



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS Y BIOLÓGICAS

“Dr. Ignacio Chávez”

HOSPITAL INFANTIL DE MORELIA

“Eva Sámano de López Mateos”

PRINCIPALES PATRONES DE HEMODINAMIA CEREBRAL EN LA UNIDAD DE
CUIDADOS INTENSIVOS PEDIÁTRICOS DEL HOSPITAL INFANTIL DE MORELIA

T E S I S

Que para obtener el grado de

ESPECIALISTA EN MEDICINA CRITICA PEDIATRICA

Presenta

Dra Michelle Alvarado Villalobos

Asesor de contenido

Dra Mayra Isis Tena Zumaya

Asesor metodológico

Dr Roberto Carlos Quevedo Diaz

Morelia, Michoacán, Octubre 2025.

AGRADECIMIENTOS:

A todos mis amigos, profesores y tutores por siempre creer en mí.

DEDICATORIA:

A mis abuelos y tía Tere por ser mi fuente de inspiración, motor y apoyo para convertirme en la persona y médico que soy actualmente.

Always It's A sacrifice, but i can't live a lie.....

DICTAMEN



Gobierno del Estado
de Michoacán de Ocampo

Dependencia	SECRETARÍA DE SALUD DE MICHOACÁN
Sub - dependencia	Hospital Infantil de Morelia
Oficina	Enseñanza e Investigación
No. de oficio	5009/2024/2925
Expediente	
Asunto:	Anteproyecto de Investigación

"200 Años del Estado Federal de Michoacán"

Morelia, Michoacán a 25 de diciembre de 2024.

C. DRA. MICHELLE ALVARADO VILLALOBOS
MÉDICO RESIDENTE DE LA SUBESPECIALIDAD EN MEDICINA CRÍTICA PEDIÁTRICA
HOSPITAL INFANTIL DE MORELIA
"EVA SÁMANO DE LÓPEZ MATEOS"
PRESENTE.-

Informo a Usted que una vez revisado y dictaminado favorablemente por los comités de: Investigación, Ética en Investigación y Bioseguridad del Hospital Infantil de Morelia "Eva Sámano de López Mateos"; su Proyecto de Investigación con registro 188 titulado: "*Principales patrones de hemodinamia cerebral en la Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos en el Hospital Infantil de Morelia*", perteneciente a la Línea de Investigación Institucional "*Pacientes neurocríticos*" y tutelado por la Dra. Mayra Isis Tena Zumaya queda **AUTORIZADO** para ser ejecutado y proceder a las acciones de recolección de datos y trabajo de campo, observando de manera rigurosa los siguientes criterios:

1. Apegarse de manera estricta al Anteproyecto presentado y dictaminado por los comités.
2. En caso de realizar cualquier cambio en el nombre del proyecto, pregunta de investigación, objetivo, justificación, hipótesis, población, muestra ó diseño metodológico en general, con respecto al Anteproyecto revisado y dictaminado por los Comités, deberá comunicarlo por escrito a la Coordinación de Investigación; a la vez que suspenderá la ejecución de su proyecto hasta recibir nuevas indicaciones.
3. Entregar puntualmente los informes de avance de investigación los primeros 5 días hábiles de cada mes a la Coordinación de Investigación, de manera física y en formato digital a los correos electrónicos: investigacion@himorelia.com, comite.investigacion@himorelia.com, bioseguridad@himorelia.com y comiteeticaeninvestigacionhim@gmail.com
4. Mantener disponible toda la información que sobre el mismo le requieran los equipos de supervisión de los comités de Investigación, Ética en Investigación y Bioseguridad; quienes están facultados para suspender la ejecución de su proyecto ante la presunción de cualquier falla o desviación con respecto del Anteproyecto revisado y dictaminado previamente.

El incumplimiento de cualquiera de los criterios señalados, podrá derivar en la cancelación de su proyecto, además de las sanciones aplicables.

GDJSC/RCQD

El contenido del presente documento es responsabilidad directa del titular del Área Administrativa que lo genera, en apego a sus atribuciones

Al contestar este oficio, citense los datos contenidos en el cuadro del ángulo superior derecho.

DATOS DE IDENTIFICACIÓN

Director de Tesis: Dra Mayra Isis Tena Zumaya
Grado Académico: Subespecialista en Medicina Crítica
Pediátrica

Institución: Hospital Infantil de Morelia “Eva
Sámano de López Mateos”

Correo electrónico: tzmayrai@gmail.com

Teléfono: 443 140 1342

Firma del Director de
Tesis

Sustentante: Michelle Alvarado Villalobos

Institución: Universidad Michoacana de San
Nicolás de Hidalgo

Hospital Infantil de Morelia “Eva Sámano de
López Mateos”

Correo electrónico: 2331558x@umich.mx

Teléfono: 492 206 4437

Firma del Sustentante

PALABRAS CLAVE / RESUMEN

TÍTULO: Principales patrones de hemodinamia cerebral en el hospital infantil de Morelia.

JUSTIFICACIÓN: A nivel mundial las lesiones cerebrales en la unidad de cuidados intensivos pediátricos son la causa de muerte en el 65% de los casos, siendo el traumatismo craneoencefálico la principal causa y también la primera en discapacidad en niños (Horvat et al., 2016). La recomendación actual emitida por los diferentes estudios randomizados y metanálisis sugieren que el paciente neurocrítico debe estar ampliamente monitorizado. En 2023, la unidad de cuidados intensivos pediátricos del hospital infantil de morelia atendió 191 pacientes, de los cuales 72 ingresaron por alguna patología neurológica siendo el 37.6% de los ingresos anuales a la unidad. En el servicio no se tiene un sistema de monitorización invasiva siendo este el ideal y con mayores estudios demostrándose menor mortalidad a largo plazo; sin embargo, se cuenta con otros sistemas de monitoreo como es el doppler transcraneal, que si bien al ser un monitoreo operador dependiente es una técnica no invasiva, accesible y consolidada en la evaluación y el manejo clínico de los pacientes neurocríticos por lo que se considera factible su uso para monitoreo y protocolización de estudios.

OBJETIVO GENERAL: Identificar cuáles son los principales patrones de hemodinamia cerebral de los pacientes del servicio de terapia intensiva pediátrica del hospital infantil de Morelia.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS: Determinar el índice de pulsatilidad por grupo de edad en los pacientes al ingreso del servicio de terapia intensiva pediátrica. Determinar la presencia de patrón de isquemia por grupo de edad en los pacientes al ingreso del servicio de terapia intensiva pediátrica, así como describir las variables que afectan la hemodinamia cerebral.

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN: Se realizó un estudio de nivel descriptivo, transversal, observacional, univariado, prospectivo, de tipo no experimental, a cabo durante las primeras 24 horas de ingreso del paciente a la unidad de cuidados intensivos pediátricos del hospital infantil de morelia posterior a la autorización por parte de los padres o tutores y estabilización hemodinámica con cifras tensionales dentro de percentiles, dióxido de carbono entre 35 - 45 y hematocrito entre 30 - 45 así como normotermia (temperatura de 36.5 - 37.5°C), se procedió a tomar el ultrasonido doppler transcraneal inicialmente en ventana

temporal derecha y posterior izquierda, se hizo la toma de mediciones únicamente de la arteria cerebral media, índice de pulsatilidad con el preset de cálculos con fórmulas que el equipo Philips Sparq que tiene precargado, se registraron los datos en la hoja de recolección de excel denominado registro de datos que además de impreso se encontró en la computadora número 2 de la terapia intensiva pediátrica de la unidad, posterior a través de medidas de tendencia central y percentilar los datos obtenidos con la tabla de valores normales se determinó así el patrón de hemodinamia al ingreso del niño a la terapia intensiva pediátrica, además de estimarse el índice de pulsatilidad

CONCLUSIONES: Actualmente, el monitoreo de la hemodinamia cerebral a través del doppler transcraneal en la unidad de cuidados intensivos pediátricos es parte del neuromonitoreo multimodal, este es de gran utilidad para el diagnóstico y tratamiento oportuno en el paciente. En una unidad de cuidados intensivos pediátricos como la del hospital infantil de Morelia, el 37.6% de los pacientes que ingresan cursan con alguna patología neurológica por lo que resulta de vital importancia este tipo de neuromonitoreo no solo para pacientes con patología neurológica, aplica para todos los ingresados. Esta investigación es el inicio del registro de velocidades cerebrales e índices de pulsatilidad en pacientes pediátricos dentro de la unidad, como pauta para la mejor atención y calidad en los pacientes críticamente enfermos. Con los resultados obtenidos en el estudio más del 50% de los pacientes presentan alguna alteración hemodinámica cerebral al ingreso en el servicio. El principal patrón de hemodinamia registrado durante este estudio fue el de isquemia en lactantes menores de 1 año con un 29.4%, este es el principal patrón asociado con la mortalidad. Al encontrar los principales patrones de hemodinamia, se comprueba el objetivo inicial del estudio realizado.

PALABRAS CLAVE: Doppler Transcraneal, Hemodinamia Cerebral, Hiperemia, Hipertensión Intracraneal, Isquemia Cerebral, Vasoespasmo.

KEYWORDS / ABSTRACT

TITLE: Main patterns of cerebral hemodynamics at the Morelia Children's Hospital.

JUSTIFICATION: Worldwide, brain injuries in the pediatric intensive care unit are the cause of death in 65% of cases, with head trauma being the leading cause and also the leading cause of disability in children (Horvat et al., 2016). Current recommendations issued by various randomized trials and meta-analyses suggest that neurocritical patients should be extensively monitored. In 2023, the pediatric intensive care unit of the Morelia Children's Hospital treated 191 patients, of whom 72 were admitted for a neurological pathology, representing 37.6% of the unit's annual admissions. The service does not have an invasive monitoring system, although this is the ideal option, and further studies have shown a lower long-term mortality rate. However, other monitoring systems are available, such as transcranial Doppler, which, while operator-dependent, is a noninvasive, accessible, and established technique for the evaluation and clinical management of neurocritical patients, making it feasible.

GENERAL OBJECTIVE: To identify the main cerebral hemodynamic patterns in patients in the pediatric intensive care unit at the Morelia Children's Hospital.

SPECIFIC OBJECTIVES: To determine the pulsatility index by age group in patients admitted to the pediatric intensive care unit. To determine the presence of ischemia patterns by age group in patients admitted to the pediatric intensive care unit.

RESEARCH METHODOLOGY: A descriptive, cross-sectional, observational, univariate, prospective, non-experimental study was carried out, it will be carried out during the first 24 hours of the patient's admission to the pediatric intensive care unit of the children's hospital of morelia after authorization by the parents or guardians and hemodynamic stabilization with blood pressure figures within percentiles, carbon dioxide between 35 - 45 and hematocrit between 30 - 45 as well as normothermia (temperature of 36.5 - 37.5 ° C), the transcranial Doppler ultrasound will be taken initially in the right temporal window and posterior left, the taking of measurements of the middle cerebral artery only, pulsatility index using the preset calculation formulas preloaded with the Philips Sparq device, will be recorded on the data collection sheet and Excel file called a data log, which will be printed and stored on computer number 2 of the pediatric intensive care unit. Subsequently, the data obtained will be measured using the table of normal values to determine the hemodynamic pattern upon admission of the child to the pediatric intensive care unit. The pulsatility index will also be estimated.

CONCLUSIONS: Currently, monitoring cerebral hemodynamics using transcranial Doppler in the pediatric intensive care unit is part of multimodal neuromonitoring, and is highly useful for timely diagnosis and treatment. In a pediatric intensive care unit like the one at the Morelia Children's Hospital, 37.6% of admitted patients present with some neurological pathology, making this type of neuromonitoring vitally important not only for patients with neurological pathology but also for all patients admitted. This research marks the beginning of recording cerebral velocities and pulsatility indices in pediatric patients within the unit, as a guideline for improved care and quality for critically ill patients. Based on the results of the study, more than 50% of patients present with some cerebral hemodynamic alteration upon admission to the service. The main hemodynamic pattern recorded during this study was ischemia in infants under 1 year of age, accounting for 29.4% of cases. This is the main pattern associated with mortality. By identifying this principal hemodynamic pattern, the primary objective of the study was confirmed.

KEYWORDS: Transcranial Doppler, Cerebral Hemodynamics, Hyperemia, Intracranial Hypertension, Cerebral Ischemia, Vasospasm.

ÍNDICE

ABREVIATURAS	11
1 INTRODUCCIÓN	12
2 ANTECEDENTES	13
3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
4 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	16
5 OBJETIVOS	17
5.1 OBJETIVO GENERAL	
5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	
6. JUSTIFICACIÓN	18
7. MARCO TEÓRICO	19
7.1 DEFINICIONES CONCEPTUALES	19
7.2 ECOGRAFÍA CEREBRAL	20
7.3 FISIOLÓGÍA DE LA REGULACIÓN CEREBRAL	20
7.4 AUTORREGULACIÓN CEREBRAL	22
7.5 TASA METABÓLICA DEL CEREBRO	22
7.6 LA TEMPERATURA Y SU RELACIÓN CON EL FLUJO CEREBRAL	23
7.7 LA PRESIÓN PARCIAL DE OXÍGENO ARTERIAL Y SU RELACIÓN CON EL FLUJO CEREBRAL	24
7.8 PRESIÓN ARTERIAL DE DIÓXIDO DE CARBONO Y SU RELACIÓN CON EL FLUJO CEREBRAL	24
7.9 ECOGRAFÍA DOPPLER TRANSCRANEAL	25
8. DETERMINANTES FISIOLÓGICAS DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO SANGUÍNEO E ÍNDICES	26
8.1 VENTANAS DE INSONACIÓN	29
8.2 INTERPRETACIÓN DE LAS MEDICIONES DE DOPPLER TRANSCRANEAL	32
8.3 VALORES NORMALES	35
9 DISEÑO METODOLÓGICO	37
9.1 <i>PARADIGMA DE INVESTIGACIÓN</i>	37
9.2 <i>NIVEL Y TIPO DE INVESTIGACIÓN</i>	38

9.3	<i>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN</i>	38
9.4	<i>CARACTERIZACIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO</i>	39
9.5	<i>OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES</i>	41
9.6	<i>PLAN DE RECOLECCIÓN DE DATOS</i>	44
9.7	<i>ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS</i>	45
9.8	<i>CONSIDERACIONES ÉTICAS</i>	46
10	RESULTADOS	50
11	ANÁLISIS DE RESULTADOS	59
12	DISCUSIÓN	61
13	CONCLUSIONES	63
14	PROPUESTA	64
15	FUENTES DE INFORMACIÓN	66
16	APÉNDICES	69
17	ANEXOS	71
18	CONFLICTO DE INTERÉS	74

ABREVIATURAS

DTC: Doppler Transcraneal

ACI: Arteria Carótida Interna

ACM: Arteria Cerebral Media

ACA: Arteria Cerebral Anterior

ACP: Arteria Cerebral Posterior

AB: Arteria Basilar

AO: Arteria Oftálmica

CO₂: Dióxido de Carbono

IP: Índice de pulsatilidad

PaO₂: Presión parcial arterial de oxígeno

IR: Índice de Resistencias

DVNO: Diámetro de la vaina del nervio óptico

VM: Velocidad Media

Vs: Velocidad Sistólica

Vd: Velocidad Diastólica

PaCO₂: Presión arterial de dióxido de carbono

HIC: Hipertensión Intracraneal

IL: Índice de Lindegaard

Ts: Tiempo Sistólico

DLM: Desviación de la línea media

1 INTRODUCCIÓN

Los pacientes ingresados en la unidad de cuidados intensivos pediátricos con diferentes patologías y tratamientos instaurados presentan múltiples alteraciones en la hemodinamia cerebral teniendo un mayor riesgo de desarrollar una lesión cerebral secundaria, agregando mayor morbilidad. El monitoreo no invasivo continúa siendo piedra angular para mejorar la atención al paciente y los resultados neurológicos que se obtienen en nuestra unidad.

La injuria cerebral en niños representa un desafío diario en los cuidados intensivos neurocríticos, en la actualidad, los avances tecnológicos proveen al clínico nuevas modalidades para monitorizar las funciones cerebrales del niño, como es el doppler transcraneal incluso en ambientes de recursos limitados; siendo un método confiable, inocuo y con valoración objetiva. Permite estimar la presión intracraneal, identificar patrones de isquemia o hiperemia; vasoespasmos secundarios a las hemorragias subaracnoideas, eventos relacionados con la autorregulación cerebral o incluso una muerte cerebral.

En el presente estudio se busca describir los patrones de hemodinamia cerebral en pacientes con diferentes tipos de patologías que ingresan al servicio de medicina crítica pediátrica que conducen a alteraciones en la regulación cerebral, siendo punto de partida para continuar con el neuromonitoreo no invasivo en la unidad con el objetivo de proporcionar mayor información al intensivista del estado neurológico del niño y formular diferentes enfoques de tratamientos específicos para cada paciente, se hace hincapié que no existe método de monitoreo perfecto.

2 ANTECEDENTES

El ultrasonido no es un invento, sino un evento físico natural que puede ser provocado por el hombre, siempre estuvo presente, sólo faltaban ojos observadores y mentes brillantes de personas con diferentes ramas de las ciencias para guiar su utilización, como ocurrió en el área de la medicina lo que ha representado una posibilidad extraordinaria de progreso para el proceso salud-enfermedad, lo que se manifiesta en la mejora de indicadores como el aumento de la esperanza de vida. Los avances tecnológicos son un elemento de vital importancia para la vida y la salud humana, en 1793 el italiano Lazzaro Spallanzani, profesor de Padua, descubrió que los murciélagos podían realizar sus vuelos con gran seguridad aún en la más completa oscuridad, o sea, que poseían algún sentido que a los científicos de la época les era desconocido. A la muerte de Spallanzani, estaba plenamente convencido de que el murciélago en la noche se orientaba gracias al oído y que al volar debía producir algún tipo de sonido que se reflejaba sobre los objetos, por lo que era nuevamente percibido por él; es decir, se trataba de una especie de eco, teniendo un inconveniente porque en la época solo eran conocidas las ondas sonoras (audibles) y el vuelo del murciélago era silencioso, por eso su teoría fue muy criticada y enterrada durante años (Madyaret et al., 2019).

Posteriormente, terminando la segunda guerra mundial comenzó el desarrollo de equipos diagnósticos en medicina cuando grupos de investigadores japoneses, americanos y de algunos países europeos trabajan paralelamente para fabricar los primeros prototipos de equipos para diagnóstico médico en modo A (Analogue) y posteriormente en modo B (Bright) con imagen analógica.

Los ultrasonidos como medios de diagnóstico en medicina fueron introducidos por primera vez en 1942 por Dussik para explorar anomalías cerebrales, el psiquiatra intentó detectar tumores cerebrales al registrar el paso del haz ultrasónico a través del cráneo y trato de identificar los ventrículos al medir la atenuación del ultrasonido, lo que denominó hipersonografía del cerebro (Madyaret et al., 2019).

En 1982 Aaslid desarrollo el doppler transcraneal, realizando la insonorización del cráneo de su hija con una sonda ultrasónica doppler pulsado de baja frecuencia, capaz de penetrar el cráneo y evaluar la velocidad en los vasos del polígono de willis, a partir de este momento él y gracias a un desarrollo vertiginoso, el doppler transcraneal se ha transformado en una herramienta de bajo costo, muy útil desde el punto de vista clínico; permite evaluar en forma no invasiva la hemodinamia cerebral mediante un análisis objetivo, inmediato sin límite de tiempo y con la frecuencia de repetición que sea necesaria de las velocidades sanguíneas que a su vez reflejan los cambios relativos del flujo sanguíneo cerebral durante cirugías neurovasculares, cardíacas, intervenciones cerebrovasculares y traumatismo craneoencefálico (Ciancaglini, 2005).

En 1842 el físico y matemático austriaco, Christian Doppler, formuló el principio del efecto doppler, donde se registra el aumento o disminución de la frecuencia de una onda sonora cuando la fuente que lo produce se aleja o se aproxima del transductor que lo capta. Fue hasta 1982 que Rune Aaslid, introdujo la aplicación del efecto doppler como herramienta no invasiva para evaluar la hemodinamia cerebral (Ortiz-Prado et al., 2018).

3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La monitorización continua de la hemodinamia cerebral es fundamental para salvaguardar el neurodesarrollo saludable de los pacientes pediátricos en la unidad de cuidados intensivos pediátricos. Esto permite mejorar significativamente la calidad de la atención de los pacientes y el resultado neurológico, particularmente en aquellos en riesgo de discapacidad cerebral.

En la unidad de cuidados intensivos pediátricos del hospital infantil de morelia las lesiones neurológicas es una de las entidades que con mayor frecuencia se atienden, en el 2023 hubo 191 ingresos de los cuales 51 fueron por traumatismo craneoencefálico severo y 21 por alguna patología neurológica, siendo esta una preocupación significativa a corto, mediano y largo plazo, ya que en nuestra unidad no existe un protocolo de neuro monitoreo tanto invasivo, así como en el no invasivo.

Al monitorizar al paciente y utilizar todos los medios a nuestro alcance se pretende reducir al mínimo la disfunción neurológica ya que el tejido cerebral es el más sensible al daño y el que mayor discapacidad funcional ocasiona puesto que puede ser en muchas ocasiones discapacidad incapacitante permanente, siempre con un alto impacto en recursos sanitarios y sociales.

4 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuáles son los principales patrones de hemodinamia cerebral que se presentan en la unidad de cuidados intensivos pediátricos del hospital infantil de morelia?

5 OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GENERAL.

Identificar los patrones de hemodinamia cerebral de los pacientes del servicio de terapia intensiva pediátrica del hospital infantil de Morelia mediante doppler transcraneal.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

Determinar el índice de pulsatilidad por grupo de edad en los pacientes en estudio del servicio de terapia intensiva pediátrica.

Describir las variables que afectan la hemodinamia cerebral.

Determinar la presencia de patrón de isquemia por grupo de edad en los pacientes ingresados al servicio de terapia intensiva pediátrica.

6 JUSTIFICACIÓN

A nivel mundial las lesiones cerebrales en la unidad de cuidados intensivos pediátricos son la causa de muerte en el 65% de los casos, siendo el traumatismo craneoencefálico la principal causa y también la primera en discapacidad en niños (Horvat et al., 2016). La recomendación actual emitida por los diferentes estudios randomizados y metaanálisis sugieren que el paciente neurocrítico debe estar ampliamente monitorizado de manera multimodal para un diagnóstico efectivo y como guía de los cuidados críticos con el objetivo de disminuir las lesiones secundarias. En nuestro país, el monitoreo en las terapias intensivas habitualmente se centra en valorar parámetros como: oxigenación, ventilación mecánica, presión arterial sistémica invasiva y no invasiva, y en muy raras ocasiones se realiza neuromonitoreo.

En 2023, la unidad de cuidados intensivos pediátricos del Hospital Infantil de Morelia atendió 191 pacientes, de los cuales 72 ingresaron por alguna patología neurológica siendo el 37.6% de los ingresos anuales a la unidad. En el servicio no se tiene un sistema de monitorización invasiva siendo este el ideal y con mayores estudios demostrándose menor mortalidad a largo plazo; sin embargo, se cuenta con otros sistemas de monitoreo como es el doppler transcraneal, que si bien al ser un monitoreo operador dependiente es una técnica no invasiva, accesible y consolidada en la evaluación y el manejo clínico de los pacientes neurocríticos por lo que se considera factible realizar el siguiente estudio además de que se iniciaran con las bases de un protocolo para un neuromonitoreo más completo en nuestra unidad y así optimizar el manejo de los pacientes neurocríticos vislumbrando el pronóstico de estos.

7 MARCO TEÓRICO

7.1 DEFINICIONES CONCEPTUALES

Velocidad de flujo cerebral: Suministro de sangre al cerebro en un momento dado, el cual puede ser medido para evaluar la velocidad y dirección del flujo sanguíneo en los segmentos proximales de las principales arterias cerebrales.

Índice de pulsatilidad: Grado de variabilidad de las velocidades a lo largo de todo el ciclo cardíaco. Un índice de pulsatilidad mayor a 1.3 en las primeras 24 horas tras un traumatismo craneoencefálico severo en niños, tiene una sensibilidad y especificidad altas para detectar pacientes con alto riesgo de desarrollar hipertensión endocraneal.

Índice de lindegaard: Permite diferenciar entre hiperemia de vasoespasmo. Consiste en dividir la velocidad del flujo de la arteria cerebral media / velocidad del flujo de la arteria carótida interna extracraneal. Si es mayor a 3 se considera como vasoespasmo.

Normodinamia cerebral: Se considera, cuando el índice de pulsatilidad en niños es menor a 1.

Hiperemia cerebral: Aumento de las velocidades de la arteria cerebral media de forma bilateral, con ausencia de la hendidura dicota en el doppler transcraneal e índice de lindegaard menor a 3.

Hipoperfusión cerebral: Descenso de la velocidad media, con un índice de pulsatilidad que dependerá del valor de presión intracraneal y presión de perfusión cerebral.

Vasoespasmo: Aumento del flujo por disminución del calibre del vaso, pero con una disminución propia del flujo cerebral. Con un índice de lindegaard mayor a 3.

Paro circulatorio cerebral: Reducción progresiva de la velocidad media de las arterias cerebrales por descenso de la velocidad diastólica, incremento del índice de pulsatilidad.

7.2 ECOGRAFÍA CEREBRAL

La ecografía doppler transcraneal es un estudio ecográfico no invasivo, que se ha aplicado ampliamente tanto en entornos ambulatorios como hospitalarios, implica el uso de un transductor de baja frecuencia (<2 MHz), colocado en el cuero cabelludo para insonar las arterias cerebrales basales a través de ventanas óseas relativamente delgadas y para medir la velocidad del flujo sanguíneo cerebral y su alteración en muchas condiciones diferentes como enfermedades cerebrovasculares y lesiones cerebrales traumáticas (Ortiz-Prado et al., 2018).

7.3 FISIOLÓGÍA DE LA REGULACIÓN CEREBRAL

El cerebro tiene un patrón único de circulación sanguínea que está abastecido directamente por sangre de la aorta, formando un intrincado sistema de arterias, que perfunde todo el tejido cerebral, llevando cerca del 15% del total de la fracción de eyección cardiaca hacia el cerebro. El tejido cerebral representa menos del 2% del total del peso corporal (1.3 – 1.5 kg); sin embargo, consume cerca del 20% del oxígeno disponible en el cuerpo.

La elevada demanda metabólica del cerebro en condiciones normales requiere un flujo de sangre de alrededor de 45 – 50 ml/100 gr/min en un rango que va desde 20 ml/100 gr/ min en la sustancia blanca hasta 70 ml/100 gr/min en la sustancia gris.

El consumo metabólico corresponde en un 40% al gasto energético basal, en su mayor parte para mantener el potencial de membrana, por lo que no es modificable por fármacos, pero sí termosensible, el 90% de este consumo metabólico corresponde al tejido neuronal y solo un 10% al tejido de sostén o glía (el cual supone más del 50% del volumen encefálico). El consumo metabólico total es de 4-

6 ml/100 gr de tejido cerebral/min. Así, en situaciones patológicas como la anemia y la hipoxia reducirán el contenido arterial de oxígeno pudiendo determinar una entrega cerebral de oxígeno inadecuada (Rodríguez-Boto et al., 2015).

La autorregulación cerebral se basa en la modificación de las resistencias vasculares cerebrales (vasodilatación o vasoconstricción) con el fin de mantener un flujo sanguíneo cerebral acorde a las necesidades metabólicas cerebrales de oxígeno de cada momento (Rodríguez-Boto et al., 2015).

En condiciones normales, cuando el flujo sanguíneo cerebral desciende a niveles menores de 18 – 20 ml/100 gr/min, la función eléctrica de las células nerviosas comienza a fallar despertando los mecanismos intrínsecos de incremento en el flujo sanguíneo cerebral que se encuentra mediado por una vasodilatación reactiva eficaz (Ortiz-Prado et al., 2018).

Dentro de los factores fisiológicos que pueden alterar el flujo sanguíneo del cerebro tenemos a la temperatura, presión arterial, presión de perfusión cerebral, presión parcial de oxígeno arterial (PaO₂), vasodilatadores como el óxido nítrico, vasoconstrictores como la adrenalina, viscosidad sanguínea, actividad simpática y parasimpática del sistema nervioso en general (Ortiz-Prado et al., 2018).

7.4 AUTORREGULACIÓN CEREBRAL

La autorregulación cerebral es un proceso de alta reactividad vascular producido en el cerebro, este mismo permite el abastecimiento sanguíneo a pesar de los distintos cambios en la presión de perfusión cerebral. La autorregulación cerebral es un mecanismo neuroprotector que ayuda a mantener el flujo de sangre. Cuando la presión arterial de dióxido de carbono es alta la resistencia vascular cerebral cae (vasodilatación), aumenta el flujo sanguíneo cerebral y hay un incremento de la entrega de oxígeno, lo contrario ocurre cuando la presión arterial de dióxido de carbono disminuye (vasoconstricción). Se estima que el flujo sanguíneo cerebral varía un 4% por cada milímetro de mercurio de dióxido de carbono en normotensión. Sin embargo, estas autorregulaciones tienen límites por encima o por debajo de los cuales el flujo sanguíneo cerebral se torna absolutamente dependiente de la presión arterial media (Rincón Flórez et al., 2021).

7.5 TASA METABÓLICA DEL CEREBRO

Un incremento en la tasa metabólica del cerebro está asociado con los cambios existentes del flujo sanguíneo cerebral local. Los factores principales involucrados en la regulación local del flujo sanguíneo cerebral son el potasio, el hidrógeno, el lactato, la adenosina, el adenosín trifosfato y los factores endoteliales producidos en respuesta entre los que se incluyen el tromboxano A₂, la endotelina, los factores de relajación derivados del endotelio y el óxido nítrico (Ortiz-Prado et al., 2018).

El aumento de la actividad sináptica hace que se libere glutamato y que concomitantemente lleve a la producción de sustancias que cambian el tono vascular, la activación de receptores metabotrópicos de glutamato en los astrocitos conduce a la liberación de ácido araquidónico que posteriormente forma prostaglandinas y ácidos epoxieicosatrienoicos que potencian aún más el aumento del flujo sanguíneo cerebral. El óxido nítrico es un potente vasodilatador cerebral

que resulta de este proceso, otros productos locales del metabolismo como el potasio (K^+), el hidrógeno (H^+), el lactato, la adenosina y el adenosín trifosfato también tienen efecto directo sobre el tono vascular. Los nervios liberan otra serie de sustancias como el péptido intestinal vasoactivo, sustancia P, colecistocinina, somatostatina y péptido relacionado con el gen de la calcitonina que también aumentan el flujo sanguíneo cerebral (Rincón Flórez et al., 2021).

7.6 LA TEMPERATURA Y SU RELACIÓN CON EL FLUJO SANGUÍNEO CEREBRAL

Uno de los factores mejor conocidos y estudiados sobre la regulación del flujo sanguíneo es la temperatura tisular. Los efectos de la temperatura del cuerpo sobre el flujo sanguíneo cerebral cambian la demanda metabólica, cuando la temperatura disminuye significativamente, la tasa metabólica cerebral también disminuye. La hipotermia disminuye la tasa de uso de energía asociada con el mantenimiento de la integridad celular tanto en la función electrofisiológica como con el componente basal. Los efectos de la hipotermia moderada en la oxigenación del cerebro han sido utilizados como un mecanismo protector contra la hipoxia severa o el daño neurológico en varios tipos de pacientes entre los cuales se encuentra el traumatismo craneoencefálico, ahogamiento, cirugías prolongadas, entre otros. En contraposición a la baja temperatura, la hiperemia tiene un efecto contrario en el flujo sanguíneo cerebral cuando la temperatura cerebral se mantiene entre los 37°C y 42°C, el gasto metabólico de las células neuronales aumenta, incrementando la demanda de oxígeno y glucosa, disminuyendo la oxigenación tisular de oxígeno (Ortiz-Prado et al., 2018).

7.7 LA PRESIÓN PARCIAL DE OXÍGENO ARTERIAL Y SU RELACIÓN CON EL FLUJO SANGUÍNEO CEREBRAL

Cuando el oxígeno disminuye en su vía desde la atmósfera hasta la mitocondria gracias a un gradiente de presión, el oxígeno y la presión que le ayuda a atravesar las distintas barreras van perdiendo fuerza. Cuando la presión de oxígeno en sangre arterial es mayor a los 60 milímetros de mercurio tiene muy poca influencia sobre el flujo sanguíneo cerebral; sin embargo, cuando la presión arterial de oxígeno llega a valores inferiores se puede observar de manera significativa una respuesta marcada en el flujo sanguíneo cerebral, aumentando el diámetro vascular y de esta forma la oxigenación tisular compensatoria, aunque este nunca supera el estímulo ocasionado por el aumento de la presión parcial del dióxido de carbono (Ortiz-Prado et al., 2018).

7.8 PRESIÓN ARTERIAL DE DIÓXIDO DE CARBONO Y SU RELACIÓN CON EL FLUJO SANGUÍNEO CEREBRAL

La presión parcial arterial de dióxido de carbono probablemente es el estímulo más sensible y fuerte a nivel cerebral que regula el flujo sanguíneo cerebral. El dióxido de carbono es un vasodilatador potente que incrementa el flujo sanguíneo cerebral en estado de hipercapnia y reduce el flujo sanguíneo del cerebro en estado de hipocapnia. Durante la exposición a la altura, los quimiorreceptores centrales y periféricos son estimulados por la reducción de la presión arterial de oxígeno generando una hiperventilación marcada como respuesta a la hipoxia sistémica. La hiperventilación consecuente causa una disminución en la presión arterial de dióxido de carbono, por lo tanto, la regulación del flujo sanguíneo cerebral está mediado por el balance entre una baja presión arterial de oxígeno (estímulo vasodilatador) y una baja presión arterial de dióxido de carbono (estímulo

vasoconstrictor) causados ambos por la hiperventilación. En la hipocapnia el flujo sanguíneo cerebral disminuye en 2% aproximadamente por cada 1 mmHg que cae la presión arterial de dióxido de carbono (Ortiz-Prado et al., 2018).

7.9 ECOGRAFÍA DOPPLER TRANSCRANEAL

La ecografía doppler transcraneal permite evaluar el flujo de los vasos sanguíneos cerebrales en diferentes situaciones clínicas (Raúl Montero Yéboles et al., 2023).

La ecografía doppler transcraneal se basa en el principio del efecto doppler, las ondas ultrasónicas emitidas por la sonda doppler se transmiten a través del cráneo y se reflejan en los glóbulos rojos en movimiento dentro de los vasos intracerebrales. La diferencia en la frecuencia entre las ondas emitidas y reflejadas, conocida como: frecuencia de desplazamiento doppler, es directamente proporcional a la velocidad de los glóbulos rojos en movimiento (velocidad de flujo sanguíneo). Debido a que el flujo sanguíneo dentro del vaso es laminar, la señal doppler obtenida en realidad representa una mezcla de diferentes cambios de frecuencia doppler que forman visualización espectral de la distribución de las velocidades de los glóbulos rojos individuales en el monitor (Purkayastha & Sorond, 2016).

Los parámetros específicos obtenidos de este análisis espectral incluyen la velocidad sistólica máxima (Vs), velocidad diastólica final (Vd), el tiempo sistólico ascendente o de aceleración (Ts), el índice de pulsatilidad (IP) y la velocidad máxima media promediada en el tiempo (Vm) (Purkayastha & Sorond, 2016).

Theta es el ángulo de insonación del vaso, si el ángulo es cero o la onda emitida es paralela a la dirección del flujo, el coseno de cero es 1, y hemos logrado la medida más precisa de la velocidad del flujo. Cuanto mayor es el ángulo, mayor es el coseno

del ángulo; por lo tanto, mayor es el error en nuestra medida de velocidad. Por lo que es importante minimizar este ángulo a menos de 30 grados para mantener un error por debajo del 15%. Además, la velocidad del flujo sanguíneo a través de un vaso es proporcional a la cuarta potencia del radio del vaso (Purkayastha & Sorond, 2016).

8 DETERMINANTES FISIOLÓGICAS DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO SANGUÍNEO E ÍNDICES

Una serie de variables fisiológicas pueden afectar la velocidad del flujo sanguíneo medida por doppler transcraneal. Las más robustas de estas variables son la edad, el sexo, el hematocrito, la viscosidad, el dióxido de carbono, la temperatura, la presión arterial y la actividad mental o motora como se ha mencionado previamente. Por lo tanto, es importante recordar que, durante el curso de un estudio de doppler transcraneal, cualquier diferencia medida en la velocidad del flujo sanguíneo debe interpretarse en el contexto de estas variables (Purkayastha & Sorond, 2016).

Las velocidades del flujo sanguíneo en las arterias basales del cerebro disminuyen un promedio de 0.3 a 0.5% por año entre los 20 y 70 años de edad. Se ha demostrado que las mujeres tienen velocidades de flujo más altas que los hombres, y esta diferencia puede explicarse por el menor hematocrito en las mujeres. No se observan diferencias detectables después de los 70 años.

El hematocrito y la viscosidad están inversamente relacionados con la velocidad del flujo sanguíneo cerebral. Esta relación se ejemplifica mejor en los niños con anemia de células falciformes que tienen una disminución significativa en sus velocidades medias de flujo después de una transfusión de sangre. La velocidad del flujo sanguíneo aumenta en un 20% con una caída del hematocrito del 40 al 30% (Purkayastha & Sorond, 2016).

La presión parcial de dióxido de carbono también se ha demostrado que tiene una gran influencia en la velocidad del flujo sanguíneo cerebral así como la hipertensión arterial, esta relación es particularmente importante en pacientes con hemorragia subaracnoidea que son monitoreados por vasoespasmo cerebral manifestado por una velocidad elevada del flujo sanguíneo cerebral y que pueden estar sufriendo simultáneamente hipertensión inducida por tratar el vasoespasmo, siendo desafiante el análisis de velocidades en estos pacientes (Purkayastha & Sorond, 2016).

El efecto de la temperatura sobre las velocidades del flujo sanguíneo cerebral no está bien establecido. Un estudio demostró una relación inversa entre la temperatura y las velocidades del flujo; sin embargo, se requieren más estudios (Purkayastha & Sorond, 2016).

8.1 INDICACIONES DE LA ECOGRAFÍA DOPPLER TRANSCRANEAL

Las principales indicaciones del Doppler Transcraneal en pacientes pediátricos críticos son:

1. Traumatismo Craneoencefálico
2. Lesiones Hipóxico - Isquémicas (localizadas o difusas)
3. Sangrados intracraneales
4. Presencia de lesiones ocupantes de espacio
5. Hidrocefalia
6. Diagnóstico de la presencia de paro circulatorio cerebral (Raul Montero Yéboles et al., 2023).

Las recomendaciones del consenso de expertos establecen que cualquier paciente en la unidad de cuidados intensivos pediátricos con preocupación por cambios

fisiopatológicos en la hemodinamia cerebral es candidato para someterse a un examen de doppler transcraneal" (Fortier O'brien et al., 2021).

La base bibliográfica actual para realizar el doppler transcraneal en la unidad de cuidados intensivos pediátricos se puede dividir en algunas categorías principales de evidencia: (1) Evaluación de la hemodinámica cerebral, (2) Investigación de la autorregulación cerebral y vasorreactividad cerebral, (3) Evaluación de la presión intracraneal y la presión de perfusión cerebral, (4) Detección de vasoespasma cerebral y (5) Monitorización de émbolos (Fortier O'brien et al., 2021).

En la actualidad existen 3 tipos de equipos para realizar este estudio. El Doppler transcraneal a ciego donde se usa paralelamente al análisis espectral del flujo sanguíneo de las arterias del polígono de willis de la base del cerebro, en donde se analizan aproximadamente 15 mil velocidades durante un ciclo cardíaco a base de análisis espectral y la transformación matemática de Fourier. Otro equipo de doppler transcraneal es denominada doppler power motion mode, donde se combina el análisis espectral del flujo sanguíneo con aproximadamente 32 volúmenes de muestras solapados, que registran simultáneamente la intensidad y dirección de cualquier señal del flujo sanguíneo en un segmento intracraneal de más de 9 cm, la utilización del modo M es la técnica más sencilla de doppler transcraneal incluso para personal poco experimentado.

El tercer método es el Doppler transcraneal a calor y puede utilizarse usando cualquier equipo ecocardiográfico, con el transductor de entre 2.0 – 5 Mhz y preset para doppler transcraneal. En estos equipos modernos se pueden usar nuevas modalidades como doppler de poder y posterior a procedimientos especiales electrónicos para delinear mejor la imagen vascular (Dr Andrey Kostin, 2015).

El aumento de las capacidades técnicas, el mayor conocimiento de la técnica y su mayor difusión en las unidades de cuidado intensivos han permitido ampliar estas aplicaciones a diferentes tipos de pacientes críticos (Llompert-Pou et al., 2024).

8.1 VENTANAS DE INSONACIÓN

En general, el doppler transcraneal se realiza con una sonda de 2- 5 MHz que nos permitirá la visualización de las principales estructuras del cerebro y el análisis de la hemodinamia cerebral.

Las ventanas básicas de insonación y su principal aplicación se resumen a continuación:

- Temporal: Permite la identificación del mesencéfalo, sistema ventricular, evaluación de la desviación de la línea media (DLM) y la insonación de las principales arterias del polígono de willis.
- Suboccipital o transforaminal: Permite la identificación del foramen magnum y con ello el análisis de las arterias vertebrales y la arteria basilar.
- Transorbitaria: Permite la insonación de la arteria oftálmica y el sifón carotídeo, además de la evaluación del diámetro de la vaina del nervio óptico (DVNO).
- Submaxilar: Permite la insonación de la porción extracraneal de la arteria carótida interna, útil para calcular el índice de lindegaard (Llompert-Pou et al., 2024).

En general cualquier exploración debe iniciarse mediante el análisis de la ventana temporal.

En esta ventana, tenemos 3 planos de insonación fundamentales.

1. Plano mesencefálico: Analizar a una profundidad inicial de 15-16 cm de modo que permita comprobar la correcta insonación de la calota contralateral (habitualmente a unos 14 cm del transductor en adultos). Así,

en el centro de la imagen obtenida identificamos el mesencéfalo con su imagen característica hipoecoica en alas de mariposa (Llompert-Pou et al., 2024).

2. Plano diencefálico: El transductor 10 grados en dirección craneal se identifica el tercer ventrículo, como una doble línea paralela hiperecoica pulsátil anterior al mesencéfalo (Llompert-Pou et al., 2024).
3. Plano ventricular: Una angulación craneal adicional de 10 grados permitirá la visualización del tálamo y las astas frontales de los ventrículos laterales (Llompert-Pou et al., 2024).

Ventana transtemporal:

- Es la más utilizada por su accesibilidad en pacientes en decúbito supino y por el hecho de que permite explorar varios vasos.
- Localización: anterior a la oreja y dorsal a la cola de la ceja, por encima del arco cigomático.
- Exploración: Colocaremos la muesca indicadora hacia anterior y en la imagen en la parte superior izquierda de la pantalla. El polígono de willis se identificará mediante el uso del modo color como una estructura pentagonal con flujo sanguíneo anterior a los pedúnculos cerebrales (con forma de corazón hipoecoico empleando el modo B). La arteria cerebral media en este punto se dirige hacia el transductor. La arteria cerebral posterior se puede identificar como un vaso curvado que rodea a los pedúnculos cerebrales de anterior a posterior (Montero Yebolés R et al., 2021).

Ventana Suboccipital:

- Su uso requiere reposicionar al paciente, idealmente en decúbito lateral o prono por lo que debe ser empleada con cautela en pacientes inestables o intubados. Permite explorar las arterias vertebrales y la arteria basilar.
- Localización: parte posterior del cuello justo a nivel suboccipital.
- Metodología: Se flexiona la cabeza con el mentón tocando el pecho y se insona la arteria a estudio a través del foramen magno, con el transductor en la línea media de la nuca apuntando hacia los ojos con la muesca hacia la derecha. Las arterias vertebrales se identifican formando un ángulo (v invertida), confluyendo en el tronco basilar. Alejándose el flujo del transductor (Montero Yebolés R et al., 2021).

Ventana Transorbitaria (oftálmica):

- Especialmente útil en pacientes con mala ventana temporal. Habitualmente permite insonar el sifón carotídeo y la arteria oftálmica y en ocasiones también la arteria cerebral media y la arteria cerebral anterior. Se usa también para medir el diámetro de la vaina del nervio óptico.
- Localización: a Nivel del párpado desde posición lateral (aproximación oblicua) o superior (aproximación anteroposterior).
- Metodología: Se aplicará una abundante capa de gel sobre el párpado cerrado y posteriormente colocará el transductor sin ejercer presión. La arteria oftálmica entra en la órbita en posición lateral e inferior al nervio óptico, para luego cruzar superior y medial al nervio óptico y las ramas de la arteria central de la retina. La aproximación anteroposterior permite

identificar la arteria carótida interna, arteria oftálmica, la arteria cerebral media y a la arteria cerebral anterior (Montero Yebolés R et al., 2021).

8.2 INTERPRETACIÓN DE LAS MEDICIONES DEL DOPPLER TRANSCRANEAL

Todas las mediciones de flujo sanguíneo cerebral mediante doppler transcraneal deben interpretarse siempre en el contexto clínico de cada paciente (Montero Yebolés R et al., 2021).

Deben tenerse especialmente en cuenta en pacientes críticamente enfermos la presencia de fontanelas abiertas, existencia de inestabilidad hemodinámica, cortocircuitos extra cardíacos y patología aórtica (Fortier O'brien et al., 2021).

Presión intracraneal elevada: La medición de las velocidades pico, velocidad diastólica, índice pulsatilidad e índice de resistencia es de utilidad en patologías en las que la presión intracraneal puede elevarse provocando anomalías de la perfusión cerebral (Montero Yebolés R et al., 2021). A medida que la presión intracraneal aumenta, la velocidad diastólica disminuye, lo cual resulta en un índice de pulsatilidad elevado e índice de resistencia elevado. Según progresa la elevación de la presión intracraneal el flujo diastólico se atenúa aún más e incluso desaparece, suponiendo la pérdida de flujo anterógrado diastólico.

Patrón de Isquemia: Se caracteriza por velocidades diastólicas bajas con un índice de pulsatilidad elevado.

Patrón de Hiperemia: Habitualmente se aprecia a pocas horas del insulto y puede durar varios días. Puede favorecer la aparición de sangrado intracerebral, patrón de flujos aumentando (Montero Yebolés R et al., 2021). Se caracteriza por velocidades

sistólicas y diastólicas elevadas con índice de pulsatilidad e índice de resistencia bajos, suele asociarse con desarrollo de edema cerebral y la pérdida de autorregulación cerebral (Montero Yebolés R et al., 2021). A medida que el edema progresa, se eleva la presión intracraneal lo cual modifica el patrón de flujos aumentando el índice de resistencia e índice de pulsatilidad (Montero Yebolés R et al., 2021).

Vasoespasmo: Ocurre con frecuencia en relación con sangrados subaracnoideos (ruptura de una aneurisma o en contexto de traumatismo craneoencefálico). Normalmente en torno al segundo día de evolución, también se ha descrito en niños con infección del sistema nervioso central.

- Se identifica como un aumento en la velocidad media en la arteria cerebral media. A pesar de que las velocidades deben considerarse en relación a la edad del niño, velocidades medias superiores a 120 cm/s se consideran indicativas de vasoespasmo. Un índice de lindegaard mayor a 3 confirma el diagnóstico de vasoespasmo y si es mayor de 6 debe considerarse como grave.
- Para la circulación posterior se considera la existencia de vasoespasmo cuando la velocidad media en el tronco basilar alcanza 90 cm/s.
- Un incremento periódico de la velocidad de la arteria cerebral media de más de 25 cm/s se ha relacionado con un mal pronóstico.

Parada circulatoria cerebral: Ausencia de flujo cerebral. Es útil en la sospecha de muerte cerebral. Pudiendo evitar la realización de pruebas más invasivas o que requieran traslados y acortar los tiempos de evaluación. Generalmente se evalúa la parte proximal de la arteria cerebral media y el tronco basilar para realizar el diagnóstico en pacientes con una causa para un daño neurológico grave y con una exploración compatible (Montero Yebolés R et al., 2021).

Los siguientes patrones son compatibles con el diagnóstico de parada circulatoria cerebral:

- Espigas sistólicas pequeñas (duración < 200 ms y velocidad sistólica < 50 cm/s).
- Flujo diastólico reverso de forma mantenida u onda de flujo oscilante (mismo flujo sistólico anterógrado con diastólico reverso).
- Desaparición de todo flujo intracraneal (pérdida de flujo sistólico y diastólico cuando se había demostrado flujo intracraneal previamente y que persiste a nivel extracraneal): Ausencia de flujo en la arteria cerebral media, con flujo diastólico reverso en la arteria carótida interna extracraneal o con una velocidad media menor de 10 cm/s en la arteria cerebral media mantenida durante más de 30 minutos (Montero Yebolés R et al., 2021).

8.3 VALORES NORMALES

Tabla 1. Valores recomendados para la interpretación de la examinación del doppler transcraneal en niños de (0-18 años) en la unidad de cuidados intensivos pediátricos.

EDAD	ACM	ACI	ACA	ACP	AB
Velocidad Sistólica Pico					
0-10 días	46 (10)	47 (9)	35 (8)	-	-
11 – 90 días	75 (15)	77 (19)	58 (15)	-	-
3 – 11.9 meses	114 (20)	104 (12)	77 (15)	-	-
1 – 2.9 años	124 (10)	118 (24)	81 (19)	69 (9)	71 (6)
3- 5.9 años	147 (17)	144 (19)	104 (22)	81 (16)	88 (9)
6 – 9.9 años	143 (13)	140 (14)	100 (20)	75 (10)	85 (17)
10 – 18 años	129 (17)	125 (18)	92 (19)	66 (10)	68 (11)
Velocidad Media					
0-10 días	24 (7)	25 (6)	19 (6)	-	-
11 – 90 días	42 (10)	43 (12)	33 (11)	-	-
3 – 11.9 meses	74 (14)	67 (10)	50 (11)	-	-
1 – 2.9 años	85 (10)	81 (8)	55 (13)	50 (12)	51 (6)
3- 5.9 años	94 (10)	93 (9)	71 (15)	48 (11)	58 (6)
6 – 9.9 años	97 (9)	93 (9)	65 (13)	51 (9)	58 (9)
10 – 18 años	81 (11)	79 (12)	56 (14)	45 (9)	46 (8)
Velocidad Pico Diastólica					
0-10 días	12 (7)	12 (6)	10 (6)	-	-
11 – 90 días	24 (8)	24 (8)	19 (9)	-	-

3 – 11.9 meses	46 (9)	40 (8)	33 (7)	-	-
1 – 2.9 años	65 (11)	58 (5)	40 (11)	35 (7)	35 (6)
3- 5.9 años	65 (9)	66 (8)	48 (9)	35 (9)	41 (5)
6 – 9.9 años	72 (9)	68 (10)	51 (10)	38 (7)	44 (8)
10 – 18 años	60 (8)	59 (9)	46 (11)	33 (7)	36 (7)

Abreviaturas: ACA: Arteria Cerebral Anterior; AB, arteria basilar; ACI, arteria carótida Interna; ACM, arteria cerebral media, Doppler Transcraneal, Velocidad Media: Tiempo promedio de la máxima velocidad en alcanzar la curva (Fortier O'brien et al., 2021).

9 DISEÑO METODOLÓGICO

9.1 PARADIGMA DE INVESTIGACIÓN

Actualmente para los médicos modernos encargados del cuidado de los niños críticamente enfermos implica cada vez más el uso de estrategias y tecnologías de gestión que han ido cambiando rápidamente en las últimas décadas, entre ellos el doppler transcraneal, en la unidad de cuidados intensivos pediátricos del hospital se está realizando un mayor neuromonitoreo sobre todo para estimar presión intracraneal cerebral y la presión de perfusión cerebral. En la población pediátrica los accidentes de tránsito son la causa más frecuente de ingreso a la unidad de cuidados intensivos pediátricos con más de 630 000 mil visitas a departamentos de emergencias, 60 000 hospitalizaciones en menores de 18 años en Estados Unidos, alrededor de una mortalidad del 30% y un 15% en Reino Unido, esto reportado con neuromonitoreo multimodal con doppler transcraneal del 100% en estos países. En nuestra unidad se tienen aproximadamente 191 ingresos anuales de los cuales el 40% aproximadamente tienen alguna patología neurológica y aproximadamente el 30% fallecen como lo reportado en la literatura; a pesar de ello, no todos estos pacientes tienen un neuromonitoreo multimodal con doppler transcraneal por lo que esto abre una interrogante de investigación acerca del neuromonitoreo en la unidad de cuidados intensivos pediátricos debido a que no existe de manera generalizada protocolos de actuación que permitan el uso de esta tecnología para guiar conductas terapéuticas y mejorar la morbilidad y mortalidad de estos pacientes.

9.2 NIVEL Y TIPO DE INVESTIGACIÓN

Se realizó un estudio de nivel descriptivo, transversal, observacional, univariado, prospectivo.

9.3 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El estudio que se realizó es de tipo no experimental, se llevó a cabo durante las primeras 24 horas de ingreso del niño a la unidad de cuidados intensivos pediátricos del hospital infantil de Morelia posterior a la autorización por parte de los padres o tutores y estabilización hemodinámica con cifras tensionales dentro de percentiles, dióxido de carbono entre 35 - 45 y hematocrito entre 30 - 45 así como normotermia (temperatura de 36.5 - 37.5°C), se procedió a tomar el ultrasonido doppler transcraneal inicialmente en ventana temporal derecha y posterior izquierda, se hizo la toma de mediciones únicamente de la arteria cerebral media, índice de pulsatilidad con el preset de cálculos con fórmulas que el equipo Philips Sparq que tiene precargado, se registrarán los datos en la hoja de recolección (Anexo 2) y excel denominado registro de datos que además de impreso se encontrara en la computadora número 2 de la terapia intensiva pediátrica de la unidad (Anexo 3), posterior a través de medidas de tendencia central y percentilar los datos obtenidos con la tabla de valores normales (Anexo 1) se determinará así el patrón de hemodinamia al ingreso del niño a la terapia intensiva pediátrica, además estimando el índice de pulsatilidad con la fórmula descrita.

9.4 CARACTERIZACIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO

- **UNIVERSO**

La investigación se llevó a cabo en la unidad de cuidados intensivos pediátricos del hospital infantil de Morelia, en ella existen 8 camas censables y 7 operativas, no se cuenta con neuromonitoreo invasivo (monitoreo de presión intracraneal). Se tiene un ultrasonido Doppler transcraneal con sonda sectorial (5 mHz) con el que se llevará a cabo la monitorización cerebral.

- **POBLACIÓN**

La población que participó en esta investigación, fueron todos los niños de cualquier género de 1 mes a 18 años que ingresan a la unidad de cuidados intensivos pediátricos con o sin patología neurológica, bajo sedación en el periodo de noviembre a diciembre del año 2024.

- **UNIDAD DE ESTUDIO**

Paciente que ingresó en el periodo establecido previamente a la unidad de cuidados intensivos pediátricos del hospital infantil de Morelia.

- **CRITERIOS DE INCLUSIÓN**

Paciente de 1 mes de edad a 18 años que ingresó al servicio de cuidados intensivos pediátricos, bajo sedación en el periodo de noviembre a diciembre 2024.

Paciente cuyos padres y/o tutores aceptaron participar en el estudio con consentimiento informado.

- **MUESTRA**

Se realizó un censo, por lo que no se ha determinado una muestra.

- **CRITERIOS DE EXCLUSIÓN**

Paciente del servicio de cuidados intensivos cuyos padres no aceptaron participar en el estudio.

Pacientes que estaban manejados con hipercapnia permisiva por un distrés respiratorio severo tipo II.

Pacientes en los que no se logró la normodinamia esperada para la edad en las primeras 24 horas.

Pacientes que se encontraban conscientes durante su ingreso.

- **CRITERIOS DE ELIMINACIÓN**

Pacientes que por condiciones de gravedad a su ingreso no se logró realizar la exploración ultrasonográfica.

9.5 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLES DEPENDIENTES

VARIABLE	DEFINICIÓN	INDICADOR	TIPO	DIMENSIÓN
Patrones de hemodinamia Cerebral	Patrón de velocidades de flujo sanguíneo cerebral que presenta el cerebro.	Velocidades sistólicas y diastólicas de la arteria cerebral media, índice de lindegaard e índice de pulsatilidad.	Cualitativa nominal	1. Normodinamia 2. Hiperemia 3. Isquemia 4. Vaso espasmo 5. Paro circulatorio cerebral
Normodinamia	Velocidades sistólicas y diastólicas de la arteria cerebral media e índice de pulsatilidad en pacientes ingresados dentro de valores normales de percentilas.	Índice de pulsatilidad, velocidad sistólica y diastólica de la arteria cerebral media.	Cualitativa dicotómica	1. Si 2. No

Hiperemia	Velocidad sistólica y diastólica elevada con un índice de pulsatilidad bajo.	Índice de pulsatilidad y velocidad sistólica y diastólica de la arteria cerebral media	Cualitativa Dicotómica	1. Si 2. No
Isquemia	Patrón de velocidades que se presenta en las primeras horas de la lesión secundaria.	Índice de pulsatilidad y velocidad diastólica de la arteria cerebral media	Cualitativa Dicotómica	1. Si 2. No
Vasoespasmio	Incremento de la Velocidad Media índice de Lindegaard mayor a 3.	Velocidad Media de la Arteria Cerebral Media Índice de Lindergaard	Cualitativa Dicotómica	1. Si 2. No
Paro Circulatorio Cerebral	Ausencia de flujos a nivel de la arteria cerebral media o disminución del flujo sistólico menor a 50 cm/s o presencia de espigas aisladas o flujo diastólico reverso.	Velocidad sistólica y velocidad diastólica ausentes en arteria cerebral media.	Cualitativa Dicotómica	1. Si 2. No

Índice de Pulsatilidad	Diferencia de la velocidad máxima sistólica menos la velocidad diastólica entre la velocidad media	Velocidad sistólica, velocidad diastólica y velocidad media de la arteria cerebral media.	Cuantitativa	1. Mayor a 1.2 hipertensión endocraneal 2. Menor a 1.2 sin hipertensión endocraneal
------------------------	--	---	--------------	--

VARIABLES INDEPENDIENTES

VARIABLE	DEFINICIÓN	INDICADOR	TIPO	DIMENSIÓN
Sexo	Diferencia fenotípica de las características de genitales externos	Tipo de Sexo	Cualitativa	1. Masculino 2. Femenino
Edad	Cantidad de días y años vividos posterior al nacimiento.	Años y Días cumplidos	Cualitativa	1. 0 - 11 meses 2. 1 - 5 años 3. 6 - 9 años 4. 10 - 14 años 5. 15 - 18 años
Dioxido de Carbono	Gas esencial para el cuerpo, subproducto del metabolismo celular.	CO ₂	Cuantitativa	1. 20 - 30 hipocapnia 2. 31 - 45 normocapnia 3. 46 - 60 acidosis respiratoria

9.6 PLAN DE RECOLECCIÓN DATOS.

A través de un documento en excel se hizo el registro de los datos de los pacientes que previamente los padres o tutores aceptaron por medio de consentimiento informado la autorización de participar en el estudio. Se tuvo información del número de expediente, edad, sexo y posterior se realizó en las primeras 24 horas el ultrasonido doppler transcraneal por el investigador en región temporal y se tomaron las velocidades de la arteria cerebral media a través del preset del ultrasonido utilizado (philips sparq ultrasound) siendo este el equipo con el que se cuenta en la unidad de cuidados intensivos pediátricos, se utilizó el transductor S4-2 sectorial de 5 Mhz, el ultrasonido cuenta con preset integrado con el cual calcula automáticamente el índice de pulsatilidad, este será el tercer valor a recolectar, así como velocidad media, registrado en la hoja de recolección de datos.

• EQUIPO DE MEDICIÓN

Se utilizó el ultrasonido philips sparq con el transductor 5 Mhz sectorial.

• TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Se utilizó la ventana temporal para la identificación del mesencéfalo, y la insonación de las principales arterias del polígono de willis, en decúbito supino y anterior a la oreja y dorsal a la cola de la ceja, por encima del arco cigomático, se colocó la muesca indicadora hacia anterior en la parte superior izquierda de la pantalla. El polígono de willis se identificó mediante el uso del modo color como una estructura pentagonal con flujo sanguíneo anterior a los pedúnculos cerebrales (con

forma de corazón hipoecoico empleando el modo B). La arteria cerebral media en este punto se dirigió hacia el transductor. La arteria cerebral posterior se puede identificar como un vaso curvado que rodea a los pedúnculos cerebrales de anterior a posterior, en el área menos curvada se procede a medir las velocidades e índice de pulsatilidad con el preset incluido en el equipo.

- **PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

Posteriormente que se obtuvieron las velocidades e índice de pulsatilidad se recolectó la información en un archivo de excel como base de datos para su posterior análisis.

- **FORMATO DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

Se recolectó en una base de datos inicial de excel la información de las velocidades de cada paciente que se analizó en el estudio.

9.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS.

Se realizó un análisis exploratorio de los datos basales con estadística descriptiva para determinar las frecuencias de las variables de estudio, así como medidas de tendencia central y dispersión (media y desviación estándar para variables continuas y tabulaciones de frecuencias para las categóricas) para todos los sujetos.

- **PROGRAMA INFORMÁTICO DE PROCESAMIENTO DE DATOS**

Word y Excel

9.8 CONSIDERACIONES ÉTICAS

- **NIVEL DE RIESGO: Riesgo Mínimo.**

El protocolo fue revisado y en su caso aprobado por el comité de investigación y ética del Hospital Infantil de Morelia previo a su ejecución, con apego a la NOM-012-SSA3-2012 la cual establece los criterios administrativos, éticos y metodológicos que deben cumplirse para realizar investigación en seres humanos.

Se consideraron las disposiciones del Reglamento de la Ley General de Salud en materia de investigación para la salud en el Título Segundo, capítulo primero en sus artículos: 13, 14 incisos I al VIII, 15, 16, 17 en su inciso II, 18, 19, 20, 21, incisos I al XI y 22 incisos I al V.

En apego a la ley federal de protección de datos personales en posesión de los particulares.

Se requirió consentimiento informado autorizado emitido en el informe médico al momento de generar el ingreso bajo los principios de beneficencia y autonomía.

En apego a la Ley Federal de protección de datos personales en posesión de sujetos obligados del estado de Michoacán de Ocampo.

Se realizó el estudio considerando documentos Internacionales y Nacionales que regulan la Ética de la Investigación tales como la Declaración de Helsinki, el Informe Belmont, la Conferencia Internacional de Armonización (CH6), la Ley General de Salud en materia de Investigación en seres humanos, y documentos regulatorios de la Comisión Nacional de Bioética.

- **CONSENTIMIENTO INFORMADO**

**Hospital Infantil de Morelia
“Eva Sámano de López Mateos”**

**PRINCIPALES PATRONES DE HEMODINAMIA CEREBRAL EN LA UNIDAD DE
CUIDADOS INTENSIVOS PEDIÁTRICOS DEL HOSPITAL INFANTIL DE MORELIA**

Morelia, Michoacán, a ____ de _____ de 2024

A continuación, le daré información para invitarle a que su hijo(a) participe en este estudio. No tiene que decidir hoy si participa o no. Puede haber algunas palabras que no entienda, en ese caso por favor deténgame para explicarle. Si tiene preguntas más tarde, puede preguntarme a mí o a los miembros del equipo de investigación.

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 por 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 y registrado por el comité de ética en investigación del hospital infantil de Morelia con el folio:

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.

INVITACIÓN A PARTICIPAR Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Por medio de la presente la Dra. Michelle Alvarado Villalobos, con numero de celular: 4922064437 le realiza la invitación a participar en el proyecto “Principales Patrones de Hemodinamia Cerebral”, que se realiza en el Hospital Infantil de Morelia “Eva Sámano de López Mateos”, el cual servirá para determinar los valores normales de flujos de la sangre con los que ingresan los pacientes a terapia intensiva pediátrica del hospital.

La Dra. Alvarado, me ha explicado que si mi hijo(a) participa en el proyecto de investigación, le realizara un ultrasonido a un lado de su oído derecho e izquierdo para ver las arterias de su cerebro para realizar un estudio llamado “Principales Patrones de Hemodinamia Cerebral en la terapia intensiva pediátrica del Hospital Infantil de Morelia ” que sirve para

ver que la sangre de sus arterias este normal y registrar que este con adecuado oxígeno para su cerebro. Me comentó que estas mediciones son sencillas, breves, indoloras y que no originan ningún riesgo a la salud de mi hijo(a) y no le causará ninguna molestia.

CONFIDENCIALIDAD Y MANEJO DE SU INFORMACIÓN

El nombre del menor no será usado en ningún registro. No podrán ser usados para estudios de investigación que estén relacionados con condiciones distintas a las estudiadas en este proyecto. Los códigos que identifican su información estarán sólo disponibles a los investigadores titulares, quienes están obligados por Ley estatal y federal de protección de datos personales a no divulgar su identidad (NOM - 12- SSA3-2012).

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:

Declaración	del	paciente:	Yo,
			_____ declaro que es
			mi decisión que mi hijo,_____ participe en el
estudio. He sido informado que puedo negarme a no 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 hospital Infantil de Morelia. Si usted tiene preguntas sobre sus derechos como participante en el estudio, problemas, preocupaciones o preguntas la investigadora se compromete a responder cualquier pregunta que tenga sobre la investigación además puede obtener información y/o ofrecer información sobre el desarrollo del estudio, siéntase en la libertad de hablar con el coordinador del Comité de Ética en Investigación del Hospital Infantil de Morelia y la investigadora del proyecto.			

He leído y entendido toda la información que me han dado sobre mi participación en el estudio. Además de aclarar todas mis dudas.

No recibiré compensación alguna económica ni en especie, pero tampoco tendré que pagar cantidad alguna.

Nombre del Padre, Madre o Tutor

Firma

Dra Michelle Alvarado Villalobos
Nombre del Investigador

Firma

(El presente documento es original y consta de 1 página)

HOSPITAL INFANTIL DE MORELIA
PRINCIPALES PATRONES DE HEMODINAMIA CEREBRAL EN LA
UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS PEDIÁTRICOS

CARTA DE OPINIÓN DEL MENOR

Yo, _____
declaro que participe en el estudio de "PRINCIPALES PATRONES DE HEMODINAMIA CEREBRAL EN EL HOSPITAL INFANTIL DE MORELIA" previo al consentimiento firmado por mis padres y ser autorizado por el comité de investigación y ética del hospital para realizarme un estudio ultrasonográfico en mi cabeza para determinar la velocidad del flujo de sangre de mis arterias cuando me encontraba muy enfermo en las primeras 24 horas de ingreso a la terapia intensiva del hospital, sin presentar ningún tipo de dolor ni lesión cuando participe en este estudio.

Agregados:

10. RESULTADOS

Se estudió un total de 17 sujetos de los cuales no hubo exclusiones, en el análisis final se les tomaron los parámetros hemodinámicos de la arteria cerebral media, en un total de 34 arterias cerebrales medias estudiadas. La muestra se estratificó por grupos de edad y género como se muestra en la tabla 1 y 2.

Tabla 1

GENERO DE LOS PACIENTES EN EL ESTUDIO

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	FEMENINO	9	52.9	52.9	52.9
	MASCULINO	8	47.1	47.1	100.0
	Total	17	100.0	100.0	

De los cuales el 52.9% eran mujeres y 47.1% eran hombres con los siguientes grupos de edad:

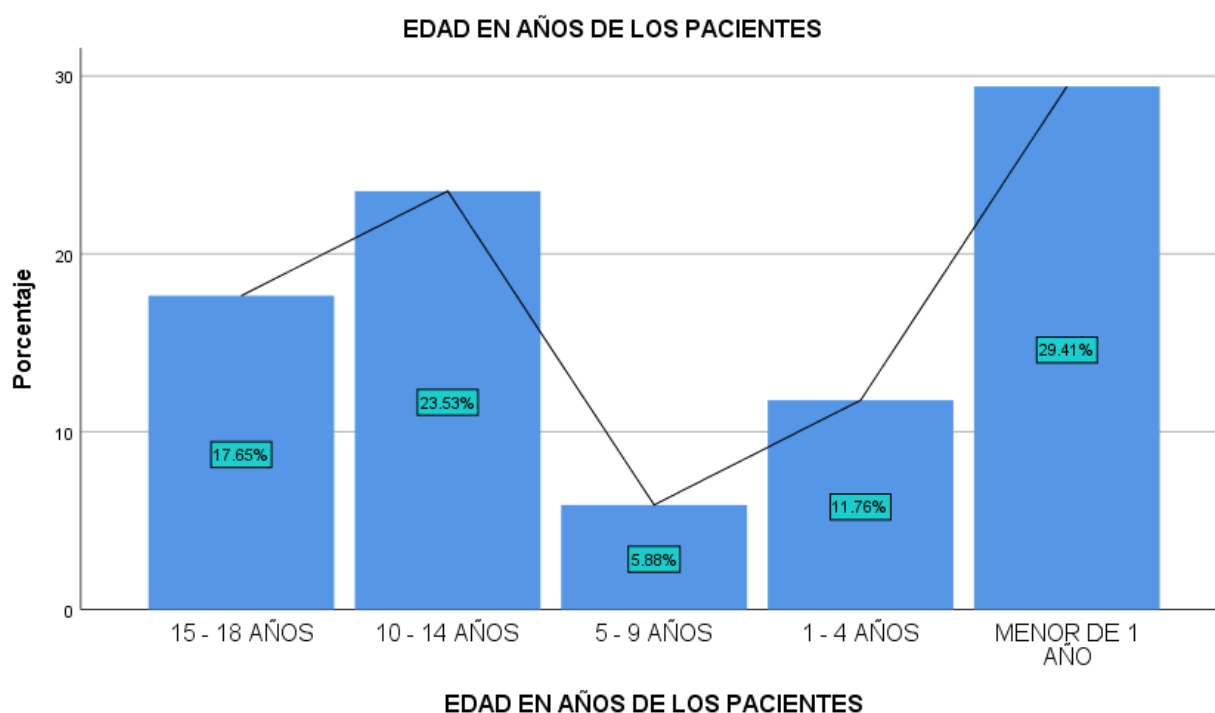
Tabla 2

EDAD EN AÑOS DE LOS PACIENTES

	Válido					
	15 - 18 AÑOS	10 - 14 AÑOS	5 - 9 AÑOS	1 - 4 AÑOS	MENOR DE 1 AÑO	Total
Frecuencia	3	4	3	2	5	17
Porcentaje	17.6	23.5	17.7	11.8	29.4	100.0
Porcentaje válido	17.6	23.5	17.7	11.8	29.4	100.0
Porcentaje acumulado	17.6	41.2	17.7	58.8	88.2	

Menores de 1 año en un 29.4% con un total de 5 sujetos, así como de 10 -14 años siendo el segundo grupo de mayor cantidad de sujetos estudiados con un total de 23.5 % y 17.6 % de 15 a 18 años de edad.

Gráfica 1



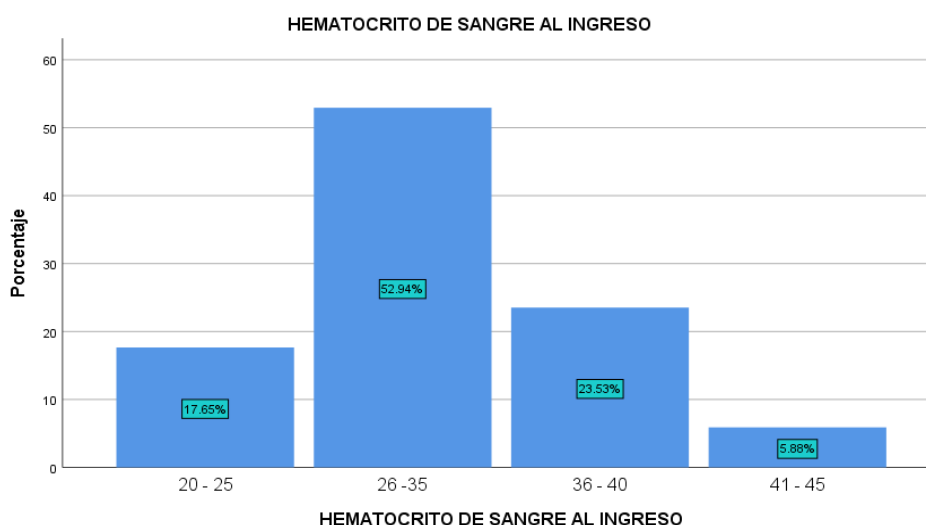
En cuanto a las variables que afectan la hemodinamia cerebral el hematocrito y dióxido de carbono tenemos los siguientes resultados:

Tabla 3

HEMATOCRITO DE SANGRE AL INGRESO

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	20 - 25	3	17.6	17.6	17.6
	26 - 35	9	52.9	52.9	70.6
	36 - 40	4	23.5	23.5	94.1
	41 - 45	1	5.9	5.9	100.0
	Total	17	100.0	100.0	

Gráfica 2



En la tabla 3 y Gráfica 2. Podemos observar que el hematocrito en 9 de los 17 pacientes se observa en los límites establecidos para el estudio 52.9%, mientras que el resto se observa menor en un 17.8% y mayor en un 5.8% a los límites establecidos por las diferentes patologías.

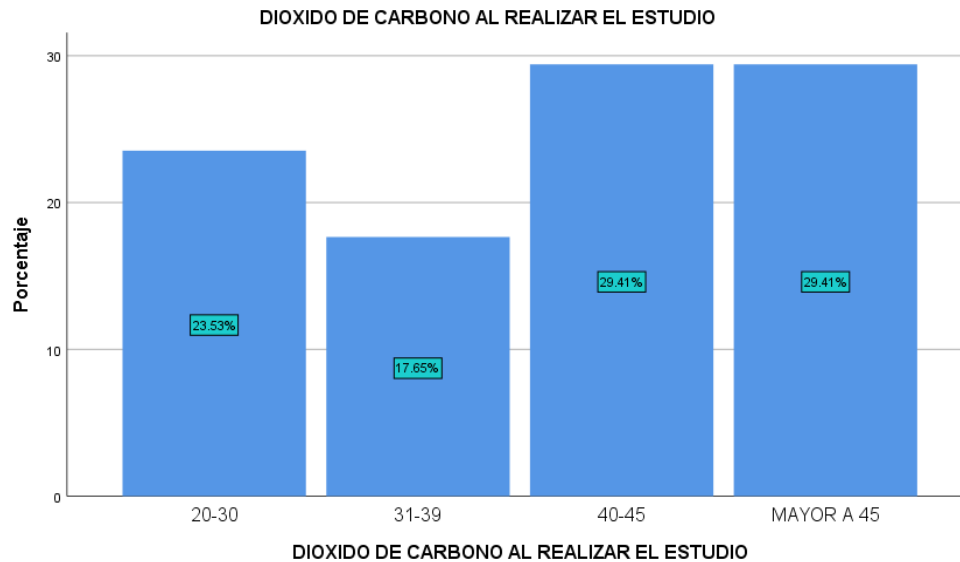
El dióxido de carbono inicialmente no se encontró en las metas establecidas en las primeras horas al ingreso para el estudio, reportándose en la tabla 4 y gráfica 3.

Tabla 4

DIOXIDO DE CARBONO AL REALIZAR EL ESTUDIO

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	20-30	4	23.5	23.5	23.5
	31-39	3	17.6	17.6	41.2
	40-45	5	29.4	29.4	70.6
	MAYOR A 45	5	29.4	29.4	100.0
	Total	17	100.0	100.0	

Gráfica 3



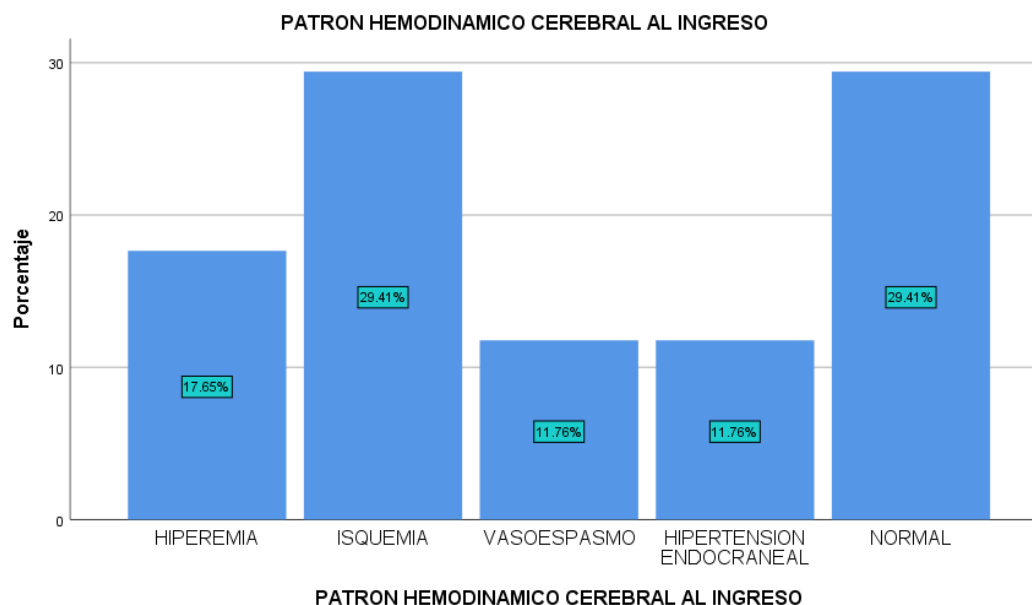
En la gráfica 3 podemos observar que el 17.85% de los pacientes se encontraban en normocapnia destacando que el 60% de los pacientes se encontraban con un dióxido de carbono mayor a 40 e incluso en hipercapnia en sus primeras 24 horas a su ingreso.

PATRON HEMODINAMICO CEREBRAL AL INGRESO

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	HIPEREMIA	3	17.6	17.6	17.6
	ISQUEMIA	5	29.4	29.4	47.1
	VASOESPASMO	2	11.8	11.8	58.8
	HIPERTENSION ENDOCRANEAL	2	11.8	11.8	70.6
	NORMAL	5	29.4	29.4	100.0
	Total	17	100.0	100.0	

En la tabla 5 podemos observar que sólo el 29.4% de los pacientes analizados tuvieron un patrón hemodinámico cerebral normal al ingreso de la terapia intensiva pediátrica presentándose en más del 50% alguna alteración hemodinámica.

Gráfica 4



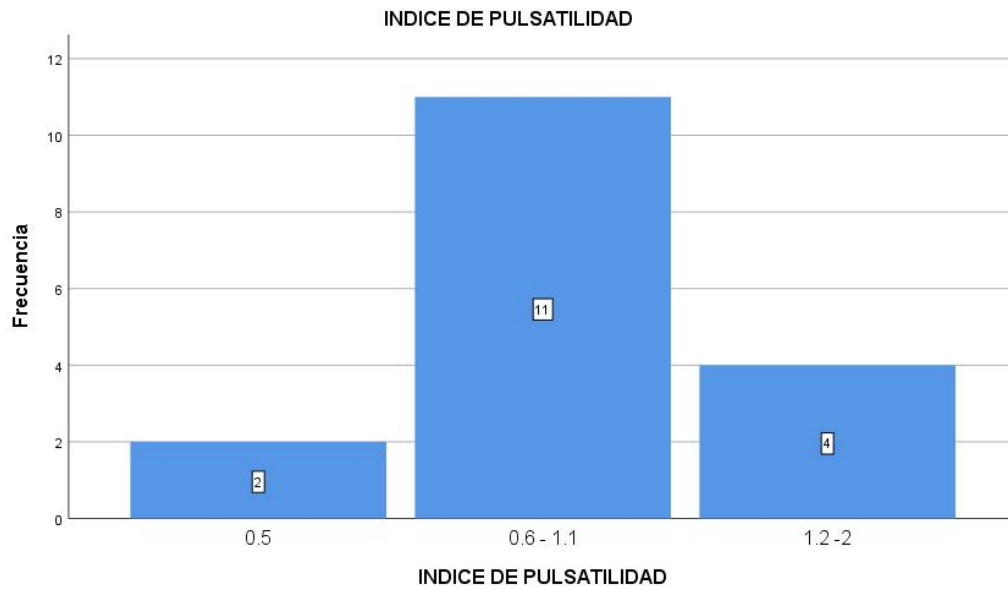
En la gráfica 4 podemos observar como el 29.4% de los pacientes presentaron un patrón de isquemia cerebral al ingreso de la terapia intensiva pediátrica, un 17.85% hiperemia y un 11.76% hipertensión endocraneal mientras que un 29.4% presentaron un patrón normal.

Tabla 6.

INDICE DE PULSATILIDAD					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	0.5	2	11.8	11.8	11.8
	0.6 - 1.1	11	64.7	64.7	76.5
	1.2 -2	4	23.5	23.5	100.0
	Total	17	100.0	100.0	

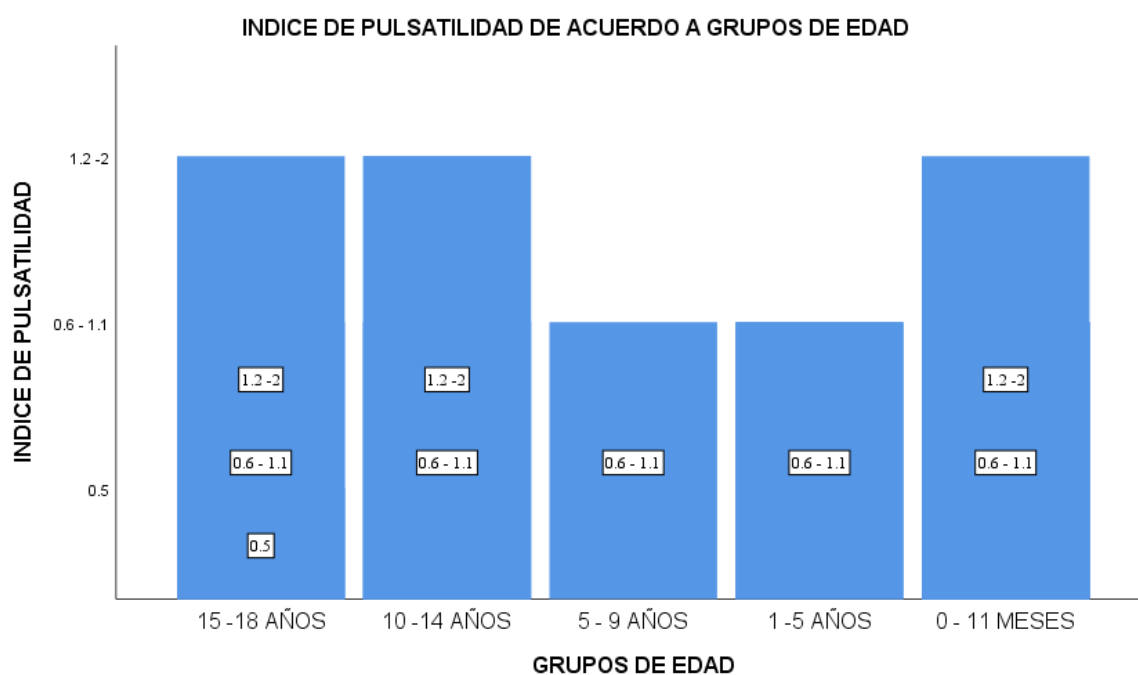
En la tabla 6 podemos observar que el índice de pulsatilidad con mayor frecuencia fue entre 0.6 a 1.1 con un 64.7 % del total de los pacientes, 23.5 % presentando hipertensión endocraneal con un índice de pulsatilidad mayor a 1.2.

Gráfico 5.



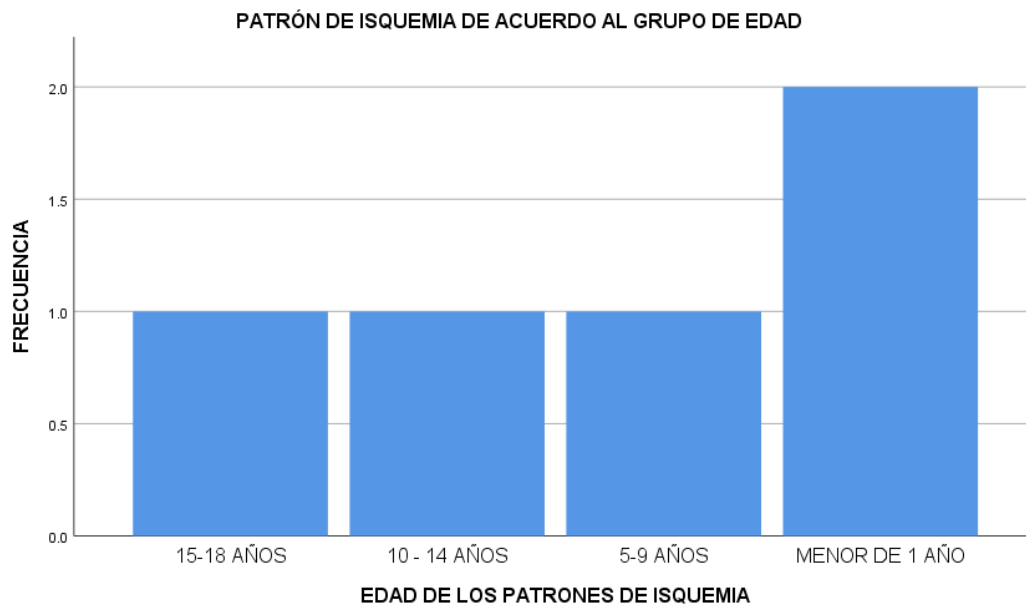
En el gráfico 5 podemos observar un total de 4 pacientes presentaron hipertensión endocraneal, 11 presentaron un índice de pulsatilidad normal y solo 2 presentaron un índice de pulsatilidad menor a 0.5.

Gráfico 6.



En la gráfica número 6 se observa como el mayor número de índice de pulsatilidad se observa en los menores de 1 año y en los mayores de 10 años, presentando estos mayor riesgo de hipertensión endocraneal, el resto de grupos de edad preescolares y escolares con índices de pulsatilidad dentro de límites.

Gráfica 7.



En la gráfica 7 se puede observar que el principal grupo de edad que presentó un patrón de isquemia son los lactantes menores de 1 año con un 29.4% del total de los pacientes.

11 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se estudió un total de 17 sujetos, no se excluyó ningún paciente, inicialmente la muestra se estratificó por grupos de edad y sexo de la siguiente manera: 9 mujeres (52.9%), hombres 8 (47.1%), de 15 - 18 años: 3 (17.6%), de 10 - 14 años: 4 (23.5%), de 5 - 9 años: 3 (17.7%), de 1 - 4 años: 2 (11.8%) y menor de 1 año: 5 (29.4%) como se puede observar en la tabla 1, tabla 2 y gráfica 1.

Las características basales de todos los pacientes estudiados fueron: hematocrito entre 26 - 35: 9 (52.9%), de 36 - 40: 4 (23.5%), de 41 -45: 1 (5.9%) como se puede ver en la tabla 3 y gráfica 2 a su ingreso, posterior al realizar el monitoreo, se normalizaron las cifras de hematocrito para el estudio.

En cuanto al dióxido de carbono entre 40 - 45: 5 (29.4%), mayor a 45: 5 (29.4%), 20 -30: 4 (23.5%) y normal entre 31 -39: 3 (17.6%), llama la atención el riesgo de acidosis respiratoria e hipocapnia importante con la cual los pacientes ingresan al servicio de terapia intensiva pediátrica condicionando un mayor riesgo de isquemia cerebral y con esto mayor riesgo de hipertensión endocraneal, posteriormente al normalizar el dióxido de carbono, se hicieron los registros pertinentes para el estudio a las 24 horas.

El principal patrón de hemodinamia cerebral en el estudio como se puede observar en la tabla 5 y gráfica 4 es el de isquemia cerebral con un 29.4% así como un patrón cerebral normal al ingreso de la terapia intensiva pediátrica también con un 29.4% con un total de 10 pacientes posterior con un 17.6% con un patrón de hiperemia así como hipertensión endocraneal y vasoespasmo un 11.8%.

El índice de pulsatilidad con mayor frecuencia al ingreso de los pacientes fue entre 0.6 y 1.2 como se observa en el gráfico 5 y tabla 7 con un 64.7%, menor a 0.6 un 11.8% y mayor a 1.2 un 23.5% de los cuales presentaron hipertensión endocraneal, además de que los grupos de edad con mayor índice de pulsatilidad fueron los menores de 1 año y los adolescentes de mayores de 10 años, con un mayor riesgo de isquemia e hipertensión endocraneal.

El patrón de isquemia fue más frecuente en el grupo de edad menores de 1 año, siendo un total de 5 pacientes los cuales presentaron este patrón en un 29.4%.

12 DISCUSIÓN

Existen pocos estudios en la literatura universal que comentan sobre el tema en población pediátrica, existen algunos por el avance en el monitoreo multimodal neurológico, Fortier O'brien, N., Reuter-Rice, K.,(2021) concluye faltan enfoques estandarizados para los protocolos de exploración, la interpretación y documentación de los exámenes de doppler transcraneal en nuestro entorno.

Rollet-Cohen Virgine, and Cols. (2021) En un estudio multicéntrico en francia en el cual se incluyeron 152 niños hospitalizados en la UCIP entre noviembre de 2014 y octubre de 2015 utilizando el doppler transcraneal como primera medida de neuromonitoreo en 110 pacientes como se realizó en el estudio actual dentro de las primeras 24 horas posteriores al ingreso se observó concordancia entre la interpretación del operador y los valores normativos, el operador encontró en el 51% de los pacientes alguna alteración y el 45% se encontró un patrón de hemodinamia cerebral normal, lo cual concuerda con nuestro estudio realizado en el que encontramos que un 29.4% de los pacientes presentaban un patrón normal y un 29.4% alterado.

Rollet-Cohen Virgine, and Cols. (2021) encontraron principalmente un patrón de hiperemia (35 casos), isquemia o hipoperfusión (17 casos), hipertensión endocraneal (10 casos), flujo reverso (4 casos), en comparación con nuestro estudio en el cual se reportó que el segundo patrón de hemodinamia cerebral fue el de hiperemia y posterior el de hipertensión endocraneal y vasoespasma sin concordar en que nuestro estudio el principal patrón de hemodinamia fue el de isquemia en contraste con Rollet - Cohen Virgine, and Cols en el que su principal patrón encontrado fue el de hiperemia, esto posiblemente atribuido a las alteraciones en las variables que modifican la hemodinamia cerebral en nuestro estudio como el

dióxido de carbono al ingreso al servicio de cuidados intensivos pediátricos elevado y hematocritos bajos, que requirieron mayor tiempo de compensación hemodinámica.

Acorde a Kerri L LaRovere and Cols. (2020) realizaron una encuesta a 43 hospitales (31 en Estados Unidos, 12 Internacionales), informaron que el uso de Doppler transcraneal en la UCIP, 8 de 27 hospitales disponía de un protocolo escrito para la realización de Doppler Transcraneal en la unidad de cuidados intensivos pediátricos, es decir menos de la mitad de las unidades de cuidados intensivos pediátricos cuentan con este monitoreo como en esta unidad, siendo primordial el neuromonitoreo para orientar la atención clínica es decir cuando solicitar un estudio de neuroimagen así como manipular la presión de perfusión cerebral tanto con vasopresores o líquidos al lado de la cama del paciente.

En cuanto al índice de pulsatilidad Rollet-Cohen Virgine, and Cols. (2021) reportan un índice de pulsatilidad elevado hasta en un 53% de los casos siendo este el principal factor de sospecha para realizar la monitorización de ultrasonido de doppler transcraneal, en comparación con el estudio de Rollet - Cohen en nuestro estudio el índice de pulsatilidad de la muestra obtenida se encontró mayormente dentro de parámetros normales sin embargo no fue tan alto como en el estudio de Rollet - Cohen siendo solo el 23.5% en contraste con el 53% de Rollet - Cohen.

De acuerdo a los resultados de nuestro estudio y los de la literatura continúa siendo necesario mayor número de estudios de investigación y directrices estandarizadas sobre el tema.

13 CONCLUSIONES

Actualmente, el monitoreo de la hemodinamia cerebral a través del doppler transcraneal en la unidad de cuidados intensivos pediátricos es parte del neuromonitoreo multimodal, este es de gran utilidad para el diagnóstico y tratamiento oportuno en el paciente. En una unidad de cuidados intensivos pediátricos como la del hospital infantil de Morelia, el 37.6% de los pacientes que ingresan, cursan con alguna patología neurológica por lo que resulta de vital importancia este tipo de neuromonitoreo no solo para pacientes con patología neurológica, aplica para todos los ingresados. Esta investigación es el inicio del registro de velocidades cerebrales e índices de pulsatilidad en pacientes pediátricos dentro de la unidad, como pauta para la mejor atención y calidad en los pacientes críticamente enfermos. Con los resultados obtenidos en el estudio más del 50% de los pacientes presentan alguna alteración hemodinámica cerebral al ingreso en el servicio. El principal patrón de hemodinamia registrado durante este estudio fue el de isquemia en lactantes menores de 1 año con un 29.4%, además de que este es el principal patrón asociado con mortalidad. Al encontrar los principales patrones de hemodinamia cerebral, se comprueba el objetivo principal del estudio realizado.

14 PROPUESTA

Con las conclusiones del presente estudio se recomienda realizar protocolos de neuromonitoreo estandarizados en base a metas que permitan diagnósticos de forma rápida y oportuna, así como tratamientos dirigidos a los pacientes de la unidad de cuidados intensivos pediátricos del hospital infantil de morelia mejorando así la morbimortalidad y disminuyendo secuelas, lo que justifica estudios posteriores objetivos sobre el impacto del doppler transcraneal en el tratamiento de los pacientes y los resultados clínicos con el fin de facilitar el desarrollo de directrices basadas en la evidencia actual.

14.1 RECURSOS HUMANOS

Se realizó por el autor del protocolo. Los asesores clínicos de este estudio monitorizaron el desarrollo del mismo en tiempo real.

14.2 RECURSOS MATERIALES

- Ultrasonido Doppler Philips Sparq
- Sonda Ultrasonografica de 5 mHz
- Sistema de cómputo con bases de datos Excel

14.3 PRESUPUESTO

Sin Costos

Garantizada la disponibilidad del ultrasonido por autores del estudio y hospital.

14.4 PLAN DE DIFUSIÓN Y PUBLICACIÓN DE RESULTADOS

Posterior al término del proyecto de investigación se dejó una copia del documento en la unidad de cuidados intensivos pediátricos con objetivo de la revisión de la misma al realizar el ultrasonido doppler transcraneal al ingreso y posterior en su atención de los pacientes esto permitirá la comparación de información con plan de incrementar la base de datos de las velocidades por edad en el estado y así mejorar las respuestas terapéuticas por parte de los intensivistas pediátricos de la unidad, además quedará como línea de investigación para futuros protocolos de investigación en el hospital y otros estados.

15 FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Ciancaglini, C. (2005). Ultrasonografía doppler transcraneal. Revista Costarricense de Cardiología, 7(1), 31–37. http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-41422005000100006&lng=en&tlng=es.
2. Andrey Kostin. (2015). Doppler Transcraneal en Cuidados Intensivos Neurológicos. Revista Mexicana de Anestesiología, 38, 427–429. <https://www.medigraphic.com/pdfs/rma/cma-2015/cmas153f.pdf>.
3. Fortier O'brien, N., Reuter-Rice, K., Wainwright, M. S., Kaplan, S. L., Appavu, B., Erklauer, J. C., Ghosh, S., Kirschen, M., Kozak, B., Lidsky, K., Lovett, M. E., Mehollin-Ray, A. R., Miles, D. K., Press, C. A., Simon, D. W., Tasker, R. C., Larovere, K. L., Thieme, G., & Kg, V. (2021). Practice Recommendations for Transcranial Doppler Ultrasonography in Critically Ill Children in the Pediatric Intensive Care Unit: A Multidisciplinary Expert Consensus Statement. J Pediatr Intensive Care, 10, 133–142. doi: 10.1055/s-0040-1715128. Epub 2020 Sep 4. PMID: 33884214.
4. Horvat CM, Mtaweh H, Bell MJ. (2016) Management of the Pediatric Neurocritical Care Patient. Semin Neurol. 36, 492-501. doi: 10.1055/s-0036-1592107.
5. Llompart-Pou, J. A., Galarza, L., Amaya-Villar, R., & Godoy, D. A. (2024). Ultrasonografía transcraneal en el paciente crítico. Medicina Intensiva, 48, 165–173. <https://doi.org/10.1016/j.medin.2023.06.002>.
6. Madyaret, D., Carbelo, Á., Leidelén, D., Sosa, E., & Rodríguez González, C. (2019). Historia y desarrollo del ultrasonido en la Imagenología. Acta Médica del Centro (13), 601-615. <http://www.revactamedicacentro.sld.cu/index.php/amc/index>
7. Medrano-Martorell, S., Pumar-Pérez, M., González-Ortiz, S., & Capellades-Font, J. (2021). Repaso anatómico de la arteria cerebral media en la era de la

trombectomía: una herramienta radiológica basada en la angio-TC y la TC perfusión, 63(6), 505–511. <https://doi.org/10.1016/j.rx.2021.07.001>

8. Ortiz-Prado, E., León, A. B., Unigarro, L., & Santillan, P. (2018). Oxigenación y Flujo Sanguíneo Cerebral, *Rev. Ecuat. Neurología*, (27), 302- 310. https://revecuatneurol.com/megazine_issue_article/oxigenacion-flujo-sanguineo-cerebral-revisión-literatura-brain-oxygenation-cerebral-blood-flow-review/.
9. Purkayastha, S., & Sorond, F. (2016). Transcranial Doppler Ultrasound: Technique and Application. *Sep*;32 (4):411-20. doi: 10.1055/s-0032-1331812.
10. Montero Yeboles R, Mayordomo Colunga, J., Muñozerro Sesmero, M., Mária Gómez Luque, J., Rodríguez Campoy, P., & González Cortés, R. (2021). Protocolo De Neuroecografía: Ecografía Doppler Transcraneal, Evaluación De La Desviación De Línea Media, Diámetro De La Vaina Del Nervio Óptico y Evaluación de Reflejos Pupilares. *Sociedad y Fundación Española de cuidados intensivos Pediátricos*, 463-482. https://www.aeped.es/sites/default/files/documentos/34_eco_doppler_transcraneal.pdf
11. Rincón Flórez, D. F., Tejada Perdomo, J. H., Rodríguez, J. J., & Chaves Pineda, J. D. (2021). Cerebral blood flow and cerebral metabolic activity. A look from anesthesiology. *Revista Chilena de Anestesia*, 50(6), 912–917. doi: 10.25237/revchilanestv5008101043
12. Rodríguez-Boto, G., Rivero-Garvía, M., Gutiérrez-González, R., & Márquez-Rivas, J. (2015). Conceptos básicos sobre la fisiopatología cerebral y la monitorización de la presión intracraneal. *Neurología*, 30(1), 16–22. <https://doi.org/10.1016/J.NRL.2012.09.002>
13. Rollet - Virgine - Cohen., Philippe Sachs, Pierre-Louis Leger, (2021). Transcranial Doppler Use In Non-traumatic Critically Ill Children: A Multicentre Descriptive Study, *Frontiers in Pediatrics*, 2 julio de 2021;9:609175. doi: 10.3389/fped.2021.609175.

14. LaRovere KL, Tasker RC, Wainwright M, Reuter-Rice K, Appavu B, Miles D, Lidsky K, Vittner P, Gundersen D, O'Brien NF; Pediatric Neurocritical Care Research Group (PNCRG). Transcranial Doppler Ultrasound During Critical Illness in Children: Survey of Practices in Pediatric Neurocritical Care Centers. *Pediatr Crit Care Med*. 2020 Jan;21(1):67-74. doi: 10.1097/PCC.0000000000002118. PMID: 31568242
15. Piriz Assa, Alberto Rubén, Abdo-Cuza, Anselmo, & de la Cruz de la Cruz, Harlam Reynier. (2022). Ecografía Doppler transcraneal para estimar la presión intracraneal y presión de perfusión cerebral en pacientes pediátricos neurocríticos. *Revista Cubana de Pediatría*, 94(2), . Epub 01 de junio de 2022. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75312022000200021&lng=es&tlng=es.

16 APÉNDICES

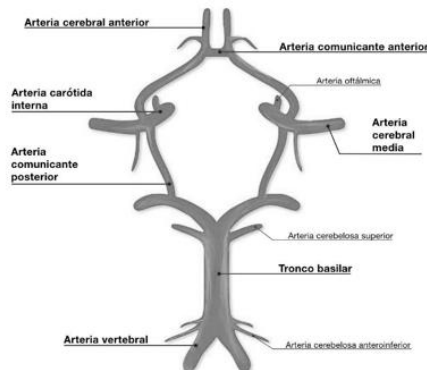
HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

APENDICÉ 1.

PRINCIPAL PATRÓN DE HEMODINAMIA CEREBRAL EN EL HOSPITAL INFANTIL DE MORELIA

NOMBRE:	FECHA DE ESTUDIO:
EXPEDIENTE:	EXPEDIENTE:
EDAD:	NUMERO DE HRS DESDE EL INGRESO:
DIAGNOSTICO PRINCIPAL:	PELOD -2:
TEMPERATURA:	PACO2:
FC:	IP:
TAM:	EVENTOS VASCULARES: SI / NO
HEMATOCRITO:	VENTILACIÓN MECANICA: SI / NO
ANTECEDENTE DE CRISIS CONVULSIVAS:	PEEP:
SI / NO	ANTICONVULSIVOS: SI / NO
SEDANTES:	ANSIOLITICOS:

ARTERIA CEREBRAL MEDIA IZQUIERDA	
VENTANA:	TEMPORAL
VELOCIDAD SISTOLICA:	cm/s
VELOCIDAD DIASTOLICA:	cm/s
VELOCIDAD MEDIA:	cm/s
INDICE DE PULSATILIDAD:	cm/s
INDICE DE LINDERGAARD:	cm/s



ARTERIA CEREBRAL MEDIA DERECHA	
VENTANA:	TEMPORAL
VELOCIDAD SISTOLICA:	cm/s
VELOCIDAD DIASTOLICA:	cm/s
VELOCIDAD MEDIA:	cm/s
INDICE DE PULSATILIDAD:	cm/s
INDICE DE LINDERGAARD:	cm/s

(Seleccione la arteria o arterias insonadas)

OTROS VASOS INSONADOS:

OTROS HALLAZGOS:

PATRÓN HEMODINAMICO CEREBRAL DE INGRESO:

DRA MICHELLE ALVARADO VILLALOBOS

MEDICO ENCARGADO DE REALIZAR EL RASTREO ULTRASONOGRAFICO

Apéndice 2. Hoja Excel de Recolección de Datos

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1														
2														
3														
4														
5	EDAD	PELOD -2	HTO	CO2	SEXO	VS INGRESO	VD INGRESO	VELOCIDAD	NIP DE INGRES	INDICE DE LIPI	DIAGNOSTICO	PEEP	PATRON DE HEMODINAMIA	
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
21														
22														
23														
24														
25														
26														
27														
28														

17 ANEXOS

ANEXO 1.

Tabla 1. Valores Recomendados para la interpretación de la examinación del Doppler Transcraneal en niños de (0-18 años) en la unidad de cuidados intensivos pediátricos.

Edad	ACM	ACI	ACA	ACP	AB
Velocidad Sistólica Pico					
0-10 días	46 (10)	47 (9)	35 (8)	-	-
11 – 90 días	75 (15)	77 (19)	58 (15)	-	-
3 – 11.9 meses	114 (20)	104 (12)	77 (15)	-	-
1 – 2.9 años	124 (10)	118 (24)	81 (19)	69 (9)	71 (6)
3- 5.9 años	147 (17)	144 (19)	104 (22)	81 (16)	88 (9)
6 – 9.9 años	143 (13)	140 (14)	100 (20)	75 (10)	85 (17)
10 – 18 años	129 (17)	125 (18)	92 (19)	66 (10)	68 (11)
Velocidad Media					
0-10 días	24 (7)	25 (6)	19 (6)	-	-
11 – 90 días	42 (10)	43 (12)	33 (11)	-	-
3 – 11.9 meses	74 (14)	67 (10)	50 (11)	-	-
1 – 2.9 años	85 (10)	81 (8)	55 (13)	50 (12)	51 (6)

3- 5.9 años	94 (10)	93 (9)	71 (15)	48 (11)	58 (6)
6 – 9.9 años	97 (9)	93 (9)	65 (13)	51 (9)	58 (9)
10 – 18 años	81 (11)	79 (12)	56 (14)	45 (9)	46 (8)
Velocidad Pico Diastólica					
0-10 días	12 (7)	12 (6)	10 (6)	-	-
11 – 90 días	24 (8)	24 (8)	19 (9)	-	-
3 – 11.9 meses	46 (9)	40 (8)	33 (7)	-	-
1 – 2.9 años	65 (11)	58 (5)	40 (11)	35 (7)	35 (6)
3- 5.9 años	65 (9)	66 (8)	48 (9)	35 (9)	41 (5)
6 – 9.9 años	72 (9)	68 (10)	51 (10)	38 (7)	44 (8)
10 – 18 años	60 (8)	59 (9)	46 (11)	33 (7)	36 (7)

Abreviaciones: ACA: Arteria Cerebral Anterior; AB, arteria basilar; ACI, arteria carótida Interna; ACM, arteria cerebral media, TCD, Doppler Transcraneal, Velocidad Media: Tiempo promedio de la máxima velocidad en alcanzar la curva.

(Fortier O'brien et al., 2021)

ANEXO. 2 FÓRMULAS

$$\text{INDICE DE PULSATILIDAD} = \frac{\text{VELOCIDAD SISTÓLICA} - \text{VELOCIDAD DIASTÓLICA}}{\text{VELOCIDAD MEDIA}}$$

$$\text{INDICE DE RESISTENCIA} = \frac{\text{VELOCIDAD SISTÓLICA} - \text{VELOCIDAD DIASTÓLICA}}{\text{VELOCIDAD SISTÓLICA}}$$

$$\text{ÍNDICE DE LINDEGAARD} = \frac{\text{VELOCIDAD MEDIA DE LA ARTERIA CEREBRAL MEDIA}}{\text{VELOCIDAD MEDIA DE LA ARTERIA CAROTIDA INTERNA}}$$

Abreviaciones: I. Pulsatilidad: Índice de Pulsatilidad, I. Resistencia: Índice de Resistencia, ACM: Arteria Cerebral Media, I. Lindegaard: Índice de Lindegaard, ACI: Arteria Carótida Interna

18 CONFLICTO DE INTERÉS

Declaró no tener ningún conflicto de interés.

Formato de Declaración de Originalidad y Uso de Inteligencia Artificial

Coordinación General de Estudios de Posgrado
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo



A quien corresponda,

Por este medio, quien abajo firma, bajo protesta de decir verdad, declara lo siguiente:

- Que presenta para revisión de originalidad el manuscrito cuyos detalles se especifican abajo.
- Que todas las fuentes consultadas para la elaboración del manuscrito están debidamente identificadas dentro del cuerpo del texto, e incluidas en la lista de referencias.
- Que, en caso de haber usado un sistema de inteligencia artificial, en cualquier etapa del desarrollo de su trabajo, lo ha especificado en la tabla que se encuentra en este documento.
- Que conoce la normativa de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, en particular los Incisos IX y XII del artículo 85, y los artículos 88 y 101 del Estatuto Universitario de la UMSNH, además del transitorio tercero del Reglamento General para los Estudios de Posgrado de la UMSNH.

Datos del manuscrito que se presenta a revisión		
Programa educativo	Especialidad En medicina Critica Pediatrica	
Título del trabajo	Principales patrones de hemodinamia cerebral en la unidad de cuidados intensivos pediátricos del hospital infantil de morelia	
	Nombre	Correo electrónico
Autor/es	Michelle Alvarado Villalobos	
Director	Mayra Isis Tena Zumaya	
Codirector	Roberto Carlos Quevedo Diaz	rquevedo@umich.mx
Coordinador del programa	Liliana Olivera Romero	

Uso de Inteligencia Artificial		
Rubro	Uso (sí/no)	Descripción
Asistencia en la redacción	no	

Formato de Declaración de Originalidad y Uso de Inteligencia Artificial

Coordinación General de Estudios de Posgrado
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo



Uso de Inteligencia Artificial		
Rubro	Uso (sí/no)	Descripción
Traducción al español	no	
Traducción a otra lengua	si	
Revisión y corrección de estilo	no	
Análisis de datos	no	
Búsqueda y organización de información	si	
Formateo de las referencias bibliográficas	no	
Generación de contenido multimedia	no	
Otro	no	

Datos del solicitante	
Nombre y firma	Michelle Alvarado Villalobos
Lugar y fecha	Morelia Michoacán, 30 de Octubre 2025

Michelle Alvarado Villalobos

PRINCIPALES PATRONES DE HEMODINAMIA CEREBRAL EN LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS PEDIÁTRICOS DEL H...

 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::3117:484664161

Fecha de entrega

19 ago 2025, 1:28 p.m. GMT-6

Fecha de descarga

19 ago 2025, 1:33 p.m. GMT-6

Nombre de archivo

PRINCIPALES PATRONES DE HEMODINAMIA CEREBRAL EN LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVO.....docx

Tamaño de archivo

2.0 MB

75 Páginas

12.720 Palabras

69.439 Caracteres

28% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 28%  Fuentes de Internet
- 7%  Publicaciones
- 0%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.