



## Comportamiento del flujo sanguíneo cerebral en pacientes pediátricos quemados durante la fase ebb ingresados en una unidad de quemados

**Silva Zarate Alicia Aída**

[licha92@hotmail.com](mailto:licha92@hotmail.com)

Hospital de la Mujer

**Gil Vargas Manuel**

[gilvm@yahoo.com](mailto:gilvm@yahoo.com)

<https://orcid.org/0000-0003-1333-8935>

Secretaría de Salud del Estado de Puebla

**Silva Campos Irlanda Mariel**

[irlanda.silvac@hotmail.com](mailto:irlanda.silvac@hotmail.com)

<https://orcid.org/0000-0002-4253-097X>

Facultad de Medicina de la Benemérita- Universidad Autónoma de Puebla

**Guevara Navarrete César Martín**

[cesar\\_guena@hotmail.com](mailto:cesar_guena@hotmail.com)

<https://orcid.org/0000-0002-5721-8030>

Facultad de Medicina de la Benemérita -Universidad Autónoma de Puebla

**López Santos Héctor Alfonso**

[hector.lopez@usalud.edu.mx](mailto:hector.lopez@usalud.edu.mx)

<https://orcid.org/0000-0001-6215-2358>

Universidad de la Salud del Estado de Puebla,

Secretaría académica, Licenciatura en Médico Cirujano

**Paredes Juárez Genaro Alberto**

[genaro.paredes@usalud.edu.mx](mailto:genaro.paredes@usalud.edu.mx)

<https://orcid.org/0000-0002-6621-7830>

Universidad de la Salud del Estado de Puebla, Secretaría académica,

Licenciatura en Médico Cirujano

**Benavides Suárez Sergio Adán**

[sergio.benavides@usalud.edu.mx](mailto:sergio.benavides@usalud.edu.mx)

<https://orcid.org/0000-0003-4448-7183>

Facultad de Medicina de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

**Martínez Tovilla Yaneth**

[yaneth\\_tovilla@hotmail.com](mailto:yaneth_tovilla@hotmail.com)

<https://orcid.org/0000-0001-6840-5838>

Universidad de la Salud del Estado de Puebla, Secretaría académica,

Licenciatura en Médico Cirujano

Puebla- México

Correspondencia: [taniafierro.17@gmail.com](mailto:taniafierro.17@gmail.com)

Artículo recibido 15 octubre 2022 Aceptado para publicación: 15 noviembre 2022

Conflictos de Interés: Ninguna que declarar

Todo el contenido de **Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar**, publicados en este sitio están disponibles bajo

Licencia [Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) 

Cómo citar: Silva Zarate , A. A., Gil Vargas, M., Silva Campos, I. M., Guevara Navarrete , C. M., López Santos , H. A., Paredes Juárez , G. A., Benavides Suárez, S. A., & Martínez Tovilla , Y. (2022). Comportamiento del flujo sanguíneo cerebral en pacientes pediátricos quemados durante la fase ebb ingresados en una unidad de quemados. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(6), 8167-8185. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v6i6.3990](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i6.3990)

## RESUMEN

Introducción: la conservación del Flujo Sanguíneo Cerebral (FSC) es muy importante para preservar las funciones normales del encéfalo. La regulación de este, esta mediada principalmente por la capacidad contráctil de los vasos sanguíneos.

Objetivo: describir el comportamiento del flujo sanguíneo cerebral en la fase ebb de las quemaduras en pacientes pediátricos.

Material y métodos: se realizó un estudio prospectivo, descriptivo, prolectivo y transversal en pacientes pediátricos, con quemaduras en la fase ebb a los que se les incluyó en un protocolo ultrasonográfico de neuromonitorización.

Resultados: el grupo etario más afectado fue el de escolares (n=25) por género el masculino (n=37). La causa de quemaduras más común fue por escaldadura (n=42). Se encontró una asociación estadísticamente significativa entre el grupo etario y la causa de quemaduras ( $p < 0.001$ ). El índice de pulsatilidad fue mayor en el género masculino con 0.58 y en edad escolar con 0.61, el índice de resistencia fue igual entre géneros con 0.47 y mayor en adolescentes con 0.50, el índice de Lingegaard fue mayor en el género femenino con 1.31 y en edad escolar con 1.51.

Conclusiones: se encontró una correlación con tendencia positiva significativa entre el porcentaje de superficie corporal quemada y el índice de resistencia ( $p = 0.031$ ,  $\rho = 0.273$ ).

**Palabras clave:** *flujo sanguíneo cerebral; quemaduras; pacientes pediátricos; fase ebb.*

## Cerebral blood flow behavior in pediatric burn patients during the ebb phase admitted to a burn unit

### ABSTRACT

Introduction: the preservation of Cerebral Blood Flow (CBF) is very important to preserve the normal functions of the brain. The regulation of cerebral blood flow is mainly given by the contractile capacity of the blood vessels.

Objective: to describe the behavior of cerebral blood flow during the ebb phase of burns in pediatric patients.

Methods: a prospective, descriptive, prolective and cross-sectional study was carried out in pediatric patients with burns in the ebb phase who were included in an ultrasonographic neuromonitoring protocol.

Results: the most affected age group was school children (n=25), and the most affected gender was male (n=37). The most common cause of burns was scald burns (n=42). A statistically significant association was found between age group and cause of burns ( $p<0.001$ ). The pulstatility index was higher in male with 0.58 and school age with 0.61, the resistance index was equal between genders with 0.47 and higher in adolescents with 0.50, the Lingegaard index was higher in female with 1.31 and school age with 1.51.

Conclusions: a correlation with a significant positive trend was found between the percentage of body surface area burned and the resistance index ( $p=0.031$ ,  $\rho=0.273$ ).

**Keywords:** *cerebral blood flow; burns; pediatric patients; ebb phase.*

## INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS) las lesiones en los niños constituyen un problema de salud pública cada vez mayor en todo el mundo. Se han convertido en una preocupación importante a partir del primer año de vida y representan una parte cada vez mayor en las tasas generales de mortalidad a medida que los niños se aproximan a la edad adulta. Cientos de miles de ellos fallecen cada año a causa de lesiones o violencia, y son millones los que sufren sus secuelas.

Las lesiones en los niños son un grave problema de salud pública que requieren atención urgente. En todo el mundo estas representan una de las principales causas de muerte infantil, y provocan cada año cerca de 950, 000 defunciones en niños y jóvenes menores de 18 años. Las lesiones no intencionales representan casi el 90% de estos casos, y son la principal causa de muerte entre el grupo de 10 a 18 años (Peden & Oyegbite, 2012).

Aparte de las defunciones, decenas de millones de niños sufren lesiones no mortales que precisan atención hospitalaria, como las producidas por quemaduras. Muchos sufren posteriormente algún tipo de discapacidad, a menudo con secuelas de por vida, tanto físicas, intelectuales y emocionales (Peden & Oyegbite, 2012).

Las quemaduras son lesiones producidas en los tejidos vivos, debido a la transferencia de energía de diversos agentes físicos (llamas, líquidos u objetos calientes, radiación, corriente eléctrica, frío), químicos (cáusticos) y/o biológicos, que provocan alteraciones que van desde un simple eritema transitorio hasta la destrucción total de estructuras (Minsal, 2016).

De acuerdo con la OMS dentro de las principales causas de muerte provocadas por quemaduras las causadas por fuego directo, en el grupo de 1 a 4 años representan el 11° lugar, en el grupo de 5 a 9 años ocupan también el lugar número 11, en el grupo de 10 a 14 años el 12° lugar y en el de 15 a 19 años representan el 7° lugar, en menores de 20 años el 15° lugar. Estas lesiones no son inevitables, pueden prevenirse o controlarse (Peden & Oyegbite, 2012).

De acuerdo con Peden & Oyegbite (2012) de este 60%, las quemaduras por fuego representan el 9.1%. En el caso de las muertes debidas a lesiones por fuego o llamas, la tasa en los países de ingresos bajos es cerca de 11 veces mayor que en los países de ingresos altos.

El manejo inicial del paciente pediátrico quemado representa un reto dentro del abordaje de la vía aérea, accesos vasculares, manejo hemodinámico y pulmonar, entre otros sistemas. Las quemaduras causan destrucción masiva de tejidos, resultando en una activación infamatoria mediada por citocinas provocando efectos locales en el sitio de la quemadura, así como sistémicos.

El choque por quemadura ocurre no únicamente por depleción de líquido intravascular, sino también por aumento de las resistencias vasculares sistémicas con incremento de catecolaminas, hormona antidiurética y hemoconcentración con una disminución del gasto cardiaco. La disminución del gasto cardiaco ocurre, aunque exista una reducción del volumen plasmático, de 24 a 36 horas posteriores a la quemadura (Bittner, Shank, Woodson, & Jeevendra, 2015).

La agresión traumática da lugar a importantes procesos metabólicos proporcionales con la intensidad de la agresión sufrida, y aunque estos son más evidentes en las dos primeras semanas tras el trauma, suelen persistir y exigen un adecuado soporte nutricional. En esta respuesta metabólica se distinguen dos fases evolutivas. La primera, posterior a la lesión es la fase de hipometabolismo o choque (ebb), debida a la intensa actividad simpática adrenal inicial, con caída del gasto cardíaco, disminución del transporte y consumo de oxígeno, el gasto energético y la temperatura corporal., todo ello asociado a un aumento de las concentraciones sanguíneas de glucosa, lactato y ácidos grasos libres, pudiendo esta fase durar de 0 a 7 días. Durante esta fase, debido al estímulo enviado por los barorreceptores al detectar la pérdida de la resistencia vascular, se produce un incremento en la actividad simpática (Nuñez, A., 2022).

Dentro de la fase ebb el edema generalizado es causado cuando la quemadura oscila entre el 25 a 30% de superficie corporal es secundario a la pérdida continua de plasma en las primeras 48 horas o más en los sitios de esta. La pérdida de líquido intravascular hacia el sitio de la quemadura y el edema generalizado, provocan un rápido estado de choque con mala perfusión de tejidos y órganos, con hemoconcentración secundaria. Siendo el manejo inicial la repleción de líquido intravascular con esquemas de fluidos adecuados, y en su caso la administración de albúmina, para preservar la perfusión tisular y minimizar la isquemia y respuesta inflamatoria.

Los cambios fisiopatológicos en la fase "ebb" ocurren primordialmente entre las 24 a 48 posteriores a la quemadura por aparatos y sistemas, estos se describen a continuación:

aumento en la producción y liberación de catecolaminas de la médula suprarrenal, las cuales tienen diferentes acciones como incremento de la glucogenólisis hepática con disminución en la liberación de insulina llevando a un estado de hiperglicemia, lipólisis en tejido adiposo causando aumento en ácidos grasos, incremento de ácido láctico liberado del tejido muscular, así como hipoxia tisular llevando a la formación de ácido láctico que se convierte en glucosa en el hígado (ciclo de Cori). El exceso de producción de este lleva a acidosis metabólica. El efecto de las catecolaminas en los vasos sanguíneos es complejo, pero en general la estimulación en los receptores alfa 1 y alfa 2 causan vasoconstricción, así como la estimulación en los receptores beta 1 provoca un efecto inotrópico positivo con aumento de la contractilidad cardíaca con vasodilatación de las arterias coronarias, la estimulación en los receptores beta 2 causan relajación del músculo liso a nivel de bronquios, músculo intestinal y algunos vasos sanguíneos (Abdur Rabban , Feroze , & MA, 2015).

La anatomía de las arterias cerebrales es compleja. Las dos arterias vertebrales se anastomosan en la porción basilar del occipital, formando la arteria basilar, de la cual se originan las arterias cerebrales posteriores, estas son las que junto con las colaterales de la porción comunicante de la arteria carótida interna (arterias cerebral anterior, cerebral media y comunicante posterior), forman una red compleja de vasos llamada polígono de Willis. La arteria cerebral media consta de 4 segmentos: esfenoidal (M1), insular (M2), opercular (M3) y cortical (M4). Únicamente los segmentos M1 y M2 son los que pueden observarse mediante el Ultrasonido Transcraneal (UTC). Por otra parte, la circulación interhemisférica se comunica gracias a la arteria comunicante anterior en el circuito anterior, y la comunicante posterior en el circuito posterior.

La presión intracraneal (PIC) depende del equilibrio entre el parénquima cerebral, el líquido cefalorraquídeo (LCR) y FSC. La presión intracraneal (PIC) es la presión que se encuentra dada por los contenidos en el cráneo., la PIC normal en un adulto oscila entre 7 a 15 mmHg en posición supina, volviéndose negativa al ponerse de pie, en recién nacidos a término la PIC oscila entre 1.5 a 6 mmHg, y en niños los valores de la PIC varían entre 3 a 7 mmHg (Ortiz-Prado & Santillan, 2018).

La PIC elevada es una complicación potencialmente devastadora de la lesión neurológica. En los niños, el aumento de la PIC suele ser una complicación de una lesión cerebral traumática; también puede ocurrir en niños que tienen hidrocefalia, tumores

cerebrales, infecciones intracraneales, encefalopatía hepática o insuficiencia del flujo venoso del sistema nervioso central (Tasker,2022)

La conservación del FSC es muy importante para preservar las funciones normales del encéfalo. La regulación de este está dada principalmente por la capacidad contráctil de los vasos sanguíneos. El FSC se preserva a presiones variables entre 50-160 mmHg.

La presión del LCR varía de acuerdo con la edad del paciente su valor normal es de 1.5 a 8 cm LCR en recién nacidos y de 4 a 8 cm; LCR en menores de 6 años. La circulación del LCR puede modificarse para compensar cambios en la PIC. Inicialmente, puede desplazarse del compartimiento intracraneal al espacio subaracnoideo; además, los volúmenes de sangre y LCR varían inversamente para equilibrar el volumen intracraneal total. La PIC a su vez también regula la reabsorción del LCR, de modo que ésta aumenta al incrementarse la presión del fluido (Pérez-Neri & Aguirre Espinosa,2015).

Los mecanismos por los cuales se regula el FSC no están del todo claros, pero existen diversas posturas que sugieren que esta regulación tiene un sistema autónomo independiente de la regulación periférica, la cual se da a través de canales iónicos mecano-sensibles presentes en el músculo liso vascular. Otros factores que pueden alterar el flujo son la presión parcial arterial de oxígeno ( $PaO_2$ ) y la presión arterial parcial de dióxido de carbono)  $PaCO_2$ , los cuales se relacionan con el grado de dilatación o contracción vascular (Galofre-Martínez & Moscote-Salazar, 2019).

Cuando el FSC desciende a niveles menores de 18-20 mL/100 g/1 min, la función eléctrica de las células nerviosas empieza a fallar, despertando los mecanismos intrínsecos de incremento en este, que se encuentra mediado por una vasodilatación reactiva altamente eficaz. Dentro de los factores fisiológicos que pueden alterar el FSC tenemos a la temperatura, la presión arterial, la presión de perfusión cerebral, la  $PaO_2$ , la  $PaCO_2$ , los vasodilatadores como el óxido nítrico (NO), vasoconstrictores como la adrenalina, la viscosidad sanguínea y la actividad simpática y parasimpática del sistema nervioso en general.

Los efectos de la temperatura del cuerpo sobre el FSC cambian la demanda metabólica del tejido cerebral. La tasa metabólica del cerebro disminuye significativamente cuando desciende la temperatura cerebral. La hipotermia disminuye la tasa de uso de energía asociada con el mantenimiento de la integridad celular tanto en la función electrofisiológica como con en el componente basal., en contraposición a la baja de

temperatura, la hipertermia tiene un efecto contrario en el FSC cuando la temperatura cerebral se mantiene entre los 37°C y 42°C (Villanueva, Dominguez, Huidoro & Pérez, 2008).

El ultrasonido transcraneal (UTC) se empezó a utilizar en el campo de la Medicina en el año de 1982 gracias a Aslid *et al.*, como complemento diagnóstico en la medición de los flujos de la velocidad de las arterias cerebrales de manera no invasiva. En la unidad de terapia intensiva se utiliza como complemento en la medición de la presión intracraneana para la neuromonitorización. La técnica para observar el FSC a través de la ventana transtemporal, consiste en colocar el transductor en una angulación entre 5 y 7° donde se puede evaluar el flujo de la arteria cerebral media y anterior, ahora bien, también si se requiere observar el flujo sanguíneo de las arterias vertebrales se coloca el transductor a 0° con respecto al plano horizontal. Una vez que se obtiene la imagen, se activa el modo Doppler, el cual permite observar la onda del espectro de sonido, medir las velocidades de ondas y el cálculo posterior de los valores hemodinámicos ( Lazaridis & Robertson, 2016).

En la onda Doppler de la arteria cerebral media (ACM) se puede observar la velocidad sistólica (VS), velocidad diastólica (VD) y se puede medir la velocidad media (VM) por fórmula o por estimación de área de onda. Otros parámetros que se pueden calcular son el índice de resistencia (IR), índice de pulsatilidad (IP), FSC y la presión de perfusión cerebral (PPC).

La fórmula para obtener la VM es a través de la fórmula donde la VM es igual a la suma del doble producto de la VD más la VS dividido entre 3.

$$VM = \frac{[VS + (VD \times 2)]}{3}$$

Otros de los parámetros que nos permite estimar la resistencia vascular cerebral (RVC) son el índice de pulsatilidad (IP) de Gosling que se obtiene mediante la resta del VS menos la VD dividido entre la VM.

$$IP = \frac{(VS - VD)}{VM}$$

Los valores normales son entre 0.5-1.1. Los valores menores a 0.5 están asociados a vasodilatación arteriolar. Los valores superiores a 1.1 están asociados a aumento de la resistencia. También se correlaciona este aumento con incremento de la presión intracraneana (PIC), una variación de 2.4% del IP representa un aumento de PIC de 1

mmHg en la misma dirección, incluso si la PIC se encuentra por encima de 20 mmHg observándose esta misma correlación entre el IP y la presión de perfusión cerebral (PPC). El otro parámetro que nos permite estimar la ReVC el cual es el índice de resistencia (IR) de Pourcelor calculado al dividir la diferencia entre la VS menos la VD dividido entre la VS.

$$IR = \frac{(VS - VD)}{VS}$$

Los valores mayores a 0.8 se asocian a aumento de RVC, al igual que el IP, su elevación se asocia a aumento de la PIC y PPC.

Al comparar ambos índices, el IR es menos sensible a las variaciones de la PIC.

El tercer parámetro que se puede evaluar mediante el UTC es el índice de Lingegaard (IL), este nos permite diferenciar el flujo hiperdinámico y el vasoespasmó al comparar las VM de la ACM y la porción intracraneana de la arteria carótida interna (ACI), cuya fórmula se describe a continuación:

$$IL = \frac{VMACM}{VMACI}$$

Los valores normales de referencia son 1.1-2.3. Este índice tiende a incrementarse a medida que aumenta el grado de vasoespasmó. Se puede clasificar al vasoespasmó en tres grados de acuerdo con su valor: 2-3.3 como vasoespasmó posible, 3-6 como vasoespasmó leve a moderado, >6 vasoespasmó severo. También se puede clasificar la gravedad de este con la velocidad media de la arteria cerebral media en cm/s en: vasoespasmó leve 120-149 cm/s, vasoespasmó moderado 150-199 cm/s y vasoespasmó severo >200 cm/s.

Tanto el IP, IR y VMACM son de ayuda para determinar la etiología del proceso patológico cerebral para poder tomar las medidas terapéuticas más acertadas. Si bien, las indicaciones descritas en la literatura para la realización de UTC para la detección de vasoespasmó son: en la enfermedad esteno-oclusiva intracraneal, hemorragia subaracnoidea, hemorragia intracraneal y muerte cerebral donde se demuestra alta sensibilidad (70-100%) y especificidad (85-100%), a pesar de que no es considerado el estándar de referencia diagnóstico (Chacón Lozán, Rodríguez Torres, & Pacheco, 2018). Al comparar el UTC con el estándar de referencia diagnóstico que es la angiografía, se observa una excelente sensibilidad y especificidad para diagnosticar y monitorizar el proceso de vasoespasmó. Esta herramienta diagnóstica nos permite realizar una

evaluación de las alteraciones hemodinámicas cerebrovasculares en la cabecera del paciente, y es de gran utilidad al momento de tomar decisiones terapéuticas, así como evaluar en tiempo real el efecto terapéutico elegido.

Las principales ventajas de este método diagnóstico son: el bajo costo, de fácil acceso, lo puede realizar cualquier médico capacitado para esto en lugares donde no se cuenta con un neurólogo u otro método diagnóstico, se puede realizar la observación de las variables hemodinámicas durante el proceso patológico y la terapéutica empleada. Como desventaja encontramos que es un procedimiento realizado a ciegas, debido a que la exactitud de las mediciones requiere entrenamiento para la realización e interpretación de estas, y además un 5-10% de la población general no cuenta con la ventana apropiada para la medición, ya sea por densidad ósea o una ubicación distal de las arterias cerebrales (Joo Kim, Czosnyka, Kasproicz & Czosnyka, 2018).

### **METODOLOGÍA**

Se realizó un estudio prospectivo, prolectivo, transversal, observacional y descriptivo

Se incluyeron a todos los pacientes con trauma por quemadura que ingresaron a la unidad pediátrica de quemados (anexa al Hospital para el Niño Poblano), durante el periodo comprendido de diciembre 2018 a diciembre 2019, y se llevó a cabo el siguiente abordaje:

La evaluación primaria consistió en la toma de signos vitales, oximetría de pulso y resolución de las lesiones que pusieran en peligro la vida del paciente, mediante el abordaje de los pacientes politraumatizados, descrita a continuación:

- a) Vía aérea permeable y mantenible con control de columna cervical.
- b) Ventilación, y toma de oximetría de pulso.
- c) Circulación, condición cardíaca y control de hemorragias.
- d) Déficit neurológico, discapacidad y deformidades.
- e) Exposición, eutermia y euglucemia.
- f) Soporte metabólico.

**Para la evaluación secundaria se realizaron las siguientes acciones:**

- AMPLIAT (en este acrónimo se interrogó sobre lo siguiente: alergias, medicamentos, patologías previas, últimos alimentos, esquema de vacunación incluyendo toxoide tetánico).
- Evaluación de la circunstancia relacionada con la lesión.

- Realización de la exploración detallada de cabeza a pies.
- Monitoreo de las intervenciones realizadas durante la evaluación primaria.
- Realización de protocolos ultrasonográficos de neuromonitorización.

Se identificó un tipo de muestreo no probabilístico por conveniencia, en el cual se incluyeron a todos los pacientes pediátricos con quemaduras, de ambos géneros con rango de edad de 0 días a 17 años 11 meses y 29 días. Con quemaduras de etiología diversa entre el 5% al 50% de superficie corporal afectada y que ingresaron durante los primeros 5 días del trauma térmico, en el periodo de tiempo establecido.

Para la medición de las características ultrasonográficas del FSC se utilizó el equipo de ultrasonido Accusonic con transductor de 8 mmHz y se realizaron visualizaciones de la arteria cerebral media y arteria carótida interna.

Se solicitó firma del cuidador primario o tutor en la carta de consentimiento informado, en el caso de que los pacientes participantes se encontraran entre los 12 y 17 años 11 meses 29 días ellos firmaron dicho consentimiento.

Una vez estabilizados los pacientes en la evaluación secundaria se procedió a la realización del protocolo ultrasonográfico denominado Neuromonitorización para medir lo siguiente:

- a) Velocidad sistólica (VS).
- b) Velocidad diastólica (VD).
- c) Velocidad media (VM).
- d) Índice de resistencia (IR).
- e) Índice de pulsatilidad (IP).
- f) Índice de Lingegaard (IL).

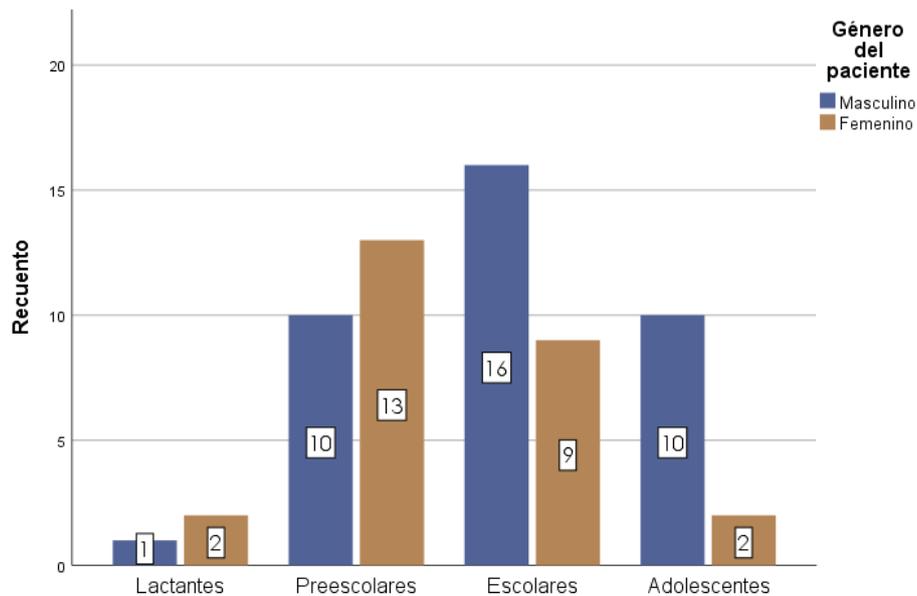
Se realizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov para probar la normalidad de las variables numéricas de interés y debido a que no se pudo establecer la normalidad de estas, se optó por utilizar pruebas no paramétricas. La significancia estadística se estableció con valores de p menores a 0.05 para todas las pruebas estadísticas.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Se analizó la información de 63 pacientes de los cuales el 58.7% (37) fueron de género masculino, dentro de este grupo se presentó un 43.2% (16) de pacientes escolares, en igual proporción la frecuencia de pacientes preescolares y adolescentes con 27% (10) cada uno y el 2.7% (1) fueron pacientes lactantes. El 41.3% (26) fueron pacientes de

género femenino, la mitad de los pacientes en este grupo, 50% (13) eran pacientes preescolares, 34.6% (9) pacientes escolares y se presentó en igual proporción la frecuencia de pacientes lactantes y adolescentes con 7.7% (2) cada uno. En general el grupo etario con mayor frecuencia fue el de escolares con 39.7% (25) seguido por preescolares con 36.5% (23) y adolescentes con 19% (12) ( Gráfica 1).

**Gráfica 1.** Distribución de los pacientes por grupo etario y género.



La causa de quemadura más común en los pacientes de la muestra fue la quemadura por escaldadura con 66.7% (42) seguida de las quemaduras por fuego directo con 23.8% (15), las quemaduras por electricidad con 7.9% (5); la menor frecuencia fue de las quemaduras por líquidos de alta densidad con el 1.6% (1). Dentro del grupo de pacientes con quemaduras causadas por escaldadura, el 52.4% (22) fueron pacientes en edad preescolar y, en el caso de género, se presentó en igual proporción con 50% (21). Dentro del grupo de pacientes con quemaduras a causa de fuego directo se presentó en igual proporción en pacientes en edad escolar y adolescentes con 46.7% (7) cada uno, en el caso de género, este tipo de quemadura se presentó en mayor frecuencia en pacientes masculinos con 73.3% (11). Dentro del grupo de pacientes con quemaduras por electricidad, el 100% (5) fueron pacientes en edad adolescente, y en el caso del género, se presentó con mayor frecuencia en pacientes del género masculino 80% (4). Por último, dentro del grupo de pacientes con quemaduras por líquidos de alta densidad, el 100% (1) fue en edad lactante y de género masculino.

Se encontró una asociación estadísticamente significativa entre el grupo etario y el tipo de quemadura ( $p < 0.001$ ) sin embargo, no se encontró una asociación entre el género y el tipo de quemadura ( $p = 0.244$ ).

La media del porcentaje de superficie corporal quemada (SCQ) fue de 24.08% con una desviación estándar de  $\pm 9.9\%$ , un mínimo de  $\pm 5\%$  y un máximo de  $\pm 46\%$ , aunque la media del SCQ% fue mayor en el grupo de pacientes de género femenino con 25.27% en comparación con los pacientes masculinos con 23.24%, esta diferencia no fue estadísticamente significativa ( $p = 0.565$ ).

En cuanto al monitoreo ultrasonográfico la media del índice de pulsatilidad (IP) fue de 0.56 con una desviación estándar de  $\pm 0.26$ , un mínimo de  $\pm 0.06$  y un máximo de  $\pm 1.10$ , aunque la media del IP fue mayor en el grupo de pacientes de género masculino con 0.58 en comparación con las pacientes de género femenino con 0.53, esta diferencia no fue estadísticamente significativa ( $p = 0.360$ ).

La media del índice de resistencia (IR) fue de 0.47 con una desviación estándar de  $\pm 0.25$ , un mínimo de  $\pm 0.06$  y un máximo de  $\pm 1.59$ , no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en este índice entre los grupos de género, en ambos grupos se registró una media de  $\pm 0.47$  ( $p = 0.605$ ).

La media del índice de Lingegaard (IL) fue de 1.28 con una desviación estándar de  $\pm 1.09$ , con un mínimo de  $\pm 0.16$  y un máximo de  $\pm 7.50$ , aunque la media del IL fue mayor en el grupo de pacientes de género femenino con 1.31 en comparación con los pacientes masculinos con 1.27, esta diferencia no fue estadísticamente significativa ( $p = 0.686$ ).

En la comparación por grupos etarios, se encontró una media mayor de SCQ% en el grupo de lactantes con 25.83%, seguida de los pacientes en edad escolar con 25.48%, pacientes en edad preescolar con 24.59%, y pacientes en edad adolescente con 19.75%, sin embargo, estas diferencias no fueron estadísticamente significativas ( $p = 0.293$ ).

La media del IP fue mayor en los pacientes de edad escolar con 0.61, seguida de los pacientes preescolares con 0.53, adolescentes con 0.52, y los lactantes 0.48, estas diferencias no fueron estadísticamente significativas ( $p = 0.519$ ).

En cuanto al IR, este índice presentó una mayor media en el grupo de adolescentes con 0.50, seguida del grupo de pacientes preescolares con 0.48, pacientes escolares con 0.46, y pacientes lactantes con 0.35, estas diferencias no fueron estadísticamente significativas ( $p = 0.714$ ).

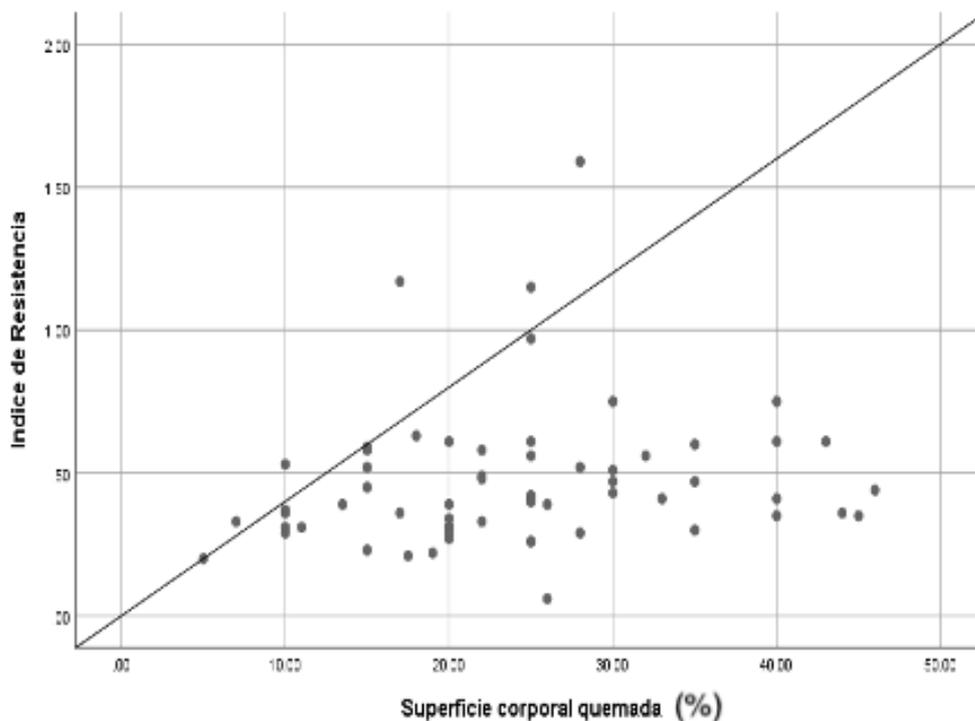
La media del IL fue mayor en el grupo de pacientes escolares con 1.51, seguida de los pacientes preescolares con 1.33, pacientes adolescentes con 0.88, y de los lactantes con 0.70, estas diferencias no fueron estadísticamente significativas ( $p=0.259$ ).

**Tabla 1.** Coeficientes de correlación de Spearman de la Superficie Corporal Quemada con IP, IR e IL.

	$\rho$ de Spearman	p	IC 95%
Índice de Pulsatilidad (IP)	0.147	0.250	(0.10, 0.38)
Índice de Resistencia (IR)	0.273	0.031	(0.03, 0.49)
Índice de Lingegaard (IL)	0.127	0.322	(0.12, 0.36)

Se encontró una correlación positiva débil entre el SCQ% y los índices de Pulsatilidad, de Resistencia y de Lingegaard, sin embargo, solamente la correlación entre la SCQ% y el IR fue estadísticamente significativa ( $\rho=0.273$ ,  $p=0.031$ ) (Tabla 1, Gráfica 2).

**Gráfica 2.** Diagrama de dispersión de la SCQ (%) y el IR.



## DISCUSIÓN

El FSC en pacientes quemados durante la fase ebb se relaciona con el porcentaje de superficie corporal afectada, por lo que a mayor SCQ% se incrementa el índice de resistencia, que conlleva a un mayor grado de vasoespamo cerebral en una población en general. Con este estudio de neuromonitorización en la primera fase de la quemadura

descrita como ebb, se encontró que en comparación con lo descrito en la literatura mundial, en donde no se conoce con exactitud el comportamiento de las resistencias vasculares sistémica, en nuestro estudio detectamos que es mayor el grado de vasoconstricción con vasoespasmo cerebral secundario en los pacientes que presentan mayor superficie corporal quemada.

De acuerdo con la doctrina Monro- Kelly que describe los principios que guían la homeostasis de presión intracraneal normal. La hipótesis establece que “si el cráneo está intacto, entonces la suma de los volúmenes del cerebro, el líquido cefalorraquídeo (LCR) y el volumen de sangre intracraneal es constante”. Esto traduce que, el incremento del volumen de uno de los elementos intracraneales, se da a expensas del volumen de los otros.

Lo anterior traduce que a un aumento en la velocidad del FSC se produce vasoespasmo, hiperemia, pérdida de la autorregulación, aumento de la presión arterial de dióxido de carbono, estenosis arterial intracraneal, circulación hiperdinámica, malformación arteriovenosa y meningitis bacteriana. Y la disminución causa hipotensión, disminución del FSC, muerte cerebral, aumento de PIC, disminución de la presión arterial de dióxido de carbono, uso de anestésicos, hipotermia y falla hepática fulminante.

Un aumento en el IP e IR puede traducirse en un incremento de la PIC, hidrocefalia, traumatismo cerebral, hemorragia cerebral, falla hepática fulminante, evento vascular cerebral isquémico, muerte cerebral, oclusión de arterias intracraneales y meningitis bacteriana., y una disminución produce: vasoespasmo, malformación arteriovenosa, recalentamiento posterior a hipotermia e hiperemia.

## **CONCLUSIONES**

El FSC en pacientes pediátricos quemados durante la fase ebb se relaciona con el porcentaje de superficie corporal, por lo que a mayor SCQ% se incrementará el índice de resistencia, que conlleva a un mayor grado de vasoespasmo cerebral en una población en general.

Por lo que es importante calcular de manera adecuada la SCQ%, para evitar que durante la fase de restitución hídrica no se alcancen las metas establecidas para garantizar una perfusión adecuada a órganos y sistemas; recordando que se sacrifican circulación periférica y esplácnica para preservar primordialmente la función del miocardio y cerebro.

Es imprescindible enfatizar en que la restitución de líquidos en esta fase, debe de ser administrada de manera objetiva , sin quedar debajo de los niveles para perfundir, así como tampoco llegar al “fluid creep” (sobrecarga de volumen sin alcanzar perfusión adecuada) utilizado hace más de 100 años; por lo tanto, el Neuromonitoreo nos guiará para detectar un adecuado funcionamiento del FSC, así como en la toma de decisiones en tiempo real para con ello disminuir la morbilidad a corto, mediano y largo plazo que pudiese presentarse derivado del desarrollo de vasoespasmo en los pacientes pediátricos quemados durante la fase ebb.

**Imagen 1:** paciente pediátrico quemado en fase ebb, sin restitución hídrica adecuada. Se observa presencia de picos diastólicos.

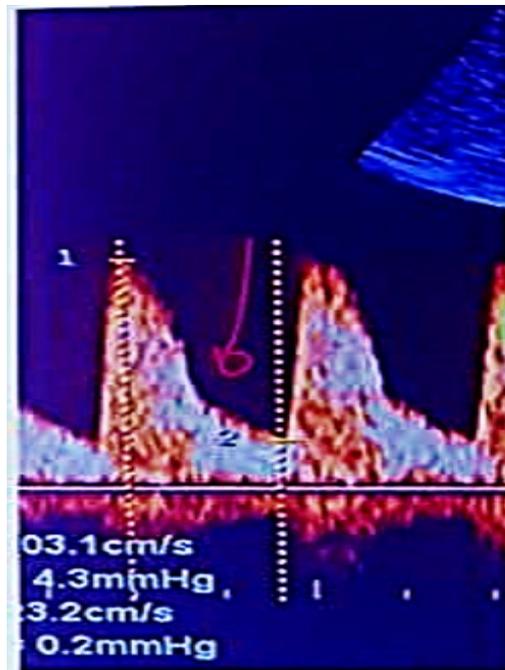


Imagen 2: paciente pediátrico quemado en fase ebb con adecuada restitución hídrica, se observa ausencia de picos diastólicos.

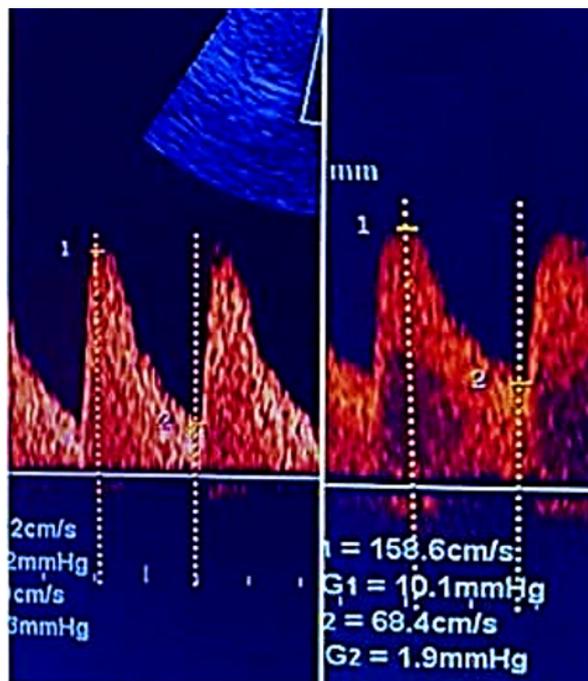
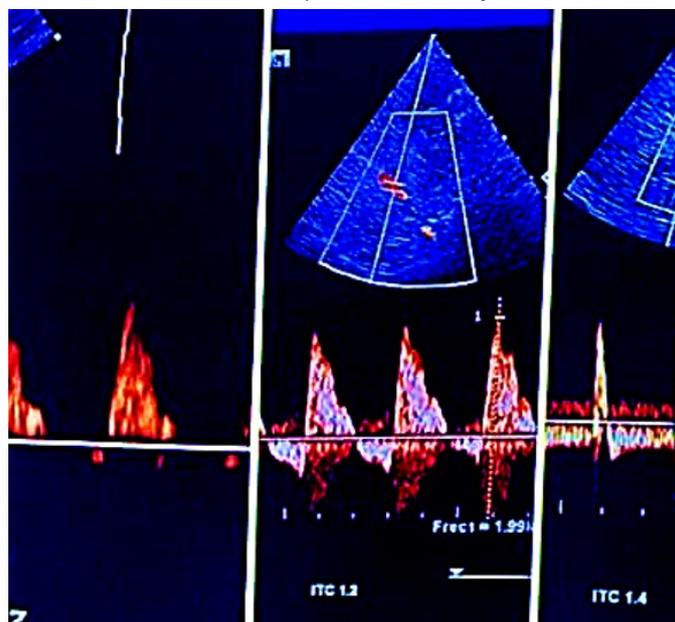


Imagen 3: paciente pediátrico quemado con vasoespasmo severo en fase ebb por inadecuada restitución hídrica, en donde predomina la fase diastólica.



#### LISTA DE REFERENCIAS

- Abdur Rabban, T., Feroze, Q., & MA, M. (2015). Pathophysiological Reaction of the Body to Trauma: A Review Update. *Journal of Science Foundation*, 15-20.
- Bittner, E., Shank, E., Woodson, L., & Jeevendra, M. (2015). Acute and Perioperative Care of the Burn-injured Patient. *Anesthesiology*, 448-464.

- Chacón Lozán,F., Rodríguez Torres, M., & Pacheco,C.(2018). Neuromonitorización hemodinámica por ultrasonido en el paciente crítico: ultrasonido transcraneal . *Acta Colombiana de Cuidado Intensivo* , 1-9.
- Isaac Lau , V., & Thomas Arntfield, R. (2017). Point-of-care transcranial Doppler by intensivist. *Critical Ultrasound Journal* , 1-11.
- Minsal, S. (2016). Gran Quemado. *Guías clínicas AUGE*.
- Peden, M., & Oyegbite, K. (2012). Informe mundial sobre prevención de las lesiones en los niños. *Organización Panamericana de la Salud. Organización Mundial de la Salud. UNICEF*.
- Núñez, A. La respuesta metabólica al traumatismo. Colegio Dominicano de Cirujanos [Internet].2021 (citado 3 de octubre de 2022)Disponible en: <https://colegiodominicanodecirujanos.com/la-respuesta-metabolica-al-traumatismo/>
- Ortiz-Prado, E., Banderas, A., Unigarro, L., Santillan, P.(2018). Oxigenación y Flujo Sanguíneo Cerebral, Revisión Comprensiva de la Literatura. *Rev. Ecuat. Neurol* Vol. 27, No 1,80-89.<http://revecuatneurol.com/wp-content/uploads/2018/09/Oxigenacio%CC%81n-y-Flujo-Sangui%CC%81neo-Cerebral.pdf>
- Galofre-Martínez, M. C., Puello-Martínez, D., Arévalo-Sarmiento, A., Ramos-Villegas, Y., Quintana-Pájaro, L., & Moscote-Salazar, L. R. (2019). Doctrina Monro-Kellie: fisiología y fisiopatología aplicada para el manejo neurocrítico. *Revista Chilena De Neurocirugía*, 45(2), 169–174. <https://doi.org/10.36593/rev.chil.neurocir.v45i2.13>
- Kim D-J, Czosnyka Z, Kasproicz M, Smielewski P, Baledent O, Guerguerian A-M, et al. Continuous Monitoring of the Monro-Kellie Doctrine: Is It Possible? *J Neurotrauma*. 2012;29(7):1354-63.
- Pérez-Neri I, Aguirre-Espinosa AC. Dinámica del líquido cefalorraquídeo y barrera hematoencefálica. *Arch Neurocienc*. 2015;20(1):60-4.
- Godoy DA, Lubillo S, Rabinstein AA. Pathophysiology and Management of Intracranial Hypertension and Tissue Brain Hypoxia After Severe Traumatic Brain Injury: An Integrative Approach. *Neurosurg Clin N Am*. 2018;29(2):195-212.

Villanueva DA, Domínguez RB, Huidobro B, Barrio BF, Pérez AV, Lcr F. Hipertensión intracraneal. *Protoc Diagnósticos Ter la AEP Neurol Pediátrica*. 2008;244-54.

Tasker RC. Elevated intracranial pressure (ICP) in children: Clinical manifestations and diagnosis. (internet). UpToDate. Literature review current through: Feb 2018. | This topic last updated: Mar 16, 2017. Disponible en <http://www.uptodate.com>

Tasker RC. Elevated intracranial pressure (ICP) in children: Management. (internet). UpToDate. Literature review current through: Feb 2018. | This topic last updated: Apr 17, 2017. Disponible en <http://www.uptodate.com>.