

11217
11
2oj



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE MEDICINA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

HOSPITAL CENTRAL NORTE DE CONCENTRACION NACIONAL
PETROLEOS MEXICANOS

J. O. P.
R. Aguilar Cervantes

**FLUJOMETRIA POR ULTRASONIDO DOPPLER EN
EL DIAGNOSTICO DE BIENESTAR FETAL**

T E S I S

QUE PRESENTA EL

DR. ALEJANDRO AVILA REYES

PARA OBTENER EL TITULO DE ESPECIALISTA EN

GINECOLOGIA Y OBSTETRICIA

ASESOR: DR. JESUS AGUILAR CERVANTES

MEXICO, D. F.

FEBRERO DE 1991

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE:

- 2 INTRODUCCION
- 11 ULTRASONIDOS ASPECTOS HISTORICOS
- 12 FISICA DEL SONIDO
- 19 EXPOSICION DE LOS ECOS
- 23 USO DEL ANALISIS DE FORMA DE ONDA
- 43 ARTERIA UMBILICAL
- 53 IMPORTANCIA DE LA AUSENCIA DEL FLUJO DIASTOLICO
- 61 IMPORTANCIA DEL ESTUDIO DE FLUJO UMBILICAL EN EMBARAZOS GEMELARES
- 63 PROBLEMA
- 65 JUSTIFICACION
- 67 OBJETIVOS
- 68 METODOLOGIA
- 70 VARIABLES
- 72 MATERIAL Y METODOS
- 73 RESULTADOS
- 77 CONCLUSIONES
- 78 APENDICE
- 81 BIBLIOGRAFIA

USO DE LA FLUJOMETRIA POR ULTRASONIDO DOPPLER EN EL DIAGNOSTICO DE BIENESTAR FETAL

INTRODUCCION

La Obstetricia, rama de la Ciencia Médica que se encarga del estudio, cuidado y manejo de la mujer embarazada y su hijo, desde la fecundación hasta el fin del periodo puerperal, constituye una de las más importantes, debido a la trascendencia social y familiar de sus resultados.

La integración formal de una pareja, con la idea de iniciar una nueva familia, es esencial para la preservación de la especie humana.

El nacimiento de nuevos seres, dotados de capacidades físicas e intelectuales suficientes para su integración a un mundo cambiante y complejo, depende en primer lugar de un cuidado exquisito madre-hijo, durante el periodo gestacional e incluso antes.

La pérdida de uno o ambos miembros representa el motivo más importante de luto social, y su frecuencia repetida señala sin matices el grado de atraso de un Pueblo.

Los Médicos, desde tiempo inmemorial, han dedicado grandes esfuerzos para lograr la obtención de niños sanos, objetivo primordial de todo embarazo. La falla en esta tarea significa un fracaso familiar, de pareja y finalmente de la sociedad, en la que inciden las consecuencias adversas de la existencia de un individuo con capacidades limitadas para su vida de relación.

En época relativamente reciente, la Medicina en general, y desde luego la Obstetricia, dependía exclusivamente de la sagacidad clínica, tenacidad y limitados conocimientos de algunos pioneros, que utilizaban sus sentidos para llegar al diagnóstico. Sus enseñanzas perduran hasta nuestros días. Nadie puede llamarse Médico si desconoce la clínica fundamental de las enfermedades, y finalmente este criterio determina las decisiones fundamentales.

Sin embargo, el Clínico tiene la desventaja de trabajar únicamente consigo mismo, utilizando su percepción, y por tanto sus conclusiones son necesariamente subjetivas.

El objetivo de prevenir y aliviar la enfermedad, que en el caso específico de la Obstetricia consiste en vigilar el desarrollo de un niño que está alojado en el vientre materno, y por tanto no está a la vista, es demasiado importante para sujetarse a dicha limitación. Se hizo necesario,

por tanto, el desarrollo de otros métodos de diagnóstico.

El progreso de la ciencia médica ha dependido, en gran medida, del avance en otras disciplinas, tales como: Física, Bioquímica, Microscopia, Electrónica, Informática y Ultrasonido. Este último fue diseñado inicialmente para su uso con fines bélicos.

ULTRASONIDO

ASPECTOS HISTORICOS

La aplicación de técnicas de Ultrasonido se inicia con los trabajos de Galton, quién en 1883, en Inglaterra, fue el primero en experimentar con sonidos que superaban los límites de la audición humana, mediante el uso de silbidos con frecuencia hasta de 25,000 hertz. Utilizando esta experiencia, Langevin usó cristales de cuarzo para producir haces de sonido de alta frecuencia, transmitidos a través del agua, con el fin de localizar objetos sumergidos.

El primer uso práctico de dicha técnica fue la búsqueda del buque Titanic, cuyo hundimiento ocurrió en 1912. En esa ocasión el científico pudo constatar, además, el efecto del ultrasonido sobre los seres vivos, por la muerte de los peces que nadaban a través del haz sonoro.

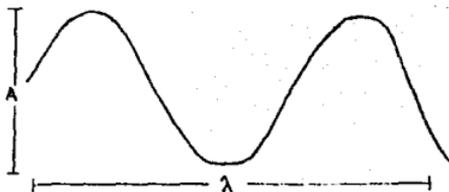
Hacia 1940 Sokolov y Firestone desarrollan el concepto de Eco del Pulso, con lo que mejoraron los equipos de sonar (sound - navigation - ranging). Por la misma época Dussik realiza los primeros estudios de aplicación médica del ultrasonido, con la visualización de los ventrículos cerebrales.

La Segunda Guerra Mundial obligó al desarrollo de mejoras en la técnica del sonar, para aumentar la capacidad de detección de barcos enemigos, aplicando ampliamente la técnica de reflectancia ó eco del pulso, previamente desarrollada.

Dicho avance fue aprovechado por Howry y Wild, que en Estados Unidos logran la obtención de imágenes bidimensionales, mientras que Leksell y Edler, en Dinamarca desarrollan las técnicas de Ecoencefalografía y Ecocardiografía. Donald, en Escocia aplica por primera vez este método en el campo de la obstetricia. (32)

FISICA DEL SONIDO

El sonido es energía en forma de vibraciones mecánicas, que requieren de un medio para su transporte ó transmisión, y por tanto no cruzan el vacío. Está formado por una serie de ondas de compresión y expansión que se transmiten a través del medio. La velocidad a la que ocurren estas ondas se denomina frecuencia (F), y la distancia entre áreas similares de una y otra se conoce como longitud de onda (λ). El grado de compresión es igual a la amplitud (A) y se expresa en decibeles. La amplitud también se denomina intensidad y es de unos cuantos milivatios por cm^2 . (32)



La velocidad con la que se desplaza el sonido en un medio es función de la impedancia y densidad del mismo: (z) y (p) respectivamente, así como la elasticidad (k), de acuerdo a la fórmula:

$$V \text{ (velocidad)} = k/p$$
$$\text{ó } Z = pV$$

La velocidad promedio de transmisión del sonido en tejido blando es de 1540 m/seg. a 25°C.

El oído humano puede detectar sonidos con frecuencia de 20 a 20,000 hertz ó ciclos por segundo. Por encima de esta cifra se habla de ultrasonido. Los equipos usuales de diagnóstico emplean frecuencias de 1 a 9 megahertz (MHz, millones de ciclos por seg.).

CUADRO 1. VELOCIDAD, IMPEDANCIA ACUSTICA Y REFLECTANCIAS DE INTERFASE PARA DIVERSOS TEJIDOS.

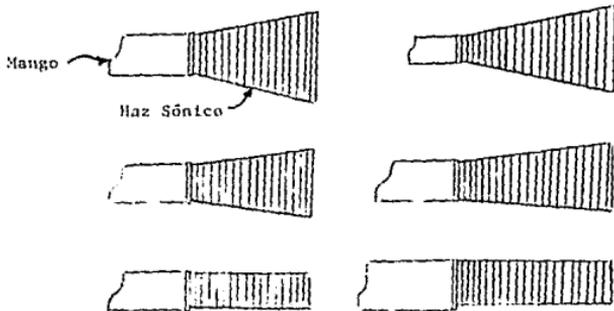
MATERIAL	VELOCIDAD m/seg(25°C)	IMPEDANCIA ACUSTICA (cm ² /seg. 10 ⁻⁵)	PORCENTAJE DE REFLECTANCIA
Aire	340	0.0004	99.95
Agua	1,525	1.48	0.40
Sol. Salina	1,534	1.51	0.28
Grasa	1,450	1.38	1.04
Riñón	1,561	1.62	0.032
Músculo	1,585	1.68	0.00
Cristalino	1,640	1.8	--
Hueso	3,340	6.8	36.10
Tej. blando (promedio)	1,540	1.63	0.023

La producción de ultrasonido se basa en el efecto piezoeléctrico invertido. Este efecto fue descubierto por Pierre Curie, quién observó en 1880 que la tensión mecánica aplicada a un cristal de cuarzo, generaba un potencial eléctrico diminuto.

Un año después demostró la viabilidad del efecto inverso. Colocando plata en una de las caras del cristal, y aplicando posteriormente una carga eléctrica sobre el metal, observó un cambio mecánico en el tamaño del cristal, con generación de sonido de alta frecuencia.

En los transductores actuales los cristales de cuarzo se han sustituido por estructuras de titanato-zirconato de plomo, metaniobato de plomo y titanato de bario. Todos ellos, a una temperatura crítica (punto Curie), sufren un reordenamiento molecular que los inutiliza. Por ello nunca deben ser esterilizados por calor.

La frecuencia a la que transmite un transductor depende de las características del material y del espesor del cristal. Este puede ser estimulado por señales eléctricas continuas, como en la técnica Doppler, ó mediante pulsos cortos (eco del pulso). La energía sonora emana de todas las caras del cristal, y para evitar su pérdida y poder dirigir el haz de sonido, se utiliza un material capaz de absorber toda la energía, salvo la que se emite por la cara frontal en una sola dirección. Dicho material se coloca como refuerzo en la zona del mango.



El sonido de alta frecuencia es más direccional que el de frecuencia menor, y por tanto este diverge más rápido. Las pequeñas fuentes sonoras producen también sonidos de mayor divergencia. Sin embargo, independientemente de esto, todo haz sonoro abandona el cristal como un rayo paralelo, difundiéndose a una distancia variable. Este efecto aumenta en relación directa a la distancia entre el transductor y el campo en estudio.

FACTORES QUE AUMENTAN LA TRANSMISION

A medida que las ondas atraviesan un medio, la energía inicial se pierde y dispersa. El grado de atenuación depende de la impedancia acústica de dicho medio y de la frecuencia del sonido. En los tejidos blandos la atenuación es de 1 db/cm/mHz. Esto significa que a mayor frecuencia, la pérdida de energía es más rápida. Las ondas de Ultrasonido utilizadas con fines diagnósticos dependen de la reflectancia a partir de interfases tisulares. (32)

La interfase es el espacio existente entre dos medios con distinta impedancia. La energía ultrasónica, al tomar contacto con dicho espacio, se pierde en proporción variable, en tanto que el resto se transmite al segundo medio. Esto depende del grado en que la impedancia de ambos medios sea

distinta, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$R = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1}$$

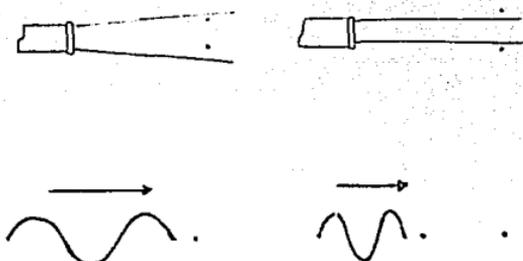
Z_1, Z_2 = Impedancia acústica.

R = Reflectancia.

ECOS

La captación de imágenes por Ultrasonido se basa en la creación de ecos, los cuales se forman cuando las ondas sónicas emitidas por el transductor, chocan con los tejidos ó interfases; regresando al mismo transductor, ahora inactivo pero "oyendo", es decir, recibiendo la señal de regreso. Al variar los ángulos de emisión del haz por movimientos del instrumento, aumentan las interfases recibidas, lo que se conoce como centelleo sectorial. El tamaño del objeto captado depende de la anchura del haz, y de la frecuencia y duración de los pulsos.

La determinación del tamaño, forma y localización de los objetos depende de la detección del eco por el transductor, y de dispositivos electrónicos que los amplifican y muestran como imágenes en una escala de grises.



La resolución de un haz de sonido depende de la anchura del mismo y del tamaño del pulso. La resolución lateral es dependiente de la capacidad del haz para encontrar cada objeto separadamente uno del otro.

A GRAY SCALE

La escala gris de densidad de puntos produce una escala de color mediante colocación de puntos separados por distancias variables. (32)

A la velocidad de 1540 m/seg., promedio en tejidos blandos, el haz ultrasónico efectúa un viaje redondo, alrededor de un punto situado a 1cm. de distancia, en 13 mseg. Los ecos, por otra parte, se dispersan en relación directa a la distancia recorrida.

Para corregir esta desventaja, los modernos equipos de USG amplifican selectivamente los ecos que retornan de grandes distancias, a través del sistema de "compensación por ganancia", el cual permite una mejor resolución de imágenes: pese a los artefactos derivados de la distancia.

EXPOSICION DE LOS ECOS

(12)
Existen diversos métodos para obtener información a partir de los ecos. El más antiguo es el modo de amplitud ó modo A. Este sistema se basa en un barrido realizado por el osciloscopio al recibir el pulso de sonido. Al descubrir un eco, se desvía el barrido en esa dirección, en grado proporcional a su intensidad; valorando de este modo la presencia y tipo de interfase.

El modo B ó de la brillantez, se basa en que la potencia de los ecos, determina la brillantez de los puntos sobre la pantalla del osciloscopio. Dichos puntos se colocan

sobre una línea base invisible que representa la distancia. Este método es fundamental y forma parte de todos los demás.

En fecha reciente se logró desarrollar la técnica del modo M ó de movimiento, que sirve para establecer una correlación entre posición y tiempo para los objetos móviles, al combinarse con el modo B. Con este método se obtiene un registro de la posición del objeto en diferentes momentos, al captar permanentemente el movimiento de los ecos. Este sistema se utilizó inicialmente para la valoración de estructuras cardiacas del adulto, pero es útil además para el estudio del corazón fetal.

Al aplicar el principio de la televisión, se registran las imágenes formadas a partir de los ecos como sombras de gris. La información contenida en los ecos se transmite a un convertidor de centelleo, formado por una matriz con miles de células de almacenamiento, con carga en miniatura, idénticas a condensadores. La señal incide sobre este dispositivo, cada punto se almacena como una cantidad variable de carga; y posteriormente es reconstruida electrónicamente como una señal de televisión compuesta por sombras de gris.

La escala gris permite la valoración de la textura acústica de los tejidos, además de su forma y localización.

El haz continuo de sonido sirve para investigar ecos que muestran un cambio de frecuencia en relación con la original. El sistema Doppler, se basa en el principio de dicho cambio ocurre cuando el sonido se refleja a partir de un objeto en movimiento. Consta de un transductor con dos cristales: el primero transmite una señal de 2.5 a 5 mhz; en tanto que el sonido reflejado llega al segundo cristal. Una vez recibido se compara electrónicamente con el original, convirtiendo la diferencia (F) en una señal audible, de acuerdo con la fórmula:

$$F = \frac{2 F_t V_{obj} \cos \theta}{V_s}$$

donde:

F = cambio de frecuencia

F_t = frecuencia transmitida

V_{obj} = Velocidad del objeto

V_s = Velocidad del sonido

θ = Angulo de observación en relación al eje de movimiento del objeto.

A mayor velocidad del objeto, más alto el tono del sonido percibido.

La técnica de Ultrasonido Doppler es de gran utilidad en el diagnóstico de embarazos tempranos, vigilancia de la

actividad cardiaca fetal y estudio del flujo sanguineo ó flujo-
metria.

USO DEL ANALISIS DE LA FORMA DE ONDA CON SISTEMA DOPPLER
EN EL CUIDADO DEL EMBARAZO DE ALTO RIESGO

El crecimiento del feto depende del flujo continuo de oxígeno y nutrimentos desde la madre. Esto se asegura por ajustes constantes en la circulación umbilicoplacentaria, conforme avanza el embarazo.(2,14,34,38)

Para estudiar estos cambios se han utilizado diversos modelos animales, principalmente la oveja, con el uso de medidores electromagnéticos, y mediante la técnica de embolización de microesferas.(35)

Se ha demostrado que el gasto cardiaco del feto de oveja aumenta progresivamente con la edad gestacional, desde aproximadamente 250 ml/min. a la mitad del embarazo, hasta 1500 ml/min a término. Además el gasto a la arteria umbilical ocupa más del 50% de esta cifra. Estas modificaciones se debe principalmente a una disminución progresiva de la resistencia vascular placentaria.

En embarazos caracterizados por Retraso en el Crecimiento Intrauterino (RCIU), estos cambios fisiológicos no aparecen. La embolización repetida de la circulación uteroplacentaria con microesferas, en tales modelos, causa retraso

en el crecimiento, con índice ponderal inferior y una razón peso cerebral/peso corporal mayor, en comparación con un grupo control. El flujo sanguíneo umbilical promedio en el grupo embulizado correspondió a 155 ml/min/kg, en comparación a los 254 ml/min/Kg. Además se observó un aumento posterior de la resistencia a la circulación en el primer grupo, que contrastó con la disminución progresiva en el otro. Un efecto similar ocurrió en lo relativo a las curvas de captación de oxígeno y glucosa.

Los primeros estudios en humanos se realizaron mediante histerotomía, en el caso de embarazos que por diferentes motivos finalizaron entre las 12 y las 26 semanas. Se observó un incremento del riego sanguíneo umbilical, desde 8.5 ml/min, a las 12 sem., hasta 80 ml/min. a las 26. Durante este intervalo el peso fetal aumentó de 90 a 650 grs.

El desarrollo de métodos no invasivos para evaluar la calidad de la circulación uterina y umbilical, constituye el hecho más notable de la Obstetricia en los últimos 20 años.

El análisis del flujo sanguíneo por USG Doppler, fue utilizado inicialmente por los cirujanos vasculares para el estudio de trastornos locales del riego sanguíneo, causados por placas ateromatosas y estenosis. (37)

El Haz sónico se dirige al vaso en estudio, y es reflejado por los eritrocitos que se desplazan dentro de él. La frecuencia de las ondas originadas en la fuente (Fo), difiere de la que refleja el blanco móvil (Fr), lo que se conoce como Efecto Doppler.(32) El cambio se relaciona directamente con la velocidad a la que circulan los glóbulos. Este factor puede calcularse a partir de la ecuación:

$$\text{Velocidad} = \frac{Fr \times C}{2 \times Fo \times \text{Cos } \theta}$$

donde:

C = Velocidad del sonido en tejidos blandos (1540 m/seg).

θ = Angulo que se origina entre el haz emitido y el reflejado

o bién:

$$F1 = \frac{2 \times FoV \cos \theta}{C}$$

donde:

F1 = Frecuencia de la onda sónica reflejada

Fo = Frecuencia de la onda sónica emitida

V = Velocidad del objeto reflejante

θ = Angulo entre el haz Doppler y el eje longitudinal del objeto reflejante.

C = Velocidad del sonido en tejidos blandos

Si el operador mide con precisión el diámetro del vaso, y el ángulo con el que el haz ultrasónico incide en él, puede calcular el volumen del flujo sanguíneo, al multiplicar el área transversal del vaso por la velocidad media, calculada con la primera fórmula.

Sin embargo es evidente la complejidad de este método. En primer lugar, el ángulo de incidencia del haz Doppler, no puede calcularse de ningún modo práctico; y por otra parte cualquier error en la medición del diámetro del vaso, se eleva al cuadrado en el cálculo final. Por tales motivos, este método cuantitativo ha caído en desuso; sustituyéndose por el más sencillo y práctico, método cualitativo, que se basa en el análisis de imágenes espectrales.

En el desarrollo de este último, se han empleado dos técnicas: la primera emplea un sistema doble (tiempo real/unidad Doppler), para identificar el vaso sanguíneo, y posteriormente dirigir el Haz Doppler hacia el volumen de muestra, para la obtención de las formas de onda características. Este sistema se denomina de pulsos, y utiliza la mayor parte del tiempo en la fase de recepción, después de una breve fase de transmisión de gran energía (en límites de 46 mW/cm^2), que alcanza el nivel de riesgo establecido por el Instituto Americano de Ultrasonido en Medicina, pero no se considera nocivo para el producto. (5)

El otro método, conocido como de onda continua, emplea un aparato con sistema Doppler sin imagen. El aparato se coloca sobre la pared abdominal, cambiando el ángulo de incidencia hasta obtener la imagen característica. Este sistema envía y recibe continuamente señales, con una potencia de 6 mW/cm^2 . Tiene la ventaja de ser relativamente barato y fácil de utilizar.(30)

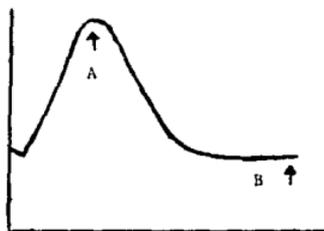
La señal obtenida por cualquiera de los dos métodos pasa a un analizador espectral de tiempo real, el cual ubica el grado de desviación Doppler en las abscisas, y el tiempo en las ordenadas. Los eritrocitos se desplazan a diferente velocidad dentro del vaso, y esto se manifiesta en el espectro en términos de brillantez. Cuando más brillante sea un punto, mayor será la cantidad de eritrocitos que se desplazan a esa velocidad.

La altitud de un punto particular en el eje de las abscisas (y), con el calibre del vaso constante, indica mayor velocidad y flujo.(17,18,19)



De este modo, la rama ascendente representa el aumento de la velocidad sanguínea, generado por la sístole cardíaca. La rama descendente corresponde a la velocidad del flujo durante la diástole, y está determinada por la resistencia periférica y la distensibilidad de la pared del vaso. Si la resistencia periférica disminuye, la pendiente de la rama descendente también disminuye, aumentando la velocidad diastólica.

En el otro extremo, la resistencia extremadamente alta, causa desaparición del componente diastólico. Además, actualmente se discute la probabilidad de que, en adición a la resistencia vascular placentaria, el gasto cardíaco y la hipoxia fetal intervengan en la formación de la onda diastólica.(26)



Se utilizan 3 índices principales, para valorar los cambios en la imagen espectral, que se presentan con el avance de la gestación:

- 1) Índice de Pulsatilidad = $\frac{A - B}{\text{Mediu}}$
- 2) Relación de Pourcelot = $\frac{A - B}{A}$
- 3) Relación Sístole/Diástole = A / B

El más simple y práctico, utilizado principalmente en el análisis del espectro de arteria umbilical es la relación S/D, que cuenta con el mejor índice de sensibilidad/especificidad.

El Índice de Pulsatilidad se relaciona directamente con el pH fetal, aumentando en relación inversa con él, al tiempo que se incrementa la PCO_2 .

Se han utilizado tres sistemas para encarar el significado de los patrones de onda cambiantes: el primero es una relación estadística, en la que se demuestra el vínculo entre un índice anormal y un suceso clínico.

Existe una alta correlación entre formas de onda anormales de la arteria umbilical y enfermedades fetales, especialmente Hipertensión del embarazo, retraso en el crecimiento intrauterino y anomalías cromosómicas. (7,8,12)

El valor predictivo de una onda anormal es de casi 50%.

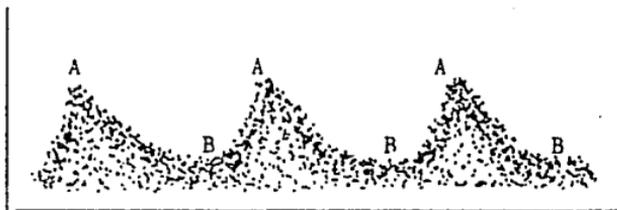
El segundo consiste en buscar una buse historpatológica para explicar los cambios en el patrón del flujo. El animal más utilizado en estos estudios es el feto de oveja, en el que se ha demostrado un decremento de la resistencia placentaria conforme progresa el embarazo. Se ha sugerido que la distribución del gasto cardiaco fetal a la placenta, es regulada por el equilibrio entre la resistencia en dicho órgano y en otras partes del organismo fetal.(22,34)

La circulación umbilical no tiene control autónomo, pero no es necesaria una regulación precisa del flujo sanguíneo placentario, en virtud de que en condiciones normales existe una amplia disponibilidad de oxígeno.

El lecho vascular placentario de la oveja tiene gran capacidad de adaptación. La embolización con microesferas en grandes cantidades, causa solo discreto incremento de la relación S/D.(35)

En condiciones normales, el incremento constante del Número de vellosidades terciarias y conductos arteriales, que ocurre en relación directa con la edad gestacional; causa expansión continua del árbol vascular umbilicoplacentario y disminución de la resistencia, de la que son depositarios. Esta resistencia es un término aplicable estrictamente al flujo constante, en tanto que el riesgo sanguíneo es pulsátil.

El parámetro determinado por los estudios Doppler, corresponde a la impedancia.



En la placenta de niños en que se detectó anomalía de las formas de onda umbilicales, por índices de resistencia aumentados, se ha demostrado un menor número de arterias en las vellosidades terciarias (1-2 arterias/campo de gran aumento); en comparación con los que presentaron normalidad (7-8 arterias/campo).

Existe discrepancia en cuanto a si esta lesión vascular se debe a desaparición de los vasos ó nunca estuvieron presentes en el árbol veloso.

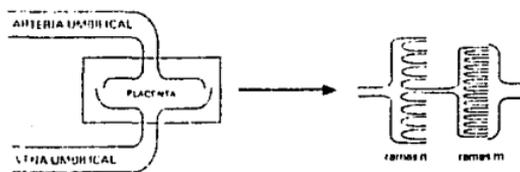
Sin embargo los estudios seriados han mostrado un aumento progresivo en la relación S/D, lo cual sugiere obliteración, aunque no se ha identificado aún una lesión específica, ni su posible origen. La hipótesis más atractiva al respecto señala a las prostaglandinas vasoactivas, prostaciclina y

tromboxano, como las principales responsables. Además se ha comprobado que los fetos cuyo estudio Doppler es anormal, muestran al nacer una cifra plaquetaria menor, en comparación con grupos control.

Las dos principales complicaciones vinculadas con imágenes anormales de flujo son la hipertensión materna y el retraso en el crecimiento intra uterino.(1,4,21,33)

La resistencia elevada a nivel de aorta fetal, se ha encontrado relacionada con muerte perinatal, enterocolitis necrosante y hemorragia intra craneana.

Los índices de resistencia de forma de onda, pueden considerarse como una medida del número de vasos terminales, ó del tamaño del lecho vascular que nutre el vaso en estudio.

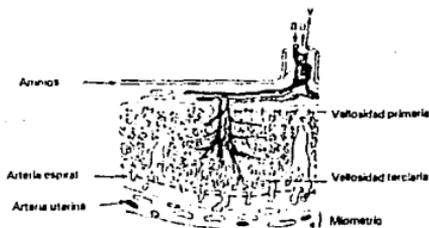


ESQUEMAS DE RAMIFICACION DE LA CIRCULACION UMBILICAL PLACENTARIA Y PLACENTARIA

Se ha utilizado un circuito eléctrico integral similar a la vasculatura placentaria, a efecto de realizar estudios experimentales que conduzcan a una mejor comprensión del estu-

dio flujométrico. En estos modelos se presta especial atención a la ramificación de las arterias umbilicales, a nivel del árbol de vellosidades. A cada vaso se asigna resistencia y capacitancia dentro de límites fisiológicos. Al utilizar este sistema se demostró que la pulsatilidad de la forma de onda de velocidad de flujo, se relaciona con la pulsatilidad de la forma de onda de ingreso de presión. Además el Índice de Pulsatilidad aumenta conforme lo hace la presión de los vasos terminales, ocluidos, en forma exponencial. Sin embargo se requiere la obliteración de 50% ó más de dichos vasos, para que el Índice se incremente en forma significativa.(17)

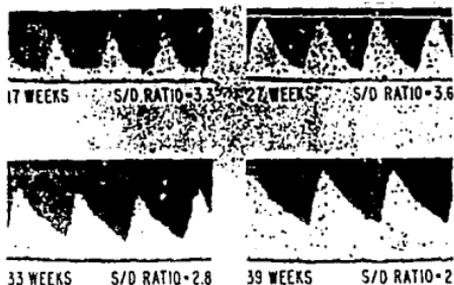
Este experimento demuestra la gran capacidad de adaptación de la circulación umbilicoplacentaria; por lo que las imágenes anormales de flujo, que se consideran predictoras tempranas de enfermedad, se presentan cuando ya existe enfermedad avanzada.



ESTUDIO ULTRASONOGRAFICO DOPPLER DE LAS ARTERIAS
UMBILICAL Y UTERINA DURANTE EL EMBARAZO

La tecnología del Ultrasonido Doppler permite vigilar el desarrollo de la circulación uterina y umbilical durante el embarazo. El sistema mide la velocidad de flujo, que tiene relación indirecta con la resistencia y directa con la presión arterial. Datos experimentales sugieren que esta última no cambia significativamente en el feto, por lo que puede suponerse que todos los cambios de velocidad son producidos por variación en la resistencia periférica.

Se puede obtener una señal confiable transabdominal de flujo alrededor de la semana 15 de la gestación. La forma de onda es simple y triangular y muestra un componente diastólico persistente, el cual se observa mejor hacia la semana 24. Esto corresponde a la circulación umbilical.(15)



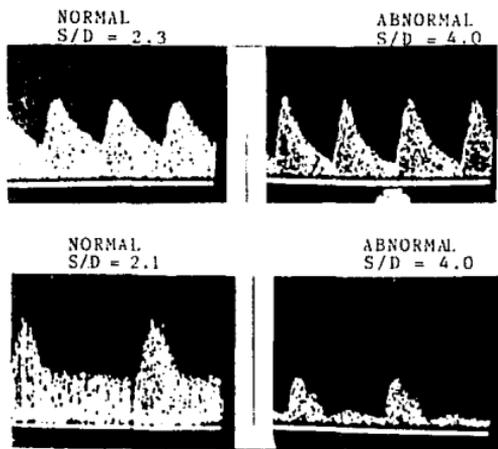
Conforme avanza el embarazo, dicho componente diastó-

lico aumenta, lo cual indica disminución de la resistencia, por incremento en el radio de los vasos sanguíneos distales.

Estudios seriados en poblaciones de clase media, indican que sólo un 3-5% de los fetos no evolucionan hasta un nivel normal de relación S/D menor de 3. Por tanto en casi todos los casos, un estudio umbilical anormal refleja un fracaso en el desarrollo de la circulación fetal normal. Ocasionalmente un valor normal cambia por otro anormal, e indica vasoespasmo, trombosis ó degeneración.

La circulación evoluciona en forma continua, pero, en cambio, la uteroplacentaria se estabiliza alrededor de la semana 26. La cifra aceptada como normal en arteria uterina corresponde a una razón S/D menor de 2.7, a las 26 semanas. La máxima diferencia normal entre el S/D de los vasos izquierdo y derecho es de 0.9. Otra característica en la forma de onda de velocidad de este vaso es la muesca diastólica, que constituye una manifestación del tono arterial. Normalmente esta muesca debe desaparecer, y su persistencia indica espasmo anormal y disminución del flujo sanguíneo uterino.(34)

La arteria uterina se convierte en un circuito de baja resistencia, durante el embarazo:

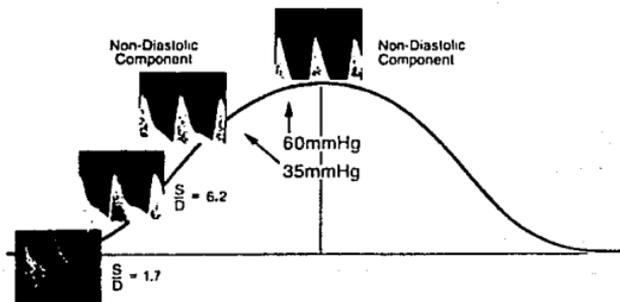


En mujeres no embarazadas, la onda espectral obtenida de la arteria uterina es típica de un patrón de alta resistencia, con razón S/D de 12.9 ± 4.4 durante la fase proliferativa del ciclo. En la fase secretora post ovulatoria la S/D disminuye a 7.2 ± 3.2 . Si ocurre embarazo, este valor se mantiene sin cambios hasta finalizar el primer trimestre.

Alrededor de la semana 14 el valor de la razón S/D disminuye significativamente, hasta 4.1 ± 0.95 . En la semana 22, si no aparecen complicaciones, el valor de S/D no debe exceder de $2.6 \pm$, manteniéndose sin cambio hasta el término.(15,34)

El aumento en la distensibilidad de las arterias uterinas, y por ende la disminución de sus resistencias al paso del flujo, obedece principalmente a la invasión trofoblástica de las arterias espirales. Durante el trabajo de parto la

forma de onda de estos vasos se modifica en relación directa con la intensidad de la contracción, con S/D que alcanza su punto máximo en el acné, al tiempo que desaparece el componente diastólico. Sin embargo esto no constituye por si mismo una complicación.(11,13)

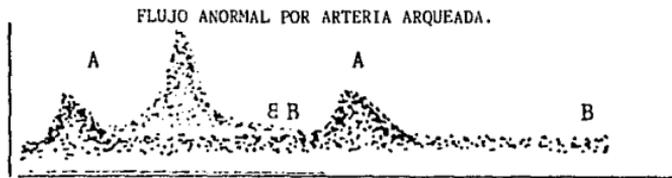


El uso principal de la flujometría de arteria uterina corresponde a la vigilancia de embarazos complicados con hipertensión arterial.(25,29)

El trazo de esta arteria puede obtenerse con mayor facilidad que el umbilical, y su valor predictivo en embarazadas hipertensas, si es anormal, se acerca al 85%. Sin embargo su utilidad es mayor si se combina con el estudio de arteria umbilical. Actualmente está en estudio la relación S/D de la uterina como indica predictivo de Preclampsia y Retraso en el crecimiento intrauterino, determinado entre las semanas 16 a 18 de la gestación. En los estudios de Campbell y cols. esta prueba reportó sensibilidad de 60%, especificidad de

69%, valor predictivo positivo de 42% y negativo de 87%. En un futuro podría incorporarse a la batería de estudios del embarazo de alto riesgo, como un importante elemento de detección temprana.

Schuman y Ducey estudiaron el flujo de arteria uterina en 71 embarazadas, a partir de la semana 20 de gestación, utilizando el método de Doppler continuo. En sus conclusiones señalan un valor máximo de 0.3 como diferencial normal entre ambas arterias, con un mayor índice de Preeclampsia y Retraso en el crecimiento, en caso de diferencia de S/D superior a 0.3. Esto se atribuyó al predominio de un vaso sobre el otro, por deficiencia en la implantación placentaria, lo cual podría ser un factor etiológico de los problemas hipertensivos.(29)



Los mismos autores,⁽³⁰⁾ al plicando estudio de flujo Doppler de arteria uterina y umbilical en 136 embarazos complicados con hipertensión, encontraron una buena correlación entre los valores elevados de S/D en ambos vasos, y la predicción de un resultado perinatal adverso, caracterizado por bajas calificaciones de apgar, peso por debajo del promedio y alta

incidencia de ingresos a la Unidad de Cuidados Intensivos.

Gudmunson y Marsal, utilizando el mismo método en 125 embarazos de producto único, y con la determinación de razón S/D e Índice de Pulsatilidad para cada uno de los trazos obtenidos, demostraron variabilidad relacionada con el avance de la gestación, indicativa de decremento progresivo en la resistencia vascular placentaria. Todos los productos estudiados presentaron peso adecuado al nacer, sin problemas perinatales. Además se observó la independencia del trazo de arteria umbilical, respecto a la frecuencia cardiaca fetal; en tanto que el espectro de la uterina varía en relación con la frecuencia cardiaca materna.

Steel y Pearce, en un amplio trabajo que incluyó a 200 primigestas, mostraron el valor predictivo del estudio Doppler de arterias uterinas, en el desarrollo posterior de Preclampsia. Del grupo estudiado, 17 pacientes desarrollaron la complicación hipertensiva, habiéndose determinado patrones anormales de flujo, con Índice de Pulsatilidad superior a 0.68, en 5 de ellas; las cuales finalmente desarrollaron cuadros severos, que obligaron a interrupción del embarazo a edades tempranas. Cuatro de los cinco productos presentaron RCIU y requirieron cuidados intensivos.

El mismo análisis combinado realizado durante el

trabajo de parto por Fleischer y Schulman, comprobó la estabilidad del sistema cardiovascular fetal, que asegura un aporte adecuado de oxígeno durante las contracciones uterinas, situación que permite a los productos de término sanos soportar la actividad contráctil regular, con mínimos ó nulos cambios metabólicos.

En la fase latente, con membranas intactas, la relación S/D de arteria umbilical fue antes, durante y después de la contracción de 2 ± 0.2 , 2 ± 0.3 y 1.95 ± 0.3 , respectivamente, sin variaciones significativas durante la fase activa, después de la ruptura de membranas ó bajo el efecto de la ocitocina.

Por otra parte se observó el decremento progresivo de la velocidad diastólica terminal de arteria uterina durante la contracción, alcanzando valor de 0 cuando la presión intrauterina excede de los 35 mm Hg. Estos cambios sugieren que dicho componente depende de los vasos arcuatos y espirales, ya que ambos se ocluyen en este caso.

Nari y Kirson, en seguimiento longitudinal de 10 embarazos complicados con polihidramnios, y bajo tratamiento con Indometacina, no encontraron efecto significativo de dicha medicación sobre el trazo flujométrico de arteria uterina, en comparación con un grupo control. El mismo resultado ocu-

rió en los casos en que la Indometacina se usó para control de la Amenaza de Parto Prematuro.(24)

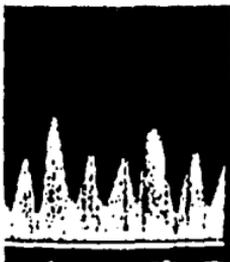
El singular estudio realizado por Farmakides y Schulman, en una paciente sometida a cirugía de corazón abierto por estenosis valvular causante de grave desequilibrio hemodinámico, bajo bomba de circulación extracorpórea y con embarazo de 23 semanas, abrió nuevas perspectivas a la flujometría Doppler obstétrica. La monitorización de arteria uterina durante la operación se realizó por vía vaginal, en tanto que el transductor para análisis del flujo umbilical, se colocó sobre el abdomen. La relación S/D de arteria uterina varió de 1.9 a 3.7, con recuperación en el 2o. día post operatorio. El mismo parámetro en arteria umbilical cambió dramáticamente, con incremento hasta 4.5, que se normalizó hasta la semana 38 de la gestación. La frecuencia cardiaca fetal no mostró variaciones significativas. Finalmente se obtuvo un producto sano de 2835 grs, con apgar 9 - 9 a las 39 semanas, por vía vaginal y con fórceps profiláctico.(9)

Los cambios observados probablemente obedecen al aumento de catecolaminas circulantes durante el transoperatorio, y a la hipotermia utilizada en este tipo de intervenciones, y son de carácter temporal, sin afectar adversamente al producto.

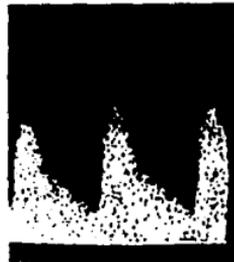
UTERINE VELOCITY BEFORE
SURGERY S/D = 1.9



UTERINE VELOCITY DURING
CARDIAC PUMP



UTERINE VELOCITY AFTER
CARDIAC PUMP S/D = 3.7



Existe poca información concerniente al significado de la relación S/D elevada de arteria uterina, en productos que no presentan retraso en el crecimiento. Gaziano y Knox realizaron un total de 373 estudios flujométricos en 256 embarazos de alto riesgo. Se encontró que 35 mujeres, que habían mostrado S/D elevado, en el rango de 4.5 ó mayores, finalizaron con la obtención de productos con peso adecuado para la edad gestacional. (29)

Estos resultados se compararon con otro grupo, de peso adecuado, pero con S/D normal; y otras con retraso en el crecimiento y formas de onda anormales. Los resultados mostraron un índice significativamente aumentado de malformaciones congénitas, especialmente del Sistema Nervioso Central, y polihidramnios en el primer grupo. La anomalía del espectro flujométrico puede relacionarse también con afecciones fetales que no condicionan retraso en el desarrollo, pero comprometen gravemente su estado al nacer.

ARTERIA UMBILICAL

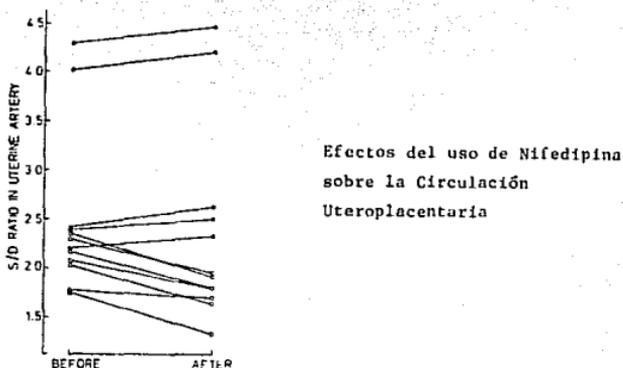
El estudio de las formas de onda de la Arteria Umbilical ha recibido mayor atención que la de cualquier otro vaso sanguíneo fetal, debido a su accesibilidad a la facilidad con la que se identifica su espectro, aun sin Imágen de tiempo real.

Como ya se ha señalado, de modo similar a lo que se observa en arteria uterina, la relación S/D disminuye progresivamente al progresar la edad gestacional, y alcanza un valor de 2.2 ± 0.3 en las últimas 4 semanas.

El límite superior de normalidad en esta etapa es de 3.0. Esta disminución se debe al aumento progresivo de la velocidad diastólica, como consecuencia de la declinación de la resistencia vascular, en el lado placentario.(17,34)

En general se define como anormal el flujo umbilical, si el estudio Doppler muestra una relación S/D persistente de 3 ó mayor, entre las semanas 30 a 41 del embarazo. Sin embargo debe considerarse que la posición materna induce cambios en el espectro, observándose mayor resistencia en decúbito supino, en comparación con el lateral. La anestesia por bloqueo peridural tiene un efecto benéfico al disminuir la resistencia al flujo. El mismo fenómeno se observa durante

el uso de medicamentos B- adrenérgicos. (25)



Fleischer y cols. han demostrado la ausencia de cambios en el flujo de arteria umbilical durante las contracciones del trabajo de parto, lo que indica que en esta situación el lado fetal de la circulación placentaria permanece inalterado, incluso en presencia de ruptura de membranas, ó bajo el estímulo de la ocitocina. (13)

Los mismos autores, en un estudio de 189 pacientes embarazadas con Retraso en el Crecimiento Intrauterino (RCIU), encontraron que la razón S/D normal de arteria umbilical reportó valor predictivo negativo de 95% en el grupo de alto riesgo general, y 94% en caso de complicación hipertensiva. El valor predictivo de la S/D anormalmente elevada (mayor de 3.0), en relación con el peso al nacimiento inferior a la percentila

10, fue de 49%. Sin embargo este trabajo no diferenció entre niños pequeños para la edad gestacional, pero sanos desde otro punto de vista; y otros afectados crónicamente en su desarrollo, como resultado de una restricción patológica.(12)

Trudinger y cols. aplicando el sistema en poblaciones amplias de embarazadas de alto riesgo, encontraron mayor especificidad para el diagnóstico de compromiso fetal, definido como peso al nacer por debajo de la percentila 10 y ó apgar menor de 7 a los 5 min, en comparación a los hallazgos del Trazo Tococardiográfico examinado con los criterios de Fisher: (23)

Evolución	No.	S/D +		Reactivo	No. reactivo	Fisher	
		Normal	Alta			7	7
Total	170	120	50	157	13	137	33
Fetal normal	117	99	18	113	4	103	14
Fetal anormal	53	21	32	44	9	34	19
Peso al nacer percentila 10	47	16	31	38	9	32	15
Peso al nacer percentila 5	24	7	17	19	5	17	7
Apgar menor de 7 a los 5 min.	10	6	4	8	2	3	7

+ Relación S/D calculada a partir de la arteria umbilical

Se ha demostrado que la razón S/D elevada es más efectiva en la identificación de Hipoxia Fetal Inicial, que el monitoreo electrónico y el perfil biofísico en conjunto.

Burton y Schulan, en un estudio de 54 mujeres embarazadas con RCIU, encontraron S/D anormal en 75% de los casos. Este grupo presentó además una elevada incidencia de trazos tocacardiográficos anormales (no reactivos), y un tercio de ellos requirió ventilación con presión positiva al nacer, ocurriendo 6 muertes en el periodo perinatal. Su peso al nacer fue significativamente menor que en el grupo control. Se concluyó que los niños con RCIU y S/D elevada tienen un mayor riesgo de complicaciones al nacer.(3,4)

Fleischer y su grupo, en un trabajo análogo con 70 pacientes encontraron que el 82% de los niños con RCIU nacidos vivos, y con antecedentes previos de S/D anormal de la arteria umbilical, requirieron manejo en la Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales (UCIN); en comparación con solo 16% del mismo grupo, pero con espectro normal. Además ninguno de estos requirió ventilación con presión positiva, en tanto que 31% del grupo con S/D mayor de 3 la ameritaron. Además observaron 14 casos de polihidramnios, de los cuales 6 fallecieron al nacer.(12,31)

La más importante de su estudio fue la diferenciación entre niños genéticamente pequeños pero sanos, de otros en los que el retraso en el desarrollo obedecía a compromiso placentario, manifestado objetivamente por alteración en las formas de onda.

La detección de anomalía del flujo por Doppler puede realizarse semanas antes de que sea detectable el compromiso fetal mediante el trazo tococardiográfico, y es útil en embarazos menores de 30 semanas, cuando la interpretación del monitoreo electrónico es difícil y equívoca.

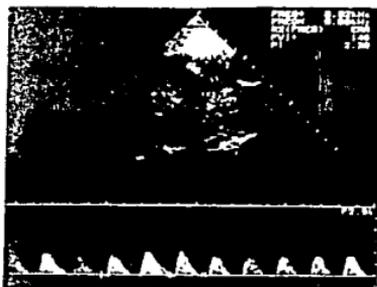
Existe una alta correlación entre formas anormales de onda en la arteria umbilical y enfermedades fetales, ya que es indicativo de aumento de la resistencia en la circulación placentaria. Los estudios histológicos han evidenciado un número muy disminuido de arterias en las vellosidades tercia

rias, cuando existía el antecedente de S/D elevada. Además se ha demostrado una incidencia significativamente mayor de este hallazgo en fetos con anomalías congénitas, tales como trisomias 13, 18 y 21 y triploidias, en las que es frecuente el grado extremo de anormalidad, ausencia de flujo diastólico, por placentación inadecuada derivada de problema fetal primario. (27)

Guidetti y Divon, en un estudio prospectivo, examinaron 46 pacientes con diagnóstico comprobado de Embarazo de Post término, con frecuencia de dos veces por semana, y utilizando el perfil biofísico y Doppler de arteria umbilical, como métodos de vigilancia. Se encontraron 20 casos de complicación, caracterizados por alteraciones en el trazo de prueba sin stress, sufrimiento intraparto y apgar menor de 7 a los 5 min. 9 de ellos presentaban datos clínicos de post madurez. La imagen de flujo umbilical en todos ellos se reportó sin alteración, por lo que probablemente el estudio flujométrico no constituye un predictor adecuado de bienestar fetal, en el caso de embarazos prolongados. (16)

El problema del oligohidramnios en ausencia de malformaciones fetales ó RCIU, fue enfocado desde el punto de vista flujométrico por el grupo de Cruz y Frenitzen, que clasificaron a sus pacientes en 3 grupos: el primero con líquido normal y membranas intactas, el segundo con líquido amniótico dismi-

nuido y membranas intactas, y el tercero con líquido disminuido y membranas rotas. Observaron una notable incidencia de anomalías en el espectro de flujo de las arterias umbilicales, en las pacientes del segundo grupo, con algunos casos de ausencia del flujo diastólico. Sus resultados sugieren alteración del flujo utero placentario en presencia de oligohidramnios inexplicable.(6)



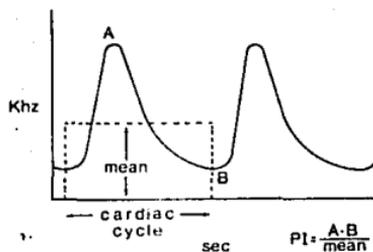
Rightomer y cols. analizando el flujo de arteria umbilical por Doppler en embarazos complicados por Isoinmunización por RH, encontraron que el flujo guarda correlación precisa en el hematócrito de la sangre obtenida del cordón por vía percutánea. Los productos severamente afectados presentaron anomalía en la relación S/D, que mostró tendencia a la mejoría después de la transfusión intrauterina.(12)

La velocidad de flujo en la arteria umbilical no depende exclusivamente de la resistencia placentaria. Harbinder y su grupo demostraron la relación entre la frecuencia

cardiaca fetal y los cambios en la razón S/D. Aparentemente la taquicardia induce disminución del flujo, que sin embargo no se altera en forma significativa, ya que en ningún caso se registró S/D mayor de 3; pese a que se examinaron pacientes portadoras de pielonefritis y corioamniotitis, complicaciones causantes de compromiso materno de moderado a severo, y con taquicardia fetal como efecto secundario.(18)

Múltiples estudios han mostrado la utilidad del análisis de flujo de arteria umbilical, en los embarazos complicados con Retraso en el Crecimiento intrauterino ó complicaciones hipertensivas, permitiendo la distinción entre el niño realmente atrasado en su desarrollo, con riesgo de sufrimiento ó muerte; y el producto pequeño para su edad gestacional pero sano.

Mc Cowan, Muilen y cols, realizaron 17 estudios Doppler de arteria umbilical, 7 en embarazos normales y 10 complicados con RCIU., utilizando el Índice de Pulsatilidad como medida de análisis. En cada caso se realizó examen histológico de la placenta, cuantificando las arterias pequeñas y arteriolas de las vellosidades terciarias. Encontraron hallazgos similares a los de otros autores, con una relación negativa lineal significativa entre la población de dichos vasos y el Índice de Pulsatilidad. La alteración ocurre por obliteración.(37)



El mismo grupo estudió otras 15 pacientes portadoras de embarazo complicado con RCIU, analizando los espectros de arteria umbilical el día del parto. 8 de ellas presentaban Preeclampsia severa, 3 hipertensión crónica y en 4 no se encontró enfermedad materna. Se utilizó el Índice de Pulsatilidad y la relación para el examen de los espectros, que se observaron marcadamente anormales en 14 de los 15 casos; encontrándose una correlación positiva entre el grado de anomalía y la mala condición fetal.(33)

No fue posible diferenciar entre causas intrínsecas y extrínsecas del RCIU, pero el estudio Doppler identificó a los productos que presentarían problemas al nacer.

Las conclusiones de la gran mayoría de los trabajos aquí referidos y de lo reportado en la literatura, no se han utilizado en el manejo clínico de los casos, incluso son desconocida por el grupo Médico Tratante.

Esto tiene el objetivo de evitar factores de error por el uso de un método, que, hasta el momento, ha mostrado una alta confiabilidad y alcanzado un gran desarrollo por el interés de la Comunidad Médica; pero que aún se encuentra en fase experimental.

Los estudios de comparación con otros métodos probados de vigilancia fetal, muestran al análisis de flujo por Doppler como una realidad plausible a corto plazo.

Lowery y Henson examinaron a 146 embarazadas admitidas en el Servicio de Embarazo de Alto Riesgo de su hospital, entre Noviembre de 1987 y Diciembre de 1988; y compararon el estudio flujométrico de Arteria Umbilical, con una combinación de PSS y OCT. en la predicción del mal estado fetal. Se utilizó la S/D con valor de 4 ó mayor como anormal. La irregularidad en los dos tipos de pruebas se relacionó directamente con una elevada incidencia de RCIU (47%), sufrimiento agudo indicativo de cesárea de urgencia (67%), e ingreso a la UNIDAD de Cuidados Intensivos (86%).(23)

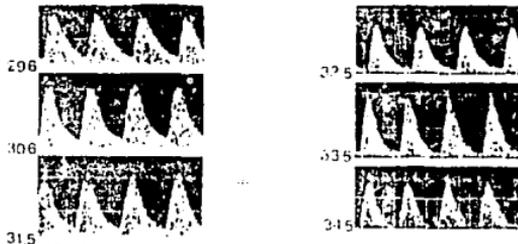
El valor de un espectro anormal de flujo como predictivo de complicaciones fetales, aumenta si otros estudios de vigilancia anteparto, como la tococardiografía, muestran a su vez datos de compromiso.

Se ha encontrado que los gemelos tienen la característica de presentar un S/D promedio mayor, en las 10 semanas finales del embarazo, en comparación con los de productos único. El Estudio Doppler constituye un recurso de discriminación, que sirve para identificar al feto pequeño que pudiera presentar problemas perinatales. Se aconseja su realización cada dos semanas, para detectar con oportunidad la existencia de transfusión gemelo a gemelo, que se manifiesta por RCIU. (28)

IMPORTANCIA DE LA AUSENCIA DEL FLUJO DIASTOLICO

La relación S/D por encima de los valores normales ($\bar{3}$), identifica al feto con mayor riesgo de presentar problemas al nacer. Sin embargo en la mayoría de los estudios, se encuentra un buen número de productos sin complicación, que han presentado espectros de flujo alterados en arteria umbilical.

Sin embargo la falta de velocidad diastólica terminal en dicho vaso, generalmente se asocia con evolución perinatal adversa. (20)

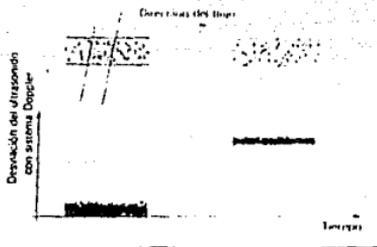


La mayoría de los sistemas vasculares en el ser humano son circuitos de alta resistencia, que producen formas de onda Doppler con un componente cero de velocidad diastólica, ó incluso se observa invertido(3,27,36)

Las únicas excepciones a la regla son las arterias carótidas internas, renales, uterinas (durante el embarazo) y umbilicales. La Ausencia de Flujo Diastólico (AFD), en estas últimas indica una circulación fetoplacentaria de alta resistencia. La velocidad diastólica en el espectro de flujo se observa por primera vez a las 15 semanas de embarazo, y posteriormente el aumento progresivo de la superficie vascular permite un estado de flujo continuo, indispensable para las necesidades del feto en crecimiento. Si ocurre enfermedad materna, los pequeños vasos dejan de desarrollarse ó se obliteran, por lo que la velocidad del flujo diastólico se mantiene baja. Esto corresponde a la arteria umbilical



Existen trampas técnicas que pueden conducir al diagnóstico erróneo de AFD. Una de ellas es el uso de un filtro de paso elevado, cuyo propósito es eliminar el ruido de un flujo turbulento cerca de la pared del vaso, tal como un latido. Los aparatos actuales están dotados de un filtro de este tipo, que varía de 100 a 300 Hz. El AFD sólo es válido cuando este dispositivo está apagado.

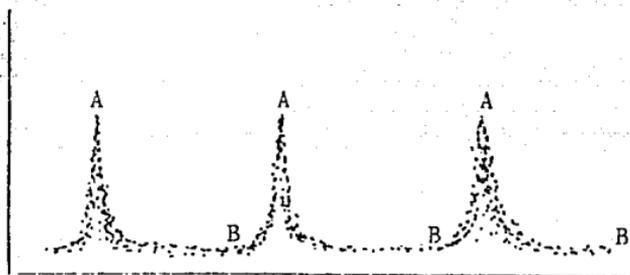
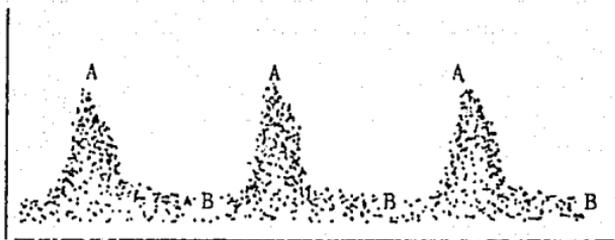


Otra posibilidad de error se refiere al ángulo de incidencia del haz Doppler, ya que las variaciones del espectro son proporcionales al coseno de dicho ángulo. De este modo, mientras más agudo sea, el pico sistólico será mayor. Si se selecciona de modo inadecuado, puede obtenerse una imagen lúlsa de AFD. Esto ocurre principalmente con los aparatos de onda continua sin imagen.

Por los motivos enunciados, la presencia de AFD debe confirmarse por muestreo en sitios y ángulos múltiples. Si no puede eliminarse el filtro, debe considerarse la distancia entre las diástoles y el inicio de la siguiente onda como método de diferenciación. Mientras mayor sea este espacio, mejor posibilidad de que la AFD constituya realmente un dato de mal pronóstico.

Sin embargo, independientemente del método utilizado, la AFD constituye un hallazgo ominoso. Múltiples estudios han confirmado su estrecha relación con el nacimiento de niños afectados, que requieren manejo en Cuidados Intensivos, y sufren mortalidad perinatal de 40% aproximadamente. (3)

La AFD en aorta fetal tiene implicaciones similares, pero la arteria umbilical es una fuente más confiable, ya que refleja la resistencia placentaria, mientras que las formas de onda aórticas pueden modificarse por la constricción de los vasos a nivel de órganos abdominales inferiores, piel, músculos y extremidades pélvicas. Sin embargo la falta de flujo diastólico en aorta fetal también se relaciona con el desarrollo de enterocolitis necrosante en el recién nacido. (27)



La AFD de arteria umbilical puede preceder hasta en un mes al Retraso en el Crecimiento Intrauterino detectado por USG convencional; y hasta una semana antes al hallazgo de signos de compromiso fetal en el trazo tococardiográfico. Esta secuencia identifica la causa subyacente de las alteraciones en la actividad cardiaca del producto, y puede ubicar al estudio Doppler de flujo, como el indicador más sensible y temprano de peligro fetal. (27)



El hallazgo de AFD antes de la manifestación clínica de Preeclampsia, sugiere la posibilidad de un tipo de complicación hipertensiva originada por el feto. Este concepto es apoyado por la conocida relación entre Trisomía 13 y Preeclampsia. La anormalidad de la forma de onda precede con mucho a la elevación de la tensión arterial.

Por otra parte se ha observado que un número importante de fetos con AFD presentan aneuploidia cromosómica, principalmente trisomías 13, 18 ó 21; y otras anomalías como hidropesía no inmunológica, toxoplasmosis congénita, exposición a warfarina, riñones poliquisticos y pulmones hipoplásicos. además de Síndrome de Pierre Robin y enfermedad viral congénita. La incidencia de aneuploidia varía de 13 a 27%, y las malformaciones no cromosómicas se observan hasta en 21% de los casos.(27, 36)

En los productos afectados por cardiopatía congénita, la presencia de AFD se relacionó con muerte fetal en breve plazo, aunque este hallazgo no es muy valorable, en virtud de que con frecuencia se asoció con alteraciones cromosómicas.

Aún no se conoce con certeza el origen del vínculo entre aneuploidia y AFD, pero se considera que el flujo sanguíneo anormal puede resultar de subvascularización, hallazgo observado frecuentemente en las placentas de niños con triso-

mia, y caracterizado por un número bajo de microarterias en las vellosidades terciarias. Esto resulta en la desaparición del componente diastólico en la forma de onda de flujo de la arteria umbilical. (27)

La presencia de AFD, en ausencia de hipertensión materna ó RCIU, debe alertar al clinico sobre la posibilidad de un cariotipo anormal, especialmente si el volumen del liquido amniotico está aumentado. La anomalía del espectro, en productos afectados por cardiopatía no es constante, ya que se ha observado forma de onda sin alteraciones, en productos gravemente enfermos, con cardiomiopatía y bajo gusto.



Se ha observado ausencia del componente diastólico, en las arterias de riñones transplantados, como signo temprano de rechazo. El estudio histológico posterior ha mostrado obliteración ó destrucción de arterias intrarenales, ocasionada

por reacciones inmunes. Un proceso análogo podría ocurrir a nivel placentario, por rechazo de aloinjerto, en productos con aneuploidia. (27)

La presencia de AFD, como se ha señalado, generalmente es resultado de deterioro progresivo de la circulación umbilicoplacentaria y sólo en raros casos se observa regresión a la normalidad. Cuando esto ocurre, sin embargo, no se modifican las condiciones de deterioro del neonato. Por otra parte, estudios experimentales han logrado la reaparición del componente diastólico, con su uso a largo plazo, lo cual sugiere que otros mecanismos, además del número de arterias musculares microscópicas, intervienen en su constitución.

En resumen, la conclusión de la mayoría de los autores señala a la AFD como indicativa del feto de alto riesgo, permitiendo la programación del parto y la posibilidad de vigilancia intensiva al nacimiento. Es razonable la realización del estudio flujométrico cada 24 - 48 hrs., en adición a otros métodos de vigilancia, cuando se ha encontrado la anomalía extrema en arterias umbilicales.

IMPORTANCIA DEL ESTUDIO DE FLUJO UMBILICAL
EN ENBARAZOS GEMEIARES

La vigilancia del embarazo gemelar, en los Centros de Alto Riesgo, consume mucho tiempo, es costosa, y a la fecha no existe una prueba de bienestar enteramente confiable. Sin embargo, por su características, es ideal para el estudio de flujo con sistema Doppler, al detectar deficiencias en la placentación, y anormalidad de la circulación fetoplacentaria, que causan retraso en el crecimiento intrauterino e incluso su pérdida. El embarazo múltiple se presenta en alrededor del 1 % de las gestaciones, pero en cambio contribuye con 10-12 % de las muertes perinatales, causadas principalmente por prematuridad, RCIU y transfusión intrauterina. El retraso en el crecimiento se observa hasta en el 30 % de los casos. El concepto de discordancia se refiere a la diferencia notoria en el crecimiento y desarrollo entre los gemelos, y su existencia contribuye a aumentar significativamente la incidencia de complicaciones.(10)

La identificación de dicha discordancia, sin embargo, es difícil de lograr con el estudio ultrasonográfico usual, ya que requiere mucho tiempo y causa molestias a la paciente (hipotensión supina), además de las derivadas de la posición fetal.

Además no debe olvidarse que los gemelos pueden ser genéticamente pequeños, sin que ello implique riesgo. la relación S/D de arteria umbilical se calcula para cada uno. la diferencia entre ambos debe ser menor de 0.4 a la semana 28. El estudio tiene buena especificidad, sensibilidad y valor predictivo para identificar al producto con verdadero RCIU, que implica riesgo al nacimiento. Puede detectar a todos los afectados después de la semana 30, con diferencia de peso mayor de 350 grs.

Las autoridades en la materia aconsejan repetir el estudio con frecuencia de cada dos semanas, a partir de las 24 de gestación, a efecto de detectar oportunamente los primeros signos de transfusión entre ellos. Si se observan anomalías, puede realizarse cada tres días.(10,28)

Si la anomalía corresponde a falta del componente diastólico (AFD), se inicia el protocolo de diagnóstico de cromosomopatía, repitiendo diariamente el estudio flujométrico, del mismo modo que en embarazos simples con dicha característica.



PROBLEMA

la vigilancia del embarazo de alto riesgo consume una gran parte del tiempo de expertos Investigadores y Clínicos, involucrados en el campo de la Obstetricia. los actuales métodos de diagnóstico no alcanzan los niveles ideales de certeza y predictibilidad, presentándose en la práctica un alto porcentaje de falsos positivos y negativos. Esta situación provoca, en un extremo, la realización de un gran número de cesáreas mal indicadas, con el consecuente aumento de la morbilidad y costos; y por el otro el nacimiento de niños afectados, que no reciben la atención adecuada, por no haberse previsto sus condiciones con antelación.

las técnicas de tococardiografía, utilizadas ampliamente en todo el mundo, han alcanzado un alto grado de desarrollo, y presentan en la actualidad el método más confiable en el diagnóstico del bienestar fetal. los tococardiografos utilizan transductores Doppler para captar la variabilidad de las contracciones del corazón fetal, transformándola en un trazo característico sobre papel milimétrico. Este trazo se analiza de acuerdo a diversos parámetros, perfectamente identificados, y de ello se obtienen conclusiones confiables. Su desventaja principal radica en el hecho de que no puede realizarse antes de la semana 30, e incluso en este período, su interpretación es difícil, y puede conducir a decisiones

equivocadas.

los estudios del flujo sanguíneo uteroplacentario con sistema Doppler son objeto de intenso estudio en los mejores Centros Obstétricos del Mundo. los resultados preliminares lo señalan como un método seguro para la paciente embarazada, no invasivo y de alta confiabilidad en la predicción del deterioro fetal. las anomalías que sugieren compromiso pueden observarse semanas antes de que el estudio tococardiográfico muestre alteraciones, y además es de muy sencilla aplicación y análisis.

Su utilidad principal se extiende a los casos de embarazo complicados con hipertensión, retraso en el crecimiento intrauterino y en gestaciones múltiples. Estas entidades ocupan, en conjunto, más del 80 % de los casos de alto riesgo.

En México no se utiliza aun esta técnica. En el Instituto Nacional de Perinatología se desarrolla actualmente un amplio estudio de seguimiento, que busca corroborar las conclusiones de las autoridades en la materia. En el Servicio de Ginecología y Obstetricia de esta Unidad se cuenta con un equipo de Ultrasonido con Sistemas Doppler, que aunque no es lo ideal, ha servido a los propósitos del presente trabajo, cuyo objetivo esencial es introducir el uso de esta nueva técnica, en beneficio de las Derechohabientes.

la población de embarazadas que acuden a la Sección de Ultrasonido, en forma seriada, como parte de su control médico prenatal es amplia la proporción de ellas que desarrolla complicaciones susceptibles de detectarse con el estudio flujométrico es así mismo, elevada y su uso puede contribuir a elevar la calidad de la atención.

JUSTIFICACION

Todo trabajo de Investigación Médica debe adaptarse a las posibilidades y características del sitio en que se realiza y la población objetivo, a efecto de que sus conclusiones puedan llevarse a la práctica clínica de modo eficaz.

En el Hospital Central Norte de Concentración Nacional de Petróleos Mexicanos, y específicamente en el Servicio de Ginecología y Obstetricia, origen y ámbito de acción de este estudio; se cuenta con los elementos técnicos indispensables para la atención integral de las derechohabientes embarazadas.

Uno de los principales lo constituye el Equipo de Ultrasonido con Sistema Doppler, que permite un seguimiento exacto de la evolución gestacional, especialmente en los casos de alto riesgo, y que en conjunto con otros recursos (tococardiografía, laboratorio, etc.), contribuye a conservar el muy bajo Índice de Morbimortalidad Materno fetal de esta Institución.

Las técnicas de estudio flujométrico, actualmente en período de intensa Investigación y Análisis en los mejores Centros Obstétricos del mundo, pasarán a formar parte fundamental de los métodos de diagnóstico prenatal en breve plazo. Su ventaja principal es la sencillez de su uso e interpreta-

ción, y con la posibilidad de realizarlo como parte del control rutinario de todo embarazo. El equipo disponible no es el ideal y más avanzado, pero permite la obtención de las imágenes espectrales con la nitidez suficiente para su análisis. De hecho se ha logrado suficiente experiencia en el plazo de estudio, y actualmente la flujometría de cordón umbilical se realiza en aproximadamente 3-5 min. extras, después de obtenidas las mediciones para curva de crecimiento.

Se espera sentar el precedente adecuado a este respecto, de tal modo que en adelante pueda aplicarse esta nueva y altamente útil técnica a todos los casos que así lo ameriten. Esto queda enmarcado en la política Institucional de contribuir con los mejores esfuerzos, al logro de la Excelencia en la Calidad de la Atención.

Se trata de un estudio observacional, longitudinal, prospectivo y descriptivo.

OBJETIVOS

GENERAL

Demostrar la utilidad del estudio flujométrico de arteria umbilical en la detección temprana de complicaciones del embarazo.

ESPECIFICOS

Desarrollar la metodología de aplicación de dicha técnica y criterios de interpretación, de acuerdo con el equipo disponible.

Determinar los valores normales de la relación Sístole/Diástole (S/D), en embarazos no complicados, de acuerdo a la edad gestacional.

Correlacionar la presencia de imágenes de flujo anormales, con la (existencia) de complicaciones de la gestación, especialmente Preeclampsia y Retraso en el Crecimiento Intrauterino.

Establecer las bases esenciales para la posterior aplicación del estudio flujométrico a la población de embarazadas derechohabientes, en beneficio de la calidad de la atención

METODOLOGIA

Del 10. abril al 15 de diciembre del presente se realizó el estudio de flujo de arteria umbilical a un grupo de embarazadas, escogidas al azar, y cuyo criterio de inclusión principal correspondió a edad gestacional entre 18 a 42 semanas. Todas ellas acudieron al Servicio de Ultrasonido del piso de Ginecología y Obstetricia, para estudio de curva de crecimiento rutinario, y se les informó acerca de su participación en el trabajo, contando con su consentimiento verbal. En caso de desacuerdo les excluyó, y así mismo cuando no acudieron a 3 citas de control y seguimiento, constituyendo estos los únicos criterios de eliminación. Ninguna otra consideración médica ó de otro origen fue motivo para no incluirlas en él.

Una vez concluida la medición del Diámetro Biparietal y fémur, así como el análisis del grado placentario y posición, estimación del líquido amniótico, situación y verificación de posibles malformaciones fetales; y cualquier otra investigación determinada por la especificidad del caso, utilizando el equipo de tiempo real; se procedió de inmediato al estudio con Doppler.

Para ello se utilizó la técnica denominada de pulsos, con localización del cordón por vía de la imagen, dirigiendo el haz Doppler hacia el sitio específico. En el lado derecho

de la pantalla se obtiene el trazo correspondiente al flujo, congelando una vez que se consideraba satisfactorio para análisis. Se registró en placa fotográfica utilizando la cámara Polaroid conectada al aparato de Ultrasonido. Cada fotografía señala el nombre de la paciente, la fecha de estudio y la edad gestacional previamente determinada.

Las pacientes se colocan para tal efecto en decúbito lateral izquierdo siguiendo los consejos de las autoridades en la materia con lo cual se logra una mejor calidad en las imágenes. El estudio se lleva a efecto en aproximadamente 3 minutos; y las pacientes sufren una incomodidad mínima. La mayoría aceptó de buen grado su inclusión en el trabajo una vez que se le explican sus potenciales ventajas. Se cita nuevamente para control en plazo variable de 3 semanas a dos meses, de acuerdo a la edad gestacional la primera revisión.

Las imágenes de flujo registradas se analizan con papel milimétrico, determinando la relación S/D, y su resultado se anota en la hoja de captación de datos. Las conclusiones se mantienen en reserva, y mediante análisis documental (expediente), se verifica la existencia de complicaciones y condiciones de término del embarazo, registrándose cuidadosamente. El análisis estadístico de esta información, revela la real validez del estudio, en las condiciones y con las limitaciones presentes en nuestro medio.

VARIABLES

Nombre	Definición	Tipo	Unidad	Método	Valores
Edad Gestacional	Determinada por USG	Independ.	Semanas	Medición de DBP y long.Fémur	18 - 40
Relación S/D	Proporción entre el - pico sistó- lico máxi- mo y el - diastólico mínimo.	Dependien.	Enteros	Análisis de la ima- gen espec- tral.	-1 a 5
Complicaciones	Enfermedad materna y/ó fetal que - complica la gestación. Factores de riesgo.	Independ.	-----	Revisión documental espe- cífico.	Código

CODIGO DE IDENTIFICACION DE LA VARIABLE "COMPLICACIONES"

CLAVE	NOMBRE
0 1	Preeclampsia leve
0 2	Preeclampsia severa
0 3	Neuropatía materna
0 4	Cardiopatía materna
0 5	Diabetes (I, II y Gestacional)
0 6	Retraso en el crecimiento Intrauterino.
0 7	Madre añosa ó muy joven
0 8	Antecedentes de pérdidas (+ 20 s)
0 9	Embarazo múltiple
1 0	Polihidramnios
1 1	Embarazo prolongado (42 sem. ó más).
1 2	Otros

FORMATO DE LA CELULA DE CAPTACION DE DATOS

No. paciente Ficha Edad materna Edad Gestacional Rel.

S/D Complicac. (código)

Fecha

Fecha

Fecha

MATERIAL Y METODOS

Se realizó el estudio en forma de seguimiento lineal a un total de 61 pacientes embarazadas, 59 con gestación simple y dos con gemelar, escogidas al azar entre las citadas para control de curva de crecimiento en el Servicio de Ultrasonido.

A cada una se le realizaron cuando menos dos estudios flujométricos, con espacio variable entre 5 semanas a 3 meses, clasificandolas en los siguientes grupos de edad gestacional:

Grupo I:	18-26 semanas
Grupo II:	27-34 semanas
Grupo III:	35-40 semanas
Grupo IV:	41 ó más

En cada caso se registró la existencia de complicaciones médicas ó datos de retraso en el crecimiento intrauterino, de acuerdo a la tabla previamente enunciada. las condiciones del producto al nacer, por no variar significativamente en relación al grupo general no se consideraron como variable, salvo en el caso específico de los espectros de flujo con la anomalía máxima, identificada como Ausencia del Flujo Diastólico, que se relacionó directamente con muerte perinatal y asfixia grave.

RESULTADOS

Los valores promedio de S/D en el grupo estudiado, de acuerdo al grupo de edad gestacional son los siguientes:

VALOR PROMEDIO DE S/D POR EDAD GESTACIONAL

1	18-26	3.1
2	27-34	2.8
3	35-40	2.7
4	41-6 +	2.7

Grupo Total

Es importante señalar que en este caso se incluyen indiscriminadamente los casos de embarazo complicado, por lo que se hizo necesario un cuadro especial para señalar específicamente los valores de la relación S/D, de acuerdo a la entidad específica.

Destaca la presencia de la falta de componente diastólico en el espectro de flujo, en los casos de mayor gravedad, básicamente Preeclampsia severa y Retraso en el Crecimiento Intrauterino que invariablemente se relacionaron con resultado

fetal adverso. Hubo dos obitos, de 27 y 25 semanas, uno de ellos producto de embarazo doble, y ambos afectados por hipertensión severa. Esto se correlaciona positivamente con lo ya expuesto, en lo relativo a la AFD como anomalía máxima y altamente significativa.

CASOS GRAVES DE COMPLICACION

1	18 - 26	4.2
2	27 - 34	3.9
3	35 - 40	3.7
4	41 ó +	3.6

En todos los casos se observó ausencia del flujo diastólico en al menos una determinación.

Para efectos de este cálculo se asignó el valor de 4.5 a la Ausencia de Flujo Diastólico (AFD).

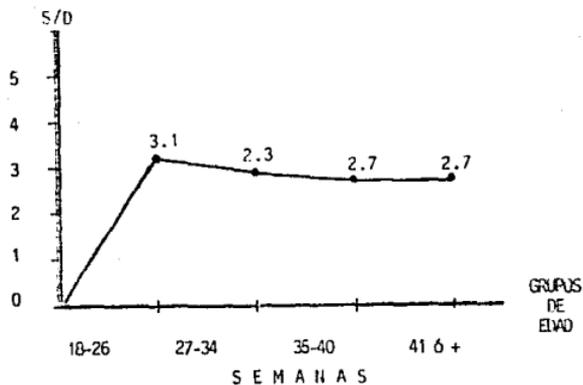
las variaciones progresivas hacia la declinación de los valores de S/D fueron claramente demostradas, sin encontrarse diferencia significativa entre las gestaciones consideradas normales y los embarazos complicados con diversas entidades, pero sin implicar gravedad. Cabe destacar en este caso las fallas del equipo disponible, especialmente en lo que se refiere a la medición de las imágenes. En este estudio dicha medición se realizó en forma manual, cuidadosamente y con ayuda del negatoscopio. Sin embargo los aparatos actualmente disponibles para estudio de flujo por Doppler cuentan con un analizador espectral computarizado, que permite la

inmediata determinación de la relación S/D y otros índices, con una posibilidad de error próxima a 0.

Sin embargo, los resultados de este trabajo concuerdan con los reportes bibliográficos en lo relativo al verdadero significado del S/D mayor de 3, que persiste más allá de la semana 30 en arteria umbilical. Su variación hacia la normalidad, ó incluso su persistencia hasta la fase final de la gestación no se relaciona con un resultado fetal adverso, sin influencia por la presencia de complicaciones de grado leve a moderado. En realidad se requiere mucho mayor experiencia en este campo para asignar el verdadero valor a este hallazgo.

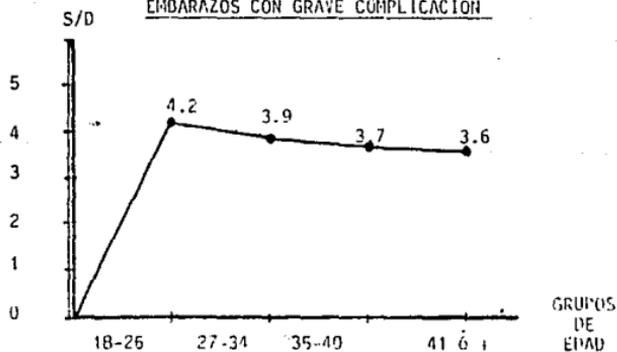
El estudio flujométrico de flujo umbilical, como parte de la batería de estudios de diagnóstico y pronóstico de la condición materno-fetal es altamente promisorio y se basa en un sólido conocimiento científico experimental. Su aplicación inicial en nuestro servicio, lo coloca a la vanguardia de la Obstetricia moderna. Subsiguientes estudios y especialmente la experiencia práctica en su uso, permitirán su correcta ubicación en el arsenal de auxiliares de diagnóstico en el marco de una atención prenatal de alta calidad.

EVOLUCION DEL VALOR DE S/D DE
ACUERDO A LA EDAD GESTACIONAL.



EN ESTE ANALISIS SE INCLUYE AL
GRUPO TOTAL.

EVOLUCION DEL VALOR DE S/D EN
EMBARAZOS CON GRAVE COMPLICACION



CONCLUSIONES

- 1) El trazo flujométrico de arteria umbilical por USG Doppler, puede obtenerse satisfactoriamente desde la semana 18 de gestación, con el equipo disponible en la Unidad.
- 2) A partir de la imagen registrada en placa fotográfica puede calcularse fácilmente la relación Sístole/Diástole, en forma manual.
- 3) El valor de S/D desciende progresivamente con el transcurso del embarazo, tanto en caso de gestaciones normales, como en aquellas afectadas por complicaciones menores. Esto indica aumento del flujo diastólico.
- 4) El resultado del embarazo (estado del producto al nacer), no difiere significativamente entre los considerados normales, y los que presentan complicaciones no graves.

El S/D superior a 3, en forma aislada, no tiene valor clínico, aún cuando se presente después de la semana 32.

- 5) El S/D de 3, o más en embarazos mayores de 32 semanas, debe alertar al clínico ante la posibilidad de una complicación que compromete el flujo sanguíneo uteroplacentario.
- 6) La Ausencia del Flujo Diastólico (AFD), en cualquier período del embarazo, dentro del término de estudio (18-42 sem), es siempre un dato ominoso. Su existencia se relaciona directamente con la posibilidad de obito, pérdidas perinatales y mal estado al nacer.
- 7) La presencia de AFD se observa en casos de Preclampsia Severa, condicionante de Retraso en el Crecimiento Intrauterino y Prematurez, de acuerdo a lo encontrado en este estudio.

- 15.- Gaziano, E. Knox, E. Pulsed Doppler umbilical artery waveforms: Significance of elevated umbilical artery systolic/diastolic ratios in the normally grown fetus. *Obst Gyn.* 1990; 75: 189;93.
- 16.- Guidetti, D. Divon, M. Fetal umbilical artery flow velocimetry in postdate pregnancies. *Am J. Obstet Gyn.* 1987; 157 (6): 1521-26.
- 17.- Gudmunsson, E. Marsel, K. Umbilical artery and uteroplacental blood flow velocity waveforms in normal pregnancy. *Acta Obstet Gynecol - Scand.* 1988; 67:347-50.
- 18.- Harbinder, S. Relationship of systolic/diastolic ratios from umbilical velocimetry to fetal heart rate. *Am J. Obstet Gyn;* 1989; 160 (1): 188-93.
- 19.- Harbinder, S. Lawrence, D. Antepartum improvement of abnormal umbilical artery velocimetry. *Am J Obstet Gyn.* 1989; 160 (1); 36-40.
- 20.- Johnstone, F.D. Umbilical artery Doppler flow velocity waveform: - the outcome of pregnancies with absent end diastolic flow. *Eur J Obstet Gyn and Reproductive Biol.* 1988; 28: 171-75.
- 21.- Lesley, M. Lawrence, A. Umbilical artery Doppler blood flow studies in the preterm small for gestational age fetus. *Am J. Obstet Gyn.* 1987; 156 (3): 655-90.
- 22.- Lesley, M. Umbilical artery flow velocity waveforms and the placental vascular bed, *Am J Obstet Gyn,* 1987; 157 (4-1); 900-04.
- 23.- Lowery, C. Henson, B.A comparison between umbilical artery velocimetry and standar antepartum surveillance in hospitalized high-risk - patients. *Am J Obstet Gyn.* 1990; 162; 710-13.
- 24.- Mary. G. Krshon, B. Uterine blood flow velocity waveforms in pregnant women during Indomethacin therapy. *Obst Gyn* 1990; 76; 33-37.
- 25.- Pirhonen, J. Erkkola, R. Uterine and fetal flow velocity waveforms- in hipertensive pregnancy: the effect of a single dose of nifedipine. *Obst Gyn.* 1990; 76: 37-42.
- 26.- Reed, K. Anderson, C. Changes in intracardiac Doppler blood flow - velocity in fetuses with absent umbilical artery distolic flow. *Am- J. Obstet Gyn.* 1987; 157 (3); 774; 79.
- 27.- Rochelson, B. Importancia clinica de la falta de velocidad distolica terminal en las formas de onda de arteria umbilical, *Clin Obst Gyn North.* 1990 (1). 683-89.

- 28.- Saldana, L. Eads, M. Umbilical blood waveforms in fetal surveillance of twins. Am J Obstet Gyn, 1987; 157 (3): 712-16.
- 29.- Schulman, H. Ducey, J. Uterine artery velocimetry; the significance of divergent systolic/diastolic ratios. Am J. Obstet Gyn. 1987; 157
- 30.- Schulman, H. The clinical implications of Doppler ultrasound analysis of the uterine and umbilical arteries. Am J. Obstet Gyn. 1987.- 156 (4): 889-94.
- 31.- Silver, R. Dooley, S. Umbilical cord size and amniotic fluid volume in prolonged pregnancy. Am J Obstet Gyn, 1987; 157 (3): 716-21.
- 32.- Smith, R. Fisica básica del Ultrasonido. Clin Obst Gyn North.1977. (2). 345-76.
- 33.- Steel, S. Malcolm, J. Doppler ultrasound of the uteroplacental circulation as a screening test for severe preeclampsia with intrauterine growth retardation. Eur J Obstet Gyn and Rep Biol. 1988; 28: 279-84.
- 34.- Trudinger, B. Giles, W Correlaciones clínicas y patológicas de formas de onda de arterias umbilical y uterina. Clin Obst Gyn North. 1990; (1). 661.72.
- 35.- Trudinger, B. Denise, S. Umbilical artery flow velocity waveforms- and placental resistance; The effects of embolization of the umbilical circulation. Am J. Obstet Gyn. 1987; 157 (6): 1443-49.
- 36.- Warren, W. Ronkin, S. Absence of end-diastolic umbilical artery - blood flow predicts poor fetal outcome despite normal blood gases. Am J Obstet Gyn. 1989; 160 (1); 197-204.
- 37.- Watson, P. Young, W. Mediciones del flujo sanguíneo de madre y feto con técnica Doppler. Am J Obstet Gyn. 1989; 160 (1); 273-78.
- 38.- Yoshida, Ch. Feto placental application of pulsed Doppler ultrasound guided by Real-time B-mode scanning. Am J. Obstet Gyn. 1987;- 158 (3); 1830-36.

B I B L I O G R A F I A

- 1.- Ahokas, R. Reynolds. Ph. Uteroplacental blood flow in the hipertensive term pregnant, spontaneously hipertensive rat. Am J. Obstet Gyn. 1987; 156 (5); 1010-14.
2. Arias, F. Retto, H. Uso del análisis de la forma de onda con sistema Doppler para la valoración del feto de alto riesgo. Am J. Obstet Gyn 1987; 156 (5) 1017-21.
- 3.- Burton, R. Schulman, H. The significance of absent end-diastolic velocity in umbilical artery velocity waveforms. Am J. obstet Gyn. 1987; 156 (5): 1213-19.
- 4.- Burton, R' Schulman, H. The clinical significance of Doppler umbilical artery velocimetry in the small for gestational age fetus. Am J Obstet Gyn. 1987; 156 (5): 1223-28.
- 5.- Campbell, S. Griffin, D. New Doppler technique for assessing utero-placental blood flow. Lancet, 1983 march, 224-25.
- 6.- Cruz, A. Frentzen, B. Continuous-wave Doppler ultrasound and decreased amniotic fluid volume in pregnant women with intact or ruptured membranes. Am J obstet Gyn. 1988; 159 (3): 708-11.
- 7.- Ducey, J. Schulman, H. A Classification of hypertension in pregnancy based on Doppler velocimetry. Am J. Obstet Gyn. 1987; 157 (3); 680-87
- 8.- Ducey, J. Formas de onda de velocidad en la enfermedad hipertensiva. Clin obst Gyn North. 1990 (1); 671; 86.
- 9.- Farmakides, G. Schulman, H. Uterine-umbilical velocimetry in open heart surgery. Am J. Obstet Gyn. 1987; 156 (5); 1221-24.
- 10.- Farmakides, G. Schulman, H. Velocimetría de arterias umbilical en embarazo múltiple. Clin obst Gyn North. 1990 (1) 679-82.
- 11.- Fairlie, F. Lang., G. Umbilical artery flow waveforms in labour. Br J. Obst Gyn. 1989; 151 (2). 96-99.
- 12.- Fleischer, A. Guidetti, D. Formas de onda de velocidad de arteria umbilical en el feto con retraso en el crecimiento intrauterino. - Clin Obst Gyn North. 1990; (1) 653-62.
- 13.- Fleischer, A. Uterine and umbilical artery velocimetry during normal labour. Am J. Obstet Gyn. 1987; 151 (1); 40-45.
- 14.- Fitzgerald, J. Non-invasive measurement of human fetal circulation using ultrasound; a new method. Br. Med. J. 1977; (2): 1450-52.