



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS MÉDICAS,
ODONTOLÓGICAS Y DE LA SALUD

INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS MÉDICAS Y NUTRICIÓN SALVADOR ZUBIRÁN

NEUROLOGÍA CLÍNICA

“EVALUACIÓN DE LA HEMODINAMIA CEREBRAL CON LA TÉCNICA DE ULTRASONIDO
DÖPPLER TRANSCRANEAL CODIFICADO POR COLOR: DETERMINACIÓN DE
VALORES NORMATIVOS”

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS MÉDICAS

PRESENTA:

JOSÉ DOMINGO BARRIENTOS GUERRA

TUTOR PRINCIPAL

DR. en C. ERWIN CHIQUETE ANAYA

INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS MÉDICAS Y NUTRICIÓN SALVADOR ZUBIRÁN

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR

DR. en C. ANTONIO ARAUZ GÓNGORA

INSTITUTO NACIONAL DE NEUROLOGÍA Y NEUROCIROLOGÍA MANUEL VELASCO
SUÁREZ

DR. en C. CARLOS CANTÚ BRITO

INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS MÉDICAS Y NUTRICIÓN SALVADOR ZUBIRÁN

DR. en C. PAUL CARRILLO MORA

MTRO. En C. JULIO MACÍAS GALLARDO

INSTITUTO NACIONAL DE REHABILITACIÓN LUIS GUILLERMO IBARRA IBARRA

Ciudad Universitaria, Cd. Mx. febrero 2018



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis 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.

ÍNDICE

1. RESUMEN	1
2. ANTECEDENTES.....	2
3. PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA.....	9
4. JUSTIFICACIÓN	10
5. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	11
6. HIPÓTESIS.....	11
7. OBJETIVOS	11
8. METODOLOGÍA.....	12
9. RESULTADOS	17
10. DISCUSIÓN	19
11. CONCLUSIONES	21
12. TABLAS	22
13. FIGURAS	39
14. GRÁFICAS	40
15. ANEXOS.....	49
16. BIBLIOGRAFÍA.....	52

1. RESUMEN

Introducción. Los ultrasonidos en el estudio de enfermedades neurológicas, nos ofrece una herramienta diagnóstica, pronóstica e incluso terapéutica. El Döppler dúplex transcraneal codificado (DTCC) combina el modo B y efecto Döppler por lo que permite ver el vaso que se está insonando. Una de sus ventajas sobre el Döppler transcraneal convencional (DTC) es modificar el ángulo de insonación lo que permite obtener velocidades de flujo sanguíneo cerebral (FSC) más fiables. El objetivo fue obtener los valores normativos de la hemodinamia cerebral con el DTCC cuando se modifica el ángulo de insonación.

Métodos. Fue un estudio prolectivo, observacional y transversal. Se realizó en sujetos sanos los cuales se estratificaron en tres grupos de edad 18 – 40, 41 – 60 y \geq 61 años a los cuales se les hizo el DTC y DTCC obteniendo los parámetros hemodinámicos de las arterias intracraneales; con el DTCC se obtuvieron medidas a 0°, 15°, 30°, 45°, 60° y ángulo corregido.

Resultados. Se estudió un total de 195 sujetos de los cual 10.3% no tenía adecuada ventana sonográfica. Se insonó un total de 972 arterias intracraneales. El percentil 2.5 y 97.5 del ángulo de corrección para la arteria cerebral media 0°-60°, anterior 0°-44° y posterior 30°-60°. Las velocidades medias de FSC por el ángulo corregido para la arteria cerebral media 37.7 – 112.5 cm/s, anterior 25.6 – 71.2 cm/s y posterior 29.2 – 80.8 cm/s.

Conclusiones. Las velocidades de flujo sanguíneo cerebral mediante la técnica de DTCC no son anticipables por la fórmula del efecto Döppler cuando se usan los valores del DTC. Los resultados confirman la necesidad de corregir el ángulo de insonación para obtener velocidades de flujo sanguíneo cerebral fiables cuando se usa el DTCC.

Palabras clave. Döppler transcraneal convencional, Döppler dúplex transcraneal codificado por color, hemodinamia cerebral, ángulo de insonación, valores normativos.

2. ANTECEDENTES

2.1. Física del sonido

El sonido es una onda mecánica longitudinal que se propaga por un medio elástico, para que esta se produzca se necesitan dos factores: una fuente de vibración y un medio elástico por el que se propague. La rapidez del sonido en el aire a 21°C es de 344 m/s, la cual depende de la elasticidad del medio y de la inercia de sus partículas, de tal manera que los materiales más elásticos permiten mayor velocidad de la onda, mientras que los materiales más densos retardan el movimiento ondulatorio.⁽¹⁾

Los fisiólogos se interesan principalmente en las ondas sonoras que tienen la capacidad de afectar el sentido del oído. Por lo que es conveniente dividirlo en intervalos de frecuencias: ^{(1,}
2)

- Audible: ondas que se encuentran en el intervalo de 20 a 20000 Hertz (Hz).
- Infrasonicos: ondas sonoras que se encuentran por debajo de frecuencia de 20 Hz.
- Ultrasonicos: ondas sonoras por arriba de frecuencias de 20000 Hz.

Las características físicas del sonido son:

- Amplitud (intensidad, volumen): es la potencia transferida por una onda a través de la unidad de área a la dirección de propagación.
- Frecuencia (tono): son los ciclos por segundo (Hz).
- Timbre: es la característica que permite al oyente identificar las características de la fuente.

2.2. Efecto Döppler

Christian Andreas Döppler, en 1842, publicó su artículo más famoso: "Sobre el color de la luz en estrellas binarias y otros astros."⁽²⁾

Describió este efecto como el cambio aparente de frecuencia o de la longitud de onda cuando hay un movimiento relativo entre la fuente de las ondas y el observador. La frecuencia percibida es superior cuando la fuente de la onda se mueve hacia el observador y es inferior cuando la fuente se aleja del observador. Este cambio aparente en la frecuencia es llamado efecto o cambio Döppler. Es válido para todo tipo de ondas (gamma, rayos-x, ultravioleta, luz, microondas, radiofrecuencias y sonido) en donde hay movimiento relativo. ^(1, 2)

La expresión matemática del efecto Döppler está dado por la siguiente ecuación: ⁽²⁾

$$\Delta F = \frac{V \times [2 F_t (\cos \theta)]}{C}$$

2

En donde:

ΔF : cambio de la frecuencia.

V: velocidad de flujo de la sangre.

Ft: frecuencia transmitida.

C: velocidad de flujo.

θ : ángulo entre la dirección del flujo sanguíneo y el haz del ultrasonido.

2.3. Importancia del ángulo de insonación

Los sistemas de ultrasonido visualizan velocidad, la cual es calculada usando la ecuación conocida como la transformada de Fourier. Cuando el haz de ultrasonido es paralelo a la dirección del flujo sanguíneo ($\cos 0^\circ = 1$), éste se ignora en la ecuación del efecto Döppler. Esto es de extrema importancia clínica porque la velocidad de flujo sanguíneo puede ser subestimada cuando el ángulo de insonación no es paralelo, por lo que puede haber hallazgos erróneos en la evaluación hemodinámica.⁽³⁾

El efecto Döppler ha sido implementado en dos grandes modalidades en la ecografía. Döppler pulsado espectral (DPE) o simplemente Döppler transcraneal (DTC) el cual muestra velocidades en un sitio específico pero está limitado por el hecho de que solo mide las velocidades de flujo sanguíneo en ángulo de 0° .⁽⁴⁾

El Döppler dúplex codificado por color (DTCC) utiliza los principios del DTC pero su diferencia radica es que genera imágenes en dos dimensiones, por lo cual permite visualizar el vaso sanguíneo que se está insonando y por lo tanto se puede modificar el ángulo de insonación.⁽⁵⁾ La otra modalidad es el Döppler continuo el cual permite medir señales de alta velocidad pero es incapaz de localizar la profundidad de la señal de origen.⁽⁴⁾

Sin embargo, todas estas modalidades son dependientes del ángulo de insonación, por lo tanto, son susceptibles a la subestimación de la velocidad de flujo sanguíneo.^(3, 4) En el consenso número 5 para el uso del DTCC en el infarto agudo se recomienda, que en el caso de que se utilice medidas de velocidad de flujo sanguíneo corregidas por el ángulo de insonación, tanto el ángulo corregido y las velocidades corregidas así como los valores de velocidad no corregidas por el ángulo deben ser provistas en publicaciones, esto con el fin de ayudar a definir el valor de las medidas corregidas según ángulo de insonación.⁽⁶⁾

2.4. Neurosonología

La aplicación de los ultrasonidos en el estudio de enfermedades neurológicas, específicamente en la patología vascular, nos ofrece una herramienta diagnóstica, pronóstica

e incluso terapéutica; es accesible, inocuo y proporciona valiosa información de las arterias intra y extracraneales. Una de sus principales limitaciones es que se trata de una técnica que es dependiente del operador. (7, 8)

En el estudio diagnóstico se emplean frecuencias que oscilan entre 1-20 MHz; el límite superior es debido a la rápida pérdida de los haces de ultrasonidos cuando atraviesan tejidos blandos (atenuación), que es mayor a mayor frecuencia de la onda incidente. Por otra parte, frecuencias muy bajas limitan la resolución espacial de las imágenes obtenidas. La velocidad de propagación del ultrasonido en los tejidos blandos es aproximadamente 1540 m/s. (9)

2.4.1. Ecografía modo B

Con este modo podemos evaluar la capacidad ecogénica (propiedad de generar la reflexión de las ondas ultrasónicas) de los tejidos mediante el procesamiento de los cambios de intensidad de los ultrasonidos emitidos con respecto a los reflejados y obtenemos su representación anatómica bidimensional en imágenes en escala de grises. Para la formación de imágenes se emiten barridos de haces de ultrasonidos y se procesan los ecos producidos. Por las estructuras estudiadas, representándose en forma de puntos a diferentes profundidades y de distinta luminosidad en una pantalla. La profundidad dependerá de la dirección del haz y del tiempo transcurrido entre la emisión y la recepción de los ultrasonidos. La ecogenicidad vendrá dada en función de la energía que absorba dicho tejido, siendo hiperecogénico aquel que refleje gran cantidad de ultrasonidos recibidos y viceversa para lo hipogénico. (10)

2.4.2. Efecto Döppler

Ya se comentó anteriormente el efecto Döppler, pero aplicado al estudio vascular implica que al emitir un haz de ultrasonidos con una frecuencia determinada estos chocan contra los hematíes en movimiento, originándose una onda de frecuencia diferente a la emitida.(2) Hay varias modalidades de efecto Döppler que se describirán a continuación:

- Döppler continuo: es la forma más simple, un transductor emite y recibe de forma constante una onda de ultrasonido (4 MHz). Algunos defienden su uso sistemático como rastreo debido a su simplicidad y muy bajo costo pero tiene importantes limitaciones como mayor dependencia de la experiencia del explorador y de las características anatómicas del paciente, menor precisión en la medición del punto de máxima estenosis, imposibilidad para corregir el ángulo de insonación (siempre será 0°)

y para valorar las características de la pared del vaso además de dificultad en el diagnóstico de disecciones arteriales y lesiones en tándem. ^(8, 10, 11)

- **Döppler pulsado:** con este se emiten trenes de ondas con una frecuencia determinada (frecuencia de repetición de pulsos, FRP), cada tren de ondas será reflejado y se recibirá en un solo tiempo que dependen de la conductancia del tejido, y de la profundidad de la estructura que lo reflejó. Se puede así identificar la profundidad de las diferentes estructuras y analizar sólo los impulsos recibidos con un tiempo determinado en función de la profundidad de la estructura que interese. ^(6, 11) En el examen dúplex se combina la imagen de alta resolución en modo B con análisis del espectro de frecuencias por medio de Döppler pulsado. Al incorporar un sistema de imagen, permite la corrección del ángulo de insonación y ajustar el cálculo de la velocidad. El estudio Döppler color dúplex, superpone a la imagen en escala de grises la representación de los eritrocitos en movimiento en tiempo real, con una gama de colores definida en función del espectro de velocidades y de la dirección del flujo. Es un método muy útil para determinar la dirección del flujo, detectar turbulencias y valorar la existencia de defectos de repleción del vaso sanguíneo, además de determinar de forma más precisa los espectros de velocimetría Döppler mediante la corrección del ángulo de insonación. ⁽¹²⁻¹⁴⁾
- **Modo poder (power):** utiliza la intensidad de la señal para representar el flujo y no tiene en cuenta la dirección ni la velocidad de los eritrocitos, sino la densidad de los mismos. Cuenta con un filtro muy potente que elimina señales de estructuras estacionarias, por lo que es muy sensible para detectar estenosis muy severas y diferenciarlas de oclusiones. No dependen como en el Döppler del ángulo de insonación y proporciona una visualización “pseudoangiográfica”. ⁽¹⁵⁾

2.4.3. Ventajas del DTCC sobre el DTC

La ventaja principal del DTCC es la disponibilidad de modo B, que añade la modalidad anatómica lo cual permite visualizar el parénquima cerebral y los vasos intracraneales. Esta característica añade 2 ventajas, por un lado, permite determinar con seguridad el vaso que está siendo evaluado y, por otra parte, es posible realizar una corrección del ángulo de insonación, lo que se traduce en una medida más exacta de la velocidad del flujo en el vaso sanguíneo. Además, DTCC supone un avance frente al DTC en los siguientes puntos: ⁽¹⁶⁻¹⁸⁾

- Presenta una mayor sensibilidad y especificidad en la determinación de la circulación colateral, ya que detecta la existencia de la arteria comunicante anterior y comunicantes posteriores de forma inequívoca. ⁽¹⁹⁾
- Mejor al detección de estenosis intracraneales especialmente si se usan ecopotenciadores. ⁽²⁰⁾
- Posibilita la detección de sangrado intracraneal. ⁽²¹⁾
- Puede ser útil para detectar la presencia de aneurismas cerebrales ≥ 6 mm e incluso < 5 mm si se añaden ecopotenciadores. ⁽²²⁾
- Puede detectar signos de herniación subfalcial mediante la medición del desplazamiento de la línea media. ⁽²³⁾

2.5. Conceptos generales de hemodinamia cerebral

2.5.1. Flujo o caudal (Q): expresa el volumen de sangre que atraviesa un vaso por unidad de tiempo (medido en milímetros por segundo, m/s). Para que la sangre fluya debe haber un gradiente de presión entre dos puntos (ΔP). ⁽⁸⁾

La longitud del vaso (L), viscosidad sanguínea (η) y el radio (r) del vaso son los factores que oponen resistencia (R) al flujo sanguíneo, según la ley de Poiseuille. De todos ellos es el radio del vaso que más influye; por lo tanto a menor diámetro del vaso, mayor la resistencia ejercida. La ley de Poiseuille se describe a continuación:⁽⁸⁾

$$Q = \frac{\Delta P \times r^4 \times \pi}{8 \times L \times \eta}$$

El flujo sanguíneo será por tanto directamente proporcional al gradiente de presión y radio del vaso sanguíneo e inversamente proporcional a la resistencia al paso de la sangre que depende a su vez de la longitud del vaso y la viscosidad. ⁽⁸⁾

2.5.2 Velocidad de flujo sanguíneo (V): es la distancia que recorre por unidad de tiempo la cual se mide en centímetros por segundo (cm/s). La ley de continuidad expresa que si el diámetro (área, A) del vaso disminuye, debe aumentar la velocidad en el punto de estenosis para mantener el flujo constante; esto implica que el flujo sanguíneo es constante en cada sección del vaso según la siguiente fórmula: ⁽⁸⁾

$$Q = V_1 \times A_1 = V_2 \times A_2$$

Si el área de sección es circular, entonces el área vendrá determinada por la siguiente fórmula:

$$A = (\pi/4) \times D^2$$

De tal forma que si el diámetro se reduce a la mitad, la velocidad se cuadruplica. Esto es de suma importancia en hemodinamia cerebral porque la velocidad de flujo sanguíneo cerebral es una medida indirecta del flujo sanguíneo. ⁽⁸⁾

2.5.3. Principio de Bernoulli: en condiciones normales, el flujo sanguíneo presenta un patrón de capas concéntricas o flujo laminar con perfil plano y parabólico, lo que significa, que el flujo más lento es el periférico o adyacente a la pared del vaso, donde la resistencia es mayor y el flujo más rápido atraviesa el eje del vaso sanguíneo. Si existe una disminución del calibre del vaso, se conservará el patrón laminar en el punto máximo de reducción, donde la velocidad también es máxima; sin embargo al ensancharse de nuevo el vaso y caer la presión, el flujo inmediatamente distal a la estenosis será turbulento. ⁽⁸⁾

2.6. Velocimetría Döppler

En cada ciclo cardíaco se produce la sístole, una onda de presión centrífuga, que se origina en el ventrículo izquierdo y propaga hacia segmentos más distales, llegando la sangre a una velocidad máxima o sistólica. La mínima velocidad se produce al final de la diástole. ⁽⁸⁾

Los parámetros de velocidad más empleados en el estudio neurovascular son:

- Velocidad pico sistólico (VPS): es el valor máximo de flujo en la sístole, en el ápex de la curva.
- Velocidad diastólica final (VDF): es la velocidad de flujo al final de la diástole, en el punto de la curva más bajo antes del inicio de la nueva sístole.
- Velocidad media (VM): es el valor medio de todas las velocidades máximas en cada ciclo cardíaco. Puede calcularse mediante la fórmula $VM = (VPS + 2VDF)/3$.

Además de la velocidad de flujo sanguíneo, es muy importante tener en cuenta la morfología del espectrograma que dará información sobre la resistencia distal del vaso sanguíneo estudiado. A mayor resistencia, la desaceleración en la diástole va a ser más rápido, llegando a VDF más bajas. El parámetro más empleado que representa de forma estimada la resistencia vascular es el índice de pulsatilidad (IP) de Gosling y King, cuyo valor deber ser inferior a 0.9 – 1 y que puede medirse mediante la siguiente fórmula: $IP = (VPS - VDF)/VM$.

Otro parámetro es el índice de resistencia de Pourcelot, que ha de ser menor de 0.7 y se calcula con la fórmula: $IR = (VPS - VDF)/VPS$. ^(24, 25)

2.7. Aplicaciones clínicas del DTCC

Esta modalidad diagnóstica tiene valor establecido en las siguientes alteraciones neurológicas:

- Detección y seguimiento de vasoespasmo en paciente con hemorragia subaracnoidea aneurismática y respuesta a tratamiento. ⁽²⁵⁾
- Detección de enfermedad arterial oclusiva intracraneal, ya sea de estenosis significativa o de oclusión arterial, principalmente en la circulación anterior, en menor grado, en la circulación posterior. ⁽²⁶⁻²⁸⁾
- Evaluación de patrones y grados de circulación intracraneal colateral en paciente en regiones conocidas de oclusión o estenosis arterial grave extracraneal. ⁽²⁷⁾
- Evaluación de malformaciones arteriovenosas. ⁽¹⁸⁾
- Evaluación y seguimiento de paciente con hipertensión intracraneal y desplazamiento de la línea media. ⁽²¹⁾
- Confirmación de muerte cerebral cuando se cumplen los criterios clínicos. ⁽²⁹⁾
- Monitoreo durante la trombolisis. ^(30, 31)
- Monitoreo de la circulación durante procedimiento quirúrgicos neurovasculares y cardiovasculares. ⁽¹⁶⁾
- Detección de microembolias cerebrales. ⁽¹⁸⁾
- Otras aplicaciones incluyen detección y seguimiento de disecciones arteriales, vasculopatía intracraneal en anemia de células falciformes y detección de vasculitis en neuroinfecciones. ⁽¹⁸⁾

3. PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA

En neurología e imagenología se tiene una amplia experiencia clínica con la técnica del Döppler transcraneal, ya que ha sido validada con otras técnicas de neuroimagen como la angioTC, angioRM y la arteriografía cerebral. Conforme se ha avanzado en la tecnología de los ultrasonidos, se han obtenido técnicas y dispositivos que combinan la modalidad de Döppler transcraneal (que permite obtener imágenes espectrales del flujo sanguíneo) y modo B (que permite imágenes ultrasonográficas en dos dimensiones) que ha permitido el desarrollo del Döppler dúplex codificado por color, una técnica mucho más poderosa, pero cuyo problema principal en su aplicación e interpretación clínica radica en que se desconoce si la modificación del ángulo de insonación impacta en la obtención parámetros fiables. Más aún, se desconoce si los valores normativos de los dispositivos Döppler espectral aplican también para los dispositivos dúplex que, paradójicamente, están ganando cada vez más terreno en la práctica clínica, pero que carece de valores de referencia que le sean propios. Por ende, no se conoce el significado clínico y la forma de interpretar los parámetros obtenidos con los dispositivos dúplex en los diversos contextos de la neurosonología.

4. JUSTIFICACIÓN

Durante la última década, los estudios neurosonología han sido parte integral de la evaluación de todos los pacientes con enfermedad vascular cerebral. Así mismo, los cambios en la tecnología de los equipos de ultrasonido han permitido una evaluación completa de la circulación tanto extra como intracraneal.

En la actualidad existe una amplia experiencia con el Döppler transcraneal; dicha técnica ha sido validada con otras técnicas de neuroimagen como la angioTC, angioRM e incluso la arteriografía cerebral. Por lo tanto, el Döppler transcraneal se ha convertido en un complemento importante de otros estudios de neuroimagen para evaluar el estado de las arterias intracraneales. Entre las ventajas del Döppler transcraneal es que usa un equipo pequeño, portátil, por lo que se puede realizar estudios a la cabecera del enfermo cuando se encuentra en estado crítico; no es invasivo por lo que se puede repetir con frecuencia y es seguro, facilitando el seguimiento de ciertas alteraciones vasculares; es la única tecnología que permite la detección directa de émbolos cerebrales por lo tanto resulta útil en el monitoreo de la cirugía neurológica y cardiovascular. Una de sus desventajas técnicas es que no se pueden obtener registros por la ventana transtemporal en 10% de los casos y debido a las diversas variaciones anatómicas, en ocasiones, no es factible evaluar en forma adecuada la circulación vertebrobasilar.

El Döppler dúplex codificado por color se ha introducido de forma más reciente para el diagnóstico de la enfermedad vascular cerebral. Su principal ventaja es la disponibilidad del modo B que añade la posibilidad de visualizar el parénquima cerebral y vasos sanguíneos cerebrales lo cual permite dos ventajas: determinar con seguridad del vaso sanguíneo que se está insonando y corregir el ángulo de insonación lo que permite una medida más exacta de la velocidad de flujo en el vaso sanguíneo.

No existen estudios que determinen los valores de referencia de velocidades de flujo usando la técnica de Döppler dúplex codificado por color debido al problema de la angulación de la insonación. Además, el consenso número cinco sobre el uso del DTCC en el infarto cerebral agudo menciona que si se usan medidas corregidas por el ángulo de insonación, se deben establecer primero los parámetros de referencia.

Finalmente, cada laboratorio de neurosonología deberá contar con sus propios parámetros normativos de hemodinamia cerebral.

5. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuáles son los valores normativos de las velocidades de flujo sanguíneo del polígono de Willis obtenidos con la técnica de Döppler dúplex transcraneal codificado por color, cuando se modifica el ángulo de insonación?

6. HIPÓTESIS

Los valores normativos de referencia de las velocidades de flujo sanguíneo del polígono de Willis obtenidos con la técnica de Döppler dúplex transcraneal codificado por color serán diferentes a los anticipables por la fórmula del efecto Döppler.

7. OBJETIVOS

7.1. General

- Evaluar la hemodinamia cerebral mediante la técnica de ultrasonido Döppler dúplex transcraneal codificado por color.

7.2 Específicos

- Establecer los valores normativos de la hemodinamia cerebral para el Döppler dúplex transcraneal codificado por color, cuando se modifica el ángulo de insonación a 0°, 15°, 30°, 45°, 60° y ángulo corregido.
- Analizar la relación matemática que guardan los parámetros del flujo sanguíneo obtenidos con la técnica Döppler dúplex transcraneal codificado por color, con los cambios del ángulo de insonación, para determinar si es posible predecir dichas variaciones matemáticamente.

8. METODOLOGÍA

8.1. Tipo de diseño

Estudio prolectivo, observacional y transversal

8.2. Tamaño de muestra

Se utilizó la fórmula de diferencia de medias de dos grupos para detectar una diferencia de media en la arteria cerebral media tan pequeña como 2 cm/s con una desviación tan grande como 3.5 cm/s. Se calculó un tamaño de muestra mínimo pero no restringido a 147 individuos debido a los criterios de eliminación se ha considerado un 10% de pérdidas lo que se consideró un tamaño de muestra final de 162 individuos (54 sujetos por grupo los cuales están definidos de la siguiente manera 18 – 40, 41 – 60 y 61 -65 años y por género). Este tamaño de muestra tuvo un poder estadístico de 80% (error tipo II del 20%), con error tipo I (alfa) del 5% para detectar dicha diferencia. La fórmula empleada fue:

$$n= 2 \left[\frac{(Z_{\alpha} + Z_{\beta})\sigma}{\epsilon} \right]^2$$

8.3. Criterios de inclusión y exclusión

- **Criterios de inclusión**

- Adultos de ambos sexos sanos
- Mayores de 18 años de edad
- Sujetos sin historia de enfermedad carotídea, cerebrovascular, cardiovascular, diabetes mellitus o hipertensión arterial
- Sujetos sin ninguna condición médica para la cual estén tomando algún medicamento
- Sujetos que otorgaron su consentimiento bajo información

- **Criterios de exclusión**

- Inadecuada ventana ósea sonográfica
- Variantes embrionarias del polígono de Willis
- Revocación del consentimiento informado
- Hallazgo de enfermedad carotídea aterosclerótica así como enfermedad aterosclerótica intracraneal
- Necesidad de usar un ángulo corregido mayor de 60°

8.4. Descripción de las maniobras

El sujeto de estudio se presentó al laboratorio de neurosonología del Departamento de Neurología y Psiquiatría del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán. Los individuos se invitaron del banco de sangre y de los familiares de los pacientes que acudieron a la clínica de enfermedad vascular cerebral. Al llegar al laboratorio de neurosonología, el sujeto fue entrevistado por el investigador quien verificaba el cumplimiento de los criterios de inclusión y exclusión del estudio, le brindó el consentimiento informado y le aclaró sus dudas. Una vez que el sujeto resolvió y firmó el consentimiento informado se procedió a realizar el estudio ultrasonográfico de la siguiente manera:

1. Toma de presión arterial, frecuencia cardíaca, peso, talla y circunferencia abdominal.
2. Exploración de vasos cuello en busca de enfermedad carotídea aterosclerótica asintomática
3. Evaluación con el Döppler dúplex codificado por color de la circulación intracraneal; se inició con la arteria cerebral media, después arteria cerebral anterior y finalmente la arteria cerebral posterior primero lado derecho y después lado izquierdo. Se tomaron los valores de velocidad pico sistólico y velocidad diastólica final a los siguientes ángulos 0°, 15°, 30°, 45°, 60° y ángulo corregido. Todos estos parámetros fueron calculados por el aparato de ultrasonografía.
4. Evaluación con el Döppler transcraneal convencional de la circulación intracraneal; se inició con la arteria cerebral media, después arteria cerebral anterior y finalmente la arteria cerebral posterior primero lado derecho y después lado izquierdo. Se tomaron los valores de velocidad pico sistólico y velocidad diastólica a un ángulo de 0°. Estos parámetros fueron calculados por el aparato de ultrasonografía.
5. Inicialmente con los primeros 25 sujetos se realizó el estudio de reproducibilidad entre el investigador y un experto en la realización de Döppler transcraneal la medidas obtenidas fueron la velocidad media de ambas arterias cerebrales medias tanto con Döppler transcraneal y Döppler transcraneal codificado por color.

La duración aproximada de todo el estudio por sujeto fue de 50 minutos:

- Revisión de criterios de inclusión y exclusión 10 minutos
- Lectura y firma de consentimiento informado..... 10 minutos
- Estudio ultrasonográfico de carótidas y circulación intracraneal..... 30 minutos

8.5. Descripción de los aparatos utilizados en el estudio

Para el estudio de ultrasonografía de vasos de cuello se utilizó el sistema ecográfico portátil Sononite EDGE II de Fujifilm® con un transductor lineal de 5 – 10 MHz y profundidad de 9 cm.

Para el estudio Döppler dúplex codificado por color se utilizó el sistema ecográfico portátil Sononite EDGE II de Fujifilm® con un transductor sectorial (fase de arreglos) de 1 – 5 MHz y profundidad de 35 cm.

Para el estudio Döppler transcaneal convencional se utilizó un transductor pulsado de 2 MHz y profundidad de 35 cm.

8.6. Descripción de las variables de estudio y su escala de medición

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Tipo	Escala de medición	Fuente de verificación	Indicador
Edad	Tiempo que ha vivido una persona desde su nacimiento	Años de vida que tiene el sujeto al momento del estudio	Cuantitativa/ continua	Razón	Credencial	años
Sexo	Condición orgánica que diferencia a los hombre de las mujeres	mujer/hombre	Cualitativa	Nominal/ dicotómica	Credencial	mujer/hombre
Peso	Fuerza con que la Tierra atrae un cuerpo por acción de la gravedad	Determinación del peso mediante balanza	Cuantitativa/ continua	Razón	Balanza	kilogramos
Talla	Altura de una persona desde los pies a la cabeza	Estatura del sujeto medido con estadiómetro	Cuantitativa/ continua	Razón	Estadiómetro	metros
Presión arterial sistólica	Fuerza que ejerce un líquido contra una superficie	Fuerza que ejerce la sangre contra la pared arterial durante la sístole	Cuantitativa/ continua	Razón	Baumanómetro	milímetros de mercurio
Presión arterial diastólica	Fuerza que ejerce un líquido contra una superficie	Fuerza que ejerce la sangre contra la pared arterial durante la diástole	Cuantitativa/ continua	Razón	Baumanómetro	milímetros de mercurio
Presión arterial media	Fuerza promedio que ejerce la sangre contra la pared arterial	Calculada como 2 veces la presión arterial diastólica más	Cuantitativa/ continua	Razón	Baumanómetro	milímetros de mercurio

	durante el ciclo cardíaco	sistólica dividido tres				
Circunferencia abdominal	Perímetro abdominal a nivel del ombligo	Perímetro abdominal a nivel del ombligo	Cuantitativa/ continua	Razón	Cinta métrica	centímetros
Índice de masa corporal	Medida de asociación entre la masa y talla	Kilogramos de masa dividido la talla en metros al cuadrado	Cuantitativa/ continua	Razón	Balanza y estadiómetro	kilogramos/metros cuadrados
Ángulo de insonación	Parte del plano comprendida entre dos rectas que tienen el mismo origen	Unión del haz del ultrasonido con la pared del vaso sanguíneo	Cuantitativa/ discreta	Razón	Equipo de ultrasonido	grados sexagesimal
Ángulo de insonación corregido	Parte del plano comprendida entre dos rectas que tienen el mismo origen	Unión del haz del ultrasonido que es paralelo al vaso sanguíneo	Cuantitativa/ discreta	Razón	Equipo de ultrasonido	grados sexagesimal
Velocidad pico sistólico	Valor máximo de velocidad de flujo en la sístole	Medición del flujo máximo en sístole con el Döppler transcraneal	Cuantitativa/ continua	Razón	Equipo de ultrasonido	centímetros/segundo
Velocidad diastólica final	Valor mínimo de velocidad de flujo en la diástole	Medición del flujo mínimo en diástole con el Döppler transcraneal	Cuantitativa/ continua	Razón	Equipo de ultrasonido	centímetros/segundo
Velocidad media	Es el valor promedio de todas las velocidades durante el ciclo cardíaco	Velocidad pico sistólico más dos veces la velocidad diastólica final dividido tres	Cuantitativa/ continua	Razón	Equipo de ultrasonido	centímetros/segundo
Índice de resistencia	Resistencia distal del vaso sanguíneo	Velocidad pico sistólico menos velocidad diastólica dividido velocidad pico sistólico	Cuantitativa/ continua	Razón	Equipo de ultrasonido	
Índice de pulsatilidad	Resistencia distal del vaso sanguíneo	Velocidad pico sistólico menos velocidad diastólica dividido velocidad pico sistólico	Cuantitativa/ continua	Razón	Equipo de ultrasonido	

8.7. Análisis estadístico

La variable sexo se presentó como frecuencias relativas simples en la forma de porcentajes. Para evaluar la normalidad de las variables cuantitativas continuas se utilizó

la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Las variables cuantitativas continuas como peso, talla, índice de masa corporal, circunferencia abdominal, presión arterial sistólica, diastólica, media y frecuencia cardíaca se analizaron como promedios y desviación estándar; para encontrar diferencias entre los grupos de edad se utilizó la prueba estadística de ANOVA de un factor. Los parámetros hemodinámicos como velocidad pico sistólica, velocidad diastólica final, velocidad media, índice de pulsatilidad e índice de resistencia se presentaron como promedios y desviación estándar; para diferencia entre hemisferios, sexo y método ultrasonográfico se utilizó la prueba de t de Student de muestras independientes. Las variables no paramétricas como la edad y ángulo corregido se presentó como mediana y rango intercuartilar. Se usó el paquete estadístico SPSS v20.0 en todos los cálculos.

8.8. Consideraciones éticas

El protocolo de investigación clínica del cual se derivó esta tesis fue aprobado tanto por el Comité de Investigación como el Comité de Ética del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán (versión 1.2 REF. 2144). A todos los sujetos se les brindó por medio de un formato sus resultados.

8.9. Financiamiento

El costo del proyecto fue asumido por el investigador y por el Laboratorio de Neurosonología del Departamento de Neurología y Psiquiatría del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán y por una beca de investigación del Comité Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT).

9. RESULTADOS

Se estudió un total de 195 sujetos de los cuales se excluyeron a 33 (16.9%), la causa de su exclusión fue: inadecuada ventana sonográfica 20/195 (10.3%), aterosclerosis carotídea no estenosante 4/195 (2.1%) y variantes anatómicas del polígono de Willis 2/195 (1.0%); para el análisis final quedaron 162 sujetos a los cuales se tomaron parámetros hemodinámicos de las arterias cerebrales anterior, media y posterior de ambos hemisferios cerebrales para un total de 972 arterias estudiadas. La muestra se estratificó por grupos de edad y sexo de la siguiente manera: 18 – 40 años 54/162 (33.3%), 41 – 60 años 54/162 (33.3%), \geq 61 años 54/162 (33.3%) (figura 1).

Las características basales de todos los sujetos fueron: sexo femenino 81/162 (50.0%), edad mediana 48 años (rango intercuartilar 31 – 62 años), presión arterial sistólica promedio 106.6 mmHg (\pm 12.9), presión arterial diastólica promedio 65.5 mmHg (\pm 9.4), presión arterial media promedio 79.2 mmHg (\pm 9.6) y frecuencia cardíaca promedio de 73.4 latidos por minuto (\pm 10.8), en la tabla 1 se muestran las características según grupo de edad.

Previo a obtener los valores normativos de los parámetros hemodinámicos de la circulación intracraneal se realizó el estudio de reproducibilidad entre el investigador y el experto evaluando la velocidad media de la arteria cerebral media en ambos hemisferios y ambas técnicas de ultrasonido, se encontraron los siguientes coeficientes de correlación intraclase (CCI) (graficas 1 y 2):

- DTC ACMD interobservador: CCI = 0.938 (IC 95% 0.864 – 0.972, $p = < 0.001$)
- DTC ACMD intraobservador: CCI = 0.921 (IC 95% 0.812 – 0.966, $p = < 0.001$)
- DTCC ACMD 0° interobservador: CCI = 0.842 (IC 95% 0.672 – 0.928, $p = < 0.001$)
- DTCC ACMD 0° intraobservador: CCI = 0.911 (IC 95% 0.807 – 0.960, $p = < 0.001$)
- DTC ACMI interobservador: CCI = 0.861 (IC 95% 0.660 – 0.941, $p = < 0.001$)
- DTC ACMI intraobservador: CCI = 0.877 (IC 95% 0.724 – 0.946, $p = < 0.001$)
- DTCC ACMI 0° interobservador: CCI = 0.895 (IC 95% 0.765 – 0.953, $p = < 0.001$)
- DTCC ACMI 0° intraobservador: CCI = 0.884 (IC 95% 0.745 – 0.948, $p = < 0.001$)

Se hizo análisis de normalidad de las velocidades medias con la prueba de Kolmogorov-Smirnov para cada una de las arterias intracraneales por ángulo de insonación y técnica ultrasonográfica no encontrando significancia estadística en cada una de ella por lo cual los valores se presentaron como medias y desviación estándar (graficas 3 – 6).

Se analizaron los valores de hemodinamia de las arterias intracraneales de ambos hemisferios cerebrales, por grupo de edad y técnica ultrasonográfica no encontrando diferencias entre ambos hemisferios de la velocidad media (tablas 2 – 10).

Las medianas de profundidad de insonación de las arterias intracraneales con el Döppler transcraneal codificado por color fueron las siguientes: arteria cerebral media 53 mm (rango intercuartilar 50 – 56 mm), arteria cerebral anterior 68 mm (rango intercuartilar 64 – 72 mm) y arteria cerebral posterior 61 mm (rango intercuartilar 58 – 63 mm); para el Döppler transcraneal convencional las medianas de profundidad fueron las siguientes: arteria cerebral media 56 mm (rango intercuartilar 54 – 58 mm), arteria cerebral anterior 66 mm (rango intercuartilar 62 – 70 mm) y arteria cerebral posterior 64 mm (rango intercuartilar 60 – 66 mm).

Las tablas 11 - 13 presentan el análisis de los parámetros hemodinámicos por Döppler transcraneal convencional y Döppler transcraneal codificado por color a 0°.

Dentro de los resultados de importancia encontramos que las velocidades medias de la circulación intracraneal son mayores en mujeres y disminuyen con la edad; viceversa el índice de pulsatilidad y resistencia es mayor en hombres y aumentan con la edad como lo demuestran las tablas 14 – 16 y gráficas 7-9.

Finalmente en la tabla 18 se proponen los valores normativos de velocidad media de las arterias intracraneales por edad, sexo y método ultrasonográfico, se muestran los valores para los percentiles 2.5 y 97.5, así como medias ± 2 desviaciones estándar.

10. DISCUSIÓN

Este estudio confirma la hipótesis de que los valores normativos de la hemodinamia cerebral son diferentes entre el Döppler transcraneal codificado por color y Döppler transcraneal convencional y no son anticipables por la fórmula del efecto Döppler.

El Döppler dúplex transcraneal codificado por color ha surgido como un método no invasivo permitiendo visualizar la arteria que se está insonando así como obtener las velocidades de flujo de las arterias intracraneales. Una de sus ventajas en comparación con el Döppler transcraneal convencional es que permite modificar el ángulo de insonación.

El principal hallazgo que aportó este estudio es la necesidad de obtener medidas de velocidades de flujo sanguíneo cerebral corregidas por el ángulo de insonación cuando se usa el método de Döppler dúplex transcraneal codificado por color para obtener parámetros de hemodinamia cerebral confiables, los cuales no son anticipables por la fórmula del efecto Döppler cuando se usan los valores del Döppler transcraneal convencional como lo menciona el consenso número cinco para las recomendaciones del uso del DTCC en el infarto cerebral agudo.⁽⁶⁾

Este estudio tiene buena reproducibilidad inter e intraobservador, tal como lo han demostrado otros autores como Baumgartner RM⁽³²⁾, donde encontró coeficientes de correlación intraboservador de la arteria cerebral media para la velocidad pico sistólico de $r = 0.80 - 0.94$ ($p < 0.001$) y velocidad diastólica final de $r = 0.89 - 0.94$ ($p < 0.001$); Schöning M⁽³³⁾, encontró coeficientes de correlación interobservador de la arteria cerebral media para la velocidad pico sistólico de $r = 0.68$ ($p < 0.001$), velocidad diastólica final de $r = 0.78$ ($p < 0.001$) y velocidad media de $r = 0.70$ ($p < 0.001$). Dentro de los parámetros hemodinámicos de mayor importancia es la velocidad media, más que la velocidad pico sistólico y diastólica final, ya que es la medida que menos se afecta por cambios cardiovasculares centrales como la frecuencia cardíaca y las resistencias periféricas, por lo tanto disminuyendo las variaciones interindividuales.⁽³⁴⁻³⁶⁾

Martin PJ⁽³⁷⁾, et al. en su artículo publicado en 1994 fue el primero en describir la importancia de la corrección del ángulo, él encontró que la media ángulos de corrección de insonación para la arteria cerebral media fue 25° , arteria cerebral anterior 32° y arteria cerebral posterior 30° por lo cual obtuvo velocidades de flujo sanguíneo cerebral distintas a las nuestras ya que éstas dependen del ángulo de insonación. Él también dividió su población de 115 voluntarios en tres estratos etarios, a diferencia nuestro estudio incluyó 162 sujetos. Dentro de las similitudes que

encontramos fue la simetría interhemisférica así como la dificultad para insonar las arterias intracraneales en el grupo de edad ≥ 61 años principalmente en las mujeres.

Lepić T⁽³⁸⁾, et al. demostró que la arteria cerebral anterior tiene un ángulo de insonación $\leq 30^\circ$ y la arteria cerebral media y posterior $\geq 30^\circ$ similar a lo que encontramos nosotros a pesar de que este autor no obtuvo parámetros hemodinámicos según ángulo de corrección. Nosotros insonamos la arteria cerebral posterior en sus segmento postcomunicante.

A pesar de que no fue un objetivo principal también obtuvimos los valores normativos para el Döppler transcraneal convencional los cuales se corresponden con los valores obtenidos por diferentes autores como Aaslid R⁽³⁹⁾, DeWitt LD⁽⁴⁰⁾, Grolimund, P⁽⁴¹⁾ y Russo G⁽⁴²⁾, para los mismos vasos sanguíneos demostrando nuevamente buena reproducibilidad interobservador. Encontramos también que las velocidades de flujo sanguíneo cerebral se ven afectadas por la edad del sujeto, es decir que a mayor edad disminuyen las velocidades de flujo sanguíneo cerebral; diversos investigadores han demostrado lo mismo.^(36, 43, 44) La causa de esto puede ser multifactorial pero uno de los principales es el cambio en el gasto cardíaco que se corresponde con la disminución del flujo sanguíneo cerebral relacionado con la edad.

Otro hallazgo encontrado es que las velocidades de flujo sanguíneo cerebral se incrementan levemente en las mujeres en prácticamente todos los grupos etarios. Dos estudios han demostrado este incremento en las mujeres del 3-5%^(41, 43), nosotros encontramos un incremento de del 7-11%. Vriens y colaboradores, demostraron que las mujeres aumentaban sus velocidades medias durante la tercera, cuarta y quinta década; Posibles explicaciones para este hallazgo podría ser que la mujer tenga: hematocrito bajo, menor diámetro de las arterias intracraneales y mayor flujo sanguíneo cerebral que los hombres.⁽⁴³⁾ Así mismo se encontró que los índices de pulsatilidad y resistencias aumentan con la edad y en el hombre. Las limitaciones de este estudio fueron que los valores normativos de hemodinamia cerebral con el Döppler dúplex transcraneal codificado por color deben validarse para obtener valores sugerentes de enfermedad. Además cada laboratorio de neurosonología debe contar con sus propios valores normativos ya que cada uno de ellos cuenta con equipos de marcas distintas. Finalmente es importante mencionar que ambas técnicas ultrasonográficas dependen de una adecuada ventana sonográfica así como del operador.

11. CONCLUSIONES

Concluimos que las velocidades de flujo sanguíneo cerebral mediante la técnica de Döppler dúplex transcraneal codificado por color no son anticipables por la fórmula del efecto Döppler cuando se usan los valores de Döppler transcraneal convencional. Los resultados finales de este estudio brindaron los datos de normatividad por el método de Döppler dúplex transcraneal codificado por color para diferentes ángulos y ángulos corregidos. Un segundo estudio deberá validar estos datos y aportar valores sugerentes de enfermedad. Cada uno de los laboratorios de neurosonología deberá contar con sus propios valores normativos para los distintos métodos ultrasonográficos.

12. TABLAS

Tabla 1. Características generales de los sujetos estudiados

Características	Todos (n = 162)	Grupo 18 – 40 años (n= 54)	Grupo 41 - 60 años (n= 54)	Grupo ≥ 61 años (n= 54)	P
Demográficas					
Sexo femenino, n (%)	81 (50)	27 (50)	27 (50)	27 (50)	-
Edad, mediana (RIC) ^a	48 (31 – 62)	25.5 (23 – 31)	48 (43.8 - 52)	66 (61.8 – 71.3)	-
Antropometría, \bar{x} (\pm DE)^b					
Talla, m	1.65 (\pm 0.10)	1.67 (\pm 0.09)	1.66 (\pm 0.11)	1.61 (\pm 0.09)	0.002
Peso, kg	72.8 (\pm 13.1)	70.9 (\pm 14.4)	77.1 (\pm 12.3)	70.3 (\pm 11.6)	0.012
Índice de masa corporal	26.7 (\pm 4.4)	25.2 (\pm 4.8)	28.0 (\pm 4.2)	27.0 (\pm 3.7)	0.004
Circunferencia abdominal, cm	90.9 (\pm 11.8)	86.0 (\pm 11.8)	93.7 (\pm 11.6)	93.0 (\pm 10.4)	0.001
Parámetros hemodinámicos \bar{x} (\pm DE)^b					
PAS ^c , mmHg	106.6 (\pm 12.9)	102.0 (\pm 11.6)	104.7 (\pm 11.7)	113.0 (\pm 13.1)	<0.001
PAD ^d , mmHg	65.5 (\pm 9.4)	62.9 (\pm 9.6)	66.2 (\pm 7.7)	67.6 (\pm 10.3)	0.027
PAM ^e , mmHg	79.2 (\pm 9.6)	75.9 (\pm 9.3)	79.0 (\pm 8.3)	82.7 (\pm 10.1)	0.001
Frecuencia cardíaca, lat/m	73.4 (\pm 10.8)	74.4 (\pm 11.7)	73.9 (\pm 10.3)	71.8 (\pm 10.4)	0.433

^a Rango intercuartil

^b media (\pm desviación estándar)

^c Presión arterial sistólica

^d Presión arterial diastólica

^e Presión arterial media

Tabla 2. Valores de hemodinamia cerebral de la arteria cerebral media por Döppler transcraneal en sujetos 18 – 40 años

Método	Derecha	Izquierda	P	Global
Döppler transcraneal convencional				
VPS, cm/s	95.4 (±19.0)	96.8 (±18.4)	0.710	96.1 (±18.7)
VDF, cm/s	45.2 (± 10.0)	44.4 (±8.1)	0.641	44.8 (±9.1)
VM, cm/s	61.9 (± 12.2)	61.8 (±10.9)	0.964	61.9 (±11.6)
IP	0.82 (±0.17)	0.84 (± 0.13)	0.317	0.83 (±0.16)
IR	0.58 (±0.17)	0.54 (± 0.05)	0.107	0.53 (±0.06)
Döppler transcraneal codificado por color				
0°				
VPS, cm/s	90.0 (± 20.3)	93.3 (± 21.0)	0.415	91.6 (± 20.6)
VDF, cm/s	40.8 (± 9.7)	43.5 (± 10.4)	0.166	42.2 (± 10.1)
VM, cm/s	57.2 (±12.5)	60.1 (±13.2)	0.248	58.7 (± 12.9)
IP	0.86 (±0.17)	0.83 (±0.16)	0.285	0.85 (± 0.16)
IR	0.54 (±0.07)	0.53 (±0.06)	0.295	0.54 (± 0.07)
15°				
VPS, cm/s	92.3 (± 21.7)	96.7 (± 21.3)	0.286	94.5 (± 21.6)
VDF, cm/s	42.1 (± 9.6)	45.0 (± 10.4)	0.133	43.5 (± 10.1)
VM, cm/s	58.8 (± 12.9)	62.3 (± 13.2)	0.177	60.5 (± 13.1)
IP	0.85 (± 0.16)	0.83 (± 0.16)	0.513	0.84 (± 0.16)
IR	0.54 (± 0.06)	0.53 (± 0.06)	0.512	0.54 (± 0.06)
30°				
VPS, cm/s	102.9 (± 23.0)	107.8 (± 22.8)	0.263	105.4 (±23.0)
VDF, cm/s	47.6 (± 11.9)	50.6 (± 11.1)	0.174	49.1 (± 11.5)
VM, cm/s	66.0 (± 14.7)	69.7 (± 14.1)	0.189	67.9 (± 14.5)
IP	0.84 (± 0.17)	0.82 (± 0.16)	0.506	0.83 (± 0.17)
IR	0.54 (± 0.07)	0.53 (± 0.07)	0.517	0.54 (± 0.07)
45°				
VPS, cm/s	125.8 (± 28.6)	129.6 (± 28.4)	0.486	127.7 (± 28.4)
VDF, cm/s	57.7 (± 14.2)	60.3 (± 13.4)	0.342	59.0 (± 13.8)
VM, cm/s	80.4 (± 18.0)	83.4 (± 17.4)	0.385	81.9 (± 17.7)
IP	0.85 (± 0.16)	0.83 (± 0.15)	0.478	0.84 (± 0.16)
IR	0.54 (±0.06)	0.53 (± 0.06)	0.488	0.53 (± 0.06)
60°				
VPS, cm/s	179.7 (± 40.7)	187.1 (± 42.9)	0.361	183.4 (±41.8)
VDF, cm/s	81.9 (± 20.9)	87.4 (± 19.4)	0.160	84.6 (±20.2)
VM, cm/s	114.5 (± 26.3)	120.6 (± 25.7)	0.224	117.5 (±26.0)
IP	0.86 (± 0.16)	0.82 (± 0.16)	0.195	0.84 (±0.16)
IR	0.54 (± 0.07)	0.53 (± 0.07)	0.192	0.54 (±0.07)
Ángulo corregido^a				
VPS, cm/s	135.6 (± 27.5)	125.9 (± 27.2)	0.068	130.8 (±27.7)
VDF, cm/s	61.5 (± 14.1)	59.1 (±12.9)	0.354	60.3 (± 13.5)
VM, cm/s	86.2 (±17.7)	81.4 (±16.4)	0.142	83.8 (±17.2)
IP	0.87 (± 0.15)	0.82 (±0.17)	0.165	0.84 (±0.16)
IR	0.51 (± 0.07)	0.53 (±0.07)	0.398	0.52 (±0.07)

VPS = velocidad pico sistólico, VDF = velocidad diastólica final, VM = velocidad media.
IP = índice de pulsatilidad, IR = índice de resistencia.

Para los parámetros hemodinámicos se utilizó la media y desviación estándar

^a Mediana y rango intercuartil; se utilizó prueba de U Mann-Whitney

Tabla 3. Valores de hemodinamia cerebral de la arteria cerebral anterior por Döppler transcraneal en sujetos 18 – 40 años

Método	Derecha	Izquierda	P	Global
Döppler transcraneal convencional				
VPS, cm/s	75.2 (±14.5)	76.3 (±14.7)	0.703	75.8 (±14.6)
VDF, cm/s	36.5 (±8.2)	36.9 (±7.9)	0.795	36.7 (±8.0)
VM, cm/s	49.4 (±9.9)	50.0 (±9.6)	0.739	49.7 (± 9.7)
IP	0.79 (±0.16)	0.79 (±0.15)	0.967	0.79 (±0.15)
IR	0.51 (±0.07)	0.51 (±0.07)	0.966	0.51 (±0.07)
Döppler transcraneal codificado por color				
0°				
VPS, cm/s	73.8 (±16.4)	73.9 (±17.2)	0.977	73.8 (±16.7)
VDF, cm/s	35.1 (±7.8)	36.3 (±9.6)	0.486	35.7 (±8.7)
VM, cm/s	48.0 (±10.0)	48.8 (±11.6)	0.697	48.2 (±10.8)
IP	0.80 (±0.17)	0.78 (±0.18)	0.471	0.79 (±0.17)
IR	0.52 (±0.07)	0.51 (±0.08)	0.451	0.51 (±0.08)
15°				
VPS, cm/s	75.9 (±16.9)	76.3 (±17.4)	0.906	76.1 (±17.1)
VDF, cm/s	37.1 (±8.5)	37.2 (±9.9)	0.960	37.2 (±9.1)
VM, cm/s	50.0 (±10.7)	50.2 (±11.9)	0.931	50.1 (±11.3)
IP	0.78 (±0.16)	0.79 (±0.16)	0.720	0.78 (±0.16)
IR	0.51 (±0.07)	0.51 (±0.07)	0.694	0.51 (±0.07)
30°				
VPS, cm/s	84.4 (±19.7)	85.7 (±19.4)	0.736	85.0 (±19.4)
VDF, cm/s	40.8 (±9.8)	41.8 (±10.6)	0.632	41.3 (±10.2)
VM, cm/s	55.4 (±12.6)	56.4 (±13.2)	0.672	55.9 (±12.8)
IP	0.79 (±0.14)	0.79 (±0.14)	0.952	0.79 (±0.14)
IR	0.51 (±0.06)	0.51 (±0.06)	0.980	0.51 (±0.06)
45°				
VPS, cm/s	101.4 (±23.1)	103.2 (±24.3)	0.692	102.3 (±23.6)
VDF, cm/s	49.4 (±11.1)	50.4 (±12.6)	0.648	49.9 (±11.8)
VM, cm/s	66.7 (±14.2)	68.0 (±15.8)	0.654	67.4 (±14.9)
IP	0.78 (±0.17)	0.78 (±0.16)	0.972	0.78 (±0.17)
IR	0.51 (±0.08)	0.51 (±0.07)	0.928	0.51 (±0.07)
60°				
VPS, cm/s	146.8 (±33.5)	147.6 (±34.2)	0.894	147.2 (±33.7)
VDF, cm/s	69.5 (±16.8)	72.5 (±19.0)	0.392	71.0 (±17.9)
VM, cm/s	95.3 (±21.1)	97.5 (±23.2)	0.597	96.4 (±22.1)
IP	0.81 (±0.2)	0.78 (±0.16)	0.325	0.80 (±0.18)
IR	0.52 (±0.08)	0.51 (±0.07)	0.391	0.51 (±0.07)
Ángulo corregido^a	18 (14 – 27)	20 (15.5 – 30)	0.509	20 (14 – 30)
VPS, cm/s	80.5 (±17.3)	82.0 (±18.5)	0.665	81.3 (±17.8)
VDF, cm/s	38.9 (±9.1)	39.7 (±9.8)	0.641	39.3 (±9.5)
VM, cm/s	52.8 (±11.3)	53.8 (±12.3)	0.639	53.3 (±11.8)
IP	0.79 (±0.15)	0.79 (±0.15)	0.999	0.79 (±0.15)
IR	0.51 (±0.07)	0.51 (±0.06)	0.965	0.51 (±0.07)

VPS = velocidad pico sistólico, VDF = velocidad diastólica final, VM = velocidad media.
IP = índice de pulsatilidad, IR = índice de resistencia.

Para los parámetros hemodinámicos se utilizó la media y desviación estándar

^a Mediana y rango intercuartilar; se utilizó prueba de U Mann-Whitney

Tabla 4. Valores de hemodinamia cerebral de la arteria cerebral posterior por Döppler transcraneal en sujetos 18 – 40 años

Método	Derecha	Izquierda	P	Global
Döppler transcraneal convencional				
VPS, cm/s	51.7 (±9.5)	51.9 (±7.5)	0.893	51.8 (±8.5)
VDF, cm/s	26.4 (±5.7)	26.5 (±5.4)	0.904	26.5 (±5.6)
VM, cm/s	34.8 (±6.5)	35.0 (±5.4)	0.889	34.9 (±6)
IP	0.73 (±0.17)	0.73 (±0.17)	0.941	0.73 (±0.17)
IR	0.49 (±0.07)	0.49 (±0.09)	0.995	0.49 (±0.08)
Döppler transcraneal codificado por color				
0°				
VPS, cm/s	62.9 (±14.4)	60.3 (±13.1)	0.334	61.6 (±13.8)
VDF, cm/s	30.6 (±7.2)	30.5 (±6.5)	0.943	30.6 (±6.8)
VM, cm/s	41.4 (±9.2)	40.4 (±8.2)	0.563	40.9 (±8.7)
IP	0.78 (±0.15)	0.74 (±0.16)	0.111	0.76 (±0.16)
IR	0.51 (±0.06)	0.49 (±0.07)	0.101	0.5 (±0.07)
15°				
VPS, cm/s	65.8 (±14.4)	62.9 (±13.5)	0.291	64.4 (±14.0)
VDF, cm/s	32.1 (±7.7)	31.4 (±6.6)	0.652	31.8 (±7.2)
VM, cm/s	43.3 (±9.5)	41.9 (±8.4)	0.430	42.6 (±8.9)
IP	0.78 (±0.15)	0.75 (±0.16)	0.294	0.77 (±0.16)
IR	0.51 (±0.06)	0.50 (±0.07)	0.277	0.50 (±0.07)
30°				
VPS, cm/s	73.2 (±16.9)	69.8 (±15.1)	0.274	71.5 (±16.0)
VDF, cm/s	34.9 (±8.0)	34.9 (±7.2)	0.993	34.9 (±7.6)
VM, cm/s	47.7 (±10.5)	46.6 (±9.2)	0.556	47.1 (±9.9)
IP	0.8 (±0.14)	0.75 (±0.17)	0.080	0.78 (±0.16)
IR	0.52 (±0.06)	0.49 (±0.08)	0.052	0.51 (±0.07)
45°				
VPS, cm/s	86.8 (±22.4)	84.0 (±18.0)	0.496	85.4 (±20.2)
VDF, cm/s	43.0 (±10.9)	42.2 (±8.8)	0.672	42.7 (±9.9)
VM, cm/s	57.6 (±13.9)	56.1 (±11.2)	0.557	57 (±12.6)
IP	0.75 (±0.15)	0.74 (±0.15)	0.881	0.75 (±0.16)
IR	0.45 (±0.06)	0.49 (±0.07)	0.493	0.47 (±0.07)
60°				
VPS, cm/s	127.3 (±26.5)	121.8 (±26.2)	0.314	124.6 (±27.9)
VDF, cm/s	62.3 (±14.3)	59.3 (±12.3)	0.245	60.8 (±13.4)
VM, cm/s	84.0 (±18.4)	80.1 (±16.1)	0.255	82.1 (±17.3)
IP	0.77 (±0.15)	0.78 (±0.15)	0.848	0.77 (±0.15)
IR	0.51 (±0.06)	0.51 (±0.06)	0.859	0.51 (±0.06)
Ángulo corregido^a	44 (38 – 48)	44 (40 – 54)	0.325	44 (38 – 50)
VPS, cm/s	89.4 (±18.7)	89.4 (±21.0)	0.997	89.4 (±20.0)
VDF, cm/s	43.5 (±10.1)	44.5 (±9.9)	0.626	44.0 (±10.0)
VM, cm/s	58.8 (±12.3)	59.2 (±12.7)	0.865	59.0 (±12.5)
IP	0.78 (±0.16)	0.74 (±0.16)	0.210	0.50 (±0.07)
IR	0.51 (±0.07)	0.49 (±0.07)	0.186	0.76 (±0.16)

VPS = velocidad pico sistólico, VDF = velocidad diastólica final, VM = velocidad media.
IP = índice de pulsatilidad, IR = índice de resistencia.

Para los parámetros hemodinámicos se utilizó la media y desviación estándar

^aMediana y rango intercuartil; se utilizó prueba de U Mann-Whitney

Tabla 5. Valores de hemodinamia cerebral de la arteria cerebral media por Döppler transcraneal en sujetos 41 – 60 años

Método	Derecha	Izquierda	P	Global
Döppler transcraneal convencional				
VPS, cm/s	83.6 (±17.9)	85.3 (±18.5)	0.628	84.5 (±18.1)
VDF, cm/s	41.3 (±8.1)	41.7 (±9.8)	0.806	41.5 (±9.0)
VM, cm/s	55.4 (±11.1)	56.3 (±12.1)	0.703	55.9 (±11.6)
IP	0.76 (±0.10)	0.78 (±0.16)	0.420	0.77 (±0.13)
IR	0.50 (±0.04)	0.51 (±0.07)	0.592	0.51 (±0.06)
Döppler transcraneal codificado por color				
0°				
VPS, cm/s	77.6 (±20.0)	79.8 (±18.5)	0.556	78.7 (±19.3)
VDF, cm/s	36.3 (±9.2)	37.8 (±8.6)	0.388	37.1 (±8.9)
VM, cm/s	50.1 (±12.5)	51.8 (±11.4)	0.457	51.0 (±12.0)
IP	0.82 (±0.13)	0.81 (±0.14)	0.599	0.82 (±0.13)
IR	0.53 (±0.05)	0.52 (±0.06)	0.578	0.53 (±0.06)
15°				
VPS, cm/s	81.1 (±20.4)	83.0 (±18.6)	0.615	82.0 (±19.5)
VDF, cm/s	37.1 (±9.4)	40.1 (±9.5)	0.099	38.6 (±9.5)
VM, cm/s	51.8 (±12.7)	54.4 (±12.1)	0.270	53.1 (±12.4)
IP	0.85 (±0.12)	0.79 (±0.14)	0.027	0.82 (±0.14)
IR	0.54 (±0.05)	0.52 (±0.06)	0.021	0.53 (±0.06)
30°				
VPS, cm/s	89.4 (±22.5)	92.8 (±21.4)	0.416	91.1 (±22.0)
VDF, cm/s	42.5 (±11.0)	43.9 (±11.1)	0.495	43.2 (±11.0)
VM, cm/s	58.1 (±14.5)	60.2 (±14.0)	0.441	59.2 (±14.2)
IP	0.81 (±0.11)	0.82 (±0.15)	0.717	0.81 (±0.13)
IR	0.52 (±0.05)	0.52 (±0.06)	0.823	0.52 (±0.06)
45°				
VPS, cm/s	108.5 (±27.3)	111.4 (±24.2)	0.550	110.0 (±25.7)
VDF, cm/s	51.0 (±13.5)	52.9 (±12.5)	0.445	52.0 (±13.0)
VM, cm/s	69.8 (±17.2)	72.4 (±15.6)	0.419	71.1 (±16.5)
IP	0.81 (±0.15)	0.81 (±0.14)	0.972	0.81 (±0.14)
IR	0.52 (±0.06)	0.52 (±0.06)	0.984	0.52 (±0.06)
60°				
VPS, cm/s	155.9 (±40.6)	161.9 (±38.0)	0.435	158.9 (±39.3)
VDF, cm/s	71.8 (±18.5)	75.7 (±19.0)	0.282	73.8 (±18.8)
VM, cm/s	99.8 (±25.0)	104.4 (±24.4)	0.338	102.1 (±24.7)
IP	0.84 (±0.14)	0.83 (±0.16)	0.709	0.84 (±0.15)
IR	0.54 (±0.06)	0.53 (±0.06)	0.648	0.54 (±0.06)
Ángulo corregido^a	48 (37.5 – 60)	44 (36 – 48)	0.051	44 (36 – 60)
VPS, cm/s	119.5 (±30.1)	113.8 (±29.0)	0.318	116.6 (±30)
VDF, cm/s	55.4 (±14.9)	53.9 (±13.9)	0.603	54.7 (±14.3)
VM, cm/s	76.7 (±19.2)	73.9 (±18.4)	0.430	75.3 (±18.8)
IP	0.84 (±0.15)	0.81 (±0.14)	0.340	0.82 (±0.15)
IR	0.54 (±0.06)	0.52 (±0.06)	0.315	0.53 (±0.06)

VPS = velocidad pico sistólico, VDF = velocidad diastólica final, VM = velocidad media.
IP = índice de pulsatilidad, IR = índice de resistencia.

Para los parámetros hemodinámicos se utilizó la media y desviación estándar

^aMediana y rango intercuartil; se utilizó prueba de U Mann-Whitney

Tabla 6. Valores de hemodinamia cerebral de la arteria cerebral anterior por Döppler transcraneal en sujetos 41 - 60 años

Método	Derecha	Izquierda	P	Global
Döppler transcraneal convencional				
VPS, cm/s	71.0 (±13.6)	69.9 (±13.5)	0.662	70.6 (±13.6)
VDF, cm/s	35.1(±8.2)	33.4 (± 7.2)	0.248	34.2 (±7.7)
VM, cm/s	47.1 (±9.5)	45.6 (± 8.5)	0.381	46.4 (±9)
IP	0.77 (± 0.14)	0.81 (±0.19)	0.269	0.79 (±0.11)
IR	0.50 (0.06)	0.51 (±0.09)	0.400	0.51 (±0.08)
Döppler transcraneal codificado por color				
0°				
VPS, cm/s	71.0 (±12.7)	72.0 (±14.9)	0.737	71.5 (±13.8)
VDF, cm/s	32.6 (±6.7)	35.5 (±8.5)	0.052	34.1 (±7.9)
VM, cm/s	45.4 (±8.1)	47.7 (±10.2)	0.210	46.5 (±9.2)
IP	0.85 (±0.17)	0.77 (±0.15)	0.011	0.81 (±0.16)
IR	0.54 (±0.07)	0.51 (±0.07)	0.013	0.53 (±0.07)
15°				
VPS, cm/s	72.7 (±13.2)	75.2 (±15.5)	0.373	74.0 (±14.4)
VDF, cm/s	33.7 (±7.4)	37.0 (±7.7)	0.027	35.4 (±7.7)
VM, cm/s	46.7 (±8.8)	49.8 (±9.9)	0.100	48.2 (±9.5)
IP	0.84 (±0.15)	0.77 (±0.14)	0.008	0.80 (±0.15)
IR	0.54 (±0.06)	0.50 (±0.06)	0.009	0.52 (±0.06)
30°				
VPS, cm/s	81.7 (±14.6)	84.6 (±17.8)	0.368	83.2 (±16.3)
VDF, cm/s	37.9 (±8.0)	41.3 (±9.4)	0.049	39.6 (±8.7)
VM, cm/s	52.5 (±9.6)	55.7 (±11.7)	0.127	54.1 (±10.8)
IP	0.84 (±0.15)	0.78 (± 0.14)	0.036	0.81 (±0.15)
IR	0.54 (±0.06)	0.51 (±0.06)	0.042	0.53 (±0.06)
45°				
VPS, cm/s	97.7 (±17.7)	101.7 (±21.8)	0.306	99.7 (±19.9)
VDF, cm/s	45.7 (±9.1)	49.0 (±10.5)	0.091	47.4 (±9.9)
VM, cm/s	63.1 (±11.3)	66.6 (±13.8)	0.157	64.8 (±12.7)
IP	0.83 (±0.15)	0.79 (±0.12)	0.173	0.81 (±0.13)
IR	0.53 (±0.06)	0.52 (±0.05)	0.212	0.52 (±0.06)
60°				
VPS, cm/s	140.7 (±24.3)	146.4 (±29.7)	0.299	143.5 (±27.2)
VDF, cm/s	65.5 (±13.0)	71.7 (±15.9)	0.032	68.6 (±14.5)
VM, cm/s	90.6 (±15.7)	96.5 (±19.3)	0.087	93.6 (±17.8)
IP	0.84 (±0.14)	0.78 (±0.16)	0.050	0.81 (±0.15)
IR	0.53 (±0.06)	0.51 (±0.07)	0.039	0.52 (±0.06)
Ángulo corregido^a				
VPS, cm/s	74.0 (±12.3)	77.0 (±15.1)	0.271	75.5 (±13.8)
VDF, cm/s	34.3 (±6.8)	37.6 (±7.9)	0.027	36.0 (±7.5)
VM, cm/s	47.6 (±8.1)	50.7 (±9.6)	0.072	49.1 (±9.0)
IP	0.84 (±0.15)	0.78 (±0.16)	0.043	0.81 (±0.16)
IR	0.53 (±0.06)	0.51 (±0.07)	0.040	0.52 (±0.07)

VPS = velocidad pico sistólico, VDF = velocidad diastólica final, VM = velocidad media.
IP = índice de pulsatilidad, IR = índice de resistencia.

Para los parámetros hemodinámicos se utilizó la media y desviación estándar

^aMediana y rango intercuartil; se utilizó prueba de U Mann-Whitney

Tabla 7. Valores de hemodinamia cerebral de la arteria cerebral posterior por Döppler transcraneal en sujetos 41 - 60 años

Método	Derecha	Izquierda	P	Global
Döppler transcraneal convencional				
VPS, cm/s	45.3 (±8.6)	46.6 (±9.4)	0.430	46.0 (±9.0)
VDF, cm/s	23.3 (±4.1)	23.9 (±5.2)	0.511	23.6 (±4.7)
VM, cm/s	30.6 (±5.2)	31.5 (±6.3)	0.443	31.1 (±5.7)
IP	0.71 (±0.15)	0.72 (±0.14)	0.723	0.72 (±0.14)
IR	0.48 (±0.07)	0.48 (±0.07)	0.717	0.48 (±0.07)
Döppler transcraneal codificado por color				
0°				
VPS, cm/s	55.6 (±13.7)	53.5 (±12.8)	0.408	54.6 (±13.3)
VDF, cm/s	27.3 (±6.2)	25.8 (±5.5)	0.171	26.6 (±5.9)
VM, cm/s	36.8 (±8.3)	35.0 (±7.6)	0.258	35.9 (±8.0)
IP	0.76 (±0.15)	0.78 (±0.16)	0.462	0.77 (±0.15)
IR	0.50 (±0.07)	0.51 (±0.07)	0.501	0.51 (±0.07)
15°				
VPS, cm/s	57.6 (± 14.2)	55.0 (±12.5)	0.312	56.3 (±13.4)
VDF, cm/s	27.6 (±5.8)	26.8 (±5.9)	0.465	27.2 (±5.9)
VM, cm/s	37.6 (±8.2)	36.2 (±7.7)	0.355	36.9 (±8.0)
IP	0.79 (±0.16)	0.78 (±0.16)	0.761	0.78 (±0.16)
IR	0.51 (±0.07)	0.51 (±0.07)	0.779	0.51 (±0.07)
30°				
VPS, cm/s	63.8 (±15.2)	61.6 (±13.5)	0.427	62.7 (±14.4)
VDF, cm/s	31.4 (±7.2)	30.3 (±6.9)	0.415	30.9 (±7.0)
VM, cm/s	42.2 (±9.5)	40.8 (±8.7)	0.403	41.5 (±9.1)
IP	0.76 (±0.13)	0.77 (±0.15)	0.805	0.77 (±0.14)
IR	0.50 (±0.06)	0.50 (±0.07)	0.879	0.50 (±0.06)
45°				
VPS, cm/s	76.9 (±18.2)	73.9 (±17.1)	0.378	75.4 (±17.7)
VDF, cm/s	37.0 (±7.9)	37.5 (±11.0)	0.760	37.2 (±9.5)
VM, cm/s	50.3 (±10.8)	49.6 (±12.4)	0.778	50.0 (±11.7)
IP	0.79 (±0.15)	0.74 (±0.16)	0.135	0.77 (±0.16)
IR	0.51 (±0.07)	0.49 (±0.08)	0.136	0.50 (±0.07)
60°				
VPS, cm/s	109.6 (±27.9)	105.5 (±23.7)	0.417	107.6 (±25.9)
VDF, cm/s	53.2 (±11.8)	52.8 (±11.6)	0.862	53.0 (±11.7)
VM, cm/s	72.0 (±16.6)	70.3 (±15.0)	0.596	71.2 (±15.7)
IP	0.77 (±0.15)	0.75 (±0.15)	0.380	0.76 (±0.15)
IR	0.51 (±0.06)	0.49 (±0.07)	0.364	0.50 (±0.07)
Ángulo corregido^a	44 (44 - 60)	45.5 (43.5 - 60)	0.839	44 (44 - 60)
VPS, cm/s	85.3 (±20.0)	81.9 (±16.8)	0.352	83.6 (±18.4)
VDF, cm/s	41.9 (±9.2)	40.9 (±10.5)	0.574	41.4 (±9.8)
VM, cm/s	56.4 (± 12.3)	54.6 (±12.1)	0.439	55.5 (±12.2)
IP	0.77 (±0.13)	0.76 (±0.16)	0.953	0.76 (±0.15)
IR	0.50 (±0.06)	0.50 (±0.07)	0.846	0.50 (±0.07)

VPS = velocidad pico sistólico, VDF = velocidad diastólica final, VM = velocidad media.
IP = índice de pulsatilidad, IR = índice de resistencia.

Para los parámetros hemodinámicos se utilizó la media y desviación estándar

^aMediana y rango intercuartil; se utilizó prueba de U Mann-Whitney

Tabla 8. Valores de hemodinamia cerebral de la arteria cerebral media por Döppler transcraneal en sujetos ≥ 61 años

Método	Derecha	Izquierda	P	Global
Döppler transcraneal convencional				
VPS, cm/s	75.9 (± 17.9)	75.3 (± 16.9)	0.851	75.6 (± 17.3)
VDF, cm/s	33.6 (± 10.1)	33.7 (± 9.0)	0.944	33.8 (± 9.5)
VM, cm/s	47.7 (± 12.2)	47.6 (± 11.2)	0.952	47.7 (± 11.7)
IP	0.90 (± 0.18)	0.88 (± 0.15)	0.585	0.89 (± 0.17)
IR	0.56 (± 0.07)	0.55 (± 0.06)	0.675	0.56 (± 0.07)
Döppler transcraneal codificado por color				
0°				
VPS, cm/s	68.1 (± 18.8)	69.9 (± 17.7)	0.609	69.0 (± 18.2)
VDF, cm/s	30.5 (± 9.9)	30.6 (± 8.4)	0.949	30.6 (± 9.1)
VM, cm/s	43.0 (± 12.4)	43.7 (± 11.1)	0.766	43.4 (± 11.7)
IP	0.89 (± 0.18)	0.90 (± 0.17)	0.573	0.90 (± 0.17)
IR	0.55 (± 0.07)	0.56 (± 0.06)	0.542	0.56 (± 0.07)
15°				
VPS, cm/s	71.1 (± 19.2)	71.5 (± 18.5)	0.916	71.3 (± 18.8)
VDF, cm/s	30.9 (± 9.0)	31.2 (± 8.9)	0.886	31.1 (± 8.9)
VM, cm/s	44.3 (± 12.1)	44.6 (± 11.6)	0.898	44.5 (± 11.8)
IP	0.91 (± 0.14)	0.91 (± 0.17)	0.961	0.91 (± 0.16)
IR	0.56 (± 0.05)	0.56 (± 0.07)	0.938	0.56 (± 0.06)
30°				
VPS, cm/s	80.7 (± 21.3)	81.4 (± 20.9)	0.862	81.0 (± 21.0)
VDF, cm/s	35.6 (± 10.9)	34.5 (± 10.4)	0.762	34.8 (± 10.6)
VM, cm/s	50.3 (± 14.0)	50.2 (± 13.4)	0.964	50.3 (± 13.7)
IP	0.92 (± 0.16)	0.94 (± 0.17)	0.414	0.93 (± 0.17)
IR	0.57 (± 0.06)	0.57 (± 0.07)	0.445	0.57 (± 0.06)
45°				
VPS, cm/s	96.1 (± 25.7)	96.3 (± 24.1)	0.970	96.2 (± 24.8)
VDF, cm/s	41.2 (± 12.4)	42.4 (± 11.5)	0.619	41.8 (± 11.9)
VM, cm/s	59.5 (± 16.3)	60.4 (± 15.1)	0.785	59.9 (± 15.6)
IP	0.93 (± 0.15)	0.90 (± 0.16)	0.279	0.91 (± 0.15)
IR	0.57 (± 0.06)	0.56 (± 0.06)	0.263	0.56 (± 0.06)
60°				
VPS, cm/s	140.0 (± 37.3)	138.0 (± 36.6)	0.787	139.0 (± 36.8)
VDF, cm/s	60.5 (± 18.6)	60.3 (± 18.0)	0.951	60.4 (± 18.2)
VM, cm/s	87.0 (± 24.0)	86.2 (± 23.2)	0.863	86.6 (± 23.5)
IP	0.92 (± 0.18)	0.91 (± 0.19)	0.690	0.92 (± 0.18)
IR	0.57 (± 0.07)	0.56 (± 0.07)	0.652	0.56 (± 0.07)
Ángulo corregido^a	44 (37 – 60)	44 (41 – 60)	0.809	44 (40 – 60)
VPS, cm/s	105.5 (± 24.8)	105.8 (± 24.0)	0.958	105.7 (± 24.3)
VDF, cm/s	47.0 (± 13.4)	45.8 (± 13.1)	0.642	46.4 (± 13.2)
VM, cm/s	66.5 (± 16.6)	65.8 (± 15.4)	0.818	66.1 (± 15.9)
IP	0.89 (± 0.17)	0.92 (± 0.21)	0.418	0.91 (± 0.19)
IR	0.56 (± 0.07)	0.56 (± 0.08)	0.542	0.56 (± 0.08)

VPS = velocidad pico sistólico, VDF = velocidad diastólica final, VM = velocidad media.

IP = índice de pulsatilidad, IR = índice de resistencia.

Para los parámetros hemodinámicos se utilizó la media y desviación estándar

^aMediana y rango intercuartilar; se utilizó prueba de U Mann-Whitney

Tabla 9. Valores de hemodinamia cerebral de la arteria cerebral anterior por Döppler transcraneal en sujetos ≥ 61 años

Método	Derecha	Izquierda	P	Global
Döppler transcraneal convencional				
VPS, cm/s	69.3 (± 14.8)	68.3 (± 15.7)	0.756	68.8 (± 15.2)
VDF, cm/s	31.7 (± 8.2)	31.3 (± 7.5)	0.786	31.5 (± 7.8)
VM, cm/s	44.2 (± 10.0)	43.6 (± 9.8)	0.763	43.9 (± 9.9)
IP	0.86 (± 0.15)	0.85 (± 0.15)	0.695	0.86 (± 0.15)
IR	0.54 (± 0.06)	0.54 (± 0.06)	0.685	0.54 (± 0.06)
Döppler transcraneal codificado por color				
0°				
VPS, cm/s	67.6 (± 17.4)	64.2 (± 13.6)	0.271	65.9 (± 15.7)
VDF, cm/s	28.9 (± 8.3)	28.1 (± 8.3)	0.643	28.5 (± 8.3)
VM, cm/s	41.8 (± 10.9)	40.2 (± 9.6)	0.438	41.0 (± 10.3)
IP	0.93 (± 0.18)	0.91 (± 0.19)	0.585	0.92 (± 0.18)
IR	0.57 (± 0.07)	0.56 (± 0.07)	0.563	0.57 (± 0.07)
15°				
VPS, cm/s	69.3 (± 18.3)	66.2 (± 15.2)	0.352	67.8 (± 16.8)
VDF, cm/s	30.5 (± 8.6)	29.4 (± 8.4)	0.508	29.9 (± 8.4)
VM, cm/s	43.4 (± 11.4)	41.7 (± 10.3)	0.410	42.5 (± 10.8)
IP	0.90 (± 0.17)	0.90 (± 0.16)	0.970	0.90 (± 0.16)
IR	0.56 (± 0.07)	0.56 (± 0.06)	0.985	0.56 (± 0.06)
30°				
VPS, cm/s	77.5 (± 20.4)	73.4 (± 17.1)	0.265	75.5 (± 18.9)
VDF, cm/s	34.7 (± 10.1)	32.6 (± 9.0)	0.253	33.7 (± 9.6)
VM, cm/s	49.0 (± 13.0)	49.2 (± 11.2)	0.238	47.6 (± 12.2)
IP	0.88 (± 0.19)	0.89 (± 0.19)	0.725	0.89 (± 0.19)
IR	0.55 (± 0.07)	0.56 (± 0.07)	0.700	0.55 (± 0.07)
45°				
VPS, cm/s	93.1 (± 23.6)	88.8 (± 20.4)	0.321	91.0 (± 22.1)
VDF, cm/s	41.2 (± 12.2)	40.4 (± 11.4)	0.735	40.8 (± 11.7)
VM, cm/s	58.5 (± 15.4)	56.5 (± 13.8)	0.495	57.5 (± 14.6)
IP	0.90 (± 0.19)	0.87 (± 0.18)	0.401	0.88 (± 0.18)
IR	0.56 (± 0.07)	0.55 (± 0.07)	0.410	0.55 (± 0.07)
60°				
VPS, cm/s	134.0 (± 34.2)	128.6 (± 29.4)	0.386	131.3 (± 31.9)
VDF, cm/s	58.5 (± 16.7)	58.8 (± 16.0)	0.583	57.7 (± 16.3)
VM, cm/s	83.7 (± 21.5)	80.7 (± 19.6)	0.460	82.2 (± 20.5)
IP	0.91 (± 0.19)	0.90 (± 0.19)	0.842	0.91 (± 0.19)
IR	0.56 (± 0.07)	0.56 (± 0.07)	0.853	0.56 (± 0.07)
Ángulo corregido^a	14 (6.5 – 14)	14 (10 – 14)	0.768	8 (8 – 14)
VPS, cm/s	69.5 (± 17.9)	65.8 (± 13.7)	0.243	67.7 (± 16.0)
VDF, cm/s	30.7 (± 9.0)	29.3 (± 8.1)	0.402	30.0 (± 8.6)
VM, cm/s	43.6 (± 11.6)	41.5 (± 9.7)	0.302	42.7 (± 10.7)
IP	0.90 (± 0.18)	0.90 (± 0.16)	0.955	0.90 (± 0.17)
IR	0.56 (± 0.07)	0.56 (± 0.06)	0.965	0.56 (± 0.07)

VPS = velocidad pico sistólico, VDF = velocidad diastólica final, VM = velocidad media.
IP = índice de pulsatilidad, IR = índice de resistencia.

Para los parámetros hemodinámicos se utilizó la media y desviación estándar

^aMediana y rango intercuartil; se utilizó prueba de U Mann-Whitney

Tabla 10. Valores de hemodinamia cerebral de la arteria cerebral posterior por Döppler transcraneal en sujetos ≥ 61 años

Método	Derecha	Izquierda	P	Global
Döppler transcraneal convencional				
VPS, cm/s	45.2 (± 7.2)	44.6 (± 7.0)	0.682	44.9 (± 7.0)
VDF, cm/s	21.7 (± 4.5)	21.6 (± 4.3)	0.885	21.6 (± 4.4)
VM, cm/s	29.5 (± 4.9)	29.3 (± 4.7)	0.772	29.4 (± 4.8)
IP	0.81 (± 0.20)	0.80 (± 0.19)	0.838	0.80 (± 0.19)
IR	0.52 (± 0.08)	0.51 (± 0.08)	0.830	0.52 (± 0.08)
Döppler transcraneal codificado por color				
0°				
VPS, cm/s	53.1 (± 13.8)	51.8 (± 12.3)	0.604	52.5 (± 13.0)
VDF, cm/s	24.5 (± 7.2)	23.8 (± 6.2)	0.612	24.1 (± 6.7)
VM, cm/s	34.0 (± 9.0)	33.1 (± 7.8)	0.589	33.6 (± 8.4)
IP	0.85 (± 0.18)	0.85 (± 0.18)	0.942	0.85 (± 0.18)
IR	0.54 (± 0.07)	0.54 (± 0.07)	0.974	0.54 (± 0.07)
15°				
VPS, cm/s	55.1 (± 14.9)	53.9 (± 13.3)	0.647	54.5 (± 14.0)
VDF, cm/s	25.1 (± 6.9)	24.3 (± 6.3)	0.566	24.7 (± 6.6)
VM, cm/s	35.1 (± 9.1)	34.2 (± 8.2)	0.589	34.6 (± 8.6)
IP	0.86 (± 0.17)	0.86 (± 0.18)	0.820	0.86 (± 0.18)
IR	0.54 (± 0.07)	0.54 (± 0.07)	0.820	0.54 (± 0.07)
30°				
VPS, cm/s	62.7 (± 15.5)	60.0 (± 13.6)	0.341	61.3 (± 14.6)
VDF, cm/s	27.8 (± 7.9)	27.5 (± 7.3)	0.826	27.7 (± 7.6)
VM, cm/s	39.4 (± 9.9)	38.3 (± 9.0)	0.543	38.9 (± 9.4)
IP	0.89 (± 0.19)	0.85 (± 0.16)	0.286	0.87 (± 0.18)
IR	0.55 (± 0.08)	0.54 (± 0.06)	0.347	0.55 (± 0.07)
45°				
VPS, cm/s	73.8 (± 18.6)	72.0 (± 15.9)	0.592	72.8 (± 17.2)
VDF, cm/s	34.3 (± 9.9)	32.0 (± 8.5)	0.187	33.2 (± 9.2)
VM, cm/s	47.5 (± 12.3)	45.3 (± 10.3)	0.325	46.4 (± 11.4)
IP	0.84 (± 0.16)	0.89 (± 0.18)	0.129	0.86 (± 0.17)
IR	0.53 (± 0.06)	0.55 (± 0.07)	0.141	0.54 (± 0.07)
60°				
VPS, cm/s	107.8 (± 27.1)	105.4 (± 26.8)	0.648	106.6 (± 26.9)
VDF, cm/s	48.7 (± 13.7)	47.2 (± 12.1)	0.554	47.9 (± 12.9)
VM, cm/s	68.4 (± 17.2)	66.6 (± 15.9)	0.579	67.5 (± 16.5)
IP	0.87 (± 0.20)	0.87 (± 0.20)	0.948	0.87 (± 0.20)
IR	0.54 (± 0.08)	0.55 (± 0.07)	0.950	0.54 (± 0.07)
Ángulo corregido^a				
VPS, cm/s	80.1 (± 22.9)	78.8 (± 15.8)	0.724	79.4 (± 19.6)
VDF, cm/s	37.0 (± 11.5)	35.8 (± 9.5)	0.550	36.4 (± 10.5)
VM, cm/s	51.4 (± 14.8)	50.1 (± 11.0)	0.617	50.7 (± 13.0)
IP	0.85 (± 0.18)	0.87 (± 0.18)	0.502	0.86 (± 0.18)
IR	0.54 (± 0.07)	0.54 (± 0.07)	0.503	0.54 (± 0.07)

VPS = velocidad pico sistólico, VDF = velocidad diastólica final, VM = velocidad media.
IP = índice de pulsatilidad, IR = índice de resistencia.

Para los parámetros hemodinámicos se utilizó la media y desviación estándar

^aMediana y rango intercuartil; se utilizó prueba de U Mann-Whitney

Tabla 11. Comparación entre valores de hemodinamia cerebral entre el Döppler transcraneal y Döppler transcraneal codificado por color en el grupo de edad 18 – 40 años

Arteria	Parámetros	DTC	DTCC 0°	P
ACM	VPS, cm/s	96.1 (±18.6)	91.7 (± 20.6)	0.101
	VDF, cm/s	44.8 (±9.1)	42.2 (± 10.1)	0.048
	VM, cm/s	61.9 (±11.5)	58.7 (± 12.9)	0.055
	IP	0.83 (±0.15)	0.85 (± 0.16)	0.421
	IR	0.53 (±0.06)	0.54 (± 0.07)	0.451
ACA	VPS, cm/s	75.8 (±14.6)	73.8 (±16.7)	0.368
	VDF, cm/s	36.7 (±8.0)	35.7 (±8.7)	0.405
	VM, cm/s	49.7 (± 9.7)	48.4 (±10.8)	0.362
	IP	0.79 (±0.15)	0.79 (±0.17)	0.865
	IR	0.51 (±0.07)	0.52 (±0.08)	0.362
ACP	VPS, cm/s	51.8 (±8.5)	61.6 (±13.9)	<0.001
	VDF, cm/s	26.5 (±5.5)	30.6 (±6.8)	<0.001
	VM, cm/s	34.9 (±5.9)	40.9 (±8.7)	<0.001
	IP	0.73 (±0.17)	0.76 (±0.15)	0.239
	IR	0.49 (±0.08)	0.5 (±0.07)	0.197

ACM = arteria cerebral media, ACA = arteria cerebral anterior, ACP = arteria cerebral posterior, VPS = velocidad pico sistólico, VDF = velocidad diastólica final, VM = velocidad media. IP = índice de pulsatilidad, IR = índice de resistencia, DTC = Döppler transcraneal convencional, DTCC = Döppler transcraneal codificado por color. Para los parámetros hemodinámicos se utilizó la media y desviación estándar.

Tabla 12. Comparación entre valores de hemodinamia cerebral entre el Döppler transcraneal y Döppler transcraneal codificado por color en el grupo de edad 41 – 60 años

Arteria	Parámetros	DTC	DTCC 0°	P
ACM	VPS, cm/s	84.5 (±18.1)	78.7 (±19.2)	0.024
	VDF, cm/s	41.5 (±9.0)	37.1 (±8.9)	<0.001
	VM, cm/s	55.9 (±11.6)	51.0 (±12.0)	0.003
	IP	0.77 (±0.13)	0.82 (±0.13)	0.012
	IR	0.51 (±0.06)	0.53 (±0.06)	0.012
ACA	VPS, cm/s	70.4 (±13.5)	71.5 (±13.8)	0.563
	VDF, cm/s	34.3 (±7.7)	34.1 (±7.8)	0.847
	VM, cm/s	46.3 (±9.0)	46.5 (±9.2)	0.857
	IP	0.79 (±0.11)	0.81 (±0.16)	0.270
	IR	0.51 (±0.08)	0.53 (±0.07)	0.264
ACP	VPS, cm/s	45.9 (±9.0)	54.5 (±13.3)	<0.001
	VDF, cm/s	23.6 (±4.7)	26.6 (±5.9)	<0.001
	VM, cm/s	31.1 (±5.7)	35.9 (±8.0)	<0.001
	IP	0.72 (±0.14)	0.77 (±0.15)	0.009
	IR	0.48 (±0.07)	0.51 (±0.07)	0.012

ACM = arteria cerebral media, ACA = arteria cerebral anterior, ACP = arteria cerebral posterior, VPS = velocidad pico sistólico, VDF = velocidad diastólica final, VM = velocidad media. IP = índice de pulsatilidad, IR = índice de resistencia, DTC = Döppler transcraneal convencional, DTCC = Döppler transcraneal codificado por color. Para los parámetros hemodinámicos se utilizó la media y desviación estándar.

Tabla 13. Comparación entre valores de hemodinamia cerebral entre el Döppler transcraneal y Döppler transcraneal codificado por color en el grupo de edad ≥ 61 años

Arteria	Parámetros	DTC	DTCC 0°	P
ACM	VPS, cm/s	75.6 (± 17.3)	69.0 (± 18.2)	0.007
	VDF, cm/s	33.7 (± 9.5)	30.6 (± 9.1)	0.016
	VM, cm/s	47.7 (± 11.7)	43.4 (± 11.7)	0.008
	IP	0.89 (± 0.17)	0.90 (± 0.17)	0.936
	IR	0.56 (± 0.07)	0.56 (± 0.07)	0.952
ACA	VPS, cm/s	68.8 (± 15.2)	65.9 (± 15.7)	0.178
	VDF, cm/s	31.5 (± 7.8)	28.5 (± 8.3)	0.009
	VM, cm/s	43.9 (± 9.9)	41.0 (± 10.3)	0.039
	IP	0.86 (± 0.15)	0.92 (± 0.18)	0.004
	IR	0.54 (± 0.06)	0.57 (± 0.07)	0.007
ACP	VPS, cm/s	44.9 (± 7.0)	52.5 (± 13.0)	<0.001
	VDF, cm/s	21.6 (± 4.4)	24.1 (± 6.7)	0.001
	VM, cm/s	29.4 (± 4.8)	33.6 (± 8.4)	0.000
	IP	0.88 (± 0.19)	0.85 (± 0.18)	0.070
	IR	0.52 (± 0.08)	0.54 (± 0.07)	0.056

ACM = arteria cerebral media, ACA = arteria cerebral anterior, ACP = arteria cerebral posterior, VPS = velocidad pico sistólico, VDF = velocidad diastólica final, VM = velocidad media. IP = índice de pulsatilidad, IR = índice de resistencia, DTC = Döppler transcraneal convencional, DTCC = Döppler transcraneal codificado por color. Para los parámetros hemodinámicos se utilizó la media y desviación estándar.

Tabla 14. Hemodinamia cerebral por Döppler transcraneal en el grupo de edad de 18 – 40 años, por sexo

Arteria	Parámetros	DTC			DTCC 0°			DTCC Ángulo corregido		
		Mujer	Hombre	P	Mujer	Hombre	P	Mujer	Hombre	P
ACM	Ángulo ^a	-	-		-	-		44 (42 – 54)	45 (34 – 58.5)	0.287
	VPS, cm/s	98.9 (±19.1)	93.2 (±17.8)	0.110	95.1 (±18.9)	88.2 (±21.8)	0.079	132.6 (±28.6)	129.0 (±26.8)	0.498
	VDF, cm/s	46.9 (±9.6)	42.6 (±8.1)	0.015	45.0 (± 10.5)	39.3 (±8.8)	0.003	62.3 (±15.0)	58.2 (±11.7)	0.102
	VM, cm/s	64.2 (±11.9)	59.5 (±10.7)	0.032	61.7 (±12.6)	55.6 (±12.5)	0.013	85.8 (±18.5)	81.8 (±15.6)	0.221
	IP	0.81 (±0.17)	0.85 (±0.12)	0.186	0.82 (±0.17)	0.87 (±0.16)	0.092	0.82 (±0.16)	0.86 (±0.17)	0.187
	IR	0.52 (±0.07)	0.54 (±0.05)	0.111	0.53 (±0.07)	0.55 (±0.06)	0.072	0.51 (±0.07)	0.53 (±0.07)	0.159
ACA	Ángulo ^a	-	-		-	-		18 (14 -28.5)	20 (15.5 – 30)	0.304
	VPS, cm/s	77.6 (±14.2)	73.9 (±14.9)	0.198	74.7 (±18.7)	73.0 (±14.6)	0.596	81.2 (±19.1)	81.3 (±16.6)	0.988
	VDF, cm/s	38.6 (±8.1)	34.7 (±7.6)	0.011	36.2 (±9.0)	35.2 (±8.4)	0.540	40.2 (±9.7)	38.5 (±9.2)	0.346
	VM, cm/s	51.6 (±9.6)	47.8 (±9.5)	0.041	49.1 (±11.7)	47.8 (±9.8)	0.546	53.9 (±12.4)	52.7 (±11.2)	0.620
	IP	0.76 (±0.15)	0.82 (±0.15)	0.030	0.78 (±0.17)	0.80 (±0.18)	0.593	0.76 (±0.14)	0.82 (±0.16)	0.049
	IR	0.50 (±0.07)	0.53 (±0.06)	0.027	0.51 (±0.07)	0.52 (±0.08)	0.634	0.50 (±0.06)	0.53 (±0.07)	0.062
ACP	Ángulo ^a	-	-		-	-		44 (38 – 50)	44 (38 – 51)	0.543
	VPS, cm/s	53.3 (±7.5)	50.3 (±9.2)	0.069	63.3 (±14.3)	60.1 (±13.2)	0.238	92.5 (±19.6)	86.4 (±19.6)	0.117
	VDF, cm/s	27.3 (±4.5)	25.6 (±6.3)	0.105	30.7 (±6.4)	30.4 (±7.1)	0.786	45.3 (±9.8)	42.8 (±10.0)	0.207
	VM, cm/s	36.0 (±5.0)	33.8 (±6.6)	0.061	41.6 (±8.6)	40.3 (±8.8)	0.458	60.8 (±12.2)	57.3 (±12.6)	0.157
	IP	0.72 (±0.14)	0.75 (±0.20)	0.556	0.78 (±0.16)	0.74 (±0.14)	0.247	0.77 (±0.16)	0.76 (±0.15)	0.848
	IR	0.48 (±0.06)	0.49 (±0.10)	0.769	0.51 (±0.07)	0.49 (±0.06)	0.281	0.50 (±0.08)	0.50 (±0.07)	0.867

ACM = arteria cerebral media, ACA = arteria cerebral anterior, ACP = arteria cerebral posterior, VPS = velocidad pico sistólico, VDF = velocidad diastólica final, VM = velocidad media. IP = índice de pulsatilidad, IR = índice de resistencia, DTC = Döppler transcraneal convencional, DTCC = Döppler transcraneal codificado por color. Para los parámetros hemodinámicos se utilizó la media y desviación estándar.

^aMediana y rango intercuartil; se utilizó prueba de U de Mann-Whitney.

Tabla 15. Hemodinamia cerebral por Döppler transcraneal en el grupo de edad de 41 – 60 años, por sexo

Arteria	Parámetros	DTC			DTCC 0°			DTCC Ángulo corregido		
		Mujer	Hombre	P	Mujer	Hombre	P	Mujer	Hombre	P
ACM	Ángulo	-	-		-	-		44 (35 – 50)	46 (39.5 – 60)	0.020
	VPS, cm/s	89.9 (±18.1)	79.1 (±16.6)	0.002	85.6 (±17.0)	71.9 (±19.0)	<0.001	121.3 (±32.9)	111.9 (±25.2)	0.095
	VDF, cm/s	45.0 (±8.2)	38.1 (±8.4)	<0.001	40.8 (±8.3)	33.4 (±8.0)	<0.001	57.7 (±15.8)	51.6 (±12.2)	0.025
	VM, cm/s	60.0 (±11)	51.8 (±10.7)	<0.001	55.7 (±10.8)	46.2 (±11.3)	<0.001	78.9 (±20.8)	71.7 (±15.8)	0.043
	IP	0.75 (±0.12)	0.80 (±0.14)	0.055	0.81 (±0.12)	0.83 (±0.14)	0.451	0.80 (±0.14)	0.84 (±0.15)	0.173
	IR	0.50 (±0.05)	0.52 (±0.06)	0.067	0.52 (±0.05)	0.53 (±0.06)	0.509	0.52 (±0.06)	0.53 (±0.07)	0.527
ACA	Ángulo	-	-		-	-		14 (10 – 18)	14 (14 – 17.5)	0.556
	VPS, cm/s	73.4 (±13.9)	67.4 (±12.5)	0.020	72.1 (±14.2)	70.9 (±13.5)	0.644	75.6 (±14.9)	75.3 (±12.7)	0.891
	VDF, cm/s	35.6 (±7.0)	32.9 (±8.3)	0.070	34.3 (±8.2)	33.8 (±7.5)	0.732	35.8 (± 8.5)	36.1 (±6.5)	0.824
	VM, cm/s	48.2 (±8.8)	44.4 (±9.0)	0.028	46.9 (±10.0)	46.2 (±8.7)	0.673	49.1 (±10.1)	49.2 (±7.8)	0.957
	IP	0.79 (±0.12)	0.79 (±0.21)	0.900	0.81 (±0.15)	0.81 (±0.18)	0.924	0.82 (±0.16)	0.80 (±0.16)	0.472
	IR	0.51 (±0.05)	0.51 (±0.09)	0.799	0.52 (±0.06)	0.52 (±0.08)	0.807	0.53 (±0.07)	0.52 (±0.07)	0.473
ACP	Ángulo	-	-		-	-		45 (38 – 60)	44 (44 – 60)	0.217
	VPS, cm/s	47.0(±9.6)	44.9 (±8.2)	0.215	54.5 (±12.7)	54.5 (±13.9)	0.995	81.3 (±14.7)	85.9 (±21.4)	0.198
	VDF, cm/s	24.7 (±4.9)	22.6 (±4.2)	0.018	26.6 (±5.6)	26.5 (±6.2)	0.931	40.1 (±9.8)	42.7 (±9.8)	0.186
	VM, cm/s	32.1 (±6.1)	30.0 (±5.2)	0.054	35.9 (±7.6)	35.8 (±8.4)	0.964	53.9 (±10.9)	57.1 (±13.2)	0.173
	IP	0.69 (±0.14)	0.75 (±0.14)	0.058	0.77 (±0.15)	0.77 (±0.16)	0.990	0.77 (±0.15)	0.75 (±0.14)	0.384
	IR	0.47 (±0.07)	0.49 (±0.06)	0.059	0.50 (±0.07)	0.51 (±0.07)	0.982	0.51 (±0.07)	0.50 (±0.06)	0.409

ACM = arteria cerebral media, ACA = arteria cerebral anterior, ACP = arteria cerebral posterior, VPS = velocidad pico sistólico, VDF = velocidad diastólica final, VM = velocidad media. IP = índice de pulsatilidad, IR = índice de resistencia, DTC = Döppler transcraneal convencional, DTCC = Döppler transcraneal codificado por color. Para los parámetros hemodinámicos se utilizó la media y desviación estándar.

^aMediana y rango intercuartil; se utilizó prueba de U de Mann-Whitney.

Tabla 16. Hemodinamia cerebral por Döppler transcraneal en el grupo de edad de ≥ 61 años, por sexo

Arteria	Parámetros	DTC			DTCC 0°			DTCC Ángulo corregido		
		Mujer	Hombre	P	Mujer	Hombre	P	Mujer	Hombre	P
ACM	Ángulo	-	-	-	-	-	-	44 (40.5 – 60)	44 (39.5 – 60)	0.963
	VPS, cm/s	80.0 (± 20.6)	71.3 (± 12.7)	0.008	73.0 (± 20.7)	65.1 (± 14.5)	0.024	112.3 (± 26.8)	99.3 (± 20.0)	0.006
	VDF, cm/s	36.4 (± 10.6)	31.0 (± 7.5)	0.003	33.3 (± 9.7)	27.9 (± 7.7)	0.002	50.0 (± 14.9)	42.9 (± 10.2)	0.005
	VM, cm/s	50.9 (± 13.4)	44.4 (± 8.6)	0.003	46.6 (± 13.0)	40.3 (± 9.6)	0.006	70.7 (± 17.9)	61.7 (± 12.5)	0.003
	IP	0.87 (± 0.15)	0.92 (± 0.18)	0.080	0.86 (± 0.17)	0.93 (± 0.16)	0.020	0.89 (± 0.21)	0.92 (± 0.18)	0.407
	IR	0.55 (± 0.06)	0.57 (± 0.07)	0.107	0.54 (± 0.07)	0.57 (± 0.06)	0.016	0.55 (± 0.08)	0.57 (± 0.07)	0.344
	Ángulo	-	-	-	-	-	-	14 (6.5 – 17.5)	14 (8 – 14)	0.453
ACA	VPS, cm/s	70.8 (± 15.8)	66.9 (± 14.5)	0.180	65.7 (± 13.7)	66.2 (± 17.6)	0.878	66.8 (± 14.4)	68.5 (± 17.6)	0.593
	VDF, cm/s	33.2 (± 8.1)	29.8 (± 7.2)	0.023	28.7 (± 8.3)	28.4 (± 8.4)	0.881	30.8 (± 8.9)	29.2 (± 8.3)	0.348
	VM, cm/s	45.8 (± 10.3)	42.2 (± 9.1)	0.050	41.1 (± 9.7)	41.0 (± 10.9)	0.970	42.8 (± 10.4)	42.3 (± 11.0)	0.815
	IP	0.83 (± 0.13)	0.88 (± 0.17)	0.052	0.92 (± 0.17)	0.93 (± 0.20)	0.690	0.86 (± 0.15)	0.94 (± 0.18)	0.015
	IR	0.53 (± 0.05)	0.55 (± 0.07)	0.075	0.56 (± 0.07)	0.57 (± 0.08)	0.783	0.54 (± 0.06)	0.57 (± 0.06)	0.016
	Ángulo	-	-	-	-	-	-	44 (44 – 60)	44 (44 – 48.8)	0.094
	ACP	VPS, cm/s	44.2 (± 7.0)	45.7 (± 7.0)	0.272	51.9 (± 10.4)	53.0 (± 15.2)	0.645	80.6 (± 16.0)	78.3 (± 22.6)
VDF, cm/s		22.0 (± 4.6)	21.4 (± 4.2)	0.352	24.2 (± 5.1)	24.1 (± 8.0)	0.902	37.2 (± 9.0)	35.5 (± 11.8)	0.413
VM, cm/s		29.4 (± 5.0)	29.4 (± 4.6)	0.974	33.4 (± 6.2)	33.7 (± 10.1)	0.861	51.7 (± 10.6)	49.8 (± 15.0)	0.457
IP		0.76 (± 0.18)	0.84 (± 0.20)	0.038	0.83 (± 0.19)	0.87 (± 0.16)	0.254	0.85 (± 0.19)	0.87 (± 0.17)	0.576
IR		0.50 (± 0.08)	0.53 (± 0.08)	0.038	0.53 (± 0.08)	0.55 (± 0.06)	0.193	0.54 (± 0.08)	0.55 (± 0.07)	0.506

ACM = arteria cerebral media, ACA = arteria cerebral anterior, ACP = arteria cerebral posterior, VPS = velocidad pico sistólico, VDF = velocidad diastólica final, VM = velocidad media. IP = índice de pulsatilidad, IR = índice de resistencia, DTC = Döppler transcraneal convencional, DTCC = Döppler transcraneal codificado por color. Para los parámetros hemodinámicos se utilizó la media y desviación estándar.

^aMediana y rango intercuartil; se utilizó prueba de U de Mann-Whitney.

Tabla 17. Valores de velocidad media (cm/s) de las arterias intracraneales de todos los pacientes, según técnica ultrasonografía

Arteria	DTC	DTCC 0°	DTCC Ángulo Corregido ^b
ACM			0° - 60°
-2DE - +2DE de \bar{x} ^a	29.3 - 80.9	23.7 - 78.5	37.7 - 112.5
Percentil 2.5 - 97.5	31.4 - 85.7	27.5 - 81.3	47.4 - 117.7
ACA			0° - 44°
-2DE - +2DE de \bar{x} ^a	27.1 - 66.3	24.2 - 66.6	25.6 - 71.2
Percentil 2.5 - 97.5	30.4 - 67.7	28.0 - 68.9	29.6 - 74.2
ACP			30° - 60°
-2DE - +2DE de \bar{x} ^a	19.8 - 43.8	19.0 - 54.6	29.2 - 80.8
Percentil 2.5 - 97.5	20.0 - 46.7	20.8 - 56.1	33.7 - 84.7

^a ± dos desviaciones estándar de la media

^b Percentiles 2.5 y 97.5

ACM = arteria cerebral media, ACA = arteria cerebral anterior, ACP = arteria cerebral posterior, DTC = Döppler transcraneal convencional, DTCC = Döppler transcraneal codificado por color.

Tabla 18. Valores normativos de velocidad media (cm/s) de hemodinamia cerebral según método y técnica de ultrasonografía, por edad y sexo

Edad/Arteria	DTC			DTCC 0°			DTCC Ángulo corregido ^b		
	Mujer	Hombre	Global	Mujer	Hombre	Global	Mujer	Hombre	Global
18 – 40 años									
ACM	-	-	-	-	-	-	11° – 60°	11° – 60°	11° – 60°
-2DE – +2DE de \bar{x} ^a	40.4 – 88.0	38.1 – 80.9	38.9 – 84.9	36.5 – 86.9	30.6 – 80.6	32.9 – 84.5	48.8 – 122.8	50.6 – 113.0	49.4 – 118.2
Percentiles 2.5 – 97.5	39.7 – 88.4	40.6 – 85.9	40.2 – 86.6	32.7 – 83.4	28.2 – 84.3	31.9 – 83.2	51.2 – 132.0	55.2 – 120.5	53.9 – 128.9
ACA	-	-	-	-	-	-	0° – 56°	2° – 57°	0° – 54°
-2DE – +2DE de \bar{x} ^a	32.4 – 70.8	28.8 – 66.8	30.3 – 69.1	25.7 – 72.5	28.2 – 67.4	26.8 – 70.0	29.6 – 78.2	30.3 – 75.1	29.7 – 76.9
Percentiles 2.5 – 97.5	36.7 – 75.2	30.6 – 70.0	33.3 – 72.2	30.0 – 78.6	28.3 – 70.7	30.7 – 71.1	31.7 – 81.4	30.0 – 87.2	31.8 – 82.6
ACP	-	-	-	-	-	-	31° – 60°	27° – 60°	30° – 60°
-2DE – +2DE de \bar{x} ^a	26.0 – 46.0	20.6 – 47.0	23.1 – 46.7	24.4 – 58.8	22.7 – 57.9	23.5 – 58.3	36.4 – 85.2	32.1 – 82.5	34.0 – 84.0
Percentiles 2.5 – 97.5	28.4 – 49.3	19.3 – 48.5	22.7 – 48.4	25.5 – 58.2	21.8 – 56.8	26.1 – 56.8	36.6 – 86.7	38.4 – 90.9	38.5 – 86.7
41 – 60 años									
ACM	-	-	-	-	-	-	10° – 60°	11° – 60°	12° – 60°
-2DE – +2DE de \bar{x} ^a	37.9 – 81.9	30.4 – 73.2	32.7 – 79.1	34.1 – 77.3	23.6 – 68.8	27.0 – 75.0	42.2 – 112.6	40.1 – 103.3	38.8 – 106.4
Percentiles 2.5 – 97.5	40.6 – 87.4	32.0 – 79.3	36.0 – 83.9	35.5 – 81.0	24.5 – 71.1	28.7 – 75.3	52.8 – 147.1	42.9 – 108.1	48.6 – 111.2
ACA	-	-	-	-	-	-	10° – 47°	0° – 40°	0° – 42°
-2DE – +2DE de \bar{x} ^a	30.6 – 65.8	26.4 – 62.4	28.3 – 64.3	27.3 – 66.5	28.8 – 63.6	28.1 – 64.9	28.9 – 69.3	33.6 – 64.8	31.1 – 67.1
Percentiles 2.5 – 97.5	32.3 – 71.1	29.9 – 70.0	30.6 – 69.9	29.5 – 76.9	31.4 – 69.1	31.5 – 74.1	28.8 – 79.0	36.8 – 69.1	33.3 – 72.1
ACP	-	-	-	-	-	-	15° – 60°	31° – 60°	26° – 60°
-2DE – +2DE de \bar{x} ^a	19.9 – 44.3	19.6 – 40.4	19.7 – 42.5	20.7 – 54.7	19.0 – 52.6	19.9 – 51.9	32.1 – 75.7	30.7 – 83.5	31.1 – 79.9
Percentiles 2.5 – 97.5	16.8 – 47.5	17.8 – 37.8	18.2 – 46.6	21.2 – 52.2	20.8 – 55.0	21.2 – 53.0	37.1 – 85.7	34.6 – 89.6	36.9 – 88.4
≥ 61 años									
ACM	-	-	-	-	-	-	0° – 60°	0° – 60°	0° – 60°
-2DE – +2DE de \bar{x} ^a	24.1 – 77.7	27.2 – 61.6	24.3 – 71.1	20.6 – 72.6	21.1 – 59.5	20.0 – 66.8	34.9 – 106.5	36.7 – 86.7	34.3 – 97.9
Percentiles 2.5 – 97.5	28.1 – 87.7	28.7 – 62.6	28.7 – 80.2	27.6 – 81.1	25.4 – 58.8	26.0 – 73.5	32.0 – 122.8	32.0 – 86.9	34.9 – 109.2
ACA	-	-	-	-	-	-	0° – 44°	0° – 30°	0° – 36°
-2DE – +2DE de \bar{x} ^a	25.2 – 66.4	24.0 – 60.4	24.1 – 63.7	21.7 – 60.5	19.2 – 62.8	20.4 – 61.6	22.0 – 63.6	20.3 – 64.3	21.2 – 64.0
Percentiles 2.5 – 97.5	30.7 – 66.7	25.0 – 60.8	27.3 – 64.6	29.2 – 68.9	21.2 – 63.6	25.6 – 66.2	29.8 – 71.1	23.5 – 66.0	23.7 – 68.9
ACP	-	-	-	-	-	-	32° – 60°	30° – 60°	30° – 60°
-2DE – +2DE de \bar{x} ^a	19.4 – 39.4	20.2 – 38.6	19.8 – 39.0	21.0 – 45.8	13.5 – 53.9	16.8 – 50.4	30.5 – 72.9	20.0 – 80.0	24.7 – 76.7
Percentiles 2.5 – 97.5	19.7 – 41.0	21.1 – 39.0	20.5 – 40.1	19.0 – 45.8	18.6 – 57.7	19.0 – 55.5	28.6 – 78.4	25.0 – 99.1	27.3 – 82.2

^a ± dos desviaciones estándar de la media

^b Percentiles 2.5 y 97.5

ACM = arteria cerebral media, ACA = arteria cerebral anterior, ACP = arteria cerebral posterior, DTC = Döppler transcraneal convencional, DTCC = Döppler transcraneal codificado por color.

13. FIGURAS

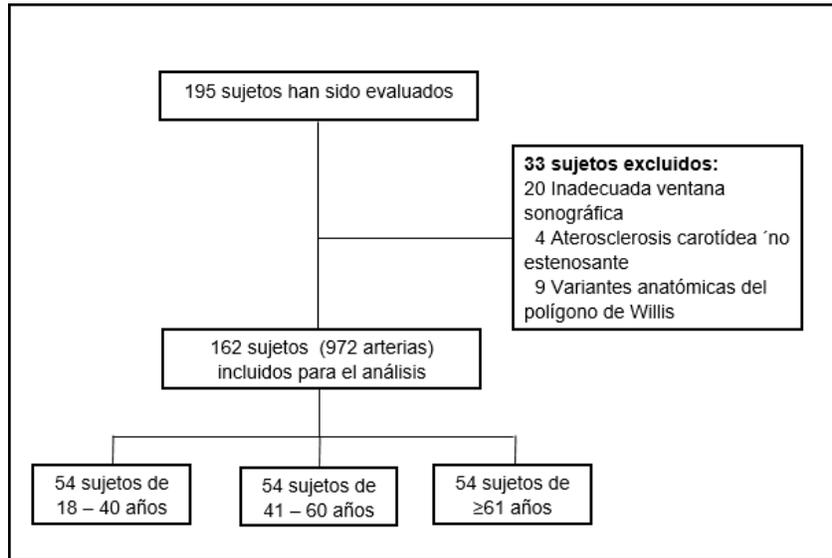
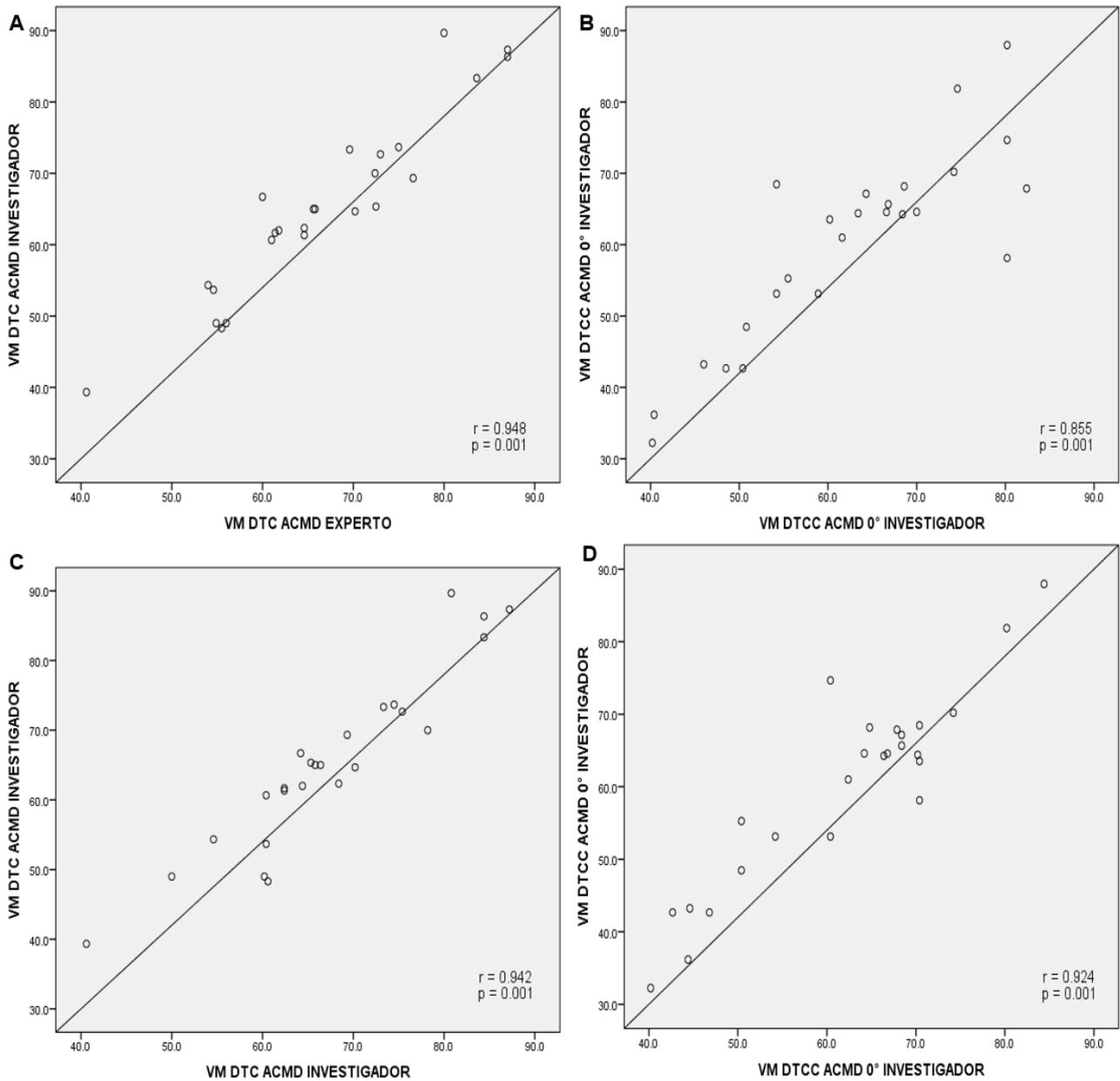
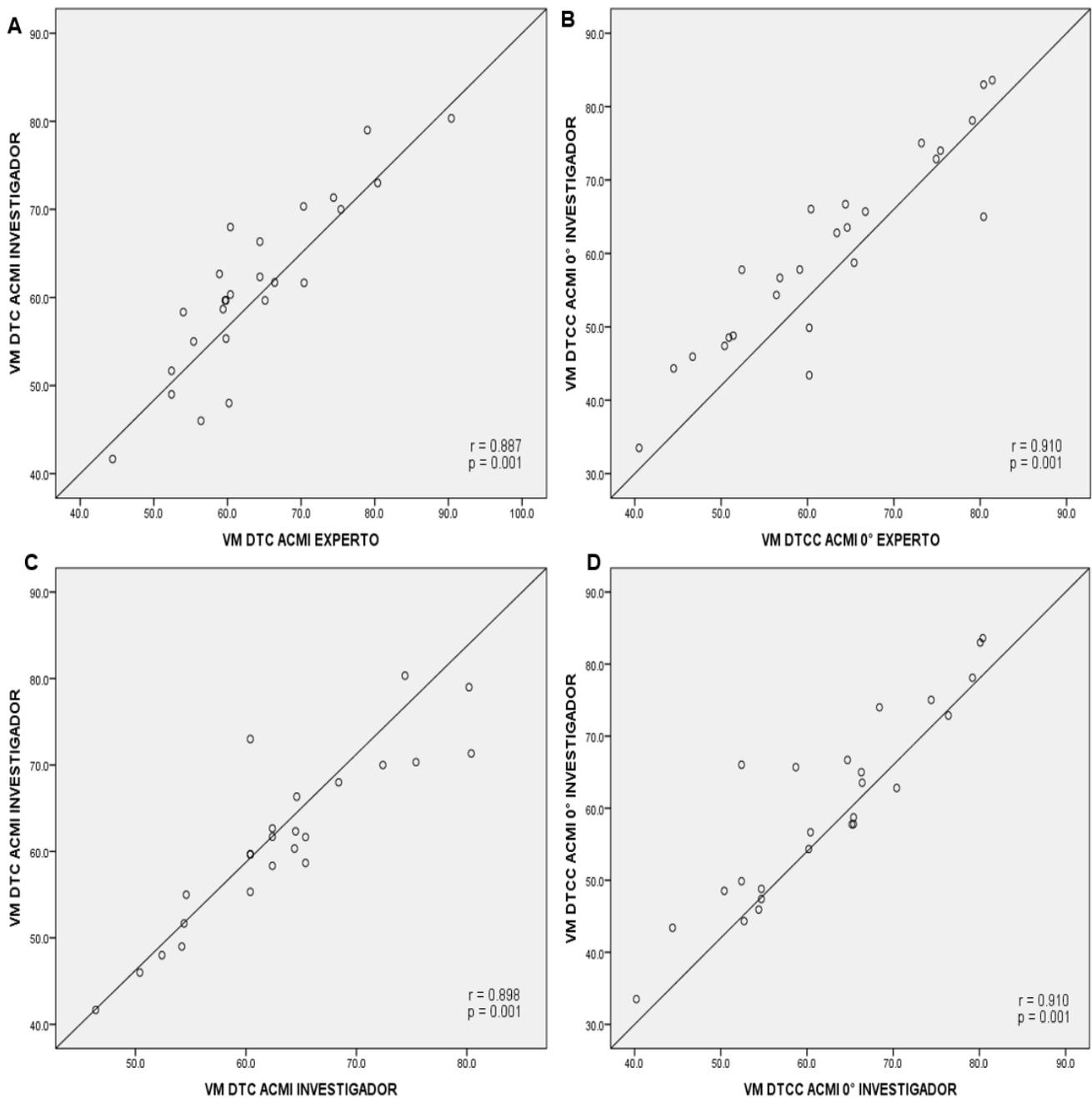


Figura 1. Elegibilidad e inclusión de los sujetos

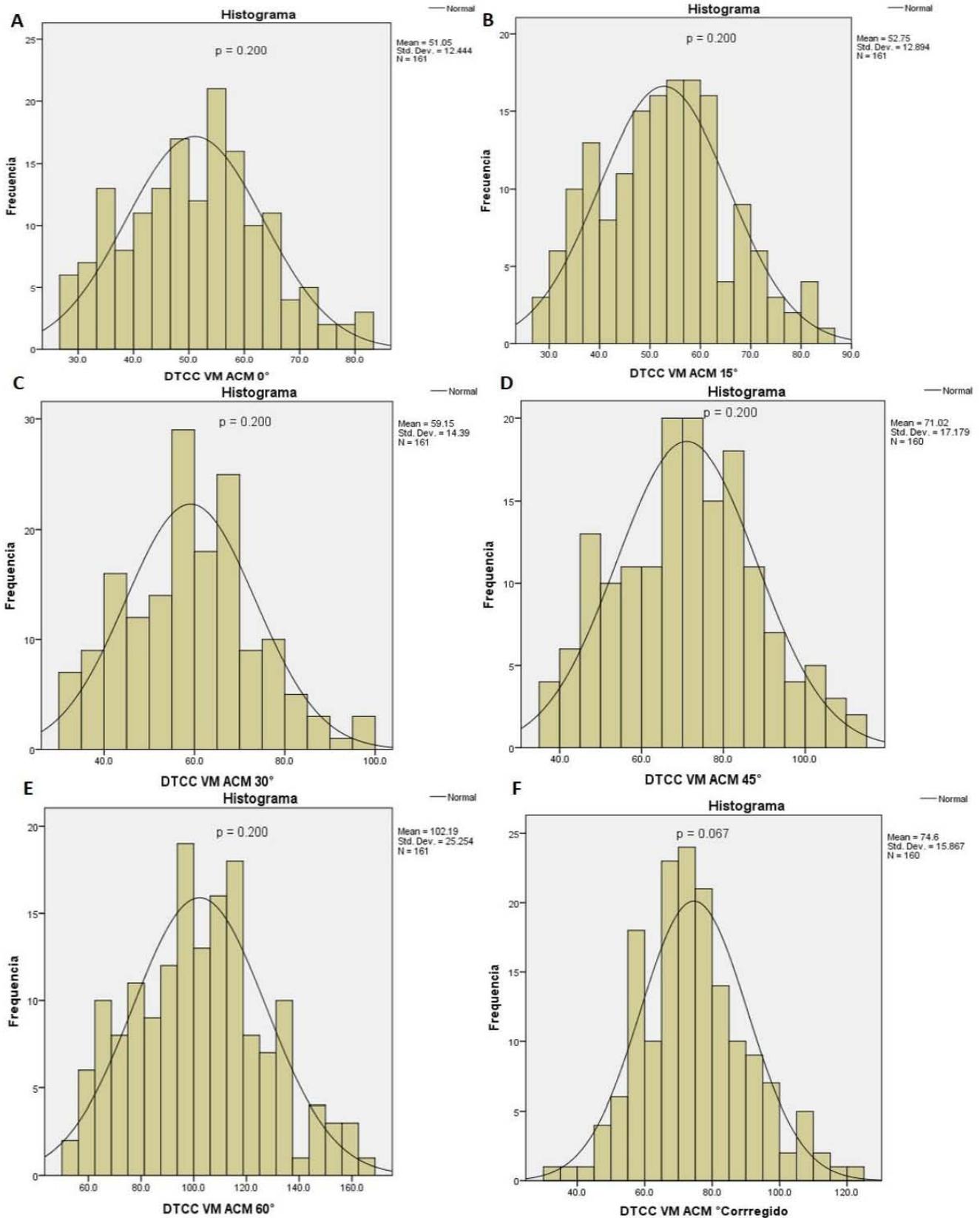
14. GRÁFICAS



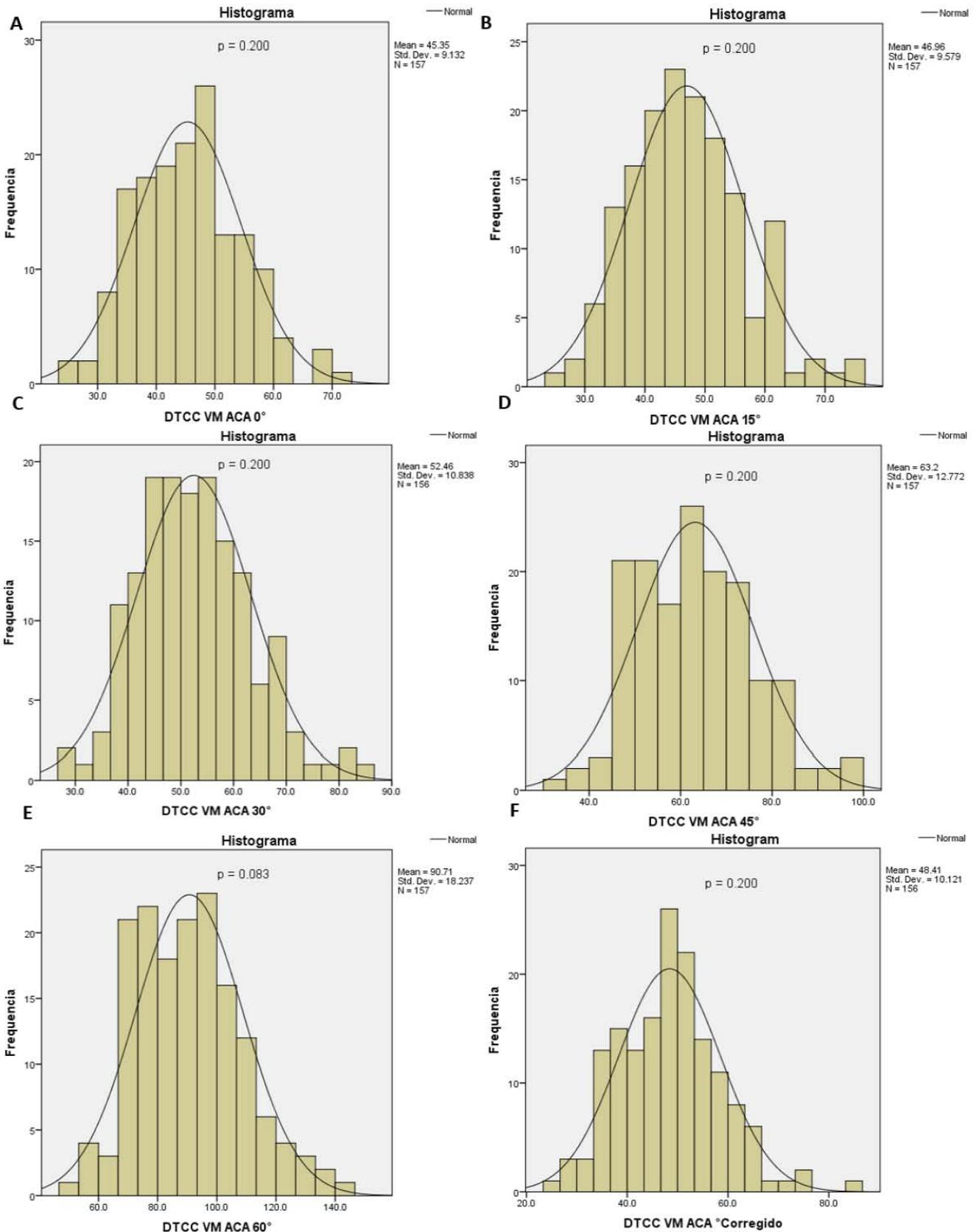
Gráfica 1. Correlación de Pearson inter e intraobservador de la velocidad media (VM) de la arteria cerebral media derecha (ACMD). A. Correlación interobservador con la técnica de Döppler transcraneal convencional. B. Correlación interobservador con la técnica de Döppler transcraneal codificado por color a 0°. C. Correlación intraobservador con la técnica de Döppler transcraneal convencional. D. Correlación intraobservador con la técnica de Döppler transcraneal codificado por color a 0°.



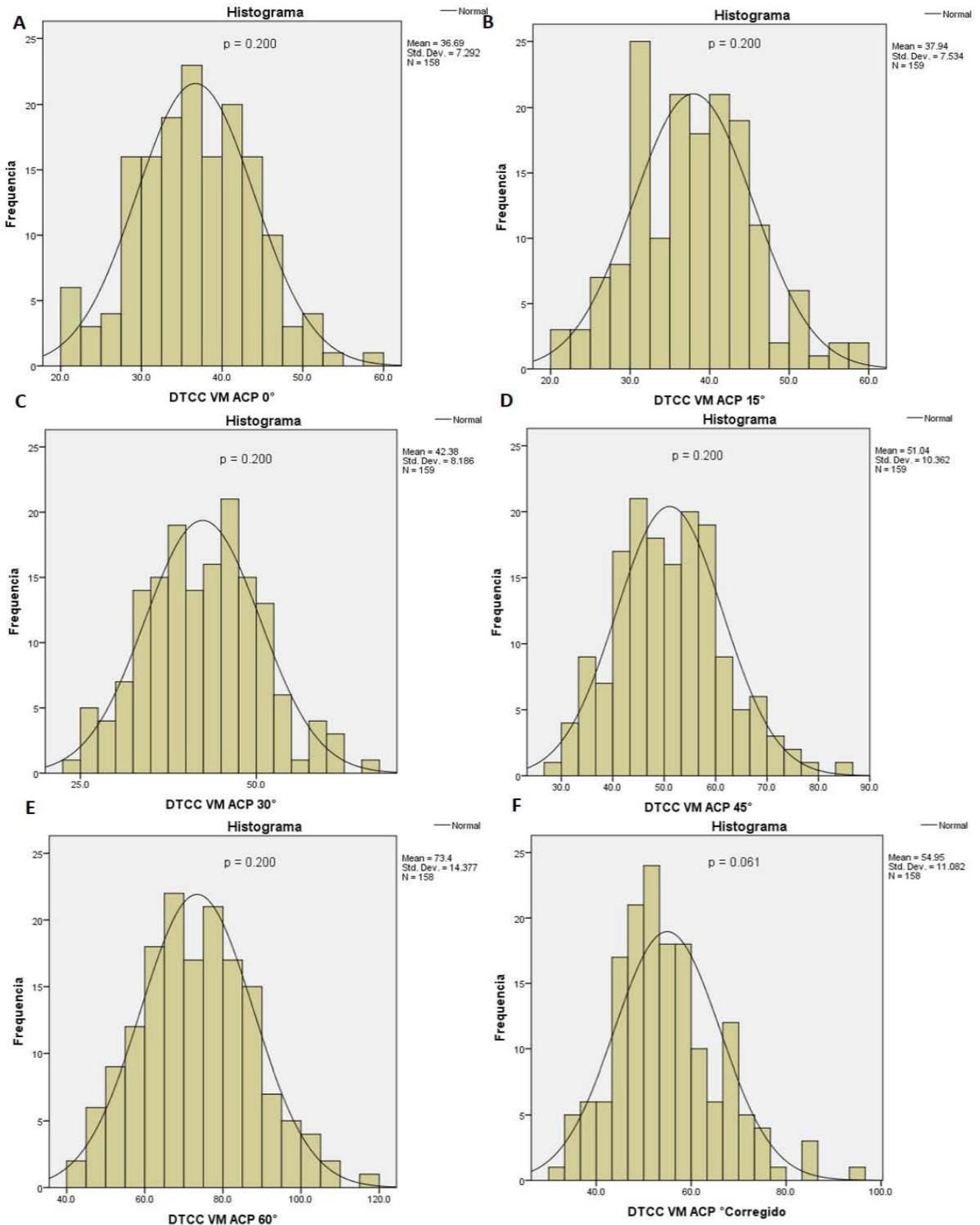
Gráfica 2. Correlación de Pearson inter e intraobservador de la velocidad media (VM) de la arteria cerebral media izquierda (ACMI). A. Correlación interobservador con la técnica de Döppler transcraneal convencional. B. Correlación interobservador con la técnica de Döppler transcraneal codificado por color a 0°. C. Correlación intraobservador con la técnica de Döppler transcraneal convencional. D. Correlación intraobservador con la técnica de Döppler transcraneal codificado por color a 0°.



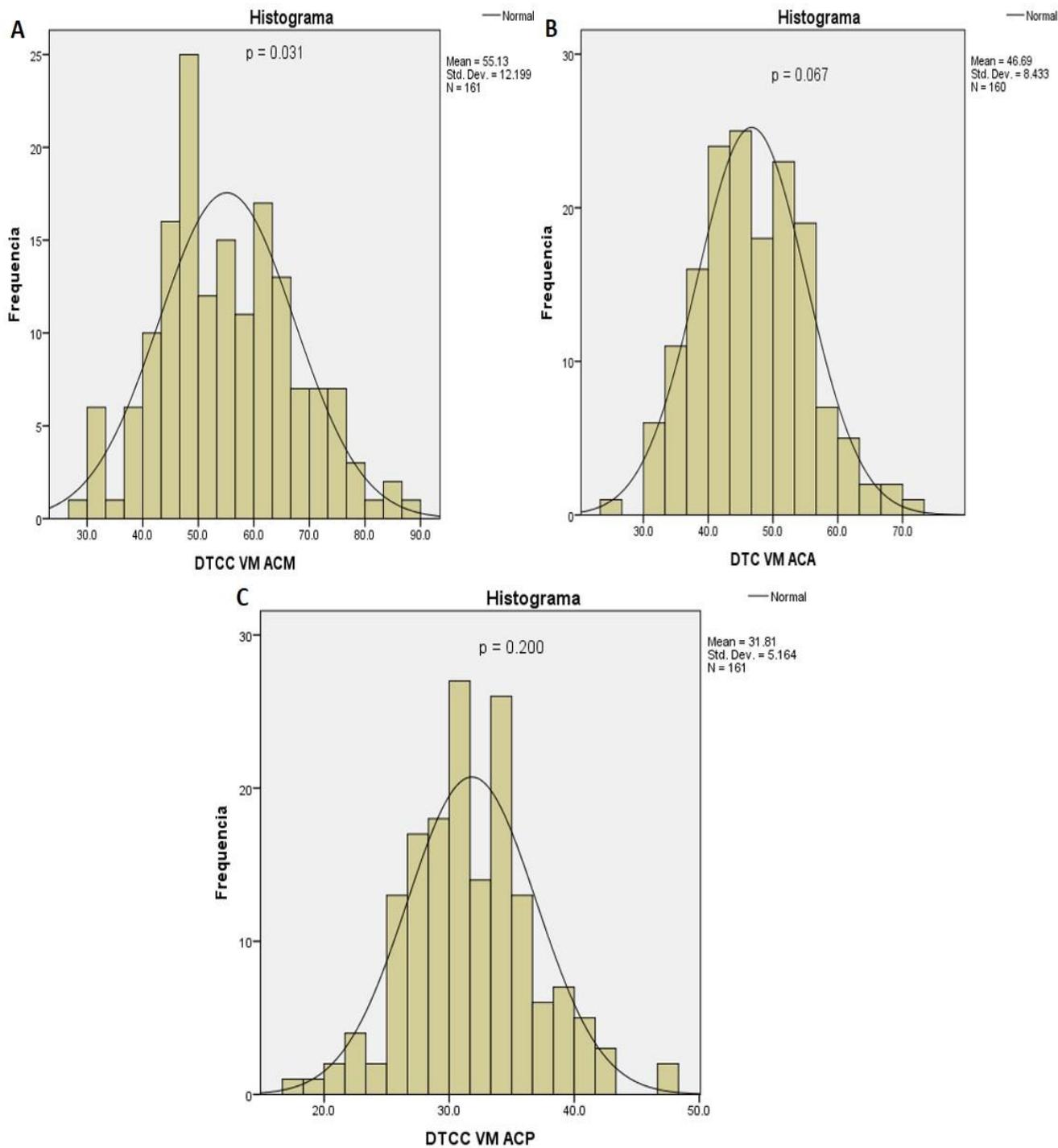
Gráfica 3. Prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov para la velocidad media (VM) de la arteria cerebral media (ACM) con Döppler transcraneal codificado por color (DTCC). A. Ángulo 0°. B. Ángulo 15°. C. Ángulo 30°. D. Ángulo 45°. E. Ángulo 60°. F. Ángulo corregido.



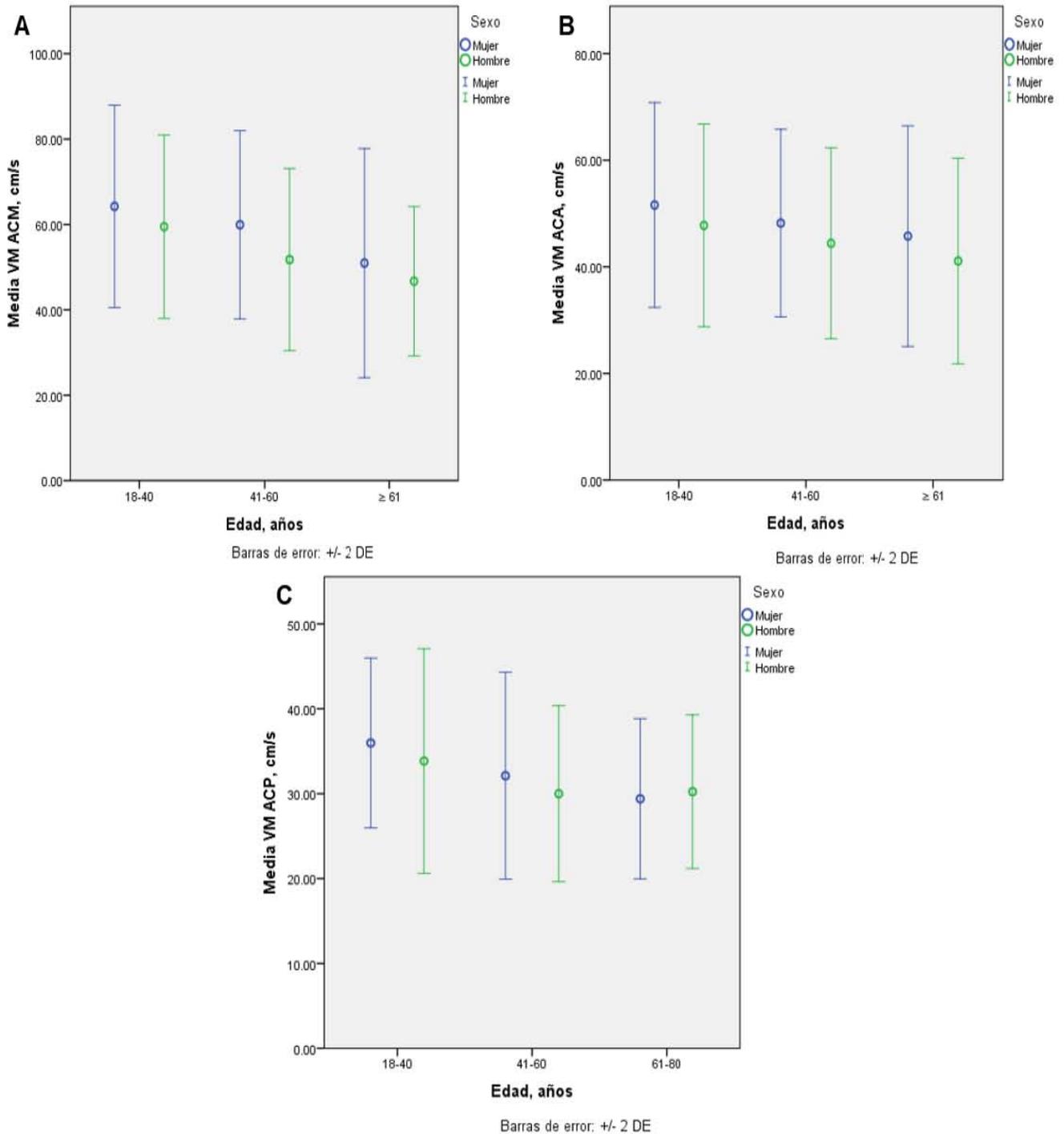
Gráfica 4. Prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov para la velocidad media (VM) de la arteria cerebral anterior (ACA) con Döpler transcraneal codificado por color (DTCC). A. Ángulo 0°. B. Ángulo 15°. C. Ángulo 30°. D. Ángulo 45°. E. Ángulo 60°. F. Ángulo corregido.



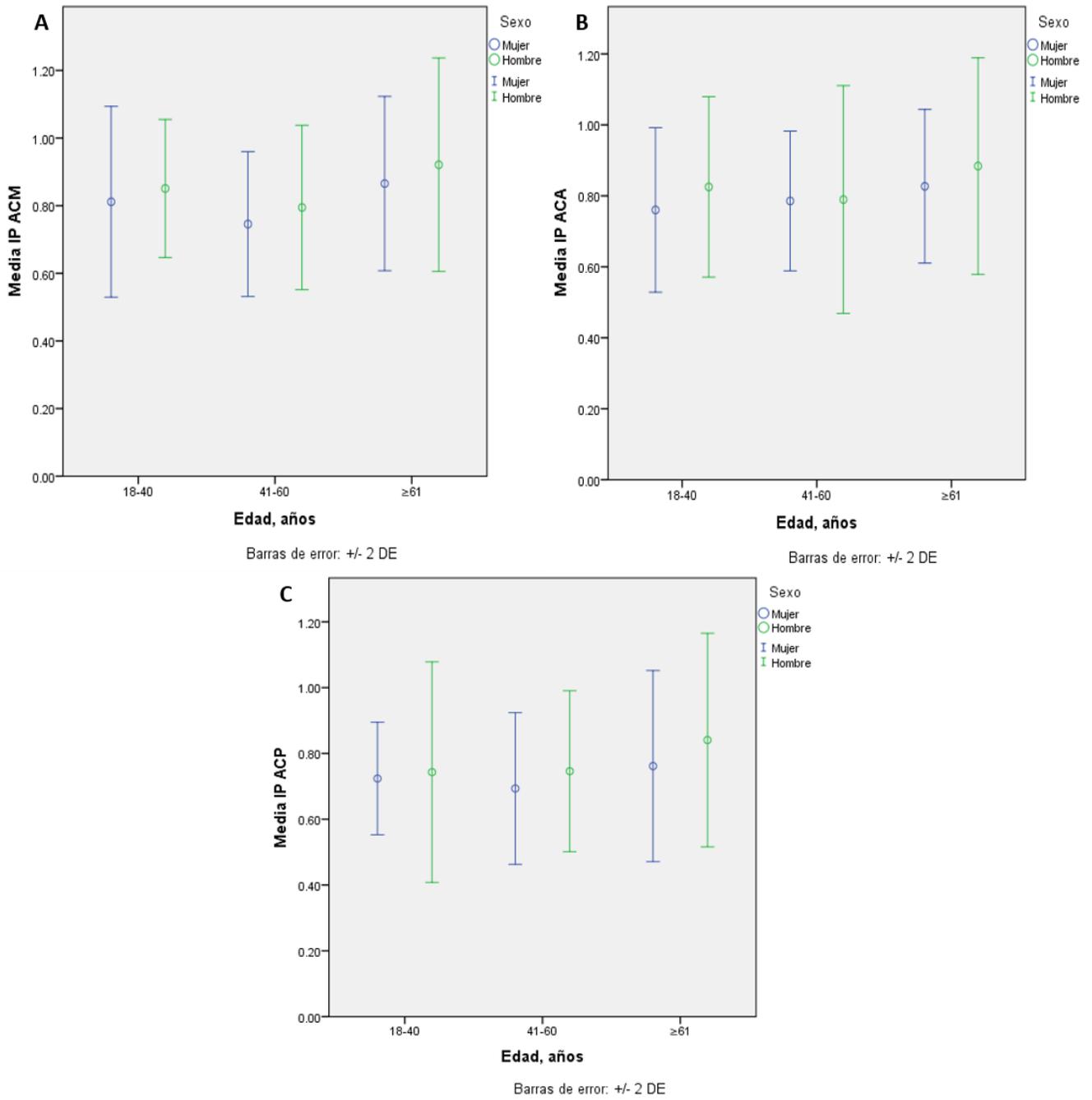
Gráfica 5. Prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov para la velocidad media (VM) de la arteria cerebral posterior (ACP) con Döppler transcraneal codificado por color (DTCC). A. Ángulo 0°. B. Ángulo 15°. C. Ángulo 30°. D. Ángulo 45°. E. Ángulo 60°. F. Ángulo corregido.



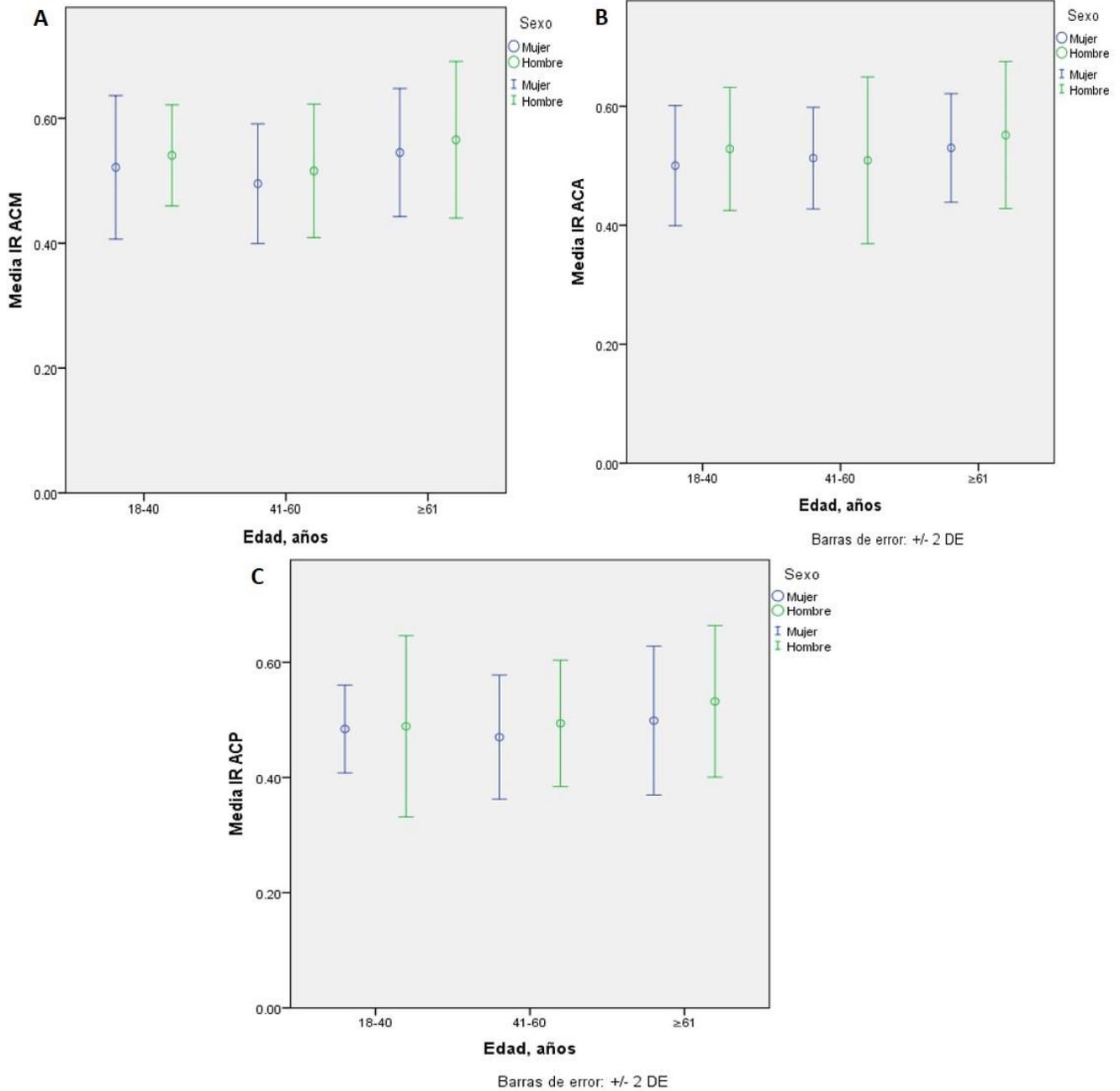
Gráfica 6. Prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov para la velocidad media (VM) con Döppler transcranial convencional (DTC). A. Arteria cerebral media (ACM). B. Arteria cerebral anterior (ACA). C. Arteria cerebral posterior (ACP)



Gráfica 7. Barras de error de la velocidad media (VM) por sexo y edad. A. Arteria cerebral media (ACM). B. Arteria cerebral anterior. C. Arteria cerebral posterior.



Gráfica 8. Barras de error del índice de pulsatilidad (IP) por sexo y edad. A. Arteria cerebral media (ACM). B. Arteria cerebral anterior. C. Arteria cerebral posterior.



Gráfica 9. Barras de error del índice de resistencia (IR) por sexo y edad. A. Arteria cerebral media (ACM). B. Arteria cerebral anterior. C. Arteria cerebral posterior.

15. ANEXOS



INSTITUTO NACIONAL DE
CIENCIAS MÉDICAS
Y NUTRICIÓN
SALVADOR ZUBIRÁN

Ciudad de México, a 08 de Mayo de 2017

DR. ERWIN CHIQUETE ANAYA
INVESTIGADOR PRINCIPAL
DEPTO. DE NEUROLOGÍA Y PSIQUIATRÍA
INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS MÉDICAS Y NUTRICIÓN "SALVADOR ZUBIRÁN"
AV. VASCO DE QUIROGA No. 15
COL. BELISARIO DOMÍNGUEZ SECCIÓN XVI
CIUDAD DE MÉXICO, C.P. 14080
PRESENTE

Por este medio, nos permitimos informarle que el *Comité de Investigación*, así como el *Comité de Ética en Investigación* del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, han *revisado y aprobado* el Protocolo de Investigación Clínica, titulado:

**"EVALUACIÓN DE LA HEMODINAMIA CEREBRAL CON LA TÉCNICA DE ULTRASONIDO DOPPLER
DÚPLEX TRANSCRANEAL CODIFICADO POR COLOR: DETERMINACIÓN DE VALORES NORMATIVOS"**
versión marzo 2017
REF. 2144

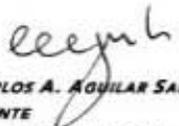
Así mismo se revisó y aprobó la siguiente documentación:

➤ **Consentimiento Informado, Versión 1.2 fecha de preparación 06/04/2017**

La vigencia de la aprobación termina el día 08 de mayo de 2018. Si la duración del estudio es mayor tendrá que solicitar la re-aprobación anual del mismo, informando sobre los avances y resultados parciales de su investigación e incluyendo todos los datos sobresalientes y conclusiones.

Sin más por el momento quedamos de usted.

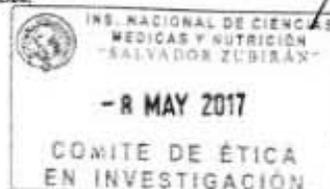
ATENTAMENTE,


DR. CARLOS A. AGUILAR SALINAS
PRESIDENTE
COMITÉ DE INVESTIGACIÓN


DR. ARTURO GALINDO FRAGA
PRESIDENTE
COMITÉ DE ÉTICA EN INVESTIGACIÓN

c.c.p. Dr. Gerardo Gamba Ayala, Director de Investigación,
CAAS/AGF/seo

Avenida Vasco de
Quiroga No. 15
Colonia Belisario
Dominguez Sección XVI
Delegación Iztapalapa
Código Postal 14080
México, Distrito Federal
Tel: (52) 56 21 18 70 800
www.incmn.mx



INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS MÉDICAS Y NUTRICIÓN SALVADOR ZUBIRÁN
DEPARTAMENTO DE NEUROLOGÍA Y PSIQUIATRÍA
CLÍNICA DE ENFERMEDAD VASCULAR CEREBRAL
TITULO: "EVALUACIÓN DE LA HEMODINAMIA CEREBRAL CON LA TÉCNICA DE ULTRASONIDO DOPPLER
DÚPLEX TRANSCRANEAL CODIFICADO POR COLOR: DETERMINACIÓN DE VALORES NORMATIVOS"
BOLETA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

NÚMERO DE PACIENTE: _____ INICIALES: _____ EDAD: _____

ENFERMEDADES: _____

FECHA DE NACIMIENTO: ____ / ____ / ____

SEXO: MUJER HOMBRE FECHA DE ESTUDIO: ____ / ____ / ____

PESO: _____ Kg Talla: _____ m Cintura: _____ cm IMC: _____

TAS: _____ mmHg TAD: _____ mmHg FC: ____ x´

ULTRASONIDO DOPPLER DÚPLEX TRANSCRANEAL CODIFICADO POR COLOR

Arteria cerebral media derecha						
Ángulo	VPS	VDF	VM	IR	IP	Profundidad
0°						
15°						
30°						
45°						
60°						
Corregido						
Arteria cerebral anterior derecha						
0°						
15°						
30°						
45°						
60°						
Corregido						
Arteria cerebral posterior derecha						
0°						
15°						
30°						
45°						
60°						
Corregido						
Arteria cerebral media izquierda						
0°						
15°						
30°						
45°						
60°						
Corregido						

Arteria cerebral anterior izquierda						
0°						
15°						
30°						
45°						
60°						
Corregido						
Arteria cerebral posterior izquierda						
0°						
15°						
30°						
45°						
60°						
Corregido						

DOPPLER TRANSCRANEAL CONVENCIONAL

Arteria	VPS	VDF	VM	IP	IR	Profundidad
ACMD						
ACAD						
ACPD						
ACMI						
ACAI						
ACPI						

16. BIBLIOGRAFÍA

1. Roguin A. Christian Johann Doppler: the man behind the effect. *Br J Radiol.* 2002;75(895):615-9.
2. Katsi V, Felekos I, Kallikazaros I. Christian Andreas Doppler: A legendary man inspired by the dazzling light of the stars. *Hippokratia.* 2013;17(2):113-4.
3. Tsvigoulis G, Alexandrov AV, Sloan MA. Advances in transcranial Doppler ultrasonography. *Curr Neurol Neurosci Rep.* 2009;9(1):46-54.
4. Tsvigoulis G, Sharma VK, Lao AY, Malkoff MD, Alexandrov AV. Validation of transcranial Doppler with computed tomography angiography in acute cerebral ischemia. *Stroke.* 2007;38(4):1245-9.
5. Sallustio F, Kern R, Gunther M, Szabo K, Griebe M, Meairs S, et al. Assessment of intracranial collateral flow by using dynamic arterial spin labeling MRA and transcranial color-coded duplex ultrasound. *Stroke.* 2008;39(6):1894-7.
6. Nedelmann M, Stolz E, Gerriets T, Baumgartner RW, Malferrari G, Seidel G, et al. Consensus recommendations for transcranial color-coded duplex sonography for the assessment of intracranial arteries in clinical trials on acute stroke. *Stroke.* 2009;40(10):3238-44.
7. Seidel G, Kaps M, Gerriets T. Potential and limitations of transcranial color-coded sonography in stroke patients. *Stroke.* 1995;26(11):2061-6.
8. Valdueza JM, Schreiber SJ. *Neurosonology and Neuroimaging of Stroke*: Thieme; 2011.
9. Sloan MA, Alexandrov AV, Tegeler CH, Spencer MP, Caplan LR, Feldmann E, et al. Assessment: transcranial Doppler ultrasonography: report of the Therapeutics and Technology Assessment Subcommittee of the American Academy of Neurology. *Neurology.* 2004;62(9):1468-81.
10. Alexandrov AV, Hacke W. *Cerebrovascular Ultrasound in Stroke Prevention and Treatment*: Wiley; 2011.
11. Baumgartner RW. Transcranial color duplex sonography in cerebrovascular disease: a systematic review. *Cerebrovasc Dis.* 2003;16(1):4-13.
12. Kimura K, Minematsu K, Yasaka M, Wada K, Yamaguchi T. Evaluation of posterior cerebral artery flow velocity by transcranial color-coded real-time sonography. *Ultrasound Med Biol.* 2000;26(2):195-9.

13. Proust F, Callonec F, Clavier E, Lestrat JP, Hannequin D, Thiebot J, et al. Usefulness of transcranial color-coded sonography in the diagnosis of cerebral vasospasm. *Stroke*. 1999;30(5):1091-8.
14. Gerriets T, Goertler M, Stolz E, Postert T, Sliwka U, Schlachetzki F, et al. Feasibility and validity of transcranial duplex sonography in patients with acute stroke. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2002;73(1):17-20.
15. Steinke W, Ries S, Artemis N, Schwartz A, Hennerici M. Power Doppler imaging of carotid artery stenosis. Comparison with color Doppler flow imaging and angiography. *Stroke*. 1997;28(10):1981-7.
16. Krejza J, Baumgartner RW. Clinical applications of transcranial color-coded duplex sonography. *J Neuroimaging*. 2004;14(3):215-25.
17. Swiat M, Weigle J, Hurst RW, Kasner SE, Pawlak M, Arkuszewski M, et al. Middle cerebral artery vasospasm: transcranial color-coded duplex sonography versus conventional nonimaging transcranial Doppler sonography. *Crit Care Med*. 2009;37(3):963-8.
18. Zipper SG, Stolz E. Clinical application of transcranial colour-coded duplex sonography-a review. *Eur J Neurol*. 2002;9(1):1-8.
19. Rogge A, Doepp F, Schreiber S, Valdueza JM. Transcranial color-coded duplex sonography of the middle cerebral artery: more than just the M1 segment. *J Ultrasound Med*. 2015;34(2):267-73.
20. Postert T, Braun B, Meves S, Koster O, Przuntek H, Weber S, et al. Contrast-enhanced transcranial color-coded sonography in acute hemispheric brain infarction. *Stroke*. 1999;30(9):1819-26.
21. Perez ES, Delgado-Mederos R, Rubiera M, Delgado P, Ribo M, Maisterra O, et al. Transcranial duplex sonography for monitoring hyperacute intracerebral hemorrhage. *Stroke*. 2009;40(3):987-90.
22. Wang LS, He W, Zhang HQ, Wang S, Zhao YL, Tian FL, et al. Comparison of transcranial color Doppler sonography without and with contrast enhancement for detection and characterization of intracranial aneurysms. *J Clin Ultrasound*. 2012;40(9):535-9.
23. Baumgartner RW, Arnold M, Gonner F, Staikow I, Herrmann C, Rivoir A, et al. Contrast-enhanced transcranial color-coded duplex sonography in ischemic cerebrovascular disease. *Stroke*. 1997;28(12):2473-8.

24. Scherle-Matamoros CE, Perez-Nellar J. Effectiveness of transcranial Doppler ultrasonography for the detection of vasospasm in the anterior cerebral arteries. *Rev Neurol.* 2010;50(5):273-8.
25. Marshall SA, Nyquist P, Ziai WC. The role of transcranial Doppler ultrasonography in the diagnosis and management of vasospasm after aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *Neurosurg Clin N Am.* 2010;21(2):291-303.
26. Martinez-Sanchez P, Tsvigoulis G, Lao A, Sharma V, Alexandrov AV. Ultrasound in acute ischemic stroke. *Neurologia.* 2009;24(1):59-68.
27. Demchuk AM, Christou I, Wein TH, Felberg RA, Malkoff M, Grotta JC, et al. Specific transcranial Doppler flow findings related to the presence and site of arterial occlusion. *Stroke.* 2000;31(1):140-6.
28. Bar M, Skoloudik D, Roubec M, Hradilek P, Chmelova J, Czerny D, et al. Transcranial duplex sonography and CT angiography in acute stroke patients. *J Neuroimaging.* 2010;20(3):240-5.
29. Chang JJ, Tsvigoulis G, Katsanos AH, Malkoff MD, Alexandrov AV. Diagnostic Accuracy of Transcranial Doppler for Brain Death Confirmation: Systematic Review and Meta-Analysis. *Am J Neuroradiol.* 2016;37(3):408-14.
30. Tsvigoulis G, Alexandrov AV. Ultrasound enhanced thrombolysis: applications in acute cerebral ischemia. *J Clin Neurol.* 2007;3(1):1-8.
31. Tsvigoulis G, Eggers J, Ribo M, Perren F, Saqqur M, Rubiera M, et al. Safety and efficacy of ultrasound-enhanced thrombolysis: a comprehensive review and meta-analysis of randomized and nonrandomized studies. *Stroke.* 2010;41(2):280-7.
32. Baumgartner RW, Mathis J, Sturzenegger M, Mattle HP. A validation study on the intraobserver reproducibility of transcranial color-coded duplex sonography velocity measurements. *Ultrasound Med Biol.* 1994;20(3):233-7.
33. Schoning M, Buchholz R, Walter J. Comparative study of transcranial color duplex sonography and transcranial Doppler sonography in adults. *J Neurosurg.* 1993;78(5):776-84.
34. Aaslid R. The Doppler Principle Applied to Measurement of Blood Flow Velocity in Cerebral Arteries. In: Aaslid R, editor. *Transcranial Doppler Sonography.* Vienna: Springer Vienna; 1986. p. 22-38.
35. Caplan LR, Brass LM, DeWitt LD, Adams RJ, Gomez C, Otis S, et al. Transcranial Doppler ultrasound: present status. *Neurology.* 1990;40(4):696-700.

36. Hennerici M, Rautenberg W, Sitzer G, Schwartz A. Transcranial Doppler ultrasound for the assessment of intracranial arterial flow velocity-Part 1. Examination technique and normal values. *Surg Neurol.* 1987;27(5):439-48.
37. Martin PJ, Evans DH, Naylor AR. Transcranial color-coded sonography of the basal cerebral circulation. Reference data from 115 volunteers. *Stroke.* 1994;25(2):390-6.
38. Lepic T, Veljancic D, Jovanikic O, Lepic M, Slankamenac P, Raicevic R. Importance of angle correction in transcranial color-coded duplex insonation of arteries at the base of the brain. *Vojnosanit Pregl.* 2015;72(12):1093-7.
39. Aaslid R, Markwalder TM, Nornes H. Noninvasive transcranial Doppler ultrasound recording of flow velocity in basal cerebral arteries. *J Neurosurg.* 1982;57(6):769-74.
40. DeWitt LD, Wechsler LR. Transcranial Doppler. *Stroke.* 1988;19(7):915-21.
41. Grolimund P, Seiler RW. Age dependence of the flow velocity in the basal cerebral arteries--a transcranial Doppler ultrasound study. *Ultrasound Med Biol.* 1988;14(3):191-8.
42. Russo G, Profeta G, Acampora S, Troisi F. Transcranial Doppler ultrasound. Examination technique and normal reference values. *J Neurosurg Sci.* 1986;30(3):97-102.
43. Vriens EM, Kraaier V, Musbach M, Wieneke GH, van Huffelen AC. Transcranial pulsed Doppler measurements of blood velocity in the middle cerebral artery: reference values at rest and during hyperventilation in healthy volunteers in relation to age and sex. *Ultrasound Med Biol.* 1989;15(1):1-8.
44. Ringelstein EB, Kahlscheuer B, Niggemeyer E, Otis SM. Transcranial Doppler sonography: anatomical landmarks and normal velocity values. *Ultrasound Med Biol.* 1990;16(8):745-61.