (S) y diastólico (D) de la OVF para estimar cuantitativamente la resistencia vascular. A estas relaciones se les denomina *índices velocimétricos*.

- Índice de Resistencia o Pourcelot:  $IR = (S-D)/S$ .
- Índice o razón S/D.
- Índice de Pulsatilidad:  $IP = (S-D)/M$ .
- Índice de Conductancia:  $IC = (D/S) * 100$ .

Su idoneidad viene dada por el territorio que se desee explorar. En la circulación central o periférica tienen mayor fiabilidad los IR e IP.

## **ESTUDIO DEL FLUJO UTERO-OVARICO**

### ***Velocimetría Doppler en el ciclo ovárico normal***

La OVF intraovárica tiene una amplia distribución de frecuencias desde la línea basal a la curva de velocidades máximas; la incisura diastólica no suele visualizarse o es poco pronunciada; la presencia de velocidades en la diástole suele ser constante. Todas estas cualidades definen un flujo parabólico propio de una red vascular terminal. Estos rasgos morfológicos se mantienen durante todo el ciclo; en ambos ovarios en la fase folicular y lútea.

La ovulación desencadena cambios morfológicos específicos en la OVF del ovario dominante, que no manifiesta el ovario contralateral. A partir de la ovulación y durante la fase lútea, la OVF del ovario dominante presenta un aumento en la intensidad de recepción de las frecuencias; esto indica un aumento del flujo. Aunque lo más representativo es un aumento de la turbulencia del flujo. Se produce una dispersión de las frecuencias Doppler que origina una pérdida del perfil de la onda. Estos cambios nunca suceden en el ovario contralateral, cuya morfología es similar en ambas fases del ciclo. Este fenómeno se denomina *conversión lútea de la OVF intraovárica*.

Para el estudio de la OVF intraovárica se utiliza el índice de conductancia, debido a la presencia de diástole. La fase lútea del ovario dominante presenta un índice de conductancia significativamente mayor que su fase folicular y que las fases folicular y lútea del ovario contralateral.

### ***Doppler en la disfunción ovárica***

El término insuficiencia lútea expresa el déficit en la función secretora hormonal del cuerpo lúteo. Se acepta que una tasa de progesterona sérica inferior a 10 ng/ml en fase mesolútea es indicativa de insuficiencia lútea, al igual que una duración de esta fase igual o inferior a 11 días. La ecografía muestra claramente una alteración de la dominancia folicular en los ciclos insuficientes con disminución del crecimiento folicular. Sin embargo, su falta de significación con respecto a los ciclos normales impiden su aplicación diagnóstica. Los ciclos insuficientes tienen un recuento folicular significativamente mayor que los normales. En los ciclos insuficientes la ovulación se produce de igual forma que en los normales; sin embargo, el cuerpo lúteo se produce en menor número de casos.

En la insuficiencia lútea, el estudio de la OVF intraovárica muestra cambios similares a los ciclos ovulatorios normales. Por tanto, no nos permite el diagnóstico diferencial entre los ciclos normales y los que presentan insuficiencia lútea.

### ***Síndrome del folículo luteinizado no roto (LUF)***

Es una disfunción ovárica definida por la ausencia de ruptura folicular. Se caracteriza por un patrón hormonal cíclico, similar a los ciclos ovulatorios o insuficientes, ya que se produce la luteinización del folículo dominante. El crecimiento folicular no muestra anomalías. Una vez conseguido un tamaño preovulatorio y tras el pico de LH, lo más característico es la ausencia de signos de ovulación ecográfica y

la luteinización folicular. El folículo preovulatorio no disminuye de tamaño e, incluso, aumenta. Al mismo tiempo, son evidentes los signos de luteinización.

En los seguimientos eco-Doppler se comprueba que la OVF intraovárica apenas se modifica durante el ciclo en el ovario dominante. El índice de conductancia sólo experimenta una discreta elevación cuando el folículo dominante tiene un tamaño preovulatorio. No aparecen los cambios cualitativos característicos de la OVF después del pico de LH, a pesar de existir signos de luteinización marcados. La conversión lútea no se produce y la OVF es siempre de tipo folicular. El índice de conductancia tampoco aumenta durante la fase lútea respecto a la folicular. En definitiva, la exploración Doppler muestra que, en los ciclos con LUF, el patrón de invasión vascular que acompaña a la luteinización no es normal o está ausente.

### ***Otras disfunciones ováricas***

Los quistes funcionales se diferencian por sus aspectos funcionales y su secreción. La anovulación y la secreción exclusiva de estrógenos define el quiste folicular. La ovulación y la secreción de gestágenos es propia de los quistes lúteos.

El Doppler intraovárico diferencia los quistes funcionales foliculares y lúteos. En los quistes foliculares, el registro intraovárico es de tipo folicular. Los quistes lúteos muestran conversión lútea de la OVF. El índice de conductancia en los quistes foliculares es similar al encontrado durante la fase folicular del ciclo, mientras que los quistes lúteos tienen un flujo mayor.

La anovulación se define por la ausencia de ovulación ante el fracaso absoluto del estímulo gonadotropo. A diferencia de lo que ocurre en el LUF, en la anovulación, no se produce luteinización ni secreción de progesterona. El crecimiento folicular suele interrumpirse en estadios precoces o se desarrollan folículos inmaduros, aunque mantienen una mínima secreción de estrógenos. En la exploración ecográfica se comprueba la ausencia de crecimiento folicular.

El estudio Doppler muestra una OVF de tipo folicular. No se observan cambios cualitativos y los valores velocimétricos permanecen estables o presentan fluctuaciones discretas.

## **APLICACIONES CLÍNICAS DEL DOPPLER INTRAOVÁRICO**

La principal aplicación es el diagnóstico de la ovulación. La conversión lútea de la OVF es por sí misma un criterio de ovulación. Nunca se observa en el ovario contralateral, ni en los síndromes de disfunción ovárica que cursan con anovulación (LUF y quiste folicular).

Otra aplicación importante de la exploración Doppler es la ayuda diagnóstica en la disfunción ovárica. Permite el diagnóstico diferencial entre el quiste folicular y quiste lúteo. Pero, sobre todo, permite identificar el LUF. Podemos afirmar que la velocimetría Doppler es la única técnica no invasiva que permite el diagnóstico preciso del síndrome LUF.

Por el contrario, el Doppler no aporta criterios diagnósticos en la insuficiencia lútea.

### ***Estudio del flujo arterial y venoso lúteo en ciclos estimulados***

En un trabajo realizado recientemente, Mercé y col., han comprobado que el ciclo ovárico espontáneo tiene una alta proporción de respuestas funcionales anormales. Cuando se estimula el crecimiento folicular con FSH, un 14% de los ciclos son anovulatorios aunque con luteinización del folículo preovulatorio, y hasta un 23% de los ciclos ovulatorios muestra una secreción reducida de progesterona lútea.

En los LUF la resistencia lútea está significativamente aumentada, y se produce una disminución de la velocidad venosa máxima. Debe existir una alteración de la angiogénesis lútea tanto de la red arterial como venosa que implicaría una disminución en el flujo sanguíneo en el LUF.

Los ciclos ovulatorios normales presentan durante la fase mesolútea una velocidad venosa máxima (VVM) lútea significativamente superior a los ciclos con insuficiencia lútea o LUF. Sin embargo, el dato más importante es la correlación significativa entre la VVM y la progesterona sérica. Mercé y col. concluyen que en el LUF se produce una alteración completa de la angiogénesis lútea, tanto arterial como venosa, mientras que en la insuficiencia lútea solo se afecta el desarrollo de la red venosa, que también puede contribuir a una excreción inadecuada de progesterona a la circulación general.

La correlación significativa entre la velocidad venosa lútea y los niveles de progesterona, posibilita utilizar este parámetro velocimétrico lúteo como un test diagnóstico aceptable del déficit de secreción lútea.



## **BIBLIOGRAFÍA**

1. Carrera J.M.. Doppler en Obstetricia. Ed. Masson-Salvat 1993; 5 y 12: 51-8, 117-28.
2. Mercé L.T. Ecografía Doppler en Obstetricia y Ginecología. Ed Interamericana-McGraw-Hill 1995; 4,5,10,11: 27-50, 113-44.
3. Mercé L.T., Bau S. Estudio del flujo arterial y venoso lúteo en ciclos estimulados mediante Doppler color. Prog. Obstet Ginecol 1999; 42: 565-71.
4. Monzó A, Barrachina R, Peiró T. Valoración por Doppler color del cuerpo lúteo inicial. Prog. Diag Prenat 1999; 11(9): 539.
5. Sellers F., García Enguidanos A., Yacer J. Importancia de la perfusión uterina en pacientes con fracasos de implantación en programas de FIV-TE. Prog Diag Prenat 1999; 11(9): 540.