

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE MEDICINA



“Relación del flujo de la arteria oftálmica y diámetro de la vaina del nervio óptico para monitoreo de pacientes neurocríticos”

Presenta

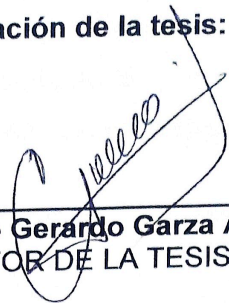
DRA. ALEJANDRA VIRIDIANA ZAVALA VALDES

Como requisito parcial para obtener el grado de
MÉDICO SUBESPECIALISTA EN MEDICINA CRÍTICA PEDIÁTRICA

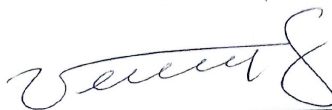
Diciembre 2023

Aprobación de la tesis:

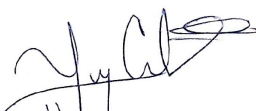
Aprobación de la tesis:



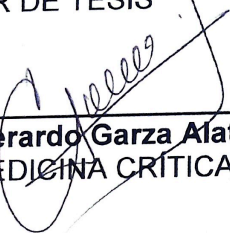
Dr. Med. Arturo Gerardo Garza Alatorre
DIRECTOR DE LA TESIS



Dra. Verónica Rodríguez Martínez
ASESOR DE TESIS



Dra. Yanyn Ameyaly Cabrera Antonio
ASESOR DE TESIS



Dr. Med. Arturo Gerardo Garza Alatorre
JEFE DEL SERVICIO DE MEDICINA CRÍTICA PEDIÁTRICA



Dr. Manuel Enrique de la O Cavazos
JEFE DEL SERVICIO DE PEDIATRÍA



Dr. Med. Felipe Arturo Morales Martínez
SUBDIRECTOR DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Dedicatoria

A mi familia y amigos por apoyarme en todo el transcurso de mi carrera y creer en mi.

A mi padre, que a pesar de no poder vivir este logro conmigo, siempre me apoyó y dio todo por mi educación.

Agradecimientos:

A mi madre, por siempre apoyarme, aconsejarme y darme su amor.

A mi padre, por siempre confiar en mí, sentirse orgulloso de mis logros y hacerme creer en mi misma.

A mi hermana, Viridiana, por hacer todo el proceso más llevadero para mi y ser una inspiración por su fortaleza y perseverancia.

A mis mascotas por darme momentos de tranquilidad para poder seguir adelante.

A mis profesores el Dr. Arturo Garza, la Dra. Verónica Rodríguez y la Dra. Yanyn Cabrera, quienes además de enseñarme sobre el mundo de la medicina crítica pediátrica, me han enseñado mucho más sobre la vida y lo que es ser un buen médico

Índice

Resumen	6
Introducción.....	7
Antecedentes.....	7
Presión intracraneal.....	7
Arteria oftálmica	8
Ultrasonido Doppler	8
Vainas del nervio óptico.....	9
Planteamiento del problema	10
Justificación	10
Pregunta de investigación:.....	11
Hipótesis	11
Hipótesis nula	11
Objetivo general	11
Objetivos específicos	12
Material y métodos.....	12
Criterios de inclusión	12
Criterios de exclusión.....	13
Metodología	13
Variables:	14
Análisis estadístico:.....	15
Resultados:	16
Discusión:.....	20
Conclusión:	22
Bibliografía.....	22

Resumen

Introducción: La hipertensión intracraneal es una variable que puede modificar el flujo sanguíneo cerebral y comprometer la irrigación, afectando la entrega de oxígeno y nutrientes al cerebro, hay métodos directos de medir la presión intracraneal, sin embargo son costosos, invasivos y riesgosos, además de que algunos pacientes no se encuentran en condiciones de someterse a este procedimiento, sin embargo en pacientes neurocríticos sería una variable importante de monitorizar como cualquier otro signo vital; para esto existen métodos no invasivos para estimar presión intracraneal como lo es la vaina del nervio óptico, que está recubierta por una prolongación de meninges por lo cual puede estimar una presión intracraneal aumentada; otro método indirecto son índices de flujo de arteria oftálmica, los cuales hablan de la perfusión cerebral que podría estar comprometida al existir hipertensión intracraneal. Estos métodos de monitoreo podrían mejorar el pronóstico funcional y disminuir mortalidad, así como disminuir días de sedación, estancia hospitalaria y días de ventilación mecánica. Es un método de fácil alcance, no invasivo, menos riesgoso y menos costoso para seguimiento de monitorización neurológica.

Objetivo: Determinar relación entre los cambios en los índices de flujo de la arteria oftálmica se relacionan con el diámetro de la vaina del nervio óptico en pacientes neurocríticos

Métodos: Es un estudio observacional prospectivo, longitudinal, descriptivo, no experimental. Se admitirán pacientes que se ingresaron al servicio de UTIP Hospital Universitario “José Eleuterio González” de la ciudad de Monterrey, Nuevo León. Se incluirán los pacientes mayores de 30 días y hasta los 16 años de edad, neurocríticos, a los que se les medirá vaina del nervio óptico y flujo de arteria oftálmica al ingreso, a las 24 horas, a las 48 horas y a las 72 horas, siempre y cuando el paciente permanezca sedado, mientras permanezca en nuestro hospital o no fallezca. Se hará una correlación entre los índices de flujo de arteria oftálmica y el diámetro de vaina de nervio óptico.

Palabras clave: diámetro de vaina del nervio óptico, hipertensión intracraneal, flujo de arteria oftálmica, índice de pulsatilidad, índice de resistencia.

Introducción

La presión intracraneal (PIC) es una variable fisiológica que cuando se encuentra en rangos normales permite un flujo continuo de sangre y con esto adecuado transporte de oxígeno y nutrientes al tejido cerebral, cuando el valor de la presión intracraneal supera el rango normal da lugar a hipertensión intracraneal (HIC), esto se asocia a disminución de irrigación y por lo tanto una inadecuada entrega de nutrientes y oxígeno al tejido cerebral.

De aquí surge la importancia de obtener métodos de monitoreo de la presión intracraneal que no sean invasivos, para evitar los riesgos y trauma de los métodos invasivos.

En este trabajo se busca hacer una relación de la medición de vainas del nervio óptico que conocemos como indicador de aumento de la presión intracraneal y del flujo de la arteria oftálmica, que se ha usado como medida indirecta de la perfusión cerebral.

Antecedentes

Presión intracraneal

La PIC es un indicador del estado hemodinámico del cerebro y un incremento en esta se asocia a HIC, la cual evoluciona de la siguiente manera: cefalea intensa, vómito, borramiento de bordes papilares, congestión venosa y hemorragia peripapilar, edema de papila, alteración del estado neurológico, disminución de presión de perfusión cerebral (PPC), reducción de flujo sanguíneo cerebral (FSC), herniación cerebral, alteración de pupila, alteración hemodinámica y respiratoria, en ese orden.(1–3)

La relación entre LCR, sangre y tejido cerebral se modifican para mantener una presión constante y permitir adecuado flujo sanguíneo. Los rangos de PIC se encuentran en adultos entre 10-20 mmHg, en niños de 3-7 mmHg y en neonatos de 1,5 a 6 mmHg. Si los volúmenes de alguno de los componentes se altera, la PIC se modifica produciendo HIC. (2)

Hay métodos invasivos y no invasivos para determinar la PIC, siendo el estándar de oro el método invasivo, sin embargo con el método no invasivo se puede determinar PIC sin necesidad de procedimiento quirúrgico, reduciendo riesgos.(1,2,4)

Arteria oftálmica

Es rama de la carótida interna, se sitúa de manera intracraneal sobre la cara inferolateral (externa) del nervio óptico) al entrar en la órbita cambia de dirección hacia arriba, medial y delante, cruzando la cara superior del nervio óptico.(4)

Esta arteria tiene similitudes embriológicas, anatómicas y funcionales con las arterias del SNC por lo que permite mediante Doppler inferir índice de pulsatilidad (IP) e índice de resistencia (IR), velocidad pico sistólica (PVS) y velocidad pico diastólica (PVD), de esta manera indirecta ver el comportamiento hemodinámico de arterias centrales intracraneanas.(3,4)

De igual manera se ha observado similitud de morfología de onda entre las arterias cerebrales que conforman polígono de Willis y entre arterias oftálmicas y de la retina, por lo que puede dar una idea de flujos hiperémicos, vasoespasmo o parada circulatoria cerebral.(5,6)

Ultrasonido Doppler

Los eritrocitos se alejan o acercan al transductor a una determinada velocidad, reflejándose en diferentes amplitud y frecuencia de onda diferentes de la emitida por el transductor, esto se puede ver en forma de un espectro, color o forma audible.(7,8)

La observación de espectros con alto índice de pulsatilidad (diferencia entre velocidad sistólica y diastólica, dividida por la velocidad media) permite sospechar

la presencia de PIC aumentada (arriba de 20 mmHg). Esta técnica sirve para monitorización neurológica de paciente crítico(1,4,9)

Mientras mayores sean los índices obtenidos, mayor es la resistencia distal al que enfrenta el segmento vascular estudiado.(7,9)

Índice de resistencia: Es la resistencia al flujo arterial originado por el lecho microvascular distal al sitio de la medición, el valor máximo que puede alcanzarse es 1. Es la diferencia de la velocidad sistólica máxima menos la velocidad diastólica final, entre la velocidad media. Si la resistencia es alta, la diferencia entre sistólica y diastólica será mayor.(7,9)

Índice de pulsatilidad: Evalúa la relación entre el funcionamiento cardiaco y la resistencia periférica. Depende de: la región en la que se evalúe, el gasto cardiaco, resistencia periférica, estenosis o insuficiencia calcular, estenosis arterial, frecuencia cardiaca. Este disminuye mientras más distal sea.(7,9)

Valores normales en población mexicana medidos en arteria oftálmica (AO) (7)

	Media	Mediana	DE	P 5	P 95	Límite inferior	Límite superior	Prueba K-S	Significación asintótica
VSM en AO (cm/s ²), n = 308	33.101	31.632	8.812	21.47	50.83	15.72	55.60	0.095	< 0.001
VFD en AO (cm/s ²), n = 308	8.824	8.267	3.271	4.52	13.77	3.12	19.90	0.082	< 0.001
IR de AO, n = 308	0.734	0.741	0.067	0.626	0.837	0.55	0.86	0.052	0.046*

Vainas del nervio óptico

El nervio óptico es una prolongación del sistema nervioso central y está recubierto por meninges y líquido cefalorraquídeo (LCR).(10)

El líquido cefalorraquídeo es desplazado del espacio intracraneal a través de la vaina del nervio óptico cuando la presión intracraneal aumenta, provocando aumento del diámetro de la vaina del nervio óptico (DVNO), por lo que se convierte en una medida indirecta para estimación de hipertensión intracraneal. (10)

Los valores normales en menores de 4 años son vainas <4.5 mm, en mayores de 4 años el punto de corte son vainas <5 mm, por arriba de estos rangos se considera aumento de vainas del nervio óptico, estimándose con esto una presión intracraneal arriba de 20 mmHg (10)

DVNO (mm)	PIC (mm Hg)
3	8
4	14
5	20
6	25
7	31
9	37

Planteamiento del problema

En los pacientes neurocríticos (traumatismo, tumores, hemorragias, paros cardiorrespiratorios, shock con compromiso neurológico o hemodinámico importante, enfermedades cerebrovasculares, encefalopatías o estatus epilépticos) se monitorizan signos vitales pero difícilmente desde el inicio se monitoriza la presión intracraneal, por no contarse con métodos invasivos los cuales son complejos, riesgosos y traumáticos. Por este motivo es necesario buscar alternativas que permitan realizar mediciones no invasivas indirectas de la presión intracraneal.

Los parámetros de forma de onda (PW) son usados en arterias renales y hepáticas para predecir falla de trasplantes, sin embargo en arteria oftálmica ha servido para monitoreo de enfermedades cerebrovasculares.

Justificación

En nuestra terapia la mayor población son pacientes neurocríticos, no contamos con catéter de presión intracraneal, parte de la calidad de vida a futuro depende de la disminución de secuelas neurológicas, por lo que identificar tempranamente datos de HIC favorecerá el pronóstico de nuestro paciente.

Existen un sistema basado en la medición de la arteria media pero requiere adiestramiento, un equipo de ultrasonido de mayor capacidad que son difíciles de adquirir.

Por todo esto nuestra pregunta de investigación es la siguiente:

Pregunta de investigación:

¿Tiene relación la alteración de índices de flujo de la arteria oftálmica con el cambio en el diámetro de vaina del nervio óptico en pacientes neurocríticos?

Hipótesis

Los cambios en los índices de flujo de la arteria oftálmica se relacionan con el diámetro de la vaina del nervio óptico en pacientes neurocríticos.

Hipótesis nula

Los cambios en los índices de flujo de la arteria oftálmica no se relacionan con el diámetro de la vaina del nervio óptico en pacientes neurocríticos.

Objetivo general

Determinar relación entre los cambios en los índices de flujo de la arteria oftálmica se relacionan con el diámetro de la vaina del nervio óptico en pacientes neurocríticos.

Objetivos específicos

Medir en pacientes neurocríticos los índices de flujo de la arteria oftálmica y relacionarlos con el diámetro de la vaina del nervio óptico

Medir vaina de nervio óptico en pacientes neurocríticos

Correlacionar la medida de la vaina del nervio, de la arteria oftálmica, con los datos clínicos de hipertensión intracraneana

Material y métodos

Tipo de estudio: observacional prospectivo, longitudinal, descriptivo, no experimental

Universo de estudio: La población del estudio son los pacientes neurocríticos, que ingresen a la terapia intensiva pediátrica del Hospital Universitario “Dr. José Eleuterio González”, entre 1 mes-16 años que cumplan con los criterios de inclusión.

Periodo de estudio: Julio del 2023 a Enero del 2024

Tamaño de muestra: 35 pacientes

Criterios de inclusión

-Pacientes de 1 mes-16 años con padecimientos neurológicos (traumatismo craneoencefálico, tumores intracraneales, hemorragias intracraneales, paros cardiorrespiratorios, shock con compromiso neurológico o hemodinámico importante, enfermedades cerebrovasculares, encefalopatías o estatus epilépticos), hospitalizados en terapia intensiva pediátrica

- Pacientes a los que se pueda realizar medición del nervio de la vaina
- Pacientes neurocríticos con aumento de vaina del nervio óptico

Criterios de exclusión

- Pacientes con patología cardíaca
- Pacientes con alteración de la formación del cráneo y del cerebro
- Pacientes con craniectomía
- Pacientes con patología oftálmica que aumente presión ocular
- Pacientes neurocríticos sin hipertensión intracraneal
- Pacientes sin aumento de la vaina

Criterios de eliminación:

- Pacientes que se perdió seguimiento
- Pacientes trasladados a otras unidades
- Pacientes que fallecieron durante el estudio

Metodología

Procedimiento: Se realizará la medición de índices de flujo de arteria oftálmica y de vaina del nervio óptico a todos los pacientes de entre 30 días a 16 años de vida, ingresados y hospitalizados en el servicio de UTIP del Hospital Universitario “José Eleuterio González”. Se les pedirá a los pacientes o en su defecto a los padres del paciente un consentimiento verbal ya que es un procedimiento de rutina en pacientes neurocríticos que no representa riesgo para el paciente. Antes del procedimiento, se solicitará un consentimiento informado verbal a los padres o tutores de los pacientes, donde se les explicará de manera amplia y se despejarán

dudas sobre los estudios de ultrasonido que se realizarán. El ultrasonido se realizará con equipo Chison Sonolife Q9. Se utilizará un transductor convexo por parte del equipo de investigación, en los pacientes que cumplan criterios de inclusión, del flujo de la arteria oftálmica y de la vaina del nervio óptico al ingreso, a las 24 horas, a las 48 horas y a las 72 horas, siempre y cuando el paciente permanezca bajo sedación o en el servicio de terapia intensiva pediátrica. Los pacientes estarán en posición supina, cabeza central, párpados cerrados, el transductor convexo se colocará por encima de los párpados superior e inferior hasta observar el globo ocular y por detrás de él la vaina del nervio óptico, al lado de la cual se observará la arteria oftálmica por medio del Doppler color. La prueba se realizará con modo B de ultrasonido, midiendo 3 mm desde el disco óptico, posteriormente una línea transversal que mida el diámetro del nervio óptico, posteriormente se activará Doppler color y se tomarán ondas pulsadas del flujo oftálmico, se medirá la velocidad máxima sistólica y mínima diastólica y se sacará por medio de las fórmulas ya mencionadas el índice de pulsatilidad y el índice de resistencia.

Variables:

- Edad del paciente
- Sexo
- Patología
- Medición de velocidad sistólica máxima
- Medición de velocidad diastólica mínima
- Índice de pulsatilidad
- Índice de resistencia
- Datos clínicos neurológicos
- Si cuenta con fontanela se tomará flujo de arteria cerebral media

Mecanismos de confidencialidad: Es un estudio de riesgo mínimo para los pacientes en la elaboración de este estudio, según el artículo 17°, fracción II del Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud. Se solicitará un consentimiento informado verbal a los padres o tutores de los pacientes para usar información del estudio realizado sin exponer el nombre del paciente, además se les explicará de manera amplia y se despejarán dudas sobre los estudios de ultrasonido que se realizarán. Al ser un estudio de rutina que se realiza en todos los pacientes neurocríticos para monitorización y toma de decisiones terapéuticas, no consideramos que se requiera consentimiento informado escrito.

El médico del estudio recabará y registrará información personal confidencial acerca de la salud y tratamiento del paciente. Para la protección de la confidencialidad de los sujetos vulnerables, esta información no contendrá el nombre completo ni el domicilio del paciente, pero podrá contener otra información tal como u edad. Toda esta información tiene como finalidad garantizar la integridad científica de la investigación. El nombre del paciente no será conocido fuera de la Institución al menos que lo requiera nuestra Ley. Los sujetos de investigación serán identificados por número de sujeto y la información clínica de los pacientes será resguardada bajo llave. Solo tendrán acceso a la base de datos los miembros del equipo de investigación.

Análisis estadístico:

ESTIMACIÓN DE LA MEDIA EN UNA POBLACIÓN			
$N = \frac{(Z\alpha)^2(\sigma)^2}{\delta^2}$			
		al cuadrado	
valor Z	1.96	3.8416	
sigma	0.3	0.09	n = 34.5744
valor d	0.1	0.01	

Se utilizó una fórmula de estimación de una media en una población infinita, con el objetivo primario de:

Esperando una media del índice de pulsatilidad y resistencia de 1.76 ± 0.3 , con una significancia bilateral del 5%, y un poder del 97.5%, se necesitan por lo mínimo 35 sujetos de estudio.

Los parámetros fueron establecidos con base en esta referencia: Iwashima, S., & Ishikawa, T. (2012). Ophthalmic artery Doppler waveform in the newborn. *Circulation journal : official journal of the Japanese Circulation Society*, 76(8), 2009–2014. <https://doi.org/10.1253/circj.cj-11-1252>

En la estadística descriptiva se reportarán frecuencias y porcentajes para variables categóricas. Para las variables numéricas se reportarán medidas de tendencia central y dispersión (media/mediana; desviación estándar/rango intercuartil).

En la estadística inferencial se evaluará la distribución de la muestra por medio de la prueba de Shapiro-Wilk

Se compararán variables categóricas por medio de la prueba de Chi cuadrado de Pearson o test exacto de Fisher. Para comparar variables numéricas en grupos independientes se utilizarán las pruebas de t-Student y/o U de Mann Whitney. Se utilizarán los coeficientes de correlación de Pearson y/o Spearman para determinar el grado de asociación entre variables numéricas

Se considerará un valor de $p < 0.05$ y un intervalo de confianza al 95% como estadísticamente significativo. Se utilizará el paquete estadístico SPSS versión 25.

Resultados:

Se incluyeron 47 pacientes de los cuales fueron 31 masculinos (66%) y 16 femeninos (34%) de los cuales 32 (68%) no tenían fontanela y 15 si tenían fontanela (32%); de estos se retiró sedación al ingreso en 1 paciente (2%), antes de las 24

horas en 8 pacientes (17%), a las 24 horas en 18 pacientes (38%) a las 48 horas en 5 pacientes (11%), a las 72 horas en 10 pacientes (21%).

Respecto a la mediana de edad fue de 72 meses (RIC 6-144 meses) y la mediana en peso fue de 18.5 kg (RIC 6.5-45 kg).

En cuanto al diámetro de la vaina del nervio óptico del ojo derecho la media al ingreso fue de 0.43 ± 0.07 cm, a las 24 horas de 0.44 ± 0.1 , a las 48 horas de 0.46 ± 0.09 y a las 72 horas de 0.45 ± 0.09 .

De igual manera la presión sistólica de la arteria oftálmica en ojo derecho resultó con una mediana al ingreso de 21.2 mmHg (RIC 17.72-28.44 mmHg), a las 24 horas de 23.21 mmHg (RIC 16.72-34.40 mmHg), a las 48 horas 24.82 mmHg (RIC 17.09-35.95 mmHg), a las 72 horas 19.41 mmHg (RIC 15.46-28.84 mmHg).

La presión diastólica de la arteria oftálmica en ojo derecho dio como resultado una mediana al ingreso de 5.08 mmHg (RIC 3.22-7.36 mmHg), a las 24 horas de 5.45 mmHg (RIC 3.46-8.89 mmHg), a las 48 horas 5.77 mmHg (RIC 3.64-8.81 mmHg), a las 72 horas 4.01 mmHg (RIC 2.93-8.69 mmHg).

La resistencia de la arteria oftálmica en ojo derecho tuvo una mediana al ingreso de 0.79 mmHg (RIC 0.73-0.83 mmHg), a las 24 horas de 0.80 mmHg (RIC 0.71-0.84 mmHg), a las 48 horas 0.77 mmHg (RIC 0.69-0.80 mmHg), a las 72 horas 0.80 mmHg (RIC 0.74-0.83 mmHg).

La pulsatilidad de la arteria oftálmica en ojo derecho dio como resultado una mediana al ingreso de 1.65 mmHg (RIC 1.42-1.86 mmHg), a las 24 horas una media de 1.61 ± 0.39 mmHg, a las 48 horas una mediana de 1.57 mmHg (RIC 1.29-1.74 mmHg), a las 72 horas 1.71 mmHg (RIC 1.45-1.84 mmHg).

Con estas medidas del ojo derecho se hicieron estimaciones indirectas de la presión intracraneal con la fórmula $PIC = (IP \times 10.2) - 1.28$, las cuales resultaron con una mediana al ingreso de 15.60 mmHg (RIC 13.24-17.69 mmHg), una media a las 24 horas de 15.11 ± 3.95 mmHg, una mediana a las 48 horas de 14.78 mmHg (RIC 11.87-16.44 mmHg), a las 72 horas de 16.13 mmHg (RIC 13.5-17.44 mmHg).

En cuanto al diámetro de la vaina del nervio óptico del ojo izquierdo la media al ingreso fue de 0.43 ± 0.07 cm, a las 24 horas de 0.45 ± 0.1 , a las 48 horas de 0.46 ± 0.1 y a las 72 horas de 0.44 ± 0.08 .

De igual manera la presión sistólica de la arteria oftálmica en ojo izquierdo resultó con una mediana al ingreso de 21.02 mmHg (RIC 15.70-31.74 mmHg), a las 24 horas de 23.77 mmHg (RIC 15.41-32.52 mmHg), a las 48 horas una media de 30.41 ± 14.75 mmHg, a las 72 horas una media de 26.93 ± 18.17 mmHg.

La presión diastólica de la arteria oftálmica en ojo izquierdo dio como resultado una mediana al ingreso de 4.87 mmHg (RIC 2.96-6.72 mmHg), a las 24 horas de 5.86 mmHg (RIC 5.60-9.52 mmHg), a las 48 horas 6.77 mmHg (RIC 4.03-10.17 mmHg), a las 72 horas una media de 7.67 ± 4.63 mmHg.

La resistencia de la arteria oftálmica en ojo izquierdo tuvo una media al ingreso de 0.78 ± 0.11 mmHg, a las 24 horas una mediana de 0.75 mmHg (RIC 0.70-0.82 mmHg), a las 48 horas 0.76 mmHg (RIC 0.60-0.81 mmHg), a las 72 horas 0.74 mmHg (RIC 0.61-0.77 mmHg).

La pulsatilidad de la arteria oftálmica en ojo izquierdo dio como resultado una mediana al ingreso de 1.69 mmHg (RIC 1.43-1.90 mmHg), a las 24 horas de 1.52 mmHg (RIC 1.31-1.81 mmHg), a las 48 horas de 1.54 mmHg (RIC 1.01-1.77 mmHg), a las 72 horas una media de 1.26 ± 0.52 mmHg.

Con estas medidas del ojo izquierdo se hicieron estimaciones indirectas de la presión intracraneal con la fórmula $PIC = (IP \times 10.2) - 1.28$, las cuales resultaron con una mediana al ingreso de 15.92 mmHg (RIC 13.27-18.17 mmHg), una media a las 24 horas de 14.34 ± 4.05 mmHg, una mediana a las 48 horas de 14.77 mmHg (RIC 10.14-16.97 mmHg), a las 72 horas una media de 12.53 ± 4.03 mmHg.

Se evaluó la correlación entre el diámetro de la vaina del nervio óptico y el índice de resistencia del ojo derecho al ingreso ($r=0.07$, $p=0.64$), pulsatilidad ($r=0.7$, $p=0.64$) y presión intracraneal estimada ($r=0.7$, $p=0.64$)

Igualmente se evaluó correlación de diámetro de vaina de nervio óptico e índice de resistencia del ojo derecho a las 24 horas ($r=-0.1$, $p=0.55$), índice de pulsatilidad ($r=0.15$, $p=0.37$), con presión intracraneal estimada ($r=0.15$, $p=0.37$)

También se evaluó correlación de diámetro de vaina de nervio óptico e índice de resistencia del ojo derecho a las 48 horas ($r=-0.17$, $p=0.49$), índice de pulsatilidad ($r=-0.17$, $p=0.49$), con presión intracraneal estimada ($r=-0.17$, $p=0.49$).

Por último se evaluó correlación de diámetro de vaina de nervio óptico e índice de resistencia del ojo derecho a las 72 horas ($r=-0.05$, $p=0.85$), índice de pulsatilidad ($r=-0.05$, $p=0.85$), con presión intracraneal estimada ($r=0.05$, $p=0.85$).

Por otro lado se evaluó la correlación entre el diámetro de la vaina del nervio óptico y el índice de resistencia del ojo izquierdo al ingreso ($r=0.08$, $p=0.61$), pulsatilidad ($r=0.6$, $p=0.68$) y presión intracraneal estimada ($r=0.6$, $p=0.68$)

Igualmente se evaluó correlación de diámetro de vaina de nervio óptico e índice de resistencia del ojo izquierdo a las 24 horas ($r=-0.05$, $p=0.80$), índice de pulsatilidad ($r=-0.5$, $p=0.8$), con presión intracraneal estimada ($r=0.12$, $p=0.5$)

También se evaluó correlación de diámetro de vaina de nervio óptico e índice de resistencia del ojo izquierdo a las 48 horas ($r=-0.05$, $p=0.81$), índice de pulsatilidad ($r=-0.05$, $p=0.81$), con presión intracraneal estimada ($r=-0.11$, $p=0.67$).

Por último se evaluó correlación de diámetro de vaina de nervio óptico e índice de resistencia del ojo izquierdo a las 72 horas ($r=-0.28$, $p=0.31$), índice de pulsatilidad ($r=-0.20$, $p=0.48$), con presión intracraneal estimada ($r=-0.16$, $p=0.60$).

En cuanto a la clínica con la que se presentó el padecimiento neurológico se distribuyó de la siguiente manera: deterioro en Glasgow 30 pacientes (63%), alteración pupilar 4 pacientes (9%), alteración en signos vitales 2 pacientes (4%), paro cardiorrespiratorio 4 pacientes (9%), muerte cerebral 1 paciente (2%), sin alteración clínica (procedentes de quirófano), 6 pacientes (13%). No se vio predominio de algún síntoma clínico sobre la alteración de flujos de arteria oftálmica o aumento de diámetro de vaina del nervio óptico.

Además, agrupándose por edades se encontraron cifras promedio entre ambos ojos al ingreso y a las 24 horas de:

Edad	DVNO ing.	DVNO 24 h	Sist. ing.	Diast. ing.	Sis 2 4 h	Dias 24 h	IR ing.	IR 24 h	IP ing.	IP 24 h	PIC ing.	PIC 24 h	ACM sis	ACM días	IR ACM	IP ACM	PIC ACM
1-6 m	0.38	0.37	24	25.5	4.3	5	0.82	0.8	1.83	1.77	17.4	16.81	25.99	6.64	0.74	1.48	13.86
7m-10a	0.43	0.43	21.4	24	3.54	4.78	0.81	0.78	1.86	1.70	17.78	16.13	17.41	5.79	0.66	1.2	10.96
10-16 a	0.48	0.47	30.8 2	27	6.43	6.53	0.78	0.74	1.65	1.51	15.6	14.19	-	-	-	-	-

Discusión:

En estudios previos en pacientes neurocríticos pediátricos se han usado métodos no invasivos para estimación de presión intracraneal, basándose estos en la medida del diámetro de la vaina del nervio óptico y del índice de pulsatilidad de arterias cerebrales, principalmente la cerebral media. De las arterias que forman parte del Polígono de Willis, ya hay rangos establecidos por edad de presión sistólica, diastólica y media, sin embargo no hay rangos establecidos para flujos de arteria oftálmica. (1,5,10)

Se ha visto que respecto a la morfología de las ondas, si coinciden las de arterias que forman parte del Polígono de Willis y arterias oftálmicas o retinianas, pudiéndose estimar patrones de hiperemia, vasoespasmo o hasta muerte encefálica, sin ser estos precisos respecto a cifras de velocidades de flujo, por lo que no son los ideales para guiar presión arterial media ideal para adecuada perfusión cerebral. (6)

Sin embargo hay diversos factores que pueden alterar los flujos de arteria oftálmica, manteniéndose conservados los flujos cerebrales, esto se explica por la presencia de menor resistencia en arterias cerebrales respecto a las oftálmicas, por ser más centrales y priorizarse el flujo central sobre el periférico en pacientes críticos. Así como hay otros factores extrínsecos a la vasculatura cerebral que pueden alterar los flujos oftálmicos como presiones oculares aumentadas.(1,7,11)

Por este motivo, como se puede ver en nuestro estudio, no se observa correlación entre el diámetro de la vaina del nervio óptico y el flujo de arterias oftálmicas,

además de que en los pacientes que aún tenían fontanela y se pudo hacer comparación de flujo de arteria cerebral media y arteria oftálmica, se observó una sobreestimación de presión intracraneal con el flujo de arteria oftálmica, esto por la explicación antes dada, no hay estudios previos al nuestro donde se definan medidas normales de velocidades de flujo de arteria oftálmica en pacientes pediátricos.(4,5,7)

En nuestro estudio pudimos encontrar algunos patrones respecto a la relación del índice de resistencia con la presión intracraneal estimada por índice de pulsatilidad de arteria oftálmica, observándose que pacientes con IR <8 mmHg tienen una PIC estimada en <15 mmHg, pacientes con IR entre 0.8-0.85 mmHg equivalen a una PIC entre 15 y 18 mmHg y pacientes con IR >0.85 mmHg con estimación de PIC >19 mmHg, Sin embargo como mencionamos anteriormente, esto puede ser una sobreestimación de presión intracraneal por mayores resistencias periféricas (arteria oftálmica). A diferencia de estudios previos, donde la medida de índice de pulsatilidad tiene más peso para estimar perfusión cerebral, en nuestro estudio esta medida no tuvo parámetros relevantes para poder definir si el paciente tuvo adecuada perfusión o no por el rango de índice de pulsatilidad. (normal <1.2 mmHg).(5,7)

Además en adolescentes con pequeños aumentos sobre lo normal de la PIC estimada por flujos de arteria oftálmica, se observó mayor aumento de diámetro de vaina del nervio óptico, comparado con lactantes, quienes podían tener mayor PIC estimada sin alteración de vaina del nervio óptico, esto pudiéndose explicar por las fontanelas o cráneos más adaptables a aumento de presión en lactantes comparado con adolescentes.(2,11)

En otros estudios donde se ha medido perfusión cerebral a través de flujos de arteria cerebral media, comparado con diámetro de vaina del nervio óptico, se ha observado que cuando hay aumento de vaina del nervio óptico, si hay repercusión en flujos cerebrales por aumento de presión intracraneal, sin embargo en nuestro estudio que se basa en medición de flujos de arteria oftálmica no se observó relación

con aumento de diámetro de vaina del nervio óptico, pudiéndose encontrar normal la vaina del nervio óptico y alterados los flujos oftálmicos.(1,4)

Conclusión:

Nuestro estudio no mostró correlación entre aumento de diámetro de vaina del nervio óptico y alteración de flujos de arteria oftálmica, por lo que el estudio no invasivo de elección para ver la adecuada irrigación cerebral al pie de cama del paciente, sigue siendo medir flujo de arteria cerebral media o arterias que conforman Polígono de Willis.

Sin embargo cuando no se cuente con personal experto para visualizar dichas arterias, puede ser de ayuda observar patrones de ondas de flujo de arteria oftálmica, dando una idea de patrones de hiperemia, vasoespasmos o parada circulatoria cerebral para mediar tratamientos urgentes, esto mientras personal experto logra medir flujos de arterias cerebrales.

Bibliografía.

1. Vázquez Martínez JL, Hernández Villarroel AC, Tejado Castillo M, Sánchez Porras M. Intracranial hypertension: Ultrasound measurement of the optic nerve sheath. *An Pediatr (Engl Ed)*. 2018 Nov 1;89(5):318–9.
2. Rodríguez-Boto G, Rivero-Garvía M, Gutiérrez-González R, Márquez-Rivas J. Conceptos básicos sobre la fisiopatología cerebral y la monitorización de la presión intracraneal. Vol. 30, *Neurología*. Spanish Society of Neurology; 2015. p. 16–22.
3. Riggs BJ, Cohen JS, Shivakumar B, Trimboli-Heidler C, Patregnani JT, Miller MM, et al. Doppler Ultrasonography of the Central Retinal Vessels in Children with Brain Death*. *Pediatric Critical Care Medicine*. 2017 Mar 1;18(3):258–64.
4. Lucinskas P, Deimantavicius M, Bartusis L, Zakelis R, Misiulis E, Dziugys A, et al. Human ophthalmic artery as a sensor for non-invasive intracranial pressure monitoring: numerical modeling and in vivo pilot study. *Sci Rep*. 2021 Dec 1;11(1).
5. Montero Yérboles R, Mayordomo Colunga J, Muñozerro Sesmero M, Mária Gómez Luque J, Rodríguez Campoy P, González Cortés R. PROTOCOLO DE NEUROECOGRAFÍA: ECOGRAFÍA DOPPLER TRANSCRANEAL, EVALUACIÓN DE LA DESVIACIÓN DE LÍNEA MEDIA, DIAMETRO

DE LA VAINA DEL NERVIO ÓPTICO Y EVALUACIÓN DE REFLEJOS PUPILARES REALIZADO REVISADO APROBADO FECHA FEBRERO 2020. España; 2023.

6. Riggs BJ, Cohen JS, Shivakumar B, Trimboli-Heidler C, Patregnani JT, Miller MM, et al. Doppler Ultrasonography of the Central Retinal Vessels in Children with Brain Death*. *Pediatric Critical Care Medicine*. 2017 Mar 1;18(3):258–64.
7. Verdugo-Unigarro AD, Tobar-Marcillo MA, Martín-Biasotti EF, Padilla-Pérez LA, Ortiz-Gallegos JE. Normal values of flow velocity and resistance index of the ophthalmic, the central retinal, and the short posterior ciliary arteries by color Doppler ultrasound in Mexican population. *Revista Mexicana de Oftalmología*. 2021;95(1):8–14.
8. Koskinen LOD, Malm J, Zakelis R, Bartusis L, Ragauskas A, Eklund A. Can intracranial pressure be measured non-invasively bedside using a two-depth Doppler-technique? *J Clin Monit Comput*. 2017 Apr 1;31(2):459–67.
9. Oviedo Guarino JC, Uribe Portilla Lizzy Kathelly. Eco doppler de la arteria oftálmica en pacientes con trastorno hipertensivo del embarazo. *Revista de Obstetricia y Ginecología Venezuela*. 2016;73(3):188–95.
10. Zamarrón López Eder Ivan, Pérez Nieto Orlando Rubén. Monitoreo de la presión intracraneal por medición de la vaina del nervio óptico en el área de urgencias. *Boletín Científico Independiente*. 2019;
11. Hamarat Y, Bartusis L, Deimantavicius M, Siaudvytyte L, Januleviciene I, Ragauskas A, et al. Graphical and statistical analyses of the oculocardiac reflex during a non-invasive intracranial pressure measurement. *PLoS One*. 2018 Apr 1;13(4).

RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO

Alejandra Viridiana Zavala Valdés

Candidata para el grado de:

Especialista en Medicina Crítica Pediátrica

Tesis:

“Relación del flujo de la arteria oftálmica y diámetro de la vaina del nervio óptico para monitoreo de pacientes neurocríticos”

Campo de estudio: Ciencias de la salud

Biografía:

Datos personales: Nacida en Morelia, Michoacán. Hija de Gerardo Zavala Gudiño y Blanca Estela Valdés Islas

Educación: Egresada de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, grado obtenido médico cirujano y partero en 2018.

Especialista en Pediatría por Universidad Nacional Autónoma de México, en el “Hospital Infantil del Estado de Sonora”, en 2022.