



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
SECRETARÍA DE SALUD
INSTITUTO NACIONAL DE PEDIATRÍA

**“CARACTERÍSTICAS DE MANEJO ANESTÉSICO DURANTE LA
CIRUGÍA DE AVANCE DE ARCO AÓRTICO EN EL INSTITUTO
NACIONAL DE PEDIATRÍA 2010-2017. ENFOQUE EN EL
COMPORTAMIENTO DE LA ESPECTROSCOPIA CERCANA A LA
INFRAROJA (NIRS) ”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE

SUBESPECIALISTA EN

ANESTESIOLOGÍA PEDIÁTRICA

PRESENTA

DRA. IVÓN ALEJANDRA MORENO RAVELO.

TUTOR

DR. ORLANDO TAMARIZ CRUZ.



CIUDAD DE MÉXICO 2020



Universidad Nacional
Autónoma de México



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).

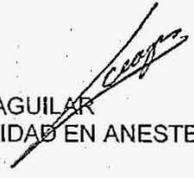
El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición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

"CARACTERÍSTICAS DE MANEJO ANESTÉSICO DURANTE LA CIRUGÍA DE AVANCE DE ARCO AÓRTICO EN EL INSTITUTO NACIONAL DE PEDIATRÍA 2010-2017. ENFOQUE EN EL COMPORTAMIENTO DE LA ESPECTROSCOPÍA CERCANA A LA INFRAROJA (NIRS) "



DR. JOSE NICOLAS REYNES MANZUR
DIRECTOR DE ENSEÑANZA

DR. MANUEL ENRIQUE FLORES LANDERO
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE PRE Y POSGRADO



DR. IGNACIO VARGAS AGUILAR
PROFESOR TITULAR DE LA SUBESPECIALIDAD EN ANESTESIOLOGIA PEDIATRICA



DR. ORLANDO JOSE TAMARIZ CRUZ
TUTOR DE TESIS



DR. LUIS ANTONIO GARCIA BENITEZ
ASESOR METODOLOGICO

ÍNDICE

1. Introducción.....	.....
2. Antecedentes.....	.....
3. Planteamiento del Problema .....	.....
4. Justificación.....	.....
5. Objetivos e Hipótesis .....	.....
6. Material y Métodos.....	.....
6.1. Diseño del Estudio.....	.....
6.2. Criterios de Selección.....	.....
6.3. Descripción de las Variables.....	.....
6.4 Tamaño de la Muestra.....	.....
6.5 Fuentes de información y Técnica de recolección.....	.....
6.6 Registro. Administración de la base de datos.....	.....
7. Análisis de Datos.....	.....
8. Consideraciones Éticas.....	.....
9. Recursos.....	.....
9.1.Recursos Humanos.....	.....
9.2.Recursos Materiales .....	.....
9.3.Recursos Financieros.....	.....
10. Resultados.....	.....
11. Discusión .....	.....

12. Conclusión	
13. Cronograma de Actividades.....	
14. Referencias Bibliográficas.....	
15. ANEXOS.....	
12.1 Hojas de Recolección de Datos.....	
16. Abreviaturas.....	

1. INTRODUCCIÓN

La incidencia de cardiopatías congénitas es de aproximadamente 0,8% a 1 % de los recién nacidos vivos. Aproximadamente el 50% de los pacientes con cardiopatía congénita se someten a una cirugía cardíaca.

En México, la enfermedad cardíaca congénita es una causa importante de mortalidad en niños menores de un año de edad. De acuerdo con un análisis de datos reciente, la mortalidad aumentó de 114,4 a 146,4 / 100,000 nacidos vivos de 2008 a 2013. Casi un tercio de las muertes ocurrieron durante la primera semana de vida. La prevalencia de enfermedad cardíaca congénita en México aún se desconoce, pero se supone que es similar a la prevalencia mundial (6 - 8 por 1000 nacidos vivos). En México no existen bases de datos que registren de forma sistematizada su frecuencia, por lo que el cálculo se basa en una prevalencia estimada de 8-10 por cada 1000 recién nacidos (RN), extrapolado a la natalidad, se esperan de 18,000 a 20,000 casos nuevos por año, según INEGI son la segunda causa de muerte en datos reportados a partir del 2005, se cuenta con un registro de incidencia de 7.4 por 1000 nacidos vivos en un periodo del 5 años desde enero del 2006 en dos hospitales de Toluca; el Hospital General "Lic. Adolfo López Mateos" y el Hospital Materno Infantil "Mónica Pretelini", con una mortalidad en cardiopatías del 0.14% y una mortalidad específica en pacientes cardiopatas del 18.64%; y en un hospital de tercer nivel del IMSS encontraron un 5.15% en menores de 2 años con coartación de arco aórtico, y el estado de Chiapas con mayor referencia de cardiopatas en general. ^{1, 2,3}

La coartación del arco aórtico es una malformación congénita relativamente común que representa entre 5 y 8% de todas las malformaciones congénitas, ocurre en 1 de cada 2000 nacidos vivos en los Estados Unidos; y el 75% de los niños con coartación tiene otra anomalía cardíaca asociada. ^{4,5,6}

Esta se define como un defecto cardíaco congénito con disminución de calibre en la aorta que se puede presentar a diferentes niveles y que da lugar a una dificultad en el flujo desde la aorta ascendente hasta la descendente. Aunque la forma de presentación más

frecuente representa una estenosis aislada, la obstrucción puede llegar hasta la hipoplasia o incluso la interrupción del arco aórtico.

Aun no se tienen datos precisos de la incidencia de coartación de arco aórtico en nuestro país, sin embargo puesto que es una entidad patológica compleja que puede comprometer la vida del paciente además de los costos elevados en el manejo y la cirugía es tratamiento final de la misma, es de suma importancia analizar el manejo anestésico que se otorga en nuestra institución. El Instituto Nacional de Pediatría (INP), al ser un hospital de tercer nivel, tiene un número considerable de pacientes con coartación e hipoplasia de arco aórtico.

Realizamos esta investigación con el fin de encontrar la frecuencia de la cirugía de avance de arco aórtico realizada en nuestro medio, enfocándonos en las características de manejo anestésico enfatizando el papel de la espectroscopia cercana al infrarrojo (NIRS por sus siglas en inglés) y su comportamiento cerebral y somático tanto en bypass cardiopulmonar como en paro circulatorio durante la reconstrucción quirúrgica.

Para los fines anteriores hemos realizado una revisión exhaustiva de la literatura con respecto al manejo anestésico de los pacientes con esta patología que son intervenidos quirúrgicamente, y al término de la recopilación de datos se hará un análisis minucioso del manejo anestésico otorgado a los pacientes sometidos a avance de arco aórtico en nuestro Instituto Nacional Pediatría con un enfoque a la espectroscopia cercana al infrarrojo, analizando también la perfusión cerebral selectiva, manejo de flujos bajos durante la misma, tiempo de bomba extracorpórea y tiempo de pinzado aórtico.

2. ANTECEDENTES

COARTACION DE ARCO AORTICO

EPIDEMIOLOGIA

La incidencia de cardiopatías congénitas es de aproximadamente 0,8% a 1 % de los recién nacidos vivos, han sido descritas muchas anomalías, pero una decena de ellas resumen por sí solas el 90% de las cardiopatías que necesitan una intervención quirúrgica durante el primer año de vida, la mayoría de estos niños con cardiopatía congénita (80%) sobreviven hasta la edad adulta en los países desarrollados, debido a un diagnóstico e intervención tempranos junto con mejores técnicas quirúrgicas y anestésicas. Ahora se espera que pronto haya más adultos con defectos cardíacos congénitos, la incidencia de malformación cardíaca adicional es tan alta como 20 a 45% y las anomalías cromosómicas en estos pacientes son de 5 a 10%. En un hospital de tercer nivel del IMSS encontraron un 5.15% en menores de 2 años con coartación de arco aórtico, y el estado de Chiapas con mayor referencia de cardiopatas en general .^{3,4,5.}

La coartación ocurre en 1 de cada 2000 nacidos vivos en los Estados Unidos y es el quinto defecto cardíaco congénito más común. Se presenta mas frecuentemente en los niños (M: F 1.7: 1) y en caucásicos siete veces más que otras razas.^{4,6}

CONCEPTO Y CLASIFICACION DE COARTACION DE ARCO AORTICO.

La coartación significa literalmente "un dibujo en conjunto" o del latín "Arctare", tendencia a ser estrecho, representa entre 5 y 8% de todas las malformaciones congénitas, sigue en orden de frecuencia a la comunicación interventricular y a la persistencia del conducto; es la lesión más común en pacientes con síndrome de Turner.

El estrechamiento focal de la aorta varía y puede ser una entidad discreta, hipoplasia tubular o coartación de la aorta. Su origen quizá es consecuencia de la retracción del tejido ductal que se extiende en mayor o menor grado hacia el tejido aórtico. Puede presentarse en forma aislada, o bien, como parte de un conjunto de malformaciones del corazón y puede estar localizada en ubicaciones "pre-ductales", "yuxta-ductales" o "post-ductales". Esta es una clasificación arbitraria, ya que el área de coartación puede cambiar

de posición a medida que crece el arco aórtico y por lo tanto, la clasificación no representa una verdadera diferencia de origen, sino la etapa de evolución. La patología anatómica en un inicio, es notablemente consistente, justo enfrente de la inserción del conducto arterioso (yuxta-ductal) y distal a la arteria subclavia izquierda, pero ocasionalmente puede ocurrir en forma proximal. También puede presentarse un plegamiento de la pared de la aorta, llamada lesión de tipo *Waist*, un defecto de la íntima, también conocida como lesión de *estante o diafragma* o puede deberse a una hipoplasia extensa del arco denominada *hipoplasia tubular* del arco aórtico, con *interrupción aórtica* en el extremo de la coartación y que describe la separación completa de la luz de la aorta en dos segmentos con una banda fibrosa de conexión.^{6,7,8, 9,10}

ASOCIACIONES DE PATOLOGIAS Y MALFORMACIONES CONGENITAS DE LA COARTACION E HIPOPLASIA DE ARCO AORTICO

El 75% de los niños con coartación tiene otra anomalía cardíaca, las de mayor frecuencia, son: conducto arterioso permeable, válvula aórtica bicúspide, defecto del tabique ventricular y anomalías de la válvula mitral. También puede estar asociada con la deleción 22q11 (aplasia tímica, paladar hendido, hipocalcemia, retraso leve del desarrollo) y síndrome del corazón izquierdo hipoplásico. En el síndrome de Turner la coartación se observa en hasta el 15% de los pacientes, el síndrome de Kabuki se asocia con un istmo hipoplásico y una coartación yuxtaductal y el síndrome de Shone es una serie de cuatro anomalías: membrana mitral supra-valvular, válvula mitral paracaídas, estenosis subaórtica y coartación. Las anomalías del corazón derecho rara vez se asocian con coartación de la aorta.⁶

ETIOLOGÍA DE LA COARTACION E HIPOPLASIA DE ARCO AORTICO

Existen dos explicaciones posibles con respecto a la etiología de la coartación; la teoría hemodinámica y la teoría del conducto anormal. El primero postula que hay una disminución del flujo sanguíneo en la aorta, secundaria a la obstrucción del corazón izquierdo en el útero, que disminuye el flujo sanguíneo aórtico, como el defecto del tabique ventricular, válvula aórtica bicúspide, estenosis aórtica congénita y estenosis de

la válvula mitral congénita, lo que conduce al subdesarrollo de la aorta en el istmo, con un aumento proporcional en la arteria pulmonar y el flujo sanguíneo del conducto arterioso.

El segundo postula que tejido ductal ectópico anormal en la pared aórtica causa constricción es decir, se contrae después del nacimiento. Russell y cols. han examinado muestras de coartación reseca que mostraron una banda circunferencial microscópica de tejido ductal que se extiende desde el conducto arterioso y rodea la aorta al nivel de la coartación, la obstrucción está compuesta en gran parte de tejido similar al muscular y también son observados cambios histológicos, como engrosamiento medial, proliferación de la íntima, contracción de los vasos con fibrosis de la luz ocurren con el cierre anatómico del conducto.

La embriología de la aorta es compleja y depende principalmente de un proceso conocido como vasculogénesis, en el que el vaso arterial surge por una coalescencia de angioblastos. Múltiples estructuras como el conotruncus, los arcos branquiales y las aortas dorsales están involucradas; la apoptosis y algunos otros factores participantes incluyen, mutaciones genéticas: (caucásicos), factores ambientales (hay una mayor incidencia de coartación en bebés nacidos en otoño y meses de invierno).^{8,6,11,12}

ANATOMÍA DEL ARCO AORTICO

La aorta se ha dividido en los siguientes segmentos

- Raíz aórtica: desde el anillo aórtico hasta la unión sinotubular.
- Aorta ascendente: desde la unión sinotubular hasta el despegue de la arteria innominada.
- Arco aórtico proximal: desde el despegue de la arteria innominada hasta el despegue de la arteria carótida común izquierda.
- Arco aórtico distal: desde el despegue de la arteria carótida común izquierda hasta el despegue de la arteria subclavia izquierda.
- Istmo aórtico: desde el despegue de la arteria subclavia izquierda hasta el conducto arterioso / ligamento arterioso.
- Aorta descendente: desde el conducto arterioso / ligamento arterioso hasta el hiato diafragmático.¹²

HISTORIA NATURAL DE LA COARTACION E HIPOPLASIA DE ARCO AORTICO

Sin reparar, la mortalidad por coartación se acerca al 90% a la edad de 55 años. La causa más frecuente de muerte es la insuficiencia cardíaca (25%), seguida de la ruptura aórtica (21%), endocarditis (18%) y finalmente la hemorragia intracraneal (12%). El 10% de las personas con coartación tienen aneurismas intracraneales dentro del Círculo de Willis. Si se repara antes de los 14 años, la tasa de supervivencia a 20 años es del 91%. Si se repara después de los 14 años, la tasa de supervivencia a 20 años es del 79%. Durante el embarazo existe riesgo de disección aórtica y hemorragia intracraneal, la mortalidad materna puede ser tan alta como 3 a 8%, incluso en aquellos que han sido reparados.⁶

PRESENTACIÓN CLÍNICA DE LA COARTACION E HIPOPLASIA DE ARCO AORTICO

La presentación de la coartación aortica varía de acuerdo a la severidad, presencia de defectos asociados y extensión de la permeabilidad del conducto. Aproximadamente el 10% de todos los pacientes con coartación aórtica presentarán insuficiencia cardíaca.¹¹

La coartación de la aorta produce una sobrecarga de presión del ventrículo izquierdo y una reducción en la perfusión de la parte inferior del cuerpo.

Las consecuencias fisiológicas de una coartación dependerán de varios factores

- La severidad de la coartación.
- La extensión del flujo sanguíneo aórtico anterógrado.(concedido por conducto arterioso).
- El alcance de la colateralización distal a la aorta.
- El tipo y severidad de lesiones del corazón asociadas⁸

Las 3 principales implicaciones fisiológicas de esto son las siguientes: 1) alta proporción de flujo sanguíneo pulmonar a sistémico o $Q_p: Q_s$ (2) cianosis diferencial (saturación preductal > saturación postductal); y (3) chorro diastólico distal a la interrupción. La cianosis diferencial puede no estar presente debido a la mezcla de sangre a través de una CIV. Como la resistencia pulmonar es generalmente menor que la sistémica, la sangre de la aorta con suministro ductal regresa a la vasculatura pulmonar durante la diástole, esto se denomina "robo diastólico" y presenta riesgo de isquemia renal y esplácnica. En general, cuanto más proximal sea la ubicación de la interrupción, menor será la cantidad de gasto cardíaco que fluye a través de la aorta ascendente y mayor será la probabilidad de hipoplasia.¹²

Cuando la coartación es grave, la perfusión aórtica distal se suministrará, en parte, con sangre de la arteria pulmonar a través de un conducto persistente, esto dará como resultado una cianosis diferencial con una mayor saturación arterial proximal a la coartación en comparación con la distal a la coartación.

En pacientes con obstrucción aórtica existe flujo colateral que se deriva predominantemente de la arteria subclavia y sus ramas: arterias mamarias, intercostales, escapulares, cervicales, vertebrales, epigástricas y espinales; la circulación colateral puede estar presente en cierta medida en recién nacidos.

Cuando la coartación es menos grave, los neonatos pueden presentar signos clínicos más sutiles como disminución de los pulsos femorales, hipertensión, insuficiencia cardíaca congestiva, taquipnea, cianosis, dificultades de alimentación y apatía. En la infancia y la adolescencia se agregan hipertensión, hipertrofia ventricular izquierda, con o sin claudicación de las extremidades inferiores.^{8,6,11}

En coartación severa, y particularmente en asociación con hipoplasia del corazón izquierdo y del arco aórtico, la permeabilidad del conducto arterioso es necesaria para proporcionar flujo sanguíneo a la aorta distal a la coartación (derivación fisiológica de derecha a izquierda). En esta fisiología ductal dependiente, las presiones del ventrículo derecho son sistémicas, el cierre ductal en pacientes con coartación severa dará como resultado una pérdida de la perfusión distal (que había sido mantenida por la arteria pulmonar), dilatación ventricular izquierda, hipertensión en la aurícula izquierda y edema pulmonar. La reducción en la salida del ventrículo izquierdo puede ser tan grave que el recién nacido puede presentar un estado de gasto cardíaco bajo o un paro cardiopulmonar.^{5,8}

En el caso de una coartación menos grave, el cierre del conducto producirá una disminución de la perfusión distal y evidencia de hipertensión auricular izquierda. Si está presente un cortocircuito, como un defecto del tabique auricular, mejorará el cortocircuito de izquierda a derecha. Las reducciones en la resistencia vascular pulmonar aumentarán el flujo sanguíneo pulmonar, desviando así el flujo de la aorta distal. En estos casos, la administración de prostaglandina E1 (0.01–0.05 $\mu\text{g kg}^{-1} \text{ min}^{-1}$) para restablecer la permeabilidad ductal y aórtica, puede salvar vidas. La eficacia terapéutica se juzga por un

aumento de la PaO₂, la reaparición de los pulsos femorales, diuresis y por la normalización del equilibrio ácido-básico; los efectos secundarios de la PGE₁ son: rash cutáneo, apnea, hipertermia, hipotensión o convulsiones. El soporte de ventilación mecánica, el apoyo inotrópico y la terapia diurética suelen ser necesarios para estabilizar a los bebés más enfermos después de la administración de PGE₁. Se requiere cirugía urgente cuando estas dos estrategias fallan y / o todavía hay acidosis o anuria significativa.^{5,6,8}

SIGNOS:

- Soplo CoA: soplo sistólico tardío posterior a la columna torácica.
- Soplos colaterales bilaterales - presentes en niños > 5 años debido a la formación de colaterales Arterias de los vasos intercostales.
- Evidencia de válvula aórtica bicúspide: cualquiera de las estenosis aórticas (soplo de expulsión mediastólica; o soplo diastólico precoz de la regurgitación aórtica.
- Una diferencia en la presión arterial de 35 mmHg entre el brazo derecho y las extremidades inferiores en niños mayores es característica. A medida que los vasos colaterales se desarrollan y maduran, el gradiente puede disminuir o desaparecer.
- Neonato: cardiomegalia, edema pulmonar.^{6,11}

IMAGEN Y ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS

- Electrocardiografía es inespecífica: Puede haber hipertrofia derecha, izquierda o biventricular. Se puede observar un intervalo QT prolongado secundario a la hipocalcemia en el contexto del síndrome de delección 22q11.
- Radiografía de tórax muestra cardiomegalia (especialmente agrandamiento de la aurícula izquierda), aumento de las marcas vasculares pulmonares y edema pulmonar. Niño > 8 años y adultos: muescas en las costillas, nudillos aórticos prominentes con muesca torácica ("el figura signo de tres o Roessler). El flujo pulmonar alto conducirá a un aumento en la trama pulmonar, mientras que el flujo reducido causa campos oligémicos en los pulmones.

- Ecocardiografía (transtorácica o transesofágica): Puede mostrar estrechamiento a través del istmo; el gradiente a través de la coartación se puede estimar a partir del flujo de sangre proximal y distal.
- Resonancia magnética: Útil para la ubicación y extensión de la coartación, para detectar y monitorizar aneurismas y reestenosis después de la cirugía.
- Angiografía: para medir el gradiente máximo a lo largo de la coartación, evaluar si es necesaria la intervención (gradiente <20 mmHg en un niño mayor no requiere intervención inmediata), defectos asociados y visualizar el flujo sanguíneo colateral.^{4, 6, 12}

INDICACIONES PARA LA INTERVENCIÓN QUIRURGICA EN COARTACION E HIPOPLASIA DE ARCO AORTICO.

La indicación de intervención más aceptada en niños y adultos es la presencia de hipertensión arterial sistémica, con una diferencia en la presión sistólica de las extremidades superiores e inferiores de 20 mmHg en reposo o cuando el diámetro luminal disminuido se aproxima al 50%.

Las obstrucciones leves también pueden beneficiarse de la intervención al disminuir la presión diastólica del ventrículo izquierdo y preservar la función del mismo a largo plazo, especialmente en presencia de hipertensión en reposo, respuesta anormal a la presión arterial durante el ejercicio e hipertrofia progresiva del ventrículo izquierdo.

En lo que se refiere a la hipoplasia de arco aórtico, se considera una indicación quirúrgica el subdesarrollo del arco aórtico con índices Z por debajo de 2, acompañada de coartación aórtica; en todos los casos la reparación quirúrgica definitiva es el estándar de oro.^{9, 11}

Se emplean tres tipos de reparación para corregir los defectos obstructivos de la aorta:

1.-Angioplastia con parche de subclavia. Indicada en lactantes con coartación de segmento largo (se prefiere en pacientes menores de 1 año)

Su tasa de re-coartación alta pero a pesar de ello es el método tradicional de reparación para coartación a nivel yuxtaductal.

2.-Angioplastia con parche sintético. Se evita siempre que sea posible debido a la frecuente aparición de hipertensión , aneurisma o ruptura aórtica .

3.- Reparación de extremo a extremo de la aorta después de la resección del segmento coartado (reparación preferida en pacientes mayores de 1 año)

4.- En el caso de coartación asociada con un istmo aórtico hipoplásico, se recomienda la extirpación completa junto con una anastomosis de extremo a extremo o de extremo a lado.^{8,9}

5.-En lo referente a la hipoplasia de arco aórtico con coartación, actualmente la reparación consiste en avance del arco aórtico incluyendo la zona coartada con empleo de perfusión cerebral selectiva.

TECNICA QUIRURGICA PARA AVANCE DE ARCO AÓRTICO.

El foco de esta tesis es la hipoplasia de arco aórtico y en esta sección versaremos sobre algunas características quirúrgicas relacionadas a su corrección.

La cirugía de avance de arco aórtico es considerada grado de complejidad 4 de la clasificación de RACHS que estratifica el riesgo individualizado por tipo de cirugía, por lo sus resultados están en estrecha relación con el Hospital y el País en donde es realizada.

La técnica utilizada en el Instituto Nacional de Pediatría (y que ha demostrado asociarse a una menor frecuencia de re coartación) es el avance de arco aórtico. Los resultados de nuestra Institución han sido reportados en el año 2012.⁷

MANEJO ANESTESICO EN CIRUGIA DE AVANCE DE ARCO AORTICO

CONSIDERACIONES PRE OPERATORIAS

El anestesiólogo pediatra debe estar consciente de la posibilidad de una cirugía urgente o electiva relacionada a esta entidad. Consideraciones urgentes son las relacionadas con la necesidad de la realización de atrio-septostomía preoperatoria o bien una dilatación mediante procedimientos intervencionistas y en estos casos deberemos preparar individualmente la sala de cirugía para poder llevar al paciente a ella si en la sala de hemodinamia existe alguna complicación.

Las valoración pre-operatoria debe ser generalmente 1–2 semanas antes de la cirugía para dar tiempo para informar y recopilar los resultados. Además, de infección de vías respiratorias o una proteína C reactiva elevada, transaminasa hepática y / o recuento de glóbulos blancos puede ser indicativo de la presencia de infección que podría ser mal tolerada después de la inmunomodulación asociada con derivación cardiopulmonar. Pruebas anormales de coagulación están documentadas en el 20% de los niños con cianosis, pero todos los niños con cianosis tienen un mayor riesgo de sangrado postoperatorio.¹³

El flujo sanguíneo pulmonar inadecuado y / o la mezcla de desoxigenada con sangre oxigenada en la circulación sistémica suelen generar isquemia. La hipoxemia persistente conduce a cambios posteriores como hiperventilación, policitemia, reducción de la respuesta de los quimiorreceptores a la hipoxemia, isquemia miocárdica y disfunción del miocardio con regulación descendente de los receptores β .⁴

El estado neurológico basal debe documentarse, ya que los pacientes pueden tener un deterioro agudo o crónico de la circulación cerebral. La evaluación radiográfica disponible del flujo sanguíneo cerebral debe revisarse para conocer la permeabilidad tanto del polígono de Willis como de las arterias carótidas.¹⁴

MONITOREO TRANSANESTESICO EN LA CIRUGIA DE AVANCE AORTICO

Esta monitorización puede clasificarse en tres fases sucesivas durante la cirugía cardíaca, antes de la inducción, después de la inducción pero antes de la incisión y después de la corrección quirúrgica, pero antes del cierre del tórax.⁵

Idealmente la línea arterial debe estar en el brazo derecho. El brazo izquierdo es una fuente de presión arterial no confiable durante el pinzamiento porque la pinza proximal puede ocluir o comprometer el origen de la arteria subclavia izquierda.

Puede ser colocado un catéter arterial femoral para detectarse existe gradiente de presión residual y puede ser utilizado un catéter umbilical.

Durante perfusión cerebral con una canulación izquierda, lo ideal sería vigilar la presión arterial radial ipsilateral durante la derivación cardiopulmonar y la presión radial derecha durante el paro circulatorio.

PAPEL DE LA ESPECTROSCOPIA CERCANA AL INFRARROJO (NIRS) EN EL MONITOREO DURANTE EL AVANCE DE ARCO AORTICO.

El uso de la espectroscopia cerebral cercana al infrarrojo (NIRS por sus siglas en inglés) inició en 1970 y es útil para evaluar la perfusión cerebral y es útil en el bypass cardiopulmonar donde no existe pulsatilidad. Debe ser considerado como un **monitor hemodinámico** que emplea la oximetría cerebral y cuyas unidades de medición se expresan como porcentajes.

Si consideramos que cuando hay hipotermia el consumo metabólico de oxígeno celular baja, es comprensible que observemos niveles más altos de la NIRS al verse reducida la tasa de extracción de oxígeno por lo que siempre debe ser obtenido valor basal al aire ambiente (FiO₂ (21%) para cada paciente y poder así establecer un punto de inicio confiable. Ha sido propuesto que tener una desaturación por debajo del 25% del basal compromete de forma importante la función neurológica y es así como a este valor se la ha denominado valor umbral crítico (*critical threshold value*).^{8, 15}

Rubio y Orihashi han establecido la utilidad de la oximetría cerebral para detectar problemas de perfusión cerebral relacionados con la incorrecta posición o migración de

las cánulas durante la perfusión cerebral anterógrada en la cirugía de reparación del arco aórtico. Se debe tener en cuenta que los recién nacidos tienen saturaciones cerebrales basales variables cuando se inicia la circulación extracorpórea y además, cada paciente tiene una tasa diferente de descomposición cerebral del oxígeno mientras está en paro circulatorio.^{16, 17}

En el estudio realizado por Rubio, el grado de saturación disminuyó ligeramente después de la circulación extracorpórea y aumentó durante la circulación hipotérmica extracorpórea, disminuyendo nuevamente durante el paro circulatorio completo sin ninguna intervención.

La disminución de la saturación de oxígeno cerebral durante el período de detención circulatoria completa y el aumento de la saturación de oxígeno cerebral durante el período de circulación cerebral proximal selectiva son el resultado de la utilidad de la circulación cerebral proximal selectiva.¹⁸

Existen factores que hay que tener en cuenta con respecto al NIRS, como el nivel de PaCO₂, ya que como sabemos este es un vasodilatador cerebral, es por ello que una de las estrategias es mantener un PaCO₂ óptimo aun teniendo que ser adicionado al paciente. Otro factor es la condición cerebral preexistente y como ya hemos mencionado antes es importante tener una valoración preanestésica en donde se especifique las condiciones neurológicas en las que se encuentra el paciente.

Con respecto al NIRS somático se han hecho estudios uno de ellos elaborado por McNeill y Mintzer en donde encontraron cambios en valores de NIRS con respecto a la maduración de los tejidos, y mas aun significativamente con respecto a presencia de o no prematuridad en los pacientes, sin embargo Demirel concluyo que en neonatos prematuros clínicamente estables de muy bajo peso al nacer, que se puede obtener un SstO₂ mesentérico estable y que la medición de SstO₂ no se ve afectada por la alimentación y los cambios de posición. También Pretova y Mehta han reportado que en los lactantes prematuros con ventilación mecánica los valores en la región renal fueron mas bajos en la desaturación arterial y que la extracción de oxígeno aumento durante el tiempo de desaturación arterial, permaneciendo estable en el tejido cerebral.

Existen varios estudios reportados con respecto a los valores del NIRS somático en pacientes pediátricos mencionaremos algunos; McQuillen observo que tanto NIRS

cerebral como el somático en el flanco tenían fuertes correlaciones con la saturación venosa central de oxígeno en pacientes tanto cianóticos como acidóticos, independientemente de la fisiología del ventrículo y la presencia de obstrucción del arco aórtico; Chakravarti informo que el valor del NIRS cerebral tiene la correlación inversa más fuerte con el nivel de lactato, seguida de del somático monitorizada sobre los lechos de tejidos espláncnicos, renales y musculares después de la cirugía cardiaca, Ruf identifico una relación estrecha entre el bajo valor del NIRS renal y un mayor riesgo de lesión renal aguda en los lactantes que se someten a un bypass cardiopulmonar por cardiopatía congénita y en reconstrucción de arco aórtico, Miyaji observo que la perfusión cerebral de alto flujo mejora tanto el valor del NIRS cerebral como el somático (monitoreado en la región del toracolumbar) e identificó una correlación significativa entre ambos flujos.¹⁹

Así pues el monitoreo del NIRS somático puede facilitar la identificación de hipoperfusión regional y global secundaria a bajo gasto cardíaco, e incluso se ha descrito su uso en decisión de transfusión sanguínea en prematuros.

PERFUSION CEREBRAL SELECTIVA EN CIRUGIA DE AVANCE DE ARCO AORTICO.

De 35-40 minutos es considerado el tiempo de circulación extracorpórea a 20°C como relativamente seguro, pero hay cada vez más pruebas de que el intervalo podría ser mucho más corto.

Las complicaciones más comunes de este abordaje son la hipotermia post - isquémica, los mecanismos de autorregulación deteriorados y la supresión de las barreras protectoras del cerebro que se manifiesta por el aumento de la resistencia cerebrovascular, y que se inicia durante la parte del procedimiento de recalentamiento. Para contrarrestar estos efectos adversos, la reperfusión y el recalentamiento se establecen de manera gradual y lenta. Además, la temperatura del gradiente entre la temperatura de perfusión y la temperatura central nunca debe exceder los 10 ° C. El manejo metabólico durante esta fase crucial también juega un papel fundamental, complementado en ocasiones con manitol, que ayuda en la prevención del edema cerebral y el aumento de la presión intra craneal, y también actúa como un eliminador de radicales libres.¹⁴ En un análisis realizado, los períodos de paro circulatorio mayores de 45 y 60 minutos surgieron como factores predictivos de accidente cerebrovascular y mortalidad temprana, respectivamente.

Sin embargo, más recientemente, McCulloch y cols demostraron que la tasa metabólica cerebral humana aún es del 17% del valor inicial a 15°C y que a esta temperatura la duración segura de la parada circulatoria no es más de 29 minutos. Del mismo modo, Reich, Di Eusanio y Sakamoto han indicado que una duración del paro circulatorio de 25 minutos se asocia con un mayor riesgo de déficit neurológicos transitorios, de memoria y de motricidad fina. Por estas razones, el empleo de paro circulatorio con hipotermia profunda parece ser racional solo en pacientes que requieren reparación del arco aórtico con una duración anticipada de paro circulatorio de menos de 30 minutos.²⁰

El uso de perfusión cerebral retrograda fue informado originalmente por Mills y Ochsner para el tratamiento de la embolia masiva de aire arterial durante la derivación cardiopulmonar en 1980. En 1982, Lemole y sus colegas describieron la perfusión retrograda intermitente como un método para facilitar la colocación de injerto intraluminal en la aorta y se realizó en la dirección opuesta a través de la vena superior después del paro circulatorio completo. En 1990, Ueda y sus asociados describieron por primera vez su uso rutinario en cirugía aórtica torácica con el propósito de proteger el cerebro durante el período de interrupción obligatoria del flujo cerebral anterógrado. El cerebro se perfunde de forma retrógrada con sangre oxigenada fría a través de la vena cava superior, que está atrapada debajo de la vena azygos. La sangre drena de nuevo a través de los vasos del arco. Se basa en la premisa de que el sistema venoso cerebral no tiene válvulas, sin embargo, la presencia de válvulas se ha demostrado en humanos. La presión de perfusión utilizada normalmente es de 25 mmHg. La ventaja es su capacidad para extender la duración segura de paro circulatorio con hipotermia profunda hasta 60 minutos, sin embargo, muchos estudios cuestionan la capacidad para lograr una perfusión cerebral efectiva. Hay evidencia que puede brindar apoyo metabólico cerebral, expulsar embolias ateromatosas y gaseosas de la vasculatura cerebral y mantener la hipotermia cerebral. Las desventajas incluyen el edema cerebral y la preocupación de que muy poca perfusión en realidad llega al cerebro para proporcionar una neuroprotección adecuada.^{14, 20, 18, 21}

La perfusión cerebral anterógrada selectiva parece haber ganado mayor aceptación como el complemento de perfusión elegido en los últimos años; aumenta significativamente la complejidad de la cirugía, pero permite menores grados de hipotermia. En un informe de Tanoue y sus colegas utilizaron la ecografía Doppler transcraneal para verificar el flujo

sanguíneo cerebral en 32 pacientes, este estudio encontró una mejora en el flujo sanguíneo cerebral en el grupo de perfusión cerebral anterógrada selectiva.

Cabe mencionar que la perfusión cerebral selectiva es la técnica utilizada en nuestro Instituto (INP), en un estudio realizado del 2002 a 2010 por Palacios, se observó que de 38 casos, el 31.5% no tuvo ninguna complicación relacionada con la cirugía, utilizando perfusión cerebral selectiva en 24 pacientes.^{7,20,21} La canulación directa de la aorta ascendente o el arco aórtico es nuestro enfoque estándar para el acceso a la derivación cardiopulmonar arterial, la canulación de la arteria axilar o subclavia es otra opción, especialmente cuando la perfusión cerebral anterógrada selectiva es aplicada.

La ultrafiltración, ya sea modificada (MUF) o continua (CUF) eliminan el exceso de agua corporal y aumentan el hematocrito y eliminando también algunos mediadores inflamatorios. En nuestra experiencia preferimos la CUF ya que brinda mayor estabilidad hemodinámica.

MANEJO DESPUES DE LA BOMBA EXTRACORPOREA CIRUGIA DE AVANCE DE ARCO AORTICO.

Realizamos ecocardiografía trans esofágica o epicárdica para evaluar la adecuación de la reparación quirúrgica. Si bien los gradientes importantes (límite <30 mm Hg) estos pueden contribuir a cierto grado de inestabilidad postoperatoria. La evidencia ecocardiográfica de gradiente residual indica la necesidad de revisión quirúrgica aguda o cateterismo cardíaco intervencionista.^{4,12}

Por otro lado el no destetar el soporte inotrópico o la extubación de manera oportuna puede sugerir lesiones cardíacas o pulmonares residuales. Zureikat y col estudiaron la práctica de la extubación temprana luego de una cirugía cardíaca congénita en pacientes ligeramente mayores (de 6 meses a 14 años) y encontraron que la extubación temprana se asoció con una estadía en la UCI más corta. Esto podría explicarse considerando que los niños más pequeños necesitan más tiempo para restablecer su estado normal después de la anestesia y la cirugía. Se ha comparado dos grupos de niños con reparación quirúrgica de coartación de la aorta mediante toracotomía lateral; un grupo fue

extubado inmediatamente en la sala de operaciones; y la otra se dejó intubada y se transfirió ventilada a la UCI.

Los pacientes que requirieron ser reintubados fueron pocos, los que necesitaron una exploración quirúrgica, presentaron depresión respiratoria por sobredosis de opioides, o presentaron edema pulmonar.^{12,22}

COMPLICACIONES DESPUÉS DE LA CIRUGÍA DE AVANCE DE ARCO AORTICO

Se pueden dividir en cinco áreas generales:

- 1.- Arritmias
- 2.- Sangrado
- 3.- Síndrome de respuesta inflamatoria sistémica (SIRS)
- 4.- Hipertensión pulmonar
- 5.- Síndrome de bajo gasto cardíaco (LCOS)

Las arritmias pueden ser un bloqueo cardíaco de segundo o tercer grado que requiere estimulación, o una taquiarritmia como la taquicardia supraventricular o la taquicardia ectópica de unión (JET). El manejo de las taquiarritmias implica excluir otras causas como el dolor y la actividad convulsiva, corregir la hipoxia, la acidosis y las anomalías de los electrolitos, asegurar una adecuada sedación y parálisis, enfriar a 35°C y considerar la amiodarona y la estimulación auricular con sobre estimulación.¹³

Las pérdidas de 5 ml /kg /hr en el primera hora requieren atención. El tratamiento consiste en corregir la hipotermia y las anomalías del factor de coagulación (incluida la comprobación de la TCA para una reversión de heparinización adecuada con protamina). Cualquier pérdida de sangre 10 ml kg h requiere una revisión quirúrgica inmediata.¹³

En nuestra experiencia en el INP, la revisión quirúrgica por sangrado es del 0.6% en general, incluyendo a los pacientes sometidos a reparación de arco aórtico.

Además de las complicaciones postoperatorias generales descritas anteriormente, ciertos defectos están asociados con complicaciones postoperatorias específicas. Por ejemplo, la reparación de un defecto septal ventricular se asocia con riesgo de bloqueo cardíaco debido a la interrupción quirúrgica del haz de His.¹³

En la coartación es necesario controlar la presión arterial con la infusión de nitroprusiato de sodio en el postoperatorio inmediato. β bloqueadores, los inhibidores de la ECA pueden introducirse después de la operación para controlar la presión arterial mantener buena analgesia para minimizar la hipertensión. Después de 24 a 48 horas después de la operación, los barorreceptores se reinician, el reflejo simpático se atenúa y la hipertensión sistólica se resuelve. Una segunda fase hipertensiva, manifestada por la diastólica aparece dentro de las 48 a 72 horas posteriores a la cirugía. Una de las terribles consecuencias durante este período es la arteritis mesentérica, que puede llevar a distensión abdominal, dolor y, finalmente, necrosis del intestino delgado. En neonatos se debe introducir las alimentaciones enterales con cuidado, ya que existe el riesgo de enterocolitis necrotizante y se debe monitorizar la función de las extremidades inferiores una vez que los relajantes musculares se eliminen.^{6,11}

Con respecto a la analgesia una opción complementaria es el bloqueo de nervios intercostales con 0.25% bupivacaína realizada por el cirujano antes del cierre del tórax, así como intraoperatoria y postoperatoria.¹¹

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El INP se ha convertido en un centro de referencia NACIONAL para el tratamiento de lesiones obstructivas del ventrículo izquierdo sobrepasando las referencias a centros especializados como el Instituto Nacional de Cardiología o el Hospital Infantil de México. Estas lesiones incluyen a la hipoplasia del arco aórtico con coartación de aorta.

Por lo anterior se definió las características del manejo anestésico enfatizando la vigilancia de órganos clave, lo que en nuestra Institución se realiza mediante el empleo de NIRS, motivo de nuestro análisis.

4. JUSTIFICACIÓN

El propósito de nuestro estudio es implementar estrategias de mejora en el manejo anestésico basándose de el análisis de éste, enfocándonos en metas durante el procedimiento para disminuir las complicaciones así como la morbi - mortalidad siendo, hasta donde nuestro conocimiento alcanza, el primer estudio descriptivo en esta área en población Nacional.

El tener evidencia de nuevo conocimiento en el área de anestesiología cardiaca pediátrica que impacten en la toma de decisiones durante la cirugía de avance aórtico, es una contribución importante en el área de la salud de nuestros niños Mexicanos.

5. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Se describió las características del manejo anestésico durante la cirugía de avance de arco aórtico en el Instituto Nacional de Pediatría 2010-2017 con enfoque en el comportamiento de la espectroscopía cercana a la infrarroja (NIRS)

OBJETIVOS SECUNDARIOS

- ✓ Se describió la frecuencia de cirugía de avance aórtico en el Instituto Nacional de Pediatría durante el año 2010 al 2017.
- ✓ Se describió y analizó los valores reportados de la espectroscopía cercana a la infrarroja cerebral y somática durante el manejo anestésico de la cirugía de avance de arco aórtico
- ✓ Se describió y analizó la perfusión cerebral selectiva en el manejo anestésico de la cirugía de avance de arco aórtico
- ✓ Se describió y analizó el tiempo de uso de flujos bajos en el manejo anestésico de cirugía de avance de arco aórtico.
- ✓ Se describió y analizó el tiempo de bomba extra - corpórea en el manejo anestésico de cirugía de avance de arco aórtico.
- ✓ Se describió y analizó el tiempo de pinzamiento aórtico en el manejo anestésico de cirugía de avance de arco aórtico.
- ✓ Se determinó la relación que existe entre el tiempo de flujos bajos y los valores de la espectroscopía cercana al infrarrojo cerebral y somática.

HIPOTESIS NULA

Durante el manejo anestésico en cirugía de avance de arco aórtico en el Instituto Nacional de Pediatría, el comportamiento de la espectroscopía cercana a la infrarroja (NIRS) no se ve afectada por el manejo de perfusión cerebral selectiva, uso de flujos bajos en bomba extra - corpórea , tiempo de uso de bomba extracorpórea y tiempo de pinzado aórtico.

HIPOTESIS ALTERNA

Durante el manejo anestésico durante la cirugía de avance de arco aórtico en el Instituto Nacional de Pediatría, el comportamiento de la espectroscopía cercana a la infrarroja (NIRS) se ve afectada por el manejo de perfusión cerebral selectiva, uso de flujos bajos en bomba extracorpórea, tiempo de uso de bomba extra - corpórea y tiempo de pinzado aórtico.

6.- MATERIALES Y MÉTODOS

El tesista se encargó de que todos los pacientes que cumplieron con los criterios de inclusión fueran capturados, y que las hojas de recolección de datos se completaran con precisión para asegurar la certeza de la información. Estas hojas de recolección de datos son formatos estandarizados preparados por el mismo y supervisados por los asesores temático y metodológico, los cuales se llenaron de forma clara y precisa por parte del tesista.

Todos los datos se obtuvieron del expediente clínico del paciente incluyendo el registro anestésico.

El propósito de nuestro estudio fue analizar el manejo anestésico en la cirugía de avance de arco aórtico.

Nuestro instituto mantiene localmente la capacidad de volver a identificar los datos con fines de mejorar la calidad.

6.1.- DISEÑO DEL ESTUDIO

6.1.1. TIPO DE ESTUDIO

Retrospectivo, descriptivo y transversal

6.1.2. SITIO DE ESTUDIO

Pacientes menores de 16 años que se sometieron a cirugía cardíaca pediátrica de avance de arco aórtico en el Instituto Nacional de Pediatría durante el periodo comprendido entre 2010-2017.

6.1.3. UNIVERSO DE TRABAJO

Todos los pacientes menores de 16 años sometidos a cirugía cardíaca pediátrica de avance de arco aórtico en el Instituto Nacional de Pediatría en el periodo de 2010-2017.

6.2 CRITERIOS DE SELECCIÓN

6.2.1. CRITERIOS DE INCLUSIÓN

Pacientes femeninos y masculinos de 0 a 16 años con diagnóstico de coartación de arco aórtico sometidos a cirugía cardíaca congénita en el Instituto Nacional de Pediatría 2010-2017.

6.2.2 CRITERIOS DE NO INCLUSION

Pacientes operados con técnica diferente al avance de arco aórtico

6.2.3. CRITERIOS DE ELIMINACIÓN.

Pacientes femeninos y masculinos de 0 a 16 años con diagnóstico de coartación de arco aórtico sometidos a cirugía cardíaca de avance de arco aórtico en el Instituto Nacional de Pediatría 2010-2017 con expedientes incompletos.

6.3.- DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES

VARIABLE	CATEGORÍA DIMENSIÓN	DEFINICIÓN OPERACIONAL	TIPO DE VARIABLE	VALOR
NIRS Cerebral	Discreta cuantitativa	Monitoreo basado en la cuantificación de la intensidad de la radiación emitida cuyo valor proviene del reflejo de la sangre venosa de la región cerebral	Dependiente	5-95%
NIRS Somático	discreta cuantitativa	Monitoreo basado en la cuantificación de la intensidad de la radiación emitida cuyo valor proviene del reflejo de la sangre venosa de un órgano	Dependiente	5-95%
Perfusión cerebral selectiva	Nominal Dicotómica	Uso de una canula intraoperatoria para perfundir el cerebro selectivamente de forma hemisférica o bihemisférica a través del polígono de Willis, durante el paro circulatorio e hipotermia profunda	Independiente	Si No
Flujos bajos en bomba extracorpórea %	Discreta cuantitativa	Porcentaje de flujo que se usa durante el uso de la bomba de circulación extracorpórea	Independiente	0-100%
Tiempo de Flujos bajos en bomba extracorpórea	Discreta Cuantitativa	Tiempo en el que se usan flujos bajos (menor al 100%) en la bomba de circulación extracorpórea	Independiente	Min
Tiempo de bomba extracorpórea	Continua cuantitativa	Tiempo en el que se usa una máquina que consta de una bomba que cumple la función de corazón y un oxigenador que cumple la función de los pulmones durante la cirugía cardíaca	Independiente	Min
Tiempo de pinzado aórtico	Continua cuantitativa	Tiempo en que se sujetó o plegó con una pinza a la aorta	Independiente	Min

6.4.- TAMAÑO DE LA MUESTRA

6.4.1. SELECCIÓN DE MUESTRA

La muestra se seleccionó por conveniencia y está formada por pacientes que cumplen los criterios de inclusión.

6.4.2. TAMAÑO DE LA MUESTRA

El número de casos es de acuerdo a la productividad realizada durante ese periodo.

6.5.- FUENTES DE INFORMACIÓN Y TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN (PROCEDIMIENTO)

El tesista se encargó de la recopilación de los datos en cada expediente de los pacientes que cumplieron con los criterios establecidos por el protocolo.

Se completó una hoja de recolección de datos por cada paciente que cumplió con los criterios, con la siguiente información:

- ✓ Fecha de nacimiento
- ✓ Edad
- ✓ Género
- ✓ Peso
- ✓ Talla
- ✓ Hora de inicio y termino de anestesia
- ✓ Hora de inicio y termino de cirugía
- ✓ Tiempo de bomba extracorpórea
- ✓ Tiempo de pinzado aórtico
- ✓ Tiempo de perfusión cerebral selectiva
- ✓ Tiempo de uso de flujos bajos en bomba extracorpórea
- ✓ Porcentaje de flujos bajos en bomba extracorpórea
- ✓ Porcentaje registrado de NIRS cerebral preanestésico y postanestésico
- ✓ Porcentaje registrado de NIRS somático preanestésico y postanestésico

6.6. REGISTRO Y ADMINISTRACIÓN DE LA BASE DE DATOS

La información recolectada en las Hojas de información se concentró con un número único de identificación y teniendo como únicos datos del paciente, la fecha de nacimiento, la fecha del evento y otros eventos médicos, para así cumplir con la Protección de Datos personales (PHI) como lo define la Ley de Responsabilidad y Transferibilidad de Seguros Médicos de la legislación americana, por sus siglas en inglés HIPAA.

7. ANÁLISIS DE DATOS

Se elaboró una base de datos local de los pacientes del Instituto Nacional de Pediatría en Microsoft Office Excel.

Se realizó estadística descriptiva para variables clínicas y demográficas, frecuencia y/o proporciones para variables nominales u ordinales, medias y desviaciones estándar para variables numéricas con distribución Gaussiana; mediana con rango intercuantil y cuando no tuvieron esta distribución se realizó una correlación de Pearson entre el tiempo de flujos bajos y los niveles del NIRS cerebral y somático , preanestésico y postanestésico.

Se consideró estadísticamente significativo un valor de "P" menor o igual a 0.05.

8. CONSIDERACIONES ÉTICAS

La presente investigación tomó como base de juicio las normas éticas de obligación universal para la investigación en Humanos, adoptados por la secretaria de salud e indicados en el Título Quinto, artículos del 96 al 103 de la Ley General de Salud de los Estados Unidos Mexicanos.

Al ser este estudio de tipo Descriptivo Observacional, es considerado por la Ley General de Salud en el Título Segundo Capítulo I Artículo 17 Sección II, como “investigación sin riesgo” ya, que no se realizará ninguna intervención o modificación intencionada en las variables fisiológicas, psicológicas y sociales de los individuos que participan en el estudio, entre los que se consideran: cuestionarios, entrevistas, revisión de expedientes clínicos y otros, en los que no se le identifique ni se traten aspectos sensitivos de su conducta.³²

El desarrollo del estudio está apegado a las Buenas prácticas clínicas, la declaración de Helsinki, el Informe Belmont Artículos 21 y 22 Principios éticos y directrices para la protección de sujetos humanos de investigación y la Ley General de Salud.

La información registrada en la base de datos esta codificada con la finalidad de no ser fácilmente identificable y al no ser objeto de investigación en humanos no requieren supervisión o aprobación del Comité de Revisión Institucional. Sin embargo, en caso de que alguna Institución desee la supervisión del IRB pueden optar por revisar el estudio a nivel local.

Así mismo al ser una actividad de mejoría de la calidad no se requiere consentimiento informado de los pacientes. Este estudio cumple con los requisitos reglamentarios para la abstención de la firma de un consentimiento informado según el código de regulaciones federales 45 parte 46.116 (d) y de la autorización de la Ley de Responsabilidad y Portabilidad del Seguro de Salud (HIPAA) según el 45 CFR 164.512 (i)(2)(ii) y según la legislación mexicana reglamentada por la Ley General de Salud en el Título Segundo Capítulo I Artículo 23.

Este estudio sería imposible de realizar sin el uso de la Información de salud protegida (PHI), ya que los registros médicos deben ser revisados para recoger los datos. El uso y el registro del número de expediente clínico, nombres, iniciales o cualquier otro PHI por el personal del sitio, es consistente con otras actividades de mejoría de la calidad, y estos elementos de PHI serán retirados antes del envío de la información.

Los planes para garantizar la protección de los datos personales del mal uso y divulgación son: Los datos mínimos necesarios (fecha de nacimiento y fecha de servicio) se enviarán en el registro y mantendrá estricta confidencialidad de todos los datos que contribuyen al registro, bajo las políticas aprobadas por el Comité de Revisión Institucional y la HIPAA.

Se mantendrá completa confidencialidad de los participantes del estudio, al igual que la privacidad y el anonimato.

9. RECURSOS

9.1 RECURSOS HUMANOS

Tesista: Ivón Alejandra Moreno Ravelo

Funciones:

- ✓ Se encargó, junto con su asesor, de realizar el protocolo
- ✓ Realizó la valoración en pacientes
- ✓ Recolectó la información de cada caso de manera oportuna para asegurar la veracidad de los datos.
- ✓ Recopiló los datos observados en la lista de cotejo.
- ✓ Le dio seguimiento a los pacientes que cumplieron con los criterios de inclusión de este estudio.
- ✓ Estructuró la base de datos
- ✓ Incorporó la información a dicha base, de la información en las Hojas de recolección de datos.
- ✓ Interpretó los resultados y realizó el análisis estadístico junto con su asesor metodológico
- ✓ Elaboró el escrito final todo esto de forma simultánea con sus actividades asistenciales.

Asesor tematico: Orlando Tamariz Cruz

Funciones:

Supervisará el contenido del trabajo, apoyo en enseñanza, su estructuración y reporte final.

Asesor metodológico: Luis Antonio García Benitez

Funciones:

- ✓ Supervisó la elaboración del protocolo
- ✓ Asesoró sobre la recolección de datos
- ✓ Asesoró la selección de la muestra,
- ✓ Asesoró de codificación y captura de la base de datos
- ✓ Asesoró en el análisis estadístico
- ✓ Asesoró en la elaboración del escrito final

9.2. RECURSOS MATERIALES

La realización del presente trabajo no implicó costos adicionales para la institución sede.

Los recursos a emplear son:

- ✓ Expediente clínico de los pacientes incluidos
- ✓ Hoja de Registro anestésico
- ✓ Formatos de recolección de datos
- ✓ Bolígrafos
- ✓ Hojas en blanco
- ✓ Computadora, impresora multifuncional y red de internet.
- ✓ Hojas de lista de cotejo con las observaciones de cada paciente.

9.3. RECURSOS FINANCIEROS

Este estudio no contó con fondos financieros específicos asignados para su desarrollo, sin embargo se utilizaron recursos ya establecidos de el hospital sede y del propio investigador.

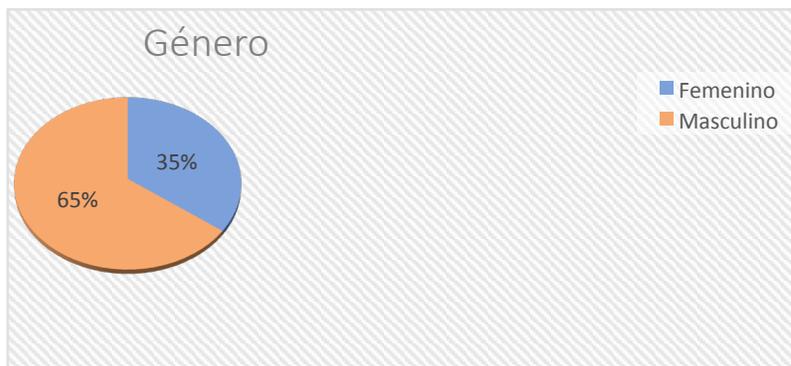
- ✓ Propios del Tesista

NOTA: No se contempló financiamiento de la industria farmacéutica.

10. RESULTADOS

Fueron realizados 88 procedimientos quirúrgicos cardiacos en cirugía de arco aórtico durante 2010- 2017 en el Instituto Nacional de Pediatría. Logramos hacer una revisión de 82 expedientes de pacientes sometidos a avance de arco aórtico, de los cuales excluimos 36 casos debido a falta de información completa de las variables a analizar por lo tanto la muestra final fue 46 casos a analizar, de ellos el 65% es del sexo masculino. (**Figura 1**)

Figura 1. Género



Como se aprecia en la **Tabla 1** la edad media fue de 5.9 días de vida y el peso medio fue de 4.3 kilos.

Tabla 1. Datos generales.

	Número/Media	Porcentaje/DE
Casos incluidos	46	100%
Femenino	16	35%
Masculino	30	65%
Edad (días)	5.9	± 11.7
Peso (kg)	4.3	± 3
Talla (cm)	54	± 11

Los datos quirúrgicos de observan en la **Tabla 2**. La media de tiempo anestésico fue de 8 horas, con una media de tiempo quirúrgico de 6.2 horas. La media circulación extracorpórea fue de 158 min de circulación extracorpórea y de pinzamiento aórtico de 74 min.

Tabla 2. Datos quirúrgicos

	Media	DE
Tiempo anestésico (horas)	8	± 1.8
Tiempo quirúrgico (horas)	6.2	± 1.9
Tiempo de bomba de circulación extracorpórea (min)	158	± 63
Tiempo de pinzamiento aórtico (min)	74	± 46
Tiempo de perfusión cerebral selectiva (min)	32	± 19
Tiempo de paro circulatorio (min)	10.7	± 11.5
Bajo flujo (%)	32	± 7.8
Tiempo de bajo flujo (min)	26.3	± 10.4

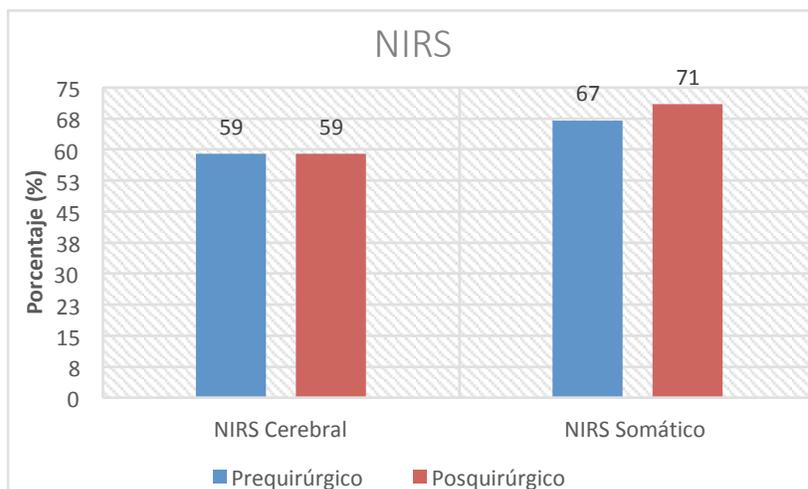
Por otro lado, el NIRS pre quirúrgico cerebral fue de 59.4% y 59.2% el post quirúrgico con una diferencia de medias de 0.2, sin mostrar un valor de P significativo. El NIRS somático pre quirúrgico fue 67.2% y 71.1% en el post quirúrgico e igualmente con diferencias no significativas (**Tabla 3**)

Tabla 3. Tiempos de NIRS pre y posquirúrgico

NIRS	Prequirúrgico	Posquirúrgico	Diferencia de medias	Valor-P
Cerebral (%)	59.4±16	59.2±17	0.2	0.936
Somático (%)	67.2±14	71.1±17	3.9	0.435

Considerando únicamente condiciones numéricas y clínicas observamos que no hubo diferencia entre el NIRS cerebral pre y post quirúrgico, sin embargo, en lo referente al NIRS somático en si observamos cambios pre y post quirúrgicos. (**Figura 2**)

Figura 2. Cambio de NIRS pre y posquirúrgico.



Al correlacionar los momentos quirúrgicos y el NIRS **cerebral**, observamos que el tiempo de bomba y el tiempo de bajo flujo correlacionan en forma positiva, aunque no mostraron un valor de P estadísticamente significativo; en cambio, el tiempo de pinzamiento aórtico y de paro circulatorio correlacionaron en forma negativa e igualmente sin valor estadístico significativo.

En lo que se refiere a la correlación con el NIRS **somático**, el tiempo de bomba, tiempo de pinzado aórtico, tiempo de perfusión cerebral selectiva y tiempo de flujos bajos fueron de forma positiva, a diferencia de tiempo de paro circulatorio y tiempo quirúrgico que se correlacionaron de forma negativa, sin presentar ninguno de ellos un valor de P estadísticamente significativo.

Por otro lado, destaca que el tiempo de perfusión cerebral selectiva se correlaciono con el NIRS cerebral de forma negativa **con un valor de P estadísticamente significativo (=0.503). (Tabla 4)**

Tabla 4. Correlación entre las diferencias de NIRS y momentos quirúrgicos.

	Diferencia de NIRS cerebral	Valor-P	Diferencia de NIRS somático	Valor-P
Tiempo de DCP	0.03	0.828	0.21	0.352
Tiempo de PA	-0.16	0.273	0.12	0.593
Tiempo de PCS	-0.29	0.05	0.09	0.7
Tiempo de PC	-0.12	0.503	-0.08	0.825
Tiempo de bajo flujo	0.21	0.329	0.14	0.659
Tiempo quirúrgico	-0.04	0.767	-0.21	0.387

11. DISCUSION

La hipoplasia de arco aórtico es una patología globalmente poco común y por ello, la atención anestésica en centros donde se observa con poca frecuencia termina en accidentes o eventualidades no previstas.

En el INP tenemos una experiencia amplia en la atención de este tipo de problemas y por ello pensamos que podemos compartir nuestra experiencia con el fin de transmitir recomendaciones que prevengan complicaciones asociadas a su corrección.

Las secuelas neurológicas en la corrección de esta patología son frecuentes y se estima que se presentan en un 25%,¹ es por ello que uno de los objetivos principales durante la cirugía cardiaca pediátrica, y en especial la de avance de arco aórtico, es un adecuado monitoreo para así poder evitarlas o en su caso disminuir las formas severas. En nuestra experiencia este monitoreo o vigilancia la realizamos empleando NIRS tisular.

Con respecto a las recomendaciones de esta guía sobre uso del NIRS existen varios puntos a considerar:

- El monitoreo debe iniciarse antes del suministro de oxígeno en la anestesia y el dato obtenido será el valor de referencia.
- El electrodo no se debe de poner cerca de nevos, las cavidades paranasales, el seno sagital superior, cualquier hematoma epidural o vasos mal formados, ya que las mediciones resultantes pueden no ser optimas.el monitoreo debe iniciarse antes del suministro de oxígeno en la anestesia y el dato obtenido será el valor de referencia.
- Los valores también se pueden modificar por anemia 1.3 veces ya que una reducción en el nivel de hemoglobina da como resultado el alargamiento de la longitud de trayectoria por menos pérdida de energía de fotones y una distancia más larga; el grosor del hueso craneal, un mayor volumen de LCR se asocia con un número menor de fotones que alcanzan el parénquima cerebral y por lo tanto, una subestimación de rSO₂.

- El flujo sanguíneo extracraneal aunque tiene un impacto menor en las mediciones de NIRS en niños que en adultos, Davie y Grocott informaron que la hipoxia y la isquemia del tejido del cuero cabelludo produjeron disminuciones en los valores de 6 a 15% y que además disminuyen durante la infusión de fenilefrina u otros vasoconstrictores, pero no durante la infusión de efedrina u otros agonistas del receptor β_1 .
- La posición del cuerpo, se ha observado que la posición vertical y en silla de playa reportan un valor mas bajo que la posición supina, pero en cirugía cardiovascular no se ha realizado estudios en este sentido; también debe tenerse en cuenta las diferencias en la metodología, condiciones de medición y características anatómicas de cada paciente.

Por otro lado y lo importante a considerar es que la disminución de 20 a 30% en los valores del NIRS respecto al nivel de referencia sugiere un posible riesgo de isquemia.

En cirugía cardíaca pediátrica también NIRS se utiliza para identificar un tiempo de bomba seguro, con cambios en los valores del NIRS alcanzando el nadir en 20-40 min y con una duración inversa con la edad: 9 min en neonatos (edad <1 mes), 6 min en lactantes (1-12 meses) y 4 min en niños (edad 1-4 años), estos resultados indican que el consumo de oxígeno cerebral aumenta con la edad. El riesgo de hipoperfusión del hemisferio izquierdo es mas alto, ya que tiende a ser menos oxigenado que el hemisferio derecho durante la perfusión cerebral; en un estudio de 19 neonatos que se sometieron a perfusión regional de bajo flujo vía arteria braquiocefálica, se observó una diferencia de 6,3% entre los hemisferios, mostrando valores más bajos el hemisferio izquierdo y casi la mitad de los pacientes tenían diferencias sostenidas de > 10%, sugieren continuar con el monitoreo aun después de la cirugía ya que se ha observado que el 60% de la lesiones por lo menos en adultos se producen de manera post operatoria y en pediátricos con cardiopatía congénita observado hallazgos anormales en estudios de RMN postoperatorios.²³

Sin embargo hasta aquí solo nos hemos referido a NIRS cerebral, pero que hay con respecto a la monitorización a nivel somático?:

En niños pequeños sometidos a reparación por coartación aórtica, el pinzamiento aórtico provocó a una disminución significativa en los valores de la región tóraco - dorsal, sin embargo, la disminución en los neonatos y los lactantes fue significativamente mayor que en los niños mayores, lo que sugiere una circulación colateral mejor desarrollada alrededor de la obstrucción aórtica incompleta en los niños mayores; y en los recién nacidos en fase 1 de paliación para el síndrome del corazón izquierdo hipoplásico, Hoffman reveló que la perfusión cerebral regional aumenta valor cerebral de 65 a 81% y el somático disminuye de 59 a 41%, mientras que después del bypass cardiopulmonar con hipotermia, el cerebral disminuyó al 53% y el somático aumentó al 76%. A la inversa, en niños pequeños en reconstrucción de arco aórtico.

Miyaji observó que la perfusión cerebral de alto flujo mejora tanto el cerebral como el somático. La monitorización cerebral y somática puede permitir la detección de compromiso cardiovascular no reconocido antes que las técnicas de monitorización tradicionales, como la presión arterial, la saturación y los niveles de dióxido de carbono.²⁴

Como complemento de la monitorización, es decir, la utilidad de NIRS en combinación con valores de lactato y puntuación inotrópica para predicción de mal pronóstico, se reporta en un estudio realizado en 75 pacientes con reparación quirúrgica de cardiopatía compleja en el primer mes de vida, midiendo mortalidad post operatoria y desarrollo neurológico con la escala de Bayley (buen resultado: arriba de 70 puntos en puntuaciones mentales y motoras); la disminución de valores de NIRS y el aumento de la concentración de lactato a los 60 minutos de bomba y a las 24 postquirúrgicas se asociaron con mortalidad y desarrollo neurológico deficiente, un valor de NIRS postoperatorio promedio bajo es más importante que un valor de NIRS mínimo por sí solo, y una reducción del 20% de la basal por 3 min se considera significativa; finalmente un valor de NIRS <58% más lactato en sangre > 7.4 mmol / L a las 24 horas postoperatorias logró una sensibilidad del 95% en la predicción de resultados deficientes.²⁵

Recientemente, han sido desarrollados instrumentos que utilizan la espectroscopia óptica y los combinaron con una técnica más nueva llamada espectroscopia de correlación difusa, este enfoque permite una cuantificación relativa del flujo sanguíneo en el mismo tejido monitorizado por NIRS.

De nuestros 46 casos de muestra final , el 65 % fue de sexo masculino, que corresponde con la referencia obtenida es decir que se presenta con una relación 1.7:1 con mayor frecuencia en el sexo masculino. ^{4,6}

Con respecto al NIRS cerebral como hemos mencionado se debe tener en cuenta que los recién nacidos tienen saturaciones cerebrales basales variables cuando se inicia la circulación extracorpórea y además, cada paciente tiene una tasa diferente de descomposición cerebral del oxígeno mientras está en paro circulatorio y debe ser obtenido valor basal al aire ambiente (FiO₂ (21%) para cada paciente y así establecer un punto de inicio confiable, en nuestros resultados NIRS pre quirúrgico cerebral fue de 59.4%; y aunque no consideramos en cada paciente el área bajo la curva, ni se recolectaron datos de cual fue el valor de NIRS mas bajo durante todo el procedimiento para compararlo con el valor umbral critico descrito anteriormente, el NIRS post quirúrgico reportado fue de 59.2% con una diferencia de medias de 0.2 sin valor estadísticamente significativo, por lo que consideramos que esto es el resultado de la utilización de perfusión cerebral selectiva , que de igual manera mencionada en párrafos anteriores nos ofrece protección de daños neurológicos severos durante la cirugía. ^{8,15,16,17,18}

Recordemos que Demirel concluyó que en neonatos prematuros clínicamente estables de muy bajo peso al nacer, se puede obtener un SstO₂ mesentérico estable y que la medición de SstO₂ no se ve afectada por la alimentación y los cambios de posición. El NIRS somático pre quirúrgico que obtuvimos fue 67.2% y 71.1% en el post quirúrgico e igualmente con diferencias no significativas, pero si con diferencia si consideramos únicamente condiciones numéricas y clínicas. Con respecto a esto concuerda con lo que Miyaji observó que la perfusión cerebral de alto flujo mejora tanto el valor del NIRS cerebral como el somático (monitoreado en la región del toracolumbar) e identificó una correlación significativa entre ambos flujos. Sin embargo no debemos olvidar lo descrito por Ruf, una relación estrecha entre el bajo valor del NIRS renal y un mayor riesgo de lesión renal aguda en los lactantes que se someten a un bypass cardiopulmonar por cardiopatía congénita y en reconstrucción de arco aórtico. ¹⁹

Como era de esperarse al correlacionar los momentos quirúrgicos y el NIRS **cerebral**, observamos que el tiempo de bomba y el tiempo de bajo flujo correlacionan en forma positiva, y el tiempo de pinzamiento aórtico y de paro circulatorio correlacionaron en forma negativa, sin embargo estadísticamente no fue significativo.

En pacientes con obstrucción aórtica existe flujo colateral que se deriva predominantemente de la arteria subclavia y sus ramas: arterias mamarias, intercostales, escapulares, cervicales, vertebrales, epigástricas y espinales; la circulación colateral puede estar presente en cierta medida en recién nacidos.^{8,6,11} Esto nos explica la correlación positiva de el NIRS **somático** con el tiempo de bomba, tiempo de pinzado aórtico, tiempo de perfusión cerebral selectiva y tiempo de flujos bajos; a diferencia de tiempo de paro circulatorio y tiempo quirúrgico que se correlacionaron de forma negativa, pero aun así sin presentar ninguno de ellos un valor de P estadísticamente significativo.

Aunque Tanoue y sus colegas verificaron con ecografía Doppler transcraneal el flujo sanguíneo cerebral en 32 pacientes, con una mejora en el flujo sanguíneo cerebral en el grupo de perfusión cerebral anterógrada selectiva²⁰, los datos obtenidos en nuestro estudio el tiempo de perfusión cerebral selectiva se correlaciono con el NIRS cerebral de forma negativa con un valor de P estadísticamente significativo ($=0.503$), consideramos que esto se debe a que a pesar de que la perfusión brinda protección es llevada a cabo a bajos flujos por lo que al aumentar el tiempo de esta llegara el momento de desacoplamiento cerebral manifestándose con un descenso de los valores del NIRS como lo expresan nuestros resultados, por lo que lo consideramos como un punto sumamente importante a considerar en el tiempo anestésico-quirúrgico.

12. CONCLUSION

Un tiempo de bomba superior a 40 min coloca a los pacientes pediátricos en mayor riesgo de lesión cerebral; y la hipotensión, el bajo gasto cardíaco e hipoxia durante el período postoperatorio son factores de riesgo importantes para la lesión cerebral. En cirugía de arco aórtico existe un riesgo alto de hipoperfusión, al realizar la disección de la aorta se pueden ocluir ramas arteriales, lesiones en tronco braquiocefálico, carótida común y subclavia izquierda que suministran sangre al cerebro; las técnicas de protección cerebral incluyen paro circulatorio en hipotermia y perfusión cerebral selectiva, con el riesgo en esta última de mala colocación de la cánula. A pesar de que esta cirugía se asocia con mayor incidencia de infarto cerebral grave (4.7 a 11.2%), con el uso del NIRS se puede identificar mala perfusión y tomar decisiones. En nuestro centro de estudio y en base a los resultados obtenidos y análisis realizado, concluimos que el manejo anestésico en cirugía de arco aórtico en el Instituto Nacional de Pediatría con enfoque a NIRS a sido el adecuado y con resultados similares a los reportados en centros cardiológicos con gran experiencia. Por lo que se continua proponiendo como un monitoreo esencial dentro de esta cirugía, además de que poder ser este estudio un parte aguas para un análisis mas profundo de cambios de valores de NIRS en tiempo y área bajo la curva con respecto a momentos claves durante el acto anestésico- quirúrgico.

DIFUSION

Este estudio se divulgará en la comunidad de anestesiólogos, en la web, constituirá una plataforma para la realización de otras tesis y propuestas de investigación.

13. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

FECHAS	Elaboración del protocolo de investigación	Aprobación del proyecto por el comité de investigación	Recolección de datos	Análisis de resultados y conclusiones	Redacción final del estudio	Presentación final
<i>Diciembre 2018- Febrero 2019</i>	X					
<i>Abril 2019</i>		X				
<i>Mayo 2019</i>			X			
<i>Mayo- Junio 2019</i>				X		
<i>Junio 2019</i>					X	
<i>Julio 2019</i>						X

14. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1.- García H., Cervantes B., González H., Miranda G., Risk factors for nosocomial infections after cardiac surgery in newborns with congenital heart disease. *Pediatrics and Neonatology*. 2017 : 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.pedneo.2017.11.014>
- 2.- Mendieta G., Santiago E., Mendieta H., Dorantes R., Ortiz de Zárate G., Otero G., Incidencia de las cardiopatías congénitas y los factores asociados a la letalidad en niños nacidos en dos hospitales del Estado de México. *Gaceta Médica de México* 2013;149:617-623
- 3.- Márquez H., Yáñez L., Lucely J., López D., Almeida E. Análisis demográfico de una clínica de cardiopatías congénitas del Instituto Mexicano del Seguro Social, con interés en el adulto. *Archivos de Cardiología de México* 2018; 88 (5):360-368
- 4.- Hamid M. Anaesthetic Considerations for Congenital Heart Disease Patient. *Perioperative Considerations in Cardiac Surgery* (3) 2012: 57-74. www.intechopen.com
- 5.- Camboulives J., Pannetier A., Silicani M., Kreitmann B. Anestesia y reanimación en cirugía cardíaca del recién nacido y del lactante. *Revista Mexicana de Anestesiología*, 2001(1).
- 6.- Grewal J. Coarctation of the aorta anaesthesia. *ATOTW* 265 2012(23): 1 - 11
- 7.- Palacios A, Urencio M, Ponce S, López J., Castañuela V., March A., Tamariz O. Avance de arco aórtico en el manejo de la coartación de aorta con hipoplasia del arco aórtico en niños. *Revista de Investigación Clínica* (64) 3, 2012 : 247-254
- 8.- Nasr V. , DiNardo J. Coarctation of the Aorta. *The Pediatric Cardiac Anesthesia Handbook*. 2017 (10):77- 82
- 9.- Suradi H., Hijazi Z. Review article. Current management of coarctation of the aorta. *Global cardiology science & practice a Qatar Foudtion Academic Journal* 2015 (44): 1 -11
- 10.- De la Parte L., Anestesia en la coartación de la aorta. *Rev. Cubana Pediatría*. 2001;73(4):219-23
- 11.- Landsman I., Davis P., Aortic coarctation : Anesthetic considerations. *Seminars in cardiothoracic and vascular anesthesia*. 2001 (5): 91-97
- 12.- Burbano N., Latham G., Nasr V., Zaleski K., Perioperative and Anesthetic Considerations in Interrupted Aortic Arch. *Seminars in Cardiothoracic and Vascular Anesthesia* 2018 (0) :1–8.
- 13.- Peyton J. , White M. .Anaesthesia for correction of congenital heart disease (for the specialist or senior trainee) . *Continuing Education in Anaesthesia, Critical Care & Pain*.

Published by Oxford University Press on behalf of the British Journal of Anaesthesia (12); 2012:23-27

14.- Wilkey B., Weitzel N. Anesthetic Considerations for Surgery on the Aortic Arch. *Seminars in Cardiothoracic and Vascular Anesthesia* 2016, (20): 265–272

15.- Motta L., Barrera M., Peña C., Tamaríz O., Ramírez E. Cabrera F. Monitorización de oxigenación tisular. *Conferencias Magistrales. Revista Mexicana de Anestesiología* 2017 (40): S350-S364. <http://www.medigraphic.com/rma>

16.- Olivera A., Celemín R., Hernández G., Rodríguez O., Planas A. Monitorización de la oximetría cerebral durante cirugía extracorpórea ¿puede modificar la actitud quirúrgica. *Rev. Esp. Anestesiol. Reanim.* 2010 (57): 377-380

17.- Mascio C., Myers J., Edmonds H., Austin E. Near-Infrared Spectroscopy as a Guide for an Intermittent Cerebral Perfusion Strategy During Neonatal Circulatory Arrest. *ASAIO Journal* 2009 (55):287–290.

18.- Hee H., Moon B., Suk M., Tratamiento anestésico en cirugía de arco aórtico con circulación cerebral anterior selectiva. Reporte de un caso. *Sociedad Coreana de Anestesiólogos 대한마취과학회지* 2003; 45: 784-788

19.- Dong M., Dong W., Lingzhong M. Incremental value of noncerebral somatic tissue oxygenation monitoring for patients undergoing surgery. *Curr Opin Anesthesiol* 2018, (31):000 – 000

20.- Bashir M., Shaw M., Desmond M., Kuduvalli M., Field M., Oo A. Cerebral protection in hemi-aortic arch surgery. *Ann Cardiothorac Surg* 2013;2(2):239-244 <http://www.annalscts.com/article/view/1702/2375>

21.- Dillon D. Deep Hypothermic Circulatory Arrest. Associate Professor, Queen's University, Canada. *world federation of societies of anaesthesiologists. ATOTW* 373 – 2018 (20): 1-6. www.wfsahq.org

22.- Mohammed A., Hassanien H., Sobhy R. Coarctation of the aorta: to extubate early or to extubate late. *Pediatric Anesthesia and Critical Care Journal* 2016;4(1):35-42 [doi:10.14587/paccj.2016.8](https://doi.org/10.14587/paccj.2016.8)

23.- Yoshitani K., Kawaguchi M., Ishida K., Maekawa K., Hiroshi H., Tanaka S. Guidelines for the use of cerebral oximetry by near- infrared spectroscopy in cardiovascular anesthesia: a report by the cerebrospinal Division of the Academic Committee of the Japanese Society of Cardiovascular Anesthesiologists (JSCVA). *Journal of Anesthesia Japanese Society of Anesthesiologists* 2019: 1- 30. <https://doi.org/10.1007/s00540-019-02610-y>

24.- Mu L., Wang X., Meng L. Incremental value of noncerebral somatic tissue oxygenation monitoring for patients undergoing surgery *Curr Opin Anesthesiol* 2019, 32:50– 56. DOI:10.1097/ACO.0000000000000672

25.- Aly S., Skurow K., Zurakowski D., Jonas R., Glass P., Donofrio M. Cerebral tissue oxygenation index and lactate at 24 hours postoperative predict survival and

neurodevelopmental outcome after neonatal cardiac surgery. *Congenital Heart Disease*. 2017;12:188–195. DOI: 10.1111/chd.12426

26.- Hejiang Z., Jing H., Tiande Y., Yueyong Q. Perioperative anesthetic management of interrupted aortic arch associated with severe pulmonary hypertension in a young adult: case report and review of the literature. *Journal of Medical Colleges of PLA* 2011(26): 293–300

27.- Eberle B., Basciani R. Brain protection in thoracic aortic surgery – An interdisciplinary challenge. *Applied Cardiopulmonary Pathophysiology* 2009(13): 160-164,

28.-Flick R., Gleich S., Hanson A., Schroeder D., Sprung J. Pediatric surgical extracorporeal membrane oxygenation - a case series. *Signa Vitae* 2008; 3(2): 18 - 23 www.signavitae.com

29.- Khaladj N., Shrestha M., Meck S., Peterss S., Kamiya H., Kallenbach K. Hypothermic circulatory arrest with selective antegrade cerebral perfusion in ascending aortic and aortic arch surgery: A risk factor analysis for adverse outcome in 501 patients. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery* 2008;(135):908-14

30.- McKenzie E., Klysik M., Morales D., Heinle J., Fraser Ch., Kovalchin J. Ascending Sliding Arch Aortoplasty: A Novel Technique for Repair of Arch Hypoplasia. *The Society of Thoracic Surgeons . Ann Thorac Surg* 2011;91:805–10

31.-Barrera M. Monitoreo transcraneal de la saturación de oxígeno cerebral en cirugía cardíaca. ¿Es útil? . *Monitorización y Anestesia. Revista Mexicana de Anestesiología*. 2012(35): S22-S23. <http://www.medigraphic.com/rma>

32.- Moreno G., Pilán M., Manara C., Magliola R., Vassallo J., Balestrini M., Regional venous oxygen saturation versus mixed venous saturation after paediatric cardiac surgery *Acta Anaesthesiol Scand* 2013; 57: 373–379 doi: 10.1111/aas.12016

33.- Marimón G., Dockery W., Sheridan M., Agarwal S. Near-infrared spectroscopy cerebral and somatic (renal) oxygen saturation correlation to continuous venous oxygen saturation via intravenous oximetry catheter *Journal of Critical Care* (2012) 27, 314.e13–314.e18 doi:10.1016/j.jcrc.2011.10.002

34.- Keuler J., Weiß C., Klemm K., Pochhammer J., Schmidt R., Ilies C. Assessing changes in tissue oxygenation by near-infrared spectroscopy following brachial plexus block for arteriovenous fistula surgery A prospective observational pilot study. *Eur J Anaesthesiol* 2018; 35:759–765 . DOI:10.1097/EJA.0000000000000871

35.- Moerman A., Hert S. Cerebral oximetry: the standard monitor of the future?. *Curr Opin Anesthesiol* 2015, 28:703–709. DOI:10.1097/ACO.0000000000000256

36.- Davidson A., Skowno J. Neuromonitoring in paediatric anaesthesia. *Curr Opin Anesthesiol* 2019, 32:000 – 00. DOI:10.1097/ACO.0000000000000732

15. ANEXOS

15.1. ANEXO I HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

HOJA DE RECOLECCION DE DATOS

“CARACTERISTICAS DE MANEJO ANESTESICO DURANTE LA CIRUGIA DE AVANCE DE ARCO AORTICO EN EL INSTITUTO NACIONAL DE PEDIATRICA 2010-2017. ENFOQUE EN EL COMPORTAMIENTO DE LA ESPECTROSCOPIA CERCANA A LA INFRAROJA (NIRS)”

NOMBRE _____
EXPEDIENTE _____
EDAD _____
PESO _____ TALLA _____
GENERO _____

HORA DE INICIO DE ANESTESIA _____
HORA DE TERMINO DE ANESTESIA _____
HORA DE INICIO DE CIRUGIA _____
HORA DE TERMINO DE CIRUGIA _____
TIEMPO DE BOMBA _____
TIEMPO DE PINZADO _____
TIEMPO DE PSC _____
FLUJOS BAJOS % _____
TIEMPO DE FLUJOS BAJOS MIN _____

	PREANESTESICA	POSTANESTESICA
NIRS CEREBRAL		
NIRS SOMATICO		

16. ABREVIATURAS

INP	Instituto Nacional de Pediatría
NIRS	Espectroscopía cercana a la infrarojo
CMRO2	Consumo metabólico cerebral
NMDA	N-metil- d – aspartato
FSC	Flujo sanguíneo Cerebral
VO2	Consumo de oxígeno
TCA	Tiempo de Coagulación Activado
SACP	Perfusión Cerebral Anterógrada Selectiva
SNC	Sistema Nervioso Central
SIRS	Síndrome de Respuesta Inflamatoria Sistémica
LCOS	Síndrome de bajo gasto Cardíaco
PND	Disfunción Neurológica permanente
TND	Disfunción Neurológica temporal