



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MEXICO**

---

FACULTAD DE MEDICINA DIVISIÓN DE ESTUDIOS  
DE POSGRADO.

**HOSPITAL PARA EL NIÑO POBLANDO**

DEPARTAMENTO DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN

**“ALTERACIÓN TEMPRANA DE LA VELOCIDAD DEL  
FLUJO SANGUÍNEO EN LA ARTERIA OFTÁLMICA EN  
PACIENTES CON LESIÓN NEUROLÓGICA SEVERA”.**

TESIS PARA OBTENER EL DIPLOMA EN:

**MEDICINA CRÍTICA PEDIÁTRICA**

Presenta:

**Dra. Sujey Araceli Zurita Rivera.**

Asesor Experto:

**Dr. Jose Felix Urbina Hernandez**

**Intensivista Pediatra**

Asesora metodológica:

**Dra. Maricruz Gutierrez Brito**



Puebla, Puebla.

Julio 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.

## INDICE

Introducción	3
Marco teórico	4
Antecedentes Generales	4
Antecedentes Específicos	11
Planteamiento del problema	15
Justificación	16
Objetivo principal	17
Objetivos secundarios	17
Población de estudio	18
Criterios de selección	18
Criterios de inclusión	18
Definición operacional	19
Material y método	20
Análisis de estadística	21
Aspectos éticos	23
Resultados	24
Discusión	31
Conclusiones	32
Anexos	33
Variables	33
Grafica de Grannt	34
Hoja de recolección de datos	35
Bibliografía	36

## I. INTRODUCCION

La sonografía transcraneal constituye una herramienta de monitorización habitual en el paciente neurocrítico. El doppler transcraneal permite un estudio hemodinámico y estructural del parénquima cerebral de estos pacientes. Sus ventajas sobre la sonografía convencional son evidentes, y se deben a una visualización directa del vaso que se quiere estudiar y a un correcto ajuste del volumen de muestra y del ángulo de insonación. La utilización de ecopotenciadores supone realizar estudios concluyentes prácticamente en el 100% de los casos, y permite estudiar de modo semicuantitativo la perfusión cerebral a la cabecera del paciente (1)

Respecto a la población general, los pacientes pediátricos presentan mayor frecuencia de lesión intracraneal (2), distinta respuesta ante la agresión y mejor pronóstico para igual grado de lesión cerebral, debido a consideraciones anatómicas y fisiopatológicas (3,4). En los pacientes pediátricos, en pleno proceso de maduración cerebral, es fundamental la prevención de la lesión secundaria que, unida a una lesión primaria inicial puede incrementar la morbimortalidad hasta un 30-40%(5-7). En los países industrializados se estima que 300 de cada 100 000 habitantes están en riesgo de sufrir un TCE (Traumatismo Craneoencefálico Severo) al año (2,8). A lo anterior se añade que entre 10-14 % de los pacientes que sufren un TCE grave, pueden evolucionar hacia estados de alteraciones de conciencia como el vegetativo persistente o el de mínima conciencia (3,9,10).

En niños se relaciona con un alto porcentaje de mortalidad y secuelas al punto que la Organización Mundial de la Salud (OMS) la considera un grave problema para la salud pública, tanto en el mundo desarrollado como en países pobres como el nuestro.

Son las lesiones neurológicas las principales etiologías como causa de incapacidad física y psíquica.

El proceso de medición del pronóstico ha recibido una atención creciente, a medida que los intensivistas y/o neurocirujanos han desarrollado técnicas mas sofisticadas de intervención, reduciendo la mortalidad e incrementando la supervivencia. Surgiendo interrogantes acerca del pronóstico y calidad de vida. Dentro de las diferentes mediciones para la respuesta a las interrogantes se establece la valoración del paciente neurocrítico a través de una técnica no invasiva como lo es el doppler transcraneal.

## II. ANTECEDENTES GENERALES:

### 1.- MARCO TEORICO

En 1842, el físico y matemático austriaco Christian Doppler formulo el principio del efecto doppler para tratar de explicar el color de las estrellas. Tres años más tarde, utilizando un trompetero subido en una locomotora Buys Baillot demuestra el efecto doppler y no es hasta el año 1950 que comienza a introducirse en el campo de la medicina. En 1982 Aaslid, comienza utilizar el doppler transcraneal en el estudio de pacientes con enfermedades cerebrovasculares. (1)

El Doppler transcraneal (DTC) es una técnica de ultrasonido no invasiva que permite evaluar la velocidad y dirección del flujo sanguíneo en los segmentos proximales de las principales arterias cerebrales. Se utiliza principalmente en la evaluación y seguimiento de pacientes con enfermedades cerebrovasculares, por lo que se ha convertido en herramienta fundamental para el monitoreo en la fase aguda y de apoyo para el diagnóstico de la muerte encefálica. (2)

Se han desarrollado métodos de cabecera sencillos y no invasivos para evaluar rápidamente el riesgo de una PIC (Presión Intracraneana) alta. Se ha demostrado que el índice de pulsatilidad (PI) derivado de DTC de la arteria cerebral media refleja las disminuciones en la presión de perfusión cerebral (PPC) debido a los aumentos de la PIC (6).

En los últimos 30 años, con el desarrollo y la incorporación de la computación a la medicina, sumado a la mejoría tecnológica de los transductores se ve favorecido el desarrollo de la neurosonología y específicamente del doppler transcraneal DTC. (1)

**TABLA 1. Aplicaciones del dúplex transcraneal codificado en color en la Unidad de Cuidados Intensivos**

Estudio de la hemodinámica cerebral
Estudio del sistema ventricular
Evaluación de la desviación de la línea media
Enfermedad cerebrovascular aguda isquémica
Valoración de estenosis y oclusiones arteriales
Estudio de hematomas intra y extraaxiales espontáneos y traumáticos
Diagnóstico y seguimiento tras tratamiento de aneurismas y malformaciones arteriovenosas
Vasoespasmo cerebral
Detección de fistula carotidocavernosa postraumática
Paro circulatorio cerebral
Estudio semicuantitativo de la perfusión cerebral

Figura 1: Med. Intensiva. 2007;31(9):510-7

La sonografía constituye una herramienta de monitorización habitual en el paciente neurocrítico. El doppler transcraneal codificado en color permite un estudio hemodinámico y estructural del parénquima cerebral de estos pacientes. Sus ventajas sobre la sonografía convencional son evidentes, y se deben a una visualización directa del vaso que se quiere estudiar y a un correcto ajuste del volumen de muestra y del ángulo de insonación. (2)

## 2.- Indicaciones

- 2.1 Detección/seguimiento de estenosis arteriales extra e intracraneales severas (> 60 %).
  - 2.2 Valoración del estado de la circulación colateral en pacientes con estenosis u oclusión arteriales.
  - 2.3 Estudio de la reserva hemodinámica cerebral.
  - 2.4 Monitorización no invasiva de la recanalización arterial en la fase aguda del infarto cerebral.
  - 2.5 Detección de microembolias cerebrales.
  - 2.6 Diagnóstico de shunt derecha-izquierda.
  - 2.7 Identificar el grado de vasoespasma arterial en la hemorragia subaracnoidea.
  - 2.8 Estudio del patrón de circulación colateral de malformaciones arteriovenosas.
  - 2.9 Diagnóstico de la muerte encefálica.
- (1)

## 3.- Aspectos a considerar en la realización del estudio

### 3.1 Ventana craneal:

Porción de la bóveda ósea craneal que ofrece una menor resistencia al acceso de la señal emitida por el transductor de doppler pulsado. Para el estudio de los vasos intracraneales se emplean transductores de baja frecuencia (2–2.5 Mhz).

Existen 4 ventanas acústicas. Cada una posibilita abordar un grupo vascular específico: Transtemporal, transorbitaria, transforaminal (suboccipital) y submandibular.

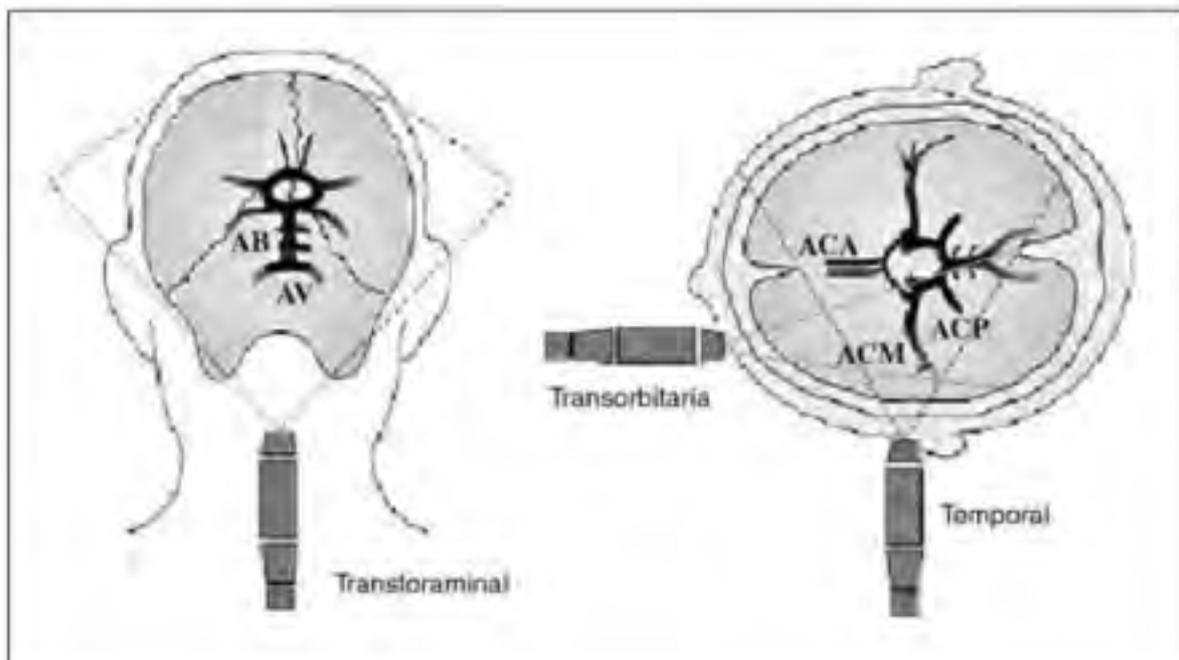


Figura 1. Diferentes ventanas sónicas.

Figura 2: Rev Hosp Niños BAires - Volumen 50 - N° 226

**Tabla 1.** Parámetros para la localización de los vasos

Ventana	Vaso	Profundidad (mm)	Dirección de flujo	Velocidad (cm/seg)
Temporal	ACM (M1)	30-60	Acercándose	55 ± 12
	ACA/ACM (bifurcación)	55-65	Bidireccional	-
	ACA (A1)	60-80	Alejándose	50 ± 11
	ACP (P1)	60-70	Acercándose	39 ± 10
	ACP (P2)	60-80	Alejándose	40 ± 10
	Sifón carotídeo	60-80	Alejándose Bidireccional Acercándose	41 ± 11 - 47 ± 14
Trans occipital	A. Vertebrales	60-90	Alejándose	38 ± 10
	A. Basilar	80-120	Alejándose	41 ± 10
Trans orbitaria	A. Oftálmica	40-60	Acercándose	21 ± 5
	Sifón carotídeo	60-80	Bidireccional Acercándose	40 ± 15
Sub mandibular	ACI	17	Alejándose	37 ± 9

Figura 3: Manual de Prácticas Médicas - Hospital Hermanos Ameijeiras

#### 4.- Técnica del estudio

El acceso a las estructuras vasculares del polígono de Willis se realiza a través de las denominadas “ventanas sónicas”, zonas del cráneo que, por sus características estructurales, presentan una gran transparencia a los ultrasonidos. Las ventanas más empleadas son la temporal (que permite identificar las arterias cerebral anterior, cerebral media, cerebral posterior y carótida terminal), la oftálmica (para la arteria oftálmica y el sifón carotídeo) y la foraminal (arterias vertebrales y basilar).

El análisis fundamental del monograma se refiere a la cuantificación del flujo sistólico, del flujo a nivel del final de la diástole y las velocidades medias. El pico de velocidad sistólica corresponde a la máxima velocidad de flujo registrada en la sístole durante la fase de contracción ventricular. El flujo diastólico es registrado como la velocidad sanguínea

justamente antes del comienzo de la fase de aceleración sistólica. La velocidad media es calculada automáticamente.

La pulsatilidad se describe como el grado de variabilidad de las velocidades a lo largo de todo el ciclo cardíaco. La diferencia relativa de velocidades dependerá fundamentalmente de las resistencias vasculares periféricas del cerebro. Se la puede cuantificar usando diversos índices, aunque los más utilizados son el índice de pulsatilidad (IP) de Gosling y el índice de resistencia de Pourcelot.

La permanencia de la fontanela anterior en los niños permite detectar la arteria cerebral anterior a través de ella, y se aconseja utilizar la ventana temporal para la insonación de la arteria cerebral media, debido al ángulo de la incidencia. Asimismo, desde esta ventana foraminal, se puede acceder a la porción intracraneal de la arteria vertebral y de la arteria basilar cuando se logra flexionar la cabeza sobre el esternón.

Las profundidades de insonación varían según la edad.

**Tabla I. Profundidad (en mm) de insonación según la edad\***

Edad	ACM	ACI	Sifón carotídeo	ACA	ACP1	ACP2	AB
<b>0-3 meses</b>	25	55-65	—	25-30	—	—	—
<b>3-12 meses</b>	30	60-70	—	30	—	—	—
<b>1-3 años</b>	35-45	40-50	50-60	55-65	55	50-55	50-60
<b>3-6 años</b>	40-45	45-55	55-60	60-65	55-60	50-60	55-70
<b>6-10 años</b>	45-50	50-55	55-60	60-70	60-70	55-65	55-75
<b>10-18 años</b>	45-50	55	60	65-70	60-70	60-65	60-80

ACM = arteria cerebral media; ACI = arteria carótida interna; ACA = arteria cerebral anterior; ACP = arteria cerebral posterior; AB = arteria basilar

Figura 4: Valadi N, Silva G, Bowman L, et al. Transcranial Doppler ultrasonography in adults with sickle cell disease. *Neurology* 2006;67:572-574.

Durante el período pediátrico, especialmente en el primer año de vida, la edad tiene una tremenda influencia en los parámetros del DTC. Las velocidades de flujo aumentan en forma lineal durante los dos primeros meses de vida, y alcanzan un pico máximo alrededor de los 6 años, llegan hasta casi cuatro veces el valor del recién nacido.

**Tabla II. Valores de velocidad media (cm/seg) según la edad\***

Edad	ACM	ACI	Sifón carotídeo	ACA	ACP1	ACP2	AB
0-10 días	24 ± 7	25 ± 6	—	19 ± 5	—	—	—
11-90 días	42 ± 10	43 ± 12	—	33 ± 11	—	—	—
3-11 meses	74 ± 14	67 ± 10	—	50 ± 11	—	—	—
1-3 años	85 ± 10	81 ± 8	75 ± 10	55 ± 13	50 ± 17	50 ± 12	51 ± 6
3-6 años	94 ± 10	93 ± 9	91 ± 11	71 ± 15	56 ± 13	48 ± 11	58 ± 6
6-10 años	97 ± 9	93 ± 9	89 ± 11	65 ± 13	57 ± 9	51 ± 9	58 ± 9
10-17 años	81 ± 11	79 ± 12	77 ± 14	56 ± 14	50 ± 10	45 ± 9	46 ± 8

ACM = arteria cerebral media; ACI = arteria carótida interna; ACA = arteria cerebral anterior; ACP = arteria cerebral posterior; AB = arteria basilar.

Figura 5: BodeH et al.: Arch. Dis. Chile 1988; 63: 606-611

#### **4.- Características del espectro y patrones de flujo en situaciones específicas**

##### **• 4.1 Enfermedad intracraneal esteno-oclusiva:**

Comparado con la angiografía convencional tiene una sensibilidad de 70-90 % y una especificidad de 90-95 % para las arterias de la circulación anterior. En el territorio vertebrobasilar la especificidad es similar a la del sistema carotídeo, pero la sensibilidad es menor (50-80 %).

El aumento focal de la velocidad media (Vm) o una diferencia entre ambos lados mayor de 30 % indican la presencia de estenosis y la disminución o desaparición de la señal junto a la exploración de la arteria homóloga indican oclusión. Velocidad sistólica mayor de 140 o una velocidad media > 100 cm/seg en la ACM se correlaciona con 50 % de estenosis. La inversión de la dirección de flujo en la arteria oftálmica y de la arteria cerebral anterior ipsilateral, sumados a un bajo flujo en la ACM, son signos altamente sugestivos y específicos de estenosis carotídea mayor de 70 %. (1)

##### **• 4.2 Estudio del patrón de circulación colateral de malformaciones arteriovenosas (MAV) y diagnóstico de aneurismas**

Las malformaciones arteriovenosas ofrecen un patrón de flujo de baja resistencia (bajo índice de pulsatibilidad) y de alta velocidad. La sensibilidad del DTC en la detección de MAV medianas o grandes (>3 cm) es mayor de 80 %.

##### **• 4.3 Detección del vasoespasmó en la HSA**

El vasoespasmó arterial ocurre en 30-60 % de los enfermos con hemorragia subaracnoidea y es sintomática en 25-40 % de los pacientes provocando isquemia cerebral focal. Su mayor pico de incidencia se establece entre el 3o - 7mo día después del sangramiento.

El estudio de DTC es un método costo-efectivo para detectar el vasoespasmó cerebral y tiene una mayor sensibilidad para las arterias cerebrales medias (39-94 %).

En el estudio del vasoespasmo se debe determinar el índice de Lindegaard ( $V_m \text{ ACM}/V_m \text{ ACI}$ ) que debe ser mayor de 3. Un incremento diario de 50 % de la velocidad media en la ACM es considerado como un signo temprano de vasoconstricción severa en evolución. Velocidades medias entre 120-200 cm/seg indican vasoespasmo moderado. Cifra superiores a 200 cm/seg indican un vasoespasmo severo. La realización de estudios seriados, diarios, después de una HSA permite anticipar el vasoespasmo sintomático. Otros factores pronósticos a través del DTC son la obtención de valores de velocidad media  $> 180$  cm/seg de aparición tempranos en el curso de la HSA y un índice de Lindegaard  $>6$ .

**Tabla 3.** Criterios diagnósticos de vasoespasmo en la HSA

Velocidad media (cm/seg)	Grado de vasoconstricción
e/ 80-120	Hiperemia, posible vasoespasmo ligero.
e/ 120-180	Hiperemia y vasoespasmo moderado.
e/ 180-200	Vasoespasmo moderado-severo.
$> 200$	Vasoespasmo severo.

Figura 6: Manual de Prácticas Médicas - Hospital Hermanos Ameijeiras

• **4.4 Inversión del flujo diastólico:**

Presencia de espigas sistólicas sin flujo diastólico. Estos hallazgos indican ausencia de flujo anterógrado en el cerebro.

El hecho de que la detección de ausencia de flujo por DTC no se vea afectada por la administración de sedantes le otorga superioridad frente al EEG, complementando al examen clínico, además de que resulta un método útil en situaciones donde no puede completarse la evaluación neurológica del paciente.

**5.- Evaluación basada en Doppler transcraneal de la autorregulación cerebral en niños críticos durante el tratamiento de la cetoacidosis diabética**

La autorregulación cerebral se cuantificó mediante el índice autorregulatorio (índice autorregulatorio  $<0,4$  = deterioro y índice autorregulatorio  $0,4-1,0$  = autorregulación intacta). La primera prueba de autorregulación se obtuvo temprano (tiempo 1, 12-24 h, mediana [rango intercuartílico], 8 h [5-18 h]) y se obtuvo una segunda prueba de autorregulación durante la recuperación (tiempo 2, 36-72 h ; mediana [rango intercuartílico], 46 h [40-59 h]). Los casos tenían un índice de autorregulación más bajo en

el tiempo 1 que en el tiempo 2 ( $p < 0,001$ ) y un índice de autorregulación más bajo que los sujetos de control ( $p < 0,001$ ). Cinco casos (17%) mostraron deterioro persistente de la autorregulación cerebral entre los tiempos 1 y 2 del tratamiento (8).

## **6.- Vasoespasmio cerebral posterior a hemorragia subaracnoidea aneurismática: Métodos diagnósticos y escalas de valoración:**

La base fisiológica de aplicación de este medio descansa en el hecho de que el vasoespasmio crea una resistencia al flujo sanguíneo cerebral en función del grado de estenosis, que al mismo tiempo provoca un incremento proporcional en la velocidad de dicho flujo. Típicamente esta velocidad aumenta de cinco a seis veces de lo normal en el vasoespasmio sintomático(15).

La sensibilidad del método es mayor para las arterias cerebrales medias que para las demás arterias, con una sensibilidad de 75-90%.

Mientras la velocidad de flujo disminuye con la edad y el índice de pulsatilidad aumenta. Este último es un índice de la resistencia o elasticidad arterial.

La presencia de velocidades medias entre 120-200 cm/seg indican vasoespasmio moderado. Cifras superiores a 200 cm/seg indican vasoespasmio severo y correlaciona con mayor morbimortalidad(14).

## **7.- Diagnóstico de muerte encefálica**

Existen espectros de flujo sanguíneo cerebral como los "picos sistólicos" o ausencia de la fase diastólica y "flujo reverberante", que tienen especificidad del 91 % y sensibilidad del 100 % cuando se presentan en el contexto clínico de MC(13).

La detección de la parada circulatoria cerebral como criterio fisiopatológico de muerte cerebral es una de las indicaciones del DTC. El aumento de la presión intracraneal produce un incremento de la resistencia al flujo que condiciona un descenso de la presión de perfusión. Los cambios progresivos que ocurren condicionan una disminución inicial de la velocidad diastólica, que finalmente se hace cero o incluso existe flujo retrógrado en diástole. Posteriormente solo se registran espigas sistólicas con ausencia de flujo diastólico hasta llegar a un estadio final en que no se obtiene ninguna señal. Aunque se han encontrado varios patrones que pueden corresponder a muerte cerebral.

## **8.- Ultrasonografía Doppler de los vasos retinianos centrales en niños con muerte cerebral.**

Se evaluaron niños de 0 a 18 años de edad que fueron clínicamente evaluados por muerte cerebral en Children's National Health Systems; Se evaluaron la velocidad máxima del flujo sanguíneo sistólico de la arteria retiniana central, el índice de resistencia, el índice de pulsatilidad y las formas de onda Doppler en cada paciente.

La presión arterial sistólica promedio durante los exámenes de ultrasonido fue 102 mm Hg ( $\pm 28$ ), presión arterial diastólica 65 mm Hg ( $\pm 24$ ), presión arterial media 79 mm Hg ( $\pm 23$ ), frecuencia cardíaca 133 latidos / min ( $\pm 27$ ), temperatura 36 ° C ( $\pm 0,96$ ), Co2 arterial 35 mm Hg ( $\pm 9$ ) y Co2 al final de la marea 23 mm Hg ( $\pm 6$ ).

El análisis de forma de onda de los 35 exámenes de ultrasonido reveló un 11% con picos sistólicos altos sin flujo diastólico, un 17% con flujo oscilatorio, un 29% con picos sistólicos cortos y un 23% con movimiento Doppler no detectado(5).

### III. ANTECEDENTES ESPECIFICOS

#### 1.-Ventana transorbitaria:

*Arteria oftálmica (AO):* se localiza a 1.5-2.0 cm del globo ocular y en posición nasal respecto del nervio óptico. El registro Doppler color de la AO muestra una curva típica con un pico sistólico marcado, una depresión dícrota y velocidades diastólicas reducidas (3). A través de esta ventana es posible explorar: Arteria oftálmica y sifón carotídeo.

Para evitar dañar las estructuras oculares es necesario disminuir la potencia máxima del equipo en 10 %. La exploración se realiza con el ojo cerrado, el parpado relajado y se indica al paciente que oriente la mirada hacia los pies.

Para la localización de la oftálmica es necesario colocar la sonda de 2 Mhz sobre el globo ocular, en dirección occipital y posteriormente buscar en dirección medial. Detectaremos la señal de flujo entre 40-60 mm de profundidad con una velocidad media de  $21 \pm 5$  cm/seg. Habitualmente la dirección de flujo es desde la carótida interna hacia la externa. En caso de afectación hemodinámica de la carótida interna la dirección de flujo en la arteria oftálmica se invierte y la curva registrada muestra un patrón de baja resistencia.

Profundizando con cuidado a través de la oftálmica, entre los 60-80 mm se distingue el sifón carotídeo con un índice de pulsabilidad menor y una velocidad media en  $40 \pm 15$  cm/seg.

Comparado con la angiografía convencional tiene una sensibilidad de 70-90 % y una especificidad de 90-95 % para las arterias de la circulación anterior. En el territorio vertebrobasilar la especificidad es similar a la del sistema carotídeo, pero la sensibilidad es menor (50-80 %).

El aumento focal de la velocidad media ( $V_m$ ) o una diferencia entre ambos lados mayor de 30 % indican la presencia de estenosis y la disminución o desaparición de la señal junto a la exploración de la arteria homóloga indican oclusión. Velocidad sistólica mayor de 140 o una velocidad media  $> 100$  cm/seg en la ACM se correlaciona con 50 % de estenosis. La inversión de la dirección de flujo en la arteria oftálmica y de la arteria cerebral anterior ipsilateral, sumados a un bajo flujo en la ACM, son signos altamente sugestivos y específicos de estenosis carotídea mayor de 70 %.(1)

La arteria oftálmica (AO) presenta las mayores velocidades de flujo, siendo mayor la diferencia en la  $V_{max}$ . Tanto el IR como el IP, y la relación SD de la AO, son los más altos

de los tres vasos estudiados. La AO presenta, además, características de relativa alta resistencia tanto por la morfología de la curva en el registro Doppler (pico sistólico abrupto, depresión dícrota y velocidades moderadamente bajas en la diástole), así como por los parámetros obtenidos (índice de resistencia, índice de pulsabilidad y relación sístole/ diástole elevados). La curva de dicho vaso guarda cierto parecido con el de la arteria carótida común o incluso con el de la carótida externa más que con la de la arteria carótida interna de la que es rama. Como es de esperar las velocidades de AO son mayores que las respectivas ACR (arteria central de la retina) y ACP (arterias ciliares posteriores) debido al mayor calibre de la primera.

Doppler de la ACR: es el de una curva de baja resistencia. Pico sistólico redondeado y flujo continuo durante la diástole. Los valores IR, IP y S/D son bajos. Ello indica que la retina es un territorio vascular de bajas resistencias. (3)

## **2.-Empleo del DTC en pacientes pediátricos.**

### **2.1 Meningitis**

La afección inflamatoria de los vasos cerebrales, el edema cerebral y la consecuente elevación de la PIC son factores que alteran la hemodinamia cerebral y contribuyen a la isquemia local. El edema cerebral, el aumento de la producción del líquido cefalorraquídeo (que incrementan la PIC) y las alteraciones vasculares, como arteritis, tromboflebitis, isquemia o infartos cerebrales, son hallazgos frecuentes en pacientes con meningitis bacteriana y están asociados a secuelas neurológicas severas.(2) El seguimiento con DTC de los niños con meningitis permite detectar de forma no invasiva y precoz estas alteraciones y optimizar el tratamiento. Se han observado dos patrones: uno con disminución de la velocidad diastólica e incremento del IP (debido a que la velocidad sistólica se mantiene relativamente estable) con buen pronóstico, asociado a normalización de las variables; y otro, con aumento de la velocidad sistólica y del IP (fuertemente relacionado al fenómeno de vasoespasmo) con mala recuperación neurológica.

En un estudio realizado en 37 niños menores de 1 año con meningitis bacteriana, Okten et al observaron que los pacientes con velocidades altas e IP normal en la etapa aguda no mostraban déficit neurológico a los tres meses de seguimiento, mientras que el hallazgo de un IP elevado con velocidades normales o bajas se asoció claramente a la presencia de más secuelas neurológicas.(3)

### **2.2 Traumatismo Craneoencefalico (TCE)**

El uso del DTC en el contexto de la lesión neurológica aguda traumática ha demostrado ser de gran utilidad en una variedad de escenarios clínicos (lesiones cerradas, abiertas, hemorragia subaracnoidea traumática) y de distintos grados de severidad (traumatismo leve, moderado y grave), para la correcta identificación de diversos patrones hemodinámicos cerebrovasculares (oligoemia, hiperemia, vasoespasmo). Su uso y la identificación de estos patrones hemodinámicos no se limita al diagnóstico de las consecuencias fisiopatológicas de la lesión aguda, sino que se extiende también al pronóstico de estas lesiones en el corto y largo plazo.(9)

Por otra parte, resulta de invaluable ayuda, debido a su naturaleza no invasiva, repetible, a la sencillez de su realización, a la rapidez para obtener los resultados y a la facilidad para interpretarlos, en el monitoreo al lado del paciente de las intervenciones propias del manejo del TCE.

El uso de la técnica del DTC para estimar la velocidad del FSC en las arterias intracerebrales mejoró nuestro conocimiento de la fisiopatología y de los mecanismos hemodinámicos de las lesiones postraumáticas intracraneales. (20)

Aunque la información de la que se dispone en pacientes pediátricos es considerablemente menor que en adultos, algunos artículos son claros acerca de una utilidad similar en este grupo etario, como el estudio conducido por Mander en 27 niños con TCE; observaron un incremento de las velocidades del flujo cerebral en las arterias cerebrales medias (objetivación de la hiperemia), lo que se relacionó significativamente con la aparición de edema en la tomografía computarizada.(11)

Meyer realizó el test de compliance en 26 pacientes <2 años con hematoma subdural agudo y observó que el 90% de los pacientes tenía una alteración, y posterior normalización en el 50% de aquellos que son intervenidos en forma precoz. El DTC preoperatorio objetiva este patrón hemodinámico a través de una disminución de la velocidad diastólica y aumento del IP.

Otro estudio llevado a cabo por Trabold et al. en 36 pacientes pediátricos con TCE moderado o severo mostró que una velocidad diastólica <25 cm/seg y un IP >1,3 al ingresar en el Servicio de Urgencias se asociaban con peor pronóstico.(13)

En un trabajo de Bellner et al. con 80 pacientes (adultos y niños), se investigó la relación entre el IP y la PIC en pacientes con lesión intracerebral y se halló una asociación significativa entre ambas variables ( $p < 0,0001$ ). Con una PIC en el rango de 0 y 20 mmHg, el DTC tuvo una sensibilidad del 0,88 y una especificidad del 0,69. Los valores de IP >3 se asociaron con HIC severa y, cuando se demostró paro circulatorio cerebral por angiografía, el IP varió entre 6 y 8. Para estimar la PIC, emplearon la fórmula:  $PIC = 10,93 \times IP - 1,28$ .

Parece haber una fuerte asociación entre severidad al ingreso, pérdida de la capacidad de autorregulación cerebral y peores resultados. En un estudio prospectivo llevado a cabo por Va- vilala et al, se investigó la presencia o ausencia de autorregulación cerebral a través de DTC como factor predictivo de morbilidad postraumática en pacientes pediátricos. Para su estimación se empleó la fórmula previamente descrita por Strebel con un punto de corte para el índice de autorregulación cerebral establecido en 0,4. Tras analizar 36 pacientes con TEC leve, moderado y grave (12 pacientes en cada grupo), concluyen en que la autorregulación está alterada en el TEC, independientemente de la gravedad del cuadro (aunque en mayor medida en los grupos moderado y grave), que la hiperemia se asocia con alteración de la autorregulación cerebral y que el deterioro de ésta se asocia a peores resultados. (14)

### **3.-Valoración de PIC por ultrasonido Doppler transcraneal y ultrasonido de la órbita y de vaina del nervio óptico.**

En un estudio modelo matemático experimental, Ursino et al., describieron las relaciones entre la presión de perfusión, la autorregulación y la forma de onda DTC durante diversos entornos en la hemodinámica cerebrovascular. Estos modelos teóricos indican que durante la normoventilación dentro del rango normal de presión arterial, los aumentos repentinos en el IP solo son alcanzables con un aumento en la PIC (11).

El valor de los índices de resistencia vascular periférica, sobre todo del índice de pulsatilidad (IP) se relaciona con varios estados patológicos; su valor normal de baja resistencia es entre 0.6-1.1. Por ejemplo, una muy baja pulsatilidad (IP < 0.6) se asocia con vasoespasmo, hiperemia o estenosis de grado alto. La alta pulsatilidad (IP entre 1.2-1.6) se asocia con hipertensión intracraneana (HIC) moderada o microangiopatía. Y muy alta pulsatilidad (IP entre 1.7-3) testifica HIC intensa, y valores de IP mayores de 3 se correlacionan estrictamente con presión intracraneana y asistolia cerebral (4).

Recientemente, Marek Crosnyka y Vera ofrecieron un método de medición de PIC no invasiva que no requiere calibración y de comparación durante 60 segundos de la onda

de Doppler transcraneal y de la onda de presión de la arteria radial con exactitud  $\pm 5$  mmHg.

La medición de diámetro de la vaina del nervio óptico (DVNO) con ultrasonido bidimensional y transductor lineal de 7.5 Mhz para detección de PIC mayor de 20 mmHg, con valor del corte del DVNO mayor a 0.48 mm con sensibilidad y especificidad 96 y 94% respectivamente (5).

#### **IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En esta unidad hospitalaria al ser una unidad de tercer nivel se tiene un número importante de ingresos de pacientes con lesión neurológica severa, siendo como causa más frecuente de la misma el traumatismo craneoencefálico. En la unidad de cuidados intensivos pediátricos contamos con neuromonitoreo tanto invasivo como no invasivo, dentro de los cuales tenemos a nuestro alcance la utilización del doppler transcraneal que permite la valoración de la hemodinámica cerebral en tiempo real, al darnos un análisis completo de la velocidad de flujo e índice de pulsatibilidad de las diferentes arterias cerebrales, siendo de gran relevancia la medición de la arteria oftálmica como parámetro predictor temprano de alteración, ya que por el sitio de su localización al presentarse un aumento de la presión intracraneana esta estaría comprometida antes que cualquier otra, logrando así con su medición iniciar un manejo oportuno de los datos de craneo hipertensivo, evitando mayor daño a nivel neurológico y larga estancia hospitalaria.

No se cuenta con estudios de esta medición en la población pediátrica a nivel mundial y mucho menos en México, por lo cual se plantea la siguiente pregunta.

#### **PREGUNTA DE INVESTIGACION**

¿El índice de pulsatibilidad y la velocidad de flujo de la arteria oftálmica en el paciente con lesión neurológica severa se altera más temprano que el resto de las arterias troncales con el doppler transcraneal?

## **V. JUSTIFICACIÓN**

Como se ha descrito en los antecedentes generales y específicos, el conocimiento de la hemodinamia cerebral, la evaluación de la alteración temprana en la velocidad de flujo e índice de pulsatibilidad de la arteria oftálmica a través de un método no invasivo, portátil, sencillo y económico como lo es el doppler transcraneal es de vital importancia ya que por el sitio de localización de la misma nos puede ofrecer indicios de hipertensión endocraneana antes que cualquier otra arteria, iniciando un manejo neurointensivo oportuno y así evitar el daño neurológico secundario además de reducir la morbimortalidad de los pacientes que ingresan con diagnóstico de lesión neurológica severa en la unidad de cuidados intensivos pediátricos de esta unidad hospitalaria.

Por otro lado en el sentido de la investigación aporta información inicialmente local, pero que nos abre un panorama más amplio en el seguimiento de este tipo de pacientes y nos brinda datos que no se conocían adecuadamente, planteándose líneas de investigación subsecuente.

## **VI.- OBJETIVOS**

### **A) OBJETIVO PRINCIPAL:**

Determinar la alteración temprana de la velocidad de flujo sanguíneo en la arteria oftálmica y de sus índices (índice de pulsatibilidad) en pacientes con lesión neurológica severa ingresados al servicio de cuidados intensivos pediátricos del Hospital para el Niño Poblano de Noviembre 2017 a Junio 2018

### **B) OBJETIVOS SECUNDARIOS:**

- 1.- Evaluación de la alteración temprana de la velocidad de flujo de la arteria oftálmica y del índice de pulsatibilidad en pacientes con lesión neurológica severa
- 2.-Establecer la distribución de edad y sexo de los sujetos de investigación
- 3.-Conocer la causa mas frecuente de lesión neurológica grave en el paciente de cuidados intensivos pediátricos.
- 4.-Determinar si existe diferencia significativa entre las mediciones al inicio y en los tiempos estudiados entre ambas arterias

## **VII. POBLACIÓN DE ESTUDIO:**

Todos los niños de cualquier genero que ingresaron con diagnóstico de lesión neurológica severa a la unidad de cuidados intensivos del Hospital para el Niño Poblano, que del 01 de Noviembre 2017 al 30 de Junio de 2018.

## **VIII. CRITERIOS DE INCLUSION.**

- Todos los pacientes de ambos sexos con diagnostico de lesión neurológica severa ingresados al servicio de cuidados intensivos pediátricos del Hospital para el Niño Poblano.
- Pacientes cuyos padres y/o tutores acepten participar en el estudio consignando esto en consentimiento informado para su seguimiento

## **VIII.I CRITERIOS DE EXCLUSIÓN**

- Pacientes con patología neurológica previa al trauma.
- Pacientes que no cuentan con seguimiento con doppler transcraneal.

## **IX. DISEÑO DEL ESTUDIO:**

Se realizará un estudio observacional, descriptivo, longitudinal y unicentrico

Por ausencia de intervención: observacional

Por el tipo de estudio: descriptivo

Por el periodo de tiempo: longitudinal

Por la ubicación: unicentrico

## X. DEFINICIÓN OPERACIONAL.

### Doppler transcraneal:

La generación de imágenes por ultrasonidos se basa en la emisión de ondas con frecuencias en el rango de 2 a 10 MHz, y la recepción del eco acústico producido por la reflexión y la dispersión de dichas ondas en los tejidos: los ecos, convertidos en señales eléctricas y de video, son amplificados, procesados y registrados en un monitor.

### Velocidad de flujo cerebral:

El **flujo sanguíneo cerebral**, o **FSC**, es el suministro de sangre al cerebro en un momento dado, y puede ser medido para evaluar la velocidad y dirección del flujo sanguíneo en los segmentos proximales de las principales arterias cerebrales.

### Índice de Pulsatilidad:

La pulsatilidad se describe como el grado de variabilidad de las velocidades a lo largo de todo el ciclo cardíaco.

$$IP = \frac{\text{Velocidad sistólica máxima} - \text{Velocidad diastólica mínima}}{\text{Velocidad media durante el ciclo completo}}$$

**Clasificación de Marshall:** evalúa las lesiones cerebrales por tomografía computada (TC), lo divide en 4 tipos de la siguiente forma:

<b>Tipo I</b>	Sin afectación craneal visible.
<b>Tipo II</b>	Cisternas presentes y línea media centrada o desviada < 5mm. Si hay lesiones hiperdensas o mixtas serán menores de 25ml. Puede haber cuerpos extraños o fragmentos óseos.
<b>Tipo III</b>	Cisternas comprimidas o ausentes, con línea media centrada desplazada > 5mm. Si hay lesiones hiperdensas o mixtas serán menores de 25ml.
<b>Tipo IV</b>	Desplazamiento de la línea media > 5mm, con lesiones focales hiperdensas mayores de 25ml.
<b>Focal evacuada</b>	Cualquier lesión evacuada quirúrgicamente.
<b>Focal no evacuada</b>	Lesión hiperdensa mayor de 25ml no evacuada.

**Clasificación de Fisher:** evalúa las características de la hemorragia subaracnoidea de la siguiente manera:

<b>Grado I</b>	Sin sangre en la TC. No predice vasoespasmo.
<b>Grado II</b>	Sangre difusa pero no lo bastante para formar coágulos. No predice vasoespasmo.
<b>Grado III</b>	Sangre abundante formando coágulos densos >1mm en el plano vertical (cisura interhemisférica, cisterna insular, cisterna ambiens) o >3x5mm en el longitudinal (cisterna silviana e interpeduncular). Predice vasoespasmo severo.
<b>Grado IV</b>	Hematoma intracerebral o intraventricular con o sin sangre difusa o no apreciada en las cisternas basales. No predice vasoespasmo.

## **XI. MATERIAL Y METODO.**

**Materiales.** Se utilizó la base de datos electrónica, en la que figuran los expedientes de cada uno de los pacientes pediátricos que fueron ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos en el Hospital Para el Niño Poblano en el periodo correspondiente.

-Utilización de doppler transcraneal con transductor de 2Mhz para la medición de la velocidad de flujo e índice de pulsatilidad de las arterias cerebrales de los pacientes al ingreso, 24, 48 y 72hrs en la unidad de cuidados intensivos pediátricos con lesión neurológica severa, enfocado a la medición y comparación de la alteración de la arteria oftálmica con almacenamiento de dichos datos en el disco duro del equipo

**Técnicas.** Revisión manual del diagnóstico, edad, sexo, días de estancia hospitalaria, glasgow al ingreso, clasificación de Marshall y Fisher correspondientes al periodo de estudio

**Procedimientos.** El proceso para captar la información: se realizó de forma manual, revisión de expediente y base de datos de doppler transcraneal de cada uno de los pacientes pediátricos con derechohabencia del hospital para el Niño Poblano; así como el proceso de análisis e integración de la misma, que comprende desde Noviembre 2017 a Junio 2018

### **Lugar donde se realizó el estudio.**

El presente estudio se circunscribe a la Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos del hospital para el niño Poblano del periodo correspondiente al estudio.

### **Universo, muestra y tamaño de la muestra.**

Pacientes registrados en el sistema electrónico contando con número de expediente de derechohabencia y que figuran desde Noviembre del año 2017 a Junio de 2018. La muestra es conveniente, no determinística ni aleatorizada.

## **XII. ANALISIS ESTADISTICO**

Se emplearán medidas de tendencia central para el análisis descriptivo. Se utilizarán promedio, desviación estándar, porcentajes.

Se realizará la prueba de t para ver las diferencias entre mediciones.

### **XIII. ASPECTOS ÉTICOS DE LA INVESTIGACIÓN**

Se conducirá esta investigación bajo lineamientos nacionales, tales como la Norma Oficial Mexicana NOM-168. Se respetará lo señalado en la Ley General de Salud para la Investigación Clínica. Se salvaguardarán tanto el anonimato de los sujetos para evitar su identificación, como los principios éticos básicos en la conducción de esta investigación.

El proceso de consentimiento informado se realiza bajo los principios de beneficencia y autonomía. Se conducirá el estudio considerando Documentos Internacionales y nacionales que regulan la Ética de la Investigación, tales como la Declaración de Helsinki, el Informe Belmont, la Conferencia Internacional de Armonización (CH6), la Ley General de Salud en materia de Investigación en seres humanos, y documentos regulatorios de la Comisión Nacional de Bioética.

#### XIV. RESULTADOS

Durante el periodo de estudio ingresaron 41 pacientes con diagnóstico de lesión neurológica severa, de los cuales solamente 18 cumplieron con los criterios de inclusión ya que en 18 de ellos no se realizó el seguimiento con doppler transcraneal por no contar con el equipo y 5 tenían lesión neurológica previa a su ingreso.

TABLA 1: Distribución de acuerdo a la edad del paciente

DISTRIBUCION DE ACUERDO A EDAD	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Menores de 5 años	9	50%
5 a 10 años	4	22.2%
11 a 15 años	5	27.7%
Total	18	100%

La tabla número 1 representa las edades en las cuales están comprendidos los pacientes que ingresaron a la unidad de cuidados intensivos pediátricos del Hospital para el Niño Poblano en donde se puede evidenciar que el mayor porcentaje lo tienen los pacientes menores 5 años con un 50%.

El promedio de edad fue de 6.7 años

Tabla 2: Distribución de acuerdo a genero del paciente

SEXO	Frecuencia	Porcentaje
Masculino	14	77.7%
Femenino	4	22.2%
Total	18	100%

La tabla número 2 representa la distribución de género en donde se observa que el mayor porcentaje de pacientes fueron varones en un 77.7%.

Tabla 3: Distribución de acuerdo a escala de coma de Glasgow

Escala de coma de Glasgow	Frecuencia	Porcentaje
14 a 15 puntos	1	5.5%
9 a 12 puntos	4	22.2%
3 a 8 puntos	13	72.2%
<b>Total</b>	<b>18</b>	<b>100%</b>

El puntaje de mayor frecuencia fue de 3 a 8 puntos, que traduce deterioro neurológico severo.

Tabla 4: Distribución de acuerdo a días de estancia hospitalaria

Días de estancia	Frecuencia	Porcentaje
Menos de 7 días	7	38.8%
7 a 14 días	10	55.5%
Más de 14 días	1	5.5%
<b>Total</b>	<b>18</b>	<b>100%</b>

Con un promedio de 8 días de estancia

Tabla 5: Distribución de acuerdo a clasificación de Marshall

Tipo (Hallazgos tomográficos)	Frecuencia	Porcentaje
Marshall I	3	16.6%
Marshall II	9	50%
Marshall III	5	27.7%
Marshall IV	1	5.5%
<b>Total</b>	<b>18</b>	<b>100%</b>

La mayor frecuencia en la clasificación de escala de Marshall fue de II con un 50%

Tabla 6: Distribución de acuerdo a clasificación de Fisher

Tipo (Hallazgos tomográficos)	Frecuencia	Porcentaje
Fisher I	10	55.5%
Fisher II	7	38.8%
Fisher IV	1	5.5%
<b>Total</b>	<b>18</b>	<b>100%</b>

La mayor frecuencia en las escala de Fisher fue Fisher I sin evidencia de hemorragia con un 55.5%.

Tabla 7: Distribución de acuerdo a diagnóstico

Diagnóstico	Frecuencia	Porcentaje
TCE moderado	1	5.5%
TCE severo	7	38.8%
Policontundido	6	33.3%
Encefalitis	1	5.5%
Neuroinfección	2	11.1%
Tumor de Fosa Posterior	1	5.5%
<b>Total</b>	<b>18</b>	<b>100%</b>

La tabla 7 representa la etiología en donde observamos que la causa que tuvo mayor incidencia fue el Traumatismo Craneoencefálico Severo en 7 pacientes (38.8%).

Tabla 8: Distribución de acuerdo a mortalidad

Mortalidad	Frecuencia	Porcentaje
Vivo	16	88.8%
Muerto	2	11.1%
<b>Total</b>	<b>18</b>	<b>100%</b>

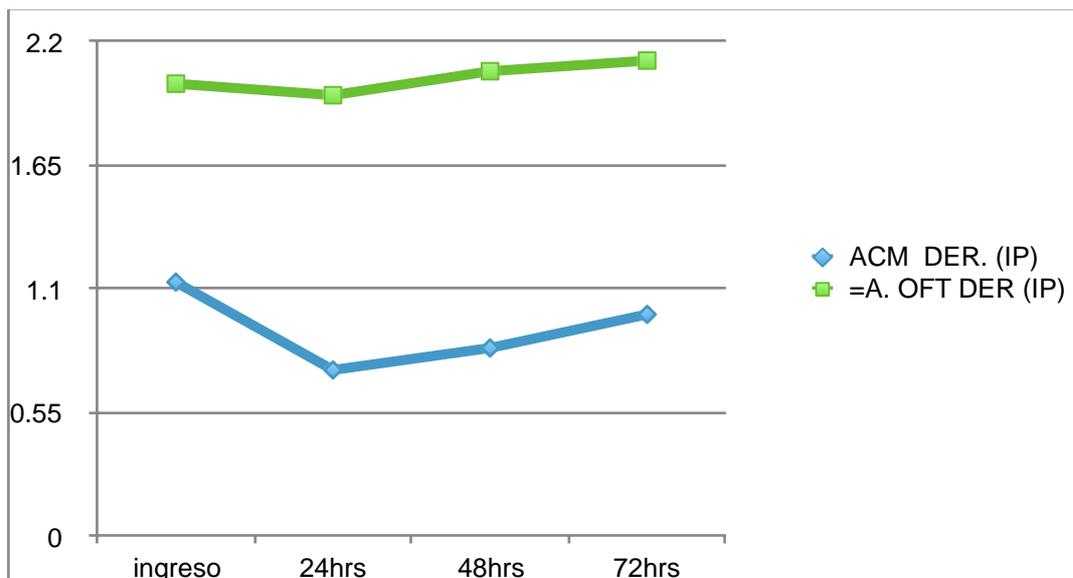
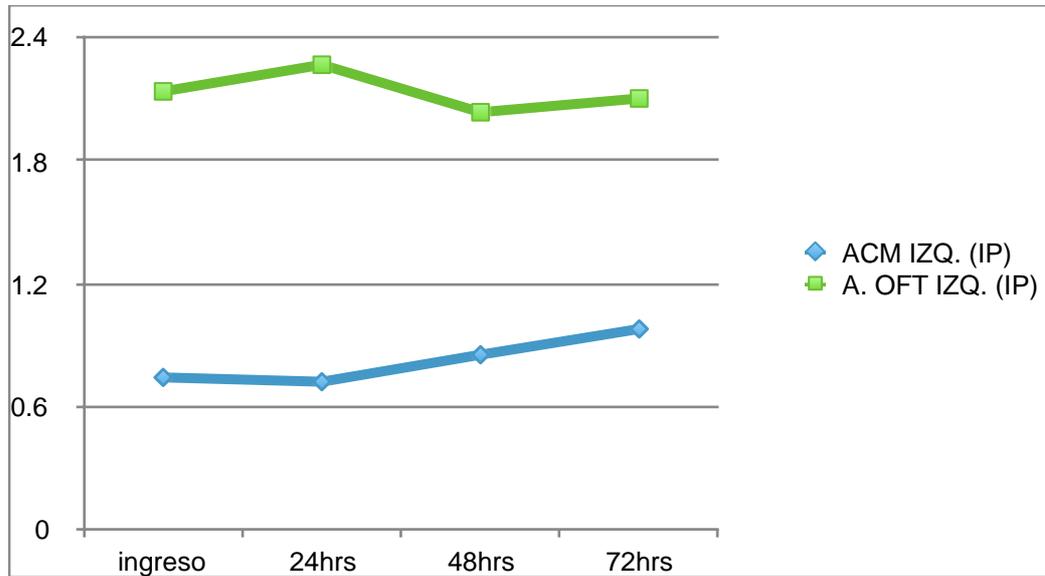
El número de defunción fue de 2 (11.1%) de estos pacientes 1 tenían HIC (Hipertensión intracraneana) que lo llevo a choque neurogénico; uno de ellos además presento síndrome neuroendocrino (perdedor de sal). De estos pacientes 1 falleció en las primeras 72hrs de haber ingresado a la UCIP presentando clasificación de Marshall III (3) y Fisher II (2) y un paciente con clasificación de Fisher IV. Por lo que su muerte fue relacionada con la gravedad de sus lesiones a su ingreso.

Tabla 9: Comparación de arteria cerebral media y arteria oftálmica al ingreso.

AL INGRESO	INDICE DE PULSATIBILIDAD (IP)	P
ARTERIA CEREBRAL MEDIA DERECHA	1.13	0.05
ARTERIA CEREBRAL MEDIA IZQUIERDA	0.74	0.05
ARTERIA OFTALMICA DERECHA	2.01	0.05
ARTERIA OFTALMICA IZQUIERDA	2.14	0.05

Al comparar el índice de pulsabilidad (IP) al ingreso entre la arteria cerebral media y la arteria oftálmica se encontró diferencia significativa por alteración temprana en la arteria oftálmica y en los tiempos posteriores que se estudiaron, no hubo diferencia.

Tabla 10 y 11: Índice de pulsatilidad de la arteria cerebral media y arteria



oftálmica.

Al comparar la medición del índice de pulsatilidad entre ambas arterias, en las dos estuvieron altas desde su ingreso, siendo mayor en la arteria oftálmica y manteniéndose elevada en todos los tiempos estudiados. La arteria cerebral media mostró un ascenso a partir de las 24hrs y se mantuvo hasta las 72hrs.

Tabla 12 y 13: Velocidades de flujo de la arteria cerebral media y arteria oftálmica.

	<b>ACM VEL. DE FLUJO DER.</b>	<b>ACM VEL. FLUJO IZQ.</b>	<b>INCREMENTO PORCENTUAL DE ACM DE VEL . DER (62)</b>	<b>INCREMENTO PORCENTUAL DE ACM DE VEL . IZQ (62)</b>
INGRESO	100.36	79.03	1.62	1.27
24 HRS	85.64	85.41	1.38	1.38
48 HRS	74.04	80.69	1.19	1.30
72 HRS	87.46	65.01	1.41	1.05
PROMEDIO	86.87	77.53	1.40	1.25

	<b>OFT VEL DE FUJO DER</b>	<b>OFT VEL DE FLUJO IZQ</b>	<b>INCREMENTO PORCENTUAL DE OFT DE VEL. DER (26)</b>	<b>INCREMENTO PORCENTUAL DE OFT DE VEL. IZQ (26)</b>
INGRESO	40.94	40.67	1.57	1.56
24 HRS	31.87	30.89	1.23	1.19
48 HRS	23.24	25.72	0.89	0.99
72 HRS	33.82	27.61	1.30	1.06
PROMEDIO	32.47	31.22	1.25	1.20

Al analizar la velocidad del flujo de ambas arterias en las dos se encontraron elevadas y se mantuvieron en el tiempo de estudio.

## XV. DISCUSIÓN

De acuerdo a la bibliografía revisada el estudio de doppler transcraneal ha sido mayormente estudiado en adultos que en niños siendo una de las diferencias más importantes referidas en la literatura.

Al analizar la velocidad del flujo comparativo entre la arteria cerebral media (ACM) y la arteria oftálmica (AO) para la determinación de la alteración que se presenta de manera temprana en esta última, se encontraron elevados ambos flujos y se mantuvieron durante todo el tiempo de estudio. Al comparar la medición del índice de pulsatilidad entre ambas arterias (ACM y AO), en las dos estuvieron altas desde su ingreso, siendo mayor en la arteria oftálmica y manteniéndose elevada en todos los tiempos estudiados. La arteria cerebral media mostró un ascenso hasta después de las 24hrs y se mantuvo hasta las 72hrs.

Al comparar el índice de pulsatilidad (IP) al ingreso entre la arteria cerebral media y la arteria oftálmica se encontró diferencia significativa por alteración temprana en la arteria oftálmica siendo estadísticamente significativa con una P de 0.05 y en los tiempos posteriores que se estudiaron (24hrs, 48hrs y 72hrs ) no hubo diferencia significativa.

La mortalidad final de nuestro estudio fue menor a la reportada por otros autores aun considerando que la mitad de los pacientes presentaban tipos graves de la clasificación de Marshall y Fisher los cuales se asociaron con mayor mortalidad y se reporta en nuestros resultados en las primeras 72hrs de estancia en la UCIP, por lo que un desenlace fatal se relacionó más con la gravedad del traumatismo inicial.

En cuanto a la mortalidad de estos sujetos, al realizar análisis multivariado para determinar si hubo diferencias en el número de acuerdo a la edad, género y días de estancia intrahospitalaria, no observamos ninguna con valor estadísticamente significativo. Tampoco se encontró correlación estadísticamente significativa entre la edad, género, días de estancia intrahospitalaria con respecto al periodo de evaluación.

## **XVI. CONCLUSIONES**

La medición de la velocidad de flujo de la arteria oftálmica así como de sus índices (IP) con doppler transcraneal en nuestro estudio demostró ser la que se altera de manera más temprana con una P estadísticamente significativa al ingreso del paciente en la unidad de cuidados intensivos, en comparación con otras arterias como lo es la cerebral media que se altera hasta después de 24hrs del ingreso. Por desgracia, esta línea de investigación no ha sido reportada o discutida en todo el mundo en adultos, mucho menos en pacientes pediátricos, siendo necesarios estudios con significancia estadística para poder concluir la alteración temprana de la arteria oftálmica en pacientes con lesión neurológica severa, ofreciendo tratamiento oportuno y disminuir lesiones neurológicas secundarias.

## XVII. ANEXOS

### XVII.I VARIABLES

VARIABLE	MEDICION	TIPO DE VARIABLE	CODIGOS
EDAD	Tiempo transcurrido en años desde el nacimiento	Cuantitativa	
SEXO	Condicion organica que distingue género masculino del femenino	Cualitativo Dicotómica	Masculino Femenino
DIAGNÓSTICO	Tipo de diagnostico	Nominal categórica	Hematoma epidural Hematoma subdural Edema cerebral Hemorragia subaracnoidea Encefalitis Accidente vascular isquémico Estatus epileptico Encefalopatía
MORTALIDAD	Vivo/ muerto	Dicotómica	Muerto Vivo

## XVII.II CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES GRAFICA DE GANTT

	OCTUBRE 2017	ENERO 2018	NOVIEMBRE 2017 A JUNIO 2018	AGOSTO 2018
Revisión bibliográfica				
Presentación de protocolo				
Aceptación del protocolo				
Recolección de datos				
Presentación de avances				
Análisis de datos				
Presentación de resultados				
Elaboración del documento final				

**XVII.III Hoja de recolección de datos.**

Nombre\_\_\_\_\_ Edad\_\_\_\_\_ Meses\_\_\_\_\_ Sexo M  
F

Fecha de ingreso\_\_\_\_\_ Expediente\_\_\_\_\_

Fecha de egreso\_\_\_\_\_

Diagnóstico de ingreso a la Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos del  
HNP\_\_\_\_\_

Medición de la velocidad de flujo de la arteria oftálmica derecha al  
ingreso\_\_\_\_\_ 24hrs\_\_\_\_\_ 48hrs\_\_\_\_\_ y 72hrs\_\_\_\_\_

Medición de la velocidad de flujo de la arteria oftálmica izquierda al  
ingreso\_\_\_\_\_ 24hrs\_\_\_\_\_ 48hrs\_\_\_\_\_ y 72hrs\_\_\_\_\_

Medición de el índice de pulsatilidad de la arteria oftálmica derecha al  
ingreso\_\_\_\_\_ 24hrs\_\_\_\_\_ 48hrs\_\_\_\_\_ y 72hrs\_\_\_\_\_

Medición de el índice de pulsatilidad de la arteria oftálmica izquierda al  
ingreso\_\_\_\_\_ 24hrs\_\_\_\_\_ 48hrs\_\_\_\_\_ y 72hrs\_\_\_\_\_

Medición de la velocidad de flujo de la arteria cerebral media derecha al  
ingreso\_\_\_\_\_ 24hrs\_\_\_\_\_ 48hrs\_\_\_\_\_ y 72hrs\_\_\_\_\_

Medición de la velocidad de flujo de la arteria cerebral media izquierda al  
ingreso\_\_\_\_\_ 24hrs\_\_\_\_\_ 48hrs\_\_\_\_\_ y 72hrs\_\_\_\_\_

Medición de el índce de pulsatilidad de la arteria cerebral media derecha al  
ingreso\_\_\_\_\_ 24hrs\_\_\_\_\_ 48hrs\_\_\_\_\_ y 72hrs\_\_\_\_\_

Medición de el índice de pulsatilidad de la arteria cerebral media izquierda al  
ingreso\_\_\_\_\_ 24hrs\_\_\_\_\_ 48hrs\_\_\_\_\_ y 72hrs\_\_\_\_\_

Desenlace    Vivo            Muerto

## **XVIII. BIBLIOGRAFIA**

- 1.- Scherle M. C., Ultrasonido doppler transcraneal, Manual de prácticas médicas, Madrid España: Ediciones Aula medica 2000; 68: 1-14.
- 2.- Ayuela Azcárate JM., Clau- Terré F., Vicho Pereira R., et al., Documento de consenso para la formación en ecografía en Medicina Intensiva. Proceso asistencial, uso de la técnica y adquisición de competencias profesionales, Medicina Intensiva 2014; 38 (1): 33-40.
- 3.- Peñata- Ruiz N., Anales de Radiología México 2013; 2: 70-73.
- 4.- Kostin A., Doppler transcraneal en cuidados intensivos neurológicos, Revista mexicana de anestesiología; 38 (3): S427-S429.
- 5.- Becky J. Riggs, MD., Joanna S. Cohen., Bhavana Shivakumar, MPH., et al., Doppler ultrasonography of the central retinal vessels in children whit brain death, Neurocritical Care; March 2017; 18 (3): 258-264.
- 6.- Bertrand Prunet MD., Yves Asencio MD., Guillaume Lacroix MD., et al., Noninvasive detection of elevated intracranial pressure using a portable ultrasound system, American Journal o Emergency Medicine 2012; 30: 936-941.
- 7.- Abadal J.M., Llompарт-Pou J.A., Homar J., Pérez-Bárcena J. e IBÁÑEZ J., Aplicaciones del dúplex transcraneal codificado en color en la monitorización del enfermo neurocrítico, Servicio de medicina intensiva 2007; 31 (9) 510-7.
- 8.- Lia Ma MD., Joan S. Roberts MD., Catherine Pihoker, MD., et al., Transcranial Doppler-Based assessment of cerebral autoregulation in critically ill children during diabetic ketoacidosis treatment, Neurocritical Care; October 2014; 15 (8): 742-749.
- 9.- Rodríguez García PL., Rodríguez Pupo LR y Rodríguez García D., Diagnostico de la isquemia cerebral tardía y el vasoespasm cerebral en la hemorragia subaracnoidea, Neurología 2010; 25 (5): 322-330.
- 10.- Fernández DJ., Martínez SP., García RR., et al., El eco- doppler color transcraneal en el estudio vascular cerebral, Neurología Argentina 2012; 4 (3): 132-143.
- 11.- Johan Bellner, MD., Bertil Romner, MD., Peter Rainstrup, MD., et al., Transcranial Doppler sonography pulsatility index (PI) Reflects intracranial pressure (ICP), Surg Neurol 2004; 62: 45-51.
- 12.- Barrera- Fuentes M., Monitoreo transcraneal de la saturación de oxígeno cerebral en cirugía cardíaca. ¿Es útil?, Monitorización y anestesia, Abril- Junio 2012; 35 (1): S22-S23.
- 13.- Deseano- Estudillo JL., Castañón- González JA., Carbajal- Ramírez A., et al., Espectro de velocidad del flujo sanguíneo cerebral por ultrasonido Doppler transcraneal

en pacientes con criterios clínicos de muerte cerebral, Gaceta Médica Mexicana 2003; 138 (6): 535-538.

14. Reyes SG., Mendizábal GR., Acosta GR., et al., Vasoespasmo cerebral posterior a hemorragia subaracnoidea aneurismática: Métodos diagnósticos y escalas de valoración, Revista Hospital Juárez de México 2008; 75 (3): 206-212.

15.- Varela HA., Vega BS., Herrera LO., et al., Vasoespasmo cerebral. Un reto para la medicina moderna, Revista Medica Neurocirugía 2005; 6 (6): 491-499.

16.- Mimenza- Alvarado A., Sánchez- Hernández JJ., Cantú- Brito C., García- Perales C., Detección de paro circulatorio cerebral mediante Doppler transcraneal. Implicaciones en la confirmación de la muerte cerebral, Revista Mexicana de Neurociencia; Julio- Agosto 2010; 11 (4): 311-316.

17.- Valderrama Flores JA., Zárate MA., Hernández SM., et al., Utilidad del ultrasonido Doppler en el tratamiento quirúrgico de los aneurismas cerebrales, Revista de especialidades Médico- Quirúrgicas; Octubre- Diciembre 2010; 15 (4): 189-195.

18.- Gregory Telman, MD., Olga Namestnikov, MD., Efim Kouperberg MD., et al., Ischemic middle cerebral artery stroke missing the tissue plasminogen activator time window: Transcranial Doppler evaluation, Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases; Noviembre- Diciembre 2008; 17 (6): 366-369.

19.- Anthony A. Figaji, MD., Eugene Zwane., A. Graham Fieggen., et al., Transcranial Doppler pulsatility index is not a reliable indicator of intracranial pressure in children with severe traumatic brain injury, Surgical Neurology 2009; 72: 389- 394.

20.- Neira P., Monteverde E., Moreno E., Doppler Transcraneal en pacientes pediátricos críticamente enfermos, Revista Hospital Niño B. Aires; Marzo 2008; 50: 226.