



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO  
FACULTAD DE MEDICINA

---

INSTITUTO DE SEGURIDAD Y SERVICIOS SOCIALES  
DE LOS TRABAJADORES DEL ESTADO.  
CENTRO MEDICO NACIONAL "20 DE NOVIEMBRE".

EFFECTOS EN LOS PARAMETROS DE ULTRASONIDO DOPPLER TRANSCRANEAL DE  
LA ARTERIA CEREBRAL MEDIA EN PACIENTES POST OPERADOS DE  
CARDIOPATIA CONGENITA EN EL CMN "20 DE NOVIEMBRE".

REGISTRO 1532008

PARA OBTENER EL TITULO DE LA ESPECIALIDAD EN  
**RADIOLOGIA E IMAGEN**

PRESENTA:  
DRA. YURIDIA GUERRERO VELAZQUEZ.

ASESOR DE TESIS:  
DRA. ANGELICA TORIZ



MÉXICO, D.F.      AGOSTO, 2007.



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

TESIS:

EFFECTOS EN LOS PARAMETROS DE ULTRASONIDO DOPPLER  
TRANSCRANEAL DE LA ARTERIA CEREBRAL MEDIA EN PACIENTES POST  
OPERADOS DE CARDIOPATIA CONGENITA EN EL CMN "20 DE  
NOVIEMBRE".

SERVICIO. RADIOLOGIA E IMAGEN.

CENTRO MEDICO NACIONAL "20 DE NOVIEMBRE" DEL I.S.S.S.T.E.

AUTOR: DRA. GUERRERO VELAZQUEZ YURIDIA

Número de registro: 1532008

**Dr. Mauricio Di Silvio López.**

Subdirector de enseñanza e investigación  
del CMN "20 de noviembre".

---

**Dr. Hermenegildo Ramírez Jiménez**

Profesor Titular del curso de Radiología e Imagen  
CMN "20 de noviembre".

---

**Dra. Angélica Toriz Ortiz**

Asesor de tesis.

---

**Dra. Yuridia Guerrero Velázquez**

Autor de tesis.

---

## **Agradecimientos**

A mis maestros y compañeros residentes por las enseñanzas tanto profesionales como personales que contribuyeron para que mi residencia fuera una de las etapas mas satisfactorias de mi vida.

*Dr. Hermenegildo Ramírez Jiménez.*

*Dr. Mario Osorio Valero.*

*Dra. Beatriz González.*

*Dra. Angélica Toriz Ortiz.*

*Dr. Jonathan Alanis Lara.*

*Dra. Marcela A. Suárez May.*

A *Gabriel Cruz Razo* gracias por su cariño, comprensión y apoyo durante mi residencia.

A mi familia gracias por ser mi inspiración y darme fortaleza en los momentos difíciles.

# INDICE

---

<b>I. RESUMEN</b>	0
<b>II. INTRODUCCION</b>	0
Epidemiología y etiopatogenia de las complicaciones neurológicas en pacientes sometidos a cirugía de corazón.	
Métodos diagnósticos de complicaciones neurológicas en la cirugía extracorpórea.	
Métodos de imagen de las complicaciones posquirúrgicas.	
Ultrasonido doppler transcraneal.	
<b>III. OBJETIVOS</b>	0
<b>IV. JUSTIFICACION</b>	0
<b>V. MATERIAL Y METODOS</b>	0
Técnica para realizar estudio doppler transcraneal.	
Valores de referencia	
Lectura de la onda	
Interpretación clínica	
Extrapolación del flujo cerebral.	
<b>VI. RESULTADOS</b>	0
<b>VII. DISCUSION</b>	0
<b>VIII. CONCLUSION</b>	0
<b>IX. BIBLIOGRAFIA</b>	0

---

## **I. RESUMEN**

**INTRODUCCION.** Las complicaciones neurológicas en el postoperatorio inmediato de la cirugía cardíaca son una importante causa de morbimortalidad, causan un aumento en el consumo de recursos sanitarios y conducen a limitaciones funcionales en los pacientes que sobreviven. La incidencia señalada de complicaciones neurológicas después de la cirugía del corazón en niños se extiende a partir del 2% hasta el 25%. La etiología de la disfunción neurológica en niños es multifactorial. Se han propuesto diversidad de métodos que pretenden diagnosticar el daño neurológico durante la cirugía extracorpórea para evitar la aparición de lesiones derivadas de la misma. El ultrasonido doppler transcraneal al permitirnos estudiar las características del flujo sanguíneo nos brinda información en tiempo real sobre función cerebral y tiene un alto valor pronóstico. **OBJETIVO.** Conocer el estado de perfusión cerebral con doppler transcraneal de los pacientes post operados de cirugía correctiva de cardiopatía congénita. **MATERIAL Y METODOS.** Se revisaron los expedientes de los pacientes que fueron sometidos a tratamiento quirúrgico de cardiopatías congénitas durante los meses de mayo y junio del año 2008, utilizando tanto bomba extracorpórea como detección de la circulación con hipotermia profunda, a los pacientes se les realizó estudio doppler transcraneal pre y posquirúrgico inmediato (a su ingreso a la Unidad de Terapia Intensiva Pediátrica), se analizaron los resultados de los estudios doppler practicados en las arterias cerebrales media. **RESULTADOS.** En tres del total de los pacientes estudiados presentaban alteraciones en los parámetros de ultrasonido doppler antes de ser intervenidos quirúrgicamente. Se observó disminución de la velocidad pico sistólica y elevación del índice de resistencia en todos los pacientes estudiados (para su edad) en el post operatorio inmediato, aunque en mayor proporción en los pacientes que fueron sometidos a cirugía con hipotermia profunda. **CONCLUSION.** Es importante introducir en la practica diaria un monitoreo posquirúrgico del estado neurológico de los pacientes que fueron sometidos a cirugía cardíaca, la importancia de nuestros hallazgos radica en la demostración de que independientemente de tipo de técnica que se utilice para la cirugía cardíaca todos los pacientes tienen un cierto grado de hipoperfusión cerebral en el post operatorio inmediato, se deben de seguir realizando estudios retrospectivos a cerca del tema incrementando el número de pacientes estudiados, dando seguimiento en diferentes horas del post operatorio e inclusive en el transoperatorio, así como homogenizar la muestra.

## II. INTRODUCCION.

### **Epidemiología y etiopatogenia de las complicaciones neurológicas en pacientes sometidos a cirugía de corazón.**

Las complicaciones neurológicas en el postoperatorio inmediato de la cirugía cardíaca son una importante causa de morbimortalidad, causan un aumento en el consumo de recursos sanitarios y conducen a limitaciones funcionales en los pacientes que sobreviven.

La incidencia señalada de complicaciones neurológicas después de la cirugía del corazón en niños se extiende a partir del 2% hasta el 25% (9,10 y 11). En un informe retrospectivo se encontró que 2.3% de niños que eran sometidos a cirugía de corazón tenían complicaciones neurológicas agudas (10). La etiología de la disfunción neurológica en niños es multifactorial (12, 13 y 14 ).

Los pacientes con cardiopatías tienen otras afecciones tanto hematológicas como hemostáticas que hacen al paciente que padece una cardiopatía congénita sea más vulnerable a daño neurológico.

Una vez que se corrige la cardiopatía congénita durante y posterior a la cirugía el paciente sigue siendo vulnerable a daño neurológico ya que las técnicas tales como detención circulatoria hipotérmica profunda y utilización de bomba extracorpórea, que han permitido la corrección acertada de defectos cardiacos complejos en recién nacidos e infantes, pueden contribuir al daño neurológico en esta población.

A pesar de los avances tecnológicos ocurridos desde los inicios en la utilización de la circulación extracorpórea (CEC) y la mejor comprensión de los distintos mecanismos implicados en la misma, ésta continúa siendo una causa importante de alteraciones relacionadas con la perfusión, el intercambio gaseoso, la hipotermia, las alteraciones metabólicas y la activación de los sistemas hemostáticos e inmunológicos.

La CEC provoca una activación de los sistemas inmunológicos, de la inflamación y de la coagulación, que tienen una repercusión variable en los distintos órganos, como el cerebro. Al mismo tiempo, la interacción de las alteraciones fisiopatológicas inducidas por la CEC con los efectos farmacológicos de los anestésicos es muy compleja.

El origen de las complicaciones neurológicas es multifactorial, entre los factores etiológicos de estos cuadros se han considerado las microembolias cerebrales de partículas y/o aire en primer lugar, el edema cerebral, la hipoperfusión, la hipoxia cerebral, el nivel de hipotermia e hipertermia post calentamiento y los efectos de los diferentes agentes farmacológicos utilizados en la anestesia y el perioperatorio.



Durante la hipotensión el SNC deriva preferentemente el flujo sanguíneo hacia cerebro, corazón y riñones como mecanismo compensatorio mediante taquicardia, incremento de la resistencia vascular sistémica y vasoconstricción capaces de compensar un 15 al 10%, sin embargo los signos y síntomas de hipotensión e hipoperfusión referidos a cerebro corazón y riñones, generalmente son observables y detectables cuando ya existe agotamiento de todos los mecanismos compensatorios.

El cerebro requiere un constante aporte de glucosa y oxígeno, ya que no es capaz de almacenar adecuadamente los productos que necesita para su metabolismo. En el curso de las enfermedades cardíacas, el corazón no cumple de manera eficaz su función de hacer llegar los nutrientes necesarios (glucosa y oxígeno) al cerebro, lo que origina alteraciones del sistema nervioso central. Si los mecanismos compensadores del cuerpo humano fracasan o no son suficientes, las neuronas que son muy sensibles a la hipoxia sufren alteraciones, en principios funcionales y más tarde orgánicas.

Además del ictus, en el postoperatorio inmediato de la cirugía cardíaca pueden observarse diferentes grados de alteración en el nivel de conciencia (encefalopatías), deterioros neuropsicológicos más o menos evidentes y crisis convulsivas. Hasta un 10% de los postoperados sufre encefalopatía, que puede oscilar desde un «despertar prolongado», confusión o estupor sin focalidad motriz, hasta un estado de deterioro cognitivo prolongado.

Si bien las complicaciones con secuelas físicas suelen ser menores a 2-3%, si consideramos las alteraciones cognitivas, esta cifra puede aumentar hasta el 60% o más de los pacientes, aunque la mayoría de ellas suelen recuperarse en un plazo de seis meses.

### **Métodos diagnósticos de complicaciones neurológicas en la cirugía extracorpórea.**

Se han propuesto diversidad de métodos que pretenden diagnosticar el daño neurológico durante la cirugía extracorpórea para evitar la aparición de lesiones derivadas de la misma. Hasta el momento, ninguno de ellos resulta especialmente eficaz en este aspecto. Algunos de estos métodos son:

Control de flujo cerebral y del metabolismo neuronal: Se realiza partir de los métodos alpha-stat y pH-stat y a través de controles del metabolismo, glucemia, etc. El control de la PaCO<sub>2</sub> en normocapnia durante la circulación extracorpórea (CEC) produce un descenso de la morbilidad. La hiperventilación produce vasoconstricción cerebral, aumento de la presión venosa cerebral y mayor número de complicaciones neurológicas postoperatorias.

Aunque algunos estudios señalan la existencia de una relación entre el flujo cerebral y la presión arterial media.

Saturación de oxígeno venoso cerebral. Puede realizarse de forma invasiva colocando la fuente infrarroja y sensores en el bulbo yugular o no invasivo colocándolos en el cuero cabelludo. Es la única modalidad capaz de monitorizar el metabolismo cerebral. Permite determinar el flujo óptimo de sangre.

Electroencefalograma intraoperatorio.: Efectúa la recogida de la actividad neuronal cortical durante la CEC. Una alteración en el registro o la desaparición de la actividad cortical no implica la existencia de un daño neuronal efectivo. Pueden existir numerosos cambios sobre el patrón normal derivados de modificaciones de la actividad neuronal secundarias a cambios en temperatura, metabolismo, flujo de perfusión y electrolíticas. Existen estudios en los que manipulando el flujo cerebral en función de las modificaciones en los registros electroencefalográficos, se ha conseguido reducir la aparición de déficit neurológicos del 44 al 5%. La correlación de las alteraciones electroencefalográficas con el hallazgo de daño neurológico en enfermos fallecidos como consecuencia de una lesión cerebral tiene una sensibilidad del 64% y una especificidad del 78%. En el caso de sujetos que no fallecen a consecuencia de la lesión, la sensibilidad y especificidad del método son del 24% y 96%, respectivamente.(28)

Estudio de potenciales evocados intraoperatorios: Están mejor preservados que el EEG de los efectos derivados de la hipotermia, las alteraciones del flujo y los anestésicos. No obstante, presentan el inconveniente de ser solo accesibles en determinadas zonas como el lóbulo frontal y el cerebelo.

Fluoresceín angiografía: Permite, a través de la única zona directamente accesible del sistema nervioso (la retina), la observación de microémbolos existentes, en etapas precoces (primeras 6 hrs. tras la cirugía), hasta en el 100% de los pacientes sometidos a CEC.

Marcadores bioquímicos de daño neuronal y glial: Cabe destacar los siguientes:

A/ *Adenilato quinasa*: su aumento en el LCR se asocia a la aparición de alteraciones neuropsicológicas. Se incrementa su presencia en LCR hasta en un 50% de los casos, y aumenta en situaciones de hipotermia e hipoperfusión cerebral. Valor normal en LCR mayor que 0,015 U/L. Aumenta en el daño neurológico isquémico. Sus resultados son inconsistentes y contradictorios. Requiere de punción lumbar.

B/ *CPK-BB* : esta isoenzima cerebral puede aumentar en sangre hasta en un 98% de los casos sin relación con la existencia de un daño neuronal severo, Sin embargo, su aumento en el LCR es directamente proporcional a la intensidad del daño neuronal y puede estar falsamente elevada en hipotermias prolongadas. Presenta reacción cruzada con la CK-MB. Es muy termolábil por lo que no es confiable.

C/ *Enolasa neuronal específica*: su incremento en el LCR está en relación directa con la existencia de isquemia neuronal, también se halla en procesos malignos neuroendocrinos, tumores de pulmón, en plaquetas y eritrocitos, por lo que aumenta también en las hemólisis (lo que se facilita con la CEC); por lo tanto, no es confiable del todo.

D/ Aspartato amino transferasa y lactato deshidrogenasa: su aumento en el LCR también parece estar relacionado con la presencia de isquemia neuronal.

E/ *Proteína S-100*: es una proteína dimérica citosólica pequeña presente en los astrocitos y células de Schwann. Es un marcador altamente sensible y específico de disfunción del SNC. No aumenta a niveles patológicos por la CEC si no hay daño neurológico. (28)

Doppler transcraneal: El *doppler transcraneal* se puede realizar a través de hueso temporal, occipital u órbita. Su uso se orienta a detectar émbolos intraoperatorios y, permite también la cuantificación del flujo cerebral durante la CEC (28)

### **Métodos de imagen de las complicaciones posquirúrgicos.**

En el manejo diagnóstico y pronóstico de las complicaciones post quirúrgicas se usan pruebas de neuroimagen cerebral. Hasta hace poco tiempo, estas pruebas han añadido poco al entendimiento de la patogenia de la disfunción neurológica; la tomografía computarizada (TC) craneal se usa para descartar las lesiones hemorrágicas, pero en los ictus tan sólo muestra los casos que presentan afectación de una gran arteria cerebral (lo que sugiere como causa un fenómeno embólico), pero en un gran número de pacientes la TC es normal lo cual no sorprende debido a que un alto porcentaje de TC son normales en las primeras horas tras el infarto o bien sólo muestran anomalías indirectas (pérdida de la interfase entre sustancia gris y blanca, surcos corticales borrados, etc.). A diferencia de ella, la resonancia magnética cerebral (RMC), más sensible para detectar lesiones isquémicas pequeñas en cualquier territorio, ha descrito lesiones hasta en un tercio de los pacientes postoperados, aunque en algunos estudios hay una falta de correlación entre la lesión anatómica hallada y la clínica.

### **Ultrasonido doppler transcraneal.**

A mediados de la década del 70's y con la incorporación de los ecógrafos portátiles, la ecografía bidimensional se transformó en la técnica ecográfica por excelencia para el estudio del cerebro del recién nacido.

En 1979 Henrietta Bada utilizó el efecto doppler para estudiar las características del flujo sanguíneo cerebral de los recién nacidos con asfixia perinatal y hemorragia intracerebral.

Los neonatólogos se vieron sorprendidos, con la ecografía no solo podían estudiar las características anatómicas de los órganos o estructuras de sus pequeños pacientes, sino que también podían estudiar las características del flujo sanguíneo de las arterias o venas de dichos niños.

La ecografía Doppler transcraneal (DTC) es una técnica de monitorización no invasiva que sirve para valorar la velocidad de la sangre de las principales arterias intracraneales.

Mediante el estudio de este parámetro y su variación en cada ciclo cardíaco, se intenta interpretar la hemodinámica cerebral.

El fundamento de la técnica se basa en el efecto Doppler, que consiste en que una onda de sonido de una determinada frecuencia al chocar con un objeto en movimiento cambia de frecuencia al rebotar (al emitir su eco). La magnitud del cambio de frecuencia depende de la velocidad que lleve el objeto y el ángulo con el que incida sobre dicho objeto. En el caso del DTC los objetos en movimiento son los eritrocitos.

Existen tres tipos de aparatos: de onda continua (sin imagen anatómica y no permite determinar la profundidad), pulsado (sin imagen anatómica pero sí permite determinar la profundidad a la que medimos) y “dúplex” (como el pulsado más imagen).

La ventaja de los dos primeros es su precio asequible y la desventaja es que requieren una técnica más meticulosa; el dúplex, sin embargo, es de técnica más sencilla (ya que se ven y localizan claramente las arterias), pero es caro.

La sonda (transductor) del DTC emite mediante un cristal piezoeléctrico, una onda de sonido (ultrasonido) de relativa baja frecuencia (2MHz), ya que atraviesa mejor el hueso. Esta onda al chocar con los eritrocitos en movimiento rebota con otra frecuencia y es captada por la sonda, que en función del cambio de frecuencia, lo transforma en una velocidad. Este proceso de emisión recepción repetido continuamente tras procesar los datos, nos da una curva de velocidades que varían a lo largo del ciclo cardiaco, siendo semejantes de ciclo a ciclo.

El ultrasonido transcraneal constituye un método de diagnóstico por imágenes de suma utilidad en pediatría, nos brinda información sobre la anatomía cerebral, es un estudio que demora poco tiempo, no invasivo, sencillo, de bajo costo, muy sensible, específico, inocuo, no requiere sedación y no utiliza radiación ionizante. Al permitirnos estudiar las características del flujo sanguíneo nos brinda información en tiempo real sobre función cerebral y tiene un alto valor pronóstico.

La evidencia científica actual sugiere una buena correlación entre los cambios en flujo sanguíneo cerebral y la velocidad del flujo sanguíneo de la arteria cerebral media (ACM) (8).

En un estudio se demostró que mientras más duraba el tiempo de cirugía con detección circulatoria hipotérmica la velocidad sistólica disminuía en comparación con el grupo control y posterior a la cirugía persistía la velocidad sistólica disminuida y esto podría contribuir a que se presentaran enfermedades neurológicas agudas en estos pacientes (17).

### **III. OBJETIVOS**

- Conocer el estado de perfusion cerebral con doppler transcraneal de los pacientes post operados de cirugía correctiva de cardiopatía congénita.
- Identificar oportunamente con ayuda diagnostica del ultrasonido doppler transcraneal las complicaciones neurológicas (hipoperfusión cerebral o eventos embólicos) que se presentan posterior a cirugía correctiva de las cardiopatías congénitas.

### **IV. JUSTIFICACION**

En este Centro medico nacional los órganos vitales se vigilan como rutina durante cirugía de cardiopatías congénitas, pero se requiere especial atención a las alteraciones neurológicas posteriores a la cirugía correctiva de cardiopatías congénitas, ya que cualquier alteración funcional o estructural a este nivel influirá drásticamente en el pronostico de estos pacientes, así como el periodo de su estancia intrahospitalaria, por tal motivo es importante realizar un diagnóstico oportuno e identificar en que tipo de pacientes se presentan con más frecuencia estas complicaciones neurológicas.

Cualquier estrategia para la prevención o el rescate de acontecimientos neurológicos adversos posterior a la cirugía de cardiopatías congénitas debe comenzar con el uso rutinario de estudios auxiliares que vigilan el estado neurológico para permitir la detección fácil, confiable, y reproductiva de estos acontecimientos, es por ello que en este trabajo se analizarán los cambios en los parámetros del ultrasonido doppler de la arteria cerebral media en el post operatorio inmediato de pacientes sometidos a cirugía correctiva de cardiopatías congénitas para realizar un algoritmo de tratamiento oportuno y así mejorar el pronostico y la calidad de vida de estos pacientes.

## V. MATERIAL Y METODOS.

Se revisaron los expedientes de los pacientes que fueron sometidos a tratamiento quirúrgico de cardiopatías congénitas durante los meses de mayo y junio del año 2008, utilizando tanto bomba extracorpórea como detección de la circulación con hipotermia profunda, a los pacientes se les realizó estudio doppler transcraneal pre y posquirúrgico inmediato (a su ingreso a la Unidad de Terapia Intensiva Pediátrica), Los criterios de exclusión son pacientes que no cuenten con alguno de los estudios doppler pre o post quirúrgico y los criterios de eliminación fueron pacientes con expedientes incompletos o que no cuenten con todos los parámetros registrados en el ultrasonido doppler de las arterias cerebrales medias. Se analizaron los resultados de los estudios doppler practicados en las arterias cerebrales media.

El equipo de ultrasonido utilizado fue un

Se dividieron a los pacientes recolectados en dos grupos (total 10) , cinco en los cuales se utilizó solo bomba de circulación extracorpórea y cinco en los cuales se utilizó hipotermia profunda, se revisaron los resultados de los estudios practicados a estos pacientes antes y después del procedimiento quirúrgico y se recaban los resultados de los parámetros de las arterias cerebrales medias ( Velocidad pico sistólica, velocidad diastolita final, índice de resistencia e índice de pulsatilidad) finalmente se analizan los resultados.

### Técnica para realizar estudio doppler transcraneal.

1. Primero se realiza un estudio morfológico de la bóveda craneal a través de la fontanela anterior , con la técnica de cortes coronales y cortes sagitales ( fig. 1 y 2).

Fig. 1 Cortes coronales para un estudio morfológico transcraneal.

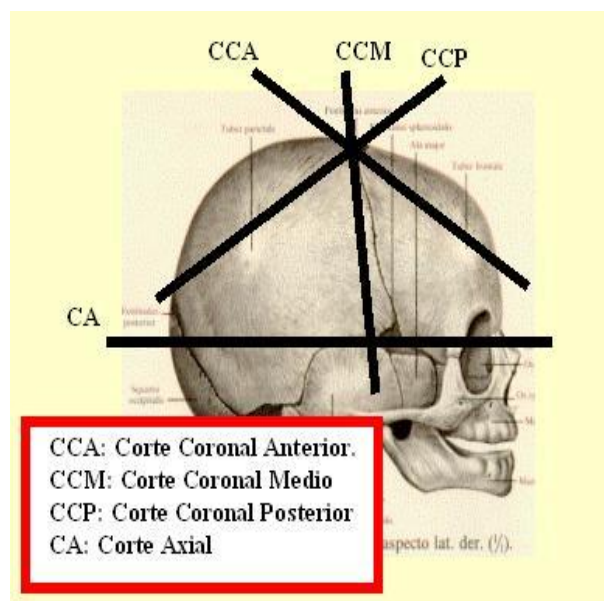
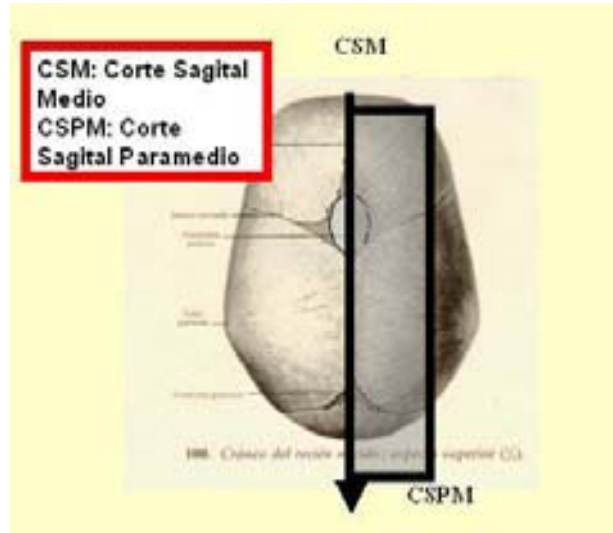


Fig. 2 Cortes sagitales para un estudio morfológico transcraneal.



2. Se identifican las arterias de interés con aplicación de la función Doppler color y/o doppler de energía (angio-power). Las arterias que se estudian son la ACA y las ACM. Estos tres vasos irrigan aproximadamente el 75 a 80% del parénquima cerebral del RN. Las arterias cerebrales posteriores no se estudian porque son difíciles de insonar y solo irrigan un 25 a 30% del parénquima.

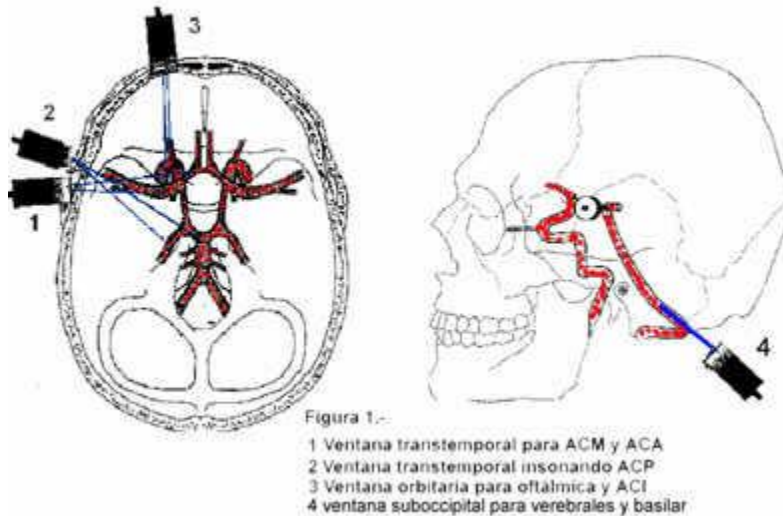
Si el paciente no tiene fontanelas abiertas, para acceder a las arterias principales del cerebro nos tenemos que valer de las llamadas “ventanas óseas” (figura 3), que son zonas de menor grosor óseo, y que permiten la entrada de los ultrasonidos mejor. Éstas son:

- Ventana transtemporal (escama del temporal).
- Transorbitaria (foramen orbitario)
- Transforaminal (foramen magnum).

De las tres la que mayor información nos aporta es la primera.

La ventana transtemporal se localiza anterior y superior al trago encima del arco cigomático. Desde esta ventana se pueden valorar las siguientes arterias: arteria cerebral media (ACM), segmento horizontal de la arteria cerebral anterior (ACA), la bifurcación y parte supraclinoidea de la arteria carótida interna (ACI), segmento proximal de la arteria cerebral posterior (ACP) y la punta de la arteria basilar (AB). De éstas la ACM es la más útil por su accesibilidad e información global del flujo cerebral.

Figura 3 “Ventanas osas” en pacientes que no presentan fontanelas abiertas.



Para estudiar la ACA se debe efectuar un corte sagital en línea media y la arteria se ubica inferior y por delante de la cabeza del cuerpo calloso. Se utiliza una corrección del ángulo de 50 a 55° (Fig. 3). Para visualizar las ACM se realiza un corte coronal en 2° o 3° plano y debe ubicarse al polígono de Willis.

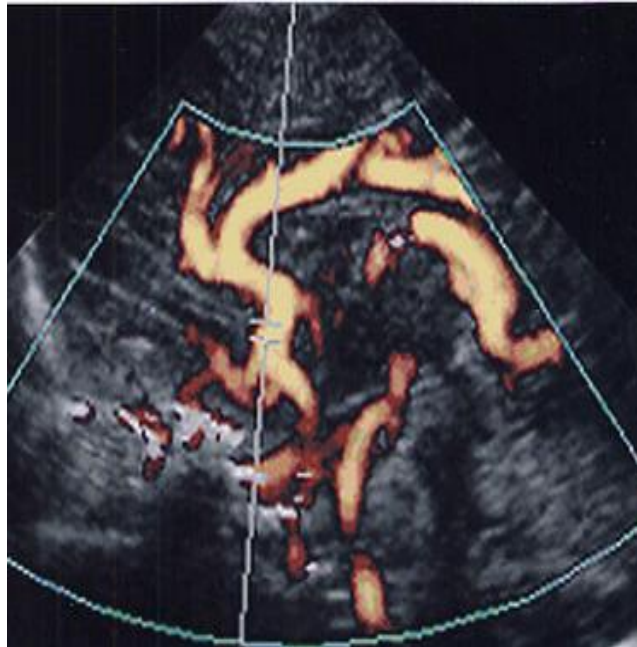
Una vez allí nos desplazamos hacia la derecha e izquierda y siguiendo la cisura de Silvio visualizamos los vasos. El ángulo de corrección que se utiliza para estas arterias es de 55 a 65°.

Otra técnica que se utiliza para examinar las arterias cerebrales básicas, es la siguiente: insonar la arteria cerebral media (ACM) a través de la ventana temporal que se encuentra a 1 centímetro por delante del meato auditivo externo y 1 cm. por debajo del arco cigomático. El haz ultrasónico se dirige horizontalmente. El ángulo de insolación debe ser lo más cercano a cero para disminuir los errores de medición.

La profundidad del volumen de muestra y del ángulo del insonación se ajusta hasta la bifurcación de la ACM.

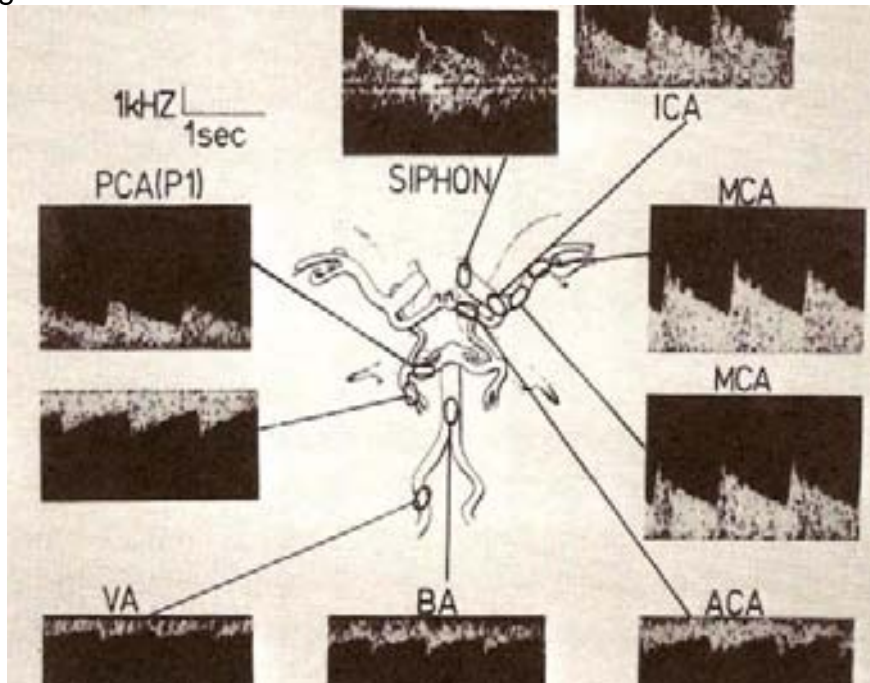


Fig. 3 Técnica para localizar la ACA



3. Por último se hace la representación espectral de la onda de velocidad de flujo para que se realicen las mediciones de dicho espectro. La dirección del flujo de la ACM es anterogrado (en dirección al transductor) y la ACA tiene una dirección retrógrada al transductor (fig. 4).

Fig. 4 Forma de onda obtenido en las diferentes arteria cerebrales.



De: "Argomenti di Neurosonologia ed Emodinamica Cerebrale", M. Visocchi, Ed. Avenue Media, Bologna. (17)

CUADRO I. Criterios para la identificación de las arterias intracraneales con ultrasonido doppler transcraneal.

ARTERIA	VENTANA	ORIENTACION DE TRANSDUCTOR	PROFUNDIDAD (MM)	DIRECCION DEL FLUJO RESPECTO AL TRANSDUCTOR	CONTORNO DE LA ONDA	RESPUESTA A LA VIBRACION DE LA CAROTIDA	RESPUESTA A LA COMPRESION DE LA CAROTIDA IPSILATERAL	RESPUESTA A LA COMPRESION DE LA CAROTIDA CONTRALATERAL
ARTERIA OLTALMICA	ORBITARIA	LIGERAMENTE MEDIAL	80-50	ACERCANDOSE	ALTA RESISTENCIA	-	-	-
SIFON DE LA CAROTIDA INTERNA	ORBITARIA	LIGERAMENTE MEDIAL	55-70	BIDIRECCIONAL	BAJA RESISTENCIA	-	-	-
ARTERIA CEREBRAL MEDIA	TEMPORAL	ENFREENTE	35-40	ACERCANDOSE	BAJA RESISTENCIA	RESPONDE	REDUCCION DE LA VELOCIDAD	SIN CAMBIO
ARTERIA CEREBRAL ANTERIOR	TEMPORAL	ANTERIOR	60-85	ALEJANDOSE	BAJA RESISTENCIA	RESPONDE	INVERSION DEL FLUJO	AUMENTO DE LA VELOCIDAD
ARTERIA CEREBRAL POSTERIOR	TEMPORAL	POSTERIOR	55-70	ACERCANDOSE	BAJA RESISTENCIA	NO RESPONDE	AUMENTO DE LA VELOCIDAD, SIN CAMBIO*	-
ARTERIA VERTEBRAL	SUBOCCIPITAL	SUPERIOR Y OBLICUA	45-75	ALEJANDOSE	BAJA RESISTENCIA	-	-	-
ARTERIA BASILAR	SUBOCCIPITAL	SUPERIOR	70-120	ALEJANDOSE	BAJA RESISTENCIA	-	-	-

\*Varían en posiciones diferentes.

### Valores de referencia

CUADRO II. Velocidades normales del estudio Doppler transcraneal de las arterias cerebrales medias obtenidas a través de la ventana temporal en niños despiertos sin la enfermedad cardiovascular, expresada como promedio +/- desviaciones estándar (SD).

EDAD.	Profundidad(m m)	Velocidad Media (cm/s)	Velocidad Pico Sistólica (VPS) (cm/s)	Velocidad final diastólica (VFD) (cm/s)	IP (Indice de Pulsatilidad)	IR (Indice de resistencia)
0-10 días.	25	24 +/-10	46+/-15	12+/-8	1.1-1.2	0.69-0.72
11-90 días.	25-30	42+/-10	75+/-15	24+/-8	0.84 (0.54-1.31)	0.62-0.80
3-12 meses	30	74 +/- 14 (46-102)	114 +/- 20	46+/- 9		0.58-0.62
1-3 años.	35-45	85 +/- 10 (65-105)	124 +/- 10	65 +/- 11		0.4-0.59
3-6 años.	40-45	94 +/- 10 (74-114)	147 +/- 17	65 +/- 9		0.4-0.62
6-9 años.	45-50	97 +/- 9 (79-115)	143 +/- 13	72 +/- 9		0.46-0.54
10-18 años	45-50	81 +/- 11 (59-103)	129 +/- 17	60 +/- 8	0.89(0.57-1.59)	0.5 (0.4-0.73)

Cardiovasc Ultrasound. 2006; 4: 47. (17).

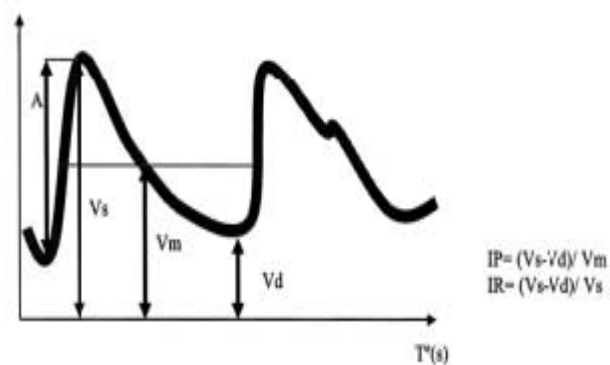
La VPS puede estar modificada por factores como es utilización de drogas vasoactivas, inotrópicas, anticonvulsivantes, etc.

Con relación al IR el valor normal oscila entre 0.55 a 0.65 aproximadamente. (23, 24, 25, 27 y 28)

### Lectura de la onda

La onda resultante del procesamiento de la señal se representa en un eje de coordenadas velocidad (cm/seg) - tiempo. Se ha intentado definir la onda con unos parámetros que nos permitan orientar los patrones de flujo cerebral. Éstos son los siguientes:

Figura 5. Parámetros que intentan definir la curva.



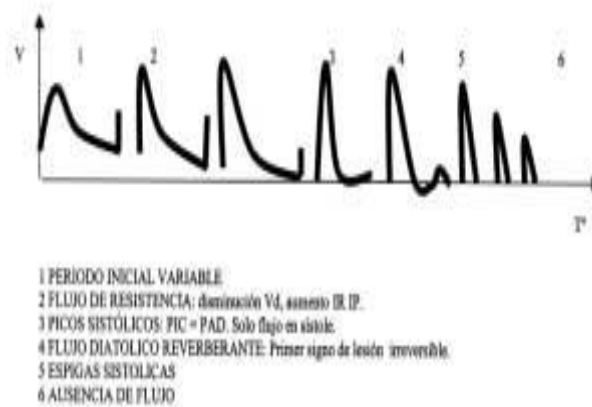
- Velocidad sistólica (**VS**): Velocidad máxima.
- Velocidad al final de la diástole (**VD** : Velocidad previa al comienzo de la sístole.
- Velocidad media (**VM**): Velocidad a la cual si se traza una horizontal, ésta divide la onda en dos áreas iguales.
- Índice de pulsatilidad (**IP** o índice de Gosling): Proporción de la amplitud (diferencia sístole-diástole) respecto a la velocidad media.  $IP = (VS-VD)/VM$ .
- Índice de resistencia (**IR** o índice de Pourcelot): Proporción que representa la amplitud (VS-VD) respecto a la velocidad sistólica.  $IR = (VS-VD)/VS$ .

Hay que tener en cuenta a la hora de utilizar los parámetros de velocidad, que éstos están sujetos a variación dependiendo del ángulo con que incida el sonido emitido sobre el vaso estudiado; sin embargo los índices no. Por esto los índices tienen menor variación interobservador. No obstante, no hay que olvidar que estos parámetros no son capaces de definir todo lo que la onda implica, por lo que hay que valorar también (o en primer lugar) la morfología de la misma (la pendiente, la muesca diastólica, etc.

## Interpretación clínica

**Secuencia inflamación, edema, hipertensión muerte cerebral:** (figura 6): La respuesta hemodinámica del SNC a la inflamación severa parece ser similar independientemente de que la causa que la origine sea la infección, traumatismo o hipoxia-isquemia. De manera esquemática podríamos decir que tras una agresión, la inflamación aumenta la permeabilidad capilar y favorece el edema cerebral. Éste a su vez (al localizarse en una cavidad inexpansibles como es el cráneo) produce un aumento de la presión intracraneal que va dificultando progresivamente la entrada de sangre. De este modo se cae en un círculo vicioso de isquemia, más inflamación, más PIC, menos entrada de sangre y de nuevo más isquemia hasta llegar a la muerte encefálica si no se actúa antes.

Figura 6. Secuencia en el DTC de inflamación, edema, hipertensión, isquemia y muerte cerebral.



- Periodo inicial variable (hipoperfusión, hiperemia o normal).
- Flujo de resistencia: conforme aumenta la PIC desciende la VD sin disminución de la VS (con frecuencia incluso aumenta la VS) y por consiguiente el IP e IR son mayores.
- Picos sistólicos: cuando la PIC iguala la presión diastólica la VD es cero teniendo sólo flujo cerebral en la sístole.
- Flujo diastólico reverberante: cuando la PIC alcanza valores entre la sístole y la diástole, existe una entrada durante la sístole y una reverberación durante la diástole. Éste parece ser el primer signo de lesión encefálica irreversible.
- Espigas sistólicas: conforme va alcanzando la PIC la presión sistólica se observan espigas cada vez más afiladas y de menor velocidad hasta que desaparecen.
- Ausencia de onda: no existe entrada de sangre al cerebro.

## **Extrapolación del flujo cerebral.**

Es muy importante no olvidar que el DTC solamente mide velocidades y no flujos cerebrales. En líneas generales, se puede decir que un descenso de la velocidad media (VM) se asocia a disminución del flujo cerebral. Sin embargo, el aumento de la VM puede reflejar dos situaciones diferentes: aumento del flujo (hiperemia) o disminución del calibre del vaso (vasoespasmio).

Los datos que irían a favor de la hiperemia serían los siguientes:

- Afectación bilateral.
- Muesca diastólica mínima o ausente.
- Pendiente de la onda no muy pronunciada.
- Disminución del índice de resistencia (aumento de velocidad diastolita final).

Por otro lado, los datos que nos orientarían a disminución del diámetro de vaso estudiado son:

- Hallazgo unilateral.
- Muesca diastólica prominente.
- Pendiente de la onda acusada.
- Aumento del índice de resistencia y de IP.
- El aumento diario de más del 25% de la VM.

## VI. RESULTADOS.

Inicialmente se incluyeron 15 pacientes, aplicando los criterios de exclusión y eliminación quedaron 10 pacientes. Se recolectaron los datos de los 10 pacientes dividiéndolos en dos grupos el grupo de los pacientes a quienes se realizó el procedimiento correctivo utilizando bomba de circulación extracorpórea (5 pacientes) y otro grupo en los cuales se realizó el procedimiento utilizando detección circulatoria con hipotermia profunda (5 pacientes).

Los datos demográficos se encuentran en la tabla 1 y 2.

En el primer grupo el promedio de la edad fue de 75.4 y el peso de 3.4.

En el segundo grupo la edad promedio fue de 280 y el peso de 8.4.

Tabla 1. Pacientes que se les realizó cirugía con bomba extracorpórea. (BCE)

PACIENTE #	EDAD (DIAS)	PESO (KG)	DIAGNOSTICO	PROCEDIMIENTO
1	208	4.5	CIA	REPARACION
2	57	2.56	CIA	REPARACION
3	9	2.4	TA, CIV	REPARACION
4	99	3.91	CIA	REPARACION
5	4	3.59	TGV	REINTERVENCION

Tabla 2. Pacientes que se les realizó cirugía con detección de la circulación hipotermia profunda (DCHP)

PACIENTE #	EDAD (DIAS)	PESO (KG)	DIAGNOSTICO	PROCEDIMIENTO
1	282	9.8	DVPP, CIV	REPARACION
2	245	6.4	COR triatum	REPARACION
3	455	9.68	AT	SBCP
4	285	9.5	AT	SBCP
5	132	6.44	SCIH	

Abreviaturas: DCHP (detección de la circulación con hipotermia profunda), CIA (comunicación ínter auricular), CIV (comunicación interventricular), CA (coartación aortica), TGV (transposición de grandes vasos), TA (tronco arterioso), AT (atresia tricuspídea), SBCP (shunt bidireccional cavo pulmonar), SCIH (síndrome de corazón izquierdo hipoplásico, DVPAT o DVPAP (drenaje venoso pulmonar anómalo total o parcial).

En todos los pacientes el estudio de ultrasonido morfológico de los pacientes se encontraba dentro de parámetros ecográficos normales tanto pre como posquirúrgico.

La anatomía de las estructuras vasculares intracerebrales se encontraban de características normales, sin observarse variantes anatómicas.

En tres del total de los pacientes estudiados presentaban alteraciones en los parámetros de ultrasonido doppler antes de ser intervenidos quirúrgicamente (en todas las variables (VPS, VDF, IR e IP), dos de ellos se sometieron a cirugía con hipotermia profunda. En el estudio post quirúrgico de estos pacientes mismo pacientes se observó lo siguiente: en el paciente que fue sometido a cirugía con bomba de circulación extracorpórea los parámetros se mantuvieron estables, mientras que en los pacientes que se sometieron a cirugía con hipotermia profunda disminuyó aún más la velocidad pico sistólica y aumentó el índice de resistencia y pulsatilidad.

Tabla 3. Promedio de la velocidad pico sistólica (cm/seg.) de ambas arterias cerebrales medias en los estudios doppler pre quirúrgico.

<b>paciente con BCE</b>		<b>Pacientes con DCHP.</b>	
PACIENTE 1	95	<b>PACIENTE 1</b>	<b>75</b>
PACIENTE 2	82	PACIENTE 2	96
<b>PACIENTE 3</b>	<b>28</b>	<b>PACIENTE 3</b>	<b>50</b>
PACIENTE 4	99	PACIENTE 4	100
PACIENTE 5	49	PACIENTE 5	110

Tabla 4. Promedio del índice de resistencia de ambas arterias cerebrales medias en los estudios doppler pre quirúrgico.

<b>paciente con BCE</b>		<b>Pacientes con DCHP.</b>	
PACIENTE 1	0.6	<b>PACIENTE 1</b>	<b>0.80</b>
PACIENTE 2	0.73	PACIENTE 2	0.60
<b>PACIENTE 3</b>	<b>0.75</b>	<b>PACIENTE 3</b>	<b>0.82</b>
PACIENTE 4	0.62	PACIENTE 4	0.73
PACIENTE 5	0.69	PACIENTE 5	0.73

Se observó disminución de la velocidad pico sistólica y elevación del índice de resistencia en todos los pacientes estudiados (para su edad) en el post operatorio inmediato, aunque en mayor proporción en los pacientes que fueron sometidos a cirugía con hipotermia profunda. (Tabla 5 y 6)

En cuanto a la onda espectral de la arteria cerebral media en todos los pacientes fue una onda bifásica de baja resistencia o pulsatilidad tanto en los estudios doppler prequirúrgicos como en los post quirúrgicos.

Dos de los pacientes a los que se realizó la cirugía fallecieron en la primera semana post procedimiento, uno en las primeras 24 horas y el otro paciente 3 días después, y ambos pacientes se encontraban dentro del grupo a los que se realizó la cirugía con detección circulatoria con hipotermia profunda (paciente 1 y paciente 3), en estos pacientes en el post operatorio inmediato se encontró la velocidad pico sistólica más disminuida en relación a los otros pacientes del mismo grupo.

Tabla 5. Promedio de la velocidad pico sistólica (cm/seg.) de ambas arterias cerebrales medias en los estudios doppler post quirúrgicos.

<b>paciente con BCE</b>		<b>Pacientes con DCHP.</b>	
PACIENTE 1	82	<b>PACIENTE 1</b>	<b>38</b>
PACIENTE 2	28	PACIENTE 2	51
PACIENTE 3	25	<b>PACIENTE 3</b>	<b>32</b>
PACIENTE 4	70	PACIENTE 4	57
PACIENTE 5	20	PACIENTE 5	60

Tabla 6. Promedio del índice de resistencia de ambas arterias cerebrales medias en los estudios doppler post quirúrgicos.

<b>paciente con BCE</b>		<b>Pacientes con DCHP.</b>	
PACIENTE 1	0.78	PACIENTE 1	0.88
PACIENTE 2	0.84	PACIENTE 2	0.91
PACIENTE 3	0.86	PACIENTE 3	0.97
PACIENTE 4	0.72	PACIENTE 4	0.78
PACIENTE 5	0.75	PACIENTE 5	0.89

El promedio del índice de resistencia postoperatorio en los pacientes que se sometieron a cirugía con bomba de circulación extracorpórea fue de 0.79.

El promedio del índice de resistencia postoperatorio en los pacientes que se sometieron a cirugía con hipotermia profunda fue de 0.88.



## VII. DISCUSION.

Aunque no era el objetivo del estudio en los resultados se observó que existen variaciones en cuanto a los parámetros medidos por ultrasonido doppler dependiendo del tipo de cirugía que se realiza, el estudio de ultrasonido doppler concordó en el estado neurológico del paciente prequirúrgico y post quirúrgico hacia su pronóstico ya que de los dos pacientes que se tenía antecedente por estudio doppler de una mala perfusión cerebral tuvieron un mal pronostico después de la cirugía, aunque hay que recalcar que estos pacientes tenían cardiopatías congénitas complicadas.

Como se observó en todos los pacientes disminuyó el estado de perfusión cerebral después de la cirugía.

En un estudio se demostró que mientras más duraba el tiempo de cirugía con detección circulatoria hipotérmica la velocidad sistólica disminuía en comparación con el grupo control y posterior a la cirugía persistía la velocidad sistólica disminuida (17).

Von Knobelsdorff y otros observaron que durante el período de recalentamiento, se apreciaba una disminución en la saturación cerebral de O<sub>2</sub> de la sangre venosa, esto podría tener relación con la hipoperfusión observada indirectamente en nuestro estudio.

En segundo lugar, la utilización de drogas vasodilatadoras tales como nitroglicerina durante el período postoperatorio puede ser responsable del la hipoperfusión cerebral.

Los estudios de disfunción neurológica tras cirugía cardíaca vienen limitados por la dificultad en conseguir series amplias y homogéneas para consolidar resultados.

## **VIII. CONCLUSION.**

Es importante introducir en la practica diaria un monitoreo posquirúrgico del estado neurológico de los pacientes que fueron sometidos a cirugía cardiaca, un método sencillo es el ultrasonido doppler transcraneal ya que es un estudio que se realiza en la cabecera del paciente sin necesidad de trasladarlo, se realiza relativamente en un corto tiempo, es barato, sensible y específico.

La importancia de nuestros hallazgos radica en la demostración de que independientemente de tipo de técnica que se utilice para la cirugía cardiaca todos los pacientes tienen un cierto grado de hipoperfusión cerebral en el post operatorio inmediato, lo que debe alertar a los médicos tratante para realizar las medidas de tratamiento adecuado y evitar secuelas clínicas, así como establecer un pronóstico.

No obstante, somos conscientes de las limitaciones del trabajo, fundamentalmente de la necesidad de incrementar el número de pacientes estudiados, dar seguimiento en diferentes horas del post operatorio e inclusive en el transoperatorio, así como homogenizar la muestra.

Además se podría compara este método de estudio con otras pruebas que nos ayuden a detectar complicaciones neurológicas trans o posquirúrgicas.

## IX. BIBLIOGRAFIA.

1. Byrd SE, Seibert JJ: Transcranial Doppler imaging in pediatric abnormalities in older children. *Neuroimaging Clin N Am* 9: 17–40, 1999
2. Cigada M, Marzorati S, Tredici S, et al: Cerebral CO<sub>2</sub> vasoreactivity evaluation by transcranial Doppler ultrasound technique: a standardized methodology. *Intensive Care Med* 26: 729–732, 2000.
3. Rainov NG, Weise JB, Burkert W: Transcranial Doppler sonography in adult hydrocephalic patients. *Neurosurg Rev* 23: 34–38, 2000.
4. Schoning M, Niemann G, Hartig B: Transcranial color duplex sonography of basal cerebral arteries: reference data of flow velocities from childhood to adulthood. *Neuropediatrics* 27: 249–255, 1996
5. Wang HS, Kuo MF, Huang SC, et al: Transcranial ultrasound diagnosis of intracranial lesions in children with headaches. *Pediatr Neurol* 26:43–46, 2002.
6. Pigula F, Nemoto E, Griffith B, Siewers R. Regional low-flow perfusion provides cerebral circulatory support during neonatal aortic arch reconstruction. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2000;119:331–9.
7. Gruber E, Jonas R, Newburger J, Zurakowski D, Hansen D, Laussen P. The effect of hematocrit on cerebral blood flow velocity in neonates and infants undergoing deep hypothermic cardiopulmonary bypass. *Anesth Analg.* 1999;89:322–7.
8. Truemper, EJ.; Fisher, AZ. Cerebrovascular developmental anatomy and physiology in the infant and child. In: Babikian VL, Wechsler LR. , editor. *Transcranial Doppler ultrasonography.* St. Louis: Mosby; 1993. pp. 355–75.
9. Fallon P, Aparicio JM, Elliott MJ, Kirkham FJ. Incidence of neurological complications of surgery for congenital heart disease. *Arch Dis Child* 1995; 72: 418–22.
10. Menache CC, du Plessis AJ, Wessel DL, et al. Current incidence of acute neurologic complications after open-heart operations in children. *Ann Thorac Surg* 2002; 73: 1752–8.
11. Austin EH III, Edmonds HL Jr, Auden SM, et al. Benefit of neurophysiologic monitoring for pediatric cardiac surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1997; 114: 707–15,717.
12. Murkin JM. Etiology and incidence of brain dysfunction after cardiac surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1999; 13: 12–7.
13. Kirkham FJ. Recognition and prevention of neurological complications in pediatric cardiac surgery. *Pediatr Cardiol* 1998; 19: 331–45.
14. Du Plessis AJ. Mechanisms of brain injury during infant cardiac surgery. *Semin Pediatr Neurol* 1999; 6: 32–47.
15. Wernovsky G, Newburger J. Neurologic and developmental morbidity in children with complex congenital heart disease. *J Pediatr* 2003; 142: 6–8.
16. Andropoulos DB, Stayer SA, Diaz LK, Ramamoorthy C, Neurological monitoring for congenital heart surgery. *Anesth Analg.* 2004 Nov;99(5):1365-75.

17. Polito A, Ricci Z, Di Chiara L, Giorni C, Iacoella C, Sanders SP, Picardo S., Cerebral blood flow during cardiopulmonary bypass in pediatric cardiac surgery: the role of transcranial Doppler--a systematic review of the literature. *Cardiovasc Ultrasound*. 2006 Dec 13;4:47.
18. O'Hare B, Bissonnette B, Bohn D, Cox P, Williams W. Persistent low cerebral blood flow velocity following profound hypothermic circulatory arrest in infants. *Can J Anaesth*. 1995 Nov;42(11):964-71.
19. Andropoulos D, Stayer S, McKenzie D, Fraser C. Novel cerebral physiologic monitoring to guide low-flow cerebral perfusion during neonatal aortic arch reconstruction. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2002;125:491-9.
20. Ashwal S, Holshouser BA, del Rio MJ, Tong KA, Applegate RL, Bailey LL. Serial proton magnetic resonance spectroscopy of the brain in children undergoing cardiac surgery. *Pediatr Neurol*. 2003 Aug;29(2):99-110.
21. Gazzolo D, Masetti P, Vinesi P, Meli M, Abella R, Marcelletti C, Michetti F. S100B blood levels correlate with rewarming time and cerebral Doppler in pediatric open heart surgery. *J Card Surg*. 2002 Jul-Aug;17(4):279-84.
22. Abdul-Khaliq H, Uhlig R, Böttcher W, Ewert P, Alexi-Meskishvili V, Lange PE. Factors influencing the change in cerebral hemodynamics in pediatric patients during and after corrective cardiac surgery of congenital heart diseases by means of full-flow cardiopulmonary bypass. *Perfusion*. 2002 May;17(3):179-85.
23. Zimmerman AA, Burrows FA, Jonas RA, Hickey PR. The limits of detectable cerebral perfusion by transcranial Doppler sonography in neonates undergoing deep hypothermic low-flow cardiopulmonary bypass. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1997 Oct;114(4):594-600.
24. Rodriguez RA, Audenaert SM, Austin EH 3rd, Edmonds HL Jr. Auditory evoked responses in children during hypothermic cardiopulmonary bypass: report of cases. *J Clin Neurophysiol*. 1995 Mar;12(2):168-76.
25. Burrows FA. Transcranial Doppler monitoring of cerebral perfusion during cardiopulmonary bypass. *Ann Thorac Surg*. 1993 Dec;56(6):1482-4.
26. Rodriguez RA, Austin EH 3rd, Audenaert SM. Postbypass effects of delayed rewarming on cerebral blood flow velocities in infants after total circulatory arrest. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1995 Dec;110(6):1686-90.
27. Bakker SL, Boon AJ, Wijnhoud AD, et al: Cerebral hemodynamics before and after shunting in normal pressure hydrocephalus. *Acta Neurol Scand* 106:123-127, 2002.
28. Harvey L. Edmonds, Jr., PhD. Multi-Modality Neurophysiologic Monitoring for Cardiac Surgery. Department of Anesthesiology, University of Louisville, Louisville, KY March 15, 2002. *The Heart Surgery* 5 (3):225-228, 2002.