

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE AGUASCALIENTES

CENTENARIO HOSPITAL MIGUEL HIDALGO

**CORRELACION DE LA MEDICIÓN DE PRESIÓN
INTRACRANEANA (PIC) POR METODO NO INVASIVO
(DVNO-ULTRASONOGRAFICO) E INVASIVO
(PARENQUIMAL) EN PACIENTE PEDIÁTRICO
NEUROCRÍTICO AGUDO DEL CENTENARIO HOSPITAL
MIGUEL HIDALGO**

TESIS

PRESENTADA POR : MUNGUIA CHAVEZ SERGIO ERIK

PARA OBTENER EL GRADO DE ESPECIALISTA EN
MEDICINA DEL ENFERMO PEDIATRICO EN ESTADO CRÍTICO

COMITÉ TUTORIAL

DR. JESUS ALONSO GAONA ESPEJO

DR. DEYSI GUADALUPE HERNANDEZ ORTIZ

DR. JUAN MANUEL MÁRQUEZ ROMERO

AGUASCALIENTES, AGS., FEBRERO 2026

CARTAS DE ACEPTACIÓN



DICTAMEN DE LIBERACIÓN ACADÉMICA PARA INICIAR LOS TRÁMITES DEL EXAMEN DE GRADO - ESPECIALIDADES MÉDICAS



Fecha de dictaminación dd/mm/aa: **03/02/2026**

NOMBRE: MUNGUÍA CHAVEZ SERGIO ERIK **ID** 548361
ESPECIALIDAD: ESPECIALIDAD EN MEDICINA DEL ENFERMO PEDIATRICO EN ESTADO CRITICO LGAC (del posgrado): CUIDADOS NEUROINTENSIVOS PEDIATRICOS
TIPO DE TRABAJO: ☒ Tesis ☐ Trabajo práctico
SEDE HOSPITALARIA: CENTENARIO HOSPITAL MIGUEL HIDALGO
TÍTULO: CORRELACION DE LA MEDICION DE PRESION INTRACRANEANA (PIC) POR METODO NO INVASIVO (DVNO-ULTRASONOGRAFICO) E INVASIVO (PARENQUIMAL) EN PACIENTE PEDIATRICO NEUROCITICO AGUDO DEL CENTENARIO HOSPITAL MIGUEL HIDALGO

IMPACTO SOCIAL (señalar el impacto logrado):
LA MEDIDA DEL DIAMETRO DE LA VAINA DEL NERVIÓ OPTICO POR ECOGRAFIA PUEDE REFLEJAR CAMBIOS EN LA PRESION INTRACRANEAL, PERO SU RENDIMIENTO DIAGNOSTICO AL MENOS DENTRO DE LA POBLACION PEDIATRICA DEPENDE CRITICAMENTE DE LA TECNICA EMPLEADA, DE LA SINCRONIA TEMPORAL Y LAS CARACTERISTICAS DEL PACIENTE

INDICAR SI - NO - NA (No aplica) SEGÚN CORRESPONDA:

Elementos para la revisión académica del trabajo de tesis o trabajo práctico:

<u>SI</u>	El trabajo es congruente con las LGAC de la especialidad médica
<u>SI</u>	La problemática fue abordada desde un enfoque multidisciplinario
<u>SI</u>	Existe coherencia, continuidad y orden lógico del tema central con cada apartado
<u>SI</u>	Los resultados del trabajo dan respuesta a las preguntas de investigación o a la problemática que aborda
<u>SI</u>	Los resultados presentados en el trabajo son de gran relevancia científica, tecnológica o profesional según el área
<u>SI</u>	El trabajo demuestra más de una aportación original al conocimiento de su área
<u>SI</u>	Las aportaciones responden a los problemas prioritarios del país
<u>NO</u>	Generó transferencia del conocimiento o tecnológica
<u>SI</u>	Cumple con la ética para la investigación (reporte de la herramienta antiplagio)

El egresado cumple con lo siguiente:

<u>SI</u>	Cumple con lo señalado por el Reglamento General de Posgrado
<u>SI</u>	Cumple con los requisitos señalados en el plan de estudios
<u>SI</u>	Cuenta con los votos aprobatorios del comité tutorial
<u>SI</u>	Cuenta con la aprobación del (la) Jefe de Enseñanza y/o Hospital
<u>SI</u>	Coincide con el título y objetivo registrado
<u>SI</u>	Tiene el CVU de la SECIHTI actualizado
<u>NA</u>	Tiene el artículo aceptado o publicado y cumple con los requisitos institucionales

Con base a estos criterios, se autoriza se continúen con los trámites de titulación y programación del examen de grado

Sí ☒
No ☐

FIRMAS

Revisó:

NOMBRE Y FIRMA DEL SECRETARIO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO:

MCB E SILVIA PATRICIA GONZÁLEZ FLORES

Autorizó:

NOMBRE Y FIRMA DEL DECANO:

DR. EN FARM. SERGIO RAMÍREZ GONZÁLEZ

Nota: procede el trámite para el Depto. de Apoyo al Posgrado

En cumplimiento con el Art. 136 fracción II, inciso g) del Reglamento General de Posgrado, que a la letra señala: autorización de la persona titular del Decanato del Centro de Ciencias de la Salud.

GOBIERNO DEL ESTADO DE AGUASCALIENTES

gigante México

Centenario Hospital Miguel Hidalgo

COMITÉ DE ÉTICA EN INVESTIGACIÓN

COMITÉ DE INVESTIGACIÓN

CI/O/12074

Aguascalientes, Ags., a 04 de noviembre de 2024

DR. JESUS ALONSO GAONA

INVESTIGADOR PRINCIPAL

En cumplimiento con las Buenas Prácticas Clínicas y la Legislación Mexicana vigente en materia de investigación clínica, el Comité de Investigación y de Ética en investigación del Centenario Hospital Miguel Hidalgo, han decidido **APROBAR** el proyecto de investigación para llevar a cabo en este Hospital, titulado:

"CORRELACIÓN DE LA MEDICIÓN DE PRESIÓN INTRACRANEANA (PIC) POR MÉTODO NO INVASIVO (DVNO-ULTRASONOGRÁFICO) E INVASIVO (PARENQUIMAL) EN PACIENTE PEDIÁTRICO NEUROCÍTICO AGUDO DEL CENTENARIO HOSPITAL MIGUEL HIDALGO"

Autores:

- DRA. DEYSI GUADALUPE HERNANDEZ ORTIZ
- DR. SERGIO ERIK MUNGUÍA CHÁVEZ

En virtud de que se da que su proyecto cumple con los requisitos y los autores han firmado la carta compromiso de cumplimiento normativo institucional, se otorga el número de registro: **2024-R-09**.

Vigencia: 1 año, de noviembre de 2024 a noviembre 2025

Sin otro particular, se solicita a los investigadores ajustarse a su periodo de vigencia del proyecto, reportar avances del proyecto de forma semestral en el mes de diciembre mediante el formato de "Avances de protocolos" y al concluirse, reportar estado del estudio, incidencias y eventos, además, entregar resumen de resultados obtenidos y de los productos generados.

AYTSEP-GO

AYTSEP-GO

aytsepgo

aytsepgo

+52 (52) 474 210 0000

GOBIERNO DEL ESTADO DE AGUASCALIENTES

SECRETARÍA DE SALUD

SECRETARÍA DE AGUASCALIENTES

GOBIERNO DEL ESTADO DE AGUASCALIENTES



gigante
de México

Comandante en Jefe
Miguel Hidalgo

ATENTAMENTE

DR. SALVADOR ISRAEL MACIAS HERNANDEZ
ENCARGADO DE LA PRESIDENCIA DEL COMITÉ
DE INVESTIGACIÓN



DR. JAIME ASael LOPEZ VALDEZ
PRESIDENTE DEL COMITÉ DE ÉTICA EN INVESTIGACIÓN
VOCAL SECRETARIO DEL COMITÉ DE INVESTIGACIÓN

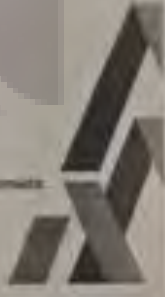




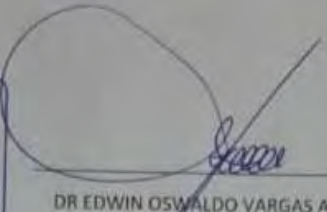

800 942 70

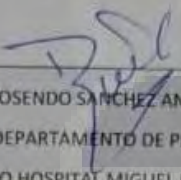

www.gobaguascalientes.gob.mx

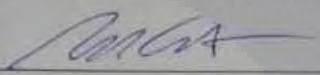

@GobiernoAguascalientes



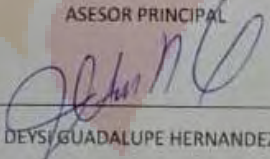

DEPARTAMENTO DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN

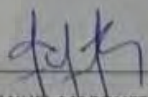

DR. EDWIN OSWALDO VARGAS AVILA
DIRECTOR DEL AREA DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION
CENTENARIO HOSPITAL MIGUEL HIDALGO


DR. ROSENDO SANCHEZ ANAYA
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE PEDIATRIA
CENTENARIO HOSPITAL MIGUEL HIDALGO


DRA. MARICELA GARCIA ARELLANO
JEFA DE TERAPIAS INTENSIVAS PEDIATRICAS Y NEONATALES
PROFESORA DEL NUCLEO ACADEMICO BASICO


DR. JESUS ALONSO GAONA ESPEJO
PROFESOR DEL NUCLEO ACADEMICO BASICO
ASESOR PRINCIPAL


DRA. DEYSI GUADALUPE HERNANDEZ ORTIZ
PROFESORA TITULAR DEL POSGRADO DEL ENFERMO PEDIATRICO EN ESTADO CRITICO.
CO-ASESORA


DR. JUAN MANUEL MARQUEZ ROMERO
ASESOR METODOLOGICO

GOBIERNO DEL ESTADO DE AGUASCALIENTES



El gigante
de México

Centenario Hospital
Miguel Hidalgo

CARTA DE VOTO APROBATORIO INDIVIDUAL

DR. SERGIO RAMÍREZ GONÁLEZ
DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS DE LA SALUD
PRESENTE

Por medio del presente como **ASESOR CLÍNICO** designado del estudiante **Dr. Sergio Erik Munguía Chávez** con ID 548361 quien realizó el trabajo de tesis titulado: **CORRELACIÓN DE LA MEDICIÓN DE PRESIÓN INTRACRANEANA (PIC) POR METODO NO INVASIVO (DVNO-ULTRASONOGRÁFICO) E INVASIVO (PARENQUIMAL) EN PACIENTE PEDIÁTRICO NEUROCRÍTICO AGUDO DEL CENTENARIO HOSPITAL MIGUEL HIDALGO**, un trabajo propio, innovador, relevante e inédito y con fundamento en el Artículo 175, Apartado II del Reglamento General de Docencia doy mi consentimiento de que la versión final del documento ha sido revisada y las correcciones se han incorporado apropiadamente, por lo que me permito emitir el **VOTO APROBATORIO**, para que el pueda proceder a imprimirlo así como continuar con el procedimiento administrativo para la obtención del grado.

Pongo lo anterior a su digna consideración y sin otro particular por el momento, me permito enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE

DR. JESÚS ALONSO GAONA ESPEJO

Asesor de Tesis

"Se Lumen Proferre"

Aguascalientes, Ags., a 31 de octubre de 2025

C.C.p.- Interesado
C.C.p.- Secretaría Técnica del Programa de Posgrado



449 9 94 67 20



www.issqa.gob.mx



Av. Manuel Gómez Morán S/N, Col. Estación Alameda
C.P. 20259, Aguascalientes, Ags.



CARTA DE VOTO APROBATORIO

DR. EN FARM. SERGIO RAMÍREZ GONZÁLEZ
DECANO DEL CENTRO DE LA SALUD
BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE AGUASCALIENTES
PRESENTE

Por medio del presentador como CO-ASESORA designada del estudiante **SERGIO ERIK MUÑGUÍA CHÁVEZ** con ID 548361 quien realizó su tesis titulada: **CORRELACIÓN DE LA MEDICIÓN DE PRESIÓN INTRACRANEANA (PIC) POR MÉTODO NO INVASIVO (DNNO) - ULTRASONOGRÁFICO E INVASIVO (PARENQUIMAL) EN PACIENTE PEDIÁTRICO NEUROCÍTICO AGUDO DEL CENTENARIO HOSPITAL MIGUEL HIDALGO**, un trabajo propio, innovador, relevante e inédito y con fundamento en la fracción IX del Artículo 43 del Reglamento General de Posgrados, doy mi consentimiento de que la versión final del documento ha sido revisada y las correcciones se han incorporado apropiadamente, por lo que me permito emitir el **VOTO APROBATORIO**, para que el pueda continuar con el procedimiento administrativo para la obtención del grado.

Pongo lo anterior a su digna consideración y sin otro particular por el momento, me permito enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE

"Se Lumen Profero"

Aguascalientes, Ags., a 28 de enero de 2026.

Deysi Guadalupe Hernández Ortiz
Co-asesora de Tesis

CO-ASESORA
A.G. - Deysi Guadalupe Hernández Ortiz

Presencia del Centro de la Salud
Presencia del Centro de la Salud
Presencia del Centro de la Salud

Presencia del Centro de la Salud
Presencia del Centro de la Salud
Presencia del Centro de la Salud

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a todas las personas que, de una u otra manera, aportaron para que llegara a este camino, de igual manera a los que hicieron posible la realización de esta tesis. A mis asesores, Dr. Jesús Alonso Gaona Espejo, Dra. Deysi Guadalupe Hernández Ortiz, Dr. Juan Manuel Márquez Romero gracias por su paciencia, guía y dedicación; por compartir su conocimiento y ayudarme a superar los retos de este camino académico.

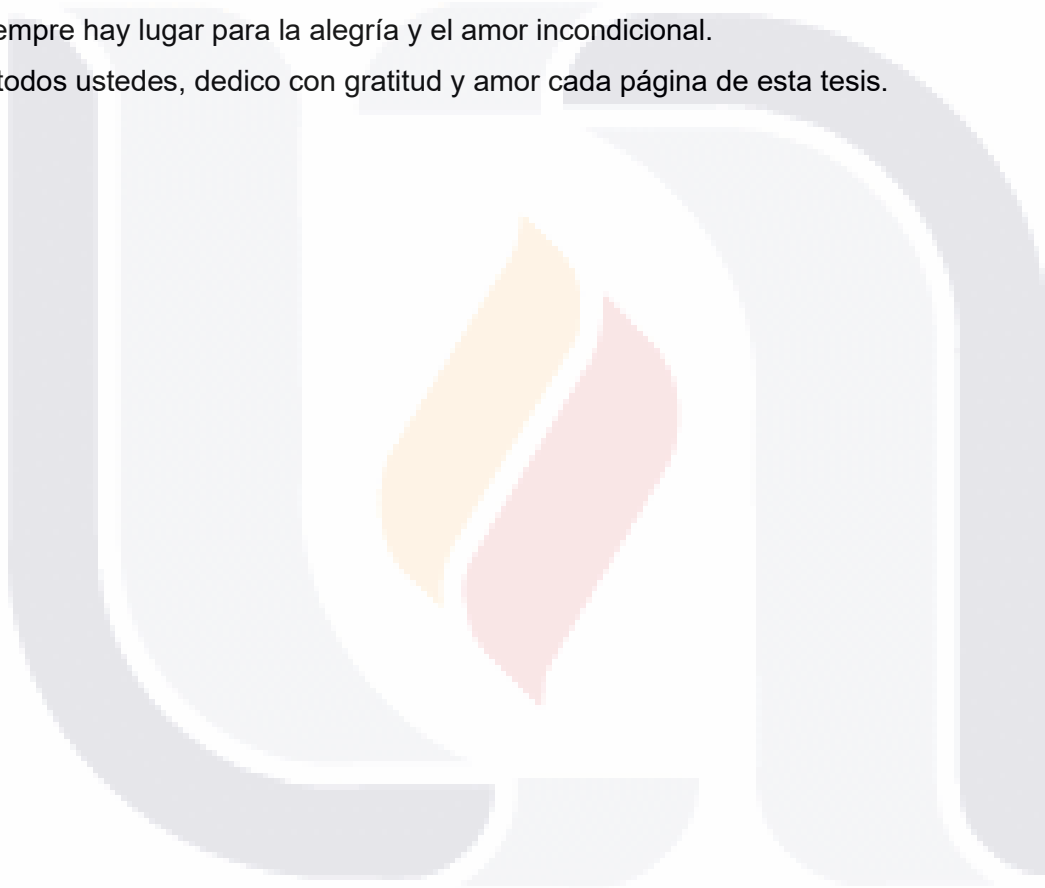
A mi familia, mi mayor fuente de fortaleza, gracias por siempre creer en mí, por no dejarme solo en este camino y siempre brindarme una palabra de aliento cuando lo necesitaba. Por último, agradezco a la institución que me aportó a la adquisición de mis conocimientos a lo largo de este periodo. A todos ustedes, gracias por ser parte de este logro y por motivarme a seguir aprendiendo y creciendo.

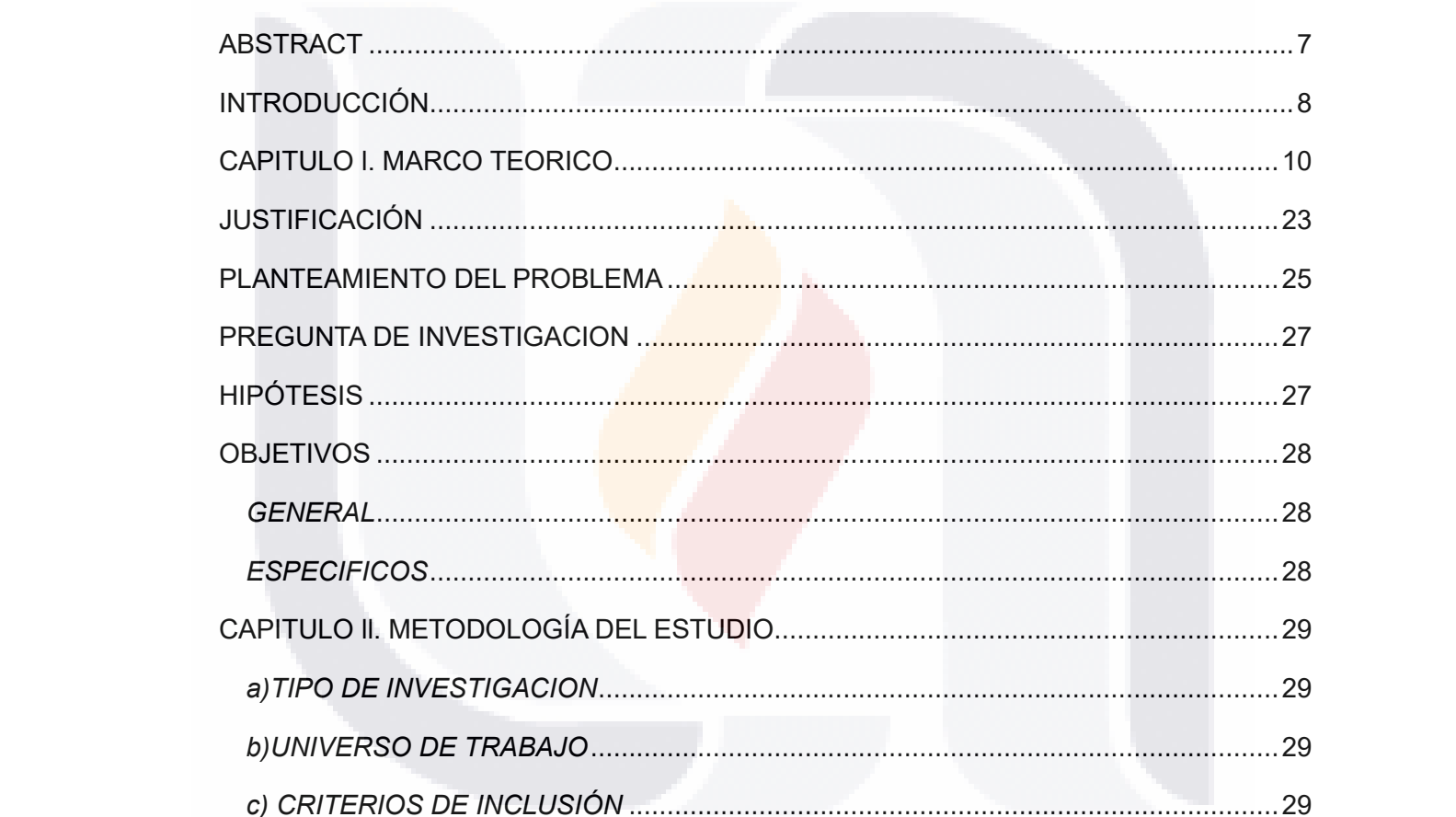
DEDICATORIA

Dedico este trabajo, con todo mi cariño, a mi familia, que me apoyó incondicionalmente a pesar de la distancia. Gracias por confiar en mí y apoyarme en este sueño, incluso cuando no pudimos compartir físicamente cada momento de este camino académico.

De manera muy especial, dedico también este logro a Bulfrano, mi fiel compañero de cuatro patas, que con su alegría, cariño y compañía hizo que cada día fuera más ligero y cada reto más llevadero. Gracias por recordarme que incluso en los momentos de estrés siempre hay lugar para la alegría y el amor incondicional.

A todos ustedes, dedico con gratitud y amor cada página de esta tesis.





INDICE

INDICE 1

INDICE DE TABLAS3

INDICE DE GRÁFICAS4

INDICE DE IMÁGENES.....5

RESUMEN6

ABSTRACT7

INTRODUCCIÓN.....8

CAPITULO I. MARCO TEORICO..... 10

JUSTIFICACIÓN 23

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 25

PREGUNTA DE INVESTIGACION 27

HIPÓTESIS 27

OBJETIVOS 28

GENERAL..... 28

ESPECIFICOS..... 28

CAPITULO II. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO..... 29

a)TIPO DE INVESTIGACION..... 29

b)UNIVERSO DE TRABAJO..... 29

c) CRITERIOS DE INCLUSIÓN 29

d)CRITERIOS DE EXCLUSIÓN..... 29

e)VARIABLES..... 29

f) PLAN DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO 31

 MATERIAL Y METODOS 31

ASPECTOS ÉTICOS..... 33

RECURSOS Y LOGÍSTICA 34

CAPITULO III. RESULTADOS..... 36

CAPITULO IV DISCUSIÓN..... 49

CONCLUSIONES..... 52

GLOSARIO..... 54

REFERENCIAS BILIOGRÁFICAS 57

ANEXOS 62

ANEXO A..... 62

HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS 62



INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valor normal por edad de la presión intracraneal 18

Tabla 2. Valores de corte de diámetro de vaina del nervio óptico acorde a grupo etario22

Tabla 3: Valor estimado de presión intracraneal acuerdo a milímetros medidos de la vaina del nervio óptico. 26

TABLA 4. CRONOGRAMA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN..... 35

Tabla 5. Descripción por paciente (media (DE) y mediana [IQR]) 36

Tabla 6. Descriptivos globales (todas las observaciones) 37

Tabla 7. Diámetro de vainas de nervio óptico por ojo..... 39

Tabla 8. Presión intracraneal calculada por ojo..... 39

Tabla 9. Pruebas de hipótesis para comparaciones izquierda vs derecha 43

(Wilcoxon pareado) 43

Tabla 10. Tabla de correlaciones globales (Spearman)..... 44

Tabla 11. Correlaciones intra-paciente (Spearman 44

Tabla 12. Promedio de correlaciones (transformación de Fisher).....45

Tabla 13. Modelos mixtos y prueba de equivalencia (± 2 mmHg/mm)..... 46

Tabla 14. vaina del nervio óptico (DVNO) en la detección de PIC > 20 mmHg 47

INDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Valores de PIC40

Gráfica 2. Presión intracraneal en ojo izquierdo por USG calculada en mmHg por USG ...40

Gráfica 3. Presión intracraneal en ojo izquierdo por USG calculada en mm por USG.....41

Gráfica 4. Presión intracraneal en ojo derecho por USG calculada en mmHg por USG.....41

Gráfica 5. Presión intracraneal en ojo izquierdo por USG calculada en mm por USG.....42

Gráfica 6 Dispersión de PIC, DVNO izquierda y derecha medida en mmHg y mm43

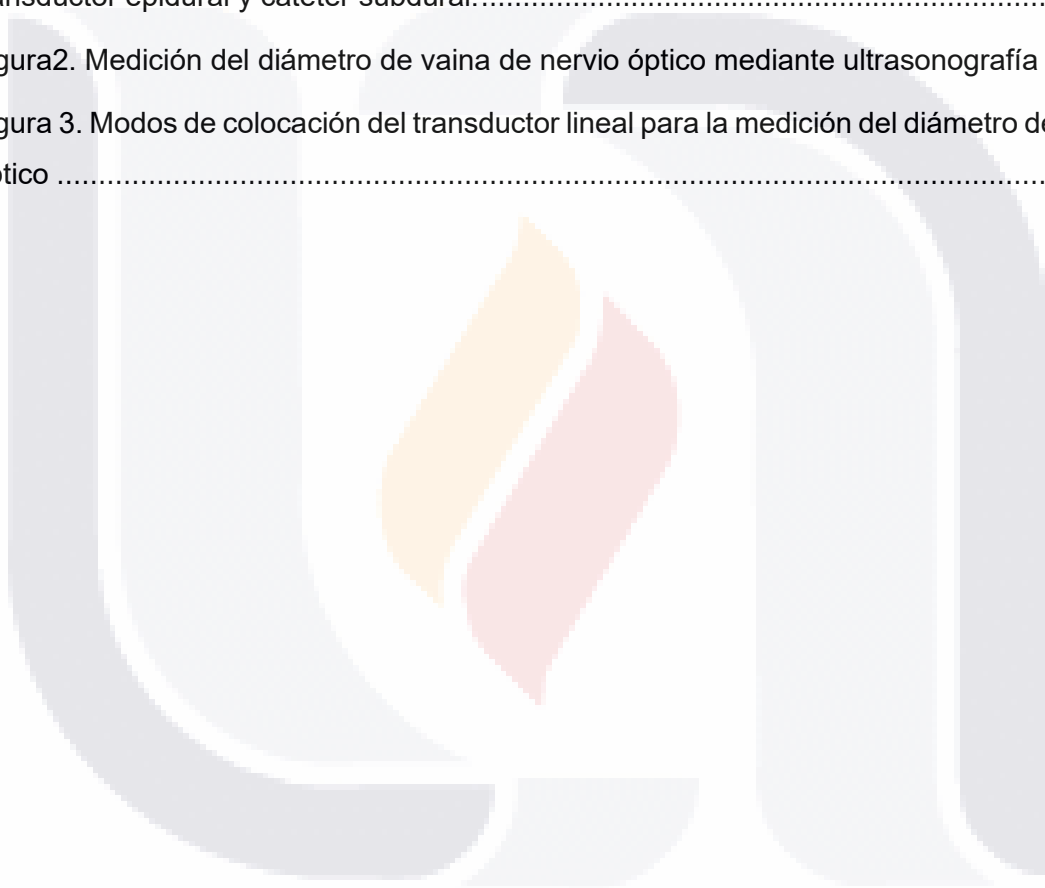
Gráfica 7. Curvas ROC para el diámetro de la vaina del nervio óptico en la detección de PIC > 20 mmHg.....47

INDICE DE IMÁGENES

Figura 1: La imagen muestra un diagrama del cerebro con diferentes dispositivos para medir la presión intracraneal invasiva, como el ventriculostomía, catéter intraparenquimatoso, transductor epidural y catéter subdural..... 16

Figura2. Medición del diámetro de vaina de nervio óptico mediante ultrasonografía21

Figura 3. Modos de colocación del transductor lineal para la medición del diámetro del nervio óptico 32



RESUMEN

Introducción: La lesión cerebral traumática es la principal causa de muerte y discapacidad de los niños, es un problema de salud pública importante, ya que de un diagnóstico y tratamiento oportuno depende el pronóstico neurofuncional, las secuelas, discapacidad o la muerte, es por eso que la monitorización es parte importante del manejo.

La hipertensión intracraneana es una urgencia neurocrítica que exige pronta detección y control ante la inminencia de afectar el pronóstico neurofuncional o llevar a isquemia y muerte encefálica. De tal manera, la monitorización de la presión intracraneal (PIC) es un método estándar indispensable y prioritario que por histórico se brinda como parte de la vigilancia y guía de tratamiento en los pacientes pediátricos y adultos en estado neurocrítico.

Objetivo: Determinar si existe correlación entre la presión intracraneana calculada no invasivamente a través del el diámetro de la vaina del nervio óptico con la presión intracraneal medida invasivamente con catéter intraparenquimatoso medidas en forma simultánea en los pacientes pediátricos neurocríticos agudos del centenario hospital Miguel Hidalgo.

Material y métodos: Se realizaron mediciones a los pacientes neurocríticos que fueran monitorizados con catéter de PIC, las mediciones del vaina de nervio óptico se realizaron simultáneamente durante la fase aguda de la patología.

Resultados: Durante el periodo de estudio se contó con 93 mediciones, no se encontraron diferencias significativas entre las mediciones de DVNO y PIC calculada entre el ojo izquierdo y el derecho ($p > 0.05$ en ambas comparaciones).

Conclusiones: La medición del diámetro de la vaina del nervio óptico en este estudio no demuestra ser un reflejo de la elevación de la presión intracraneal; a diferencia de otros estudios a nivel global, donde si incrementa el diametro de vaina de nervio óptico sugiere hipertensión intracraneal, sin embargo faltaría mayor número de muestra para correlacionar nuevamente ambas.

Palabras clave: Paciente neurocrítico, presión intracraneal, diametro de vaina de nervio óptico.

ABSTRACT

Introduction: Traumatic brain injury is the leading cause of death and disability in children. It is a significant public health problem, as timely diagnosis and treatment determine the neurofunctional prognosis, sequelae, disability, or death. Therefore, monitoring is an important part of management. Intracranial hypertension is a neurocritical emergency that requires prompt detection and control due to the imminent threat of affecting the neurofunctional prognosis or leading to ischemia and brain death. Thus, intracranial pressure (ICP) monitoring is an essential and priority standard method that, historically, is provided as part of the surveillance and treatment guidance for pediatric and adult patients in a neurocritical state.

Objective: To determine if there is a correlation between intracranial pressure calculated non-invasively using the optic nerve sheath diameter and intracranial pressure measured invasively with an intraparenchymal catheter, both measured simultaneously in acute neurocritically ill pediatric patients at the Centenario Hospital Miguel Hidalgo.

Materials and methods: Measurements were taken from neurocritically ill patients monitored with an ICP catheter. Optic nerve sheath measurements were performed simultaneously during the acute phase of the illness.

Results: During the study period, 93 measurements were obtained. No significant differences were found between the optic nerve sheath diameter (OND) and calculated ICP measurements between the left and right eyes ($p > 0.05$ in both comparisons).

Conclusions: In this study, the optic nerve sheath diameter measurement did not demonstrate a reflection of elevated intracranial pressure. Unlike other global studies, where an increased optic nerve sheath diameter suggests intracranial hypertension, a larger sample size is needed to re-establish a correlation between the two.

Keywords: Neurocritical patient, intracranial pressure, optic nerve sheath diameter.

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades neurológicas agudas en pediatría representan una causa importante de morbilidad y mortalidad a nivel mundial, y constituyen un desafío constante para los profesionales de la salud. Entre estas enfermedades, el traumatismo craneoencefálico (TCE) y otras patologías que generan hipertensión intracraneal (HIC) destacan por su frecuencia y gravedad, ya que pueden conducir a un daño cerebral irreversible si no se identifican y tratan oportunamente.¹ La evaluación temprana y precisa de la presión intracraneal es fundamental para guiar intervenciones clínicas, prevenir complicaciones y mejorar el pronóstico de los pacientes pediátricos críticamente enfermos.²

La monitorización de la presión intracraneal (PIC) mediante métodos invasivos, como la colocación de catéteres intraventriculares o intraparenquimatosos, se considera el estándar de oro para el manejo de la HIC.³ Sin embargo, estos procedimientos no están exentos de riesgos, ya que pueden ocasionar infecciones, hemorragias y complicaciones asociadas con la intervención quirúrgica.⁴ Además, en contextos clínicos donde el acceso a tecnología avanzada o personal altamente especializado es limitado, los métodos invasivos pueden no ser factibles, lo que subraya la necesidad de alternativas seguras y eficaces para la evaluación de la presión intracraneal.⁵

La medición del diámetro de la vaina del nervio óptico (DVNO) por ultrasonido ha surgido como una herramienta prometedora, no invasiva y reproducible para la detección de hipertensión intracraneal.⁶ La anatomía del nervio óptico permite que los cambios en la presión intracraneal se transmitan al espacio subaracnoideo que lo rodea, reflejándose en el engrosamiento de su vaina.⁷ Esto convierte a la medición ultrasonográfica del DVNO en un método útil para la valoración rápida y repetida de la HIC, sin los riesgos asociados a las técnicas invasivas.⁸

El presente estudio tuvo como objetivo principal analizar la correlación entre la medición del diámetro de la vaina del nervio óptico y la estimación de la presión intracraneal calculada mediante fórmulas ultrasonográficas, comparándola con la presión intracraneal registrada mediante métodos invasivos en pacientes pediátricos neurocríticos.⁹ En este estudio se aceptó la hipótesis alterna, ya que se obtuvo un valor de $p > 0.05$ en las mediciones tanto del ojo izquierdo como del derecho, lo que indica que la presión intracraneal estimada

mediante el DVNO no mostró una correlación estadísticamente significativa con la medición invasiva.¹⁰



CAPITULO I. MARCO TEORICO

El desarrollo del sistema nervioso es un proceso de gran relevancia por su complejidad, en la embriogénesis humana. Su origen se refiere en la tercera semana de gestación, cuando el ectodermo dorsal, bajo la influencia de señales inductoras procedentes del mesodermo axial y de estructuras como la notocorda, incrementa su tamaño para formar la placa neural. Esta placa neural precede al sistema nervioso central y se distingue por la capacidad de invaginarse, formar un surco neural, este finalmente da origen al tubo neural. La correcta formación y cierre del tubo neural es fundamental para prevenir malformaciones congénitas severas, tales como la espina bífida y la anencefalia.¹¹

La porción cefálica del tubo neural se establecen las vesículas encefálicas primarias: prosencéfalo, mesencéfalo y rombencéfalo. Estas experimentan un crecimiento y diferenciación acelerados y generan las vesículas encefálicas secundarias. El prosencéfalo se subdivide en telencéfalo y diencefalo, el rombencéfalo se divide en metencéfalo y mielencéfalo. El mesencéfalo, por su parte, permanece relativamente constante, constituyendo el acueducto de Silvio en la etapa adulta.¹² La expansión del telencéfalo es notable, este origina los hemisferios cerebrales, su superficie cortical experimentará una rápida proliferación y plegamiento, forma circunvoluciones y surcos que incrementan la superficie cortical sin expandir excesivamente el volumen craneal. Este plegamiento obedece a patrones genéticamente determinados, regulados por factores de transcripción como Emx1, Emx2 y Pax6, esto permite la segregación funcional de áreas sensoriales, motoras y asociativas.¹³

El diencefalo origina estructuras vitales como el tálamo, sumamente importante ya que actúa como centro de relevo sensorial y modulador de información hacia la corteza, el hipotálamo, regulador del sistema endocrino y del equilibrio homeostático. La diferenciación de estas estructuras depende de la interacción entre señales de gradiente morfogenético, como lo son la proteína Sonic hedgehog, migración neuronal desde la zona ventricular hacia su posición final, determinando núcleos específicos y vías de conexión complejas.¹⁴

La vascularización cerebral inicia desarrollando las arterias carótidas internas y vertebrales, estas generan un sistema de arterias encefálicas primarias. Los plexos coroideos se localizan en los ventrículos, comienzan la producción de líquido cefalorraquídeo alrededor de la quinta semana de gestación, esto contribuye al mantenimiento de un microambiente

adecuado para la migración neuronal ya que actuando como amortiguador mecánico dentro de la cavidad craneal que cursa su desarrollo. El desarrollo de las meninges, derivan del mesénquima circundante, mesodermo y ectodermo neural, esto busca asegurar soporte estructural y protección mecánica.¹⁵ La duramadre, aracnoides y piamadre recubren de forma uniforme el cerebro y, como se detallará, también el nervio óptico.¹⁶

El nervio óptico tiene un desarrollo embriológico estrechamente relacionado con el diencefalo. Su formación comienza con evaginación de la vesícula óptica proveniente del diencefalo, se extiende hacia el ectodermo superficial, formando la copa óptica. Esta copa óptica se invagina, genera dos hojas: la capa interna se diferenciará en retina neural, esta contiene células ganglionares, fotorreceptores y células de soporte, por su parte la capa externa se convertirá en epitelio pigmentario. Los axones de las células ganglionares se concentran en la cabeza del tallo óptico, estos conforman el fascículo nervioso que conecta con el quiasma óptico. La mielinización de estas fibras se inicia en la porción proximal cercana al diencefalo y progresa hacia el globo ocular, esto busca facilitar la conducción rápida del impulso visual.¹¹

La anatomía del nervio óptico en su estado adulto refleja su origen meníngeo. Cada uno de los nervios está rodeado por una continuación de las meninges cerebrales: duramadre, aracnoides y piamadre. Entre aracnoides y piamadre se encuentra el espacio subaracnoideo, este contiene líquido cefalorraquídeo, este líquido mantiene una presión hidrostática similar a la de los ventrículos cerebrales, permitiendo la transmisión de cambios de presión intracraneal al nervio. La vaina del nervio óptico tiene divisiones, se divide en segmento intraocular, intraorbitario, intracanalicular e intracraneal, cada uno con relaciones anatómicas específicas. El segmento intraocular consta de la cabeza del nervio y la papila óptica; el segmento intraorbitario se extiende a través de la órbita este se rodea de grasa y músculos extraoculares; el segmento intracanalicular atraviesa el conducto óptico, y el segmento intracraneal conecta con el quiasma óptico.¹⁷

Histológicamente, la vaina del nervio óptico se compone de fibras de colágeno, fibroblastos y células aracnoideas, esta constitución proporciona resistencia mecánica y cierta elasticidad. La piamadre adyacente a los axones ofrece soporte vascular y nutricional, mientras tanto el espacio subaracnoideo permite la circulación de líquido cefalorraquídeo, otorgando amortiguado a impactos y protegiendo los axones. Durante la embriogénesis, la aracnoides desarrolla redes que atraviesan el espacio entre la aracnoides y la duramadre, estas contribuyen a la integridad estructural además de modular la presión sobre las fibras

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

nerviosas. La continuidad meníngea con el cerebro explica el por qué la hipertensión intracraneal puede reflejarse como edema papilar o dilatación de la vaina del nervio óptico, un fenómeno que se puede aprovechar y utilizar clínicamente en la monitorización y toma de decisiones en pacientes neurocríticos.¹⁸

La microvasculatura del nervio óptico incluye ramas de la arteria oftálmica, esta nutre tanto los axones como las meninges adyacentes. La correcta perfusión e irrigación es esencial, ya que cualquier interrupción vascular puede provocar neuropatías ópticas isquémicas graves. Los axones del nervio óptico proyectan hacia los núcleos geniculados laterales del tálamo, estructura donde la información visual se organiza justo antes de ser transmitida a la corteza occipital. Esta conexión refleja la integración entre anatomía, embriología y función, demuestra cómo alteraciones en el desarrollo o en la presión intracraneal pueden afectar la visión.¹⁹

El cerebro adulto es un reflejo de la complejidad del desarrollo embrionario: los hemisferios cerebrales poseen corteza organizada en capas las cuales son seis, cada una posee tipos celulares específicos y funciones distintas, mientras que núcleos subcorticales como los ganglios basales regulan movimiento y la coordinación. El tálamo actúa como una estación de relevo sensorial, el hipotálamo coordina la homeostasis endocrina y autonómica. Las conexiones entre diencéfalo y nervio óptico permiten que los estímulos visuales influyan en respuestas reflejas y circadianas, esto demuestra la estrecha relación entre desarrollo anatómico y fisiológico.¹⁰

El conocimiento a detalle del desarrollo embriológico cerebral y de la anatomía de las vainas del nervio óptico resulta crucial para interpretar adecuadamente las patologías neurocríticas, además de planificar procedimientos quirúrgicos y utilizar técnicas diagnósticas avanzadas, como lo es la medición del diámetro de la vaina del nervio óptico mediante ecografía o resonancia magnética para estimar la presión intracraneal. La integración de desarrollo, anatomía y función nos proporciona un marco sólido para comprender enfermedades que afectan de forma simultánea al cerebro y al nervio óptico, tales como traumatismos, hidrocefalia, tumores y procesos inflamatorios o desmielinizantes.¹¹

La fisiología cerebral es una área compleja ya que integra mecanismos de metabolismo energético, perfusión sanguínea, actividad eléctrica además de regulación de la presión

intracraneal. La masa encefálica, a pesar de que representa el 2% del peso corporal aproximadamente, consume un rango entre el 15 y el 20% del gasto cardíaco y hasta un 20% del oxígeno total del organismo en reposo. Esta alta demanda y consumo energético se debe en su mayoría a la actividad neuronal, ya que requieren de un aporte constante de sustrato energético obtenido de glucosa y oxígeno para mantener gradientes iónicos a través de las membranas celulares, fundamentales para la transmisión sináptica y la excitabilidad neuronal.²⁰

La perfusión cerebral se optimiza por medio de mecanismos de autorregulación que permiten mantener un flujo sanguíneo cerebral relativamente constante haciendo frente a variaciones de presión arterial sistémica, normalmente entre 50 y 150 mmHg de presión arterial media. La autorregulación es determinada por cambios en el calibre de las arteriolas cerebrales, que son moduladas por factores locales como el dióxido de carbono (CO_2), el oxígeno (O_2), el pH y sustancias vasodilatadoras endoteliales como el óxido nítrico. De tal manera que un aumento en la concentración de dióxido de carbono provoca vasodilatación arteriolar, incrementando el flujo sanguíneo y la entrega de oxígeno, así mismo una disminución de dióxido de carbono genera vasoconstricción y consecuentemente menor entrega de flujo sanguíneo. Este balance asegura la homeostasis cerebral y otorga protección contra isquemia y/o edema.²⁰

El tejido cerebral está compuesto por neuronas, glía y capilares altamente especializados. Las neuronas poseen una membrana excitable realizan sinapsis químicas donde los neurotransmisores permiten la transmisión de señales de manera rápida y precisa. La glía que incluye astrocitos y oligodendrocitos, cumple funciones determinantes en el soporte metabólico, regulación iónica, recaptación de neurotransmisores y formación de mielina, esto asegura la conducción rápida de los impulsos, incluyendo aquellos del nervio óptico. La barrera hematoencefálica, formada por células endoteliales con uniones estrechas, protege al tejido cerebral de toxinas y regula el paso de nutrientes, manteniendo un microambiente estable adecuado e indispensable para la fisiología neuronal.

El líquido cefalorraquídeo (LCR) desempeña un componente fisiológico que es fundamental, ya que amortigua impactos, permite la eliminación de desechos metabólicos y mantiene un gradiente de presión dentro del cráneo. El líquido cefalorraquídeo se produce principalmente en los plexos coroideos y circula dentro de los ventrículos, el espacio subaracnoideo y finalmente es reabsorbido a través de las granulaciones aracnoideas hacia el sistema venoso. La relación existente entre el volumen cerebral, el

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

volumen de LCR y el volumen sanguíneo intracraneal esta descrito mediante la teoría de Monro-Kellie, esta teoría establece que el cráneo es una cavidad rígida, y por consecuencia cualquier aumento en uno de sus componentes debe ser compensado por disminuciones en los otros para así de esta manera mantener la presión intracraneal (PIC) dentro de rangos fisiológicos, típicamente entre 5 y 15 mmHg en adultos.²¹

La presión intracraneal es un parámetro dinámico, es influenciado por el flujo sanguíneo cerebral, el volumen de líquido cefalorraquídeo y el contenido cerebral. Los mecanismos compensadores que intervienen en los cambios de presión incluyen desplazamiento de LCR hacia la médula espinal, redistribución sanguínea y cierta distensibilidad de la parénquima cerebral. Estos mecanismos tienen un límite y cuando estos se saturan, se produce hipertensión intracraneal, esta puede comprometer la perfusión cerebral y dando como resultado isquemia neuronal y edema. Este fenómeno posee particular relevancia en la fisiología del nervio óptico, ya que el espacio subaracnoideo que rodea el nervio óptico permite que los aumentos de presión intracraneal sean transmitidos a la vaina del nervio óptico, esto puede producir edema papilar o cambios en el diámetro de la vaina, que son marcadores clínicos útiles en la monitorización de hipertensión intracraneal.^{17,18}

La fisiología del nervio óptico está estrechamente ligada a la retina y a la corteza visual. Los axones de las células ganglionares de la retina son generadores de potenciales de acción en respuesta a los estímulos luminosos, estos potenciales se propagan a lo largo del nervio óptico hasta el quiasma óptico. En el quiasma óptico, las fibras nasales de cada una de las retinas se entrecruzan, por el contrario las fibras temporales continúan su trayecto ipsilateral, esto permite que la información visual de cada hemi campo visual se integre de manera adecuada en la corteza occipital. Con esta organización y disposición se asegura percepción binocular y procesamiento espacial. La conducción nerviosa es dependiente de la mielinización proporcionada por oligodendrocitos, ya que esta acelera la velocidad de transmisión y asegura adecuada sincronía en el procesamiento de señales visuales.²²

El flujo axoplásmico dentro del nervio óptico permite el transporte de organelos, proteínas y neurotransmisores desde la retina hacia el cerebro y viceversa. Este flujo responde a la presión intracraneal siendo sensible a cambios en la misma, ya que la compresión de la vaina puede alterar la velocidad de transporte y esto provocar disfunción en la función neuronal. La perfusión vascular del nervio óptico, es suministrada por ramas de la arteria oftálmica y la circulación peripapilar, asegurando de esta forma la entrega de oxígeno y los

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

nutrientes necesarios para mantener la integridad de los axones y la función visual.¹ La actividad eléctrica neuronal, es medida mediante electroencefalografía y refleja la función sináptica, la excitabilidad neuronal, está a su vez es modulada por la homeostasis iónica y la disponibilidad de fuentes energéticas basadas en glucosa y oxígeno. Las neuronas corticales y subcorticales participan en circuitos de integración de información sensorial, motora y cognitiva, mientras el tálamo actúa como estación de relevo para la información sensorial, incluida la visual que es transmitida a través del nervio óptico. La regulación neurovascular asegura que las regiones que poseen una mayor actividad metabólica reciban un flujo sanguíneo proporcional, este fenómeno es conocido como acoplamiento neurovascular.

En conjunto, la fisiología cerebral y del nervio óptico ilustra un sistema de integración en donde la perfusión, el metabolismo, la presión intracraneal, la conducción axonal y la transmisión visual interactúan de manera precisa. La alteración de cualquiera de todos los componentes mencionados, como ocurre en traumatismos, hidrocefalia, tumores o procesos inflamatorios, puede comprometer la función neuronal y visual. El entendimiento detallado de cada uno de estos mecanismos es esencial para la práctica clínica en neurología, neurocirugía y oftalmología, así como lo es para la interpretación de pruebas diagnósticas, monitoreo de presión intracraneal y evaluación de daños neurológicos.^{12,13, 14} La presión intracraneal (PIC) es la fuerza que es ejercida por el contenido intracraneal (cerebro, líquido cefalorraquídeo [LCR] y sangre) sobre las paredes del cráneo. Según la teoría de Monro-Kellie, el cráneo es una estructura rígida la cual contiene tres componentes determinantes: el cerebro, el líquido cefalorraquídeo y la sangre. Dado que el cráneo no puede expandirse, cualquier aumento en el volumen de uno de estos componentes debe ser compensado por una disminución en los otros para mantener una presión intracraneal estable. Cuando esta compensación no ocurre o llega a su punto máximo, se produce un aumento de la PIC, lo que puede llevar a complicaciones graves como isquemia cerebral, herniación cerebral y, en casos extremos, la muerte.²¹

La adecuada vigilancia de la presión intracraneal (PIC) en pediatría constituye un componente esencial del manejo de pacientes neurocríticos, permitiendo la detección temprana de hipertensión intracraneal, la prevención de daño cerebral secundario y la optimización de la perfusión cerebral. La anatomía y fisiología cerebral infantil presentan características particulares que afectan la dinámica de la PIC. En lactantes y niños pequeños, la presencia de suturas craneales no fusionadas y fontanelas abiertas

proporciona cierta distensibilidad al cráneo, lo que permite cierta compensación ante incrementos de volumen intracraneal, retrasando la aparición de signos clínicos de hipertensión. En niños mayores y adolescentes, el cráneo rígido limita la compensación, por lo que cualquier incremento de volumen intracraneal se traduce rápidamente en aumento de PIC y deterioro neurológico. Por ello, la monitorización pediátrica requiere adaptación a la edad, tamaño craneal y desarrollo cerebral del paciente.¹⁵ A continuación se muestra una imagen con los diferentes tipos de catéteres que existen para medir la presión intracraneal.¹⁶

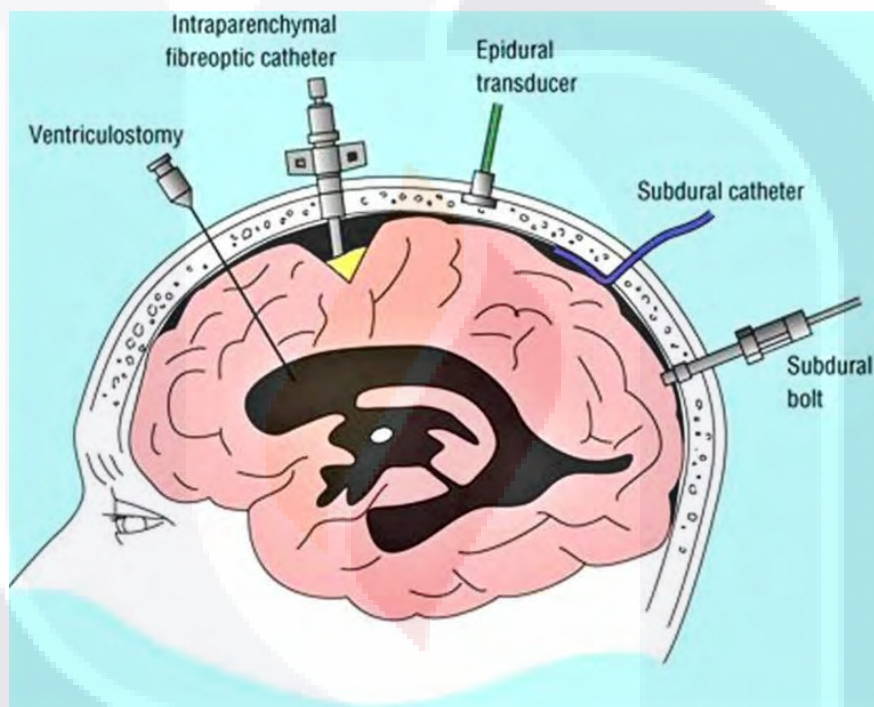


Figura 1: La imagen muestra un diagrama del cerebro con diferentes dispositivos para medir la presión intracraneal invasiva, como el ventriculostomía, catéter intraparenquimatoso, transductor epidural y catéter subdural.

Tomado de: Sahonero, M. J. (2019). *Protocolo de cuidados del captor de PIC (presión intracraneal)* [Trabajo integrador final, Especialización en Enfermería en el Cuidado del Paciente Crítico]. Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Médicas.

La monitorización de la presión intracraneal (PIC) es un procedimiento esencial en el manejo terapéutico de pacientes neuro críticos, permitiendo así la detección temprana de hipertensión intracraneal, la optimización de la perfusión cerebral y la prevención de daño neurológico secundario. Tradicionalmente, la medición de la PIC se realiza mediante catéteres invasivos, que son considerados el estándar de oro por su precisión y capacidad de monitoreo continuo. Estos catéteres se clasifican según su ubicación anatómica y su

tecnología de transducción, su elección depende de la anatomía del paciente, la patología subyacente y los objetivos clínicos.¹⁵

El catéter intraventricular o drenaje ventricular externo (DVE) es la modalidad más clásica y versátil. Este drenaje introduce a través de un orificio craneal hacia el ventrículo lateral, normalmente en el hemisferio frontal no dominante, así se evitan estructuras funcionalmente críticas y vasos subependimarios. Una vez estando colocado, el catéter se conecta a un transductor electrónico hacia el monitor que registra la presión intracraneal en tiempo real. La principal ventaja del DVE es su doble funcionalidad ya que permite medir la presión y a su vez, drenar líquido cefalorraquídeo (LCR) de una manera controlada, reduciendo así la PIC cuando se encuentra elevada. Además también posibilita la obtención de muestras requeridas frecuentemente como abordaje y análisis bioquímicos, microbiológicos o citológicos. No obstante, su uso conlleva riesgos importantes y altamente delicados, como hemorragia intraventricular, infección, obstrucción por coágulos o malposición, que pueden afectar la precisión de la medición y requerir reposicionamiento.

Los catéteres intraparenquimatosos son ampliamente utilizados cuando los ventrículos están colapsados o el riesgo de sangrado intraventricular. Se colocan directamente hacia el parénquima cerebral, generalmente en el lóbulo frontal que no es el dominante, contienen sensores en la punta que registran la PIC de manera continua. Entre sus tecnologías se encuentran los sensores de fibra óptica, estos detectan variaciones de presión mediante cambios en la luz que es reflejada; los piezoeléctricos, que generan señales eléctricas ante la deformación de un cristal; y los microchips capacitivos, estos convierten la deformación de una membrana sensible en señales eléctricas que son proporcionales a la presión. La principal ventaja de estos catéteres yace en la facilidad de inserción y el menor riesgo de infección comparado con el catéter intraventricular. Sin embargo y como desventaja en comparación con DVE no permiten drenaje de LCR, además su calibración puede verse afectada por desplazamientos o compresiones locales del tejido cerebral.¹⁵

Menos frecuentes, pero aún utilizados en algunos contextos, son los catéteres subdurales y epidurales, que son colocados sobre la superficie cerebral o entre la duramadre y el cráneo, respectivamente. Son menos invasivos y presentan menor riesgo de hemorragia o infección comparado con los catéteres previamente comentados, pero su precisión es inferior, ya que la presión medida puede verse afectada por adherencias meníngeas,

hematomas o variaciones anatómicas locales. Por tal motivo, su uso ha ido disminuyendo y otorgando puntos a favor de los catéteres intraventriculares e intraparenquimatosos, especialmente en escenarios críticos donde la exactitud y precisión de la medición de la PIC es fundamental. ¹⁶

Al elegir el tipo de catéter o método de monitoreo dependerá de múltiples factores clínicos y anatómicos. Los catéteres intraventriculares se prefieren cuando se requiere drenaje de LCR y medición precisa, mientras que los intraparenquimatosos se utilizan en ventrículos colapsados o riesgo elevado de sangrado. La continua medición y registro de la vaina del nervio óptico es particularmente importante en situaciones y escenarios donde la invasión quirúrgica es indeseable o como método de cribado en pacientes pediátricos o en pacientes con fracturas de cráneo que dificultan la colocación de catéteres. ¹²

Desde el punto de vista fisiológico, todos estos métodos permiten evaluar la PIC, un parámetro que es dinámico y que refleja la interacción entre el volumen cerebral, el volumen sanguíneo y el volumen de LCR según la teoría de Monro-Kellie. La PIC elevada continuamente compromete la presión de perfusión cerebral (PPC), está calculada como la diferencia entre presión arterial media y PIC, de comprometerse la adecuada entrega de oxígeno y glucosa limitando la PPC se generaría isquemia neuronal. En este contexto, el monitoreo de la vaina del nervio óptico mediante ultrasonido ofrece un reflejo de la presión subaracnoidea, complementando la medición directa realizada por catéteres, otorgando información de las condiciones del paciente y permitiendo intervenciones tempranas antes de que se comprometa la perfusión cerebral. ¹⁶

Tabla 1. Valor normal por edad de la presión intracraneal

Edad	PIC normal (mmHg)	PPC objetivo (mmHg)
Lactantes (<1 año)	1–10	40–50
Niños 1–12 años	3–15	50–60
Adolescentes (>12 años)	5-15	50–60

Los catéteres modernos están equipados con sistemas de transducción electrónica que transforman cambios mecánicos en señales digitales de alta precisión, esto permite generar un registro continuo y análisis dinámico de la PIC, incluyendo pulsaciones cardíacas y respiratorias. Algunos dispositivos, los más avanzados incorporan sensores

adicionales de oxigenación tisular, temperatura y flujo sanguíneo local, integrando información fisiológica adicional y crucial que permite una valoración más completa de la perfusión cerebral y del metabolismo neuronal. Por su parte, el ultrasonido al medir el diámetro de la vaina del nervio óptico ofrece mediciones rápidas y repetibles, aunque con limitaciones en exactitud absoluta comparada con catéteres invasivos, siendo más útil como herramienta complementaria y de seguimiento no invasivo.¹⁶

En términos de seguridad, la duración de uso de catéteres invasivos varía según el tipo y la condición del paciente. Los catéteres intraventriculares pueden permanecer durante varios días bajo una estricta vigilancia estéril, mientras que los catéteres intraparenquimatosos suelen tener períodos limitados de tiempo, se prefieren tiempos cortos o medianos para minimizar riesgo de infección y desplazamiento. La ultrasonografía de la vaina del nervio óptico no presenta riesgos asociados y puede repetirse tantas veces como sea necesario para evaluar cambios en la PIC.¹⁷

La hipertensión intracraneal (HIC) es definida como una presión de apertura superior a 20 mmHg, medida mediante un catéter de PIC. Las causas más frecuentes de hipertensión intracraneal incluyen traumatismos craneoencefálicos, masas intracraneales, alteraciones de la circulación del LCR, obstrucción de los senos venosos principales o causas idiopáticas en su minoría. La elevación de la PIC no compensada provoca una disminución de la presión de perfusión cerebral, lo que hace disminuir el suministro de oxígeno y nutrientes al cerebro, llevando a isquemia cerebral generalizada, en casos graves, taponamiento cerebral.¹⁵

El monitoreo de la PIC por lo tanto es crucial para prevenir daños cerebrales permanentes y reducir la mortalidad en pacientes neurocríticos. Aunque los dispositivos invasivos, como los catéteres de drenaje ventricular, son el estándar de oro para medir la PIC, estos presentan consigo riesgos como infecciones, hemorragias y mal funcionamiento del catéter. Por todo lo dicho anteriormente, se han desarrollado y echado mano de métodos no invasivos como lo es la ultrasonografía y por medio de ella medir el diámetro de la vaina del nervio óptico (DVNO), que se ha convertido en una herramienta de gran valor para la detección y monitorización de la HIC.¹⁷

Medición del diámetro de la vaina del nervio óptico

El nervio óptico como ya se mencionó previamente deriva a partir del crecimiento del diencéfalo, está cubierto por una vaina que es derivada de las meninges. Esta vaina contiene el nervio óptico, el LCR y las tres capas meníngeas, extendiéndose hacia la órbita. En consecuencia, a esta conexión anatómica, los cambios en la presión intracraneal se transmiten al espacio subaracnoideo intraorbital, especialmente en el segmento retrobulbar del nervio óptico. Por lo tanto, un aumento en la PIC puede visualizarse mediante ultrasonido como un incremento en el DVNO.¹⁷

La medición ultrasonográfica de la VNO es realizada utilizando un transductor lineal de 12 MHz con una potencia acústica reducida. El paciente se debe colocar en posición supina con una inclinación de 20 grados, se coloca agua y/o gel sobre el párpado superior estando cerrado para evitar presión directa sobre el ojo. La sonda se ajusta con una ligera rotación para obtener un ángulo adecuado y así visualizar la entrada del nervio óptico en el globo ocular. El DVNO se muestra como un patrón lineal, vertical y oscuro en el modo bidimensional del ultrasonido, se debe medir a 3 mm detrás del globo ocular en un plano transversal o a lo largo de un eje perpendicular al nervio óptico.²⁵

Es una técnica sencilla y puede ser aprendida rápidamente por clínicos con entrenamiento básico. En operadores que son experimentados, realizar 10 exploraciones normales y tres anormales es referida como suficiente para adquirir competencia, mientras que los nuevos operadores con poco adiestramiento pueden requerir hasta 25 mediciones. El procedimiento es eficiente, la duración promedio aproximada es de 4 a 5 minutos para medir ambos ojos. En adultos sanos, el DVNO refleja variaciones entre 3.7 y 5.0 mm, mientras que en niños esta variación oscila entre 3.5 y 5.1 mm.¹⁸

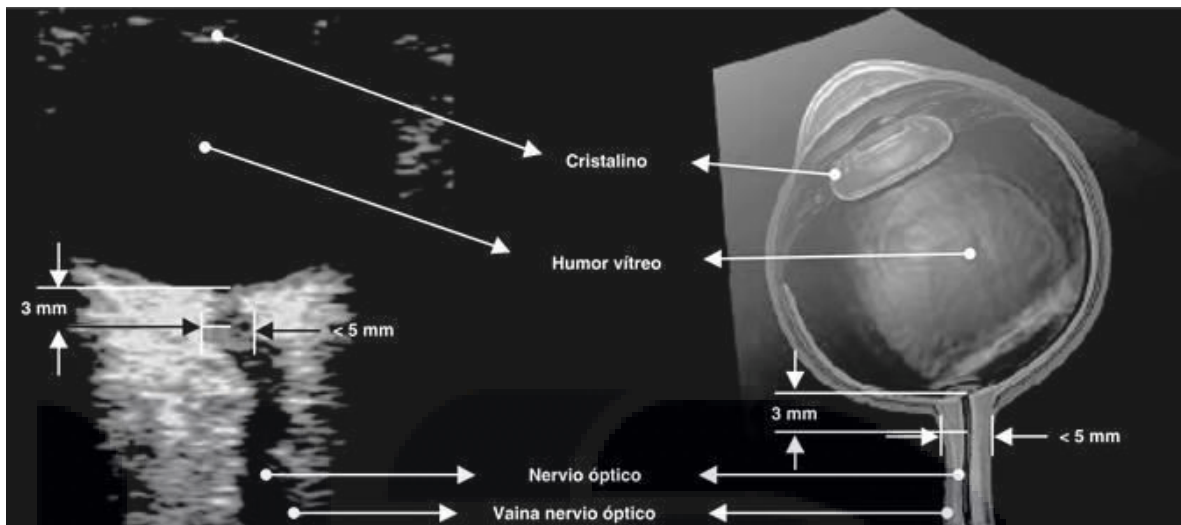


Figura 2. Medición del diámetro de vaina de nervio óptico mediante ultrasonografía

Tomado de: Islas Ávila, Roberto Emmanuel, Coria Ladrón de Guevara, et al (2020). Medición del diámetro de la vaina del nervio óptico por ultrasonografía versus tomografía simple de cráneo en pacientes con trauma craneoencefálico. *Medicina crítica (Colegio Mexicano de Medicina Crítica)*, 34(4), 221-230.

Correlación entre la medición de la vaina del nervio óptico y la presión intracraneal

La medición del DVNO usando ultrasonografía ha demostrado ser una herramienta confiable para la detección de HIC. La literatura científica indica que existe una correlación significativa entre la medida del DVNO y la medición de presión de apertura del LCR. A medida que aumenta la PIC, el DVNO también se incrementa de forma lineal. Estudios en nervios ópticos cadavéricos han establecido que el mayor grado de ensanchamiento de la vaina ocurre a 3 mm detrás del globo ocular, lo que se ha convertido en el punto estándar de medición.¹⁸ Diversos estudios han identificado valores de corte y referencia para el DVNO que indican un aumento de la PIC. Por ejemplo, en adultos, un DVNO mayor a 5.6 mm tiene una correlación con una PIC elevada, mientras que en niños, este valor oscila entre 4.0 y 4.5 mm. En pacientes con una edad de 12 a 18 años, una VNO mayor a 4.5 mm se asocia con HIC con una sensibilidad del 100% y especificidad del 100%. En adultos coreanos con lesiones cerebrales, se ha determinado que un DVNO mayor a 5.6 mm tiene una sensibilidad del 93.75% y especificidad del 86.67% para la identificación de HIC.¹⁹ El ultrasonido del DVNO también demostrado su utilidad en el monitoreo dinámico y en tiempo real de los cambios en la PIC que puede ser realizado en la cama del paciente. Se ha observado que el DVNO disminuye inmediatamente después de una reducción en la presión del LCR, lo que confirma su capacidad para reaccionar a los cambios de presión

en tiempo real. Además, la medición del DVNO puede ser utilizada para valorar continuamente la eficacia de terapéuticas empleadas como lo son osmoterapia en pacientes con PIC elevada.^{26,27,28}

Aunque la medición por ultrasonografía del DVNO no reemplaza la monitorización invasiva de la PIC, es una herramienta sumamente valiosa en situaciones donde los métodos invasivos están contraindicados o no están disponibles. Su alta sensibilidad y especificidad lo convierten en un método altamente confiable para la detección de HIC, especialmente en pacientes neurocríticos que requieren monitoreo continuo. Sin embargo, los expertos recomiendan a la par utilizar esta técnica con otros métodos de diagnóstico imagenológicos para confirmar el aumento de la PIC.^{20,21}

La medición ultrasonográfica del diámetro de la vaina del nervio óptico es un método no invasivo, rápido, económico y confiable para la detección y monitoreo de la presión intracraneal elevada. Su aplicación en el entorno de cuidados intensivos es esencial para la detección temprana de HIC, permitiendo de esta forma intervenciones terapéuticas oportunas y mejorando los resultados clínicos en pacientes neuro críticos. Sin embargo, su uso debe complementarse con otras herramientas diagnósticas cuando se dispongan de estas para garantizar una evaluación precisa.²²

Tabla 2. Valores de corte de diámetro de vaina del nervio óptico acorde a grupo etario

Edad	DVNO normal (mm)	Comentarios
Lactantes (<1 año)	3.0 – 4.0	Valores >4 mm sugieren hipertensión intracraneal.
Niños 1–12 años	5.0 - 4.5	Valores >4.5 mm asociados con HIC; sensibilidad alta.
Adolescentes 12–18 años	4.5 - 5.0	Valores >5 mm sugieren HIC; correlación con PIC >20 mmHg.

JUSTIFICACIÓN

Se necesitan integrar nuevos métodos de registro y de monitorización no invasivo de PIC el ultrasonido ocular se esta posicionando para ser una herramienta de enorme impacto, gracias a su alta sensibilidad y especificidad para la detectar patologías tempranas neuro críticas y sus complicaciones además de otorgar seguimiento de afecciones neurológicas a pie de cama ya que es un estudio inocuo, accesible²⁹, dinámico gracias a esto permite se puede realizar a la cabecera del paciente tantas veces se requiera. Su principal utilidad es la detección, seguimiento de la HIC, ciertamente se dispone de información relacionada al ámbito del paciente enfermo en estado crítico, dicha información no es suficiente; por lo tanto nosotros queremos demostrar que si existe una adecuada correlación la medida de presión intracraneal por catéter PIC entre el diámetro de vaina del nervio óptico en pacientes pediátricos, podría ser un estudio prometedor a futuro, factible y poder detectar, guiar el manejo de patologías neurológicas durante el cuidado mediato e inmediato de nuestros pacientes pediátricos en la unidad de cuidados intensivos pediátricos y en unidades de segundo nivel donde no se cuente con acceso a tomografía o monitorización invasiva de presión intracraneal. En nuestro hospital se mantienen alrededor de 15 a 25 pacientes con necesidad de monitorización invasiva de la presión intracraneana anualmente, haciendo necesario un registro de la correlación de la medida de diámetro de vainas del nervio óptico con la medida intraparenquimal con PIC. Al ser globalmente difundido la medición de la PIC como un procedimiento estándar en pacientes pediátricos neurocríticos como parte de sus cuidados habituales³⁰, y en la UCIP del CHMH sede del anteproyecto, se pretende realizar la medición de la PIC en niños neurocríticos ya que es un procedimiento estándar que se realiza por más de veinte años, se cuenta con la factibilidad de simultáneamente medir la PIC mediante el DVNO, siendo la utilidad de los datos obtenidos de alta aplicación al ser la ecografía a pie de cama medición de menor costo y más asequible.

De encontrarse correlación positiva en población pediátrica sin duda aportará nuevos conocimientos y eficacia al sustento. La obtención de resultados favorables o desfavorables pueden aportar en gran cuantía y considerarse valiosos para la toma de decisiones e intensidad de manejo terapéutico de los pacientes pediátricos neuro críticos³¹. Siendo el personal paramédico o médico familiar de primer nivel quien recibe a dichos pacientes en primer contacto en el área de choque urgencias; se debe mencionar que este

estudio no genera problemas éticos, por tanto siendo muy viable, ya que en nuestra unidad se cuenta con el equipo e insumos necesarios estando disponibles nuestro servicio de atención las 24 horas los 365 días del año.



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El traumatismo craneoencefálico es un problema que arroja una alta morbilidad y secuelas neurológicas condicionan la calidad de vida del paciente, resultando en un paciente codependiente durante el transcurso de su vida. Además de condicionar pérdidas socioeconómicas al concluir con un paciente no productivo al sector económico, laboral y académico consecuencia de las secuelas neurológicas resultantes.

El Gold Estándar es la medición invasiva de la presión intracraneal, sin embargo presenta varios inconvenientes y es una gran condicionante al ser un método el cual requiere insumos de gran costo que no están disponibles en todas las unidades de atención así como demanda de la habilidad de personal calificado y experimentado en la colocación de mismo. Cabe mencionar que es un procedimiento que conlleva en sí mismo riesgo de infección, hemorragia, lesión de estructuras circundantes al sitio de inserción.

Aunque existe información que describe correlación del diámetro de la vaina del nervio óptico con aumento de la presión intracraneal, se tiene poca información estudiada en población pediátrica, el no saber la confiabilidad de ésta correlación en edad pediátrica genera incertidumbre, en consecuencia en manejo guiado por medición de vainas del nervio óptico en un niño en estado neuro crítico que vulnera la seguridad y juicio crítico en toma de decisiones, al no saber con qué intervalo de confianza podemos con eficacia tomar decisiones terapéuticas.

Se mantiene la duda en si podemos guiar el manejo en los pacientes consecuentemente , o hasta que momento tenemos permitido manejo farmacológico (medidas de primera y segunda línea), si existe un punto de corte en la medida de la vaina del nervio óptico que nos de banderas rojas para el inicio de terapéutica de tercera línea. Realizar este proyecto busca esclarecer las dudas previamente mencionadas, así como enriquecer la literatura en información en la población pediátrica.

La literatura nos aporta una formula para estimar la PIC con el diámetro de la vaina del nervio óptico.²³

$$\text{PIC} = (5.69 \times \text{VNO}) - 8.23 \text{ mmHg}$$

Por lo tanto con la anterior fórmula deriva la tabla 3, en la que se relaciona el diametro de la vaina del nervio óptico con la presión intracraneal²³:

Tabla 3: Valor estimado de presión intracraneal acuerdo a milímetros medidos de la vaina del nervio óptico.

DVNO mm	PIC mmHg
3	8
4	14
5	20
6	25
7	31
8	37

PREGUNTA DE INVESTIGACION

¿Existe correlación entre la presión intracraneal (PIC) estimada de forma no invasiva mediante el diámetro de la vaina del nervio óptico (DVNO) y la PIC medida de forma invasiva con monitor de PIC en mediciones simultáneas en pacientes pediátricos neurocríticos agudos del Hospital Centenario Miguel Hidalgo?

HIPÓTESIS

Existe correlación entre la medición de presión intracraneana no invasiva calculada mediante el diámetro de la vaina del nervio óptico con la presión intracraneana medida en forma invasiva con monitor de PIC en mediciones simultáneas en el mismo momento en pacientes pediátricos neurocríticos agudos del Hospital Centenario Miguel Hidalgo.

HIPÓTESIS NULA

No existe correlación entre la medición de presión intracraneana no invasiva calculada mediante el diámetro de la vaina del nervio óptico con la presión intracraneana medida en forma invasiva con monitor de PIC en mediciones simultáneas en el mismo momento en pacientes pediátricos neurocríticos agudos del Hospital Centenario Miguel Hidalgo.

HIPOTESIS ALTERNA

Existe correlación en situaciones especiales como lo son afecciones difusas bilaterales y supratentoriales, lo que no ocurre en lesiones unilaterales, de fosa posterior y troncoencefálicas.

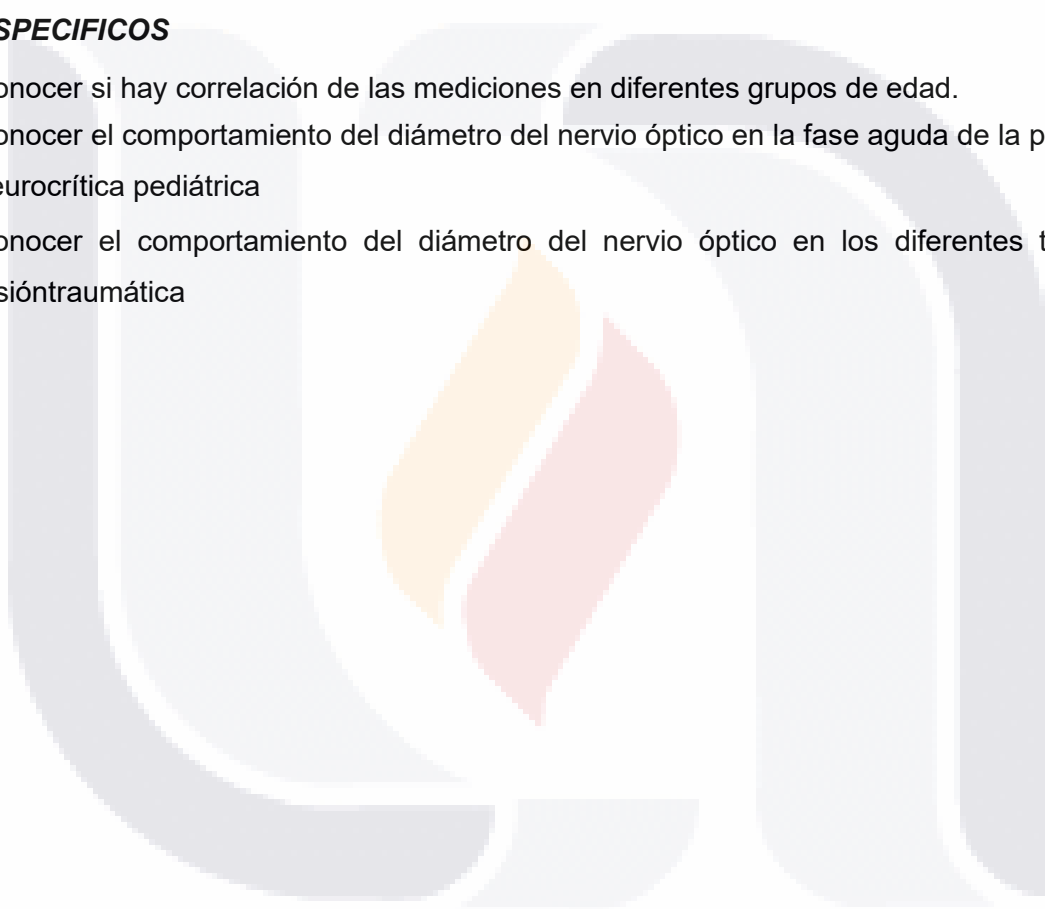
OBJETIVOS

GENERAL

Determinar si existe correlación entre la presión intracraneana calculada no invasivamente a través del el diámetro de la vaina del nervio óptico con la presión intracraneal medida invasivamente con catéter intraparenquimatoso medidas en forma simultánea en los pacientes pediátricos neurocríticos agudos del centenario hospital Miguel Hidalgo.

ESPECIFICOS

- Conocer si hay correlación de las mediciones en diferentes grupos de edad.
- Conocer el comportamiento del diámetro del nervio óptico en la fase aguda de la patología neurocrítica pediátrica
- Conocer el comportamiento del diámetro del nervio óptico en los diferentes tipos de lesióntraumática



CAPITULO II. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

a) TIPO DE INVESTIGACION

Observacional y prospectivo

b) UNIVERSO DE TRABAJO

Todo paciente pediátrico que fue ingresado a terapia intensiva pediátrica con diagnósticos asociado a condiciones neurocríticas, a quienes se les coloque catéter de presión intracraneal.

c) CRITERIOS DE INCLUSIÓN

- Pacientes pediátricos en estado neurocrítico que para su atención en la UCIP del CHMH se requieran como procedimiento estándar el monitoreo invasivo de la PIC con catéter intraparenquimatoso.
- Autorización por parte del familiar o tutor para participar en el estudio firmando la carta de consentimiento informado.

d) CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

- Pacientes diagnosticados con glaucoma
- Pacientes con traumatismo ocular que impida la realización del ultrasonido ocular
- Pacientes que tengan patología neurológica previa que modifique la normalidad de la vaina del nervio óptico

e) VARIABLES

DEFINICIÓN OPERACIONAL

DEFINICION OPERATIVA	DEFINICION	TIPO DE VARIABLE POR NATURALEZA	ESCALA DE MEDICION	CATEGORIA VALORES
Sexo	Características fenotípicas de un genotipo XX o XY (masculino/femenino)	Cualitativa	Nominal dicotómica	0=Mujer 1=Varón
Edad	Cantidad en años entre la fecha de inclusión al estudio y fecha del nacimiento	Cuantitativa continua	Razón	Años

Tipo de Lesión neurocrítica por Tomografía	Categoría de lesión conforme a la escala tomográfica de Lawrence Marshall	Cualitativa	Nominal	I=TAC normal.II=TAC anormal, cisternas basales permeables, sin línea media desviada <de 5 mm/masa < 25 cc, III=Cisternas basales swelling bilateral. IV=Desviación de línea media > 5 mm por Swelling Unilateral V= Masa Evacuada VI= Masa no evacuada > 25 cc
Medición Invasiva de la Presión Intracraneana	Cantidad en milímetros de mercurio de presión intracraneal medida con catéter de fibra óptica intraparenquimatoso	Cuantitativa continua	Razón	mmHg
Medición de la Presión intracraneal por diámetro de vaina del nervio óptico	Medición en mm a partir de 3 mm de la retina, medidos transversalmente en el diámetro del nervio óptico por ecografía	Cuantitativa	Razón	mmHg
Hipertensión intracraneana	Cifra de la Presión Intracraneana	Cuantitativa continua	Razón	Cifra numérica en mmHg por método invasivo
	Medida invasivamente que supere los 22 mmHg en el niño > 4 años y mayor a 15 mmH en el niño menor de 4 años Y medida por el DVNO que supere los 0.5 cm en niños > 4 años y mayor a 0.4 mm en niños < de 4 años.			y en milímetros por método tomográfico

Fase Aguda de patología Neuro crítica	Referido a los primeros cinco días pos-lesión	Cuantitativa	Razón	Días
---	---	--------------	-------	------

f) PLAN DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El presente estudio pretende evaluar la correlación entre la presión intracraneal (PIC) medida de forma invasiva mediante monitorización y la PIC estimada de manera no invasiva a través del diámetro de la vaina del nervio óptico en pacientes pediátricos neurocríticos agudos.

La población del estudio incluye pacientes pediátricos neuro críticos agudos hospitalizados en el Hospital Centenario Miguel Hidalgo que cumplan con los criterios de inclusión y exclusión establecidos. La muestra estará constituida por todos los pacientes con mediciones simultáneas de PIC invasiva y no invasiva disponibles.

MÉTODO DE SELECCIÓN DE LA MUESTRA

Se decidió tomar la muestra, incluyendo a todos los pacientes pediátricos con patologías neurocríticas que ingresaron a la unidad de terapia intensiva del Hospital. El objetivo fue recopilar información suficiente para evaluar la hipertensión intracraneal mediante la medida de la vaina del nervio óptico en un periodo de tiempo que constituyo de mayo de 2024 a septiembre de 2025. Se considero como tamaño mínimo de muestra 30 mediciones para poder obtener un valor estadístico certero.

MATERIAL Y METODOS

Materiales:

- Equipo de ultrasonido marca Philips, sistema de ultrasonido CX, CArt Philips modelo CX Cart Cáteter de Presión intracraneal y temperatura cerebral.
- Fibra óptica con transductor en la punta modelo 1104BT con tornillo CAMINO® INTEGRA® MPM-1 Monitor.

A continuación se describe como se realizó la técnica y la variabilidad interoperador, basados en este artículo: Pansell, J., Bell, M., Rudberg, P., Friman, O., & Cooray, C. (2022). Optic nerve sheath diameter measurement by ultrasound: Evaluation of a standardized protocol. *Journal of neuroimaging : official journal of the American Society of Neuroimaging*, 32(1), 104–110.

- Se utilizará un transductor lineal (onda de 5-10 MHz), que se coloca gel como líquido conductor sobre el párpado del paciente.

Monitoreo del paciente trans y post procedimiento:

Técnica descriptiva

El paciente en posición semifowler a 30 ° de elevación de cabecera. El transductor se coloca en un plano axial sobre la porción temporal del párpado superior cerrado y se aplica una capa gel conductor sobre el transductor del ultrasonido. De esta manera, la parte retrobulbar del nervio óptico se puede visualizar en un plano axial que muestra la papila y el nervio óptico en su recorrido longitudinal, se realizará medición horizontal y vertical.



Figura 3. Modos de colocación del transductor lineal para la medición del diámetro del nervio óptico

Tomado de: Jose L. Diaz Gomez, Robert A y Juan G, Ecografía multiorgánica en el intraoperatorio, ultrasonografía.

La medición y realización adecuada sigue los siguientes pasos los cuales se numeran continuación :

1.-Realización de criterios de calidad

- Selección de sonda y pre ajustes:
 - Utilizar una sonda lineal con una frecuencia mínima efectiva de 7.5 MHz.
- Si está disponible, usar el pre ajuste ocular en la máquina de ultrasonido.

2.-Seguridad

- Seguir los principios de ALARA (tan bajo como sea razonablemente posible),
- Índice mecánico (MI) ≤ 0.23 y un índice térmico (TI) ≤ 1.4 .
- Evitar la presión sobre el globo ocular durante el escaneo, usando suficiente gel de ultrasonido y apoyando la mano en la frente, el puente nasal o la mejilla del paciente.

- Desinfectar la sonda de ultrasonido entre usos. El uso de una cubierta transparente o un protector de sonda entre la sonda y el párpado debe ser opcional según el escenario clínico y la preferencia del paciente y el clínico.

3.-Posicionamiento

- Evitar la variabilidad del DVNO debido a diferentes posiciones del cuerpo, estandarizando la posición del cuerpo cuando sea posible.
- Mantener la mirada neutral del paciente o sujeto cuando sea posible.

4.-Imagen

- Obtener imágenes a través del párpado superior cerrado.
- Mantener el globo ocular en el centro del marco de la imagen cuando sea posible.
- Usar el eje axial (transversal) para obtener imágenes del DVNO, ajustando según sea necesario para coincidir con la trayectoria del nervio óptico.
- Alinear el eje de imagen con el eje del nervio óptico, donde el nervio óptico sea perpendicular al globo ocular y demuestre la longitud máxima a lo largo del marco de la imagen.
- Seleccionar la imagen con la diferenciación anatómica más clara de los componentes del nervio óptico y la vaina del nervio óptico, excluyendo cuidadosamente los artefactos de sombreado del lente o el disco óptico antes de realizar la medición del DVNO

5.-Medición

- Usar el nivel de la retina como estructura de referencia de profundidad.
- La profundidad de medición debe ser de 3 mm.
- Para la práctica clínica, la medición del DVNO debe consistir en el DVNO interno (DVNO int), definido como la longitud de la línea que conecta el punto de transición entre la banda hiperecoica y la línea hipoecoica circundante.
- La medición del DVNO debe realizarse en un ángulo de 90 grados con respecto al eje del nervio óptico.
- Medir y reportar el DVNO de ambos lados de manera independiente.
- Considerar reportar el DVNO basal y monitorear los cambios a lo largo del tiempo.

ASPECTOS ÉTICOS

Este estudio de investigación se aprobó basándose en el cumplimiento con las buenas Prácticas Clínicas y la Legislación Mexicana actualmente vigente en materia de investigación clínica por parte del Comité de Ética en Investigación del Centenario

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

Hospital Miguel Hidalgo el día 04 de noviembre del 2025, obteniéndose el número de registro 2024-R-09, cumpliendo lo establecido en el artículo 14 del reglamento de la ley general de salud en materia de investigación, la norma oficial mexicana NOM-012-SSA3-2012^{39,40}, de la misma manera se adoptó el principio de declaración de Helsinki⁴⁰ y guías internacionales de CIOMS y la OMS para investigaciones biomédicas en seres humanos. Durante el tiempo de recolección de información y datos durante del proyecto se mantuvo en todo momento la confidencialidad de los datos personales y los resultados de cada uno de los pacientes involucrados.

RECURSOS Y LOGÍSTICA

Humanos:

Médicos residentes de primer y segundo año de la subespecialidad de medicina del enfermo pediátrico en estado crítico, así como intensivistas pediatras fueron quienes tomaron la medida de la vaina del nervio óptico, previo una realización de variabilidad interoperator con el checklist antes mencionado, recolectaron los datos y realizaron el llenado en la hoja de recolección de datos

Materiales:

- Hojas de recolección de datos
- Memoria USB
- Sistema de cómputo para captura y procesamiento de información
- Expedientes clínicos
- Libreta de registro de ingreso-egreso de UCIP

Financieros:

Gastos de logística en el desarrollo del proyecto costeados por autores de protocolo

*LOS AUTORES DECLARAN NO CONTAR CON CONFLICTO DE INTERÉS

TABLA 4. CRONOGRAMA DE TESIS

	Marzo 2024	Mayo-junio 2024	Junio 2024	Noviembre 2024	Agosto-mayo 2025	Septiembre 2025	Octubre-Noviembre 2025	Enero 2026
Busqueda de información bibliográfica	x							
Elaboración de marco metodológico		x						
Presentación del trabajo al comité de investigación			x					
Recolección de datos con medición de la PIC y diámetro de vaina del nervio óptico				x				
Análisis de información					x			
Avance al comité y envío a revisión a Universidad						x	x	
Presentación de resultados y Tesis								x

CAPITULO III. RESULTADOS

Durante nuestro periodo de estudio comprendido entre el año 2024 a 2025 tuvimos 4 pacientes los cuales fueron de sexo masculino (100%), dentro de este estudio un 75% fueron pacientes con traumatismo craneoencefálico y un 25 % paciente con malformación arteriovenosa, dentro de estos el promedio de edad fue de 15 años.

Dentro del análisis estadístico a continuación presento los cambios descriptivos por paciente:

Tabla 5. Descripción por paciente (media (DE) y mediana [IQR])					
Características	N	1 N = 35	2 N = 12	3 N =30	4 N = 16
PIC (mmHg)	92				
Media (SD)		15.62 (4.49)	6.25 (3.93)	18.43 (5.24)	17.13 (4.15)
Mediana [Q1, Q3]		15.00 [12.00, 18.00]	6.50 [2.50, 9.50]	17.00 [15.00, 21.00]	16.50 [14.00, 19.50]
Desconocido		1	0	0	0
DVNO Izquierda (mm)	91				
Media (SD)		4.90 (0.61)	5.16 (0.49)	5.88 (0.75)	4.93 (0.50)
Mediana [Q1, Q3]		4.90 [4.50, 5.30]	5.05 [4.75, 5.40]	5.85 [5.20, 6.50]	4.90 [4.50, 5.35]
Desconocido		0	0	2	0
PIC calculada izquierda (mmHg)	93				
Media (SD)		19.36 (3.62)	21.27 (2.90)	24.14 (4.98)	19.65 (3.44)
Mediana [Q1, Q3]		19.75 [17.38, 21.36]	20.46 [18.80, 23.46]	24.79 [20.69, 28.00]	19.61 [17.38, 22.70]
DVNO derecha (mm)	93				

Media (SD)		4.99 (0.58)	5.15 (0.45)	5.82 (0.66)	5.06 (0.33)
Mediana [Q1, Q3]		5.00 [4.60, 5.40]	5.00 [4.80, 5.50]	6.00 [5.20, 6.40]	5.05 [4.85, 5.30]
PIC calculada derecha (mmHg)	93				

Media (SD)		19.97 (3.58)	20.90 (2.37)	24.71 (3.59)	20.61 (1.92)
Mediana [Q1, Q3]		20.22 [17.91, 22.49]	20.22 [19.04, 22.56]	25.91 [21.36, 27.48]	20.46 [19.33, 22.22]

Las tablas descriptivas por pacientes representan estadísticas resumidas de las variables de la presión intracraneal, diámetro de la vaina del nervio óptico y la presión intracraneal calculada para los 4 diferentes pacientes.

Se tienen una total de 93 mediciones de presión intracraneal distribuidas entre los grupos.

-Grupo 1- media, 15.62 (4.49) mmhg, lo que indica una presión intracraneal promedio moderada con una variabilidad de igual manera moderada.

-Grupo 2- bajo, 6.25 (3.93) mmHg, muestra valores que son más bajos de presión intracraneal resultando con menor variabilidad.

-Grupo 3-18.43- anto, (5.24) mmHg, con valores más altos y mayor variabilidad y consecuentemente con mayor variabilidad .

-Grupo 4- 17.13 (4.15) mmHg, similar al grupo 3 pero con menor variabilidad.

Tabla 6. Descriptivos globales (todas las observaciones)		
Variable	N	N = 93
PIC (mmHg)	92	
Media (SD)		15.58 (5.95)
Mediana [Q1, Q3]		15.00 [12.00, 19.00]
Min, Max		1.00, 32.00
Desconocido		1

DVNO Izquierda(mm)	91	
Media (SD)		5.24 (0.75)
Mediana [Q1, Q3]		5.10 [4.70, 5.70]
Min, Max		3.60, 7.10
Desconocido		2
PIC calculada izquierda (mmHg)	93	
Media (SD)		21.20 (4.49)
Mediana [Q1, Q3]		20.69 [18.56, 23.46]
Min, Max		12.29 , 32.04
DVNO derecha (mm)	93	

Media (SD)		5.29 (0.67)
Mediana [Q1, Q3]		5.10 [4.80, 5.70]
Min, Max		3.80 , 6.70
PIC calculada derecha (mmHg)	93	
Media (SD)		21.73 (3.80)
Mediana [Q1, Q3]		20.69 [19.04, 23.65]
Min, Max		12.51, 29.71

- Grupo 1: 15.00 (12.00, 18.00), estos valores nos indican que la mayoría de los valores están entre 12 y 18 mmHg
- Grupo 2: 6.50 (2.50, 9.50), con valores que son más bajos y concentrados entre 2.50 y 9.50 mmHg.
- Grupo 3: 17.00 (15.00, 21.00), con valores que son más altos y concentrados entre 15 y 21 mmHg.
- Grupo 4: 16.50 (14.00, 19.50), son datos similares al grupo 3 pero con un menor rango.

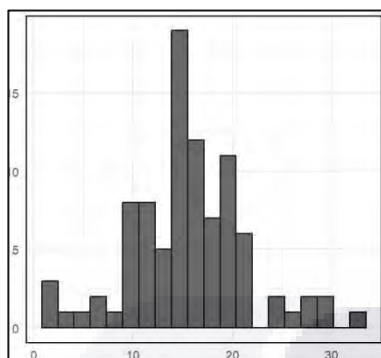
Tabla 7. Diámetro de vainas de nervio óptico por ojo.			
Características	N	Izquierdo N = 93	Derecho N = 93
DVNO (mm)	184		
Media (SD)		5.24 (0.75)	5.29 (0.67)
Mediana [Q1, Q3]		5.10 [4.70, 5.70]	5.10 [4.80, 5.70]
Min, Max		3.60, 7.10	3.80, 6.70
Desconocido		2	0

- Grupo 1: 4.90 (0.61) mm, esto indicando un diámetro promedio moderado con baja variabilidad.
- Grupo 2: 5.16 (0.49) mm, con esto valores ligeramente mayores y menor variabilidad.
- Grupo 3: 5.88 (0.75) mm, mostrando por lo tanto valores más altos y mayor variabilidad.
- Grupo 4: 4.93 (0.50) mm, hay un registro similar al grupo 1 pero con menor variabilidad.

Tabla 8. Presión intracraneal calculada por ojo			
Características	N	Izquierda N = 93	Derecha N = 93
Presión calculada (mmHg)	186		
Media (SD)		21.20 (4.49)	21.73 (3.80)
Mediana [Q1, Q3]		20.69 [18.56, 23.46]	20.69 [19.04, 23.65]
Min, Max		12.29, 32.04	12.51, 29.71

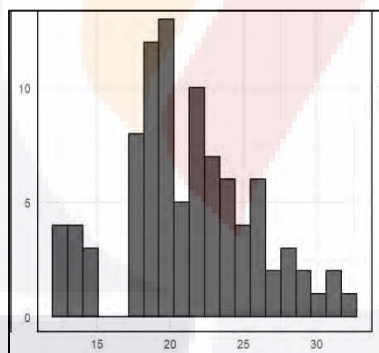
En esta gráfica 1 de histograma la mayoría de los valores encontrados de PIC se concentran entre 10 y 20 mmHg, con un pico alrededor de 15 mmHg, también podemos observar que hay algunos valores extremos que alcanzan hasta 30 mmHg, lo que hace referencia a la presencia de pacientes con presión intracraneal elevada. La distribución entre las gráficas indica que la presión intracraneal generalmente se encuentra moderada, con algunos casos de hipertensión intracraneal (>20 mmHg). La forma de la

distribución parece ser ligeramente asimétrica hacia la derecha, lo que podría indicar la presencia de valores altos en algunos pacientes.



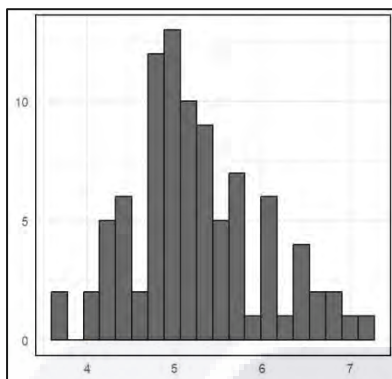
Gráfica 1. Valores de PIC

En esta gráfica 2 de histograma se encuentran entre 15 y 25 mmHg, con un pico alrededor de 20 mmHg, hay algunos valores extremos que superan los 30 mmHg, por lo tanto la presión intracraneal calculada del ojo izquierdo muestra una distribución similar a la PIC, con la mayoría de los valores en un rango moderado, la presencia de valores altos sugiere que algunos pacientes tienen presión intracraneal elevada.



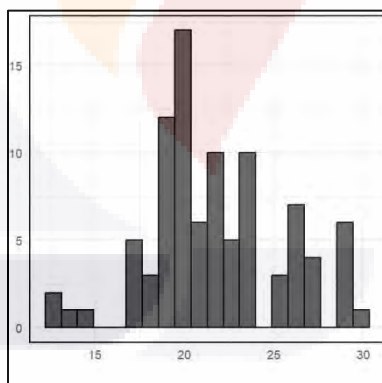
Gráfica 2. Presión intracraneal en ojo izquierdo por USG calculada en mmHg por USG

En esta grafica 3 de histograma los valores de DVNO izquierda se encuentran entre 4 y 6 mm, con un pico alrededor de 5 mm, hay algunos valores extremos que alcanzan hasta 7 mm, por lo tanto el diámetro de la vaina del nervio óptico del ojo izquierdo muestra una distribución más uniforme, con la mayoría de los valores en un rango moderado. Los valores extremos podrían estar relacionados con pacientes con presión intracraneal elevada.



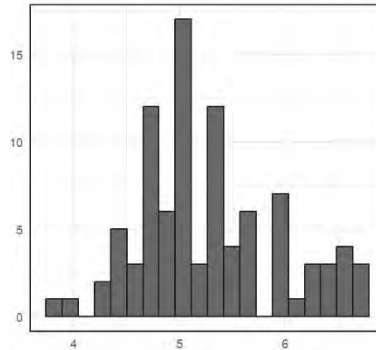
Gráfica 3. Presión intracraneal en ojo izquierdo por USG calculada en mm por USG

En esta grafica 4 de histograma los valores de presión intracraneal de ojo derecho se encuentran entre 15 y 25 mmHg, con un pico alrededor de 20 mmHg , hay algunos valores extremos que superan los 30 mmHg.Por lo tanto la presión intracraneal calculada del ojo derecho tiene una distribución similar a la del ojo izquierdo, lo que sugiere una correlación entre ambos ojos.La mayoría de los valores están en un rango moderado, pero hay casos de presión elevada.



Gráfica 4. Presión intracraneal en ojo derecho por USG calculada en mmHg por USG

En esta grafica 5 de histograma los valores de DVNO derecho se encuentran entre 4 y 6 mm, con un pico alrededor de 5 mm, hay algunos valores extremos que alcanzan hasta 7 mm, el diámetro de la vaina del nervio óptico del ojo derecho muestra una distribución similar al ojo izquierdo, lo que sugiere una correlación entre ambos ojos. Los valores extremos podrían estar relacionados con pacientes con presión intracraneal elevada.

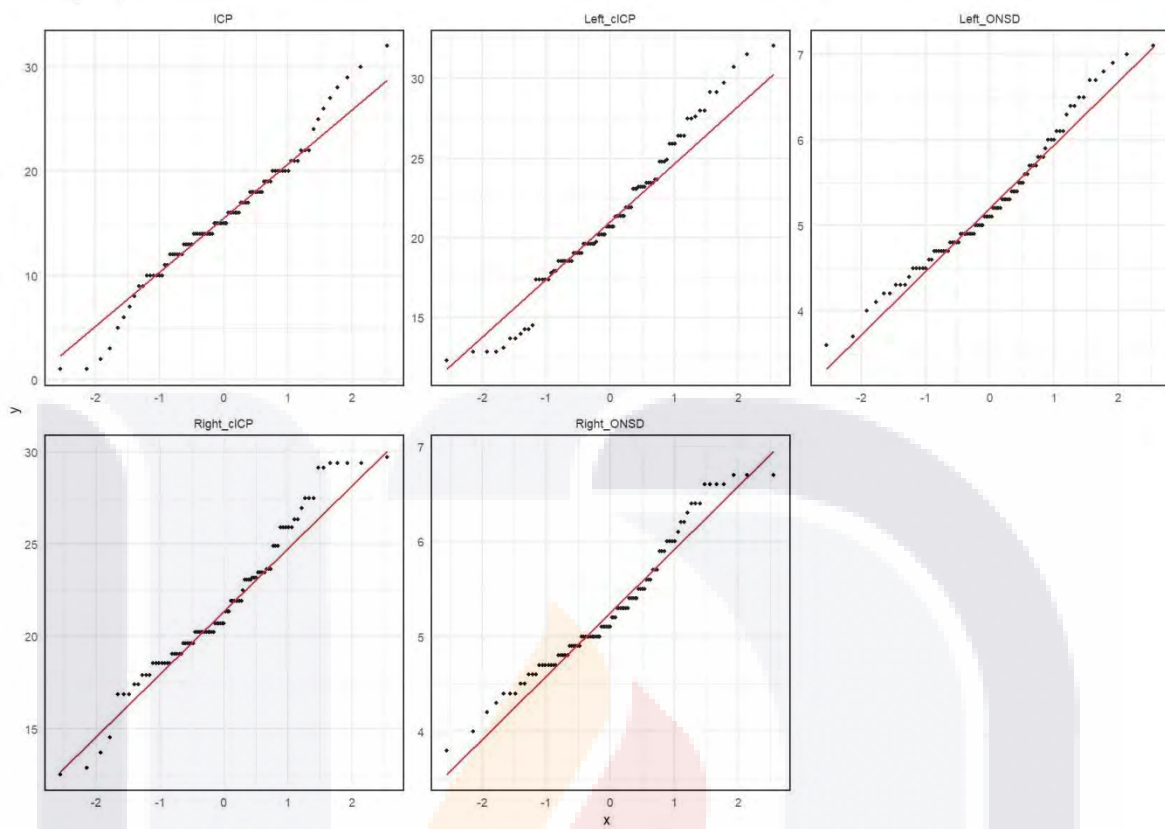


Gráfica 5. Presión intracraneal en ojo izquierdo por USG calculada en mm por USG

En esta gráfica Q-Q de dispersión de PIC (Presión intracraneal) se observan los puntos en el gráfico están sumamente alineados con la línea roja (representa la distribución normal esperada). Existen algunas desviaciones leves en los extremos, indicando la presencia de valores extremos en la distribución. En la interpretación la prueba de Shapiro-Wilk para esta variable muestra un p-valor de 0.091, esto indica que la distribución de la presión intracraneal puede considerarse normal ($p > 0.05$). Se observa también la gráfica de dispersión para DVNO izquierdo los puntos están sumamente alineados con la línea roja, aunque presenta ligeras desviaciones en los extremos. La prueba Shapiro-Wilk demuestra un p-valor de 0.0522, indicando que la distribución del diámetro de la vaina del nervio óptico izquierdo puede considerarse normal ($p > 0.05$).

Las variables PIC, DVNO izquierda y presión de la vaina izquierda calculada poseen distribuciones que pueden considerarse dentro de la normalidad, ya que sus puntos están alineados con la línea roja y los p-valores de la prueba de Shapiro-Wilk son mayores a 0.05.

Las variables DVNO derecha y presión calculada de la vaina derecha no demuestran una distribución normal, esto ya que sus puntos se desvían de la línea roja y los p-valores de la prueba de Shapiro-Wilk son menores a 0.05.



Gráfica 6 Dispersion de PIC, DVNO izquierda y derecha medida en mmHg y mm

Tabla 9. Pruebas de hipótesis para comparaciones izquierda vs derecha (Wilcoxon pareado)

Comparación	Prueba	Estadístico W	Valor p
Vaina del nervio óptico izquierda vs Vaina del nervio óptico derecha	Wilcoxon pareada	1,907.5	0.835
PIC calculada izquierda vs PIC calculada derecha	Wilcoxon pareada	1,857.5	0.554

La tabla de pruebas de hipótesis para comparaciones izquierda vs derecha (Wilcoxon pareado) evalúa las diferencias existen significativas si existen, entre las mediciones realizadas en el ojo izquierdo y el derecho para las variables DVNO y presión intracraneal calculada.

- El valor p es mayor a 0.05, esto nos indica que no hay diferencias estadísticamente significativas o relevantes entre la presión intracraneal calculada del ojo izquierdo y la del ojo derecho, esto nos sugiere que los valores de presión intracraneal calculada son similares entre ambos ojos en esta muestra.

En conclusión según los resultados de la prueba de Wilcoxon pareado, no se encuentran diferencias significativas entre las mediciones de DVNO y PIC calculada entre el ojo izquierdo y el derecho ($p > 0.05$ en ambas comparaciones).

Tabla 10. Tabla de correlaciones globales (Spearman)			
	n	Rho Spearman	Valor p
PIC ~ Vaina del nervio óptico izquierda	90	0.17	0.106
PIC ~ Vaina del nervio óptico derecha	92	0.16	0.124
PIC ~ PIC calculada izquierda	92	0.13	0.202
PIC ~ PIC calculada derecha	92	0.17	0.107
Vaina del nervio óptico izquierda ~ Vaina del nervio óptico derecha	91	0.80	<0.001
PIC calculada izquierda ~ PIC calculada derecha	93	0.67	<0.001

En la tabla 10 las correlaciones por Spearman que se demuestran entre PIC y las variables relacionadas con el diámetro de la vaina del nervio óptico y la presión intracraneal calculada son débiles y no son significativas ($p > 0.05$). Aunque, las correlaciones entre las mediciones de los ojos izquierdo y derecho son fuertes y son significativas ($p < 0.001$), esto indica una relación consistente entre las mediciones de ambos ojos.

Tabla 11. Correlaciones intra-paciente (Spearman)

Paciente	Rho Izquierdo	Rho Derecho
1	0.36947866	0.2277908
2	-0.20246479	-0.0406363
3	-0.36998914	-0.3183902
4	-0.07498146	0.1278811

La tabla 11 de correlaciones intra-paciente (Spearman) busca evaluar la relación entre la presión intracraneal y el diámetro de la vaina del nervio óptico en cada ojo (izquierdo y derecho) de forma individual para cada uno de los pacientes presentados. Lo que nos

muestra la tabla sobre las correlaciones intra paciente del paciente uno es que a correlación entre PIC y DVNO izquierda es positiva y es débil ($\rho = 0.369$). La correlación entre PIC y DVNO derecha es positiva y es muy débil ($\rho = 0.228$). Por lo tanto esto nos indica que, para el paciente 1, existe una relación débil entre el diámetro de la vaina del nervio óptico y la presión intracraneal en ambos ojos.

Por lo tanto las correlaciones que se muestran intra-paciente entre PIC y DVNO (izquierdo y derecho) son en general débiles, con valores de ρ que oscilan entre -0.370 y 0.369 . No se observa una relación consistente ni significativa entre el diámetro de la vaina del nervio óptico y la presión intracraneal dentro de ninguno de los pacientes. Esto nos sugiere que, a nivel individual, el DVNO no es un predictor confiable de la PIC al menos en esta muestra.

Tabla 12. Promedio de correlaciones (transformación de Fisher)

Ojo	Fisher
PIC ojo izquierdo	-0.07
PIC ojo derecho	0.00

La tabla 12 de promedio de correlaciones (transformación de Fisher) el promedio mostrado de las correlaciones entre PIC y el diámetro de la vaina del nervio óptico izquierdo es negativo y es muy débil ($\rho = -0.07$). Por lo tanto esto nos indica en consecuencia que, en general, no hay una relación relevante entre estas dos variables en el ojo izquierdo.

Respecto al promedio de las correlaciones entre las mediciones de PIC y el diámetro de la vaina del nervio óptico derecho es prácticamente nulo ($\rho = 0.00$). Esto nos indica nos y confirma que, en general, no hay una relación entre estas dos variables en el ojo derecho. Por lo tanto asumimos que los promedios de las correlaciones transformadas de Fisher demuestran que la relación entre PIC y DVNO (en ambos ojos) es extremadamente débil o prácticamente inexistente, así nos demuestra y refuerza la idea de que el diámetro de la vaina del nervio óptico no es un buen predictor de la presión intracraneal al menos en esta muestra.

Tabla 13. Modelos mixtos y prueba de equivalencia (± 2 mmHg/mm)									
Modelo	Pendiente (mmHg/mm)	SE	DF	IC90 bajo	IC90 alto	Delta (mmHg/mm)	p TOST izquierdo	p TOST derecho	Equivalente
PIC ~ VDNO izquierda	-0.1848	0.8008	86.86	-1.5162	1.1466	2	0.0129	0.0039	Sí
PIC ~ VDNO derecha	0.1371	0.8783	88.72	-1.3228	1.5970	2	0.0085	0.0184	Sí

En los modelos lineales mixtos con intercepto aleatorio por paciente, las pendientes que describen la relación entre el diámetro de la vaina del nervio óptico y la presión intracraneal invasiva fueron pequeñas y no significativas ($\beta = -0.18 \pm 0.80$ mmHg/mm para el ojo izquierdo y $\beta = 0.14 \pm 0.88$ mmHg/mm para el derecho; $p > 0.8$).

Los intervalos de confianza del 90 % para ambas pendientes se ubicaron dentro del margen clínico de equivalencia (± 2 mmHg/mm), y las pruebas t unilaterales (TOST) resultaron significativas ($p < 0.05$).

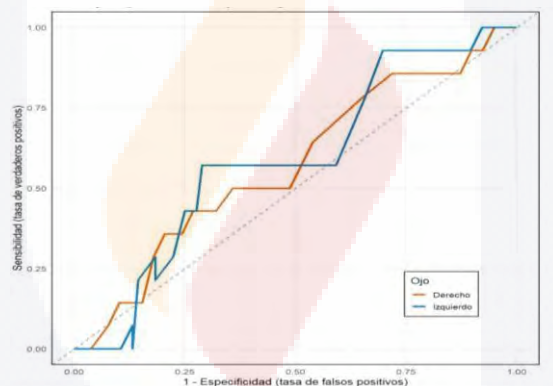
Estos resultados indican equivalencia clínica, apoyando la ausencia de una relación relevante entre el DVNO y la PIC invasiva en esta cohorte pediátrica.

La tabla 14 presenta los resultados de las curvas ROC (Receiver Operating Characteristic) para evaluar la capacidad del diámetro medido de la vaina del nervio óptico en ambos ojos (izquierdo y derecho) para detectar una presión intracraneal por arriba de 20 mmHg.

La curva ROC del ojo izquierdo tiene un AUC de 0.588, esto nos indica una capacidad discriminativa baja para detectar PIC > 20 mmHg, mientras la curva ROC del ojo derecho muestra un AUC de 0.572, de la misma manera con una capacidad discriminativa baja.

Tabla 14. vaina del nervio óptico (DVNO) en la detección de PIC > 20 mmHg						
Ojo	AUC	IC95 inferior	IC95 superior	Punto de corte (mm)	Sensibilidad	Especificidad
Vaina del nervio óptico izquierda	0.5879	0.4322	0.7435	5.45	0.571	0.711
Vaina del nervio óptico derecha	0.5719	0.4069	0.7368	5.55	0.429	0.731

En la gráfica 7 ambas curvas están cerca de la línea diagonal (que representa un modelo sin capacidad discriminativa), lo cual es sugestivo de que el diámetro de la vaina del nervio óptico no es un buen predictor de PIC > 20 mmHg en esta población estudiada. Respecto a la sensibilidad busca medir la capacidad del modelo para identificar correctamente los casos positivos (PIC > 20 mmHg).



Gráfica 7. Curvas ROC para el diámetro de la vaina del nervio óptico en la detección de PIC > 20 mmHg

En este estudio, los valores son bajos (57.1 % para el ojo izquierdo y 42.9 % para el derecho). Por lo tanto concluimos que los valores de AUC, sensibilidad y especificidad muestran que al menos en este estudio el diámetro de la vaina del nervio óptico no es un buen indicador para detectar PIC > 20 mmHg en esta población, aunque de igual forma se han identificado puntos de corte (5.45 mm para el ojo izquierdo y 5.55 mm para el derecho), se podría usar el mismo como un umbral que oriente al médico en su valoración al paciente, aunque su utilidad clínica es limitada debido a la baja capacidad discriminativa.

Por lo tanto la tabla como las curvas ROC nos muestran que el diámetro de la vaina del nervio óptico tiene una capacidad limitada para poder predecir la presencia de una presión intracraneal elevada (> 20 mmHg) en esta cohorte pediátrica. Así mismo aunque por otro

lado se identificaron puntos de corte (5.45 mm para el ojo izquierdo y 5.55 mm para el derecho), su utilidad clínica es limitada debido a la baja capacidad discriminativa.



CAPITULO IV DISCUSIÓN

En esta serie de 93 tomas de mediciones de diámetro de vaina del nervio óptico por ultrasonografía y presión intracraneal medida con catéter intraparenquimatoso, las mediciones ecográficas del diámetro de la vaina del nervio óptico nos muestran los valores medios de 5.24 ± 0.75 mm (ojo izquierdo) y 5.29 ± 0.67 mm (ojo derecho), con una presión intracraneal (PIC) media global de 15.6 ± 5.9 mmHg, nuestros pacientes fueron del sexo masculino, con promedio de 15 años, se tuvo tres pacientes con diagnóstico de traumatismo craneoencefálico y un paciente con malformación arteriovenosa, lo que significa que el 75% de nuestros paciente tuvieron trauma de craneo y requirieron monitorización de presión intracraneal con catéter intraparenquimatoso; muy similar a lo que refleja en la epidemiología donde los accidentes son una causa de morbilidad en esta edad. En un estudio realizado por Young et al. ellos realizaban ultrasonografía ocular para decidir si se colocaba el catéter de presión intracraneal, el diámetro del nervio óptico (DVNO) fue medido por observadores independientes y correlacionado con la presión intracraneal (PIC) de apertura en el momento de la inserción de sondas de monitorización invasivas en pacientes pediátricos con traumatismo craneoencefálico ingresados en el Hospital Addenbrookes entre enero de 2009 y diciembre de 2013, ellos tuvieron una edad media de 8.2 años, su población de pacientes fue en edad escolar a diferencia de nuestro estudio el cual nuestra población fue de pacientes adolescentes, ellos encontraron que la presión intracraneal (PIC) mediana fue de 18 ± 10 mmHg (mediana $\pm$ rango intercuartílico [RIC]), el diámetro medio del nervio óptico derecho (DVNO) fue de 5.6 ± 2.5 mm y el del izquierdo de 5.9 ± 3.2 mm. El coeficiente de correlación intraclass entre observadores fue de 0,91 ($p < 0,0001$). La correlación entre el DVNO medio y el DVNO máximo con la PIC fue de 0,712 ($p < 0,0001$) y 0,713 ($p < 0,0001$), respectivamente, por lo tanto los pacientes con una medición de vaina del nervio óptico >6.1 mm deben monitorizarse con catéter de presión intracraneal.²⁶

En nuestro estudio la sensibilidad y especificidad para el DVNO izquierdo fue de 57%, la especificidad del 71%, para el DVNO derecho se tuvo una sensibilidad del 42% y una especificidad del 73%, lo que demuestra que en este estudio el diámetro de la vaina del nervio óptico no es un buen indicador para detectar PIC > 20 mmHg en esta población, aunque de igual forma se han identificado puntos de corte (5.45 mm para el ojo izquierdo y 5.55 mm para el derecho), resultados los cuales no son comparables con el estudio realizado por Padayach donde analizaron datos de 174 pacientes pediátricos. La

repetibilidad y la variabilidad intraobservador fueron excelentes ($\alpha = 0,97-0,99$). La prueba de variabilidad interobservador reveló una buena correlación ($r = 0,89$, $p < 0,001$).²⁷

Las imágenes en el plano sagital mostraron una correlación ligeramente mejor con la PIC ($r = 0,66$, $p < 0,001$). La medición del diámetro del nervio óptico (DVNO) con la mejor precisión diagnóstica para detectar una PIC ≥ 20 mmHg en toda la cohorte de pacientes fue de 5,5 mm, con una sensibilidad del 93,2 %, una especificidad del 74 % y una razón de momios (RM) de 39,3.²⁷

Por lo tanto estos valores medidos de diámetro de la vaina del nervio óptico, están situados dentro del rango descrito en trabajos previos sobre pacientes en estado neurocrítico con elevación de la presión intracraneal, aunque estos valores superan los valores típicamente reportados en controles pediátricos sanos.

Cour-Andlauer et al, realizaron un estudio transversal, donde se midió el diámetro del nervio óptico (DVNO) en niños de 2 meses a 17 años con monitorización invasiva de la presión intracraneal (PIC): antes de la colocación de la sonda de PIC y durante los 60 minutos posteriores, y luego diariamente durante 3 días. El DVNO también se midió en un grupo de control, ellos encontraron que las etiologías de la lesión cerebral fueron traumatismo ($n = 72$), infección ($n = 17$) e ictus ($n = 8$), con un total de 97 pacientes, muy similar en cuanto a la etiología de nuestro estudio; la mediana del diámetro del nervio óptico (DVNO) fue de 5,58 mm [5,05-5,85]. El DVNO mostró un rendimiento deficiente para predecir la aparición de hipertensión intracraneal en las primeras 24 horas (área bajo la curva, 0,58). No se observaron diferencias significativas en el diámetro del nervio óptico (DVNO) entre los niños que presentaron hemorragia intracerebral (HIC) en las primeras 24 horas y los demás niños, con una mediana de 5,6 mm [5,1-5,9] y 5,4 mm [4,9-5,8], respectivamente, en su estudio no demostraron un punto de cohorte para predecir HIC.²⁸

La relación existente entre la medida del diámetro de la vaina del nervio óptico y la medición invasiva de la presión intracraneal en la literatura pediátrica es heterogénea: esto ya que algunos estudios nos muestran una correlación significativa y de buen poder diagnóstico para la detección de hipertensión intracraneal, mientras que otros estudios incluyendo algunas series pediátricas grandes y prospectivas, no encontrar una verdadera asociación robusta ni un rendimiento discriminativo aceptable y efectivo. Como ejemplo, estudios multicéntricos de años recientes no lograron demostrar una evidente capacidad predictiva fiable de la medición del diámetro de la vaina del nervio óptico para predecir o mostrar la aparición de hipertensión intracraneal en las primeras 24 horas de estado neurocrítico

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

(área bajo la curva AUC $\approx$ 0.58), por otro lado mientras que trabajos en poblaciones mixtas o adultas han reportado AUC mucho mayores y cortes óptimos en el rango de diámetro medido entre 5–6 mm. Esta heterogeneidad nos sugiere que el valor diagnóstico que posee la medición del diámetro de la vaina del nervio óptico depende en gran medida del contexto clínico, de la población y la metodología empleada en las mediciones realizadas. Una fuente probable de discrepancias que se ha mostrado entre los diferentes estudios y una de las limitaciones más importantes para la interpretación de nuestros resultados es la variabilidad técnica. Algunos ensayos que han empleado protocolos estandarizados (por ejemplo el denominado CLOSED y mediciones externas de la duramadre, han reportado una excelente reproducibilidad inter e intra-observador (ICC muy altos), evidentemente indicando que la estandarización de la obtención de imagen y por lo tanto del punto de medición reduce el ruido metodológico. Por lo tanto la falta de protocolos de uniformidad en la técnica de medición (axial vs coronal, uso o no de Doppler como referencias anatómicas, correcciones por diámetro globular u DVNO) pueden explicar en gran parte la variabilidad observada entre las diferentes series.²⁹

Por este motivo en nuestro estudio se realizó un checklist para estandarizar los pasos de medición del diámetro del nervio óptico y de esta manera poder disminuir la variabilidad intra e Inter operador. En el estudio CLOSED se comparan los dos métodos de medición diferentes del diámetro de la vaina del nervio óptico (medición de diámetro interno y medición de diámetro externo).²⁹

Basándonos en este protocolo estandarizado nos permitió realizar mediciones con alta confiabilidad y baja variabilidad entre evaluadores.

Otras consideraciones que influyen en la asociación de las medidas de PIC-DVNO son la sincronía temporal dada entre la medición ecográfica y la medición invasiva de PIC, el frecuente efecto del empleo de intervenciones terapéuticas (drenaje, maniobras ventilatorias, osmoterapia), la cronificación o historia previa de presión elevada y la edad del paciente, puesto que las normas de poblaciones pediátricas de mediciones de diámetro de la vaina del nervio óptico varían con la edad.

Entre las limitaciones se cuentan en nuestro estudio y que arrojan la posible heterogeneidad en los resultados son: la falta de sincronía absoluta entre las mediciones, el empleo de terapéutica para disminuir la presión intracraneal antes y durante la toma de la medición del diámetro del nervio óptico por ultrasonografía, diversidad de las edades y el número de pacientes que al ser un estudio prospectivo solo se incluyeron 4 pacientes

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

pediátricos en estado neurocrítico, reconocemos que esto puede afectar la generalizabilidad y los resultados obtenidos en este estudio. Estas limitaciones explican en parte la evidente discordancia con algunos estudios previos y deben ser abordadas en nuestros futuros trabajos.



CONCLUSIONES

En conjunto, dentro de nuestras observaciones se integran en una literatura pediátrica heterogénea que muestra que la medida del diámetro de la vaina del nervio óptico por ecografía puede reflejar cambios en la presión intracraneal, pero su rendimiento diagnóstico al menos dentro de la población pediátrica depende críticamente de la técnica empleada, de la sincronía temporal y las características del paciente.

Si bien nuestros resultados obtenidos no son comparados como muchos que se encuentran dentro de la bibliografía podríamos utilizar puntos de corte (5.45 mm para el ojo izquierdo y 5.55 mm para el derecho), sugiriendo que ese paciente probablemente tenga hipertensión endocraneal, podríamos usar el mismo como un umbral que oriente al médico en su valoración al paciente, aunque su utilidad clínica es limitada debido a la baja capacidad discriminativa, sin embargo algo importante y que nunca debemos dejar atrás es la valoración clínica y los datos de neurodeterioro que son bien conocidos.

La estandarización metodológica y análisis estratificados por grupo etario/etiología y medición a la par en tiempo real entre mediciones son pasos estrictos y necesarios para validar el uso clínico de la DVNO en búsqueda de métodos no invasivos de diagnóstico y monitorización de presión intracraneal en pediatría, y en conjunto tanto clínica, utilizando escalas se podrá realizar un mejor monitoreo de nuestros pacientes.

Esta investigación esperaba encontrar una correlación, la cual no se encontró sin embargo puede apoyar en la sospecha de hipertensión endocraneana y apoyar a aquellos hospitales o centros de atención donde no se cuente con acceso a un tomógrafo por lo que puede ayudar a centros de escasos recursos. Contamos con la ventaja de ser un centro de referencia de pacientes neurocríticos y de ser una terapia que alberga becarios de pediatría de “Nayarit” o del CHMH y de otras especialidades apoyando al adiestramiento y conocimiento de la técnica que ellos podrán reproducir en sus centros de formación y así enriquecer exponencialmente nuestro sistema de salud.

Este estudio contribuye a la literatura pediátrica mexicana sobre la correlación entre el diámetro de la vaina del nervio óptico y presión intracraneal una área con información limitada en la población de Latinoamérica. Así mismo contribuye a la sociedad de investigadores en detectar las limitaciones de este estudio para poder apoyar a la línea de investigación a futuros proyectos de investigación a pulir y mejorar los resultados corrigiendo las limitaciones detectadas. Además contribuye a poder tomar puntos de corte para intensificar terapéutica ante sospecha de presión intracraneal y reafirma el

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

valor predictivo negativo de las vainas del nervio óptico para la detección de hipertensión intracraneal, cabe mencionar que es un método valioso reproducible a pie de cama , con una curva de aprendizaje corta y libre de radiación.



GLOSARIO

Traumatismo craneo encefálico- Lesión adquirida del encéfalo que ocurre cuando un traumatismo directo o indirecto daña al cráneo y las estructuras que este contiene.

Sistema nervioso central (SNC) – Conjunto de cerebro y médula espinal encargado de procesar información y coordinar funciones.

Embriogénesis – Desarrollo del embrión desde la fertilización hasta la formación de órganos y sistemas.

Placa neural – Estructura embrionaria que origina el sistema nervioso central.

Vesículas encefálicas – Formación embrionaria del cerebro: prosencéfalo, mesencéfalo y rombencéfalo.

Prosencéfalo – Región embrionaria anterior del cerebro, precursor del telencéfalo y diencefalo.

Mesencéfalo – Región media del cerebro, incluye el acueducto de Silvio.

Rombencéfalo – Región posterior del cerebro que origina metencéfalo y mielencéfalo.

Telencéfalo – Derivado del prosencéfalo, forma los hemisferios cerebrales y la corteza.

Diencefalo – Parte del prosencéfalo que forma tálamo, hipotálamo, epitálamo y subtálamo.

Metencéfalo – Región del rombencéfalo que origina cerebelo y protuberancia.

Mielencéfalo – Parte del rombencéfalo que forma la médula oblonga o bulbo raquídeo.

Tálamo – Centro de relevo sensorial hacia la corteza cerebral.

Hipotálamo – Núcleo regulador del sistema endocrino y homeostasis.

Epitálamo – Estructura diencefalo relacionada con la glándula pineal.

Subtálamo – Región diencefalo que participa en control motor.

Vaina del nervio óptico (VNO) – Revestimiento meníngeo que rodea el nervio óptico y transmite cambios de PIC.

Líquido cefalorraquídeo (LCR) – Fluido que protege, amortigua y mantiene homeostasis en el SNC.

Presión intracraneal (PIC) – Fuerza ejercida por el contenido intracraneal sobre las paredes del cráneo.

Hipertensión intracraneal (HIC) – Elevación patológica de la PIC, mayor a 20 mmHg en adultos.

Catéter intraventricular / drenaje ventricular externo (DVE) – Dispositivo para medir PIC y drenar LCR.

Catéter intraparenquimatoso – Sensor implantado en parénquima cerebral para medir PIC de forma continua.

Catéter subdural – Medición de PIC sobre la superficie cerebral, menos preciso que intraventricular.

Catéter epidural – Medición de PIC entre duramadre y cráneo.

Ultrasonografía (US) – Técnica de imagen no invasiva basada en ondas sonoras.

Diámetro de la VNO – Medida ultrasonográfica para estimar la PIC.

Papila óptica – Punto de salida de axones del nervio óptico hacia la retina.

Circunvoluciones – Pliegues de la corteza que aumentan la superficie cortical.

Surcos – Depresiones entre circunvoluciones en la corteza cerebral.

Axones – Prolongaciones neuronales que conducen impulsos hacia otras células.

Dendritas – Extensiones neuronales que reciben señales de otras neuronas.

Mielina – Capa lipídica que recubre axones y acelera conducción nerviosa.

Oligodendrocitos – Células gliales responsables de la mielinización en SNC.

Astroцитos – Células gliales que regulan el microambiente y soporte metabólico neuronal.

Barrera hematoencefálica – Estructura que protege al cerebro de toxinas y regula nutrientes.

Perfusión cerebral – Flujo sanguíneo cerebral que suministra oxígeno y nutrientes.

Presión de perfusión cerebral (PPC) – Diferencia entre presión arterial media y PIC.

Osmoterapia – Uso de manitol o salina hipertónica para disminuir edema cerebral.

Quiasma óptico – Estructura donde se cruzan parcialmente las fibras de ambos nervios ópticos.

Electroencefalografía (EEG) – Registro de actividad eléctrica cerebral.

Monro-Kellie – Teoría que describe el balance de volumen entre cerebro, LCR y sangre.

Hiperventilación controlada – Estrategia para reducir PIC mediante disminución de CO₂.

Edema cerebral – Acumulación de líquido en el parénquima que aumenta PIC.

Craniectomía descompresiva – Intervención quirúrgica para reducir presión intracraneal elevada.

Neurocrítico – Relativo al cuidado de pacientes con lesiones graves del SNC.

Neuroimagen – Técnicas de imagen médica para estudiar el SNC (TC, RM).

Traumatismo craneoencefálico (TCE) – Lesión cerebral por fuerza externa que puede elevar PIC.



REFERENCIAS BILIOGRÁFICAS

- 1- Bayona F. Desarrollo embrionario del sistema nervioso central y órganos de los sentidos: revisión. Univ Odontol. 2012 Ene-Jun; 31(66): 125-132.
- 2- Akuthota, V., & Tobey, J. (2008). Interventional Spine. In Interventional Spine (Capítulo xx). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-7216-2872-1.50076-5>
- 3- 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. Neurología (Barcelona). 2015;30(1):16–22. <https://doi.org/10.1016/j.nrl.2012.09.002>
- 4- Hammond F. Deficiencias visuales en 13 niños: diagnósticos, causas y pronóstico. Arch Venez Pueric Pediatr. 2011;74(4):147–152. https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S000406492011000400003&script=sci_arttext
- 5- Hernández-Rojas PE. Biometría del cráneo y sistema ventricular cerebral fetal. Arch Venez Pueric Pediatr. 2016;79(3):103–108. https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S004877322016000300003&script=sci_arttext
- 6- Ramella M. Neurorradiología en neuro-oftalmología. Arch Venez Pueric Pediatr. 2005;68(2):69–75. https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0367-47622005000200004&script=sci_arttext
- 7- Oviedo Guarino JC. Eco doppler de la arteria oftálmica en pacientes con hipertensión intracraneal. Arch Venez Pueric Pediatr. 2016;79(3):109–114. https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0048-77322016000300007&script=sci_arttext
- 8- Muci-Mendoza R. Veinticinco años de la Unidad de Neuro-oftalmología del Hospital Universitario de Caracas. Arch Venez Pueric Pediatr. 2007;70(4):153–158. https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0367-47622007000400008&script=sci_arttext
- 9- Suárez Suárez A, Carmona Domínguez A, Reyes Pérez MM, Montelongo F de J, Coria Ladrón de Guevara VL, Islas Ávila RE. Medición del diámetro de la vaina del nervio óptico por ultrasonografía versus tomografía simple de cráneo en pacientes con trauma craneoencefálico. Medicina Crítica. 2020;34(4):221–230. <https://doi.org/10.35366/95877>
- 10- Esper RC, del Moral OR, Santana JAC, González JPR. Diámetro de la vaina del nervio óptico. Una herramienta para el monitoreo dinámico de la hipertensión intracraneana. Medigraphic.com. [citado 4 may 2024]. Disponible en:

<https://www.medigraphic.com/pdfs/medcri/ti-2016/ti164h.pdf>

11-Rodríguez, A. P. (1999). Fisiología de la presión intracraneana: Un análisis al papel de la "compliance". *NeuroEje*, 13(2), 50-54. Recuperado de

<https://www.binasss.sa.cr/revistas/neuroeje/v13n2/art6.pdf>

12- Kochanek PM, Tasker RC, Bell MJ, Adelson PD, Carney N, Vavilala MS, et al. Management of Pediatric Severe Traumatic Brain Injury: 2019 Consensus and Guidelines-Based Algorithm for First and Second Tier Therapies. *Pediatr Crit Care Med*. 2019 Mar;20(3):269–279. doi:

10.1097/PCC.0000000000001737

13- D., NB. Monitoreo de presión intracraneana: indicaciones y técnica. *Cirujanosdechile.cl*.

[citado 4 may 2024]. Disponible en:

https://cirujanosdechile.cl/revista_anteriores/PDF%20Cirujanos%202004_06/Rev.Cir.6.04.%2803%29.AV

14- Kimberly HH, Shah S, Marill K, Noble V. Correlation of optic nerve sheath diameter with direct measurement of intracranial pressure. *Acad Emerg Med*. 2008;15(2):201–204. <https://doi.org/10.1111/j.1553-2712.2007.00031.x>

15- García Arellano M. Asistencia del Paciente con traumatismo Craneoencefálico. Departamento de Pediatría Centenario Hospital Miguel Hidalgo. 2022

16- Sahonero, M. J. (2019). Protocolo de cuidados del captor de PIC (presión intracraneal) [Trabajo integrador final, Especialización en Enfermería en el Cuidado del Paciente Crítico]. Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Médicas.

17- Ali MA, Hashmi M, Shamim S, Salam B, Siraj S, Salim B. Correlation of optic nerve sheath diameter with direct measurement of intracranial pressure through an external ventricular drain. *Cureus*. 2019;11(9). <https://doi.org/10.7759/cureus.5777>

18- Singh V, Gupta N, Jafa S. Correlation of positive end-expiratory and intracranial pressure using the ultrasonographic-guided measurement of optic nerve sheath diameter traumatic brain injury patients. *Neurol India*. 2021;69(6):1670. <https://doi.org/10.4103/00283886.333532>

19- Islas Ávila, Roberto Emmanuel, Coria Ladrón de Guevara, Valeria Leticia, Montelongo, Felipe de Jesús, Reyes Pérez, María Magdalena, Carmona Domínguez, Aurea, & Suárez Suárez, Araceli. (2020). Medición del diámetro de la vaina del nervio óptico por ultrasonografía versus tomografía simple de cráneo en pacientes con trauma

craneoencefálico. Medicina crítica (Colegio Mexicano de Medicina Crítica), 34(4), 221-230. Epub 25 de abril de

2022.<https://doi.org/10.35366/95877>

20-Jang YE, Nam S, Ji SH, Kim EH, Lee JH, Jung JH, et al. Effect of end-tidal carbon dioxide level on the optic nerve sheath diameter measured by transorbital ultrasonography in anesthetized pediatric patients: A randomized trial. Paediatr Anaesth. 2022;32(6):754–763. <https://doi.org/10.1111/pan.14437>

21- Hajat Z, Dinsmore M, Venkatraghavan L. High-fidelity training model for measurement of dynamic optic nerve sheath diameter using transorbital ultrasonography. J Neurosurg Anesthesiol. 2020;32(3):256–262. <https://doi.org/10.1097/ana.0000000000000592>

22- Abbinante G, Vitiello L, Coppola A, Salerno G, Gagliardi V, Pellegrino A. Optic Nerve Ultrasound Evaluation in Children: A Review. Diagnostics (Basel). 2023;13(3):535. <https://doi.org/10.3390/diagnostics13030535>

23- Zamarrón, E. I. (2019). Monitoreo de la presión intracraneal por medición de la vaina del nervio óptico en el área de urgencias. Boletín Científico Independiente. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.32630.24646> repositorio.unan.edu.ni

24- Farhad H, Yilmaz MS, Kilic O, Ekmekci H. Noninvasive and quantitative intracranial pressure estimation using ultrasonographic measurement of optic nerve sheath diameter. J Clin Ultrasound. 2019;47(3):144–151. <https://doi.org/10.1002/jcu.22672>

25- Pansell, J., Bell, M., Rudberg, P., Friman, O., & Cooray, C. (2022). Optic nerve sheath diameter measurement by ultrasound: Evaluation of a standardized protocol. Journal of neuroimaging : official journal of the American Society of Neuroimaging, 32(1), 104–110. <https://doi.org/10.1111/jon.12936>

26- Young, A., Guilfoyle, M., Donnelly, J. et al. Correlación entre el diámetro de la vaina del nervio óptico y la presión intracraneal de apertura en traumatismos craneoencefálicos pediátricos. Pediatr Res 81 , 443–447 (2017). <https://doi.org/10.1038/pr.2016.165>

27- Padayachy, V., Galal, U., Gray, R., & Fieggen, A. G. (2016). The relationship between transorbital ultrasound measurement of the optic nerve sheath diameter (ONSD) and invasively measured ICP in children : Part I: repeatability, observer variability and general analysis. Child's nervous system : ChNS : official journal of the International Society for Pediatric Neurosurgery, 32(10), 1769–1778. <https://doi.org/10.1007/s00381-016-3067-5>

- 28- Cour-Andlauer, F., Portefaix, A., Wroblewski, I., Rabilloud, M., Bordet, F., Cogniat, B., Didier, C., Pouyau, R., Valla, F. V., Kassai-Koupai, B., Siméon, G., Ginhoux, T., Courtil-Teyssedre, S., & Javouhey, E. (2022). Predictive value of optic nerve sheath diameter for diagnosis of intracranial hypertension in children with severe brain injury. *Frontiers in Pediatrics*, 10, Article 894449. <https://doi.org/10.3389/fped.2022.894449>
- 29-Loayza, K. (2023). Measurement of the optic nerve sheath with the usual measurement method and the CLOSED protocol: Concordance study among the doctors of the intensive care unit of the General Teaching Hospital of Ambato. *Salud, Ciencia y Tecnología*, 3. <https://doi.org/10.56294/saludcyt2023308>
- 39 -Secretaría de Salud (México). Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud. Diario Oficial de la Federación. 1987 Feb 6.
- 40-World Medical Association. World Medical Association Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects. *JAMA*. 2013;310(20):2191-2194.
- 41-Secretaría de Salud. (2012). Norma Oficial Mexicana NOM-012-SSA3-2012, que establece los criterios para la ejecución de proyectos de investigación para la salud en seres humanos. Diario Oficial de la Federación. [Hhttps://dof.gob.mx](https://dof.gob.mx).

ANEXOS

ANEXO A

HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS



POSGRADO MEDICINA DEL ENFERMO PEDIÁTRICO EN ESTADO CRÍTICO

HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

CORRELACION DE LA MEDICIÓN DE PRESIÓN INTRACRANEANA (PIC)
 POR METODO NO INVASIVO (DVNO-ULTRASONOGRAFICO) E INVASIVO (PARENQUIMAL) EN PACIENTE
 PEDIÁTRICO NEUROCRÍTICO AGUDO DEL CENTENARIO HOSPITAL MIGUEL HIDALGO

Caso No _____ NOMBRE: (abreviado) _____ NUMERO EXPEDIENTE _____

EDAD: _____ GENERO: _____ TIPO DE LESIÓN NEUROCRITICA POR TAC: _____

LM-I () LM-II () LM-III () LM-IV () LM-V () LM-VI () No Especificada ()

DIA 1 Fecha _____ Horas _____

Medición	Matutino (operador)		Vespertino (operador)		Nocturno (operador)	
	Nombre y firma		Nombre y firma		Nombre y firma	
DVNO Derecha						
DVDO Izquierda						
Valor de PIC por Monitor						
Valor de PIC por fórmula con VNO						

DIA 2 Fecha _____ Horas _____

ANEXO B

CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPAR EN EL PROYECTO



CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPAR EN EL PROYECTO:

CORRELACIÓN DE LA MEDICIÓN DE PRESIÓN INTRACRANEANA (PIC) POR METODO NO INVASIVO (DVNO) E INVASIVO (PARENQUIMAL) EN PACIENTES PEDIÁTRICOS DEL CENTENARIO HOSPITAL MIGUEL HIDALGO

FECHA DE PREPARACIÓN: 23.09.2025

Investigador principal: Munguia Chavez Sergio Erik

Dirección del investigador: Laguna de las Palomas 913, Colonia Nueva Oxtotitlán/

Teléfono de contacto del investigador (Incluyendo uno para emergencias): 7221332520

Investigadores participantes: Dr. Jesús Alonso Goona Espejo/Dra Deyra Guadalupe Hernández Ortiz/Dr. Juan Manuel Márquez Romero

Nombre del patrocinador del estudio: No aplica

Dirección del patrocinador: No aplica

Versión del consentimiento informado y fecha de su preparación: 01.05.2024

INTRODUCCIÓN:

Por favor, tome todo el tiempo que sea necesario para leer este documento, pregunte al investigador sobre cualquier duda que tenga.

Este consentimiento informado cumple con los lineamientos establecidos en el Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud, la Declaración de Helsinki y a las Buenas Prácticas Clínicas emitidas por la Comisión Nacional de Bioética.

Para decidir si participa o no en este estudio, usted debe tener el conocimiento suficiente acerca de los riesgos y beneficios con el fin tomar una decisión informada. Este formato de consentimiento informado le dará información detallada acerca del estudio de investigación que podrá comentar con su médico tratante o con algún miembro del equipo de investigadores. Al final se le invitará a que forme parte del proyecto y de ser así, bajo ninguna presión o intimidación, se le invitará a firmar este consentimiento informado.

Procedimiento para dar su consentimiento. Usted tiene el derecho a decidir si quiere participar en esta investigación, y se puede tomar todo el tiempo que requiera para considerar esta invitación. El investigador le explicará ampliamente los beneficios y riesgos del proyecto sin ningún tipo de presión y tendrá todo el tiempo que requiera para pensar, solo o con quien usted decida consultarlo, antes de decirle al investigador acerca de su decisión. Esta decisión no tendrá efecto alguno sobre su atención médica en el Instituto. Al final de esta explicación, usted debe entender los puntos siguientes:

- i. La justificación y los objetivos de la investigación.
- ii. Los procedimientos que se utilizarán y su propósito, incluyendo la identificación de qué son procedimientos experimentales.
- iii. Los riesgos o molestias previstos.

Reducir el sometimiento a radiación de los pacientes.

Disminuir el costo de atención mejorando la calidad de vida del niño, su familia y a su entorno social.

Optimizar uso de insumos en nuestro hospital y adecuar manejo temprano ya que el síndrome de cráneo hipertensivo es una patología tiempo dependiente y de esta forma mejorar el pronóstico y morbilidad de los pacientes pediátricos con sospecha o diagnóstico de síndrome de hipertensión intracraneal.

CONSIDERACIONES ECONÓMICAS

Ninguna

COMPENSACION

En caso de sospecha de desprendimiento de retina se otorgara valoración por el servicio de oftalmología del hospital centenario Miguel Hidalgo.

ALTERNATIVAS A SU PARTICIPACIÓN:

EL tratamiento y manejo se otorgara independientemente de decidir participar o no en el estudio.

POSIBLES PRODUCTOS COMERCIALES DERIVABLES DEL ESTUDIO:

Los resultados o materiales obtenidos en el estudio serán propiedad del Centenario Hospital Miguel Hidalgo. Si un producto comercial es desarrollado como resultado del estudio, tal insumo será propiedad del Centenario Hospital Miguel Hidalgo o quienes ellos designen. En tal caso, usted no recibirá un beneficio financiero por el mismo.

ACCIONES A SEGUIR DESPUÉS DEL TÉRMINO DEL ESTUDIO:

Usted puede solicitar los resultados de sus exámenes clínicos y de las conclusiones del estudio:

La investigación es un proceso largo y complejo. El obtener los resultados finales del proyecto puede tomar varios meses.

PARTICIPACIÓN Y RETIRO DEL ESTUDIO:

Su participación es VOLUNTARIA. Si usted decide no participar, no se afectará su relación con el Centenario Hospital Miguel Hidalgo o su derecho para recibir atención médica o cualquier servicio al que tenga derecho. Si decide participar, tiene la libertad para retirar su consentimiento e interrumpir su participación en cualquier momento sin perjudicar su atención en el Centenario Hospital Miguel Hidalgo. Se le informará a tiempo si se obtiene nueva información que pueda afectar su decisión para continuar en el estudio.

El investigador puede excluirlo del estudio.

El estudio puede ser terminado en forma prematura si : **No aplica**

Los procedimientos que serán necesarios si usted termina su participación en el estudio son: **Ninguno**

- IV. Los beneficios que se pueden observar.
- V. Los procedimientos alternativos que pudieran ser ventajosos para usted
- VI. Garantía para recibir respuestas a las preguntas y aclarar cualquier duda sobre los procedimientos, riesgos, beneficios y otros asuntos relacionados con la investigación y el tratamiento de la materia.
- VII. La libertad que tiene de retirar su consentimiento en cualquier momento y dejar de participar en el estudio, sin que por ello se afecte su atención y el tratamiento en el Instituto.
- VIII. La seguridad de que no se le va a identificar de forma particular y que se mantendrá la confidencialidad de la información relativa a su privacidad.
- IX. El compromiso del investigador de proporcionarle la información actualizada que pueda ser obtenida durante el estudio, aunque esto pudiera afectar a su disposición para continuar con su participación.
- X. La disponibilidad de tratamiento médico y compensación a que legalmente tiene derecho, en el caso de que ocurran daños causados directamente por la investigación.
Puede solicitar más tiempo o llevar a casa este formulario antes de tomar una decisión final en los días futuros.

INVITACION A PARTICIPAR Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Estimado Sr(a), _____

El Centenario Hospital Miguel Hidalgo, a través del grupo de investigación, le invita a participar en este estudio de investigación que tiene como objetivo: Medir el ancho del ojo por ultrasonido y ver si hay presión alta en el cráneo

La duración del estudio es: un año prospectivo

El número aproximado de participantes será: 15 a 25

Usted fue invitado al estudio debido a que tiene las siguientes características:

Su hijo o hija tienen presión elevada dentro de su cráneo, es un paciente con antecedente de trauma de cráneo o enfermedad en el cráneo

PROCEDIMIENTOS DEL ESTUDIO

Su participación en el estudio consiste en: Poner un dispositivo en el cráneo para ver si tiene presión alta y medir el ancho del ojo por ultrasonido.

Los procedimientos del estudio incluyen la realización de: **medición de diámetro de vaina del nervio óptico correlacionado con medida de PIC en pacientes con terapia estándar invasiva.**

Las responsabilidades de los participantes incluyen:

Ninguno

RIESGOS E INCONVENIENTES

Ninguno

BENEFICIOS POTENCIALES

Reducir el sometimiento a radiación de los pacientes.

Disminuir el costo de atención mejorando la calidad de vida del niño, su familia y a su entorno social.

Optimizar uso de insumos en nuestro hospital y adecuar manejo temprano ya que el síndrome de cráneo hipertensivo es una patología tiempo dependiente y de esta forma mejorar el pronóstico y morbilidad de los pacientes pediátricos con sospecha o diagnóstico de síndrome de hipertensión intracraneal.

CONSIDERACIONES ECONÓMICAS

Ninguna

COMPENSACION

En caso de sospecha de desprendimiento de retina se otorgara valoración por el servicio de oftalmología del hospital centenario Miguel Hidalgo.

ALTERNATIVAS A SU PARTICIPACIÓN:

EL tratamiento y manejo se otorgara independientemente de decidir participar o no en el estudio.

POSIBLES PRODUCTOS COMERCIALES DERIVABLES DEL ESTUDIO:

Los resultados o materiales obtenidos en el estudio serán propiedad del Centenario Hospital Miguel Hidalgo. Si un producto comercial es desarrollado como resultado del estudio, tal insumo será propiedad del Centenario Hospital Miguel Hidalgo o quienes ellos designen. En tal caso, usted no recibirá un beneficio financiero por el mismo.

ACCIONES A SEGUIR DESPUÉS DEL TÉRMINO DEL ESTUDIO:

Usted puede solicitar los resultados de sus exámenes clínicos y de las conclusiones del estudio:

La investigación es un proceso largo y complejo. El obtener los resultados finales del proyecto puede tomar varios meses.

PARTICIPACIÓN Y RETIRO DEL ESTUDIO:

Su participación es VOLUNTARIA. Si usted decide no participar, no se afectará su relación con el Centenario Hospital Miguel Hidalgo o su derecho para recibir atención médica o cualquier servicio al que tenga derecho. Si decide participar, tiene la libertad para retirar su consentimiento e interrumpir su participación en cualquier momento sin perjudicar su atención en el Centenario Hospital Miguel Hidalgo. Se le informará a tiempo si se obtiene nueva información que pueda afectar su decisión para continuar en el estudio.

El investigador puede excluirlo del estudio.

El estudio puede ser terminado en forma prematura si : **No aplica**

Los procedimientos que serán necesarios si usted termina su participación en el estudio son: **Ninguno**

CONFIDENCIALIDAD Y MANEJO DE SU INFORMACIÓN

Su nombre no será usado en ninguno de los estudios. Las muestras biológicas obtenidas no contendrán ninguna información personal y se codificarán con un número de serie para evitar cualquier posibilidad de identificación.

Sus muestras podrán ser almacenadas por los investigadores hasta por 2 años.

Los códigos que identifican su muestra estarán sólo disponibles a los investigadores titulares, quienes están obligados por Ley a no divulgar su identidad. Estos códigos serán guardados en un archivero con llave. Sólo los investigadores tendrán acceso a ellos.

Si bien existe la posibilidad de que su privacidad sea afectada como resultado de su participación en el estudio, su confidencialidad será protegida como lo marca la ley, asignando códigos a su información. El código es un número de identificación que no incluye datos personales. Ninguna información sobre su persona será compartida con otros sin su autorización, excepto:

- Si es necesario para proteger sus derechos y bienestar (por ejemplo, si ha sufrido una lesión y requiere tratamiento de emergencia); o
- Es solicitado por la ley.

Personal del estudio (monitores o auditores) podrán tener acceso a la información de los participantes.

Si usted decide retirarse del estudio, podrá solicitar el retiro y destrucción de su material biológico y de su información. Todas las hojas de recolección de datos serán guardadas con las mismas medidas de confidencialidad, y solo los investigadores titulares tendrán acceso a los datos que tienen su nombre. Si así lo desea, usted deberá poner en contacto con el Dr. Jesus Alonso Gaona Espejo y expresar su decisión por escrito.

El Comité de Ética en Investigación del Centenario Hospital Miguel Hidalgo aprobó la realización de éste estudio. Dicho comité es quien revisa, aprueba y supervisa los estudios de investigación en humanos en el Instituto. En el futuro, si identificamos información que consideremos importante para su salud, consultaremos con el Comité de Ética para que decidamos la mejor forma de darle esta información a usted y a su médico. Además, le solicitamos que nos autorice re-contactarlo, en caso de ser necesario, para solicitarle información que podría ser relevante para el desarrollo de este proyecto.

Los datos científicos obtenidos como parte de este estudio podrían ser utilizados en publicaciones o presentaciones médicas. Su nombre y otra información personal serán eliminados antes de usar los datos.

Si usted lo solicita su médico de cabecera será informado sobre su participación en el estudio

IDENTIFICACIÓN DE LOS INVESTIGADORES:

En caso de que usted sufra un daño relacionado al estudio, por favor póngase en contacto con: Sergio Erik Munguia Chavez

Si usted tiene preguntas sobre el estudio, puede ponerse en contacto con: Dr. Jesus Alonso Gaona Espejo

Si usted tiene preguntas acerca de sus derechos como participante en el estudio, puede hablar con el Presidente del Comité de Ética en Investigación del Centenario Hospital Miguel Hidalgo (Dr. Jaime Asael López Valdez, teléfono: 449 994 6720 ext. 8646).

DECLARACIÓN DEL CONSENTIMIENTO INFORMADO

He leído con cuidado este consentimiento informado, he hecho todas las preguntas que he tenido y todas han sido respondidas satisfactoriamente. Para poder participar en el estudio, estoy de acuerdo con todos los siguientes puntos:

Estoy de acuerdo en participar en el estudio descrito anteriormente. Los objetivos generales, particulares del reclutamiento y los posibles daños e inconvenientes me han sido explicados a mi entera satisfacción.

Estoy de acuerdo en donar de forma voluntaria mis muestras biológicas (tejido precedente de la biopsia del injerto y muestra de sangre) para ser utilizadas en este estudio. Así mismo, mi información médica y biológica podrá ser utilizada con los mismos fines.

Estoy de acuerdo, en caso de ser necesario, que se me contacte en el futuro si el proyecto requiere coleccionar información adicional o si encuentran información relevante para mi salud.

Mi firma también indica que he recibido un duplicado de este consentimiento informado.

Por favor responda las siguientes preguntas

	SI (marque por favor)	NO (marque por favor)
a. ¿Ha leído y entendido la forma de consentimiento informado, en su lenguaje materno?	☐	☐
b. ¿Ha tenido la oportunidad de hacer preguntas y de discutir este estudio?	☐	☐
c. ¿Ha recibido usted respuestas satisfactorias a todas sus preguntas?	☐	☐
d. ¿Ha recibido suficiente información acerca del estudio y ha tenido el tiempo suficiente para tomar la decisión?	☐	☐
e. ¿Entiende usted que su participación es voluntaria y que es libre de suspender su participación en este estudio en cualquier momento sin tener que justificar su decisión y sin que esto afecte su atención médica o sus la pérdida de los beneficios a los que de otra forma tenga derecho?	☐	☐
f. ¿Entiende los posibles riesgos, algunos de los cuales son aún desconocidos, de participar en este estudio?	☐	☐
g. ¿Entiende que puede no recibir ningún beneficio directo de participar en este estudio?	☐	☐
h. ¿Entiende que no está renunciando a ninguno de sus derechos legales a los que es acreedor de otra forma como sujeto en un estudio de investigación?	☐	☐
i. ¿Entiende que el médico participante en el estudio puede retirarlo del mismo sin su consentimiento, ya sea debido a que Usted no siguió los requerimientos del estudio o si el médico participante en el estudio considera que	☐	☐

Declaración del paciente: Yo, _____ declaro que es mi decisión participar en el estudio. Mi participación es voluntaria. He sido informado que puedo negarme a participar o terminar mi participación en cualquier momento del estudio

sin que sufra penalidad alguna o pérdida de beneficios. Si suspendo mi participación, recibiré el tratamiento médico habitual al que tengo derecho en el Centenario Hospital Miguel Hidalgo y no sufriré perjuicio en mi atención médica o en futuros estudios de investigación. Yo puedo solicitar información adicional acerca de los riesgos o beneficios potenciales derivados de mi participación en el estudio. Puedo obtener los resultados de mis exámenes clínicos si los solicito. Si tengo preguntas sobre el estudio, puedo ponerme en contacto Dr. Jesus Alonso Gaona Espejo . Si usted tiene preguntas sobre sus derechos como participante en el estudio, problemas, preocupaciones o preguntas, obtener información u ofrecer información sobre el desarrollo del estudio, siéntase en la libertad de hablar con el coordinador del Comité de Ética en Investigación del Centenario Hospital Miguel Hidalgo (Dr. Jaime Asael López Valdez, teléfono: 449 994 6720 ext. 8646). Debo informar a los investigadores de cualquier cambio en mi estado de salud (por ejemplo, uso de nuevos medicamentos, cambios en el consumo de tabaco) o en la ciudad donde resido, tan pronto como sea posible. He leído y entendido toda la información que me han dado sobre mi participación en el estudio. He tenido la oportunidad para discutirlo y hacer preguntas. Todas las preguntas han sido respondidas a mi satisfacción. He entendido que recibiré una copia firmada de este consentimiento informado.

Nombre del Participante _____

Firma del Participante _____

Fecha

Coloque la huella digital del participante sobre esta línea si no sabe escribir

Nombre del representante legal (si aplica) _____

Firma del representante legal _____

Fecha

Nombre del Investigador: Munguia Chavez Sergio Erik

Firma del Investigador que explicó el documento

Fecha

Nombre del Testigo 1

Firma del Testigo 1

Fecha :

Relación con el participante: Ninguna

Dirección: Avenida Gómez Morin sin numero colonia la estación cp 20259

Dr. _____

Nombre del Testigo 2

Firma

del

Testigo2

Fecha

Relación con el participante:

Dirección: Avenida Gómez Morin sin número colonia la estación cp 20259

Lugar
Hidalgo

y

Fecha:

Centenario

Hospital

Miguel

(El presente documento es original y consta de 7 páginas)

ANEXO C

c)VARIABILIDAD INTER-OPERADOR REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

