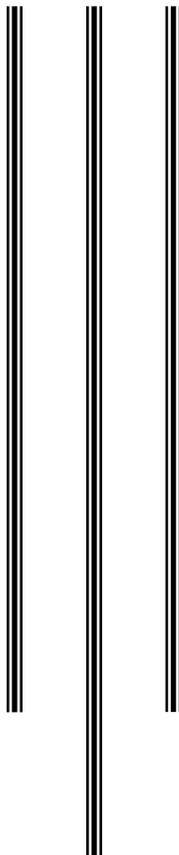




**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA
DIVISIÓN DE ESTUDIO DE POSGRADO
HOSPITAL INFANTIL DE MÉXICO FEDERICO GÓMEZ**



**EVALUACION CLINICA Y ELECTROENCEFALOGRAFICA
DE LOS PACIENTES SOMETIDOS A BOMBA
EXTRACORPOREA PARA DETERMINAR LA INCIDENCIA
DE EPILEPSIA Y TRASTORNOS DEL
NEURODESARROLLO.**

TESIS

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE
ESPECIALISTA EN:**

NEUROLOGÍA PEDIÁTRICA

PRESENTA:

Dra. Erika Rivera Muñoz.

ASESOR DE TESIS:

DR. JOSE MARIEL PEREZ.

**Médico Adscrito del Servicio de
Neurología Pediátrica**

del Hospital Infantil de México Federico Gómez

DRA. MARIEL PIZARRO CASTELLANOS

**Medico adscrito del servicio de neurología pediátrica del
Hospital Infantil de México Federico Gómez**



**HOSPITAL INFANTIL de MÉXICO
FEDERICO GÓMEZ**
Instituto Nacional de Salud

MÉXICO, D. F

Febrero 2012



Universidad Nacional
Autónoma de México

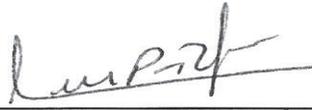


UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

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.

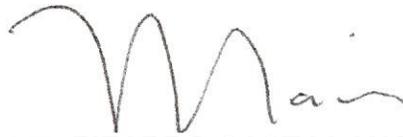


DR. JOSE MARIEL PEREZ.

Asesor de Tesis

Médico Adscrito al Servicio de Neurología Pediátrica

Hospital Infantil de México Federico Gómez



DRA. MARI EL PIZARRO CAST LLANOS.

Asesor Metodológico de Tesis

Médico Adscrito al Servicio de Neurología Pediátrica

Hospital Infantil de México Federico Gómez



The stamp is circular and contains the following text: "DIRECCIÓN DE ASISTENCIA Y DESARROLLO ACADÉMICO" around the perimeter, "HOSPITAL INFANTIL DE MÉXICO" in the center, and "FEDERICO GÓMEZ" below the center. In the middle of the stamp is a logo featuring a figure holding a staff with a snake, similar to the Rod of Asclepius.

INDICE

PAGINA

1.-.....	INTRODUCCION
2.-	ANTECEDENTES HISTORICOS
3.-.....	FISIOLOGIA DE LA CIRCULACION EXTRACORPOREA
4.-	RESPUESTA METABOLICA Y ENDOCRINA
5.-	EFFECTOS SOBRE EL SISTEMA NERVIOSO
6.-	TECNICAS DE CIRCULACION EXTRACORPOREA
7.-.....	BALANCE ACIDO BASE
8.-.....	ANTICOAGULACION
9.-.....	CIRCUITO DE CIRCULACION EXTRACORPOREA
12.-	MANEJO DE CIRCULACION EXTRACORPOREA
13.-	COMPLICACIONES POSTCIRCULACION EXTRACORPOREA
14.-	JUSTIFICACION
15.-	OBJETIVOS
17.-	VARIABLES
18.-	RESULTADOS
28.-	DISCUSION
29.-	CONCLUSIONES
30.-.....	BIBLIOGRAFIA

EVALUACION CLINICA Y ELECTROENCEFALOGRAFICA DE LOS PACIENTES SOMETIDOS A BOMBA EXTRACORPOREA PARA DETERMINAR LA INCIDENCIA DE EPILEPSIA Y TRASTORNOS DEL NEURODESARROLLO

INTRODUCCION

Cada año, aproximadamente nacen 10,000 neonatos en los Estados Unidos con cardiopatías congénitas. En nuestro país, se desconoce su prevalencia real; como causa de muerte infantil, se ubica en el sexto lugar en menores de un año y como la tercera causa en los niños entre uno y cuatro años; con base en la tasa de natalidad, se calcula que alrededor de 10 mil a 12 mil niños nacen con algún tipo de malformación cardiaca. En México el 30% de la cirugía de corazón, se realiza a niños con defectos cardíacos congénitos y de éstas el 50% requieren de procedimientos quirúrgicos con circulación extracorpórea (CEC). La reparación temprana de las cardiopatías en el neonato y paciente pediátrico, a diferencia del tratamiento paliativo inicial y su reparación posterior es ahora una práctica común. Los sistemas de CEC han ido evolucionando desde las visiones futuristas de los pioneros de la cirugía, en una herramienta segura y eficiente en el tratamiento de los desórdenes cardíacos. Los cambios en la conducción de la perfusión, los tiempos y las técnicas quirúrgicas, así como el manejo perioperatorio sustancialmente han reducido la morbi-mortalidad postoperatoria en las dos últimas décadas.

FISIOLOGÍA

Hasta los años cincuenta, se asumía que la transición fisiológica del feto a la vida post-natal ocurría instantáneamente al nacimiento, desde entonces se ha reconocido que hay un período de horas y aun de días cuando la circulación pasa del patrón fetal al adulto. Existen dos estructuras anatómicas en el feto, que permiten que la sangre fluya hacia la circulación pulmonar: el conducto arterioso y el foramen oval (FO). Debido a que sólo el 7-10% del gasto cardíaco (GC) fluye a los pulmones, la resistencia vascular pulmonar (RVP) es extremadamente alta en contraste con la circulación sistémica, por lo que se desarrolla un cortocircuito de derecha a izquierda.

El FO es una apertura en el septum interatrial que está cubierta por una membrana fina y móvil. La posición de esta membrana está en función de la relación que existe entre las presiones de los atrios.

La presión alta de la aurícula derecha (AD) en el feto, hace que la membrana permanezca abierta. Durante el nacimiento, con las primeras respiraciones del niño, se presenta una caída abrupta de la RVP, aumenta el flujo sanguíneo pulmonar, disminuye la presión de la AD y se eleva la presión de la AI, revirtiendo así la relación de las presiones entre los atrios lo cual cierra el FO. Si la RVP se eleva, la presión de la AD se incrementa y el FO se reabrirá. El conducto arterioso es un gran vaso que conecta la aorta a la arteria pulmonar. La resistencia vascular pulmonar incrementada *in utero*, hace que la sangre pase de la arteria pulmonar a la aorta.

La constricción del conducto arterioso ocurre en respuesta al incremento de la PO₂ con las primeras respiraciones de vida que en contraste con la respuesta vasodilatadora de las arteriolas pulmonares originan el cierre funcional del ducto, el cual ocurre aproximadamente a las 12 horas de edad y el cierre anatómico a las 3 semanas. Antes del cierre anatómico completo, el ducto puede reabrirse en respuesta a la hipoxia. La eliminación del paso anatómico de derecha a izquierda depende de la persistencia o reversión a la circulación fetal. Esto puede ocurrir como una condición primaria de hipertensión pulmonar persistente o secundaria a otras causas de hipoxia. Las cardiopatías congénitas son defectos del corazón, que se presentan en el nacimiento y son causados por un desarrollo inapropiado de éste durante el embarazo.

En la mayoría de las veces cuando un bebé nace con cardiopatía congénita, no hay razón para el desarrollo inapropiado del corazón, se sabe que algunos tipos de defectos cardíacos pueden estar relacionados a una anomalía de un cromosoma, defectos genéticos o factores ambientales.

En el 85 al 90% de los casos no hay causa identificable para los defectos cardíacos y son generalmente considerados multifactoriales.

ANTECEDENTES HISTÓRICOS

En 1954, Lillehei reportó el uso efectivo de la circulación cruzada en la corrección de las cardiopatías congénitas, utilizando a los padres del niño como soporte circulatorio. En 1953 Gibbon describe y usa el primer oxigenador mecánico extracorpóreo el cual denomina máquina corazón-pulmón y el 6 de mayo de ese mismo año, realiza la primera cirugía de corazón abierto en el mundo, reparando exitosamente un defecto cardíaco congénito.

Intentos subsecuentes con el uso de la máquina corazón-pulmón en la corrección de estos defectos se asociaron con tasas altas de morbi-mortalidad, hasta que Barratt Boyes en 1971 y Castañeda en 1974, intentaron la corrección de los defectos congénitos usando el paro circulatorio hipotérmico y así con la introducción de nuevos conceptos y perspectivas quirúrgicas para los pacientes con lesiones cardíacas complejas, mejoraron considerablemente los resultados en el paciente pediátrico.

DIFERENCIAS ENTRE EL PACIENTE PEDIATRICO Y ADULTO

Numerosas diferencias entre el paciente pediátrico y adulto afectan la respuesta a la CEC, características anatómicas como la presencia de grandes vasos colaterales aorto-pulmonares o un arco aórtico interrumpido, requieren cambios en las estrategias de manejo y técnicas de canulación. Los órganos en el paciente pediátrico y en los neonatos son inmaduros y requieren de flujos altos (200 mL/kg/min) para cubrir sus demandas metabólicas; la termorregulación en el niño está alterada, por lo que se requiere el monitoreo estricto de la temperatura. Durante los primeros seis meses de vida el desarrollo de las conexiones corticales del cerebro es crítico, dentro de las cuales están involucradas las funciones perceptivas y cognitivas; los pulmones en el neonato son más frágiles y tienden a incrementar el riesgo de hipertensión y edema pulmonar; los riñones tienen resistencia vascular alta con flujo preferente fuera de la corteza exterior; la reabsorción y excreción, así como la concentración y mecanismos diluyentes de sodio y la capacidad del balance ácido-base están limitados. Su sistema inmunológico es inmaduro, ya que la generación del complemento es baja y las células mononucleares son disfuncionales. Estas diferencias entre otras, hacen que el manejo de la CEC en el paciente pediátrico requiera de atención especializada y cuidadosa.

FISIOLOGÍA DE LA CIRCULACIÓN EXTRACORPÓREA

La cirugía cardíaca en el neonato presenta múltiples fuentes de estrés, en respuesta el niño tendrá diversas reacciones que le servirán para mantener la homeostasis durante la CEC.

METABOLISMO DE LA GLUCOSA: la hiperglicemia es una respuesta común al estrés asociado con la CEC, aunque la reserva de glucógeno en el miocardio neonatal está incrementada, las reservas en el hígado están disminuidas.

Ya que la función hepática en el recién nacido con defectos congénitos es reducida y compleja, puede haber pobre perfusión sistémica durante el período de transición neonatal, la glucosa endógena puede ser necesaria durante este período para mantener los niveles de glucosa normal. La hiperglicemia puede afectar la función neurológica, a medida que los niveles de glucosa y acidosis láctica se incrementen, resultando en un metabolismo anaeróbico.

La hipoglicemia, una complicación en pediatría, se debe en gran parte a la disminución en las reservas de glucógeno y a la disfunción hepática para la gluconeogénesis. Las consecuencias neurológicas de la hipoglicemia son agravadas por la hipotermia y otros factores que pueden modificar la perfusión cerebral.

RESPUESTA METABÓLICA: muchas de las respuestas metabólicas y endógenas durante y después de la cirugía cardíaca, son similares a las de un trauma o cirugía sin CEC; estas respuestas son controladas a nivel del sistema nervioso central (SNC), el incremento en la temperatura corporal propicia la elevación en el metabolismo basal, reflejando un estado hipermetabólico.

RESPUESTA ENDOCRINA: la reacción de catecolaminas, fundamentalmente es una de las mayores respuestas al estrés. Durante la fase aguda de la CEC, los niveles incrementados de epinefrina y norepinefrina mantienen la perfusión por sus efectos cardíacos y vasculares; estos niveles elevados contribuyen al metabolismo celular oxidativo, así como al incremento de glucosa en sangre al estimular la glucólisis e inhibir la liberación de insulina. Durante los flujos bajos de perfusión, hipotermia y el contacto de la sangre con el circuito extracorpóreo, se liberan hormonas y otras sustancias como: catecolaminas, cortisol, hormona del crecimiento, prostaglandinas, complemento, glucosa, insulina y endorfinas. Otros factores involucrados en la secreción de estas sustancias, son el tipo de anestesia y las funciones renal y hepática disminuidas las cuales influyen en su eliminación. El pulmón el cual está excluido durante la CEC, normalmente es responsable de metabolizar y eliminar muchas de estas hormonas, particularmente catecolaminas.

EFFECTOS CARDÍACOS: diversos estudios han demostrado que la tolerancia a la isquemia del corazón inmaduro del neonato, está relacionada con la capacidad glucolítica incrementada del miocardio y la preservación de los fosfatos de alta energía.

Sin embargo, la acumulación de ácido láctico como resultado del metabolismo anaeróbico, es causa de disfunción post-isquémica.

EFFECTOS SOBRE EL SISTEMA NERVIOSO: el daño neurológico posterior a la CEC es poco frecuente en el paciente neonato, pero el riesgo se incrementa con la hipotermia profunda y paro circulatorio (HPPC). Aunque el daño permanente es raro, existen evidencias de que éste se presenta en el 25% de los infantes que requieren de estas técnicas. Dentro de las complicaciones neurológicas se presentan convulsiones, infartos, cambios en el tono y estado mental, desórdenes motores, función cognitiva anormal y coreatetosis post-CEC.

EFFECTOS PULMONARES: el daño pulmonar es mediado por dos vías, los leucocitos y la activación del complemento que desencadenan la respuesta inflamatoria y por un efecto mecánico que induce las atelectasias y la pérdida de surfactante. Este tipo de alteraciones incrementan el gradiente alvéolo-arterial, disminuye la complianza dinámica y estática, y la capacidad funcional residual. La disminución de la presión oncótica debido a la hemodilución, causa extravasación de líquido en el parénquima pulmonar, así mismo la activación del sistema del complemento, degranulación de leucocitos y la activación plaquetaria dañan la membrana capilar, lo que ocasiona un incremento en la resistencia vascular pulmonar.

RESPUESTA RENAL: la disfunción renal es causa importante de morbilidad postoperatoria. Durante la CEC se activa el sistema renina-angiotensina, el cual incrementa la producción de aldosterona y excreción de potasio; el estrés de la cirugía y la hipotermia disminuyen el flujo sanguíneo renal y la filtración glomerular; el incremento en la liberación de vasopresina conlleva a la acumulación de líquidos.

En el período post-CEC el 8% de los pacientes presentan insuficiencia renal aguda. El uso de diuréticos para inducir la diuresis y revertir la isquemia de la corteza renal no alteran el tiempo de recuperación de la función renal.

RESPUESTA INFLAMATORIA SISTÉMICA: los pacientes pediátricos, desarrollan mayor respuesta a la CEC, siendo ésta inversamente proporcional a la edad del paciente. La producción de interleucinas (IL)-8 e IL-6, se ha asociado a esta reacción inflamatoria, con su expresión ligada a la duración de la CEC. Las superficies sintéticas del circuito extracorpóreo activan mediadores inflamatorios como el sistema del complemento, principalmente el complemento 3 (C3a).

Potente estimulador de la agregación plaquetaria, el C3a causa liberación de histaminas, incrementa la permeabilidad vascular y estimula la liberación de radicales libres de oxígeno y enzimas lisosomales por los leucocitos. La activación plaquetaria, debido al contacto de la sangre con las superficies extrañas, puede ocasionar la formación de trombos. La adhesión de proteínas en las superficies endoteliales, conlleva a la migración extravascular de neutrófilos con el consecuente daño tisular. Los neutrófilos activados obstruyen los capilares limitando así la reperfusión del tejido isquémico.

TÉCNICAS DE CIRCULACIÓN EXTRACORPÓREA

HEMODILUCIÓN: considerando el volumen sanguíneo circulante (VSC) relativamente bajo del recién nacido comparado al del adulto, las soluciones de purgado en el circuito extracorpóreo juegan un papel importante, ya que éste puede ser tres veces mayor que el VSC de un neonato sano, por lo tanto los efectos deletéreos serán mayores. La hemodilución disminuye las proteínas plasmáticas y factores de coagulación así como la presión oncótica coloidal; se produce un desequilibrio electrolítico y liberación de hormonas del estrés. La hemodilución activa el sistema del complemento, leucocitos y plaquetas; por estas razones el volumen de purgado se mantiene a un grado mínimo. El uso de sangre en el purgado se basa en el hematócrito deseado durante la CEC, así como al grado de hipotermia. Con el uso de coloides en el purgado, se incrementa la presión oncótica coloidal y se previene la fuga capilar de líquido mejorando así la función orgánica post-CEC. Se sugieren los purgados bajos en calcio por los efectos deletéreos de éste durante los períodos de isquemia, los amortiguadores para mantener un pH más fisiológico, diuréticos para inducir una diuresis osmótica y transportar radicales libres de oxígeno y esteroides para reducir la respuesta inflamatoria y fuga capilar.

HIPOTERMIA: el concepto de que la reducción en la tasa metabólica por la disminución deliberada de la temperatura corporal permitiera las reparaciones intracardíacas, originó el propósito definitivo del estudio de la hipotermia. La aplicación de la hipotermia en cirugía cardíaca ha sido paralela al desarrollo de la CEC. En la época actual los diversos niveles de hipotermia se emplean ampliamente en la cirugía cardíaca pediátrica y de adultos. La disminución de la temperatura, confiere numerosas ventajas como: protección cerebral durante el paro circulatorio y flujos bajos, preservación de órganos durante la isquemia; disminución del metabolismo celular, consumo de oxígeno y trifosfato de adenosina (ATP); mejor tolerancia al estrés y una mejor protección miocárdica.

PROTECCIÓN MIOCÁRDICA: el uso de estrategias cardioprotectoras, para interrumpir la actividad electromecánica del corazón y permitir los procedimientos intracardíacos en un campo quirúrgico quieto y sin sangre, disminuyen el consumo de oxígeno en el miocardio, lo que permite su recuperación al final del procedimiento con un mínimo de daño por reperfusión.

Comúnmente se utiliza una solución cardiopléjica sanguínea al mezclar 4 partes de sangre del oxigenador con 1 de solución concentrada de potasio, ésta aumenta la entrega de oxígeno principalmente a nivel microcirculatorio.

BALANCE ÁCIDO-BASE: el balance ácido-base durante la hipotermia influye en los resultados neurológicos. Comúnmente se utilizan dos estrategias de manejo: el pH Stat y Alfa Stat. Durante la hipotermia la solubilidad del dióxido de carbono en la sangre aumenta y para una concentración dada de dióxido de carbono en sangre la PaCO₂ disminuye, por lo que la sangre llega a ser más alcalótica. En el manejo con pH Stat, para compensar la solubilidad del dióxido de carbono incrementada, se agrega dióxido de carbono a la mezcla de gases en el oxigenador para mantener un pH durante la hipotermia de 7.40 y una PCO₂ de 40 mmHg.

El método Alfa Stat, permite que el pH de la sangre se incremente durante el enfriamiento, lo cual conduce a la sangre a un estado hipocápnico y alcalótico. Manteniendo un pH de 7.4 y una PCO₂ de 40 mmHg a 37°C, se permite que el grupo alfa imidazol de la histidina mantenga una capacidad amortiguadora constante con una mejor función enzimática y actividad metabólica celular. Con el manejo Alfa Stat, el binomio flujo-metabolismo cerebral se mantiene, el flujo sanguíneo se regula dependiendo de las necesidades de oxígeno y actividad metabólica.

Los eventos microembólicos no se han asociado al daño cerebral en el paciente neonato, sin embargo las neuronas del paciente son vulnerables a la isquemia y esto subraya que la necesidad de tener un mejor flujo sanguíneo cerebral y contenido de oxígeno, es mayor que la necesidad de limitar el riesgo de que un evento microembólico alcance el cerebro.

ANTICOAGULACIÓN Y REVERSIÓN DE LA HEPARINA: para evitar la formación de trombos en el circuito extracorpóreo se administra un bolo de heparina antes de la canulación. La heparina es un anticoagulante de acción rápida cuya acción es inhibida por el sulfato de protamina, la heparina activa la antitrombina III, la cual inhibe la actividad de la trombina.

La heparina puede ser almacenada en el endotelio vascular y músculo liso, contribuyendo a un rebote de heparina el cual se observa posterior a su reversión y discontinuación de la CEC. La eliminación de la heparina está determinada por la función renal y hepática. Normalmente se utiliza una dosis de 300 U/kg, para mantener Tiempos de coagulación activado (TCA) de 400-480 segundos durante la CEC y una curva dosis respuesta descrita por Bull y cols., determina su actividad. Los niveles de anticoagulación, pueden ser afectados por factores no relacionados a la concentración de heparina, incluyendo el hematócrito y temperatura del paciente.

Diversas complicaciones durante y post-CEC se relacionan a la heparina, como son: deficiencia de antitrombina III (AT-III), trombocitopenia inducida por la heparina y neutralización inadecuada.

Debido a la hemodilución, se deben tomar en cuenta factores como: consumo de factores por la activación del sistema extrínseco de la coagulación, deficiencia de la cantidad y calidad de plaquetas, y alteraciones del proceso normal fibrinolítico y antifibrinolítico. La protamina como antagonista, se une a la heparina para liberar antitrombina III, el método usual de reversión de la heparina es administrar de 1.3 -1.8 mg por cada 1 mg de heparina circulante.

CANULACIÓN: la cánula arterial generalmente se coloca en la aorta ascendente, sin embargo la anatomía de los grandes vasos y el tipo de procedimiento quirúrgico puede influir en su colocación. La elección del tamaño de la cánula depende no sólo de la patología sino también del tamaño del paciente.

La anatomía venosa puede ser compleja, la vena cava superior bilateral, la vena cava inferior que drena en la vena ácigos o vena hepática que drena directamente a las cámaras atriales, son variaciones anatómicas comunes en el sistema venoso del paciente con cardiopatía congénita. Cuando la reparación se realiza con hipotermia profunda y paro circulatorio la canulación venosa se simplifica.

CIRCUITO DE LA CIRCULACIÓN EXTRACORPÓREA.

La tendencia en los equipos modernos de CEC en pediatría, es reducir el tamaño de los circuitos para disminuir el volumen de purgado, ya que éste puede exceder el VSC del neonato de 200 - 300%.

El circuito extracorpóreo está constituido por: a) oxigenadores, éstos proporcionan un eficiente intercambio de gas sobre un amplio rango de temperatura, flujo de sangre, presión en línea y tasas de flujo de gas. Los oxigenadores de membrana actúan como una membrana alvéolo-capilar sintética con una mínima o ausente interfase entre la sangre y el gas, actualmente los oxigenadores neonatales permiten un volumen total de purgado hasta de 200 mL con un flujo máximo de 200 mL/kg/min, ahora se cuenta con dispositivos como el Microsafe, Lilliput D-901 y Baby Rx; b) bombas, la bomba de rodillos es la de uso más común en pediatría, es de desplazamiento positivo, oclusiva e independiente de resistencias y proporcionan flujo continuo; c) tubería, el tamaño de la tubería deberá ser tan pequeño como sea posible para reducir el volumen de purgado, la longitud del tubo se acorta colocando la bomba lo más cerca posible del campo quirúrgico; d) circuito de cardiotoraxia, éste se utiliza para aspirar la sangre del campo y retornarla a la circulación del paciente, requiere de un reservorio, bomba de rodillo y filtros. Los tubos de aspiración pueden colocarse a cánulas o a ventanas en la aorta, aurícula o ventrículos; e) cánulas, las cánulas deben ser flexibles y de duración suficiente para mantener su forma y características de flujo en los cambios bruscos de temperatura y presión, así como en la manipulación quirúrgica durante la hipotermia.

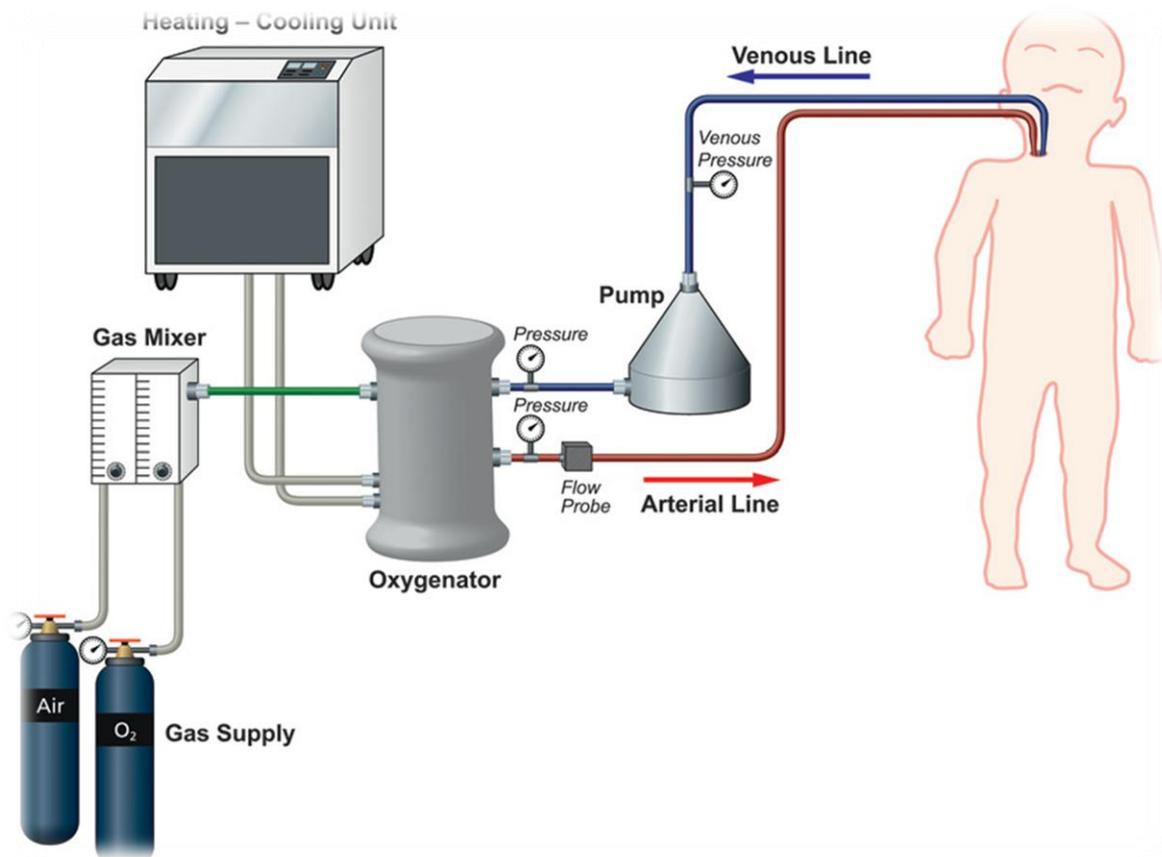


Fig 1: Diagrama de circuito extracorpóreo incluyendo el oxigenador, cánula adecuada para la edad, sensor de flujo y monitor de presión en 3 sitios diferentes.



Fig 2: Berlin Heart Excor biventricular con 2 ventriculos de 25ml de volumen.

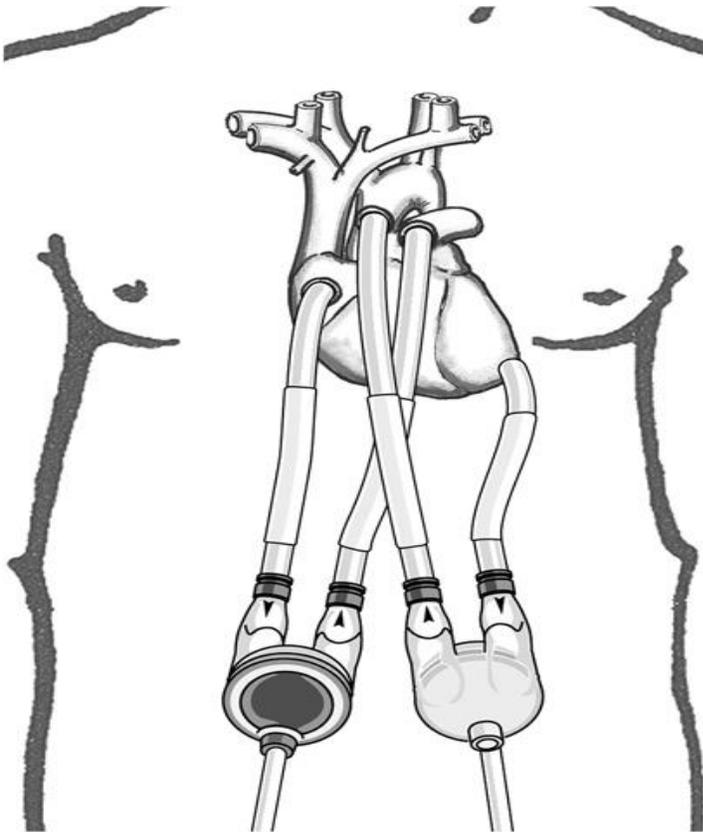


Fig 3: Berlin Heart Excor biventricular con canulación hacia el atrio derecho y pulmonar derecha así como en ventrículo izquierdo y aorta

MANEJO DE LA CIRCULACIÓN EXTRACORPÓREA

El manejo y los agentes anestésicos afectan diversas áreas de la fisiología del paciente como la tasa metabólica y consumo de oxígeno, actividad eléctrica y flujo sanguíneo cerebral, fisiología pulmonar, RVS, presión de perfusión arterial, respuesta hormonal y metabólica al estrés de la CEC.

Nuevas tecnologías permiten el monitoreo mínimamente invasivo en áreas donde las complicaciones de la CEC y la reparación quirúrgica de las cardiopatías son frecuentes; técnicas de ecografía transesofágica (ETE), monitoreo por Doppler del flujo sanguíneo cerebral, monitoreo del flujo sanguíneo pulmonar y electroencefalograma durante la CEC, permiten prevenir complicaciones post-CEC.

Una vez conectado el paciente al circuito extracorpóreo se inicia la circulación extracorpórea lentamente, el flujo de la bomba se incrementa para mantener la perfusión sistémica durante el enfriamiento.

El drenaje venoso deficiente puede ocasionar distensión ventricular, el cual se observa principalmente en los neonatos e infantes en quienes la complianza ventricular es baja y el corazón es incapaz de tolerar aumentos en la precarga. Durante la perfusión el flujo se mantiene de 2.5-2.8 L/m²ASC/min. En hipotermia profunda éste se puede disminuir hasta 1L/m²ASC/min o 0.5 L/m²ASC/min, para evitar el exceso de sangre en un campo quirúrgico pequeño y complicado. La presión arterial media de 25-35 mmHg mantiene una perfusión tisular adecuada.

El uso de vasodilatadores evita la vasoconstricción periférica durante la hipotermia y favorece un enfriamiento más uniforme.

La hipotermia es el método más comúnmente usado para disminuir las demandas metabólicas durante períodos de flujos bajos o paro circulatorio, la tasa metabólica se reduce 50% por cada 10°C de disminución en la temperatura, siendo de 16-18°C la temperatura ideal en paro circulatorio; el uso del colchón térmico y bolsas de hielo aplicadas a la cabeza del paciente son necesarios.

La hipotermia profunda con flujos bajos permite la perfusión continua a los órganos durante la CEC, lo cual proporciona incremento en el suministro de oxígeno y nutrientes, así como una hipotermia más homogénea.

Una vez terminado el procedimiento quirúrgico, el llenado del corazón se realiza al pinzar parcialmente el retorno venoso y reducir el flujo arterial hasta alcanzar el volumen sanguíneo adecuado del neonato; éste se valora por monitoreo de las presiones de la aurícula derecha y presiones de llenado; cuando los parámetros son adecuados se pinza la línea venosa y se detiene el flujo de la bomba arterial.

Un Ecografía Transesofágica se realiza para proporcionar un esquema de las anomalías estructurales o funcionales que pudieran existir y corregirlas antes de que el paciente deje el quirófano. Si el paciente presenta disfunción ventricular izquierda, ésta puede ser tratada optimizando la precarga y frecuencia cardíaca, incrementar la presión de perfusión coronaria, corregir los niveles de calcio y dar soporte inotrópico adecuado. La hipertensión arterial es común posterior a la CEC, las RVP elevadas disminuyen el flujo sanguíneo pulmonar, la terapia ventilatorio mecánica juega un papel importante en el tratamiento de la hipertensión pulmonar.

El óxido nítrico que es un vasodilatador derivado del endotelio, se administra como gas inhalado en el tratamiento de la hipertensión reactiva.

En el paciente neonato, es necesario tomar en cuenta las siguientes acciones para revertir los efectos de la CEC: miniaturización de los circuitos, mantener un flujo y presión adecuados, minimizar el tiempo de la CEC así como el uso de coloides, diuréticos y terapias anti-inflamatorias. El incremento del agua corporal durante los procedimientos cardíacos desarrolla edema, no sólo en la periferia sino también en áreas vitales como cerebro, corazón y pulmones; la técnica de ultrafiltración es un medio para remover líquido durante o después de la CEC, esta técnica tiene la ventaja de hemoconcentrar al paciente y remover mediadores inflamatorios de la circulación, mejorando así la complianza pulmonar y función ventricular.

COMPLICACIONES POSTCIRCULACIÓN EXTRACORPÓREA

Las anomalías neurológicas y el neurodesarrollo subsecuentes a circulación extracorpórea son las que nos competen. El daño isquémico, la reperfusión y la hipotermia, así como el paro circulatorio por más de 40 a 60 minutos en la hipotermia profunda menos de 16-18°C, la respuesta inflamatoria e inmunológica producen el daño neurológico directo produciendo trastornos en el desarrollo, en la autorregulación así como déficit neurológico.

Sin embargo existen diversas técnicas de monitorización como Electroencefalograma que puede ser utilizado como técnica transquirúrgica preventiva así como la espectroscopia, ultrasonido transfontanelar.

La hipotermia lleva a la muerte neuronal por disminución de adenosin trifosfato y apoptosis, por activación de receptores de los mecanismos de señalización así como las vías de excitotoxicidad.

La isquemia preferentemente daña un grupo selecto de estructuras en el cerebro inmaduro como los ganglios basales. La introducción de un embolo a la circulación cerebral sucede al despinzar la aorta. La isquemia, la reperfusión y la hipotermia alteran la dinámica endotelial produciendo la activación en la cascada de coagulación, sistema fibrinolítico, calicreina y complemento, estos sistemas, producen un proceso proinflamatorio y supresión de las citokinas antiinflamatorias lo que causa incremento en la permeabilidad capilar que daña al cerebro.

JUSTIFICACION

Por medio de este estudio se determinara la presencia de alteraciones clínicas y electroencefalográficas, así como la incidencia en el desarrollo de Epilepsia y daño neurológico permanente en pacientes sometidos a bomba extracorpórea como tratamiento para corrección de cardiopatías congénitas.

Las cardiopatías congénitas que requieren intervención quirúrgica para su corrección son enviadas a este hospital por ser un centro de referencia de tercer nivel, sin embargo a pesar de los avances en los procedimientos quirúrgicos existe una alta incidencia aun no determinada en nuestro hospital de complicaciones del Sistema nervioso central que llevan a desarrollo de epilepsia o trastornos del neurodesarrollo.

De acuerdo a la literatura mundial la incidencia de complicaciones neurológicas secundarias a circulación extracorpórea en neonatos y niños ha sido reportada del 9.9 al 17.3%. y si se toma en cuenta que en México aproximadamente de 10 mil a 12 mil niños nacen con algún tipo de malformación cardíaca y el 30% son quirúrgicos y de estos el 50% es sometido a circulación extracorpórea más de 300 niños presentaran alguna alteraciones neurológica ya sea en el neurodesarrollo o la presencia de epilepsia.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Cuál es la incidencia, importancia y valor pronóstico de los cambios electroencefalográficos y clínicos para el desarrollo de epilepsia y trastornos del neurodesarrollo?

OBJETIVO GENERAL

Identificar el valor pronóstico de los cambios electroencefalográficos y clínicos en pacientes con cardiopatías congénitas sometidos a bomba extracorpórea en el Hospital Infantil de México “Federico Gómez”.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

Determinar las características electroencefalográficas y clínicas en pacientes sometidos a bomba extracorpórea.

Identificar la presencia de Epilepsia clínica y electroencefalográficamente en pacientes sometidos a bomba extracorpórea con cardiopatía congénita.

Identificar los cambios en la exploración clínica como determinantes de Trastorno del Neurodesarrollo en pacientes sometidos a bomba extracorpórea.

Determinar la influencia de las variables cuantitativas en la presencia de epilepsia o trastorno del neurodesarrollo.

TIPO DE ESTUDIO

Prospectivo, Transversal y Analítico.

CRITERIOS DE INCLUSIÓN

Pacientes diagnosticados con cardiopatía congénita, candidatos a corrección quirúrgica y sometidos a bomba extracorpórea.

Pacientes con electroencefalograma y valoración clínica previa al procedimiento quirúrgico.

Pacientes con electroencefalograma y valoración clínica 72hs posteriores al procedimiento quirúrgico.

Pacientes de 28 días de vida a 16 años

CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

Pacientes con diagnóstico de cardiopatía congénita con corrección quirúrgica que no fueron sometidos a bomba extracorpórea.

Pacientes sin consentimiento para realizar las 2 valoraciones (clínica y electroencefalográfica) pre y postquirúrgica.

Sin seguimiento por la consulta externa

Pacientes menores de 28 días

HIPÓTESIS

Las anomalías electroencefalográficas y cambios clínicos posterior a bomba extracorpórea en pacientes cardiopatas como determinantes para el desarrollo de epilepsia y trastornos del neurodesarrollo.

VARIABLES

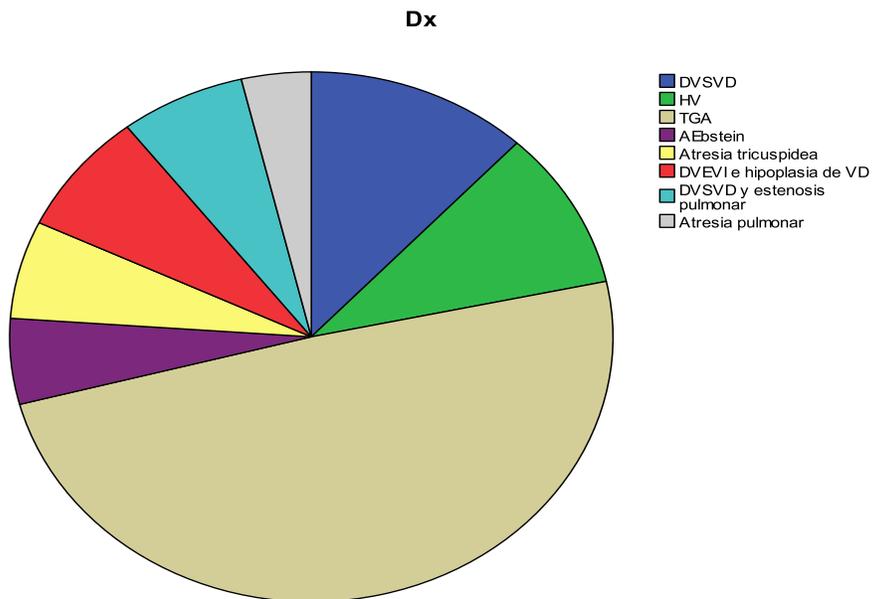
Variable	Tipo de variable	Medición
Cardiopatía congénita	Cualitativa nominal	Clínico, ECO, Rx.
Electroencefalograma	Cualitativa nominal	Normal Anormal: descripción
Epilepsia	Cualitativa dicotómica	Si No
Trastorno del neurodesarrollo	Cualitativa dicotómica	Si: descripción No
Acidosis metabólica Tiempo de bomba Pinzamiento aórtico Temperatura Edad	Cuantitativas continuas	Numérica Numérica Numérica Numérica Numérica
Sexo	Cualitativa Nominal	F M

ANALISIS ESTADISTICO

RESULTADOS

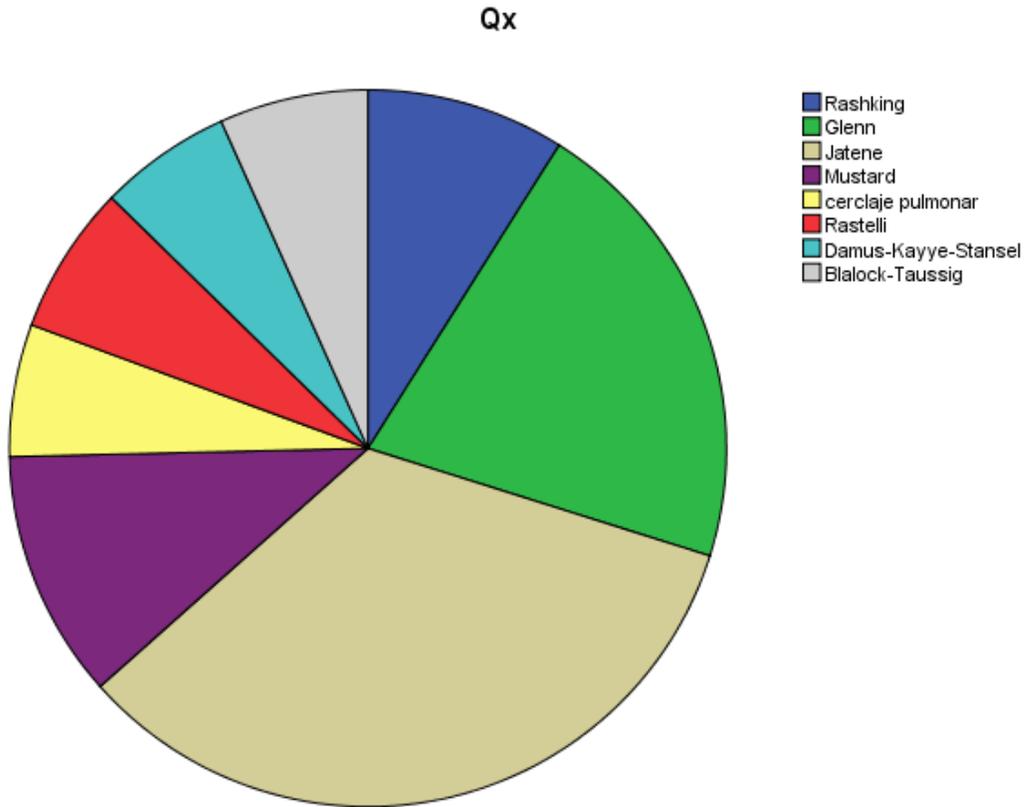
DIAGNOSTICO	FRECUENCIA	PORCENTAJE	% VALIDO	PORCENTAJE ACUMULADO
DVSVD	16	11.9	11.9	11.9
HV	13	9.7	9.7	21.6
TGA	66	49.3	49.3	70.9
AEbstein	7	5.2	5.2	76.1
Atresia tricuspidea	8	6.0	6.0	82.1
DVEVI e hipoplasia de VD	10	7.5	7.5	89.6
DVSVD y estenosis pulmonar	9	6.7	6.7	96.3
Atresia pulmonar	5	3.7	3.7	100.0
Total	134	100.0	100.0	

Tabla y Grafico 1



CIRUGIA	FRECUENCIA	PORCENTAJE	% VALIDO	PORCENTAJE ACUMULADO
Rashking	12	9.0	9.0	9.0
Glenn	28	20.9	20.9	29.9
Jatene	45	33.6	33.6	63.4
Mustard	15	11.2	11.2	74.6
cerclaje pulmonar	8	6.0	6.0	80.6
Rastelli	9	6.7	6.7	87.3
Damus-Kayye-Stansel	8	6.0	6.0	93.3
Blalock-Taussig	9	6.7	6.7	100.0
Total	134	100.0	100.0	

Figura y Grafico 2

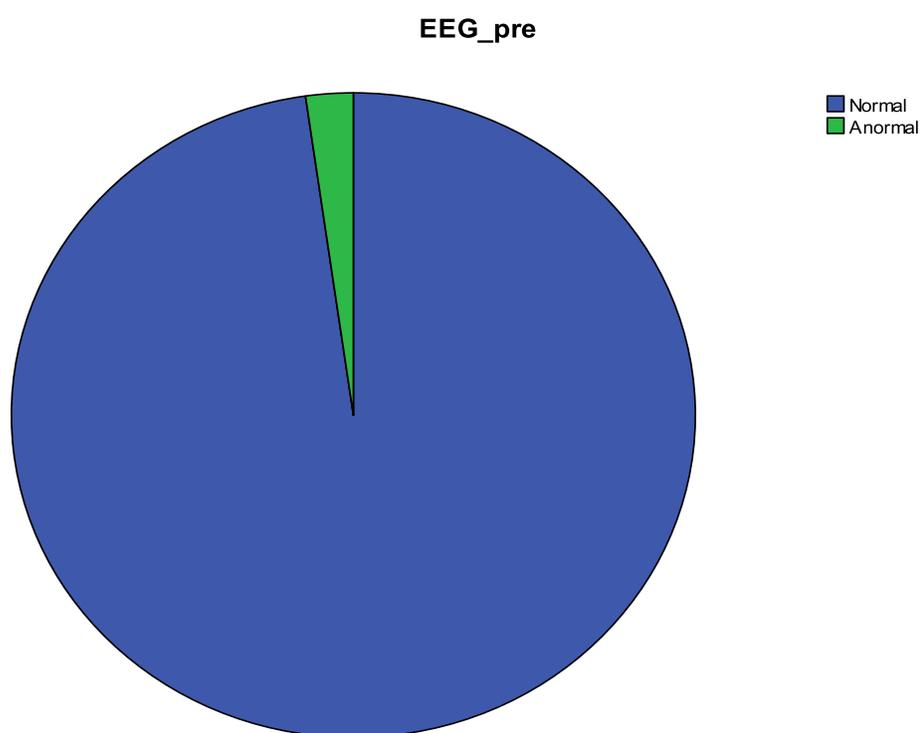


Se estudiaron 154 pacientes en un periodo que abarca 2008-2010 con diagnostico de cardiopatía congénita, de las cuales como se muestra en la tabla y grafico 1 solo 134 de estas cardiopatías fueron candidatas a corrección quirúrgica. La TGA representa el 49.3% de las cardiopatías en nuestro hospital, seguida de la doble vía de salida de ventrículo derecho con un 11.9%, que con respecto a lo reportado en la literatura a nivel internacional sobre las cardiopatías congénitas que requieren corrección quirúrgica y circulación extracorpórea encontramos la misma incidencia.

En la tabla y grafico 2 se muestra que de la población estudiada (134 pacientes) las 2 técnicas quirúrgicas más utilizadas fueron Jatene y Gleen, ambas con alta tasa de éxito y mayor incidencia reportada en la literatura internacional.

EEG PREQUIRURGICO	FRECUENCIA	PORCENTAJE (%)	% VALIDO	% ACUMULADO
Normal	131	97.8	97.8	97.8
Anormal	3	2.2	2.2	100.0
Total	134	100.0	100.0	

Tabla y Grafico 3



EEG PREQUIRURGICO CARACTERISTICAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE (%)	% VALIDO	% ACUMULADO
Normal	131	97.8	97.8	97.8
Actividad epileptica	2	1.5	1.5	99.3
Disfuncional	1	.7	.7	100.0
Total	134	100.0	100.0	

EEG_pre_carac

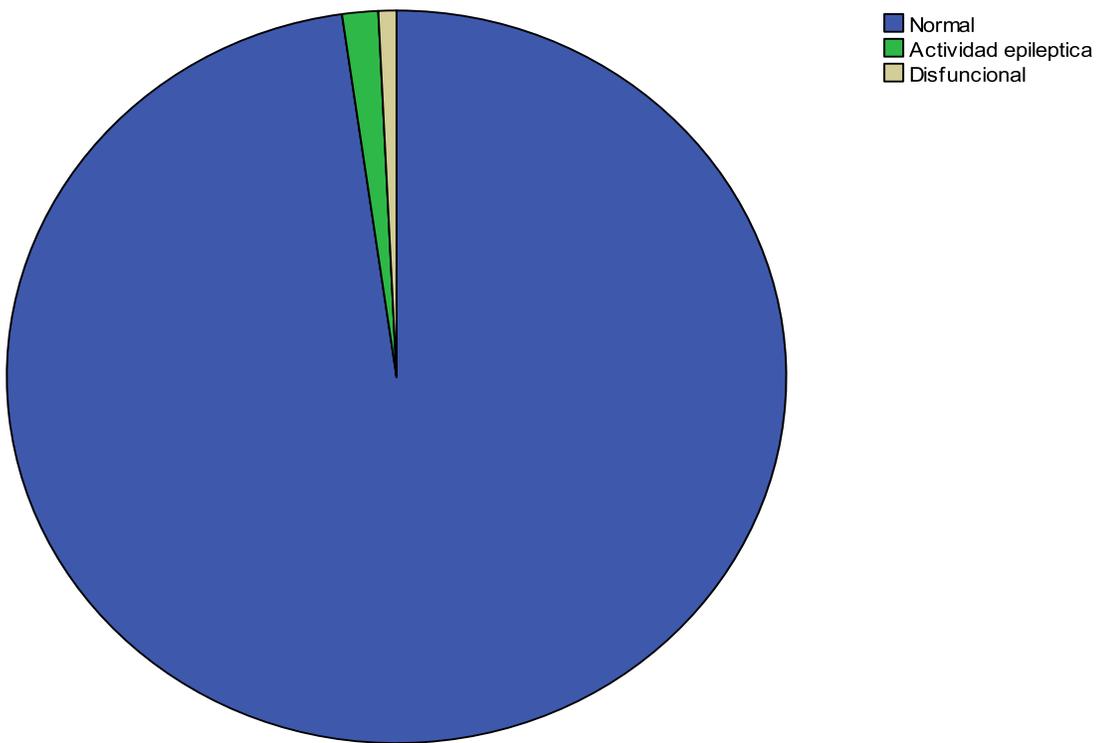


Tabla y Grafico 4

La tabla y grafico 3 muestran que a pesar de que los pacientes con cardiopatía congénita tienen hipoxemia no muestran alta incidencia de alteraciones neurológicas, sin embargo en nuestro hospital el 2.2% de los pacientes mostraron anomalías electroencefalográficas previas a la circulación extracorpórea, el 1.5% de los pacientes tenían actividad epiléptica y el 0.7% mostraron disfunción.

EEG POSQUIRURGICO	FRECUNECIA	PORCENTAJE	% VALIDO	% ACUMULADO
Normal	85	63.4	63.4	63.4
Anormal	45	33.6	33.6	97.0
Defuncion	4	3.0	3.0	100.0
Total	134	100.0	100.0	

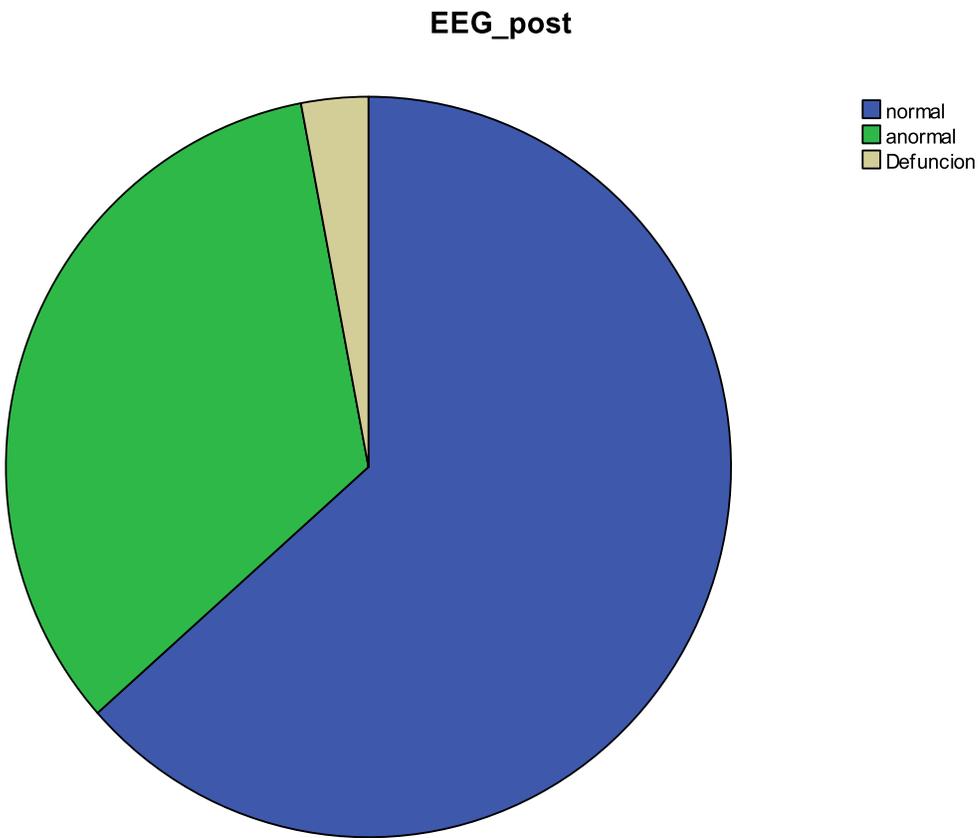


Figura y Grafico 5

EEG POSQUIRURGICO CARACTERISTICAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE	% VALIDO	% ACUMULADO
Normal	87	64.9	64.9	64.9
Actividad epileptica	15	11.2	11.2	76.1
Disfuncional	20	14.9	14.9	91.0
Asimetria interhemisferica	6	4.5	4.5	95.5
Defuncion	6	4.5	4.5	100.0
Total	134	100.0	100.0	

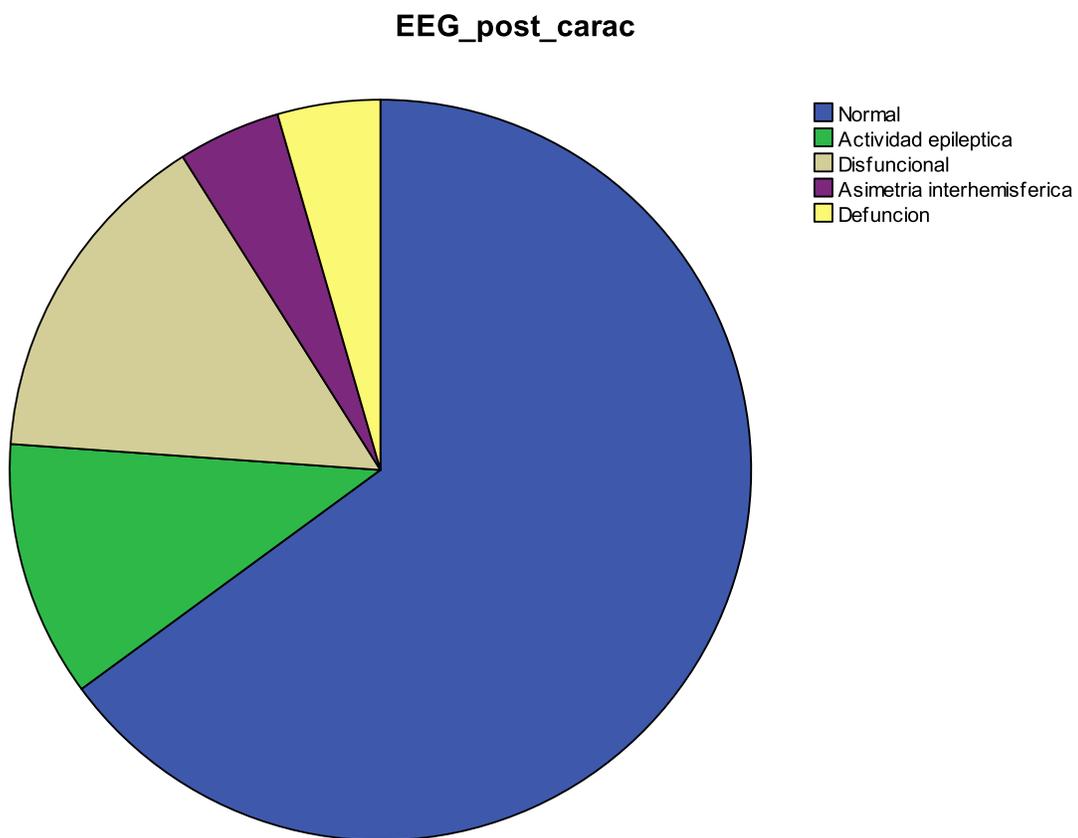


Figura y Grafico 6

Las tablas 5 y 6 muestran la presencia de alteraciones electroencefalográficas posteriores a la circulación extracorpórea, el 33% fue anormal y un 3% representa las defunciones posteriores al procedimiento. Del 33% anormal, el 14.9% se reporto disfuncional y el 11.2% presento actividad epiléptica.

EXPLORACION FISICA PREQUIRURGICO	FRECUENCIA	PORCENTAJE	% VALIDO	% ACUMULADO
normal	123	91.8	91.8	91.8
anormal	11	8.2	8.2	100.0
Total	134	100.0	100.0	

EF_pre

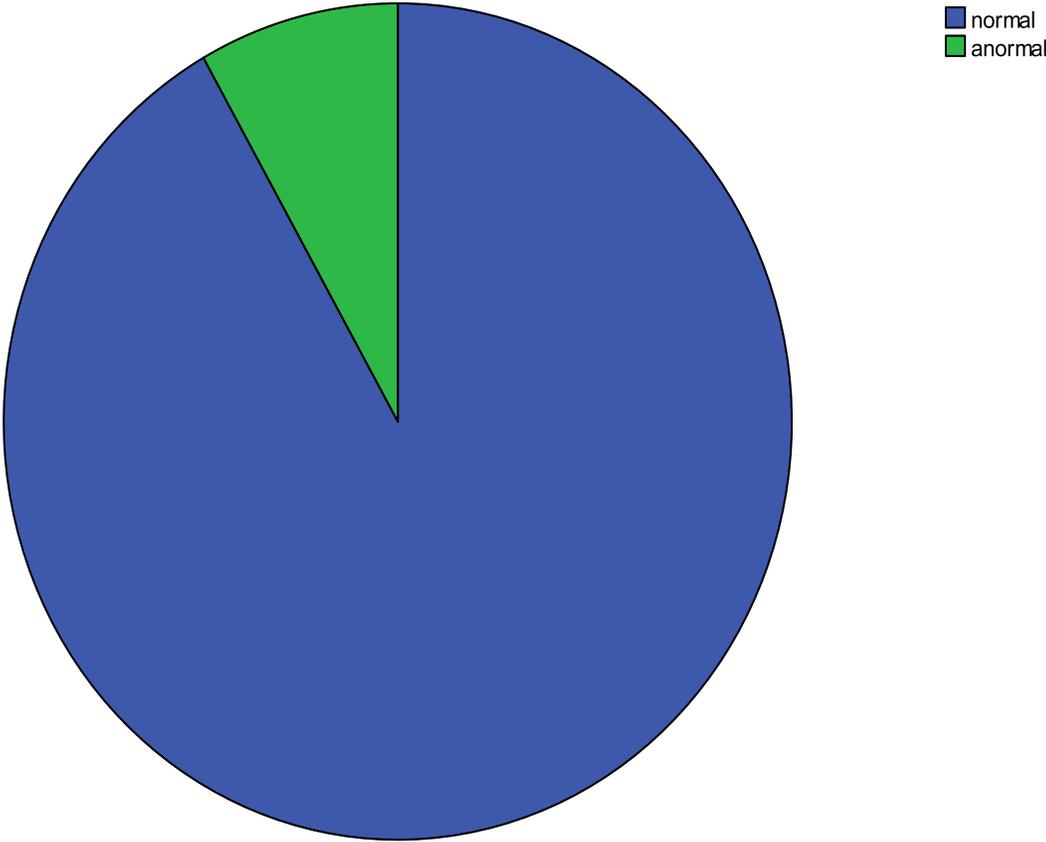


Tabla y Grafico 7

EXPLORACION FISICA POSTQUIRURGICA	FRECUENCIA	PORCENTAJE	% VALIDO	% ACUMULADO
normal	88	65.7	65.7	65.7
anormal	46	34.3	34.3	100.0
Total	134	100.0	100.0	

EF_post

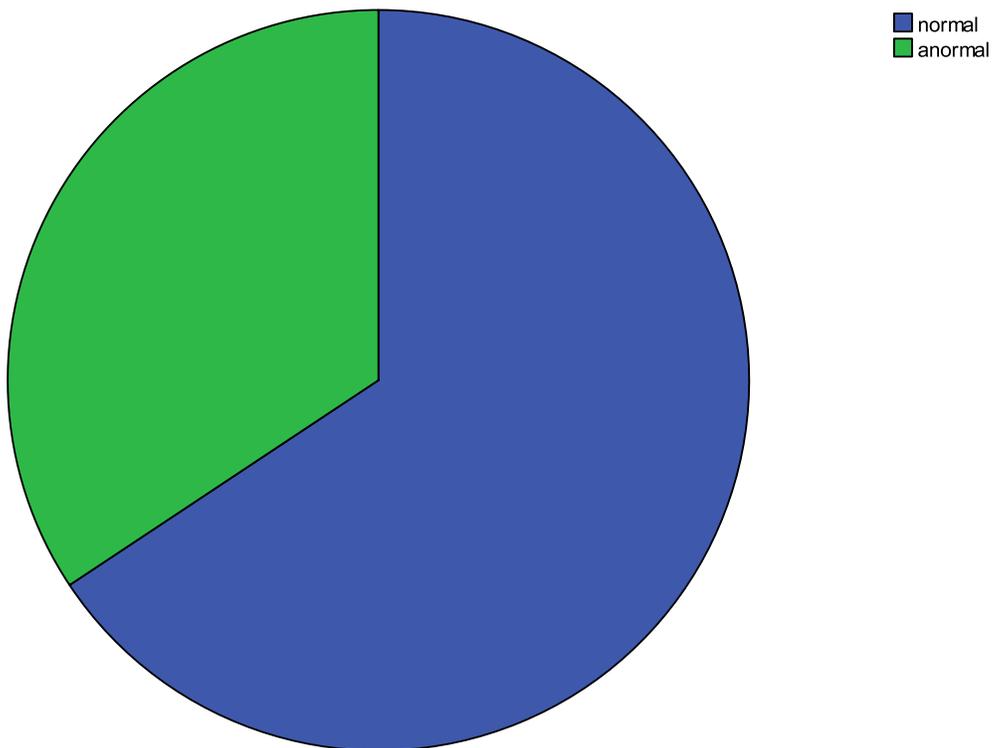


Tabla y Grafico 8

La tabla y grafico 7 muestran que la exploración física previa a circulación extracorpórea de los pacientes, fue normal en un 91.8% sin embargo en la tabla 8 y grafico 8 se evidencia que después de la circulación extracorpórea la exploración física anormal representa el 46%.

EXPLORACION FISICA PREQUIRURGICA CARACTERISTICAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE	% VALIDO	% ACUMULADO
Normal	123	91.8	91.8	91.8
Crisis epiletpicas	1	.7	.7	92.5
RDPM	9	6.7	6.7	99.3
Trastorno de conducta	1	.7	.7	100.0
Total	134	100.0	100.0	

EF_pre_carac

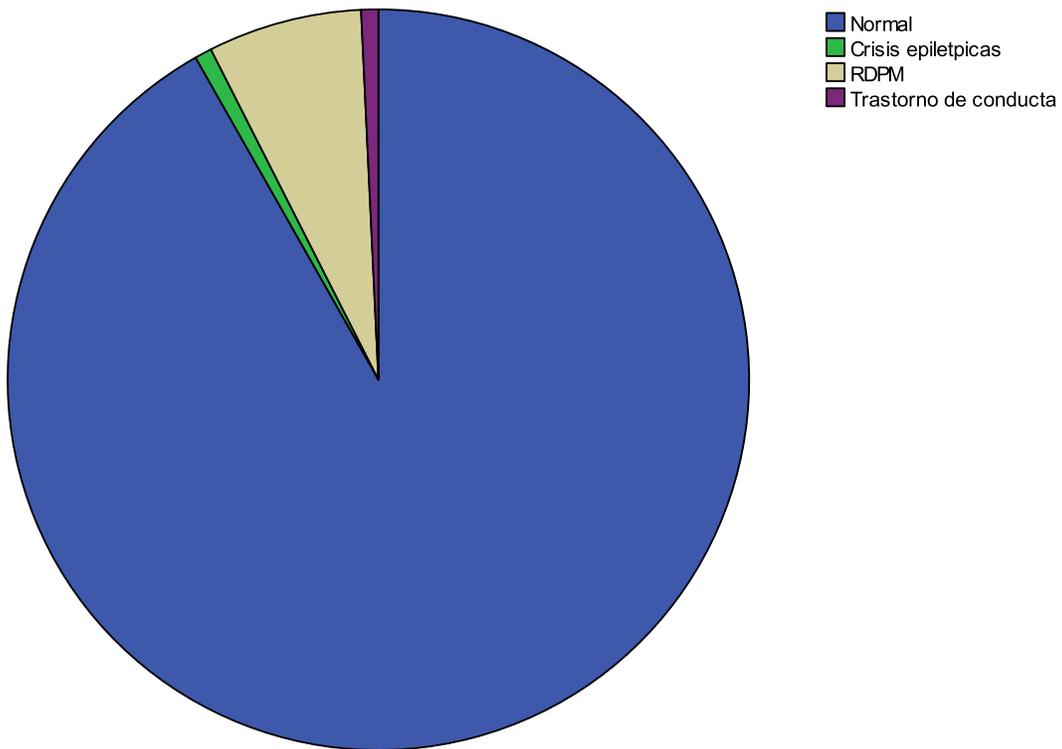


Tabla y Grafico 9

EXPLORACION FISICA POSTQUIRURGICA CARACTERISTICAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE	% VALIDO	% ACUMULADO
Normal	89	66.4	66.4	66.4
Crisis epilepticas	13	9.7	9.7	76.1
Sx piramidal	6	4.5	4.5	80.6
Hemiparesia derecha	4	3.0	3.0	83.6
Hemiparesia izquierda	3	2.2	2.2	85.8
RDPM	9	6.7	6.7	92.5
Trastorno de conducta	4	3.0	3.0	95.5
Defuncion	6	4.5	4.5	100.0
Total	134	100.0	100.0	

EF_post_carac

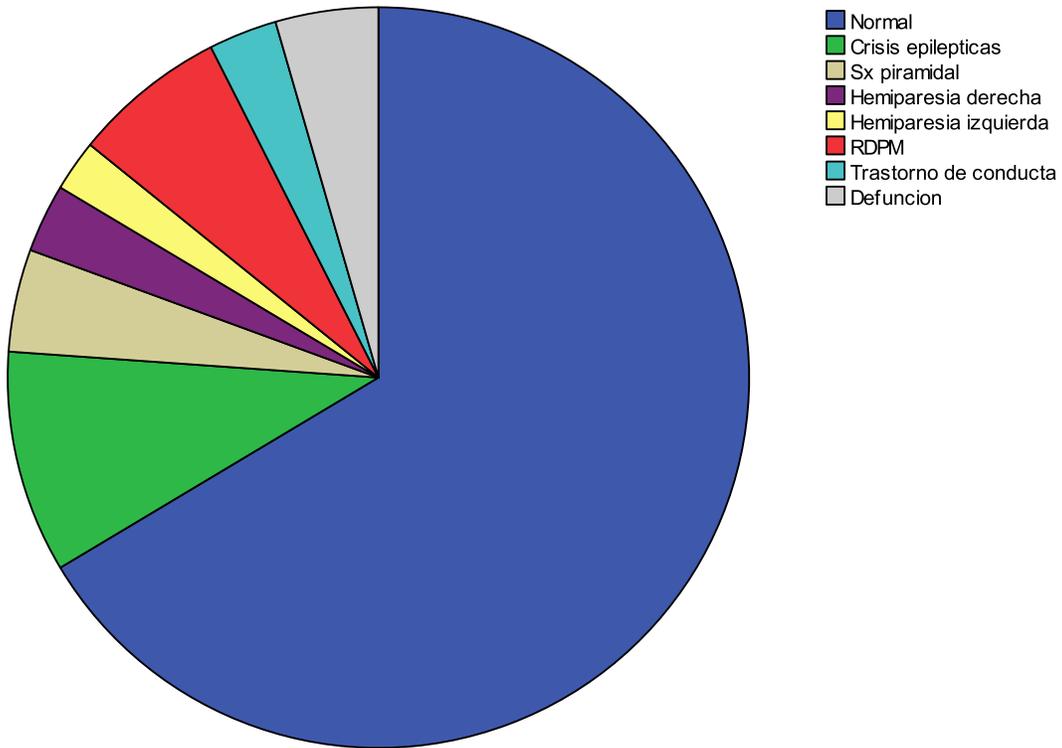


Tabla y grafico 10

En la tabla y grafico 9 muestra que los pacientes con cardiopatía congénita previo a la corrección quirúrgica tuvieron trastornos del neurodesarrollo en un 6% y crisis epilépticas 0.7%.

Los niños que fueron sometidos a circulación extracorpórea tuvieron un 9.7% de crisis epilépticas, 6.7% de trastornos del neurodesarrollo y el 4.5% fueron defunciones.

DISCUSION

Las complicaciones neurológicas durante la circulación extracorpórea ocurren frecuentemente y contribuyen significativamente a la mortalidad de los niños sometidos a esta técnica. Durante la circulación extracorpórea es necesario el pinzamiento de la arteria aorta con el fin de corregir en su totalidad o parcialmente el defecto cardiovascular, además de mantener una temperatura corporal de 16 a 18 °C por un tiempo determinado, de acuerdo a lo reportado en la literatura internacional el daño se produce cuando el tiempo de bomba se prolonga demasiado y el pinzamiento aórtico va mas allá de los 30 a 60 minutos, ya que esto significa mayor tiempo de paro circulatorio en hipotermia, riesgo de incrementar acidosis metabólica posterior a la circulación extracorpórea así como la presencia de hemorragia por el uso prolongado de heparina.

En este estudio encontramos que el tiempo de bomba mayor a 120 minutos represento en nuestros pacientes un factor de riesgo para presentar cambios en el electroencefalograma, 88 de 134 pacientes. El pinzamiento aórtico tuvo un intervalo de confianza del 95%, con riesgo atribuible de 2.1 en los pacientes que permanecen con un pinzamiento mayor a 60 minutos.

A pesar de que la acidosis metabólica y la hipotermia en la literatura internacional están documentadas como los principales factores de riesgo para daño neurológico en nuestros pacientes no represento un riesgo atribuible ya que en todos los reportes del pH fue de 7.30 a 7.45 y de temperatura mayores de 18°C, lo que hace que estas variables no tenga validez.

La significancia en la asociación de crisis epilépticas representadas clínica y electroencefalograficamente es documentar la incidencia de epilepsia en la población del Hospital Infantil de México, Federico Gómez, la cual fue del 11.2%, encontrando que en la literatura internacional representa el 9.8%. La disfunción reportada en el electroencefalograma fue del 14.9% lo cual representa que existe la posibilidad que el porcentaje de pacientes que podrían ser epilépticos en un futuro es alto. Al ser un Hospital de referencia a nivel nacional se espera que la incidencia supere las expectativas de otros centros de atención.

Uno de los riesgos presentes secundarios a circulación extracorpórea son las alteraciones del neurodesarrollo y la hemorragia las cuales tiene un impacto significativo en la supervivencia del paciente pediátrico, en nuestro hospital el porcentaje de pacientes con trastornos del neurodesarrollo fue del 9.7%, y la sospecha de hemorragia por la presencia de Hemiparesia corporal fue del 5.2%.

CONCLUSIONES

A pesar de la presencia de complicaciones neurológicas que requerirán de atención en ocasiones de por vida, la circulación extracorpórea sigue siendo la opción más adecuada para evitar la muerte de los pacientes con cardiopatías congénitas graves. Existen mejoras en las técnicas quirúrgicas día con día y los grandes centros de investigación así como las sociedades médicas dedicadas al desarrollo de estos proyectos se han dado a la tarea de sistematizar el uso de la circulación extracorpórea de acuerdo a la edad, peso y cardiopatía de los pacientes.

En nuestro hospital existe un grupo experimentado de cirujanos cardiovasculares que conocen esta sistematización ya que la incidencia de las complicaciones neurológicas están a la par de lo reportado por la literatura internacional.

BIBLIOGRAFIA

- 1) CONGENITAL HEART DISEASE, Mechanical cardiovascular support in infants and children, Brigitte Stiller,¹ Christoph Benk,² Christian Schlensak². *Heart* 2011;97:596e602. doi:10.1136/hrt.2009.175067.
- 2) Neurological complications of extracorporeal membrane oxygenation in children
Clinical article Shawn L. Hervey-Jumper, M.D.,¹ Gail M. Annich, M.D.,² Andrea R. Yancon, B.S., M.S.,¹ Hugh J. L. Garton, M.D., M.H.Sc.,¹ Karin M. Muraszko, M.D.,¹ and Cormac O. Maher, M.D.¹ Departments of ¹Neurosurgery and ²Pediatrics, University of Michigan, Ann Arbor, Michigan. *J Neurosurg Pediatrics* 7:000–000, 2011.
- 3) Extracorporeal Membrane Oxygenation to Aid Cardiopulmonary Resuscitation in Infants and Children, Ravi R. Thiagarajan, MBBS, MPH; Peter C. Laussen, MBBS; Peter T. *CIRCULATION*AHA.106.680678
- 4) Rapid-Response Extracorporeal Membrane Oxygenation to Support Cardiopulmonary Resuscitation in Children With Cardiac Disease, David A. Kane, MD; Ravi R. Thiagarajan, MBBS, MPH; David Wypij, 2010 American Heart Association, Inc.
- 5) Brain Protection During Pediatric Cardiopulmonary Bypass, XiaoweiW. Su and Akif Üндar. *Artificial Organs* 34(4):E91–E102, Wiley Periodicals, Inc. 2010