

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE MEDICINA HUMANA**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE**  
**MEDICINA HUMANA**



**“DETERMINACIÓN DE VALORES DE LA VELOCIDAD SISTÓLICA  
PICO EN LA ARTERIA CEREBRAL MEDIA FETAL SEGÚN LA  
EDAD GESTACIONAL COMPRENDIDA ENTRE LAS 22 - 38  
SEMANAS, EN CAJAMARCA, A 2700 m.s.n.m. 2012 - 2013”**

**TESIS:**

**PARA OPTAR EL TÍTULO DE MÉDICO CIRUJANO**

**AUTORA:**

**ROMERO TORRES, IRIS JANET**

**BACHILLER EN MEDICINA**

**ASESOR:**

**MC. COLLANTES CUBAS, JORGE ARTURO**

**Cajamarca - Perú**

**2014**

**“DETERMINACIÓN DE VALORES DE LA VELOCIDAD SISTÓLICA  
PICO EN LA ARTERIA CEREBRAL MEDIA FETAL SEGÚN LA  
EDAD GESTACIONAL COMPRENDIDA ENTRE LAS 22 -38  
SEMANAS, EN CAJAMARCA, a 2700 m.s.n.m. 2012 –2013.”**

## **DEDICATORIA**

Al creador de todas las cosas, Él que me ha dado fortaleza para continuar cuando a punto de caer he estado; por ello, con toda la humildad que de mi corazón puede emanar, dedico primeramente mi trabajo a Dios.

De igual forma, dedico esta tesis con todo mi cariño y mi amor a mis padres, las personas que hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, a ustedes por siempre mi corazón y agradecimiento.

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar doy infinitamente gracias a Dios, por haberme dado la fuerza y el valor para culminar esta etapa de mi vida.

Agradezco también la confianza y el apoyo brindado a mis padres, que sin duda alguna, en el trayecto de mi vida, me han demostrado su amor, corrigiendo mis faltas y celebrando mis triunfos.

A mis hermanas por su apoyo incondicional y por demostrarme la gran fe que tienen en mí.

Al Gineco-Obstetra Jorge Arturo Collantes Cubas, asesor de tesis, por la invaluable colaboración y guía, que hizo posible la obtención y ejecución de este proyecto.

A mis amigas, Fiorela, Joselyne, Paola y Roxana, sin ustedes no existiría hoy esta tesis y no existiría esta amistad que tenemos, entre risas, bromas y enojos hemos culminado con éxito éste gran proyecto, las quiero.

A mis amigos y compañeros por hacer de mi etapa universitaria un trayecto de vivencias que nunca olvidaré.

Gracias a todas las personas que ayudaron directa e indirectamente en la realización de este proyecto.

## CONTENIDO

Ítem	Pág.
RESUMEN.....	7
ABSTRACT.....	8
INTRODUCCIÓN.....	9
<b>CAPÍTULO I. EL PROBLEMA CIENTÍFICO Y LOS OBJETIVOS</b>	
1.1. Definición y delimitación del problema.....	10
1.2. Formulación del problema.....	15
1.3. Justificación.....	15
1.4. Objetivos de la investigación.....	15
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO</b>	
2.1. Antecedentes del problema.....	17
2.2. Bases teóricas.....	20
2.3. Definición de términos básicos.....	49
<b>CAPÍTULO III. LA HIPÓTESIS: FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS Y DEFINICIÓN OPERACIONAL DE VARIABLES</b>	
3.1. Hipótesis.....	53
3.2. Definición operacional de variables.....	55
<b>CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA</b>	
4.1. Técnicas de muestreo: población y muestra.....	57
Tipo de estudio.....	57

Población.....	57
Muestra.....	57
4.2. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información.....	59
Técnica de recolección de datos.....	59
Análisis estadístico de datos.....	59
<b>CAPÍTULO V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	
5.1. Resultados.....	60
5.2. Discusión.....	67
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>71</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>72</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>74</b>

## **RESUMEN**

Nuestro objetivo fue determinar los valores de la velocidad sistólica pico de la arteria cerebral media fetal a 2700 m.s.n.m. usando la ecografía doppler.

Se tomaron 76 gestantes de diferentes edades gestacionales que acudieron a su control prenatal, sin factores de riesgo, en una Clínica de Cajamarca, a las que se les midió la velocidad sistólica pico de la arteria cerebral media fetal por un Gineco - Obstetra capacitado; con los valores obtenidos se elaboró una curva por cada edad gestacional, a esta altitud y para esta población.

Luego de establecer los casos por edad gestacional, se obtuvo como resultados la mediana y desviación estándar de la velocidad sistólica pico de la arteria cerebral media fetal, para cada edad gestacional; asimismo se determinó los múltiplos 1.29, 1.50 y 1.55 de la mediana de la velocidad sistólica pico de la arteria cerebral media fetal para las diferentes edades gestacionales del feto. Se encontró que las gestantes presentaron una edad promedio de (30.1 +- 5.3) años.

Como conclusión del presente trabajo de investigación se muestran los valores de la velocidad sistólica pico de la arteria cerebral media fetal y sus múltiplos a 2700 m.s.n.m. con lo que se elaboró una curva para dicha población.

## **PALABRAS CLAVE**

Velocidad sistólica pico de la arteria cerebral media fetal (VSP- ACM), altitud.

## **ABSTRACT**

Our objective was to determine the values of the peak systolic velocity of the fetal middle cerebral artery to 2700 meters above sea level using Doppler ultrasound.

we were taken 76 pregnant women of different gestational ages who attended prenatal care, without risk factors , in Cajamarca Clinic , which were measured peak systolic velocity of the fetal middle cerebral artery by a trained gynecology obstetrician , with values obtained was developed a curve for each gestational age, at this altitude and for this population.

After establishing cases by gestational age , were obtained results as the median and standard deviation of the peak systolic velocity of the fetal middle cerebral artery for different gestational age ; Likewise was determined multiples(1.29 , 1.50 and 1.55) of the medium peak systolic velocity of the fetal middle cerebral artery for different gestational age of the fetus. We found that pregnant women had an average age of (30.1 + - 5.3) years.

the conclusion of the present investigation are the values of peak systolic velocity of the fetal middle cerebral artery and its multiples at 2700 meters above sea level, and develop a curve for this population .

## **KEYWORDS**

Peak systolic velocity of the fetal middle cerebral artery (VSP -ACM), altitude.



## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación tiene como finalidad aportar con valores de la velocidad sistólica pico de la arteria cerebral media fetal según las edades gestacionales, comprendidas entre las 22-38 semanas, a 2700 m.s.n.m. valores, que se ha demostrado, sufren variación según la concentración de hemoglobina fetal y que hoy, después de un estudio de The New England Journal of Medicine, son utilizados para predicción de anemia fetal intrauterina sin requerir el uso de pruebas riesgosas e invasivas, como amniocentesis o cordocentesis; asimismo, según otros estudios se ha revelado que los valores de la velocidad sistólica pico de la arteria cerebral media fetal también pueden variar cuando son tomados a elevadas altitudes.

Actualmente no se cuenta con estudios que muestren valores de la velocidad sistólica pico de la arteria cerebral media fetal según la edad gestacional en Cajamarca, a una altitud de 2700 m.s.n.m. Dichas cifras podrían tener diferencias respecto a las establecidas por The New England Journal of Medicine.

Se esperarían cifras por debajo de los valores establecidos a nivel del mar, con algún factor de corrección, como el encontrado en un estudio a mayor altitud, en Cerro de Pasco, a 4300 m.s.n.m.<sup>14</sup> contradictorios a otro estudio, donde se demuestra la no variación de la velocimetría doppler fetal tanto a 40 como a 1609 m.s.n.m.<sup>15</sup>

El objetivo de esta investigación es determinar los valores de la velocidad sistólica pico de la arteria cerebral media fetal según las diferentes edades gestacionales, de mujeres embarazadas sin patología aparente, a 2700 m.s.n.m., y con ello elaborar una curva para esta población.

## **CAPÍTULO I.**

### **1. EL PROBLEMA CIENTÍFICO Y LOS OBJETIVOS**

#### **1.1 DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA**

La anemia fetal es una causa importante de morbimortalidad, tanto fetal como neonatal.<sup>1</sup> por esto la detección de la anemia fetal es una de las mayores preocupaciones en la práctica obstétrica. La anemia fetal es la disminución de la concentración de hemoglobina (Hb) con respecto a la media poblacional. Se ha demostrado que los niveles de hemoglobina fetal cambian a medida que avanza la gestación. Los rangos normales han sido establecidos usando la toma percutánea de muestras sanguíneas umbilicales y la anemia fetal se clasifica como leve, moderada o severa, dependiendo del grado de desviación de lo normal.<sup>1</sup>

Se puede diagnosticar anemia fetal por medio de métodos invasivos y no invasivos. La amniocentesis y cordocentesis, pruebas invasivas, han sido ampliamente utilizadas para el diagnóstico y el manejo de los fetos con riesgo de anemia por aloimmunización de glóbulos rojos, la Cordocentesis se considera la prueba "estándar de oro", ésta diagnostica con precisión el estado hematológico fetal. Sin embargo, esta prueba lleva consigo un significativo riesgo de complicaciones, como infección, sangrado, bradicardia fetal, ruptura prematura de membranas, y muerte fetal.<sup>2, 3</sup> Además, en un embarazo de alto riesgo, un solo procedimiento puede no ser suficiente; si una toma inicial no demuestra la anemia, y el riesgo para el desarrollo de la anemia generalmente persiste.

Tradicionalmente, la amniocentesis ha sido utilizada para seleccionar los casos que necesitan cordocentesis, también esta prueba invasiva tiene significativas desventajas. Los resultados más confiables para predecir anemia fetal en líquido amniótico son en embarazos mayores de 27 semanas por lo que la exactitud para identificar fetos anémicos tempranamente es controversial, además no hay datos confiables respecto a la frecuencia óptima para repetir esta prueba diagnóstica.<sup>4, 5</sup> Otra desventaja de la amniocentesis es que selecciona pacientes para cordocentesis de los cuales el 70% de los fetos tienen anemia leve o no son anémicos.

Tanto cordocentesis y la amniocentesis puede causar el empeoramiento de la aloinmunización materna, presumiblemente secundaria a hemorragia materno-fetal. Por lo tanto, un feto que no es en un principio anémico puede llegar a serlo y requerir una transfusión como consecuencia directa de la prueba invasiva.<sup>6, 7</sup>

Varios parámetros ecográficos y Doppler se han utilizado en los últimos 20 años para diagnosticar la anemia fetal. El que ha recibido la mayor atención en los últimos años es la velocidad sistólica pico de la arteria cerebral media (MCA-PSV).<sup>8</sup>

En 1990 se publicó el primer estudio que demuestra que la MCA-PSV fue un mejor predictor de la anemia fetal que el índice de pulsatilidad de la MCA; más tarde en 1993, se reportó que la MCA PSV tenía una sensibilidad del 100% para detectar fetos con anemia severa por isoimmunización, pero los falsos positivos superaban el 50%.<sup>4</sup> En 1995, se confirmaron estos resultados en un estudio prospectivo de Mari y Cols, y se desarrollaron los normogramas de la velocidad

pico sistólica de la arteria cerebral media en fetos normales para anemia leve, moderada y severa según la edad gestacional.<sup>4</sup>

A pesar de las ventajas con la MCA PSV, ésta no ganó amplia aceptación debido al limitado número de pacientes en los estudios iniciales. Posteriormente Mari y cols., realizaron un estudio multicéntrico para evaluar la factibilidad de la MCA PSV como único método diagnóstico con intención de tratamiento de cordocentesis a fetos que necesitaran transfusión intrauterina; este estudio encontró que el límite óptimo de MCA PSV para identificar anemia moderada era 1.50 MoM (múltiplos de la mediana), con sensibilidad de 100% y un 12% de falsos positivos y para anemia severa de 1.55 MoM (con sensibilidad del 100% y falsos positivos del 15%). Este estudio fue el único clasificado con nivel de evidencia 1 en una revisión sistemática de técnicas no invasivas para detectar anemia fetal debido a isoimmunización. Un estudio posterior demostró en el diagnóstico de anemia moderada y severa, una sensibilidad del 90%, especificidad del 100%, valor predictivo positivo del 100% y valor predictivo negativo del 89% para la MCA PSV.<sup>8</sup>

Posteriormente, Zimmermann y cols., realizaron un estudio multicéntrico con la intención de tratar en base a la tendencia de la MCA PSV. La decisión para realizar cordocentesis se basó exclusivamente en los valores de MCA PSV y se confirmó que la medición de la MCA PSV es un método exacto para monitorear estos embarazos con riesgo de anemia fetal, con sensibilidad del 88%, especificidad del 87%, VPN del 98% y VPP del 53% para anemia moderada y severa antes de las 35 semanas; también se evidenció que los falsos positivos se

incrementan luego de las 35 semanas de gestación; esto al parecer debido al aumento del tamaño y diámetro de los vasos, además se postula que los patrones de vigilia-sueño fetal podrían aumentar el gasto cardíaco fetal. Recientemente Sanin Blair y cols, en un nuevo ensayo clínico mostraron en 30 fetos isoimmunizados, que luego de las 35 semanas de gestación la sensibilidad de la MCA PSV fue de 66%, la especificidad del 85 %, el VPP del 33% y el VPN del 96%, los falsos positivos del 15% y falsos negativos del 4%, lo que indica un buen resultado para llevar estos fetos a término.<sup>8</sup>

La mayoría de los estudios publicados en los últimos años han ratificado que la MCA PSV es una excelente herramienta para diagnosticar anemia y es más recomendable para predecir anemia fetal que el Delta 450 de la amniocentesis. Chiaie y cols., confirmaron la presencia de una relación inversa entre el MCA PSV y valores de hemoglobina en fetos con riesgo de otros tipos de anemia (anticuerpos irregulares, infección por parvo virus B19). Adicionalmente la MCA PSV puede exactamente estimar el grado de anemia en otras condiciones tales como hemorragia feto-materna, hydrops no inmune y en síndrome de transfusión feto-feto.<sup>8</sup>

En concepto de Mari y el grupo colaborativo multicéntrico la MCA PSV es uno de los pocos descubrimientos en medicina perinatal que han cambiado totalmente el diagnóstico y el manejo cuidado de estas pacientes, disminuyendo entre 50-60% los procedimientos invasivos (amniocentesis y cordocentesis) y por lo tanto no exponer a los fetos no anémicos o levemente anémicos, seleccionando

a los verdaderamente anémicos para ser tratados en forma adecuada con transfusiones fetales intravasculares.<sup>8</sup>

No obstante la importancia de la medida de la velocidad sistólica pico de la arteria cerebral media como prueba para la detección y seguimiento de anemia fetal, no existen trabajos que den cuenta de valores de la velocidad sistólica pico de la arteria cerebral media fetal, para las diferentes edades gestacionales, a una altitud de 2700 m.s.n.m.; la realización de este trabajo permitirá construir una curva con valores de la velocidad sistólica pico de la arteria cerebral media fetal en Cajamarca.

Será necesario mencionar que este estudio además nos servirá para encontrar valores que tengan las gestantes sin aparente complicaciones de su embarazo y/o presencia de anemia fetal; ya que en este estudio no se hace la conclusión entre los cambios de la velocidad sistólica pico de la arteria cerebral media y los valores de hemoglobina fetal. El siguiente trabajo elaborará una curva de la velocidad sistólica pico de la arteria cerebral media fetal según la edad gestacional de fetos normales.

## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cuáles son los valores de la velocidad sistólica pico de la arteria cerebral media fetal según la edad gestacional comprendidas entre las 22-38 semanas, en Cajamarca, a 2700 m.s.n.m.?

## **1.3 JUSTIFICACIÓN**

El presente trabajo de investigación tiene como finalidad aportar con valores de la velocidad sistólica pico de la arteria cerebral media fetal según la edad gestacional comprendidas entre las 22-38 semanas, a una altitud de 2700 m.s.n.m., con la obtención de estos datos se elaborará una curva para dicha población; ya que aún no se cuentan con estos estudios a esta altitud, los cuales podrían servir de base para otros estudios y para la elaboración de un normograma para esta altitud.

## **1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **OBJETIVO GENERAL**

- Determinar valores de la velocidad sistólica pico de la arteria cerebral media fetal según edad gestacional, comprendida entre las 22- 38 semanas, a 2700 m.s.n.m. Cajamarca. 2012 –2013.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Elaborar una curva para esta población con valores de la velocidad sistólica pico de la arteria cerebral media fetal según la edad gestacional, comprendida entre las 22- 38 semanas, en Cajamarca, a 2700 m.s.n.m.
- Determinar los valores de los múltiplos (1.29, 1.50, 1.55); de la mediana de la velocidad sistólica pico de la arteria cerebral media fetal según la edad gestacional; para esta altitud y para esta población.



## **CAPÍTULO II.**

### **2. MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA**

Varios parámetros ecográficos y Doppler se han utilizado en los últimos 20 años para diagnosticar la anemia fetal. El que ha recibido la mayor atención en los últimos años es la velocidad sistólica pico de la arteria cerebral media fetal (MCA-PSV).<sup>8</sup>

Mari y otros, realizaron un estudio multicéntrico para evaluar la factibilidad de la ACM-VPS como único método diagnóstico con intención de tratamiento con cordocentesis a fetos que necesitaban transfusión intrauterina; este estudio encontró que el límite óptimo de la ACM-VPS para identificar anemia moderada era 1,50 MoM y para la anemia severa 1,55 MoM con una sensibilidad del 100 % y un 12 y 15 % respectivamente de falsos positivos. Años más tarde los mismos autores publicaron un estudio que fue el único clasificado con nivel de evidencia I en una revisión sistemática de técnicas no invasivas para detectar anemia fetal debido a isoimmunización.<sup>8</sup>

La mayoría de los estudios publicados en los últimos años han notificado que el Doppler de la ACM-VPS es una excelente herramienta para diagnóstico de anemia fetal, disminuye un 50-60% los procedimientos invasivos (amniocentesis y cordocentesis) y por lo tanto no expone a los fetos no anémicos o levemente anémicos, seleccionando a los verdaderamente

anémicos para ser tratados de forma adecuada con transfusiones fetales intrauterinas<sup>16</sup>

En el 2001, el centro de investigación de medicina fetal Birthright Harris, de la universidad Kin's College, el Departamento de Obstetricia y Ginecología, y el Departamento de Ciencias de Salud Pública; de Londres- UK; realizaron un estudio junto al Instituto Materno Perinatal; de Lima- Perú; para determinar las características de la impedancia y de la velocidad de la circulación fetal mediante el uso de la ecografía Doppler, usando una población a muy elevada altitud (4.300 m) en los Andes peruanos en comparación con una población étnicamente similar a nivel del mar. En el estudio se llegó a la conclusión de que a pesar de que el oxígeno ambiental es más bajo a gran altura y al aumento de PI de la arteria umbilical, la circulación fetal no presentó un "efecto cerebral ahorrador". Esto y la disminución general de las velocidades de flujo de la circulación sanguínea en el feto a gran altitud pueden ser, según el estudio, debido al mayor hematocrito fetal, que se traduce en un aumento de la viscosidad de la sangre.<sup>14</sup>

En el 2000, la revista americana de obstetricia y ginecología publicó un estudio comparativo de la velocimetría doppler de la circulación de fetos normales tanto a baja como a alta altitud, para ello utilizaron una población a 40 y 1609 m.s.n.m., donde se concluye que no hubo diferencia de la velocimetría doppler fetal en estas dos poblaciones.<sup>15</sup>

No obstante la importancia de medida de la velocidad sistólica pico de la arteria cerebral media como prueba para la detección y seguimiento de anemia fetal, no existen trabajos que den cuenta de valores de la velocidad sistólica pico de la arteria cerebral media fetal, para las diferentes edades gestacionales, a una altitud de 2700 m.s.n.m.; la realización de este trabajo permitirá elaborar una curva para esta población, a esta altitud.

## **2.2 BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1. INTRODUCCIÓN**

El uso del doppler en la obstetricia se ha extendido fuera de las unidades especializadas y se ha generalizado para la toma de decisiones. Los protocolos de utilización estandarizados y sistemáticos limitan enormemente la probabilidad de error de una técnica que de otra forma presenta una gran variabilidad.

Para el entendimiento del uso del doppler en la medicina fetal es esencial tener conocimiento de:

- Definición y mecanismos de función del doppler
- Fisiopatología y los cambios hemodinámicos materno fetales, asociados a las condiciones que pretendemos evaluar, para una correcta interpretación de lo que vamos a buscar y medir en cada caso.

### **2.2.2. DEFINICIÓN Y MECANISMOS DE FUNCIÓN DEL DOPPLER**

Efecto Doppler es el cambio en la frecuencia recibida desde un receptor fijo, en relación a una fuente emisora en movimiento. Este principio aplicado al ultrasonido (>20 KHz) nos permite conocer ondas de velocidad de flujo de un vaso determinado.<sup>9</sup>

El efecto Doppler estableció el principio del cambio de frecuencias en la transmisión del sonido cuando existen movimientos relativos entre la fuente

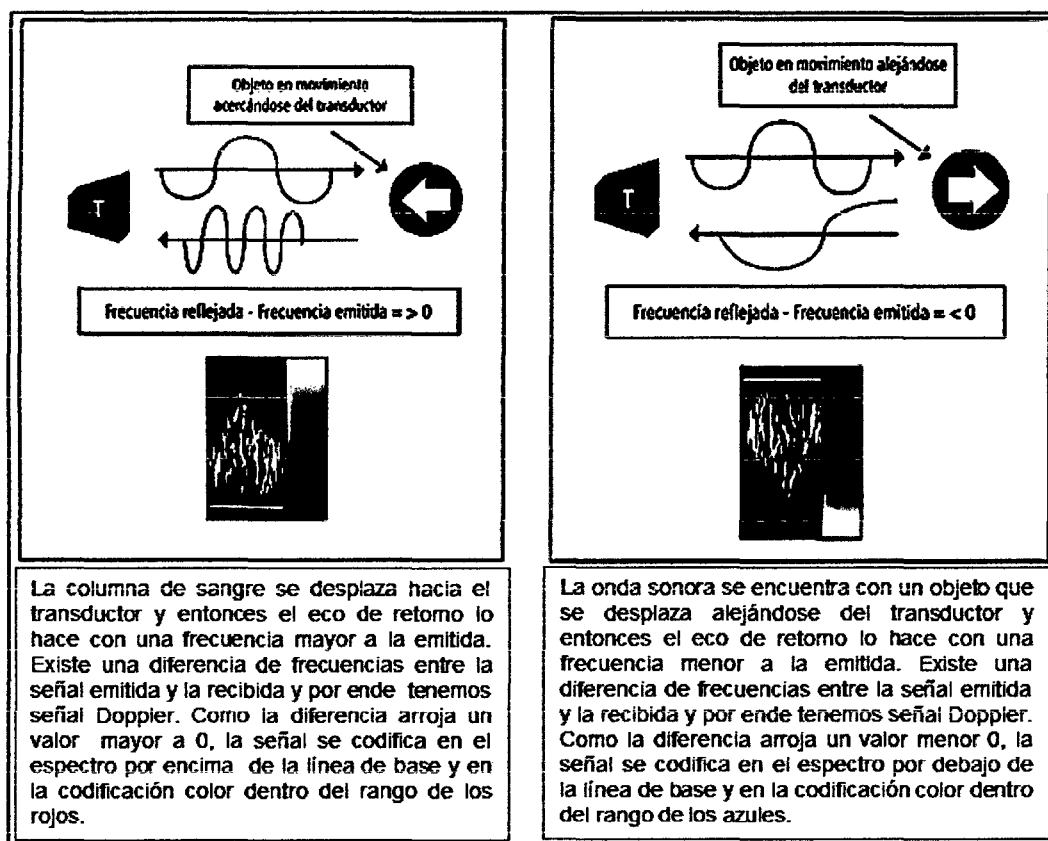
emisora del sonido y el receptor. Además desarrolló la fórmula para calcular la velocidad a partir del viraje de frecuencias.<sup>9</sup>

El efecto Doppler consiste en el cambio de frecuencia que ocurre en la onda transmitida cuando existe un cambio relativo de posición entre la fuente de emisión del sonido y el receptor. La variación de frecuencia que se produce se conoce como cambio de frecuencia Doppler o viraje de frecuencia Doppler. Cuando la fuente de emisión del sonido y el receptor se acercan, la frecuencia del sonido aumenta. El efecto Doppler se aplica a todas las formas de transmisión de ondas y no depende de quién experimente el movimiento. Esto es, el efecto Doppler se produce tanto si se mueve el receptor o la fuente emisora o ambos.<sup>9</sup>

La utilidad del efecto Doppler reside en el hecho de que el cambio en la frecuencia se encuentra relacionado con la velocidad del movimiento entre la fuente y el receptor, y por lo tanto puede ser utilizado para estimar velocidades. Su aplicación en los sistemas de ultrasonido médico diagnóstico nos permite registrar el cambio de frecuencia que se produce cuando evaluamos el movimiento de la sangre dentro de un vaso determinado. Podemos establecer que cuando un haz de ultrasonido impacta contra un objeto que se encuentra en movimiento, el eco que retorna al transductor lo hace con una frecuencia modificada. El equipo de ultrasonido puede representar ese cambio de frecuencia de diferentes maneras. De forma audible, con un sonido de frecuencias variables correspondientes al cambio producido en las mismas, de manera espectral, con trazos en función del

tiempo de diferente altura, tanto mayor cuanto mayor sea el viraje de frecuencia o mediante codificación color, en la gama de los rojos si el movimiento es en sentido de aproximación o en la de los azules si el objeto registrado se aleja del transductor.<sup>9</sup>

**FIGURA 1. Frecuencias reflejadas y emitidas.**



Fuente: Revista chilena de ultrasonografía.

El cambio en la frecuencia que se produce cuando el haz de ultrasonido impacta contra un vaso sanguíneo no depende únicamente de los cambios de la velocidad de la sangre sino también de otros factores. Esos diferentes factores que determinan el cambio de frecuencias o viraje de frecuencias Doppler están contenidos en una fórmula conocida como “ecuación Doppler”.

La ecuación Doppler nos dice que el viraje de frecuencia que se produce es directamente proporcional a la velocidad del objeto en movimiento por la frecuencia de ultrasonido emitida y por el coseno del ángulo de insonación e inversamente proporcional a la velocidad de transmisión del sonido en los tejidos.<sup>9</sup>

**FIGURA 2. Ecuación Doppler.**

$$\Delta F = \frac{2 \times V \times FT \times \cos \theta}{C}$$

**Donde** :  $\Delta F$  Diferencia o viraje de frecuencias (emitida/recibida)  
**V** : velocidad del objeto reflector (sangre habitualmente)  
**FT** : frecuencia transmitida (frecuencia del transductor que utilizamos)  
**cos $\theta$**  : coseno del ángulo de insonación o ángulo  
**C** : velocidad de transmisión del sonido en los tejidos (1540 m/s)

Fuente: Revista chilena de ultrasonografía.

Para la correcta operación de un equipo con Doppler es requisito un adecuado y profundo conocimiento de otros factores relacionados con la física e instrumentación, como son el ángulo de ataque de los vasos, la frecuencia de repetición de pulsos, el fenómeno de aliasing, el manejo de filtros, ganancias, velocidad de barrido, etc. Sin embargo, estos temas escapan al propósito de esta síntesis.<sup>9</sup>

### **2.2.3. FISIOPATOLOGÍA Y LOS CAMBIOS HEMODINÁMICOS MATERNO FETALES**

#### **A. BIODINÁMICA CARDIACA DE LA EMBARAZADA**

El embarazo normal está acompañado por adaptaciones del sistema cardiovascular materno y que incluyen un incremento en el gasto cardíaco y disminución de la presión sanguínea y de la resistencia vascular sistémica. Los cambios precisos y su explicación permanecen bajo discusión.<sup>7</sup>

“En el estudio de Oppen citado por Dushyant y cols. Los autores mostraron rangos muy amplios en los valores del gasto cardíaco reportados estudios incorporados al meta-análisis, pero a pesar de las limitaciones se puede concluir señalando que existe una tendencia a valores más elevados del gasto en el segundo trimestre si se les compara con los del primero y que dichos valores son más bajos en el tercer trimestre si se les compara con los del segundo trimestre”<sup>6</sup>

“Por otra parte están los estudios de Hennessy y Cols, quienes demostraron un pico de 49% de incremento en el gasto cardíaco a las 32 semanas de gestación que luego declinó a un 21% al término. Dushyant y cols reportan un incremento del gasto cardíaco predominantemente hacia el final de la mitad del embarazo y continúa incrementando con un pico al término, reportando además un dramático descenso de la resistencia vascular sistémica al inicio del tercer trimestre”.<sup>7</sup>

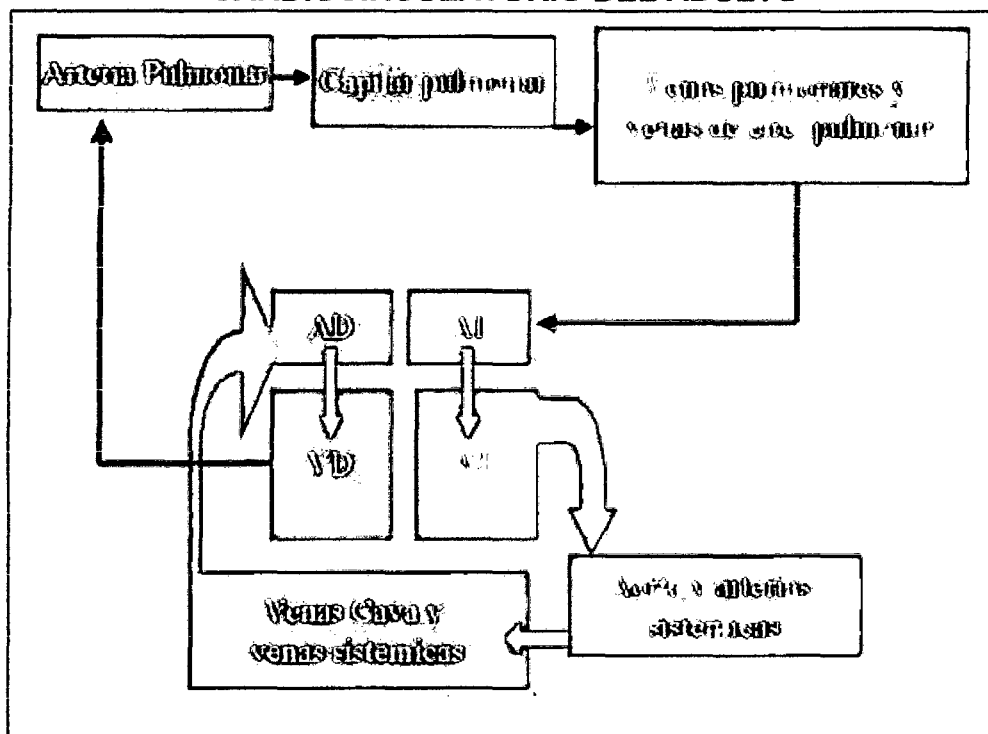
La bomba cardíaca de la gestante debe realizar un mayor trabajo, pues debe movilizar un mayor volumen cardíaco por unidad de tiempo a fin de



cubrir las demandas impuestas por la placenta y el feto y de allí que estos autores encuentran una relación estadísticamente significativa entre el área corporal materna y el peso del neonato.<sup>7</sup>

Otro aspecto a tomar en cuenta es que la sangre de la gestante sufre modificaciones fisiológicas importantes impuestas por la hemodilución y el descenso de los valores de hemoglobina que conducen a una disminución de la viscosidad sanguínea, al menos en condiciones normales, ya que en las patologías propias de la gravidez puede ocurrir una hemoconcentración, con aumento de factores pro coagulantes y que unidos a una respuesta vaso espástica exagerada pueden comprometer el desplazamiento del fluido hemático al aumentar la viscosidad y la resistencia vascular sistémica. Los cambios en la red vascular útero placentaria se tratan más adelante.<sup>7</sup>

**FIGURA 3. DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA CARDIOCIRCULATORIO DEL ADULTO**



Fuente: Smith, Roger p.; Netter, Frank. "Obstetricia, ginecología y salud de la mujer". 2004

## **B. CIRCULACIÓN FETAL**

La evaluación de los circuitos vasculares que integran la unidad útero-placento- fetal, constituyen hoy en día un pilar fundamental en el diagnóstico prenatal, tanto de las condiciones fisiológicas tanto como las que imperan en casos de anomalías congénitas.<sup>7</sup>

Con la información disponible en la actualidad se pueden configurar cinco circuitos vasculares en la unidad materno-placento-fetal.<sup>7</sup>

El primer circuito es el útero-placentario, e incluye las ondas de velocidad de flujo de la arteria uterina, el espacio retrocorial, la arteria umbilical y vena umbilical, sectores que han demostrado utilidad en la predicción de los trastornos hipertensivos del embarazo (THE), el crecimiento fetal retardado (CFR), y el desprendimiento prematuro de placenta (DPP).<sup>7</sup>

El segundo circuito es el umbilico-porta-ductal integrado por la trayectoria intra abdominal de la vena umbilical, su llegada al seno portal, su continuación con el ductus venoso o de Arancio, a través del cual el flujo sanguíneo proveniente de la placenta atraviesa la aurícula derecha, alcanza la izquierda y de allí el ventrículo izquierdo para ser lanzada hacia la aorta ascendente; la evaluación de este sector vascular ha demostrado ser de importancia en los casos de anomalías cardíacas tanto estructurales como funcionales.<sup>7</sup>

El tercer circuito es el aórtico-cerebral que como su nombre lo indica está integrado por la aorta ascendente y su arco, los vasos del cuello y los

cerebrales, y de cuyo estudio flujométrico tanto arterial como venoso puede obtenerse importante información durante la hipoxia intrauterina y la puesta en marcha de los mecanismos de redistribución de flujo y vasodilatación cerebral (circuito de ahorro).<sup>7</sup>

El cuarto circuito es el ductus-pulmonar cuyos componentes son el ductus arterioso de Botalli (DA), la arteria pulmonar (AP) y las venas pulmonares, cuyo abordaje mediante el Doppler permite la evaluación del desarrollo del lecho pulmonar, de las cardiopatías ductus dependientes y del efecto constrictor que sobre el ductus ejercen los fármacos que inhiben la síntesis de las prostaglandinas y otros medicamentos. A través de este circuito circula la sangre que proviene de las venas cava (superior e inferior), pasa a la aurícula derecha, luego al ventrículo derecho y de allí hacia el tronco de la arteria pulmonar, ductus arterioso y arterias pulmonares.<sup>7</sup>

El quinto circuito es el corpóreo-umbilical el cual cierra el sistema vascular fetal y está integrado por todas las ramas de la arteria aorta descendente, encontrándose la arteria renal, la esplénica, la mesentérica superior y las umbilicales. Se incluye además en este circuito, la vena umbilical en su trayecto extra fetal. Sus integrantes han sido estudiados mediante el Doppler pulsado tanto en condiciones normales como en las patológicas.<sup>7</sup>

El trabajo cardíaco se realiza en función de dos elementos fundamentales, la precarga y la post carga, la primera está íntimamente

vinculada con el retorno venoso hacia el corazón y depende del volumen de sangre disponible y eyectado por el ventrículo derecho e izquierdo del corazón fetal y de las presiones residuales en las cavidades auriculares hacia las que regresa dicho flujo, es por ello que resulta de gran pertinencia la evaluación flujométrica tanto del sistema eferente (arterial) como el aferente (venoso).<sup>7</sup>

### **C. RED VASCULAR PLACENTO-FETAL**

El sistema aferente o venoso en el feto está integrado por las venas cavas superior e inferior, el ductus venoso, las venas hepáticas y las venas pulmonares, la vena porta principal desemboca en la vena porta derecha intra hepática la cual está conectada al seno portal al igual que las venas porta izquierdas intra hepáticas inferior y superior. El sistema venoso aferente incluye la vena umbilical, la cual drena en el seno portal en forma de L, este se conecta con las venas portales intra hepáticas derecha e izquierdas (superior e inferior) que perfunden los lóbulos respectivos. La vena porta derecha posee un gran número de ramas, siendo la arquitectura muy variable entre los especímenes, su grosor es marcadamente mayor que las venas portales intra hepáticas izquierdas.<sup>7</sup>

En consecuencia el seno portal es el espacio vascular comprendido entre el punto de origen de la vena portal inferior izquierda al punto de origen de la vena portal derecha. Las venas que se originan de la confluencia de la vena esplénica y de la vena mesentérica superior desembocan en la vena portal extra hepática.<sup>7</sup>

El ductus venoso se origina al final del seno portal formando un ángulo con este con giro hacia la derecha, dentro del lóbulo derecho del hígado dirigiéndose hacia el diafragma en búsqueda del vestíbulo venoso sub diafragmático, sus paredes son convergentes a manera de vidrio de reloj y su ostium de desembocadura, con orientación hacia el foramen oval. El ductus venoso de Arancio garantiza que parte de la sangre oxigenada que retorna a la placenta alcance la aurícula izquierda a través del agujero oval.<sup>7</sup>

En resumen, la sangre oxigenada que llega al hígado a través de la vena umbilical, drena en el seno venoso portal y desde allí sigue por cuatro vías, la de la vena porta derecha, la de las venas portas izquierdas (inferior y superior) y la del ductus venoso de Arancio. El mayor volumen (60-70%) de sangre se distribuye en el lóbulo izquierdo y derecho del hígado, mientras que el restante sigue la vía del ductus venoso hacia el vestíbulo venoso sub diafragmático y de allí pasa desde la aurícula derecha hacia la izquierda a través del foramen oval.<sup>7</sup>

La sangre oxigenada que perfunde a los lóbulos hepáticos es recolectada por las venas supra hepáticas izquierda, media y derecha que junto a la vena cava inferior alcanzan también el vestíbulo venoso sub diafragmático, vertiéndose el contenido de estas en la aurícula derecha.<sup>7</sup>

El sistema venoso hepático aferente está integrado por un conjunto de vasos que nacen en los lóbulos hepáticos derecho e izquierdo y que convergen en troncos venosos principales: venas hepáticas derecha, media e izquierda, la izquierda y la media son anteriores y corren en el mismo sentido del ductus



#### **2.2.4. DOPPLER EN MEDICINA OBSTÉTRICA Y FETAL**

El Doppler es una técnica progresivamente incorporada en Medicina Materno-fetal. A través de la ecografía Doppler se puede evaluar tanto la circulación uterina como la fetal. Existe una secuencia racional de explicación de los fenómenos hemodinámicos e histológicos que finalmente producen consecuencias clínicas características. Ella constituye la base del análisis Doppler.<sup>7</sup>

Fenómenos aún no del todo dilucidados producen una alteración en el proceso de transformación de las arterias espirales en vasos útero-placentarios de menor resistencia. Estos cambios se reflejarían en ondas de velocidad de flujo uterino alteradas. Esta situación de hipoxia del espacio intervelloso se traduciría potencialmente en cambios hemodinámicos e histológicos placentarios, como: vascularización anormal de vellosidades terciarias, áreas de isquemia, infarto, y aterosclerosis. El aumento consiguiente de los índices umbilico-placentarios y la hipoxia asociada explican una serie de ajustes cardiovasculares fetales.<sup>7</sup>

El principal fenómeno a nivel fetal está relacionado con cambios regionales en la resistencia vascular de diferentes órganos. Durante la hipoxia fetal se produce una redistribución del flujo sanguíneo en favor de cerebro, miocardio y suprarrenales, a expensas de territorio pulmonar, renal, esplácnico, muscular y piel. Paralelamente existe un privilegio de circuitos intrafetales (extra e intracardíacos) de mayor velocidad y oxigenación, también destinados, y por mecanismos aún no debidamente dilucidados, a un mayor aporte cerebral de oxígeno (conducto venoso-foramen oval-conducto arterioso).<sup>7</sup>

Una adecuada interpretación clínica de cada uno de estos fenómenos constituye la base de la introducción de la velocimetría Doppler en la práctica obstétrica.<sup>7</sup>

Es posible evaluar con Doppler la uterina dentro del miometrio y esto refleja, en parte la irrigación arterial (materna) de la placenta y del espacio intervelloso. En un útero no grávido, la uterina presenta escaso flujo diastólico, a medida que progresa la gestación normal se observa una caída progresiva de la resistencia especialmente durante el segundo trimestre, puesta en evidencia por el aumento de velocidad del flujo diastólico en el estudio Doppler, debido a que fisiológicamente durante las 16 y 20 semanas de gestación se produce la segunda invasión del trofoblasto, siendo reemplazado el endotelio por células del citotrofoblasto y de ahí en adelante se origina un circuito de baja resistencia, alto flujo y desaparece la incisura diastólica; de esta manera se forma una onda característica a partir de las 26 semanas de gestación.<sup>7</sup>

#### **HEMODINAMIA – RESISTENCIA PERIFÉRICA**

La hemodinamia estudia el comportamiento de la sangre en el aparato circulatorio. La dinámica circulatoria de la sangre en el cuerpo humano es compleja debido a diferentes factores, entre los que se encuentran las características propias de la sangre, el movimiento pulsátil, la marcada ramificación del árbol vascular y la geometría variable (por elasticidad) del mismo.<sup>9</sup>

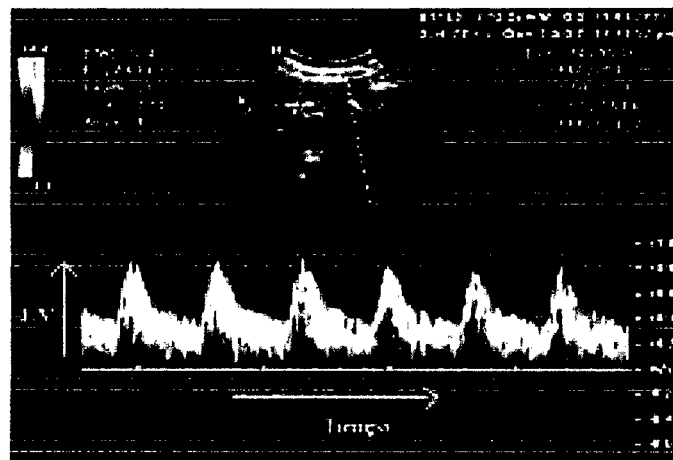


El estudio de la velocidad de la sangre circulando y la evaluación de la resistencia periférica son dos elementos de gran utilidad en la evaluación hemodinámica fetal y por lo tanto es importante conocer los principios que las regulan. La imagen espectral que nos demuestra el equipo de ultrasonografía Doppler consiste en la representación gráfica del movimiento de los glóbulos rojos con respecto al tiempo. En el eje vertical se representan los virajes de frecuencia (en KHz), convertidos a velocidades (cm/seg o m/seg) y en el eje horizontal el tiempo.<sup>9</sup>

Cuando se está registrando la circulación arterial entonces una onda completa corresponde a un ciclo cardiaco. El inicio de la onda corresponde al comienzo de la sístole ventricular. Se produce entonces la fase ascendente de la sístole hasta alcanzar el pico de mayor velocidad correspondiente a la velocidad sistólica máxima, luego desciende la velocidad, en la fase descendente de la sístole.<sup>9</sup>

Al final de esta fase suele apreciarse en territorios de elevada velocidad una escotadura que corresponde al cierre de la válvula aórtica. Este hallazgo es poco frecuente en la circulación fetal. Se inicia a partir de ahí la diástole y se alcanza el extremo derecho de la onda que representa la velocidad de fin de diástole.<sup>9</sup>

**FIGURA 5. FORMA DE ONDA DE VELOCIDAD DE FLUJO**



Forma de onda espectral de velocidad de flujo. En el eje vertical se representan los diferentes cambios de frecuencia (F/V). Cuanto más nos alejamos de la línea de base en uno u otro sentido mayor es el cambio de frecuencia. S: velocidad sistólica máxima. D: velocidad de fin de diástole

Fuente: Revista chilena de ultrasonografía.

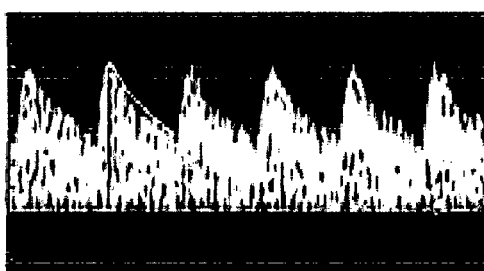
Por lo tanto en una forma de onda de flujo arterial se pueden considerar tres velocidades.<sup>9</sup>

- A o S: velocidad sistólica máxima
- B o D: velocidad de fin de diástole.
- M: velocidad media. Corresponde a un promedio que efectúa el equipo de las diferentes velocidades registradas a lo largo de todo el ciclo.

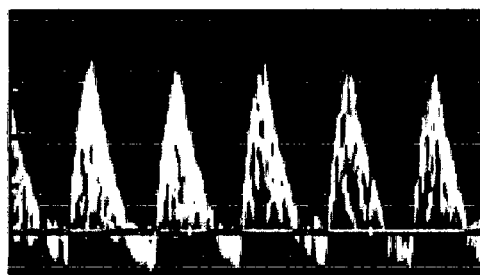
Una de las aplicaciones más importantes del Doppler en obstetricia consiste en la determinación de los diferentes índices de resistencia de un vaso determinado con el propósito de determinar la resistencia del lecho distal al mismo. El ejemplo más representativo lo constituye la evaluación de la resistencia de la arteria umbilical que nos brinda una idea de la resistencia del

lecho vascular placentario y consecuentemente de su integridad. Por lo tanto, cuanto menor sea la velocidad del flujo de fin de diástole y por ende mayor la diferencia entre la velocidad sistólica máxima y la velocidad de fin de diástole, mayor será la resistencia en el lecho distal.<sup>9</sup>

### FIGURA 6. REPRESENTACIÓN DE ONDA DE FLUJO



Representación espectral de una onda de flujo de baja resistencia. Se observa abundante flujo diastólico.



Representación espectral de una onda de flujo de muy elevada resistencia. Se observa flujo reverso durante la diástole.

Fuente: Revista chilena de ultrasonografía.

En las figuras se muestran diferentes formas de onda de velocidad de flujo que responden a distintos patrones de resistencia. Vemos que subjetivamente podemos calificar una onda como "de elevada o baja resistencia", según la proporción de flujo de fin de diástole. Sin embargo, con el propósito de homogeneizar las determinaciones y tornarlas más reproducibles es mejor emplear los índices elaborados para tal fin.<sup>9</sup>

Los más utilizados son:

$$\text{Índice A/B o S/D} = \frac{A}{B}$$

$$\text{Índice de Resistencia} = \frac{A - B}{A}$$

$$\text{Índice de Pulsatilidad} = \frac{A - B}{M}$$

**Donde**

**A:** Velocidad sistólica máxima

**B:** Velocidad de fin de diástole

**M:** Velocidad media

## **LA CIRCULACIÓN CEREBRAL**

La circulación intracerebral puede ser detectada mediante Doppler color tan precozmente como 8 semanas de gestación (Kurjak A, 1993). Existe una diferencia significativa entre circulación cerebral y la de otros territorios en etapas tempranas del embarazo. La impedancia disminuye progresivamente durante el transcurso del embarazo. Este fenómeno ocurre precozmente a nivel cerebral (flujo diastólico positivo desde las 11 semanas), en relación a territorio aórtico o umbilical (flujo diastólico positivo desde las 15 semanas). Este interesante mecanismo de autorregulación cerebral que asegura aporte de oxígeno y glucosa al cerebro embrionario en sus primeros estadios de desarrollo es, de hecho, el mecanismo más importante de ajuste posterior ante situaciones críticas de disminución de perfusión intracraneana.<sup>9</sup>

- **CARACTERÍSTICAS DE ONDA DE VELOCIDAD DE FLUJO:** es una onda de tipo mediana a alta resistencia. La evolución de sus índices de evaluación sigue un curso parabólico durante el embarazo. Vasodilatación fisiológica entre las 15 a 20 semanas, y hacia el término,

refleja el alto grado de actividad metabólica cerebral en estos períodos. Rangos de normalidad para IP de arteria cerebral media, han sido establecidos en un estudio combinado longitudinal y transversal, realizado por G.Mari.<sup>9</sup>

- **SIGNIFICADO DE ONDA ANORMAL:** probablemente la alteración más significativa, a este nivel, es un aumento importante en el flujo sanguíneo cerebral. Este fenómeno, llamado "brain sparing", se genera como mecanismo compensatorio ante situación de hipoxia fetal. Es así que valores de IP < de p 5 para la edad gestacional, deben ser interpretados (dentro de un contexto de sospecha de hipoxia fetal), como un mecanismo activo de vasodilatación cerebral. En general, valores absolutos de IP <1,2 deben hacer sospechar redistribución de flujo. Se ha propuesto el uso de una relación de índices cerebrales con umbilicales, siendo la relación cerebro-placentaria <1 la que se correlaciona con mal resultado perinatal. Se debe evaluar, además, el impacto clínico de la vasoconstricción concurrente en territorios pulmonar, intestinal y renal.<sup>9</sup>

### **2.2.5. ANEMIA FETAL**

Anemia es la disminución del contenido de glóbulos rojos de la sangre o del contenido de hemoglobina en los glóbulos rojos, en el feto, determinando una incapacidad para el transporte de oxígeno a los tejidos. La anemia aumenta el riesgo de morbilidad fetal, tanto por sí misma, como por la causa que la originó.<sup>1</sup>

La anemia se define como una disminución de la concentración de hemoglobina por debajo de 2 desviaciones estándar o  $< 0,84$  MoM con respecto a la media poblacional. La concentración de Hb en el feto normalmente aumenta con el embarazo, de 11 g/dL a las 18 semanas a 14 g/dL a las 40 semanas.<sup>1</sup>

#### **A. CLASIFICACIÓN**

La concentración normal de hemoglobina fetal, según edad gestacional, ha sido establecida por cordocentesis, catalogando la anemia como leve, moderada o severa según el grado de desviación de la mediana para la edad gestacional.<sup>1</sup>

La anemia fetal puede ser clasificada de acuerdo al grado de desviación desde la mediana para la edad gestacional.<sup>1</sup> (tabla 1)

- Anemia leve: déficit de Hb de 2 a 4 g/dL (-2 a -3,9 DE).
- Anemia moderada: déficit de Hb de 4 a 6 g/dL (-4 a -6 DE)
- Anemia severa: déficit de Hb  $>6$  g/dL ( $> -6$  DE)

**TABLA 1. RANGOS DE REFERENCIA PARA CONCENTRACIÓN DE LA HEMOGLOBINA EN FUNCIÓN DE LA EDAD GESTACIONAL.**

<b>Hemoglobina fetal (múltiplos de la mediana)</b>					
<b>Edad gestacional (semanas)</b>	<b>1,16 g/dL</b>	<b>1,00 (mediana) g/dL</b>	<b>0,84 g/dL</b>	<b>0,65 g/dL</b>	<b>0,55 g/dL</b>
<b>18</b>	12,3	10,6	8,9	6,9	5,8
<b>20</b>	12,9	11,1	9,3	7,2	6,1
<b>22</b>	13,4	11,6	9,7	7,5	6,4
<b>24</b>	13,9	12,0	10,1	7,8	6,6
<b>26</b>	14,3	12,3	10,3	8,0	6,8
<b>28</b>	14,6	12,6	10,6	8,2	6,9
<b>30</b>	14,8	12,8	10,8	8,3	7,1
<b>32</b>	15,2	13,1	10,9	8,5	7,2
<b>34</b>	15,4	13,3	11,2	8,6	7,3
<b>36</b>	15,6	13,5	11,3	8,7	7,4
<b>38</b>	15,8	13,6	11,4	8,9	7,5
<b>40</b>	16,0	13,8	11,6	9,0	7,6

Fuente: Revista Peruana de Ginecología y Obstetricia

## **B. CAMBIOS FISIOPATOLÓGICOS EN LA ANEMIA FETAL**

En la anemia leve y moderada disminuye el contenido de oxígeno en sangre, pero la  $pO_2$ ,  $pCO_2$  y pH permanecen en rangos normales. Se produce aumento de la concentración de 2,3- difosfoglicerato (DPG) y disminución de la afinidad al oxígeno por parte de la Hb (facilita transporte a los tejidos). Aumenta la concentración plasmática de lactato en la arteria umbilical, pero se elimina al pasar por la placenta y se mantiene en niveles normales en la vena umbilical. <sup>1</sup>

En la anemia severa, cuando el contenido de  $O_2$  es  $< 2$  mmol/L, aumenta tanto el lactato en la arteria umbilical que supera la capacidad de aclaramiento a nivel placentario, lo que produce aumento exponencial de la concentración de lactato en la vena umbilical (acidosis fetal). Si la hemoglobina fetal cae por debajo de los 6 g/dL, se desarrolla hidropesía fetal y, si empeora, se produce la muerte fetal. <sup>1</sup>

## **C. CAUSAS DE ANEMIA FETAL**

La anemia no es una entidad específica, sino un signo de un proceso patológico subyacente. Existen hasta 11 causas de anemia fetal; sin embargo, en forma práctica podemos agruparlas en 5 categorías principales:<sup>1</sup>

1. Causa autoinmune: ISO inmunización Rh.
2. Causa infecciosa: parvovirus B-19.
3. Causa hemoglobinopática: alfa talasemia.



4. Causa feto-materna: hemorragia feto – materna
5. Causa placentaria: corioangioma, síndrome de transfusión gemelo a gemelo (TTTS).

#### **D. DIAGNÓSTICO DE ANEMIA FETAL**

Se puede diagnosticar anemia fetal por medio de métodos invasivos y no invasivos. El estándar de oro es la cordocentesis. <sup>1</sup>

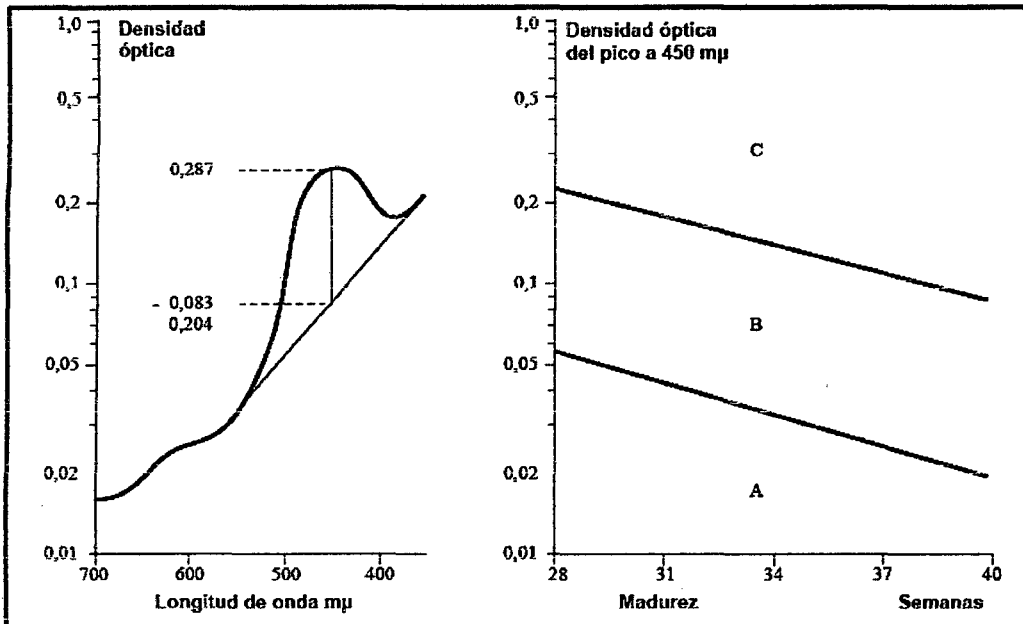
##### **I. MÉTODOS DIAGNÓSTICOS INVASIVOS DE LA ANEMIA FETAL**

###### **a) AMNIOCENTESIS**

Mide la concentración de bilirrubina en el líquido amniótico, mediante espectro fotometría y determinación del  $\Delta$  DO 450. Luego, se traslada este valor a las curvas de Liley. En el líquido amniótico es posible estimar la concentración de bilirrubina que refleja el grado de hemólisis y por ende la anemia fetal. Se realiza una espectrofotometría del líquido amniótico y se calcula el delta de la densidad óptica a los 450 nm. Este valor se grafica en las curvas de Liley para gestaciones de más de 27 semanas. <sup>1</sup>

La curva de Liley tiene tres zonas: zona A (enfermedad hemolítica mínima), zona C (enfermedad severa) y zona B intermedia. En casos de anemia severa deberá decidirse la interrupción del embarazo, o una cordocentesis para confirmar el diagnóstico y efectuar una transfusión intrauterina, según sea la edad gestacional. <sup>1</sup>

FIGURA 7. CURVAS DE LILEY



Fuente: Revista Peruana de Ginecología y Obstetricia

## b) CORDOCENTESIS

Mide directamente la hemoglobina fetal de la sangre del cordón umbilical y además permite el recuento de reticulocitos y células nucleadas, así como la bilirrubina sérica y los gases arteriales. Es más riesgosa que la amniocentesis.<sup>1</sup>

La amniocentesis y la cordocentesis han sido ampliamente utilizadas para el diagnóstico y seguimiento de fetos en riesgo de anemia causada por isoimmunización sanguínea.<sup>8</sup>

La cordocentesis se considera el "gold standard" para el diagnóstico exacto del estado hematológico fetal; sin embargo, tiene un importante riesgo de complicaciones, tales como infección, hemorragias,

bradicardia fetal, ruptura prematura de membranas, y muerte fetal. Además, en un embarazo con isoimmunización, un solo procedimiento no es suficiente, y si una cordocentesis inicial no demuestra anemia, el riesgo de desarrollar anemia persiste, y el momento y la frecuencia de las próximas cordocentesis. Son arbitrariamente determinadas. Tradicionalmente, la amniocentesis ha sido utilizada para seleccionar los casos que necesitan cordocentesis, también esta prueba invasiva tiene significativas desventajas. Los resultados más confiables para predecir anemia fetal en líquido amniótico son en embarazos mayores de 27 semanas por lo que la exactitud para identificar fetos anémicos tempranamente es controversial, además no hay datos confiables respecto a la frecuencia óptima para repetir esta prueba diagnóstica. Otra desventaja de la amniocentesis es que selecciona pacientes para cordocentesis de los cuales el 70% de los fetos tienen anemia leve o no son anémicos.<sup>8</sup>

Por otra parte, la cordocentesis y la amniocentesis pueden causar empeoramiento de la isoimmunización materna, posiblemente debido a hemorragia materno fetal, y por lo tanto un feto que inicialmente no era anémico o solo levemente puede llegar a requerir transfusiones como resultado directo de las pruebas invasivas.<sup>8</sup>

## **II. MÉTODOS DIAGNÓSTICOS NO INVASIVOS DE ANEMIA FETAL**

### **1. CARDIOTOCOGRAFÍA**

El monitoreo electrónico fetal permite detectar alteraciones en la frecuencia cardíaca fetal, como el patrón sinusoidal pero solo en casos de anemia fetal severa, ya que en la gran mayoría de fetos con anemia moderada se observa un patrón normal (reactivo)<sup>1</sup>

### **2. ECOGRAFÍA 2D**

Los hallazgos ecográficos que sugieren anemia severa son:<sup>1</sup>

- Hepatoesplenomegalia
- Ascitis
- Derrame pericárdico
- Derrame pleural
- Hidropesía
- Cardiomegalia
- Edema del tejido celular subcutáneo
- Edema de la placenta
- Polihidramnios
- Vena umbilical >6 mm de diámetro

### **3. FLUJOMETRÍA DOPPLER DE LA ARTERIA CEREBRAL MEDIA FETAL**

En la búsqueda de métodos no invasivos para detectar anemia fetal, se descubrió que en fetos anémicos las velocidades sanguíneas estaban aumentadas como resultado del incremento del gasto cardíaco y de la

disminución de la viscosidad sanguínea, mientras que los índices de resistencia o impedancia (IR, IP) eran normales.<sup>1</sup>

Se estudió numerosos vasos fetales, como: la vena cava inferior, aorta torácica descendente, carótida común, arteria cerebral media. Sin embargo, es hasta la publicación del trabajo de Gian Carlo Mari, en 2000, se establece que el pico de velocidad sistólica de la arteria cerebral media (PVS-ACM) por encima de 1,5 MoM tiene una gran sensibilidad (100%) y especificidad en la predicción de anemia fetal moderada-severa. <sup>2</sup> (Tabla 2) (Fuente: tomado de la Revista Peruana de Ginecología y Obstetricia)

**TABLA 2. PICO DE VELOCIDAD SISTÓLICA DE LA ARTERIA CEREBRAL  
MEDIA EN LAS DIFERENTES EDADES GESTACIONALES.**

<b>Pico de velocidad sistólica (múltiplos de la mediana)</b>				
<b>Edad gestacional (semanas)</b>	<b>1,00 cm/seg</b>	<b>1,29 cm/seg</b>	<b>1,50 cm/seg</b>	<b>1,55 cm/seg</b>
<b>18</b>	23,2	29,9	34,8	36,0
<b>20</b>	25,5	32,8	38,2	39,5
<b>22</b>	27,9	36,0	41,9	43,3
<b>24</b>	30,7	39,5	46,0	47,5
<b>26</b>	33,6	43,3	50,4	52,1
<b>28</b>	36,9	47,6	55,4	57,2
<b>30</b>	40,5	52,2	60,7	62,8
<b>32</b>	44,4	57,3	66,6	68,9
<b>34</b>	48,7	62,9	73,1	75,6
<b>36</b>	53,5	69,0	80,2	82,9
<b>38</b>	58,7	75,7	88,0	91,0
<b>40</b>	64,4	83,0	96,6	99,8

Fuente: Revista Peruana de Ginecología y Obstetricia.

### **¿Por qué la velocidad de la sangre aumenta durante la anemia?**

Los estudios en animales han demostrado que el aumento de la velocidad vascular visto en varias camadas de fetos con anemia se debe a un mayor del gasto cardíaco y una disminución de la viscosidad de la sangre.<sup>11</sup>

En los fetos humanos anémicos, hay una relación cubica entre el MCA y la hemoglobina fetal antes de la primera transfusión. Parece que las pequeñas disminuciones iniciales en la hemoglobina fetal cambian sólo ligeramente el gasto cardíaco y la viscosidad de la sangre.<sup>11</sup>

Cuando la anemia es más grave, la relación entre estos parámetros llega a ser lineal y el valor de la hemoglobina fetal puede ser estimado con mayor precisión. Cuando este nivel se ha alcanzado, un cambio mínimo en la hemoglobina fetal afectará a la velocidad de la sangre.<sup>11</sup>

En un momento determinado, como cuando la anemia se agrava y se convierte en incluso hidropesía, el feto desarrollará mesetas de gasto cardíaco. Esto puede explicar por qué los fetos con anemia grave con y sin hidropesía pueden tener similar lectura de la velocidad pico.<sup>11</sup>

### **VSP ACM EN LAS SIGUIENTES TRANSFUSIONES FETALES**

Stefos y Mari en un estudio retrospectivo, evaluaron 55 fetos con anemia fetal de las pacientes del estudio colaborativo de anemia fetal con VSP ACM antes y después de las transfusiones sanguíneas intrauterinas, durante un periodo de cuatro años. Las pruebas de VSP ACM estuvieron

por encima de los valores normales y se normalizaron luego de primera, segunda y tercera transfusión.<sup>8</sup>

En el grupo de fetos a los que se les realizaron dos o más transfusiones, las mediciones de la VSP ACM antes de la transfusión estuvieron por encima de los rangos normales, y luego de la transfusión y corrección de la anemia, sólo un valor de la VSP ACM permaneció elevado. Los autores concluyeron que la sensibilidad es del 100% y los falsos positivos alcanzan el 12%, pudiéndose aplicar para determinar el momento de la segunda y tercera transfusión.<sup>8</sup>

En los fetos con anemia leve la sensibilidad es del 83%; por esta razón, algunos fetos anémicos están en el rango normal de VSP ACM.<sup>8</sup>

La VSP ACM puede ser usado para la segunda y tercera transfusión fetal, pero su punto de corte para detectar anemia severa, luego de la primera transfusión es de 1.69 MoM y de 1.32 MoM para anemia moderada; siendo estos valores mayores que en los fetos anémicos no transfundidos, posiblemente esto se debe a que las células de la sangre del adulto que son usadas en la primera transfusión tienen menor tamaño y rigidez respecto a las fetales. Estas características cambian la viscosidad de la sangre y así la VSP ACM es un poco mayor para una hemoglobina dada.<sup>8</sup>



## 2.2.6. EFECTOS DE LA ALTITUD EN LOS HUMANOS

La altura afecta fuertemente a los humanos. El porcentaje en que se satura la hemoglobina con oxígeno determina el contenido de oxígeno en nuestra sangre. Cuando el cuerpo alcanza cerca de 2.100 metros sobre el nivel de mar, la saturación de la oxihemoglobina comienza a disminuir drásticamente.<sup>1</sup> Sin embargo, el cuerpo humano posee adaptaciones a corto y largo plazo que le permiten compensar, en forma parcial, la falta de oxígeno.<sup>16</sup>

El cuerpo humano funciona mejor a nivel del mar donde la presión atmosférica es 101.325 Pa o 1013,25 milibares (o 1 atm, por definición). La concentración de oxígeno (O<sub>2</sub>) en el aire a nivel del mar es de 20,9% por lo que la presión parcial del O<sub>2</sub> (PO<sub>2</sub>) es de 21,2 k Pa. En individuos sanos, esto satura la hemoglobina, el pigmento rojo que captura el oxígeno en los eritrocitos de la sangre.<sup>16</sup>

La presión atmosférica decrece exponencialmente con la altitud mientras que la fracción de O<sub>2</sub> se mantiene constante por cerca de 100 Km, entonces la PO<sub>2</sub> también decrece exponencialmente con la altitud. Es cerca de la mitad de los valores de nivel del mar a 5000 metros, la altitud del campamento base del Monte Everest, y solo un tercio a 8848 m, en la cumbre del Monte Everest, Cuando la PO<sub>2</sub> cae, el cuerpo responde con aclimatación a la altitud.<sup>16</sup>

La medicina de montaña reconoce tres regiones que reflejan el decrecimiento en la cantidad de oxígeno en la atmósfera.<sup>16</sup>

- Gran altitud = 1500-3500 metros
- Muy alta altitud = 3500-5500 metros
- Extrema altitud = por encima de 5500 metros

Viajar a estas regiones de grandes altitudes puede significar problemas médicos, desde pequeños síntomas de mal de montaña al potencialmente fatal edema pulmonar de altitud y edema cerebral de altitud. A más alta altitud, más alto es el riesgo.<sup>16</sup>

Humanos han sobrevivido por 2 años a 5.950 m (475 millibar de presión atmosférica), que parece estar cerca de los límites de permanencia tolerable a esta altísima altitud. A extremas altitudes, por encima de 7500 m (383 millibar de presión atmosférica), dormir se vuelve dificultoso, y digerir la comida casi imposible, y el riesgo se incrementan enormemente<sup>16</sup>

## **ACLIMATACIÓN A LA ALTITUD**

El cuerpo humano puede adaptarse a la altitud mediante una aclimatación inmediata o a largo plazo. A gran altitud y por un corto periodo la falta de oxígeno es detectada por los cuerpos carotídeos y causa el incremento del ritmo respiratorio (llamado hiperventilación). De este modo se produce una alcalosis respiratoria, que inhibe el centro respiratorio mejorando su ritmo, tal y como lo requiere el cuerpo. La incapacidad de incrementar el ritmo respiratorio causa una respuesta inadecuada del cuerpo carotideo, afecciones pulmonares o problemas renales.<sup>16</sup>

A gran altitud el corazón late más rápido; el volumen sistólico (volumen de sangre bombeado por un ventrículo) decrece ligeramente y las funciones no esenciales del cuerpo son suprimidas. La digestión se vuelve menos eficiente debido que el cuerpo suprime el sistema digestivo en favor de incrementar las reservas del sistema cardiorrespiratorio.<sup>16</sup>

Sin embargo una aclimatación completa requiere días o incluso semanas. Gradualmente el cuerpo compensa la alcalosis respiratoria por medio de la excreción renal de bicarbonato, permitiendo una adecuada respiración que provee oxígeno sin el riesgo de una alcalosis. A veces el cuerpo reduce la producción de lactato (porque bajar el consumo de glucosa reduce la producción de lactato), decrece el volumen de plasma, se incrementan los hematocritos (policitemia), se incrementa la masa de los eritrocitos, una mayor concentración de capilares sanguíneos en los tejidos del músculo esquelético, se incrementa la mioglobina, las mitocondrias, la concentración de enzimas aeróbicas, el ácido 2,3 bifosfatoglicerato, vasoconstricción pulmonar hipóxica, e hipertrofia ventricular derecha.<sup>16</sup>

La adaptación se lleva a cabo no sólo cuando se va a la gran altitud, como generalmente se acepta, sino también al bajar al nivel del mar. Inmediatamente después de ascenso a gran altitud, el cuerpo carotídeo detecta la disminución de la presión parcial arterial de oxígeno debido a una disminución de la presión barométrica. La adaptación a una elevada altura se define en tres etapas: la primera es la aguda que ocurren en las primeras 72 horas, donde se puede producir el mal agudo de la montaña(

CMS o polieritrocitemia, la segunda etapa, es la subaguda que inicia desde las 72 horas hasta que la pendiente del aumento del hematocrito es cero, aquí puede ocurrir una enfermedad cardíaca subaguda, y como tercera etapa, la crónica donde el nivel de hematocrito es constante y los residentes logran su hematocrito óptimo. En la fase crónica, los pacientes con CMS aumentan sus valores de hematocrito a niveles por encima de los de los individuos normales a la misma altitud. CMS es debido a un espectro de trastornos médicos se centraron en deficiencias cardiopulmonares, a menudo pasado por alto al nivel del mar. Una adaptación hematocrito completa y óptima sólo se alcanza en unos 40 días para un sujeto que va desde el nivel del mar hasta los 3510 m.s.n.m. El tiempo en días requeridos para lograr una adaptación total a cualquier altitud, subiendo desde el nivel del mar, se puede calcular multiplicando el factor de adaptación de 11,4 veces la altura en km. <sup>16</sup>

### **TÉCNICA CORRECTA PARA EL MUESTREO DE LA VELOCIDAD SISTÓLICA PICO DE LA ARTERIA CEREBRAL MEDIA**

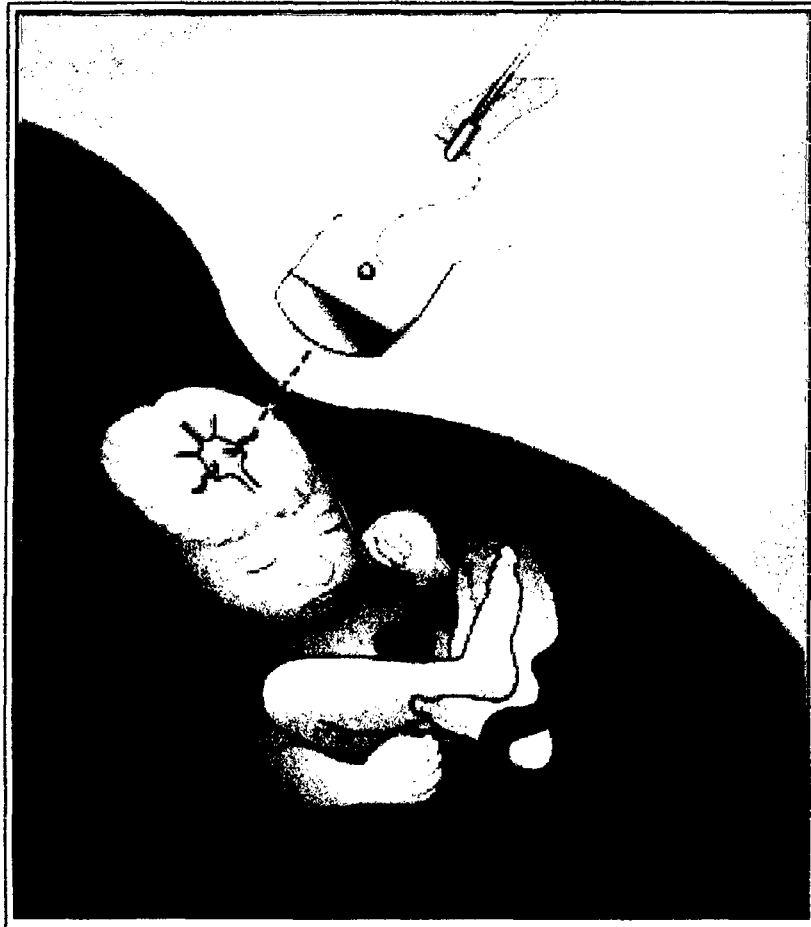
Una de las ventajas de utilizar la velocidad pico sistólica de la arteria cerebral media es que ésta se puede medir fácilmente en la mayoría de los pacientes. <sup>11</sup>

Como la mayoría de los fetos tienen el eje largo de la cabeza en un plano transversal, el ángulo de insonación entre el haz de ultrasonido y la dirección del flujo de sangre puede mantenerse muy cerca de 0 grados, y por lo tanto, el pico de la velocidad de la sangre sistólica puede ser medido con precisión. <sup>11</sup>

Cuando los ecografistas son apropiadamente entrenados, esta medida tiene una baja variabilidad intra-e inter-observador. Por lo general, toma de 5 a 15 minutos para lograrla. Las medidas necesarias para la correcta evaluación de la MCA-PSV son los siguientes:<sup>11</sup>

1. El feto tiene que permanecer en un período de reposo (sin la respiración o movimientos) durante al menos 2 minutos
2. El círculo de Willis se crea una imagen con el color Doppler
3. El ecografista enfoca la zona de la ACM de manera que ocupe más de 50% de la pantalla. La ACM debe ser visualizada para su longitud entera
4. El volumen de la muestra (1 mm) se coloca cerca el origen de la MCA de la arteria carótida interna de tal manera que el ángulo entre la dirección del flujo sanguíneo y del haz ultrasonido es tan cerca como sea posible a 0 grados. El corrector de ángulo no debe ser utilizado.
5. Las formas de onda (entre 3 y 5) debe ser similares entre sí. La PSV es la más alta medida.
6. Los pasos anteriores se repiten al menos tres veces

**FIGURA 8. DOPPLER DE LA ACM**



**FUENTE:** Hospital Clinic de Barcelona.

## **CAPÍTULO 3.**

### **3. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS Y DEFINICIÓN DE VARIABLE**

#### **3.1 Hipótesis:**

El presente trabajo de investigación es un estudio descriptivo transversal, por lo que la hipótesis es implícita.

#### **3.2 Definición de las variables**

- Variable dependiente:  
Velocidad sistólica pico de la arteria cerebral media (VSP ACM)  
de los fetos de 22 a 38 semanas de gestación
- Variable independiente:  
Edad gestacional fetal  
Altitud de Cajamarca

### 3.3 Definición operacional de variables

VARIABLES	CATEGORÍA	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICIÓN
<b>EDAD GESTACIONAL FETAL SEGÚN FUR</b>	22 Semanas 23 Semanas 24 Semanas 25 Semanas 26 Semanas 27 Semanas 28 Semanas 29 Semanas 30 Semanas 31 Semanas 32 Semanas 33 Semanas 34 Semanas 35 Semanas 36 Semanas 37 Semanas 38 Semanas	Cuantitativa numérica	Cardinal
<b>VELOCIDAD SISTÓLICA PICO DE LA ARTERIA CEREBRAL MEDIA FETAL (VSP-ACM)</b>	1.00 MoM 1.29 MoM 1.50 MoM 1.55 MoM	Cuantitativa numérica	Cardinal



## CAPÍTULO 4.

### 4. METODOLOGÍA

#### 4.1 Técnicas de muestreo: población y muestra

❖ **Tipo y diseño de investigación**

El presente trabajo corresponde a un estudio de tipo descriptivo transversal retrospectivo.

❖ **La población** está constituida por las ecografías doppler de los fetos de 22 a 38 semanas de edad gestacional de pacientes que acudieron a su control prenatal sin patología materno fetal aparente, sin isoimmunización ni otras complicaciones; atendidas por gineco – obstetra, capacitado en la medición correcta de la velocidad sistólica pico de la arteria cerebral media fetal, en una clínica privada de Cajamarca, durante el periodo de Junio 2012 –Mayo 2013.

❖ **La muestra**, se está tomando a toda la población. La misma que cumple con los criterios de inclusión y exclusión descritos más adelante.

### **Criterios de inclusión para la elección de elementos muestrales**

- Gestantes sanas que acuden a control prenatal sin patología materno-fetal.
- Gestantes que residan en Cajamarca, de manera constante, como mínimo un período de 40 días y que se realizaron su control prenatal en Cajamarca.
- Gestantes con factor sanguíneo Rh positivo.
- Gestantes con gestación única.

### **Criterios de exclusión para la elección de elementos muestrales**

- Gestantes con anemia.
- Gestantes de fetos con RCIU.
- Gestantes con preeclamsia.
- Mujeres con gestación múltiple.
- Gestantes con grupo sanguíneo negativo, previamente sensibilizadas y que no recibieron adecuadamente la vacuna de inmunoglobulina Rh.

## **4.2 Técnicas para el procesamiento y análisis de la información**

### **❖ Técnicas de recolección de datos:**

- Se recolectó datos básicos de las gestantes en estudio del libro de registros de ecografías y de las historias clínicas de una clínica privada, en Cajamarca.
- Se recolectaron los valores medidos de la VSP ACM de todos los fetos de todas las gestantes, sin patología alguna, que acudieron a control prenatal, con los criterios de inclusión y exclusión ya descritos, entre las 22 y 38 semanas de edad gestacional, atendidas por gineco-obstetra, capacitado en la medición correcta de la velocidad sistólica pico de la arteria cerebral media fetal, y que usó Ecógrafo ALOKA 3500, en una clínica privada de Cajamarca, durante el periodo de Junio 2012 –Mayo 2013.

### **❖ Análisis estadístico de datos**

- Una vez obtenidos los datos, estos se ingresaron a una base de datos en una hoja de cálculo.
- Se importaron los datos al software estadístico IBM SPSS Statistics v.21 para su análisis.
- En este estudio se usaron estadísticas descriptivas tales como el promedio, mediana y varianza.

## CAPÍTULO V

### 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 5.1. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

TABLA 1.

DISRIBUCIÓN DE LA MUESTRA DE VSP-ACM SEGÚN SU EDAD GESTACIONAL. CLÍNICA -CAJAMARCA. JUNIO 2012- MAYO 2013.

EDAD GESTACIONAL (SEMANAS)	NÚMERO DE CASOS
22	7
23	8
24	5
25	5
26	6
27	1
28	1
29	1
30	2
31	3
32	1
33	6
34	6
35	8
36	5
37	6
38	5
<b>TOTAL</b>	<b>76</b>

FUENTE: Ficha de recolección de datos.

En la presente tabla se tiene la composición muestral según su edad gestacional, se evidencia que, de la población en estudio existen como mínimo 3 casos; exceptuando los de las semanas 27, 28, 29, 30 y 32; con 1, 1, 1, 2,1 casos respectivamente, haciendo un total de 76 casos.

**TABLA 2.**

**DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LA MUESTRA DE VSP- ACM SEGÚN EDAD GESTACIONAL. CLÍNICA -CAJAMARCA. JUNIO 2012- MAYO 2013.**

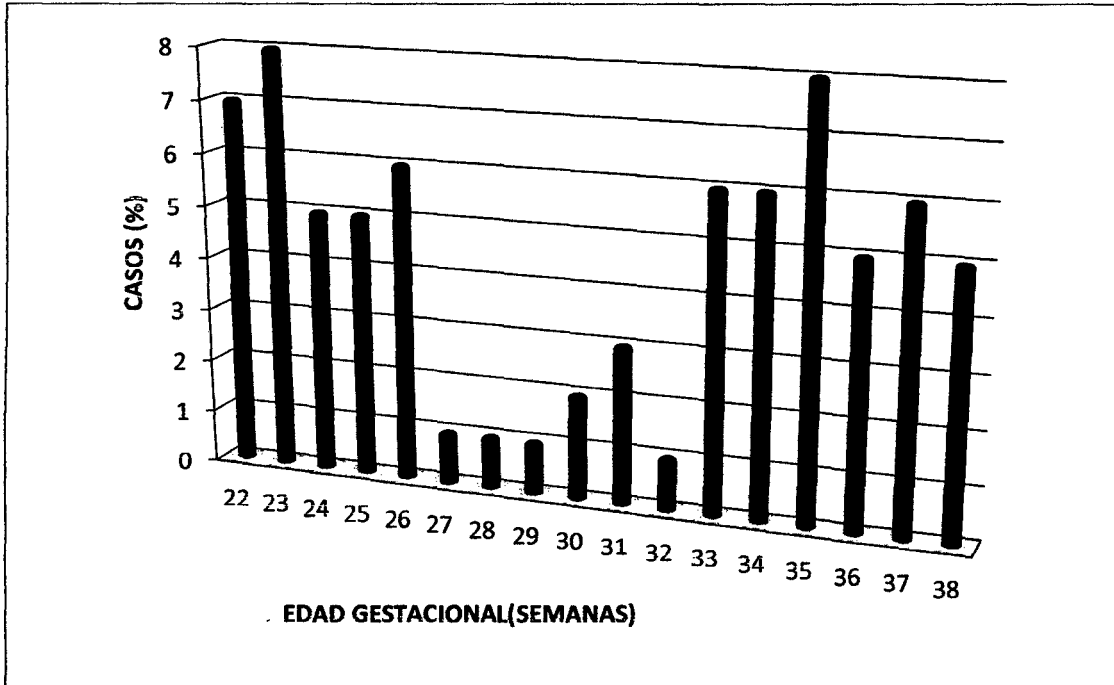
<b>EDAD GESTACIONAL (SEMANAS)</b>	<b>NUMERO DE CASOS</b>	<b>PORCENTAJE DE NUMERO DE CASOS (%)</b>
<b>22</b>	<b>7</b>	<b>9.21</b>
<b>23</b>	<b>8</b>	<b>10.53</b>
<b>24</b>	<b>5</b>	<b>6.58</b>
<b>25</b>	<b>5</b>	<b>6.58</b>
<b>26</b>	<b>6</b>	<b>7.89</b>
<b>27</b>	<b>1</b>	<b>1.32</b>
<b>28</b>	<b>1</b>	<b>1.32</b>
<b>29</b>	<b>1</b>	<b>1.32</b>
<b>30</b>	<b>2</b>	<b>2.63</b>
<b>31</b>	<b>3</b>	<b>3.95</b>
<b>32</b>	<b>1</b>	<b>1.32</b>
<b>33</b>	<b>6</b>	<b>7.89</b>
<b>34</b>	<b>6</b>	<b>7.89</b>
<b>35</b>	<b>8</b>	<b>10.53</b>
<b>36</b>	<b>5</b>	<b>6.58</b>
<b>37</b>	<b>6</b>	<b>7.89</b>
<b>38</b>	<b>5</b>	<b>6.58</b>
<b>TOTAL</b>	<b>76</b>	<b>100.00</b>

**FUENTE:** Ficha de recolección de datos.

La tabla muestra el número de casos en valores absolutos y porcentuales.

### GRÁFICA 1.

DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LA MUESTRA DE VSP-ACM SEGÚN EDAD GESTACIONAL. CLÍNICA -CAJAMARCA. JUNIO 2012- MAYO 2013.



FUENTE: Ficha de recolección de datos.

La gráfica observada representa la distribución porcentual de la muestra según la edad gestacional, recogida de los datos de la tabla 2. Notándose un mayor número de casos en las semana 23 y 35, y un menor número de casos en las semanas 27,28, 29 y 32.

**TABLA 3.**

**DETERMINACIÓN DE LAS ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS DE LA VELOCIDAD SISTÓLICA PICO DE LA ARTERIA CEREBRAL MEDIA FETAL SEGÚN EDAD GESTACIONAL. CLÍNICA -CAJAMARCA. JUNIO 2012- MAYO 2013.**

<b>EDAD GESTACIONAL (Semanas)</b>	<b>VELOCIDAD SISTÓLICA PICO DE LA ARTERIA CEREBRAL MEDIA FETAL, A 2700 m.s.n.m.</b>		
	<b>PROMEDIO</b>	<b>MEDIANA</b>	<b>D.E</b>
22	28.3	28.8	4.2
23	28.0	29.2	5.3
24	28.0	26.8	3.2
25	32.0	31.4	2.5
26	34.2	34.3	6.5
27	30.7	30.7	.
28	37.0	37.0	.
29	45.9	45.9	.
30	41.3	41.3	5.4
31	44.3	42.0	12.9
32	55.0	55.0	.
33	51.9	50.8	6.8
34	47.1	48.3	13.5
35	54.8	54.5	10.6
36	51.3	44.4	13.2
37	54.6	53.5	12.6
38	57.9	55.5	9.6

**FUENTE:** Ficha de recolección de datos.

En la presente tabla advertimos las estadísticas descriptivas resultantes de los cálculos de los valores recogidos de la velocidad sistólica pico de la arteria cerebral media fetal en las diferentes edades gestacionales.

**TABLA 4.**

**MÚLTIPLOS DE LA MEDIANA DE LA VELOCIDAD SISTÓLICA PICO DE LA ARTERIA CEREBRAL MEDIA FETAL EN LAS DIFERENTES EDADES GESTACIONALES. CLÍNICA -CAJAMARCA. JUNIO 2012- MAYO 2013.**

<b>PICO DE LA VELOCIDAD SISTÓLICA DE LA ARTERIA CEREBRAL MEDIA A 2700 m.s.n.m. (múltiplos de la mediana)</b>				
<b>EDAD GESTACIONAL (semanas)</b>	<b>1.0 cm/seg</b>	<b>1.29 cm/seg</b>	<b>1.5 cm/seg</b>	<b>1.55 cm/seg</b>
22	28.8	37.15	43.20	44.64
23	29.2	37.60	43.73	45.18
24	26.8	34.57	40.20	41.54
25	31.4	40.51	47.10	48.67
26	34.3	44.18	51.38	53.09
27	30.7	39.60	46.05	47.59
28	37.0	47.73	55.50	57.35
29	45.9	59.21	68.85	71.15
30	41.3	53.21	61.88	63.94
31	42.0	54.18	63.00	65.10
32	55.0	70.95	82.50	85.25
33	50.8	65.53	76.20	78.74
34	48.3	62.24	72.38	74.79
35	54.5	70.31	81.75	84.48
36	44.4	57.28	66.60	68.82
37	53.5	68.95	80.18	82.85
38	55.5	71.60	83.25	86.03

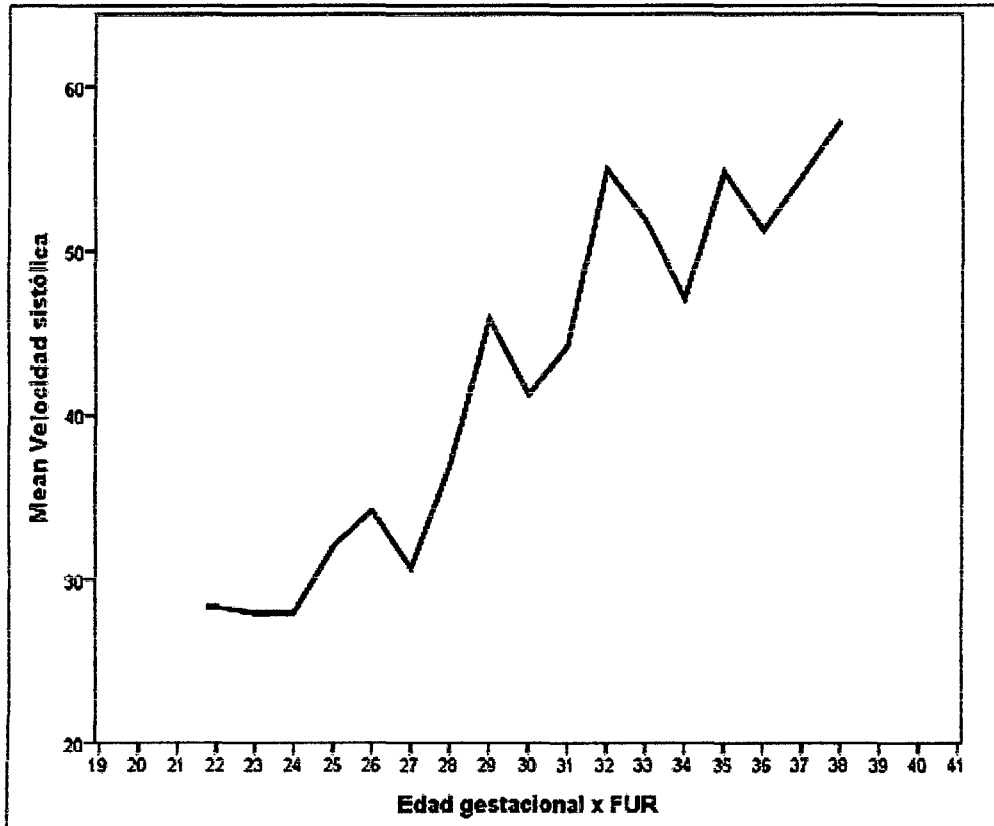
**FUENTE:** Ficha de recolección de datos.

La tabla presenta la mediana de los valores de la velocidad sistólica pico de la arteria cerebral media fetal en las diferentes edades gestacionales, que se encontraron para esta población. Asimismo tenemos la proyección de esta mediana para los múltiplos (1.29, 1.50, 1.55), los cuales fueron tomados del normograma; VSP –ACM según la edad gestacional; para la detección de anemia fetal presentado en el año 2000 por The New England Journal of Medicine



## GRÁFICA 2.

COMPORTAMIENTO GRÁFICO DE LOS VALORES PROMEDIO DE LA VELOCIDAD SISTÓLICA PICO DE LA ARTERIA CEREBRAL MEDIA FETAL SEGÚN LA EDAD GESTACIONAL. CLÍNICA –CAJAMARCA.

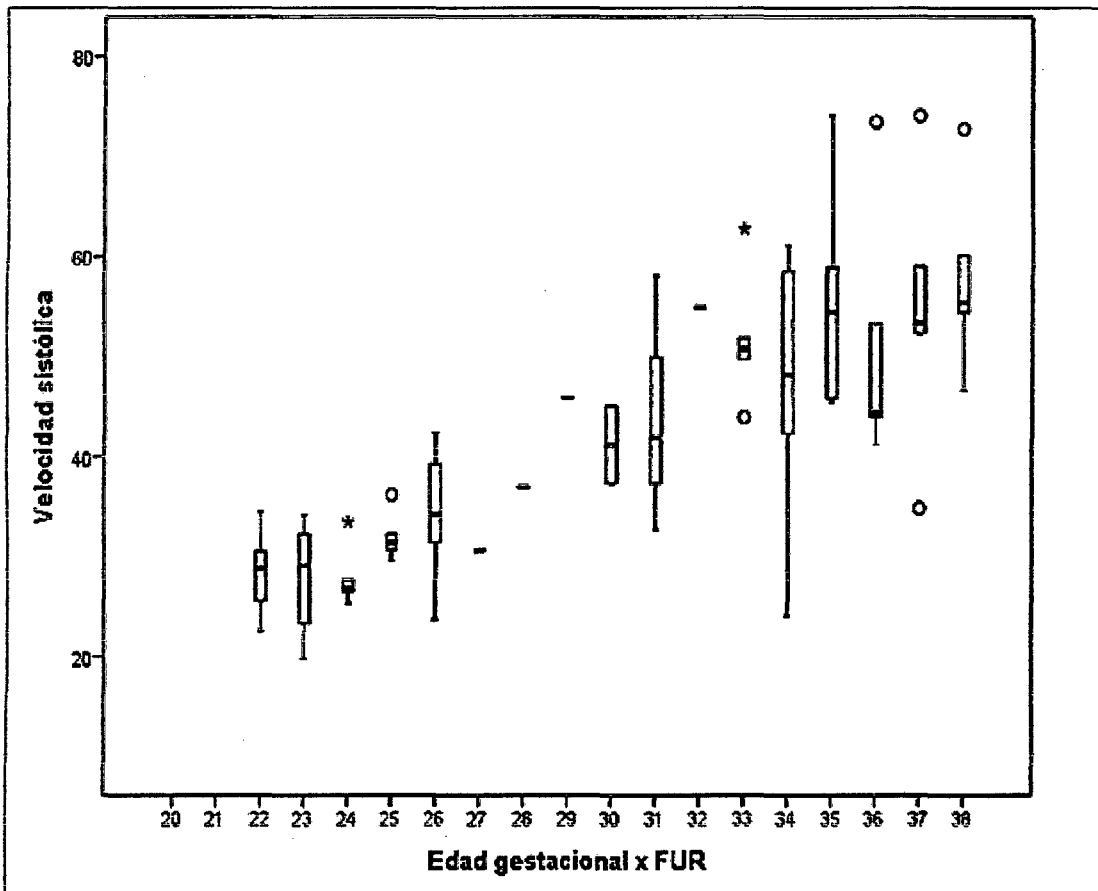


FUENTE: Ficha de recolección de datos.

En la gráfica mostrada observamos el crecimiento de la velocidad sistólica pico de la arteria cerebral media fetal en función del aumento de la edad gestacional por fecha de última regla, en semanas.

### GRÁFICA 3.

GRADO DE DISPERSIÓN O VARIABILIDAD DE LAS VELOCIDADES SISTÓLICAS PICO FETALES DE LA ARTERIA CEREBRAL MEDIA OBTENIDAS SEGÚN LA EDAD GESTACIONAL. CLÍNICA- CAJAMARCA.



FUENTE: Ficha de recolección de datos.

En la gráfica mostrada se verifica que la incertidumbre es mayor en la edad gestacional de la semana 31 y 34; manteniendo un margen de muy buena aceptación o confiabilidad en las demás semanas gestacionales.

## 5.2. DISCUSIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La medición de la velocidad sistólica pico de la arteria cerebral media fetal es actualmente uno de los métodos no invasivos usados para detectar anemia fetal, ya en el año 2000, desde el gran estudio multicéntrico de Gian Carlo Mari publicado por The New England Journal of Medicine, se establece que el pico de la velocidad sistólica de la arteria cerebral media por encima del múltiplo de la mediana de 1,5 tiene una sensibilidad del 100 % y una buena especificidad para detectar anemia fetal modera- severa, desde entonces se viene utilizando el normograma no solo para identificación sino también para el seguimiento de casos de anemia fetal.

Actualmente existen estudios contradictorios respecto al efecto que las grandes altitudes pueden generar sobre los valores de la velocidad sistólica pico de la arteria cerebral media fetal medidos a nivel del mar. Hasta ahora no contamos con datos de la posible variación de estos valores en Cajamarca, a 2 700 m.s.n.m., motivo por el cual se realiza este trabajo de investigación.

Los valores de los casos registrados en el presente trabajo de investigación nos han llevado a los siguientes resultados

La tabla 1, la cual se compone de un número 76 de casos, distribuidos según las diferentes semanas gestacionales, con lo que se asegura un tamaño muestral confiable.

En la tabla 2 y la gráfica 1, se observa la distribución porcentual de los casos, según la edad gestacional de la muestra estudiada, en la cual resaltamos que la

mayoría de los grupos de estas edades presentan como mínimo el 5 % de la muestra.

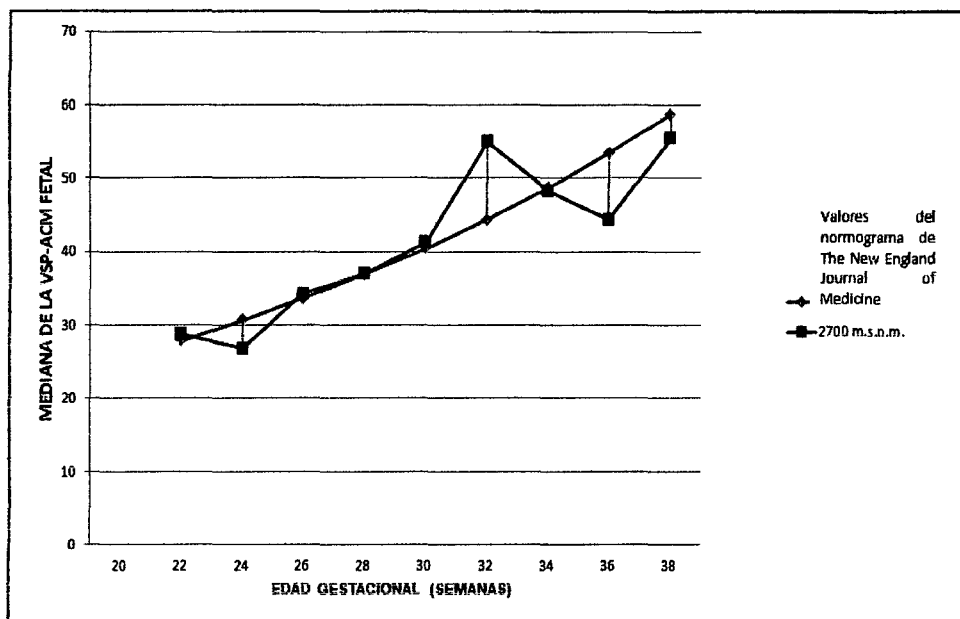
La gráfica 2, que relaciona los valores del promedio de las velocidades sistólica pico de la arteria cerebral media fetal con la edad gestacional en semanas, denota una tendencia ascendente semejante a la encontrada del normograma de The New England Journal of Medicine. La irregularidad presente en nuestra gráfica podría explicarse por la menor población en algunas semanas gestacionales.

La tabla 3, que muestra los resultados estadísticos descriptivos calculados, luego de la recolección de valores de la VSP-ACM fetal según la edad gestacional a 2700 m.s.n.m., nos lleva a manifestar que: los valores del promedio de las velocidades sistólica pico de la arteria cerebral media fetal aumentan de la misma forma en que aumenta la edad gestacional; de manera análoga es el comportamiento de los valores de la mediana de las velocidades sistólica pico de la arteria cerebral media fetal respecto a la edad gestacional; y en cuanto a la desviación estándar notamos un aumento considerable en las semanas 31, 34, 35, 36 y 37 de gestación.

Respecto a la gráfica 3, se rescata la confiabilidad de la mayoría de nuestros resultados; así también notamos una mayor incertidumbre en las edades gestacionales de 31, 34 y 35 semanas, lo cual nos lleva a pensar en la existencia de una probable patología materna fetal silente o un error en la toma de valores, que influyan en estos resultados.

En la tabla 4 se tiene a la mediana, y a los múltiplos 1.29, 1.50, 1.55, de la velocidad sistólica pico de la arteria cerebral media fetal respecto a la edad gestacional para nuestra población, a 2700 m.s.n.m.

Nuestros valores obtenidos a 2700 m.s.n.m. guardan una correlación con los valores del normograma, mostrados en el año 2000, de The New England Journal of Medicine. Para la mejor comprensión elaboramos el siguiente gráfico.



Cotejando ambas representaciones se observa que, los valores obtenidos de la VSP-ACM fetal a 2700 m.s.n.m. tienen una minúscula diferencia con respecto a sus homólogos de The New England Journal of Medicine, con la excepción de los valores de las semanas 32 y 36, donde se evidencia una mayor diferencia. La misma que puede estar sujeta a una patología materno- fetal o a un error en la toma de las medidas.

Del presente trabajo obtuvimos una curva de los valores de las velocidades sistólicas pico de la arteria cerebral media fetal según la edad gestacional, para la población en estudio, a 2700 m.s.n.m.

## CONCLUSIONES

- De los valores obtenidos de la velocidad sistólica pico de la arteria cerebral media fetal según la edad gestacional, comprendida entre las 22 y 38 semanas, en Cajamarca, a 2700 m.s.n.m. se observa la relación directa entre la VSP ACM fetal y la edad gestacional.
- Se obtuvo la curva que relaciona la velocidad sistólica pico de la arteria cerebral media fetal y la edad gestacional, para esta población, a 2700 m.s.n.m.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Huertas E. Anemia fetal y manejo. *Revista peruana de ginecología y obstetricia*. 2010; 56:279-283.
2. Mari G, Deter RL, Carpenter RL, Rahman F, Zimmerman R, Moise KJ. Noninvasive diagnosis by Doppler ultrasonography of fetal anemia due to maternal red-cell alloimmunization. *The New England Journal of Medicine*. 2000; 342:9-14.
3. Kamp I, Klumper F, Oepkes D, Meerman R, Scherjon S, Vandebussche F. Complications of intrauterine intravascular transfusion for fetal anemia due to maternal red-cell alloimmunization. *American Journal of Obstetrics y Ginecología*. 2005; 192: 171 e 7.
4. Mari G, Adrignolo A, Abuhamad AZ. Diagnosis of fetal anemia with doppler ultrasound in the pregnancy complicated by maternal blood group immunization. *Ultrasound Obstet Gynecol*. 1995; 5:400–405.
5. Nishie E, Brizot M, Liao A, Carvalho M. A comparison between middle cerebral artery peak systolic velocity and amniotic fluid optical density at 450 nm in the prediction of fetal anemia. *American Journal of Obstetrics y Ginecología*. 2003; 188(1):214-219.
6. Botella Llusia, J. *Tratado de ginecología: fisiología, obstetricia, perinatología, ginecología*. 14 ed. Madrid: Mundiediciones; 1993.
7. Sosa Olavarría A. Biomecánica y flujometría Doppler de la Unidad Utero-placentofetal. *American Journal of Obstetrics y Ginecología*. 2001; 18-23.
8. Salazar Martínez H. Doppler de arteria cerebral media: la mejor prueba para el diagnóstico y seguimiento de la anemia fetal. *Revista Med UNAB*. 2005; 8: 95-100.
9. Cafici D. Doppler en obstetricia. *Revista Chilena de Ultrasonografía*. 2009; 12: 4-17



10. Smith R, Netter F. *Obstetricia, ginecología y salud De La Mujer*. España: Elsevier-Masson; 2004.
11. Detti L, Mari G. Noninvasive diagnosis of fetal anemia. *Clinical obstetrics and gynecology*. 2003; 46(4):923–930.
12. Mari G, Deter RL, Carpenter R, et al. The peak systolic velocity of the middle cerebral artery is a better indicator of fetal anemia than the pulsatility index. *Proceedings Society for Gynecologic Investigation*. 1990; 22; 435-437.
13. Mari G, Adrignolo A, Abuhamad AZ, et al. Diagnosis of fetal anemia with doppler ultrasound in the pregnancy complicated by maternal blood group immunization. *Ultrasound Obstet Gynecol*. 1995; 5:400–405.
14. Krampf E, Lees C, Bland J, Espinoza Dorado J, Moscoso G, Campbell S. Fetal Doppler velocimetry at high altitude. *Ultrasound Obstet Gynecol*. 2001; 18: 329–334.
15. Galan HL, Rigano S, Chyu J, Beaty B, Bozzo M, Hobbins JC, Ferrazzi E. Comparison of low- and high-altitude Doppler velocimetry in the peripheral and central circulations of normal fetuses. *American Journal of Obstetrics y Ginecología*. 2000; 183 (5):158-161.
16. Zubieta Calleja G, Paulev PE, Zubieta Calleja L, Zubieta Castillo T. Adaptación a la altura a través de cambios de hematocrito. *Journal physiol pharmacol*. 2007; 58(2): 881-888.

## ANEXO 1

### FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

#### DATOS BÁSICOS DE LA GESTANTE

- NOMBRE Y APELLIDOS:
- EDAD:
- LUGAR DE NACIMIENTO:
- PROCEDENCIA:
- DIRECCIÓN:
- TELÉFONO O CELULAR:

#### ANTECEDENTES PERSONALES DE LA GESTANTE

- FUR:
- G, PARA:
- PESO:
- TALLA:
- GRUPO Y FACTOR SANGUÍNEO:

#### VALORES OBTENIDOS DURANTE LA INVESTIGACIÓN

- HEMOGLOBINA INICIAL:
- EDAD GESTACIONAL POR FUR:
- EDAD GESTACIONAL POR ECOGRAFÍA:
- SEXO FETAL:
- P.A:
- VELOCIDAD SISTÓLICA PICO DE LA ARTERIA CEREBRAL MEDIA:
- S/D:
- IR:                      IP:
- HEMOGLOBINA DEL RECIEN NACIDO:
- GRUPO Y FACTOR DEL RECIEN NACIDO: