



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**



FACULTAD DE MEDICINA

**DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL
UNIDAD MÉDICA DE ALTA ESPECIALIDAD
HOSPITAL DE PEDIATRÍA
“DR. SILVESTRE FRENK FREUND”**

**“EFECTO DE LOS VALORES DE BIÓXIDO DE
CARBONO CARBONO POST-PINZAMIENTO
AÓRTICO SOBRE LA MORTALIDAD
POST-OPERATORIA EN PACIENTES PEDIÁTRICOS
SOMETIDOS A CIRUGÍA CARDIACA”**

TÉSIS

**PARA OBTENER EL DIPLOMA DE LA SUBESPECIALIDAD EN:
ANESTESIA PEDIÁTRICA**

**PRESENTA:
DRA. FRAGA HERNÁNDEZ MARTHA LIZETH.**

**TUTOR:
DRA. MARLENE GARCÍA LÓPEZ**

**ASESORES:
DR. GUEDES NICOLÁ LUIS HUMBERTO
DR. MARCO ANTONIO SOTO DÁVILA**



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.

DRA. ROCÍO CÁRDENAS NAVARRETE

Dirección de Educación e Investigación en Salud
Del Hospital de Pediatría
Del Centro Médico Nacional "Siglo XXI" del IMSS

DRA. JULIA ROCIO HERRERA MÁRQUEZ

División de Investigación en Salud
Del Hospital de Pediatría
Del Centro Médico Nacional "Siglo XXI" del IMSS

DRA. AMANDA IDARIK OLIVARES SOSA

División de Educación en Salud
Del Hospital de Pediatría
Del Centro Médico Nacional "Siglo XXI" del IMSS

DRA. MILAGROS VÁZQUEZ PULIDO

Profesor Titular del Curso Universitario de Anestesia Pediátrica (UNAM)
Del Hospital de Pediatría
Del Centro Médico Nacional "Siglo XXI" del IMSS

DRA. MALRENE GARCÍA LÓPEZ

Médico Adscrito al Departamento de Anestesiología
Del Hospital de Pediatría
Del Centro Médico Nacional "Siglo XXI" del IMSS

DRA. MARTHA LIZETH FRAGA HERNÁNDEZ

Médico Residente de Anestesiología Pediátrica
Del Hospital de Pediatría
Del Centro Médico Nacional "Siglo XXI" del IMSS

7/3/2019

SIRELCIS



INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL
DIRECCIÓN DE PRESTACIONES MÉDICAS



Dictamen de Aprobado

Comité Local de Investigación en Salud **3603**.
HOSPITAL DE PEDIATRIA, CENTRO MEDICO NACIONAL SIGLO XXI

Registro COFEPRIS 17 CI 09 015 042
Registro CONBIOÉTICA CONBIOETICA 09 CEI 032 2017121

FECHA Jueves, 07 de marzo de 2019

Dra. Marlen Garcia Lopez

PRESENTE

Tengo el agrado de notificarle, que el protocolo de investigación con título **Impacto de los valores de bióxido de carbono post-pinzamiento aórtico sobre la mortalidad post-operatoria en pacientes pediátricos sometidos a cirugía cardiaca**, que sometió a consideración para evaluación de este Comité, de acuerdo con las recomendaciones de sus integrantes y de los revisores, cumple con la calidad metodológica y los requerimientos de ética y de investigación, por lo que el dictamen es **APROBADO**:

Número de Registro Institucional
R-2019-3603-022

De acuerdo a la normativa vigente, deberá presentar en junio de cada año un informe de seguimiento técnico acerca del desarrollo del protocolo a su cargo. Este dictamen tiene vigencia de un año, por lo que en caso de ser necesario, requerirá solicitar la reaprobación del Comité de Ética en Investigación, al término de la vigencia del mismo.

ATENTAMENTE

Dr. HERMINO DE LA CRUZ YÁÑEZ
Presidente del Comité Local de Investigación en Salud No. 3603

[Imprimir](#)

IMSS

SEGURIDAD Y SOLIDARIDAD SOCIAL

1. Datos del alumno (Tesisista)	
Apellido paterno: Apellido materno Nombre (s) Teléfono: Universidad: Facultad o escuela: Carrera: No de Cuenta:	Fraga Hernández Martha Lizeth 81.23.35.86.55 Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Medicina Anestesia Pediátrica 518210405
2. Datos del asesor (es)	
Apellido paterno Apellido materno Nombre (s)	García López Marlene Guedes Nicolá Luis Humberto Soto Dávila Marco Antonio
3. Datos de la tesis	
Título No. de páginas Año: No. de registro	Impacto de los valores de bióxido de carbono post-pinzamiento aórtico sobre la mortalidad post-operatoria en pacientes pediátricos sometidos a cirugía cardiaca. 56 2020 R-2019-3603-022

ÍNDICE

Contenido		Página
1.	Índice	5
2.	Resumen	7
3.	Marco teórico	11
4.	Justificación	15
5.	Planteamiento del problema	17
6.	Hipótesis de investigación	18
7.	Objetivos de trabajo	19
	6.1. Objetivo general	19
	6.2. Objetivos específicos	19
8.	Universo de trabajo	20
9.	Diseño de estudio	21
	9.1. Tipo de estudio	21
	9.2. Enfoque metodológico	21
10.	Criterios de selección	22
	10.1. Criterios de inclusión	22
	10.2. Criterios de no inclusión	22
	10.3. Criterios de eliminación	22
11.	Definición de las variables	23
12.	Muestra poblacional	27
	12.1. Técnica de muestreo	27
	12.2. Tamaño de la muestra	27
13.	Análisis estadístico	29

14.	Aspectos éticos		30
15.	Factibilidad		32
	15.1.	Factibilidad operativa	32
	15.2.	Factibilidad técnica	32
	15.3.	Factibilidad económica	32
	15.4.	Recursos	33
		15.4.1. Recursos humanos	33
		15.4.2. Recursos físicos	33
		15.4.3. Recursos materiales	33
		15.4.4. Recursos financieros	33
16.	Productos esperados		34
17.	Cronograma de actividades		35
18.	Descripción general del estudio		37
19.	Resultados		39
20.	Discusión		44
21.	Conclusión		49
22.	Referencias bibliográficas		50
23.	Anexos		55

RESÚMEN

Título: Impacto de los valores de bióxido de carbono post-pinzamiento aórtico sobre la mortalidad post-operatoria en pacientes pediátricos sometidos a cirugía cardiaca.

Antecedentes: El valor del bióxido de carbono como marcador sustancial de la restitución de la apropiada circulación después del paro cardíaco esta determinado por su influencia sobre la hemodinámica global y la oxigenación tisular. Aunque su eficacia se ha estudiado en poblaciones limitadas en los entornos pre-hospitalario y los servicios de urgencias, asumimos podría ser de utilidad para guiar la toma de decisiones en los pacientes pediátricos sometidos a cirugía cardiaca con derivación cardiopulmonar. **Objetivo:** Comparar el impacto de los valores de bióxido de carbono post-pinzamiento aórtico $<32.7\text{mmHg}$ sobre la morbimortalidad post-operatoria en los pacientes pediátricos sometidos a cirugía cardiaca vs los que tienen valores $\geq 32.7\text{mmHg}$.

Material y métodos: Se realizo un estudio de casos y controles en el que se incluyeron todos los pacientes pediátricos sometidos a cirugía cardiaca con derivación cardiopulmonar que fueron operados durante el periodo comprendido del 1 de julio 2016 al 30 de junio de 2018. Se incluyeron como casos a 45 pacientes pediátricos que fallecieron dentro de los 30 días del post-operatorio. Los controles fueron seleccionados y pareados por edad (± 3 meses), género, tipo de cirugía (electiva o de urgencia), antecedentes quirúrgico-cardiacos (primera vez o re-operado) y por la patología que motivó su cirugía, en relación 1:1. Para el análisis de variables se utilizo estadística descriptiva utilizando medidas de tendencia central y dispersión, la estadística inferencial se obtuvo por medio de *U de Mann-Whitney*, *t de Student* y *Chi cuadrado* según fue el caso.

Una $p < 0.05$ fue considerada como estadísticamente significativa. Adicionalmente se realizó un análisis univariado, para la detección de las variables cuyas distribuciones mostraron diferencias significativas entre casos y controles. La fuerza de asociación entre la mortalidad y los valores de bióxido de carbono post-pinzamiento aórtico, además de otras variables confusorias se obtuvo mediante el *Odds Ratio* (OR). Los datos fueron procesados mediante el programa estadístico SPSS para Windows versión 24.0. **Resultados:** La morbilidad y la mortalidad fueron mayores en el grupo II ($p=0.000$, $p=0.000$, respectivamente). Sin embargo, los días de intubación orotraqueal y de estancia intrahospitalaria fueron similares en ambos grupos ($p=0.156$, $p=0.406$ respectivamente). Al análisis univariado, el grupo con valores de bióxido de carbono post-pinzamiento aórtico <32.7 mmHg se asoció con una mayor morbilidad a los 30 días (OR 24.75; IC del 95% 4.92-124.32) y mortalidad (OR 22.47; IC del 95% 4.85-10.17). **Conclusión:** Los pacientes pediátricos sometidos a cirugía cardíaca con valores de bióxido de carbono post-pinzamiento aórtico <32.7 mmHg tienen mayor mortalidad post-operatoria que los que tienen valores ≥ 32.7 mmHg.

Palabras clave: Bióxido de carbono; Hipocapnia; Cirugía cardíaca; Pediatría; Mortalidad; México.

ABSTRACT

Title: Impact of post-aortic impingement carbon dioxide values on post-operative mortality in pediatric patients undergoing cardiac surgery.

Background: The value of carbon dioxide as a substantial marker of restitution of proper circulation after cardiac arrest is determined by its influence on global hemodynamics and tissue oxygenation. Although its efficacy has been studied in limited populations in pre-hospital settings and emergency services, we assume it could be useful to guide decision-making in pediatric patients undergoing cardiac surgery with cardiopulmonary bypass. **Objective:** To compare the impact of <32.7 mmHg post-aortic carbon dioxide values on post-operative morbidity and mortality in pediatric patients undergoing cardiac surgery vs those with ≥ 32.7 mmHg values. **Material and methods:** A case-control study was conducted in which all pediatric patients undergoing cardiac surgery with cardiopulmonary bypass who underwent surgery during the period from July 1, 2016 to June 30, 2018, were included. cases to 45 pediatric patients who died within 30 days of the postoperative period. The controls were selected and matched by age (± 3 months), gender, type of surgery (elective or emergency), cardiac-surgical history (first time or re-operated) and by the pathology that motivated his surgery, in 1: 1 ratio. For the analysis of variables, descriptive statistics were used using measures of central tendency and dispersion, inferential statistics were obtained by means of Mann-Whitney U, Student's t and Chi squared as the case may be. A $p < 0.05$ was considered statistically significant. Additionally, a univariate analysis was performed to detect the variables whose distributions showed significant differences between cases and controls. The strength of association between mortality and post-aortic

impingement carbon dioxide values, in addition to other confounding variables, was obtained using the Odds Ratio (OR). The data was processed using the SPSS statistical program for Windows version 24.0. **Results:** Morbidity and mortality were higher in group II ($p = 0.000$, $p = 0.000$, respectively). However, the days of orotracheal intubation and hospital stay were similar in both groups ($p=0.156$, $p=0.406$ respectively). At the univariate analysis, the group with $<32.7\text{mmHg}$ post-aortic carbon dioxide values was associated with greater morbidity at 30 days (OR 24.75; 95% CI 4.92-124.32) and mortality (OR 22.47; 95% CI 4.85-10.17). **Conclusion:** Pediatric patients undergoing cardiac surgery with $<32.7\text{mmHg}$ post-aortic carbon dioxide values have higher post-operative mortality than those with 32.7mmHg values.

Keywords: Carbon dioxide; Hypocapnia; Heart surgery; Pediatrics; Mortality; Mexico.

MARCO TEÓRICO

El corazón es uno de los órganos principales que más frecuentemente se ve afectado por anomalías congénitas con una incidencia de 0,8 por 100 nacidos vivos. Aunque es común, la mayoría de las afecciones son menores y no requieren intervención quirúrgica.

La cardiopatía congénita se puede clasificar en general en defectos en la septación de la circulación y subdesarrollo/atresia de las estructuras y cámaras del corazón. Aunque a menudo, las lesiones pueden ocurrir juntas, proporcionando una cantidad considerable de la carga de trabajo quirúrgico.¹

La corrección de anomalías cardíacas congénitas comenzó a realizarse entre los años 1938-1940. En el año 1938, Robert Gross practicó la primera ligadura de un conducto arterioso persistente, en 1944 William Blalock llevó a cabo la creación de la primera fístula sistémico-pulmonar en un niño portador de tetralogía de Fallot y en 1945, Gross y Crafoord, trabajando de forma independiente, repararon una coartación aórtica; a partir de 1953, después de las exitosas operaciones preliminares con una máquina de derivación cardiopulmonar (DCP), llevadas a cabo por Gibbon, se inició un desarrollo ascendente en el campo de la cirugía cardíaca, evolucionando el tratamiento de los pacientes con una cardiopatía congénita de manera espectacular.²

La cirugía tiene como objetivo restaurar la anatomía normal siempre que sea posible. Sin embargo, cuando la anatomía no se puede corregir o es demasiado compleja para considerar la corrección en una sola etapa, puede ser necesario realizar procedimientos que logren una circulación segura y equilibrada sin lograr necesariamente una fisiología normal. Estos se conocen como procedimientos "paliativos". Muchos de estos procedimientos son medidas temporizadoras

hasta que la reparación definitiva se realice a una edad posterior, y aunque del 10-15% de los procedimientos no requieren de DCP, la mayoría de los procedimientos se realizan mediante apoyo de la misma.

En lesiones complejas, el cirujano necesita equilibrar el riesgo de un procedimiento de derivación cardiopulmonar largo con estrategias alternativas que palian la circulación y permiten completar la reparación a una edad más avanzada, por lo que uno de los grandes desafíos en la cirugía cardíaca congénita es la corrección anatómica completa mediante el menor número de operaciones. Por lo que actualmente, y como consecuencia de los adelantos en la protección miocárdica, los avances en las técnicas de DCP, la aparición de nuevas técnicas quirúrgicas y el progreso en los cuidados perioperatorios, se promueve una tendencia creciente hacia la planificación de la corrección a una edad cada vez más temprana. Para ello, es necesaria la coordinación de un equipo multidisciplinar de profesionales que traten a estos pacientes con el objetivo principal de mantener un adecuado equilibrio en todos los órganos y tejidos.³

Aunque no siempre relacionados con la cardiopatía ni con la propia cirugía, los problemas específicos de los diferentes órganos pueden alterar de forma significativa el postoperatorio de los pacientes.⁴ Aunado a esto debemos de considerar las posibles complicaciones secundarias a la cardiopatía y/o la DCP.

5-9

La DCP expone la sangre del paciente a un circuito artificial, por lo que está bien asociada con el desarrollo de una respuesta inflamatoria sistémica debido a la activación de mediadores inflamatorios e inmunológicos que alteran el equilibrio redox dando como resultado una disfunción multiorgánica y un aumento de la

morbilidad y la mortalidad en los niños.¹⁰⁻¹² La hemodilución es otro efecto secundario prominente de la DCP y, cuando esta es más acentuada, conduce a una menor capacidad de transporte de oxígeno y disminución de la concentración de las principales proteínas plasmáticas y factores de la coagulación. Esto se exagera en la población neonatal debido a la disminución de la relación sangre-volumen de cebado.

En cuanto a los riesgos derivados del manejo anestésico, hemos considerado la hipocapnia, definida como una $\text{PaCO}_2 < 35 \text{ mmHg}$ a nivel del mar o $< 32.7 \text{ mmHg}$ a nivel de la Ciudad de México.¹³

La hipocapnia leve es una práctica común durante la anestesia general pediátrica, sin embargo a lo largo del tiempo no ha mostrado beneficios bien definidos. Su uso puede haber sido introducido debido a las preocupaciones de la hipertensión y la taquicardia relacionadas con hipercapnia que pueden aumentar la demanda de oxígeno a nivel del miocardio. Otros beneficios propuestos de la hipocapnia intraoperatoria incluyen la reducción de la necesidad de relajantes musculares y la reducción de los requerimientos hipnóticos. Sin embargo, no hay buena evidencia para tales prácticas. A pesar de la falta de evidencia, la hipocapnia leve sigue siendo aceptada en la práctica clínica pediátrica.

Los efectos perjudiciales de la hipocapnia son muchos, causa vasodilatación e hipovolemia relativa, puede causar una reducción significativa en el retorno venoso, insuficiencia del corazón derecho y aumento de la demanda de oxígeno a nivel miocárdico. Además, puede causar la prolongación del intervalo QT y arritmias cardíacas. Otros efectos de la hipocapnia incluyen disminución del flujo sanguíneo cerebral y la función cognitiva, aumento de la permeabilidad

microvascular pulmonar, disminución de la distensibilidad pulmonar (debido a la broncoconstricción), aumento de la fracción de derivación intrapulmonar causada por la inhibición de la vasoconstricción pulmonar hipóxica y desplazamiento hacia la izquierda de la curva de disociación de la oxihemoglobina, hipercoagulopatía, así como un empeoramiento durante resucitación cardiopulmonar.^{14,15}

En la literatura, algunos autores se refieren a la PaCO_2 para definir la capnometría, otros al dióxido de carbono al final de la espiración (CO_2ET). Podría suponerse que CO_2ET se considera apropiado para estimar la PaCO_2 , incluso en situaciones críticas. Un gradiente de $\text{PaCO}_2\text{-CO}_2\text{ET}$ de 2-5 mm Hg se considera normal en pacientes hemodinámicamente estables.¹⁶

Se ha sugerido que la separación de la derivación cardiopulmonar, incluida la oxigenación con membrana extracorpórea (ECMO), puede ser exitosa en pacientes cuyo CO_2ET se encuentra cercano o mayor de 30mmHg y que valores de CO_2ET alrededor de 40mmHg o más pueden ser beneficiosos y deberían aceptarse como un estándar de atención.^{15,17}

Sin embargo, nosotros consideramos que las cifras de CO_2ET post-derivación cardiopulmonar al verse influenciada por múltiples factores, entre ellos, los parámetros de la ventilación mecánica, pudieran no ser del todo fidedignos, por lo que estimamos que los valores de P_aCO_2 post-pinzamiento aórtico, al encontrarse aun excluida la circulación pulmonar del paciente, en condiciones constantes de temperatura, podría ser una variable de gran valor pronóstico. Así, se ha planteado la cuestión de si la hipocapnia definida como una $\text{PaCO}_2 < 35\text{mmHg}$ a nivel del mar o $< 32.7\text{mmHg}$ a nivel de la Ciudad de México,¹³ podría influir en la mortalidad postoperatoria.

JUSTIFICACIÓN

Aunque la hipocapnia parcial o intencionada es común en la práctica anestésica pediátrica, se sabe poco acerca de su influencia sobre la morbimortalidad post-operatoria en pacientes sometidos a cirugía cardiaca con derivación cardiopulmonar.

Estudios experimentales previos han mostrado resultados inconsistentes con respecto a los efectos de la presión parcial de bióxido de carbono arterial (P_aCO_2) sobre el pronóstico de los pacientes sometidos a cirugía en otros entornos clínicos. Esto puede haber sido causado en parte por diferencias en el diseño experimental de las investigaciones. Aunque la mayoría de los estudios han demostrado que la hipercapnia aumenta el flujo sanguíneo miocárdico por encima de las demandas metabólicas, los resultados con respecto a los efectos de la hipocapnia son variables.

Aunado a esto, parece cuestionable transferir conclusiones de estudios experimentales en modelos animales y en otros entornos clínicos, y proyectarlas al paciente cardiópata pediátrico sometido a cirugía con derivación cardiopulmonar. Sobre todo porque los efectos clínicos de los diferentes niveles de P_aCO_2 , sobre los cambios en el flujo sanguíneo miocárdico, el metabolismo y la hemodinámica global, podrían verse afectados por la respuesta inflamatoria sistémica producida por el empleo de la derivación cardiopulmonar, aumentando el riesgo de morbimortalidad post-operatoria en este tipo de pacientes.

Además de ser un rubro escasamente estudiado en la literatura.

Con estas premisas comparamos el impacto de los valores de bióxido de carbono post-pinzamiento aórtico $<32.7\text{mmHg}$ sobre la mortalidad post-

operatoria en los pacientes pediátricos sometidos a cirugía cardíaca vs los que tienen valores ≥ 32.7 mmHg.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Será que los pacientes pediátricos sometidos a cirugía cardíaca con valores de bióxido de carbono post-pinzamiento aórtico $<32.7\text{mmHg}$ tienen mayor mortalidad post-operatoria que los que tienen valores $\geq 32.7\text{mmHg}$?

HIPÓTESIS

Hipótesis de investigación

Los pacientes pediátricos sometidos a cirugía cardiaca con valores de bióxido de carbono post-pinzamiento aórtico $<32.7\text{mmHg}$ tienen mayor mortalidad post-operatoria que los que tienen valores $\geq 32.7\text{mmHg}$.

OBJETIVOS DE TRABAJO

Objetivo general:

Comparar el impacto de los valores de bióxido de carbono post-pinzamiento aórtico $<32.7\text{mmHg}$ sobre la mortalidad post-operatoria en los pacientes pediátricos sometidos a cirugía cardíaca vs los que tienen valores $\geq 32.7\text{mmHg}$.

Objetivos específicos:

- Conocer los aspectos sociodemográficos de los pacientes pediátricos sometidos a cirugía cardíaca con derivación cardiopulmonar en nuestra institución hospitalaria.
- Determinar la mortalidad postoperatoria en los pacientes pediátricos sometidos a cirugía cardíaca con derivación cardiopulmonar en nuestra institución hospitalaria.

MATERIAL Y MÉTODOS

UNIVERSO DE TRABAJO

Pacientes pediátricos ingresados a la Unidad Médica de Alta Especialidad Hospital de Pediatría "Dr. Silvestre Frenk Freund" del Centro Médico Nacional "Siglo XXI", del Instituto Mexicano del Seguro Social en la Ciudad de México sometidos a cirugía cardiaca electiva o de urgencia con derivación cardiopulmonar, operados durante el periodo comprendido del 1 de julio 2016 al 30 de junio de 2018, de cualquier edad y género. Se realizó un estudio de casos y controles finalmente determinando por el objetivo general y los específicos. Se utilizó un instrumento de recolección de datos para su análisis posterior.

DISEÑO DE ESTUDIO:**Diseño de estudio.**

- Casos y controles.

Enfoque metodológico.

- Por el control de la maniobra experimental por el investigador: Observacional.
- Por la captación de la información: Retrospectivo
- Por la medición del fenómeno en el tiempo: Transversal
- Por la presencia de un grupo control: Comparativo
- Por la ceguedad en la aplicación y evaluación de la maniobra: Abierto

CRITERIOS DE SELECCIÓN

Criterios de inclusión:

- Pacientes pediátricos sometidos a cirugía cardiaca con derivación cardiopulmonar electiva o de urgencia.
- Pacientes operados durante el periodo comprendido del 1 de julio 2016 al 30 de junio de 2018
- Pacientes pediátricos de cualquier edad.
- Género indistinto.

Criterios de no inclusión:

Se excluyeron a aquellos pacientes con valores de bicarbonato de sodio medido (HCO_3) post-pinzamiento aórtico ≥ 28 mEq/Lt, y aquellos que al momento de la recolección de datos no se localizaron los mismos.

Criterios de eliminación:

El criterio de eliminación fue aquellos pacientes con alguna carencia estructural en el expediente clínico que impidió el llenado completo de la hoja de recolección de datos.

DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.

VARIABLES				DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	UNIDAD DE MEDICIÓN
Independiente	Bioxido de carbono	Cualitativa dicotómica	Nominal	Compuesto orgánico atmosférico, considerado gas de desecho, liberado por las células y transportado en la sangre a los pulmones, y expulsado durante la espiración.	Valor numérico expresado en milímetros de mercurio (mmHg) reportado en la gasometría arterial post-pinzamiento aórtico.	Milímetros de mercurio (mmHg)
Independiente	Hipocapnia	Cualitativa dicotómica	Nominal	Deficiencia de dióxido de carbono en la sangre arterial.	Se clasificará en función de los resultados reportados en la gasometría arterial para el destete de la DCP.	1. Si ($P_aCO_2 < 32.7 \text{ mmHg}$) 1. No ($P_aCO_2 \geq 32.7 \text{ mmHg}$)
Dependiente	Mortalidad posoperatoria	Cualitativa dicotómica	Nominal	Efecto terminal que resulta de la extinción del proceso homeostático y con ello el fin de la vida en un paciente que es sometido a cirugía.	Se clasifica de acuerdo al reporte del SISPA, reportado en el expediente clínico.	1. Si 2. No
Dependiente	Estancia Posoperatoria	Cuantitativa	Discreta	Número de días transcurridos desde el ingreso del paciente al	Valor numérico expresado en días, contados desde la cirugía hasta el día de su alta hospitalaria inclusive,	Días

				quirófano, hasta su egreso hospitalario	reportado en el expediente clínico.	
Confusoria	Presión sistólica de arteria pulmonar	Cuantitativa	Discreta	Fuerza que ejerce la sangre eyectada del corazón sobre la pared de la arteria pulmonar.	Valor numérico expresado en milímetros de mercurio (mmHg) registrado en el expediente clínico.	Milímetros de mercurio (mmHg)
Confusoria	Tiempo anestésico	Cuantitativa	Continua	Medida cronológica que abarca el período comprendido desde el suministro de cualquier agente anestésico hasta el cese de los mismos.	Valor numérico asentado en la hoja de registro anestésico del expediente.	Minutos (min)
Confusoria	Tiempo quirúrgico	Cuantitativa continua	Continua	Medida cronológica que abarca el período comprendido desde la histéresis hasta el término del cierre de tórax.	Valor numérico asentado en la hoja de reporte quirúrgico del expediente.	Minutos (min)
Confusoria	Tiempo de derivación cardiopulmonar	Cuantitativa	Continua	Medida cronológica que abarca el período comprendido desde el inicio del empleo de la bomba de circulación extracorpórea hasta el cese de la misma.	Valor numérico asentado en la hoja de perfusión del expediente.	Minutos (min)

Confusoria	Tiempo de pinzamiento aórtico	Cuantitativa	Continua	Medida cronológica que abarca el período de oclusión de la arteria aorta mediante una pinza vascular.	Valor numérico asentado en la hoja de perfusión del expediente.	Minutos (min)
Confusoria	Tiempo de parada circulatoria	Cuantitativa	Continua	Medida cronológica que abarca el período de cese del flujo durante la derivación cardiopulmonar.	Valor numérico asentado en la hoja de perfusión del expediente.	Minutos (min)
Demográfica	Edad	Cuantitativa	Discreta	Medida cronológica que abarca el tiempo transcurrido desde el nacimiento hasta el momento de la cirugía	Valor numérico expresado en años registrado en el expediente clínico.	Años
Demográfica	Peso	Cuantitativa	Continua	Medida antropométrica de la fuerza que ejerce la acción de la gravedad sobre la masa corporal.	Valor numérico expresado en kilogramos (kg) reportado por la báscula y registrado en el expediente clínico.	Kilogramos (kg)
Demográfica	Talla	Cuantitativa	Discreta	Medida antropométrica de la longitud desde la planta de los pies hasta la parte más alta de la cabeza.	Valor numérico expresado en centímetros (cm) reportado por el	Centímetros (cm)

					estadímetro y registrado en el expediente clínico.	
Demográfica	Área de superficie corporal	Cuantitativa	Continua	Medida de la superficie del cuerpo humano, indicador metabólico que está menos afectado por la masa adiposa anormal.	Valor numérico expresado en metros cuadrados (m ²) que se obtiene mediante la fórmula de Dubois & Dubois, registrada en el expediente clínico.	Metros cuadrados (m ²)

MUESTRA POBLACIONAL

Técnica de muestreo:

- Muestreo no probabilístico por cuotas.

Tamaño de la muestra:

Se realizó un estudio de casos y controles mediante muestreo no probabilístico por cuotas de aquellos pacientes que cumplieron con los criterios de inclusión en el Hospital de Pediatría "Dr. Silvestre Frenk Freund" del Centro Médico Nacional "Siglo XXI" durante el periodo comprendido del 1 de julio 2016 al 30 de junio de 2018.

Se postuló que la mortalidad en cirugía cardíaca pediátrica es 7.5%. Este dato se basó en un estudio realizado por Cervantes-Salazar J y colaboradores ⁽²²⁾. Con este dato, calculamos el tamaño de muestra necesario en cada grupo para un margen de seguridad (α) del 95% ($\alpha=0,05$). Así, conocemos los siguientes parámetros:

- $Z_{\alpha^2} = 1.962$ (seguridad del 95%)
- p_0 = Porcentaje que esperamos encontrar en la población
- $q_0 = 1-p_0$
- d = Precisión (en este caso deseamos un 5%)

De acuerdo con estos datos, se estimó el tamaño de la muestra requerido, mediante la siguiente fórmula ⁽²³⁾:

$$n = \frac{Z_{\alpha} \times p_0 \times q_0}{d^2}$$

Esto es, se calcula un tamaño muestral de 90 pacientes, 45 casos y 45 controles, lo que permite alcanzar una potencia del 90 % (con un error de 0,05) para

detectar un riesgo relativo mayor a 1 para una prevalencia del factor estudiado igual a 7.5%.

Los controles fueron seleccionados y pareados en relación 1:1 por edad (+/- 3 meses), género, tipo de cirugía (electiva o de urgencia), antecedentes quirúrgico-cardiacos (primera vez o re-operado) y por la patología que motivó su cirugía.

ANÁLISIS DE DATOS.

Para el análisis de variables, se realizó estadística descriptiva, utilizando medidas de tendencia central y dispersión. Para variables cuantitativas y con distribución normal, se obtuvo una media aritmética y desviación estándar; para cualitativas nominales tasas de razones y proporciones.

Para la estadística inferencial, la comparación de los datos no paramétricos con distribución gaussiana se realizó mediante el test de la *U de Mann-Whitney*, para los datos con distribución no gaussiana se realizó mediante el test de la *t de Student* y para los datos categóricos mediante el análisis de la *Chi cuadrado*.

Una $p < 0.05$ fue considerada como estadísticamente significativa.

Adicionalmente se realizó un análisis univariado, para la detección de las variables cuyas distribuciones mostraron diferencias significativas entre casos y controles. La fuerza de asociación entre la mortalidad y los valores de bióxido de carbono post-pinzamiento aórtico, además de otras variables confusorias se obtuvo mediante el Odds Ratio (OR).

Los datos fueron procesados mediante el programa estadístico SPSS para Windows versión 24.0.

Los resultados se presentaron en tablas y gráficos.

ASPECTOS ÉTICOS

El presente estudio se contempla de acuerdo con los lineamientos éticos de la declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial, adoptada por la 18ª Asamblea Médica Mundial Helsinki, Finlandia, junio 1964 y enmendada por la 29ª Asamblea Médica Mundial Tokio, Japón, octubre de 1975. 35ª Asamblea Médica Mundial Venecia, Italia, octubre de 1983. 41ª Asamblea Médica Mundial Hong Kong, septiembre 1989, 48ª Asamblea General Somerset West, Sudáfrica, octubre 1996 y la 52ª Asamblea General Edimburgo, Escocia, octubre 2000. Nota de Clarificación del Párrafo 29, agregada por la Asamblea General de la AMM, Washington 2002. Nota de Clarificación del Párrafo 30, agregada por la Asamblea General de la AMM, Corea 2008y a lo establecido en el Reglamento de la Ley General de Salud en materia de investigación para la salud en sus artículos 17, 100 y 101.

Según el Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud, la investigación se clasifica como: **“SIN RIESGO”**.

Una vez aprobada la investigación por el Comité local de investigación (CLIEIS) del Hospital de Pediatría “Dr. Silvestre Frenk Freund” del Centro Médico Nacional “Siglo XXI”, se recabo la información médica necesaria. El estudio fue realizado por profesionales de la salud, con conocimiento y experiencia para cuidar la información médica protegida, bajo la responsabilidad de la institución de renombre, por lo que garantizamos que no se expuso la identificación de ninguno de los pacientes cuyos expedientes formaron parte del estudio, ni en las presentaciones, ni en las publicaciones que deriven de este estudio y de que los datos relacionados con su privacidad han sido manejados en forma confidencial,

prevaleciendo así el criterio de respeto a la dignidad y protección de la información.

FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

Factibilidad Operativa:

Se conto con los recursos humanos dotados de conocimientos, habilidades, destrezas y experiencia para la ejecución de los procesos necesarios para el logro de los objetivos previamente planteados durante la operación del proyecto.

Factibilidad Técnica:

Se conto con las herramientas (elementos tangibles) suficientes para efectuar las actividades o procesos que requeria el trabajo de investigación.

Factibilidad Económica:

Se conto con los recursos económicos necesarios para desarrollar o llevar a cabo las actividades o procesos que requería el trabajo de investigación.

RECURSOS

Recursos humanos:

- 2 Médicos Adscritos al Departamento de Anestesiología Pediátrica: Encargados de diseño clínico.
- Médico Adscrito al departamento de Oftalmología Pediátrica: Encargado del diseño metodológico y análisis de las variables.
- Médico Residente de Anestesiología Pediátrica: Encargado del registro de las variables durante el procedimiento e ingreso de estas a una base de datos electrónica.

Recursos físicos:

El estudio se llevo a cabo en el área de archivo clínico del Hospital de Pediatría "Dr. Silvestre Frenk Freund" del Centro Médico Nacional "Siglo XXI".

Recursos materiales:

- **Activo variable**
 - Material de papelería
- **Activo fijo**
 - Computadora

Recursos financieros:

El costo de la investigación fue absorbido por la institución hospitalaria, ya que esta contaba con los recursos humanos, físicos y materiales para llevarla a cabo.

PRODUCTOS ESPERADOS

Los principales productos de la ejecución de este proyecto de investigación se resumen de la siguiente manera:

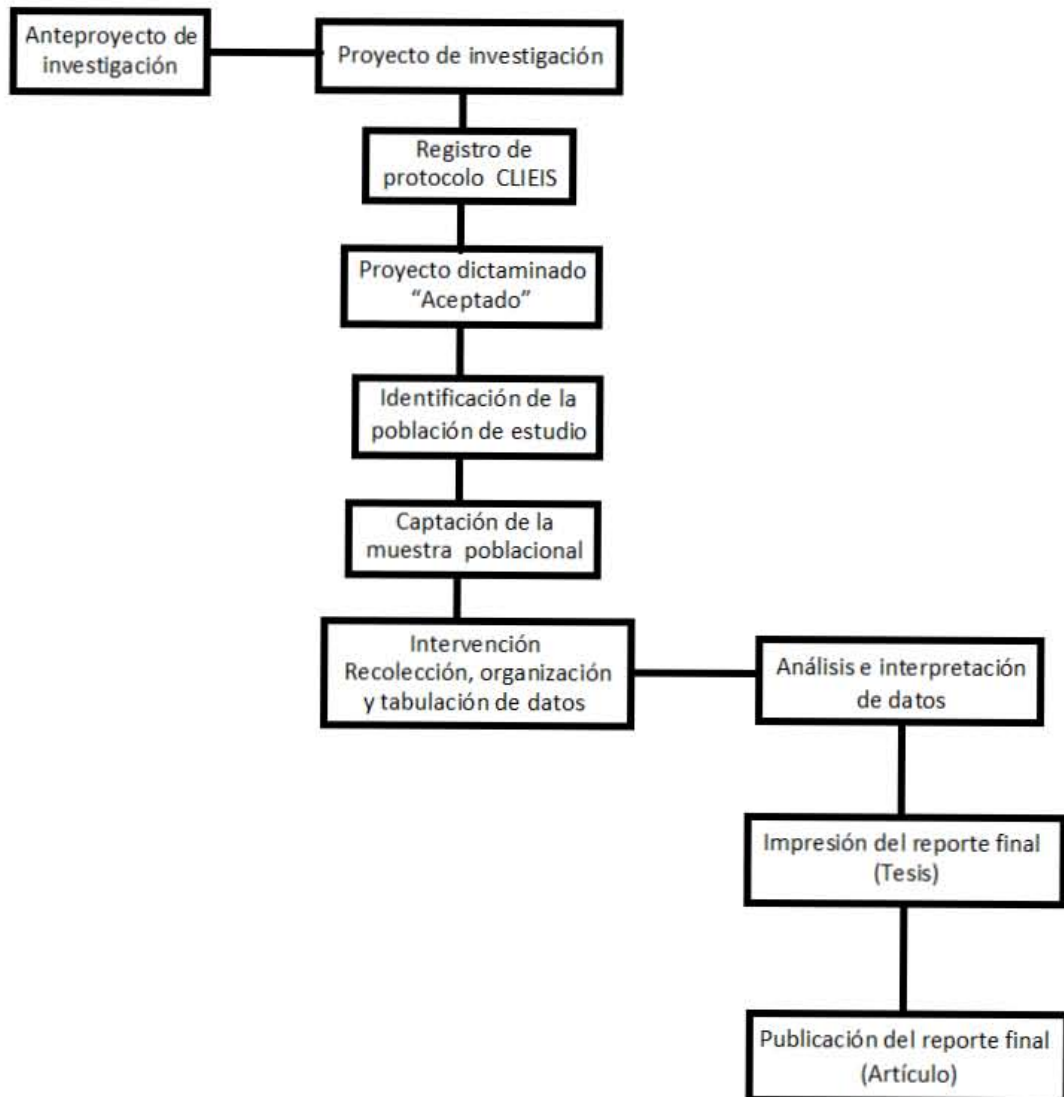
- La constitución de una base de datos sobre los pacientes pediátricos sometidos a cirugía cardíaca con derivación cardiopulmonar, en el Hospital de Pediatría "Dr. Silvestre Frenk Freund" del Centro Médico Nacional "Siglo XXI".
- Edición de material impreso en la forma de una Tesis de Postgrado de Sub-Especialidad, que recogió la experiencia y los aprendizajes logrados a través del trabajo de investigación.
- En un futuro próximo, la edición de un artículo científico, que recogerá la sistematización realizada en el tema, así como las experiencias del proyecto en el desarrollo de la investigación propuesta con una especial referencia a la situación en nuestra Institución Hospitalaria.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

El estudio se realizo del 01 de septiembre de 2018 al 31 de agosto de 2019, como se muestra en el siguiente cronograma de Gantt.

Actividad	Descripción de la actividad	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	
A	FASE DE PLANEACIÓN													
1	Búsqueda de la bibliografía	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
2	Redacción del proyecto	■	■	■										
3	Revisión del proyecto				■	■	■	■	■					
4	Presentación ante el hospital				■	■								
B	FASE DE EJECUCION													
1	Recolección de datos						■							
2	Organización y tabulación							■					■	
3	Análisis e interpretación							■					■	
C	FASE DE COMUNICACIÓN													
1	Redacción del informe final							■					■	
2	Aprobación del informe final								■				■	
3	Impresión del informe final								■				■	
4	Publicación del informe final									■	■	■	■	
		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
		Planeado							Realizado					

FLUJOGRAMA DE ACTIVIDADES



DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ESTUDIO.

Con la aprobación de la Comité Local de Investigación (CLIEIS) del Hospital de Pediatría "Dr. Silvestre Frenk Freund" del Centro Médico Nacional "Siglo XXI", se realizó en un grupo de 90 pacientes de la institución un estudio de casos y controles, que comparó el impacto de los valores de bióxido de carbono post-pinzamiento aórtico $<32.7\text{mmHg}$ sobre la morbimortalidad post-operatoria en los pacientes pediátricos sometidos a cirugía cardíaca vs los que tienen valores $\geq 32.7\text{mmHg}$. La población de estudio comprendió pacientes pediátricos sometidos a cirugía cardíaca con derivación cardiopulmonar, de cualquier edad y género. Se excluyeron aquellos pacientes con valores de bicarbonato de sodio medido (HCO_3) post-pinzamiento aórtico $\geq 28\text{ mEq/Lt}$, y aquellos que al momento de la recolección de datos no se localizaron los mismos. El criterio de eliminación fue aquellos pacientes con alguna carencia estructural en el expediente clínico que impidió el llenado completo del instrumento de recolección de datos.

Para la obtención del listado de pacientes, se llevó a cabo una revisión de la vitácora de procedimientos anestésicos realizados a nivel institucional. Se tomó nombre y número de seguridad social de los pacientes pediátricos que fueron sometidos a cirugía cardíaca electiva o de urgencia con derivación cardiopulmonar, de igual forma se revisaron las copias de los informes operatorios del servicio de cirugía pediátrica, anestesiología y medicina extracorpórea, posteriormente se revisó en el expediente clínico electrónico ECE®; de esta manera se confeccionó un listado inicial de pacientes. Se solicitaron los expedientes clínicos en el departamento de archivo, y se les aplicaron los criterios de no inclusión y de eliminación, seleccionando así la serie clínica preliminar. Una vez elaborada, mediante la revisión del expediente clínico,

se obtuvo de cada paciente toda la información necesaria, para integrar los dos grupos de estudio.

Se incluyeron como casos a 45 pacientes pediátricos que fueron sometidos a cirugía cardíaca con derivación cardiopulmonar durante el periodo de estudio y que fallecieron dentro de los 30 días del post-operatorio. Los controles fueron seleccionados y pareados por edad (\pm 3 meses), género, tipo de cirugía (electiva o de urgencia), antecedentes quirúrgico-cardíacos (primera vez o re-operado) y por la patología que motivó su cirugía, en relación 1:1.

La información obtenida fue recogida en un formulario de fácil aplicación, con pruebas diseñadas para tal fin. El proceso de identificación de pacientes fue realizado por el residente de Anestesia Pediátrica. Los datos obtenidos fueron exportados a una base de datos electrónica para su procesamiento posterior.

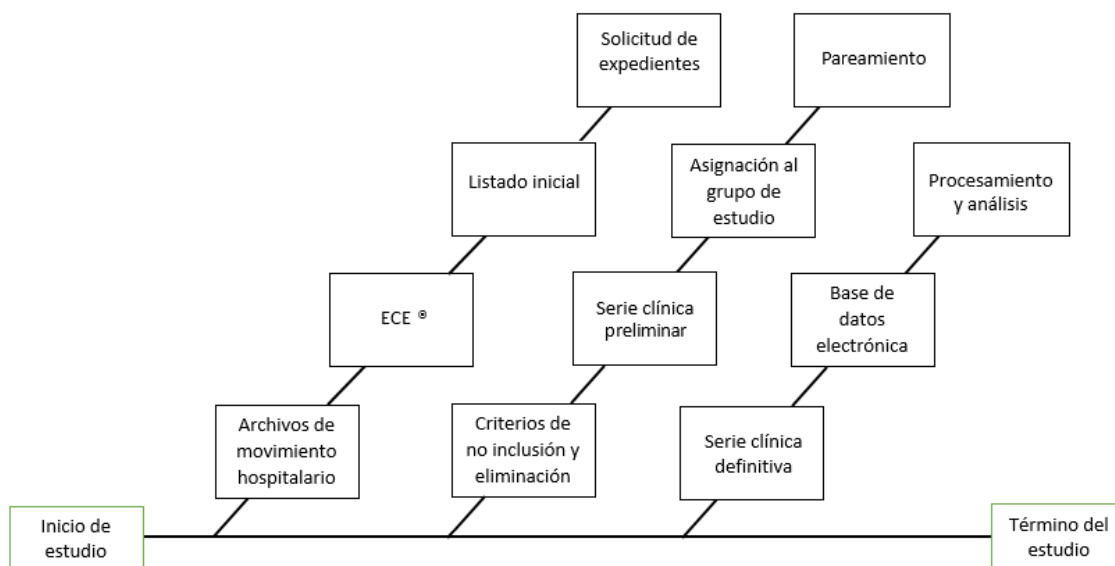


Figura 1. Trayectoria del estudio.

RESULTADOS

Ningún paciente fue excluido del estudio. Por lo tanto, se analizaron los datos de un total de 90 pacientes, que se distribuyeron en 2 grupos, el grupo I ($n=25$), con valores de bióxido de carbono post-pinzamiento aórtico ≥ 32.7 mmHg y el grupo II ($n=65$), con valores de bióxido de carbono post-pinzamiento aórtico < 32.7 mmHg. La edad promedio de los pacientes fue 16.63 ± 15.05 meses. 60 pacientes (66.7%) eran del género masculino. El promedio de la presión arterial de bióxido de carbono y las concentraciones plasmáticas de bicarbonato de sodio sérico basales fue de 39.98 ± 10.65 y 22.75 ± 3.64 respectivamente. No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos, en cuanto a las características basales (Tabla 1).

En lo que respecta a las variables transoperatorias, el tiempo de derivación cardiopulmonar, así como el de pinzamiento aórtico, en ambos grupos de pacientes fueron prácticamente iguales. Mientras que los tiempos anestésico-quirúrgicos estuvieron dentro de los estándares acostumbrados a nivel institucional. 26.66% (24 pacientes) requirieron de arresto cardiaco. No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos (Tabla 2).

De acuerdo con el seguimiento posoperatorio (Tabla 3), observamos que la morbilidad y la mortalidad fueron significativamente mayores en el grupo II ($p=0.000$, $p=0.000$, respectivamente). Sin embargo, los días de intubación orotraqueal y los días de estancia intrahospitalaria fueron similares en ambos grupos de pacientes sin mostrar diferencias estadísticamente significativas ($p=0.156$, $p=0.406$ respectivamente).

La tabla 3 muestra los resultados de pacientes no ajustados entre los dos grupos. Sin embargo, el análisis de regresión logística univariante indicó que el grupo II se asoció con un mayor riesgo de morbilidad, extubación tardía y una mayor estadía intrahospitalaria (Tabla 4).

Tabla 1. Variables demográficas.			
Variable	Grupo I (n=25)	Grupo II (n=65)	p
Edad (meses)	15.64 ± 12.48	17.02 ± 16.01	0.700
Género (M/F)	18/7	42/23	0.506
Peso (Kg)	8.38 ± 3.40	7.51 ± 4.26	0.175
Talla (cm)	72.88 ± 12.21	70.18 ± 16.75	0.076
ASC (m ²)	0.41 ± 0.12	0.38 ± 0.15	0.168
RACHS-1 (I/II/III/IV)	0/22/0/3	0/52/8/5	0.166
Aristóteles	8 (6-11)	7 (6-11)	0.090
P _a CO ₂ -0 (mmHg)	36.76 ± 10.08	41.22 ± 10.68	0.076
HCO ₃ -0 (mmol/L)	22.22 ± 4.16	22.96 ± 3.44	0.392
<p>M: Masculino; F: Femenino; ASC: Área de superficie corporal; RACHS: <i>Risk Adjustment in Congenital Heart Surgery</i>; P_aCO₂ 0: Presión arterial de bioxido de carbono basal; HCO₃ 0: Bicarbonato de sodio sérico basal; *: Significancia estadística.</p>			

Tabla 2. Variables transoperatorias			
Variable	Grupo I (n=25)	Grupo II (n=65)	p
Tiempo Ax (min)	262.08 ± 53.10	268.62 ± 58.18	0.626
Tiempo Qx (min)	207.40 ± 44.53	207.22 ± 59.08	0.989
Tiempo CEC (min)	78.08 ± 33.65	78.95 ± 40.94	0.925
Tiempo PAo (min)	45.52 ± 29.37	43.00 ± 33.38	0.741
Arresto cardiaco (Si/No)	3/22	20/45	0.067
P _a CO ₂ -1 (mmHg)	36.76 ± 10.08	41.22 ± 10.68	0.000*
HCO ₃ -1 (mmol/L)	22.22 ± 4.16	22.96 ± 3.44	0.009*
<p>Ax: Anestésico, Qx: Quirúrgico; CEC: Circulación extracorpórea; PAo: Pinzamiento aórtico; P_aCO₂-1: Presión arterial de bioxido de carbono post-pinzamiento; HCO₃-1: Bicarbonato de sodio sérico post-pinzamiento; *: Significancia estadística.</p>			

Tabla 3. Variables postoperatorias			
Variable	Grupo I (n=25)	Grupo II (n=65)	p
Morbilidad (Si/No)	14/11	63/2	0.000*
Mortalidad (Si/No)	2/23	43/22	0.000*
IOT (Días)	4.22 ± 6.54	6.63 ± 7.36	0.156
EIH (Días)	15.52 ± 8.00	13.37 ± 11.86	0.406
P _a CO ₂ -2 (mmHg)	37.16 ± 6.86	39.83 ± 12.85	0.301
HCO ₃ -2 (mmol/L)	21.73 ± 2.80	20.47 ± 2.97	0.071
<p>IOT: Intubación orotraqueal; EIH: Estancia intrahospitalaria; P_aCO₂-2: Presión arterial de bioxido de carbono al termino de la cirugía; HCO₃-2: Bicarbonato de sodio sérico al termino de la cirugía; *: Significancia estadística.</p>			

Tabla 4. Análisis univariado				
Variable	OR	IC al 95%		p
		Inferior	Superior	
Morbilidad	24.75	4.92	124.32	0.000*
Mortalidad	22.47	4.85	104.17	0.000*
IOT	0.16	0.058	0.44	0.001*
EIH	1.59	1.32	1.91	0.001*

IOT: Intubación orotraqueal; **EIH:** Estancia intrahospitalaria; **OR:** *Odds ratio*;
IC: Intervalo de confianza; *: Significancia estadística.

DISCUSIÓN

A lo largo del tiempo se han informado múltiples factores de riesgo para mortalidad, extubación retardada y estadía intrahospitalaria prolongada en pacientes pediátricos sometidos a cirugía cardíaca con derivación cardiopulmonar.

En este sentido, los valores de la PaCO₂ durante la cirugía se han pasado por alto durante mucho tiempo, sobre todo si lo comparamos con otros parámetros.

En un estudio realizado por García-Hernández y colaboradores se identificaron como factores de riesgo de mortalidad, la edad, el tiempo de derivación cardiopulmonar, el score inotrópico; el lactato al ingreso, su pico máximo, la velocidad de variación y el tiempo en que estuvo elevado; la saturación venosa, el exceso de base, el espacio muerto, la extracción de oxígeno, y el shunt intrapulmonar, siendo el tiempo de derivación cardiopulmonar, el lactato al ingreso y su pico máximo las variables que mostraron mayor valor predictivo de mortalidad. Asimismo, mostraron mediante un análisis multivariado que los factores de riesgo independientes de mortalidad, son un pico de lactato de 6,3mmol/l y un tiempo hiperlactacidemia de 24 horas.²⁴ Carísimo y colaboradores sugieren que el tiempo prolongado de derivación cardiopulmonar, tiempo de pinzamiento aórtico prolongado, corta edad, bajo peso corporal, uso de hipotermia profunda y parada circulatoria constituyen predictores de riesgo precisos de la mortalidad después de la cirugía cardíaca pediátrica.²⁵

Como podemos apreciar, ninguno de estos autores consideró el estado de la PaCO₂, de ahí la relevancia de nuestro estudio al intentar demostrar una asociación entre el estado de la PaCO₂ y el resultado clínico en pacientes

pediátricos que se han sometido a cirugía cardíaca con derivación cardiopulmonar.

Para nuestro estudio, nosotros consideramos que un trastorno en los valores de la PaCO₂, al ser un factor desencadenante de múltiples cambios puede ser potencialmente dañino para nuestros pacientes. La hipercapnia puede inducir taquicardia, hipertensión sistémica y pulmonar, y un aumento del gasto cardíaco debido a la liberación de catecolaminas endógenas, mientras que la hipocapnia provoca un desplazamiento hacia la izquierda de la curva de disociación de la oxihemoglobina y la potente vasoconstricción sistémica, arterial y coronaria, además de que disminuye el suministro de oxígeno celular y aumenta su demanda. En consecuencia, la hipocapnia agrava la isquemia tisular y también puede empeorar el resultado de los pacientes.^{26, 27}

Así, nuestro estudio fue diseñado para comparar el impacto de los valores de bióxido de carbono post-pinzamiento aórtico <32.7mmHg sobre la morbimortalidad post-operatoria en los pacientes pediátricos sometidos a cirugía cardíaca vs los que tienen valores ≥32.7mmHg.

En nuestro estudio, se eligió un punto de corte de PaCO₂ de 32.7mmHg como límite claro entre el nivel "normal" y bajo, en concordancia con lo reportado en la literatura por Vázquez-García y Pérez-Padilla, quienes consideran valores de PaCO₂ a nivel de la Ciudad de México de 35.7mmHg en pacientes con exposición aguda y de 32.7 en pacientes aclimatados.¹³

Y debido a que los valores de bióxido de carbono pueden verse afectados por diversos desajustes fisiológicos, como la administración intravenosa de bicarbonato de sodio, cambios en el gasto cardíaco, trastornos en el intercambio de gaseoso y la ventilación mecánica, fue necesario excluir aquellos pacientes

con valores de bicarbonato de sodio medido (HCO_3) post-pinzamiento aórtico ≥ 28 mEq/Lt, además de que la determinación de los valores de bióxido de carbono se realizaron durante la derivación cardiopulmonar, inmediatamente posterior al pinzamiento aórtico, cuando aún se encuentra excluido el pulmón de la circulación general (en ausencia de ventilación mecánica) y el gasto cardiaco está determinado por la bomba de circulación extracorpórea.

En nuestro estudio encontramos un porcentaje total de complicaciones de 85.6%. La mayoría de las complicaciones aparecieron en el periodo postoperatorio mediato a la cirugía, pero tendieron a resolverse con el tiempo. Dentro de estas, las infecciones y la disfunción renal aguda fueron los problemas más comunes. El porcentaje global de infecciones reportadas en la literatura varía entre el 10 y 50%.²⁸ En nuestro caso, 57.77% del total de complicaciones postquirúrgicas presentadas fueron de tipo infeccioso.

Encontramos una tasa de falla renal aguda de 10.38%, lo que se encuentra por debajo de las series actuales reportadas.^{29,30} Dicha discrepancia puede explicarse debido a la diferencia entre las definiciones empleadas. La definición de disfunción renal como el aumento del 25% en los niveles de creatinina así como la utilización de la depuración de creatinina, hacen que detectemos grados leves de disfunción obviando los conocidos factores de error que se encuentran cuando el diagnóstico se basa solamente en los niveles séricos de creatinina.²⁹

En nuestro estudio, los valores de bióxido de carbono post-pinzamiento aórtico < 32.7 mmHg se asociaron a una mayor morbimortalidad postoperatoria.

Dony y colaboradores, en concordancia con nosotros, en un estudio de cortes prospectivo que incluyó 5317 pacientes quirúrgicos a los que se les midió cada 5 segundos el bióxido de carbono tele-espirado (ETCO_2) y fueron agrupados en:

Normocapnia y no-normocapnia, de acuerdo a un punto de corte de 35mmHg, y encontraron que un bajo nivel de ETCO₂ durante la anestesia se asocia con un aumento en la tasa de mortalidad postoperatoria e incremento en los días de estancia intrahospitalaria (mayor a 6 días).³¹ Así mismo, Brat y colaboradores, en un estudio multicéntrico retrospectivo que incluyó 76 pacientes que fueron sometidos a toracotomía encontraron que bajo CO₂ en reposo al final de la marea (28.1 ± 4.3 vs 31.5 ± 4.2 mmHg; $p < 0.01$) es el mejor predictor de complicaciones respiratorias (OR: 1.21; IC del 95%: 1.06-1.39; $p = 0.01$).³²

En contraste con nosotros, Choi y colaboradores, en un estudio de cohortes retrospectivo que incluyó 1011 pacientes que ingresaron a la unidad de cuidados intensivos posterior a cirugía cardíaca encontraron que solo la exposición combinada dentro de las 24 horas posteriores a la cirugía cardíaca se asoció de forma independiente con un mayor riesgo de mortalidad a los 30 días y una extubación tardía. La exposición a la hipocapnia o hipercapnia solas no se asoció con el resultado del paciente.³²

Si bien nuestros resultados mostraron que la duración de la estancia hospitalaria no fue significativamente diferente entre ambos grupos, este resultado puede deberse a la mayor mortalidad en este último grupo, que comprendió una proporción relativamente alta de pacientes que murieron dentro de período corto. En el análisis de regresión logística univariante, el grupo con valores de bióxido de carbono post-pinzamiento aórtico < 32.7 mmHg se asoció con un incremento en la morbilidad a los 30 días, extubación tardía y una mayor estancia intrahospitalaria.

Aunque no pudimos determinar si el control estricto de un objetivo de PaCO₂ normal afectó el resultado del paciente o si la exposición temporal a PaCO₂

anormal fue perjudicial para los pacientes pediátricos sometidos a cirugía cardiaca con derivación cardiopulmonar, nuestro estudio mostró que el trastorno de PaCO₂ se asoció con un resultado deficiente del paciente . Específicamente, demostramos que la exposición a la hipocapnia post-pinzamiento aórtico se asoció de forma independiente con una mortalidad casi 25 veces mayor en comparación con la de pacientes no expuestos a PaCO₂ anormal en el mismo momento.

Hubo varias limitaciones del presente estudio. En primer lugar, utilizamos un diseño de estudio retrospectivo. Aunque se aplicó un análisis de regresión para reducir el sesgo, nuestros resultados pueden haber sido influenciados por factores de confusión no medidos. Y algunos factores de confusión, como las comorbilidades, que podrían haber sido expresados de forma incorrecta. En segundo lugar, no pudimos analizar la diferencia en la duración de la exposición a PaCO₂ anormal. Si bien la duración o el grado de exposición a la PaCO₂ anormal podrían haber afectado los resultados de manera diferente, es difícil medir continuamente la duración de la exposición a la PaCO₂ anormal. Los estudios futuros deben emplear dióxido de carbono de mareas de extremo continuo como un sustituto para el monitoreo continuo de PaCO₂. Finalmente, este no fue un ensayo clínico aleatorizado. Por lo tanto, solo podemos informar una asociación entre el estado de la PaCO₂ y el resultado en lugar de inferir la causalidad.

CONCLUSIÓN

En conclusión, los pacientes pediátricos sometidos a cirugía cardíaca bajo derivación cardiopulmonar con valores de bióxido de carbono post-pinzamiento aórtico $<32.7\text{mmHg}$ se asocia de forma independiente con un mayor riesgo de morbilidad post-operatoria. Estos resultados sugieren que la importancia de prevenir la hipocapnia durante el uso de la circulación extracorpórea puede disminuir la morbilidad post-operatoria.

Sin embargo, se requerirán futuros estudios prospectivos bien diseñados para confirmar este hallazgo y determinar si valores de bióxido de carbono post-pinzamiento aórtico tienen valor predictivo en dichos pacientes.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Barron DJ; Jones TJ; Mussa S. Essentials of paediatric cardiac surgery. Surgery 33:2. Elsevier 2014.
2. Schmitz C. Cirugía cardiaca infantil. En: Tschaut RJ, ed. Circulación extracorpórea en teoría y práctica, 1a ed. Lengerich, Germany: Pabst Science. 2013; 599-625.
3. Linderberg HL. Pediatric cardiac surgery and safety, in the past and in the future. Progress in Pediatric Cardiology 33 (2013) 11-13. Elsevier 2013.
4. Baño Rodrigo A, Domínguez Pérez F, Fernández Pineda L, Gómez González R. Guías de práctica clínica de la Sociedad Española de Cardiología en el postoperado de cardiopatía congénita Rev Esp Cardiol. 2014; 53: 1496-1526.
5. Bellinger DC, Jonas RA, Rappaport LA, Wypij D, Wernovsky G, Kuban KC et al. Developmental and neurologic status of children after heart surgery with hypothermic circulatory arrest or low-flow cardiopulmonary bypass. N Engl J Med. 2015; 332: 549-55.
6. Bellinger DC, Wypij D, du Duplessis AJ, Rappaport LA, Jonas RA, Wernovsky G, et al. Neurodevelopmental status at eight years in children with dextro-transposition of the great arteries: The Boston Circulatory Arrest Trial. J Thorac Cardiovasc Surg. 2013; 126: 1385-96.
7. Hsia TY, Gruber PJ. Factors influencing neurologic outcome after neonatal cardiopulmonary bypass: what we can and cannot control. Ann Thorac Surg. 2016; 81:2381– 8.
8. Hovels-Gurich HH, Konrad K, Wiesner M, Minkenber R, Herpertz-Dahlmann B, Messmer BJ et al. Long term behavioural outcome after neonatal arterial

- switch operation for transposition of the great arteries. *Arch Dis Child*. 2013; 87: 506-10.
9. Limperopoulos C, Majnemer A, Shevell MI, Rosenblatt B, Rohlicek C, Tchervenkov C, et al. Functional limitations in young children with congenital heart defects alter cardiac surgery. *Pediatrics*. 2014; 108: 1325-31.
 10. Costa AC; Parham DR; Ashley JE; Nguyen KH. A Table Mounted Cardiopulmonary Bypass System for Pediatric Cardiac Surgery. *Ann Thorac Surg* 2018; 106:e163-5. Elsevier 2018.
 11. Donmez A, Yurdakok O. Cardiopulmonary bypass in infants. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2014;28:778–88.
 12. Whiting D, Yuki K, DiNardo JA. Cardiopulmonary bypass in the pediatric population. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol* 2015;29:241–56.
 13. Vázquez García JC, Pérez-Padilla R. Valores gasimétricos estimados para las principales poblaciones y sitios a mayor altitud en México. *Rev Inst Nal Enf Resp Mex* 2000; 13(1): 6-13.
 14. Crystal GJ. Carbon dioxide and the heart: physiology and clinical implications. *Anesth Analg* 2015;121:610–23.
 15. Dony P; Dramaix M; Boogaerts JG. Hypocapnia measure by end-tidal carbon dioxide tension during anesthesia is associated with increased 30-day mortality rate. *Journal of Clinical Anesthesia* 36 (2017), 123-126. Elsevier 2017.
 16. Pishbin E, Ahmadi GD, Sharifi MD, Deli MT, Shamloo AS, Reihani H. The correlation between end-tidal carbon dioxide and arterial blood gas parameters in patients evaluated for metabolic acid-base disorders. *Electron Physician* 2015;7:1095–101.

17. Way M, Hill GE. Intraoperative end-tidal carbon dioxide concentrations: what is the target? *Anesthesiol Res Pract* 2011;2011:271539.
18. Ariyaratnam R, Palmqvist CL, Hider Playing GL, Stupart D, Wilson L, Clark DL, et al. Towards a standard approach to measurement and reporting of perioperative mortality rate as a global indicator for surgery. *Surgery* 2015;158:17–26.
19. Clark DE, Ostrander KR, Cushing B. A multistate model predicting mortality, length of stay, and readmission for surgical patients. *Health Serv Res* 2016;51:1074–94.
20. Helmerhorst HJ, Roos-Blom MJ, van Westerloo DJ, et al: Associations of arterial carbon dioxide and arterial oxygen concentrations with hospital mortality after resuscitation from cardiac arrest. *Crit Care* 2015; 19:348.
21. Castillo-Espínola A, Velázquez-Ibarra A, Zetina-Solórzano A, Bolado-García P, Gamboa-López G. Morbilidad posquirúrgica en pacientes pediátricos operados por cardiopatías congénitas en la UMAE de Yucatán. *Arch Cardiol Mex* 2018; 88(1): 1-8.
22. Cervantes-Salazar J, Calderón-Colmenero J, Ramírez-Marroquín S, Palacios-Macedo M, Bolio-Cerdán A, Vizcaíno-Alarcón A, et al. El Registro Mexicano de Cirugía Cardíaca Pediátrica. Primer informe. *RIC* 2013; 65: 476-82.
23. Talavera JO, Rivas-Ruiz R, Bernal-Rosales LP. Tamaño de la muestra. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc* 2011; 49: 517-22.
24. García-Hernández JA, Benítez-Gómez IL, Martínez-López AI, Praena-Fernández JM, Cano-Franco J, Loscertales-Abril M. Marcadores pronósticos

- de mortalidad en el postoperatorio de las cardiopatías congénitas. 2012; 77(6): 366-73.
25. Carísimo M, Szwako R, Garay N, Pino W, Gaona N, Egusquiza P, Jarolín J, González Ávila F, Sciacca R, Panizza C, Montaner M. Cardiopatías Congénitas, Resultados del Manejo Perioperatorio en 18 Meses. Experiencia en el Departamento de Cardiocirugía Centro Materno Infantil. UNA. *Pediatr. (Asunción)* 2009; 36(3): 181-9.
26. Laffey JG, Kavanagh BP: Hypocapnia. *The New England journal of medicine.* 2002; 347: 43-53.
27. Crystal GJ: Carbon Dioxide and the Heart: Physiology and Clinical Implications. *Anesthesia and analgesia.* 2015; 121: 610-23.
28. Duarte-Raya F, Baeza-Zarco FJ. Incidencia y factores de riesgo asociados a infección nosocomial en cardiocirugía pediátrica. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc.* 2016;54(2):182-9.
29. Cabas L, Montes FR, Kling JC, Rincón JD, Rincón I, Giraldo JC, et al. Disfunción renal en postoperatorio de cirugía cardíaca pediátrica con circulación extracorpórea. *Rev Col Anest.* 2005; 33(2): 85-91.
30. Ovalle P, Vogel A, Córdova G, Cerda J, Cavagnaro F. Reemplazo renal en el post-operatorio de niños sometidos a cirugía cardíaca con circulación extracorpórea. *Rev Chil Pediatr* 2012; 83 (1): 24-32.
31. Dony P, Dramaix M, Boogaerts JG. Hypocapnia measured by end-tidal carbon dioxide tension during anesthesia is associated with increased 30-day mortality rate. *J Clin Anesth.* 2017; 36: 123-6.
32. Brat K, Tothova Z, Merta Z, Taskova A, Homolka P, Vasakova M, et al. Resting End-Tidal Carbon Dioxide Predicts Respiratory Complications in

Patients Undergoing Thoracic Surgical Procedures. *Ann Thorac Surg.* 2016; 102(5):1725-30.

33. Choi JH, Lee EH, Jang MS, Jeong DH, Kim MK. Association Between Arterial Carbon Dioxide Tension and Outcome in Patients Admitted to the Intensive Care Unit after Coronary Artery Bypass Surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2017; 31(1): 61-8.

ANEXOS

ANEXO 1. Instrumento de recolección de datos

Fecha:	Nombre:				
Registro:	Edad:	Género:	(M)	(F)	
Cirugía:					
RASH-1:			Aristóteles:		
Peso	Talla		ASC		
Comorbilidades:					
Medicación actual:					
Parámetros ventilatorios preoperatorios					
Tiempo Ax	Tiempo Qx:	Tiempo CEC:	Tiempo PAo:	Parada:	
PaCO ₂ Basal:	PaCO ₂ Post-pinzamiento:		PaCO ₂ Post-operatorio:		
HCO ₃ Basal:	HCO ₃ Post-pinzamiento:		HCO ₃ Post-operatorio:		
Flujo mínimo durante CEC:			Flujo máximo durante CEC:		
Grupo:	≥32.7mmHg		<32.7mmHg		
Variables					
Días de IOT			DDEIH		
Morbilidad	(Si)	(No)	Mortalidad	(Si)	(No)
<p>M: Masculino, F: Femenino, ASC: Área de superficie corporal, Ax; Anestesia; Qx: Cirugía; CEC: Circulación extracorpórea; PaCO₂: Presión arterial de bióxido de carbono; HCO₃: Bicarbonato de sodio; IOT: Intubación orotraqueal; DDEIH: Días de estancia intrahospitalaria.</p>					

ANEXO 2. Consentimiento informado

Debido a que es un estudio que emplea un método de investigación documental retrospectivo, no requiere de consentimiento informado