



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**Instituto Nacional de Perinatología  
Dr. Isidro Espinosa de los Reyes  
Subdirección de Obstetricia  
Coordinación de Medicina Materno Fetal**

**Valores de referencia para la edad  
gestacional del índice de pulsatilidad y la  
velocidad sistólica máxima de la arteria  
cerebral media fetal de las 14 a las 40  
semanas de gestación**

**Tesis**

**que para obtener el título de**

**Especialista en Medicina Materno Fetal**

**PRESENTA**

**DRA. KARLA LETICIA RAMÍREZ VALENZUELA**

**DR. MARIO ESTANISLAO GUZMAN HUERTA  
PROFESOR TITULAR DEL CURSO DE ESPECIALIZACIÓN**

**DRA. BERENICE VELAZQUEZ TORRES  
DIRECTOR DE TESIS**



**MÉXICO, D. F.**

**2008**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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 esta 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.

## **AUTORIZACIÓN DE TESIS**

**VALORES DE REFERENCIA PARA LA EDAD GESTACIONAL DEL ÍNDICE DE PULSATILIDAD Y LA VELOCIDAD SISTÓLICA MÁXIMA DE LA ARTERIA CEREBRAL MEDIA FETAL DE LAS 14 A LAS 40 SEMANAS DE GESTACIÓN**

---

**DR. ENRIQUE ALFONSO GÓMEZ SÁNCHEZ**

DIRECTOR DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN  
INSTITUTO NACIONAL DE PERINTATOLOGÍA  
ISIDRO ESPINOSA DE LOS REYES

---

**DR. MARIO ESTANISLAO GUZMÁN HUERTA**

PROFESOR TITULAR DEL CURSO DE ESPECIALIZACIÓN EN  
MEDICINA MATERNO FETAL

---

**DRA. BERENICE VELAZQUEZ TORRES**

DIRECTORA DE TESIS

## INDICE

	<i>Página</i>
Antecedentes	1
Justificación	7
Planteamiento de problema	7
Objetivo general	8
Objetivos particulares	8
Diseño del estudio	8
Descripción y operacionalización de las variables	9
Universo de estudio	10
Población accesible	10
Criterios de selección	10
Tipo de muestreo	10
Descripción general del estudio	11
Análisis estadístico	12
Aspectos éticos	14
Resultados	14
Discusión	16
Conclusiones	19
Anexos	20
Referencias	26

## RESUMEN

El estudio Doppler de la arteria cerebral media es importante en la vigilancia del bienestar fetal. La alteración en su flujo está asociada con varias condiciones fetales. Para la interpretación de los hallazgos patológicos se ha estudiado el comportamiento de los índices Doppler de la arteria cerebral media con respecto a la edad gestacional y se han realizado estudios con la finalidad de obtener valores de referencia para estos índices.

**Objetivo:** Realizar la estandarización de la técnica de medición de la flujometría Doppler de la arteria cerebral media fetal para posteriormente establecer valores de referencia dependientes de la edad gestacional en población obstétrica desde las 14 a las 40 semanas de gestación.

**Métodos:** Se realizó la primera fase del estudio estandarizando la técnica de medición del índice de pulsatilidad (IP) y de la velocidad sistólica pico (VSP) de la arteria cerebral media fetal. Para determinar la variabilidad y reproducibilidad de las mediciones, tres médicos realizaron, cada uno, tres mediciones en la misma paciente para el índice de pulsatilidad y tres mediciones para la velocidad sistólica pico de la arteria cerebral media fetal, esto en 10 pacientes. Se determinó el grado de variabilidad inter e intraobservador.

**Resultados:** Los coeficientes de correlación reflejan que la técnica estandarizada para las mediciones es altamente reproducible. Los altos valores obtenidos para el alfa de Cronbach, indican que la confiabilidad de las mediciones es alta: coeficiente de correlación intraclase para variabilidad interobservador del IP de 0.74 (IC 95%, .26 - .93); intraobservador de .72 a .84. Para la VSP una variabilidad interobservador de .85 (IC 95%, .58 - .96); intraobservador de .65 a .98

**Conclusión:** El estudio de reproducibilidad en el cálculo del índice de pulsatilidad y de la velocidad sistólica máxima muestra que es una valoración fiable al ser estandarizada, y posible de realizar con poca variabilidad en sus resultados.

## ABSTRACT

Doppler study of the fetal middle cerebral artery is important in the assessment of fetal well being. Changes in its flow pattern are associated with several fetal conditions. For the interpretation of pathological findings, Doppler indexes have been studied in relation with gestational age in order to establish reference values for these indexes.

**Objective:** Obtain the standardization of the technique for the Doppler measurements in the fetal middle cerebral artery in order to establish reference values according to gestational age in normal pregnancies between 14 and 40 weeks of gestation.

**Methods:** The first step was the standardization of the technique for the pulsatility index (PI) and the peak systolic velocity (PSV) in the fetal middle cerebral artery. We obtained 3 measurements for each of ten patients by three different sonographers in order to determine the variability and reproducibility of the measurements. We determined intraobserver and interobserver variability.

**Results:** The correlation coefficients show that standardized technique to obtain this measurements is highly reproducible. High values for Cronbach's alfa shows the high reliability of these measurements: intraclass correlation coefficient for the IP interobserver variability of .74 (CI 95%, .26 - .93); intraobserver from .72 to .84. For the PSV interobserver variability of .85 (CI 95%, .58 - .96); intraobserver from .65 to .98

**Conclusion:** The reproducibility study for the PI and PSV in the fetal middle cerebral artery shows that is a reliable measurement when it's standardized and it is possible to achieve with low variability in its results.

## ANTECEDENTES

Actualmente, la velocimetría Doppler se utiliza para evaluar anomalías fetales y ha demostrado ser de gran utilidad para predecir el pronóstico neonatal. El uso del Doppler color ha hecho que sea más fácil identificar los vasos cerebrales fetales, lo cual nos brinda la posibilidad de poder estudiar vasos específicos, en especial, la arteria cerebral media.

La arteria cerebral media es la continuación del xifón carotídeo intracraneal. Lleva aproximadamente el 40% del volumen del flujo del polígono de Willis a cada hemisferio cerebral. En donde mejor se visualiza es en la cisura de Silvio en un plano axial. El espectro Doppler normal de la arteria cerebral media se caracteriza por un pico sistólico alto y una velocidad diastólica baja. La onda se ve influenciada por la actividad fetal, por masas intracraneales y por la presión sobre la cabeza fetal. Por eso, cuando se realizan las mediciones con Doppler, hay que considerar que el cerebro fetal es una estructura comprimible que está contenida en un espacio confinado, por lo tanto si se aplica presión externa excesiva con el transductor transabdominal puede provocarse un aumento en la impedancia del flujo sanguíneo cerebral fetal. Este fenómeno de compresión abdominal materna disminuye conforme aumenta la edad gestacional debido a que el esqueleto y el cráneo fetal aumentan su rigidez <sup>1</sup>.

La ventaja de medir la velocimetría Doppler de la arteria cerebral media es que este vaso puede estudiarse con un ángulo de insonación cercano a los cero grados, lo cual hace que la medición de la velocidad sistólica pico sea exacta <sup>2</sup>. La arteria cerebral media está formada por cuatro segmentos, M1 (segmento proximal), M2 (segmento de bifurcación o trifurcación), M3 y M4, con un recorrido temporal y frontal. Locci demostró que, característicamente los valores del IP que se obtienen del segmento proximal de la arteria cerebral media son menores a los que se obtienen del segmento distal. El segmento M1 es el que mantiene un diámetro constante durante los cambios fisiológicos y fisiopatológicos del metabolismo cerebral <sup>3</sup>, como las mediciones son óptimas en este sitio es aquí donde se recomienda realizarlas.

El flujo sanguíneo intracraneal fetal puede observarse con ultrasonido transvaginal a las 8 semanas de gestación. El componente diastólico final de este flujo se presenta entre las 11 y las 13 semanas (a las 13 semanas siempre puede observarse). A partir de la décima semana de gestación, la morfología de las estructuras intracraneales es más clara, la arteria cerebral media corresponde a las pulsaciones arteriales laterales al mesencéfalo y a la flexión cefálica.

Aunque el flujo sanguíneo cerebral fetal puede observarse a edades gestacionales tempranas, Kurjak et al concluyen que el estudio Doppler de la arteria cerebral media en etapas tempranas del embarazo no tiene valor para demostrar alteraciones hemodinámicas en etapas tempranas de los abortos espontáneos <sup>4</sup>.

El estudio Doppler de la arteria cerebral media tiene un papel muy importante en la vigilancia del bienestar fetal. La alteración del flujo de la arteria cerebral media está asociada con varias condiciones fetales, incluyendo anemia, asfixia, restricción en el crecimiento intrauterino, síndrome de transfusión feto-feto y anomalías intracraneales<sup>5</sup>.

Para el manejo no invasivo de la anemia fetal, es importante contar con valores de referencia confiables y bien establecidos de la velocimetría Doppler de la velocidad sistólica pico de la arteria cerebral media. El estudio multicéntrico de Marie et al demostró que la sensibilidad de un aumento en la velocidad sistólica pico de la arteria cerebral media para la predicción de anemia fetal moderada o severa es de 100% con una tasa de falsos positivos de 12%<sup>6</sup>. También existe una correlación inversa entre el pico sistólico y la velocidad media del flujo con la hemoglobina fetal y con la concentración de hematocrito, respectivamente<sup>7</sup>.

Durante la hipoxemia el flujo sanguíneo cerebral aumenta. La velocimetría Doppler de las arterias cerebrales fetales se utiliza como parámetro para evaluar la adaptación fetal a la lesión hipóxica. Vyas et al reportan que se alcanza una máxima reducción del índice de pulsatilidad de la arteria cerebral media cuando la PO<sub>2</sub> fetal se encuentra 2 – 4 DS por debajo de la media normal para la edad gestacional. Cuando el déficit de oxígeno es mayor existe una tendencia del índice de pulsatilidad a aumentar, lo que refleja el desarrollo de edema cerebral<sup>8</sup>.

Cuando existe hipoxia fetal hay un aumento en el flujo diastólico de la arteria cerebral media como un signo de disminución en la resistencia vascular.

Varios estudios han reportado el comportamiento del índice de pulsatilidad de la arteria cerebral media en fetos con restricción en el crecimiento intrauterino. En 1987 Wladimiroff estudió el índice de pulsatilidad en la carótida interna fetal (en la bifurcación en la arteria cerebral media y en la arteria cerebral anterior) y en la arteria umbilical en 156 fetos normales y en 42 fetos con restricción en el crecimiento intrauterino. Los fetos con crecimiento normal mostraron una caída en los valores de índice de pulsatilidad en relación a la edad gestacional en ambas arterias, los fetos con restricción en el crecimiento con valores del índice de pulsatilidad elevados para la arteria umbilical se asociaron con reducción de los valores del índice de pulsatilidad de la arteria cerebral media. Este hallazgo sugirió la presencia del fenómeno de redistribución cerebral<sup>9</sup>.

Mari y Deter estudiaron a 33 fetos con restricción en el crecimiento intrauterino con los valores del índice de pulsatilidad de la arteria cerebral media por debajo del rango normal, presentándose una mayor incidencia en los patrones anormales de la frecuencia cardíaca, admisión a la unidad de



cuidados intensivos neonatales, en comparación con fetos con restricción en el crecimiento pero sin alteración en los valores del índice de pulsatilidad de la arteria cerebral media, presentándose también 3 veces más la muerte fetal intrauterina cuando existió alteración en el índice de pulsatilidad. Estos hallazgos sugirieron que los fetos pequeños para la edad gestacional con un índice de pulsatilidad de la arteria cerebral media normal tienen menos riesgo que fetos similares para valores anormales; y que el manejo de fetos con restricción en el crecimiento intrauterino puede beneficiarse con la velocimetría Doppler de la arteria cerebral media <sup>10</sup>.

Arduini et al realizaron un estudio longitudinal de 36 fetos con restricción en el crecimiento a los que realizó velocimetría Doppler de la arteria umbilical, la aorta descendente, la arteria renal, la arteria carótida interna, y la arteria cerebral media con intervalo de una semana. Encontró cambios significativos en los índices de pulsatilidad de todos los vasos estudiados. En las arterias cerebrales, el nadir de vasodilatación se alcanzó 2 semanas antes de que se observaran desaceleraciones tardías en la frecuencia cardíaca fetal, mientras que los cambios significativos en los índices de pulsatilidad de la circulación periférica y de la circulación umbilical ocurrieron más cerca del establecimiento de las anomalías en la frecuencia cardíaca fetal, lo que soporta el fenómeno de centralización <sup>11</sup>.

Forouzan y Tian reportaron el seguimiento con velocimetría Doppler de la arteria cerebral media en 6 fetos con restricción en el crecimiento severa. Se presentó una disminución significativa en el flujo en comparación con fetos normales. La reversión hacia los valores normales ocurrió 4 días antes de la aparición de las anomalías de las pruebas convencionales de vigilancia prenatal. El estudio concluye que la normalización de la disminución de los valores del índice de pulsatilidad de la arteria cerebral media es un signo premonitorio de compromiso fetal <sup>12</sup>.

Para la interpretación de los hallazgos patológicos se ha estudiado el comportamiento de los índices Doppler de la arteria cerebral media con respecto a la edad gestacional y se han realizado varios estudios con la finalidad de obtener valores de referencia para estos índices. Entre los estudios realizados se encuentran:

Mari y Deter en un estudio longitudinal establecieron los valores para el índice de pulsatilidad de la arteria cerebral media a lo largo del embarazo, notando un valor fisiológicamente menor entre la semana 15 y la semana 20 de gestación y posteriormente al término. Este aumento en el flujo sanguíneo cerebral representa un fenómeno fisiológico paralelo a un periodo en el cual se presenta un aumento en la síntesis de ácido desoxirribonucleico en el cerebro fetal. En 1993, Veille et al confirmaron que el diámetro de la arteria cerebral media, la integral del tiempo de la velocidad, el pico de la velocidad del flujo de la onda Doppler aumentaban significativamente con la edad gestacional. El

flujo sanguíneo de esta arteria varía de 23 ml/min a las 19 semanas de gestación a 133 ml/min al término, aumentando paralelamente con el aumento del peso del cerebro fetal. De acuerdo a este estudio, la arteria cerebral media recibe constantemente del 3 al 7 por ciento el total del gasto cardíaco a lo largo del embarazo. Estos autores no advirtieron el aumento en la velocidad de flujo de la arteria cerebral media conforme avanza la edad gestacional, reportado previamente por Mari y Deter, y sugieren que bajo circunstancias normales, es un vaso de baja resistencia y un lecho de baja capacitancia aún en etapas tempranas del embarazo. Los rangos de velocidad del flujo de la arteria cerebral media oscilan entre 5.3 +/-2.3 cm/seg y 11.3 +/-3.1 cm/seg a las 26 a 27 semanas y 40 semanas de gestación, respectivamente <sup>13</sup>.

En 1995, en New Haven, Connecticut, en Houston, Texas y en Norfolk, Virginia; Mari y Adrignolo estudiaron valores normales para el pico sistólico de la arteria cerebral media en 135 fetos de 15 a 42 semanas de gestación. El estudio fue transversal, se realizó sólo una medición a cada feto, la edad gestacional se determinó por fecha de última menstruación y por biometría fetal. El valor normal de la velocidad sistólica pico como función de la edad gestacional se realizó analizando los siguientes factores: Valor-t de los coeficientes estadísticamente diferentes a cero; coeficiente de correlación aplicado a la mejor línea de regresión; residuos distribuidos alrededor el cero y aproximados a la distribución normal. Se utilizó análisis de varianza para determinar si la regresión influía significativamente en la variabilidad de la variable dependiente. La variabilidad intraobservador se determinó realizando 5 mediciones durante una hora por dos de los autores. Finalmente, se utilizó un modelo exponencial, convirtiendo la velocidad sistólica pico a múltiplos de la estimación del error estándar, con lo cual se construyó la tabla de referencia<sup>7</sup>.

En 1997, en Zurich, Suecia, Kurmanavicius et al realizaron un estudio transversal para construir rangos de referencia para el índice de resistencia de la arteria cerebral media. El estudio comprendió a 1675 fetos de 24 a 42 semanas de gestación. La edad gestacional se estableció con base en la longitud cráneo caudal realizada en primer trimestre y diámetro biparietal en el segundo trimestre. Los datos se analizaron con regresión polinomial ajustada a la media. Se construyó una tabla con los valores de referencia para el índice de resistencia para la edad gestacional con percentila 5, 50 y 95 <sup>14</sup>.

En el 2001 este mismo autor construyó rangos de referencia para la velocidad sistólica pico de la arteria cerebral media realizando un estudio transversal con 331 mujeres suecas embarazadas con 19 a 40 semanas de gestación utilizando modelos de regresión lineal para cada medición ajustado a la media y a la desviación estándar como función de la edad gestacional. Los datos obtenidos fueron transformados a valores Z <sup>15</sup>.

En 2001, en Taichung, Taiwan, Hsieh et al estudiaron la impedancia en tres localizaciones diferentes de la arteria cerebral media en fetos normales a lo

largo del embarazo. Se estudiaron 42 embarazos únicos, sin complicaciones, de las 15 a las 40 semanas de gestación. Se midió el índice de pulsatilidad y el índice de resistencia en la localización proximal, media y distal de ambas arterias cerebrales medias. Se realizó un estudio longitudinal realizando cinco mediciones, los periodos de gestación en los que se realizó el ultrasonido fueron: i) de las 15 a las 19 semanas, ii) de las 20 a las 24 semanas, iii) de las 25 a las 29 semanas, iv) de las 30 a las 34 semanas y v) de las 35 a las 39 semanas. El promedio de los valores del índice de pulsatilidad y del índice de resistencia (IP/IR) en la porción proximal fue 1.61/0.82. Los valores IP/IR de la arteria cerebral media para cada periodo gestacional fueron: i) 1.81/0.87; ii) 1.79/0.86; iii) 1.78/0.86; iv) 1.70/0.81; v) 1.62/0.77, respectivamente. Se observó una disminución en los valores de IP/IR después de las 30 semanas de gestación <sup>16</sup>.

Zalel et al en Israel, en el año 2002, estudiaron la asociación entre el flujo de la arteria cerebral media y el ancho de los ventrículos laterales a lo largo de la gestación en una cohorte de 430 fetos (los cuales fueron evaluados en una sola ocasión), en embarazos normales, entre las 20 a 40 semanas de gestación. La modificación del índice de resistencia de la arteria cerebral media a lo largo de la gestación mostró un patrón bifásico, con un incremento gradual y con un pico a las 30 semanas, con una disminución progresiva a partir de estas semanas. No se encontró una correlación significativa entre el flujo de la arteria cerebral media y el ancho ventricular. Para el análisis del índice de resistencia en relación a la edad gestacional se realizó una regresión polinomial de segundo orden, y se calculó la media, un intervalo de confianza de 95%, y el índice de resistencia para edades gestacionales consecutivas, con lo que se obtuvo la tabla de referencia para estos valores <sup>17</sup>.

Bahlmann et al, en Alemania en el año 2002, realizaron curvas de referencia Doppler para las velocidades pico del flujo sanguíneo ( $V_{max}$ ,  $V_{media}$ ,  $V_{min}$ ) y para los índices de impedancia (índice de pulsatilidad e índice de resistencia) de la arteria cerebral media en embarazos de 18 a 42 semanas de gestación a través de un análisis automático integrado en el software del ultrasonido. En un estudio transversal, con 962 embarazos de bajo riesgo se realizaron las mediciones Doppler de la arteria cerebral media. Se realizaron curvas de referencia construidas para los parámetros individuales basales con base en el crecimiento fetal, una función monotónica continua desde cuatro parámetros de acuerdo al principio del cuadrado más pequeño, así como función polinomial para el índice de resistencia. La importancia de este estudio es que se verificó la confiabilidad intraobservador. Los resultados obtenidos para las velocidades máximas muestran un aumento continuo desde las 18 a las 42 semanas de gestación. En contraste, las curvas de referencia para el índice de pulsatilidad y el índice de resistencia se caracterizan por un patrón parabólico (18 semanas: 1.5; 28 semanas: 1.9; 42 semanas: 1.1 y 18 semanas: 0.68; 28 semanas: 0.8; 42 semanas: 0.61) <sup>18</sup>.

Baschat y Gembruch en Baltimore, Estados Unidos de Norteamérica, evaluaron la distribución del índice de pulsatilidad de la arteria umbilical y de la arteria cerebral media en 306 embarazos únicos de mujeres con flujo sanguíneo de la arteria uterina normal construyeron rangos de referencia para el índice cerebroplacentario de la semana 20 a la 40. Se evaluó la variabilidad intraobservador. El índice de pulsatilidad se midió en la porción media o distal de la arteria cerebral media. El análisis de los valores para el índice de pulsatilidad se realizó con una regresión cuadrática para obtener los rangos de referencia.<sup>19</sup>

Scheirer et al, en Londres, Inglaterra en el año 2004, en un estudio de la anemia fetal por isoimmunización al Rh utilizan un rango de referencia de la velocidad sistólica pico de la arteria cerebral media construido a partir de 813 embarazos únicos, con fetos sanos, de las 20 a las 40 semanas utilizando transformación logarítmica y análisis de regresión para obtener los rangos de referencia<sup>20</sup>.

En el año 2006, Medina et al construyeron valores de referencia del índice de pulsatilidad y de la velocidad máxima en la arteria cerebral media en 727 fetos con crecimiento normal entre las 20 y las 40 semanas de gestación. Se construyeron los límites de normalidad para cada semana de gestación, evaluando el coeficiente de correlación intra e interobservador y realizando el análisis descriptivo con medidas de tendencia central y de dispersión, desviaciones estándar y percentiles, construyendo posteriormente las curvas dependientes de la edad gestacional y realizando la comparación con valores de referencia previos<sup>21</sup>. Las mediciones en este estudio se refieren como realizadas en la población mexicana en el Instituto Nacional de Perinatología sin embargo, en este hospital no tenemos la certeza del origen real de las mediciones, por lo que no las podemos considerar como confiables para la población mexicana.

En el año 2007 Rujiwetpongstorn y Phupong en Bangkok, Tailandia, realizaron rangos de referencia para el índice de pulsatilidad, el índice de resistencia y la velocidad sistólica pico de la arteria cerebral media en 149 embarazos no complicados, en un estudio transversal en el cual los valores de referencia fueron representados en un normograma para cada índice y calculados en percentila 5, 50 y 95; el análisis estadístico fue realizado con regresión cuadrática. En este estudio no se observó el patrón parabólico del índice de resistencia y del de pulsatilidad reportado por Bahlmann<sup>22</sup>.

De los índices estudiados es importante considerar que conforme el cambio de frecuencia Doppler al final de la diástole declina, el índice sístole/diástole aumenta exponencialmente; cuando el flujo diastólico final desaparece el valor de este índice es infinito. Por este motivo, este índice no es de utilidad en cierto punto en el cual la impedancia al flujo fetoplacentario aumenta. Por otro lado, el índice de resistencia tiene límites definidos, un valor mínimo de cero y

uno máximo de 1, tiene una distribución normal, pero no refleja el aumento de la impedancia cuando existe flujo diastólico reverso. Teóricamente el índice de pulsatilidad nos otorga mayor información acerca de la hemodinamia fetal ya que nos da información de todo el ciclo cardiaco, y tiene la capacidad de expresar las alteraciones hemodinámicas asociadas a la ausencia de flujo diastólico o flujo diastólico reverso <sup>23</sup>.

## **JUSTIFICACIÓN**

La mejoría de la resolución de los ultrasonidos, el uso del ultrasonido Doppler y el aumento de la reproducibilidad de las técnicas de medición de la arteria cerebral media son factores que hacen posible que esta arteria se pueda utilizar como el vaso de elección para vigilar la perfusión intracraneal fetal.

En cualquier población es importante contar con los valores de referencia para los parámetros Doppler para poder identificar e interpretar los hallazgos patológicos. Según las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud, cada población deberá contar con sus propios valores de referencia y los datos a partir de los cuales se obtienen las gráficas y tablas de estos valores deben estar a disposición de quien desee utilizarlos, característica de la cual carecen la mayoría de los estudios previamente realizados <sup>24</sup>.

En la literatura existen rangos de referencia para la flujometría Doppler de la arteria cerebral media fetal que, supuestamente, incluyen datos obtenidos en población mexicana, sin embargo queda en duda la veracidad de dichos datos.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Actualmente no contamos con valores de referencia para la flujometría Doppler de la arteria cerebral media fetal realizados únicamente en nuestra población, los cuales nos permitan agrupar y analizar los datos para tener una base común que posteriormente nos permita comparar poblaciones.

## **OBJETIVO GENERAL**

Realizar la estandarización de la técnica de medición de la flujometría Doppler de la arteria cerebral media fetal.

Establecer valores de referencia de flujometría Doppler para la arteria cerebral media fetal dependientes de la edad gestacional en población obstétrica sana desde las 14 a las 40 semanas de gestación.

## **OBJETIVOS PARTICULARES**

- Evaluar la reproducibilidad de la medición del índice de pulsatilidad y de la velocidad sistólica máxima de la arteria cerebral media fetal examinando la concordancia entre observadores e intraobservadores

- Medir, de acuerdo a la técnica especificada, el índice de pulsatilidad y la velocidad sistólica máxima de la arteria cerebral media en fetos de las 14 a las 40 semanas de gestación.

- Elaborar una curva con los valores de referencia para el índice de pulsatilidad de la arteria cerebral media dependiente de la edad gestacional.

- Elaborar una curva con los valores de referencia para la velocidad sistólica máxima de la arteria cerebral media fetal dependiente de la edad gestacional.

- Elaborar una tabla de valores de referencia para la edad gestacional del índice de pulsatilidad de la arteria cerebral media fetal con rangos percentilares 5, 25, 50, 75 y 95, y obtener la puntuación Z.

- Elaborar una tabla de valores de referencia para la edad gestacional de la velocidad sistólica máxima de la arteria cerebral media con rangos percentilares 5, 25, 50, 75 y 95, y obtener la puntuación Z.

## DISEÑO DEL ESTUDIO

Transversal

## DESCRIPCIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

### ÍNDICE DE PULSATILIDAD

**Definición conceptual:** Es la relación entre la diferencia de las velocidades sistólica máxima y diastólica final con la velocidad media de la arteria cerebral media fetal

**Definición operacional:** Valor que resulta del análisis de la siguiente medición:

$$IP = \frac{\text{velocidad sistólica pico} - \text{velocidad diastólica final}}{\text{velocidad media}}$$

**Nivel de medición:** unidades y decimales

**Tipo de variable:** cuantitativa discreta

### VELOCIDAD SISTÓLICA MÁXIMA

**Definición conceptual:** En la curva de velocidad de flujo, es el pico de máxima velocidad coincidente con la sístole ventricular

**Definición operacional:** En la curva de velocidad de flujo, es el pico de máxima velocidad coincidente con la sístole ventricular

**Nivel de medición:** cm/seg

**Tipo de variable:** cuantitativa discreta

### EDAD GESTACIONAL

**Definición conceptual:** Duración de la gestación en semanas completas fechadas por ultrasonido de primer trimestre o del segundo trimestre correspondientes con el último periodo menstrual seguro y confiable.

**Definición operacional:** Duración de la gestación en semanas completas fechadas por ultrasonido de primer trimestre o del segundo trimestre correspondientes con el último periodo menstrual normal, referido por la paciente como el primer día de sangrado menstrual, con ciclos regulares de  $28 \pm 7$  días, sin antecedente de haber utilizado anticonceptivos hormonales al menos 3 meses previos a la fecha de última menstruación. En caso de que exista diferencia de más de 7 días con el ultrasonido, la edad gestacional será corregida por ultrasonido de primer trimestre.

**Nivel de medición:** semanas y días

**Tipo de variable:** cuantitativa discreta

## **UNIVERSO DE ESTUDIO**

Pacientes con embarazo desde las 14 a las 40 semanas que acudan al Instituto Nacional de Perinatología para control prenatal.

## **POBLACIÓN ACCESIBLE**

Pacientes con embarazo desde las 14 a las 40 semanas de gestación que acudan al Servicio de Medicina Materno Fetal del Instituto Nacional de Perinatología.

## **CRITERIOS DE SELECCIÓN**

### **CRITERIOS DE INCLUSIÓN:**

- Feto único, vivo, con edad gestacional entre 14 y 40 semanas, exacta respecto a fecha de última regla segura y confiable o respecto a ultrasonido corregido
- Pacientes que acepten participar en el estudio al firmar la hoja de consentimiento informado

### **CRITERIOS DE NO INCLUSIÓN:**

Pacientes que presenten en el momento del estudio:

- Fetos con alteraciones estructurales mayores.
- Fetos con alteraciones del crecimiento.
- Enfermedad hipertensiva crónica.
- Preeclampsia o trastornos hipertensivos del embarazo.
- Diabetes mellitus.
- Diabetes gestacional.
- Enfermedades autoinmunes de la colágena.
- Aloimmunización a antígenos eritrocitarios.
- Cualquier padecimiento materno que tenga implicación sobre la hemodinamia fetal.

## **TIPO DE MUESTREO**

No probabilístico de casos consecutivos



## **DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ESTUDIO**

El estudio se llevará a cabo en el Departamento de Medicina Materno Fetal del Instituto Nacional de Perinatología

Las pacientes que sean referidas desde la Preconsulta o de Ultrasonido de I nivel al Departamento de Medicina Materno Fetal y que cumplan con los criterios de selección serán informadas acerca de la finalidad del estudio, invitándolas a participar en él, para lo cual firmarán el Consentimiento Informado (anexo 1).

Se realizarán las mediciones Doppler de la arteria cerebral media (anexo 2) para obtener la velocidad sistólica máxima y el índice de pulsatilidad, anotando la información obtenida en la hoja de recolección de datos (anexo 3).

A un mismo paciente se le puede realizar más de una medición a diferente edad gestacional, considerando a cada una de estas mediciones de forma independiente.

Con la información obtenida se realizarán las curvas y tablas de referencia para cada parámetro según el análisis estadístico propuesto.

Deberá realizarse revisión de los expedientes clínicos de las pacientes con la finalidad de obtener los resultados perinatales.

Previo a la recolección de los datos, se realizará una fase de estandarización de la técnica de medición para determinar el coeficiente de correlación intraclase para las mediciones.

Para determinar la variabilidad y reproducibilidad de las mediciones para ambos índices, los tres médicos adscritos al servicio de Medicina Materno Fetal del INPer realizarán cada uno, tres mediciones en la misma paciente para el índice de pulsatilidad y tres mediciones para la velocidad sistólica pico de la arteria cerebral media fetal. Y esto se realizará 10 pacientes.

Para el cegamiento de las mediciones se cubrirán los monitores de los ultrasonidos con una tarjeta de cartón en la zona de registro de las mediciones, de tal forma que los observadores desconozcan los resultados de sus medidas.

Todas las mediciones serán almacenadas en la memoria de los equipos de ultrasonido.

Se anotarán los resultados de las mediciones en la hoja de recolección de datos (anexo 4) recuperando dichos valores de a partir de las imágenes almacenadas en el equipo de ultrasonido al momento de realizar las mediciones.

Se realizará el análisis estadístico.

## **ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Se realizará con base en el modelo de “media y desviación estándar (DS)”<sup>25</sup>. Se asume que los fetos pertenecen a una población normal y que cada semana de gestación tiene una distribución normal con media y DS.

Se obtendrán los centiles de referencia, que cambien respecto a las semanas de gestación, y que provean un buen ajuste de los datos.

El centil de la curva para cada semana de gestación se calculará de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{Centil s}_{dg} = \text{media s}_{dg} + K + DS \text{ s}_{dg}$$

Donde K corresponde al equivalente deseado normal “desviado”, y toma un valor correspondiente a la proporción de la distribución estándar (con media en cero y DS en uno) cayendo sobre la media o alejándose de ésta.

La media será modelada, ajustando una curva polinomial a los datos crudos por medidas de regresión de análisis cuadrático, utilizando el modelo lineal  $a + bt$  ( $t = \text{s}_{dg}$ )

El modelo de media y DS considera la variabilidad de los datos y los residuos del modelo de la media ajustado deberá calcularse y graficarse contra las semanas de gestación para mostrar si la variabilidad cambia con las semanas de gestación y cómo lo hace.

Los residuos serán por una relación lineal con las semanas de gestación. Como el análisis de regresión estima la media, deberá tomar en cuenta un incremento en la DS con las semanas de gestación, y esta unión del modelo de la media podrá ser reajustada usando el recíproco de cuadrado de la DS estimada

La puntuación Z está definida como:

$$Z = \frac{\text{valor observado} - \text{media sdg}}{\text{DS sdg}}$$

La puntuación Z representa los valores observados, expresados en una escala estándar normal, con media en 0 y DS de 1, con la media y DS ajustada para las semanas de gestación.

Se deben calcular las curvas de centiles para los intervalos de referencia deseados, sustituyendo las expresiones de la media y la DS

La puntuación-Z para cada individuo se calculará utilizando la ecuación de puntuación-Z. El centil será obtenido utilizando a distribución normal inversa. Los centiles calculados deberán ser sobreimpuestos en el diagrama de los valores observados, graficándolo contra las semanas de gestación, asegurándose que estos ajusten.

Para la estandarización de la técnica, el grado de concordancia entre los tres distintos observadores al evaluar las medidas (variabilidad interobservador) y el grado de concordancia al efectuar la medición de un observador consigo mismo (variabilidad intraobservador) se calculará con el coeficiente de correlación intraclase, estimando el promedio de las correlaciones entre todas las posibles ordenaciones de las observaciones disponibles.

La forma del cálculo se basa en un modelo de análisis de varianza (ANOVA) con medidas repetidas

El valor del coeficiente de correlación intraclase se obtendrá por alpha de Cronbach calculado con el programa informático SPSS versión 15.

El grado de concordancia será evaluado con la escala propuesta por Landis y Koch <sup>26</sup>:

Valor	Grado de acuerdo
0	<b>Pobre</b>
0.01 – 0.020	<b>Leve</b>
0.21 – 0.49	<b>Regular</b>
0.41 – 0.60	<b>Moderado</b>
0.61 – 0.80	<b>Substancial</b>
<i>0.81 – 1.00</i>	<b>Casi perfecto</b>

## **ASPECTOS ÉTICOS**

Riesgo mayor al mínimo (anexo 4)

## RESULTADOS

Las características demográficas de las diez pacientes en quienes se realizó la estandarización de la técnica son las siguientes:

Tabla 1. Características demográficas de las pacientes en quienes se llevó a cabo la fase de estandarización de la técnica para el índice de pulsatilidad y la velocidad sistólica pico de la arteria cerebral media fetal.

Paciente	Edad (años)	G	P	C	A	% sobrepeso	SDG
1	32	3	1	0	1	20	31.3
2	36	4	2	0	1	20	33.5
3	38	1	0	0	0	6	28
4	39	1	0	0	0	42	35
5	40	4	0	1	2	13	33.1
6	28	1	0	0	0	-8	28.2
7	20	2	1	0	0	4	34
8	31	4	2	1	0	9	34.2
9	22	1	0	0	0	-7	33.6
10	25	1	0	0	0	14	35.6

G = número de embarazos, P= número de partos, C = número de cesáreas, A = número de abortos; % sobrepeso = porcentaje de sobrepeso para la edad gestacional\*; SDG = edad gestacional en semanas y días.

\* Calculado según fórmula referida en Ginecología y Obstetricia de México, 1995; 53: 227- 231.

Existió dificultad técnica para realizar las mediciones en una sola paciente por presentar obesidad, sin embargo éstas fueron realizadas en forma satisfactoria.

La tabla 2 muestra el coeficiente de correlación intraclase y el intervalo de confianza para la variabilidad intraobservador para el índice de pulsatilidad de la arteria cerebral media fetal. Para los tres observadores existe una buena concordancia con ellos mismos al realizar las mediciones. El observador 1 y el observador 2 tienen concordancias similares. De acuerdo con los criterios de Landis y Koch, las concordancias son casi perfectas

El coeficiente de correlación intraclase y el intervalo de confianza para la variabilidad interobservador para el índice de pulsatilidad de la arteria cerebral media fetal se muestra en la tabla 3. De acuerdo a los criterios de Landis y Koch, el grado de reproducibilidad es substancial.

Para la velocidad sistólica pico de la arteria cerebral media fetal, el coeficiente de correlación intraclase y el intervalo de confianza para la variabilidad intraobservador se muestra en la tabla 4. Para los tres observadores existe una buena concordancia con ellos mismos al realizar las mediciones. El observador 1 y el observador 2 tienen concordancias similares.

De acuerdo con los criterios de Landis y Koch, las concordancias del observador 1 y 2 son casi perfectas, la de observador 3 es substancial; todas confiables.

De acuerdo a los criterios de Landis y Koch, se obtuvo un grado de concordancia casi perfecto para la velocidad sistólica pico de la arteria cerebral media fetal; el coeficiente de correlación intraclase y el intervalo de confianza para la variabilidad interobservador se muestran en la tabla 5.

Tabla 2. Variabilidad intraobservador para el índice de pulsatilidad de la arteria cerebral media fetal

Observador	Correlación intraclase	Intervalo de confianza 95%	
		Límite inferior	Límite superior
1	.849	.558	.959
2	.868	.614	.964
3	.729	.205	.927

Tabla 3. Variabilidad interobservador para el índice de pulsatilidad de la arteria cerebral media fetal

Correlación intraclase	Intervalo de confianza 95%	
	Límite inferior	Límite superior
.748	.261	.932

Tabla 4. Variabilidad intraobservador para la velocidad sistólica pico de la arteria cerebral media fetal

Observador	Correlación intraclase	Intervalo de confianza 95%	
		Límite inferior	Límite superior
1	.983	.951	.995
2	.922	.772	.979
3	.651	-.022	.906

Tabla 5. Variabilidad interobservador para la velocidad sistólica pico de la arteria cerebral media fetal

Correlación intraclase	Intervalo de confianza 95%	
	Límite inferior	Límite superior
.859	.587	.962

Los resultados obtenidos reflejan que la técnica estandarizada para obtener las mediciones es altamente reproducible cuando se realiza por observadores capacitados. Ya que se obtuvieron valores altos para el alfa de Cronbach, la confiabilidad de las mediciones es alta; la puntuación obtenida por los observadores correlaciona con la puntuación que se puede obtener por otra muestra al azar de observadores, lo que significa que la técnica es reproducible y confiable.

## DISCUSIÓN

La velocidad sistólica máxima de la arteria cerebral media se utiliza para diagnosticar anemia fetal debida a varias condiciones como aloinmunización a antígenos eritrocitarios, infección por parvovirus<sup>5, 7</sup>. Es el mejor parámetro diagnóstico para la detección de anemia fetal, reduce el número de procedimientos invasivos en estos casos<sup>6</sup>.

El índice de pulsatilidad puede reflejar vasodilatación cerebral fetal, uno de los procesos de redistribución sanguínea relacionados con hipoxia fetal<sup>9</sup>.

El índice cerebroplacentario refleja cambios agudos en la presión de oxígeno, es por esto que se considera superior al índice de pulsatilidad de la arteria cerebral media para predecir pronóstico neonatal adverso<sup>19</sup>.

Por lo anterior, es importante conocer la reproducibilidad de la técnica de medición de la flujometría Doppler de la arteria cerebral media fetal en manos de quienes, día a día, realizan esta evaluación, así como construir valores de referencia del índice de pulsatilidad y de la velocidad sistólica máxima para la edad gestacional con una técnica estandarizada para poder vigilar los embarazos de alto riesgo.

El presente estudio comprende una fase inicial de estandarización en la técnica de medición del índice de pulsatilidad y de la velocidad sistólica máxima de la arteria cerebral media fetal, para posteriormente iniciar la medición de estos índices y recolección de datos para poder establecer los valores de referencia. Hasta el momento se ha llevado a cabo la fase de estandarización de la técnica.

Mari et al, en su estudio para el diagnóstico de anemia fetal con Doppler, obtuvo para la velocidad sistólica pico de la arteria cerebral media fetal un error intraobservador de 2.3%, y un error interobservador de 2.5%. Estos valores se obtuvieron de diez fetos a cada uno de los cuales dos médicos les realizaron cinco mediciones<sup>7</sup>.

Kurmanavicius, al realizar índices de referencia para el índice de resistencia de la arteria cerebral media fetal, menciona la importancia de la variabilidad biológica sobre el comportamiento de este índice, sin embargo en su estudio no se menciona la variabilidad interobservador e intraobservador de los “varios operadores” que realizaron las mediciones, lo cual resta validez al estudio<sup>14</sup>.

Hsieh, en su estudio del flujo sanguíneo de la arteria cerebral media fetal, reporta una variabilidad intraobservador menor del 10%, sin especificar el número de personas que realizaron las mediciones, ni si esta variabilidad se obtuvo a partir de las 42 pacientes que integraron el estudio<sup>16</sup>.

Zalei, al estudiar la correlación entre el tamaño de los ventrículos y el índice de resistencia de la arteria cerebral media; al igual que Kurmanavicius, no reporta cuantos operadores realizaron las mediciones ni la variabilidad intra e interobservador de los mismos<sup>17</sup>.

Bahlmann, en su estudio para valores de referencia de flujometría Doppler en población normal de las 18 a las 42 semanas de gestación, describe adecuadamente que se evaluó en el único investigador que llevó a cabo las mediciones, la reproducibilidad de éstas para los diferentes parámetros estudiados en 21 fetos con una edad gestacional de 30 semanas. La reproducibilidad intraobservador fue la siguiente: para el índice de pulsatilidad 87% (rango de 82% - 92%); para el índice de resistencia 83% (rango 76% - 92%); velocidad sistólica máxima 80% (rango 71% - 89%)<sup>18</sup>.

Baschat reporta una variabilidad intraobservador de 5% para el índice de pulsatilidad de la arteria cerebral media y de la arteria umbilical, obtenida por un solo investigador a partir de mediciones realizadas a 10 fetos al principio y al final de su estudio<sup>19</sup>.

Scheier, en el estudio de la velocidad sistólica pico en la anemia por isoimmunización al Rh, no menciona la reproducibilidad de la técnica que se utilizó para la realización de las mediciones<sup>20</sup>.

Medina reporta que en su estudio los observadores se estandarizaron hasta alcanzar una consistencia superior a 0.80 según el coeficiente de correlación intraclase. La reproducibilidad de las mediciones se evaluó en 20 fetos, a los cuales se les calculó el coeficiente de correlación intra e interobservador y los límites de concordancia al 95% entre observadores, de acuerdo con el método descrito por Bland y Altman<sup>21</sup>.

Rujiwetpongstorn, en su estudio realizado en población tailandesa para los índices Doppler de la arteria cerebral media, no reporta la reproducibilidad de la técnica utilizada<sup>22</sup>.



Mari et al, en su estudio dirigido a la técnica y variabilidad de la medición de la velocidad sistólica pico de la arteria cerebral media reporta un grado de concordancia interobservador de 0.62 a 0.99; en este estudio las mediciones fueron realizadas en diferentes instituciones por diferentes operadores. Los grados de concordancia intraobservador que se encontraron variaron de 0.94 a 0.99. Menciona que es de vital importancia realizar adecuadamente las mediciones con una técnica descrita paso a paso para obtener los mejores resultados en la clínica<sup>27</sup>.

El estudio de reproducibilidad en el cálculo del índice de pulsatilidad y de la velocidad sistólica máxima muestra que es una valoración fiable al ser estandarizada, y posible de realizar con poca variabilidad en sus resultados cuando las mediciones son realizadas por personas capacitadas. Los límites de concordancia para el índice de pulsatilidad muestran que la diferencia máxima entre los observadores es de 0.139 unidades, con una variación de .261 a .932 con 95% de confianza. Para la velocidad sistólica máxima, la diferencia máxima entre los observadores es de .332 unidades, con una variación de .587 a .962 con 95% de confianza. Esta variabilidad puede estar influida por variabilidad biológica de los parámetros fisiológicos fetales y maternos.

## **CONCLUSIONES**

Debemos considerar que el tamaño de la muestra en la que se realizó la estandarización de la técnica fue únicamente de diez pacientes, si se realiza con un tamaño de muestra mayor obtendríamos intervalos de confianza aún más estrechos, con la implicación de ser más precisos. Sin embargo, tenemos suficiente evidencia en la literatura de que la técnica de medición de los parámetros Doppler de la arteria cerebral media fetal es altamente reproducible, por lo que resulta a su vez muy confiable.

Siempre hay que considerar que el uso de los parámetros Doppler sin un entrenamiento apropiado pueden perjudicar al feto más que ayudarlo.

La estandarización en la técnica de medición del índice de pulsatilidad y de la velocidad sistólica máxima de la arteria cerebral media fetal, así como la evaluación de la variabilidad interobservador e intraobservador como una medida de reproducibilidad, permiten establecer la base a partir de la cual se podrán construir los valores de referencia para la edad gestacional de estos índices en población únicamente mexicana.

**ANEXO 1**  
**INSTITUTO NACIONAL DE PERINATOLOGIA**  
**ISIDRO ESPINOSA DE LOS REYES**  
**SERVICIO DE MEDICINA MATERNO FETAL**  
**Carta de consentimiento informado**

**VALORES DE REFERENCIA PARA LA EDAD GESTACIONAL DEL ÍNDICE DE PULSATILIDAD Y LA VELOCIDAD SISTÓLICA MÁXIMA DE LA ARTERIA CEREBRAL MEDIA FETAL DE LAS 14 A LAS 40 SEMANAS DE GESTACIÓN**

Usted esta siendo invitada a participar en un estudio llevado a cabo por el servicio de Medicina Materno Fetal del Instituto Nacional de Perinatología, el cual consiste en la valoración ultrasonográfica de su bebé. Con ultrasonido Doppler (un tipo especial de ultrasonido) se estudiará una parte de la circulación del cerebro de su bebé para poder obtener los valores que correspondan a las semanas de embarazo.

**SI USTED ACEPTA PARTICIPAR EN ESTE ESTUDIO**

1. Responderá a preguntas necesaria para realizar su historia clínica
1. Se medirán los parámetros con ultrasonido Doppler de la circulación del bebé necesarios para el estudio
2. De acuerdo al resultado se le otorgará una nueva cita para seguimiento si así fuera necesario
3. Si usted requiriera atención obstétrica inmediata posterior al estudio esta le será otorgada en el Instituto

**PROCEDIMIENTO:**

A. Se realizará el ultrasonido utilizando Doppler en el área de investigación, ubicada en el sexto piso, dentro del servicio de Medicina Materno Fetal.

B. Durante la realización del ultrasonido se recabarán datos faltantes sobre información general como son: peso, talla, origen, médico y diagnóstico de envío, así como quién realiza el estudio, corroborando domicilio, teléfonos (casa, trabajo, familiar).

C. La duración aproximada del estudio es de 15 minutos

**RIESGOS:**

Debido a que se realizará ultrasonido Doppler para el estudio, éste se considera como riesgo mayor a mínimo. Sin embargo, este riesgo disminuirá porque el tiempo de exposición del bebé al Doppler se intentará reducir al máximo (máximo 15 minutos).

**BENEFICIOS:**

Es posible que no se produzca beneficio directo alguno para usted al participar en el estudio. Pero el estudio que se le realice permitirá a los médicos del Instituto estudiar la circulación sanguínea de los bebés, permitiendo que se conozca cómo funciona el aparato circulatorio del bebé.

**DERECHO A RETIRARSE:**

La decisión de participar en el estudio, no afectará la forma como usted o su recién nacido serán tratados dentro de éste Instituto. Si decidiera entrar al estudio y retirarse después puede hacerlo sin dar ninguna explicación al respecto y sin tener consecuencias sobre su atención médica en el Instituto.

**CONFIDENCIALIDAD:**

Los resultados obtenidos, serán tratados de la manera más discreta posible. Los resultados de nuestro estudio se reportarán evitando que se conozcan sus nombres y presentados de manera que nadie sea identificado.

**CONSENTIMIENTO:**

Si usted firma esta hoja, está reconociendo que tiene una copia de éste formulario y que ha recibido toda la información sobre el estudio, aclarándole todas las preguntas referentes a su participación. En caso de que usted lo requiera, durante el curso del estudio se le dará toda la información necesaria sobre nuevas dudas que puedan surgir.

**Yo reconozco que mi participación en éste estudio es voluntaria y que soy libre de participar. Certifico que los médicos me han explicado todo lo referente al estudio y han respondido claramente a todas mis preguntas. Ellos me han dado información complementaria acerca del proyecto y me han dado tiempo para tomar mi decisión.**

El colaborador en la investigación, Dr. (a) \_\_\_\_\_ me ha explicado esta información, y se ha ofrecido a responder mis preguntas. Si tengo alguna duda, puedo comunicarme con él al teléfono (55 20 99 00, ext 112 – 114).

México, D. F., a \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ del \_\_\_\_\_.

Nombre y firma de la paciente

Nombre y firma del testigo

Nombre y firma del testigo

Nombre y firma del testigo

## **ANEXO 2**

### **TÉCNICA ESTANDARIZADA PARA MEDIR EL FLUJO DOPPLER DE LA ARTERIA CEREBRAL MEDIA**

El estudio Doppler de la arteria cerebral media será realizado por médicos adscritos al servicio de Medicina Materno Fetal del INPer, Certificados por la Fetal Medicine Foundation. Se utilizará un ultrasonido de alta resolución General Electric Voluson 730 Expert, GE Medical System Europe-78, Buc, France, con transductor convexo de 3.5 – 5 MHz.

La arteria cerebral media se visualiza en un plano transverso. La cabeza fetal se observa inicialmente en un corte axial utilizado para las mediciones biométricas, posteriormente se realizan cortes más caudales hasta llegar a la base del cerebro. Inmediatamente debajo de los tálamos, se observa una pulsación redondeada ligeramente ecogénica, la cual corresponde al polígono de Willis, se aplica Doppler color. La arteria cerebral media se ramifica del polígono de Willis hacia ambos lados, y continúa en dirección anterolateral hacia las órbitas, a nivel del hueso esfenoides. Se magnifica la imagen de tal forma que la arteria cerebral media ocupe el 50% de la imagen. La ventana se coloca en el tercio proximal de la arteria cerebral media, a 2 mm de su origen de la arteria carótida interna. Las velocidades de flujo sanguíneo se miden con un ángulo de insonación lo más cercano a cero grados. La frecuencia de repetición de pulsos que se utiliza es de 4 a 6 kHz, el filtro de pared se establece en 120 Hz. Se realiza el cálculo a partir de cinco ciclos cardiacos a través y se almacena la imagen, el análisis se realiza automáticamente por el equipo de ultrasonido a partir de la imagen almacenada. Los índices velocimétricos se calculan a partir de la media de los valores. El promedio de intensidad espacial para el Doppler pulsado y Doppler color es constantemente menor e 100 mW/cm<sup>2</sup>. La paciente será colocada en semifowler, ligeramente inclinada sobre su lado izquierdo. Las mediciones se obtienen con una frecuencia cardiaca fetal de 120 a 160 latidos por minuto, en ausencia de movimientos respiratorios maternos y fetales <sup>27</sup>.

## ANEXO 3

### HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Nombre:			
Registro:			
Teléfono:			
Edad:			
G: P: C: A:			
TM:			
FUR:			
Método anticonceptivo			
Patología:	Fecha de diagnóstico:	Complicaciones	Tratamiento actual
Edad gestacional:	FUR:	USG:	

#### \*Flujometría Doppler arteria cerebral media

Fecha	IP	Vel sist máx

#### Resolución:

RESOLUCION DEL EMBARAZO:

DIAGNOSTICO DE INTERRUPCION: \_\_\_\_\_

FECHA DE NACIMIENTO: \_\_\_\_\_

VIA DE INTERRUPCION: \_\_\_\_\_

PESO: \_\_\_\_\_ TALLA: \_\_\_\_\_ APGAR: 0/5MIN \_\_\_\_\_

SILVERMAN ANDERSON: \_\_\_\_\_ CAPURRO/BALLARD \_\_\_\_\_

**PATOLOGIA FETAL:** \_\_\_\_\_ -

#### Observaciones:

\* Anotar valor numérico y percentila para la edad gestacional

## ANEXO 4

### HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA ESTANDARIZACIÓN DE LA TÉCNICA PARA FLUJOMETRÍA DOPPLER DE LA ARTERIA CEREBRAL MEDIA FETAL.

PACIENTE No. \_\_\_\_\_

Vaso	Médico	IP	IR	S/D	PSmáx	FD
Arteria cerebral media	1					
	2					
	3					

## **ANEXO 5**

### **SEGURIDAD DEL ULTRASONIDO UTILIZADO EN LOS ESTUDIOS DOPPLER**

No existe evidencia de que el uso de la ecografía diagnóstica se asocie a alteraciones estructurales fetales, bajo peso al nacer, lesiones tumorales o alteraciones en el lenguaje. Sin embargo, se ha observado que fetos varones expuestos a emisiones diagnósticas de ultrasonido tienen una tendencia a ser zurdos.

El choque del ultrasonido con los tejidos produce un aumento de temperatura local y cuando las ondas sónicas pasan por un medio que contenga gas, se puede producir un fenómeno de condensación llamado cavitación. A mayor poder de emisión el riesgo se incrementa.

Existen dos índices de riesgo: el índice térmico (IT) y el índice mecánico (IM). Un IT de 1 indica que utilizando ese modo de ecografía y en esa determinada área se podría aumentar la temperatura un grado centígrado. Se considera que en embarazos tempranos un aumento de a.1.5 a 2°C en los tejidos fetales podría tener efectos teratogénicos, y más de 4°C, un riesgo muy importante.

Los tejidos más densos como el hueso aumentan más rápido su temperatura, debido a esto, se utiliza diferentes subíndices del mismo IT, B (bones) para huesos, C para el cráneo y S (Soft tissues) para tejidos blandos. El operador debe elegir el IT adecuado para el estudio que va a realizar. En la evaluación fetal, como regularmente se estudian partes óseas, se considera prudente utilizar siempre el TIB como marcador de riesgo.

De las diferentes emisiones ecográficas, el Doppler pulsado es el que aumenta más la temperatura, seguido del Doppler color y continuo y por último del ultrasonido bidimensional.

Otro efecto secundario es el movimiento de líquidos que puede tener efectos secundarios en etapas tempranas del embarazo cuando aún no se completa a organogénesis.

Para disminuir los posibles efectos secundarios se recomienda:

1. No utilizar ninguna modalidad Doppler durante el primer trimestre del embarazo a menos de que sea completamente necesario.

2. Mantener los índices térmicos y mecánicos siempre por debajo de 1.
3. Cuando se utilice el sistema Duplex los índices cambian en relación al tamaño de las ventanas de color, es necesario estar siempre atentos a disminuir la energía
4. En estudios de segundo y tercer trimestre que requieran Doppler, no exceder el tiempo de exposición fetal por arriba de 15 minutos de insonación constante.



1. Vyas S, Campbell S, Bower S et al. Maternal abdominal pressure alters fetal cerebral blood flow. *Br J Obstet Gynaecol* 1990; 97: 740 – 742
2. Mari G, Moise KJ, Deter RL et al. Doppler assessment of the pulsatility index in cerebral circulation of the human fetus. *Am J Obstet Gynecol* 1989; 160: 698 – 703
3. Locci M, Nazzaro G, De Placido G et al. Fetal cerebral haemodynamic adaptation: A progressive mechanism? Pulsed and color Doppler evaluation. *J Perinat Med*. 1992; 20: 337 – 343
4. Kurjak A, Predonic M, Kuspesic S et al. Transvaginal color Doppler study of the middle cerebral blood flow in early normal and abnormal pregnancy. *Ultrasound Obstet Gynecol* 1992; 2: 424 – 428
5. Sherer D. Prenatal ultrasonographic assessment of the middle cerebral artery: A review. *Obstet Gynecol Surv*. 1997; 52: 444 – 455.
6. Mari G: Noninvasive diagnosis by Doppler ultrasonography of fetal anemia due to maternal redcell alloimmunization. *N Engl J Med* 2000; 342: 9
7. Mari G, Adrignolo A, Abuhamad A, 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.
8. Vyas S, Nicolaidis K, Bower S, et al. Middle cerebral artery flow velocity waveforms in fetal hypoxaemia. *Br Journal of Obstetrics and Gynaecology*. 1990; 97: 797 – 803
9. Wladimiroff J, Van den Wijngaard J, Degani S. et al. Cerebral and umbilical arterial blood flow velocity waveforms in normal and growth retarded pregnancies: A comparative study. *Obstet Gynecol* 1987; 69: 705 - 709.
10. Mari G, Deter R. Middle cerebral artery flow velocity waveforms in normal and small-for-gestational-age fetuses. *Am J Obstet Gynecol* 1992;166: 1262 – 1270
11. Arduini D, Rizzo G, Romanini C. Changes in pulsatility index from fetal vessels preceding the onset of late decelerations in growth-retarded fetuses. *Obstet Gynecol* 1992; 79 : 605 – 610.
12. Forouzan I., Tian Z. Fetal middle cerebral artery blood flow velocities in pregnancies complicated by intrauterine growth restriction and extreme abnormality in umbilical artery doppler. *Am J Perinatol* 1996; 13: 139 – 142.
13. (Mari G, Moise KJ, Deter RL. Doppler assessment of the pulsatility index in cerebral circulation of the human fetus. *Am J Obstet Gynecol* 1989; 160: 698 - 703  
 Mari G, Deter R. Middle cerebral artery flow velocity waveforms in normal and small-for-gestational-age fetuses. *Am J Obstet Gynecol* 1992;166: 1262 – 1270  
 Veille JC, Hanson R, Tatum K. Longitudinal quantitation of middle cerebral artery blood flow in normal human fetuses. *Am J Obstet Gynecol* 1994; 169: 1393 - 1398  
 Wladimiroff JW, Tonge HM, Steward PA. Doppler assessment of cerebral blood flow in human fetus. *Br J Obstet Gynaecol* 1986; 93: 471 – 475).
- En:  
 Sherer. Prenatal Ultrasonographic Assessment of the Middle Cerebral Artery: A Review. *Obstet and Gynecol Surv*. 1997; 52: 444 - 455
14. Kurmanavicius J., Florio, I., Wisser J., Reference resistance indices of the umbilical, fetal middle cerebral and uterine arteries at 24-42 weeks of gestation. 1997; 10: 112 - 120
15. Kurmanavicius J, Streicher A, Wright E, et al. Reference values of fetal peak systolic blood flow velocity in the middle cerebral artery at 19 – 40 weeks of gestation. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2001; 17: 50 – 53
16. Hsieh Y, Chang C, Tsai H. Longitudinal survey of blood flow at three different locations in the middle cerebral artery in normal fetuses. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2001;17:125 – 128.

17. Zalel Y, Almog B, Seidman S, et al The Resistance Index in the Fetal Middle Cerebral Artery by Gestational Age and Ventricle Size in a Normal Population. *Obstetrics and Gynecology* 2002; 6: 1203 – 1207
18. Balhmann F, Reinhard I, Krummenauer F, et al. Blood flow velocity waveforms of the fetal middle cerebral artery in a normal population: reference values from 18 weeks to 42 weeks of gestation. *J Perinat Med* 2002; 30: 490 - 501
19. Baschat A, Gembruch U. The cerebroplacental Doppler ratio revisited. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2003; 21: 124 – 127.
20. Scheier M, Hernández E, Carmo A. Prediction of fetal anemia in rhesus disease by measurement of fetal middle cerebral artery peak systolic velocity. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2004; 23: 432 – 436
21. Medina N, Figueroa H, Hernández E. Valores de referencia del índice de pulsatilidad y de la velocidad máxima en la arteria cerebral media fetal durante el embarazo normal. *Ginecol Obstet Méx* 2006; 74 (7): 376-382
22. Rujivetpongstorn J., Phupong V. Doppler waveform indices of the Middle Cerebral Artery of normal fetuses in the first half of pregnancy in the Thai population. *Arch Gynecol And Obstet*. Mar 2007 [Epub ahead of print]
23. Maulik, D. *Doppler Ultrasound in Obstetrics and Gynecology*. Springer. 2005. Pág 46.
24. WHO. *Physical status: the use and interpretation of anthropometry* (WHO technical report series NO. 854) Geneva, Switzerland 1995.
25. Silverwood R. Cole T. Statistical methods for constructing gestational age-related reference intervals and centile charts for fetal size. *Ultrasound Obstet Gynecol*: 2007; 29: 6 -13
26. Michael S., Kramer R., Alan R., et al. Clinical biostatistics LIV. The biostatistics of concordance. *Clin. Pharmacol. Ther* 1981; 29:111 – 123.
27. Mari, G. Abuhamad A., Cosmi E., et al. Middle Cerebral Artery Peak Systolic Velocity. Technique and Variability. *J Ultrasound Med* 2005; 24: 425 – 430.