



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO**



**INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL
CENTRO MÉDICO NACIONAL SIGLO XXI
UNIDAD MÉDICA DE ALTA ESPECIALIDAD
HOSPITAL DE PEDIATRÍA "DR. SILVESTRE FRENK FREUND"**

**El poder cardiaco y el delta poder cardiaco a las 72 horas como
factores pronósticos de mortalidad en pacientes pediátricos
reparados de cardiopatías congénitas con derivación
cardiopulmonar**

TESIS

Que para obtener por el título de:
Especialista en Pediatría

Presenta:

Gustavo Rafael Vázquez Vázquez

Tutores:

Dr. Horacio Márquez González
Dra. Isabel Znaya Ramírez Flores
Dra. María de Jesús Estrada Loza

Ciudad Universitaria, CDMX, 2020



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



**INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL
CENTRO MÉDICO NACIONAL SIGLO XXI
UMAE HOSPITAL DE PEDIATRIA “DR SILVESTRE FRENK FREUND”**

**Autorización del comité local de investigación en salud
Protocolo R-2019-3603-066**

En virtud de haber terminado de manera satisfactoria su tesis y contar con el aval de su director de tesis para obtener el grado de especialista en:
Pediatria

Se autoriza la impresión de tesis del alumno:
Gustavo Rafael Vázquez Vásquez

“El poder cardiaco y el delta poder cardiaco a las 72 horas como factores pronósticos de mortalidad en pacientes pediátricos reparados de cardiopatías congénitas con derivación cardiopulmonar”

Tutor:

Secretario:

Dr. Horacio Márquez González

Dra. Julia Rocío Herrera Márquez

Presidente:

Vocal:

Dr. Leoncio Peregrino Bejarano

Dr. Jesús Bonilla Rojas

Ciudad de México, Febrero 2020



IDENTIFICACIÓN DE LOS AUTORES

Dr. Gustavo Rafael Vázquez Vásquez

Médico residente de tercer año de Pediatría.

UMAE Hospital de Pediatría del Centro Médico Nacional Siglo XXI.

Tel: 2281209237. Correo-e: gustavo_rafael_vazquez@hotmail.com

Dra. Isabel Ramírez Flores

Médico especialista en Medicina Crítica Pediátrica.

UMAE Hospital de Pediatría del Centro Médico Nacional Siglo XXI.

Tel: 5533323045. Correo-e: Znaya_7@hotmail.com

Dr. Horacio Márquez González

Médico especialista en cardiología pediátrica.

UMAE Hospital de Cardiología del Centro Médico Nacional Siglo XX.

Tel: 5537541562. Correo-e: horaciohimfg@gmail.com

Dra. María de Jesús Estrada Loza

Médico especialista en cardiología pediátrica.

UMAE Hospital de Pediatría del Centro Médico Nacional Siglo XXI.

Tel: 56276900 Ext. 21253. Correo-e: mariajesus_estrada@yahoo.com.mx



AGRADECIMIENTOS

A mis tutores, infinito agradecimiento por tener la firme convicción de entregarse a este proyecto, que sin su apoyo no hubiese tomado buen rumbo.

A mis profesores, por ofrecerme consejo y guía, motivándome siempre a tratar de ser mejor profesionista y persona.

A mi familia, por ser el motor que impulsó este deseo de alcanzar un peldaño más brindando siempre su apoyo incondicional.

A todos los camaradas que con su apoyo y confianza hicieron más grato este difícil andar.

A la vida, por este nuevo triunfo.

Gustavo Rafael Vázquez Vázquez



CONTENIDO

Resumen	7
Antecedentes	8
Planteamiento del Problema	17
Justificación	17
Pregunta de Investigación.....	18
Hipótesis.....	18
Objetivo	18
Material y Métodos	18
Población de Estudio.....	21
VARIABLES	22
Análisis Estadístico	24
Resultados	25
Discusión.....	32
Conclusiones.....	36
Consideraciones Éticas.....	37
Anexos	39
Bibliografía	43



RESUMEN

Antecedentes: Las nuevas técnicas quirúrgicas han permitido que la supervivencia actual de pacientes con cardiopatías congénitas (CC) mejore sustancialmente. Dado que el tratamiento generalmente es quirúrgico y existen una serie de variables implicadas en la mortalidad postoperatoria, es útil la medición de marcadores pronósticos, como el poder cardiaco (PC), que ha sido validado como factor pronóstico en pacientes con isquemia miocárdica, choque séptico o cardiogénico.

Objetivo: Determinar la utilidad del PC y Δ PC para pronosticar mortalidad en pacientes pediátricos reparados de cardiopatías congénitas con derivación extracorpórea (DEC).

Métodos: Se realizó un estudio de cohorte en la UMAE Hospital de Pediatría del Centro Médico Nacional Siglo XXI, incluyéndose pacientes pediátricos reparados quirúrgicamente de CC con técnica que requirió DEC. Se realizó medición del gasto cardiaco (GC) y junto con la presión arterial media (PAM) se calculó el PC ($PC=GC*TAM/451$). Se tomó como variable de exposición el PC a 24 y 72 horas postquirúrgicas, así como la diferencia entre ambas (Δ PC); la variable de desenlace fue muerte. Se realizó estadística bivariada entre sobrevivientes y no sobrevivientes y se estimó el Riesgo Relativo (RR) de cada variable.

Resultados: Se analizaron 58 casos, la mediana de edad de los pacientes fue de 2.2 años y 51% fueron hombres, con 14 defunciones (24%). La mediana del PC a las 24 y 72 h, así como del Δ PC fue menor en el grupo de no sobrevivientes; el cálculo de riesgos demostró que el Δ PC ≤ 0 W presentó un RR de 4.2 (IC-95% 1.9-25).

Conclusiones: El poder cardiaco y el Δ PC pronostican mortalidad en pacientes reparados de cardiopatías congénitas con derivación cardiopulmonar. Es necesario realizar más estudios para confirmar dicha aseveración.



ANTECEDENTES

Las cardiopatías congénitas (CC) son definidas según la *American Heart Association* (AHA) como “anomalías estructurales que surgen de la formación anormal del corazón o de los principales vasos sanguíneos”,¹ representan la quinta causa de morbilidad en la etapa neonatal. Se estima que hasta 10 de cada 1,000 personas en todo el mundo nace con algún tipo de malformación cardíaca. Según estadística norteamericana, entre 1940 y 2002 se reportaron 1.2 millones de niños con CC;² aunque existe una ligera variación entre diversos estudios poblacionales, las cardiopatías congénitas ocurren en aproximadamente 1% de los nacidos vivos, con una prevalencia similar reportada en varios estudios realizados alrededor del mundo.³ Según datos del *Metropolitan Atlanta Congenital Defects Program*, la incidencia reportada de defectos específicos en el nacimiento es la siguiente: comunicación interventricular 4.2/1000 nacimientos, comunicación interauricular 1.3/1000 nacimientos, estenosis pulmonar valvular 0.6/1000 nacimientos, tetralogía de Fallot 0.5/1000 nacimientos, coartación aórtica 0.4/1000 nacimientos, canal auriculoventricular (AV) 0.4/1000 nacimientos y transposición de grandes arterias 0.2/1000 nacimientos.¹ En México no se tiene con precisión la prevalencia real de las CC, pero se sabe que en menores de 1 año constituye la segunda causa de mortalidad y en el grupo de 1 a 4 años son la tercera causa de muerte.

Las técnicas quirúrgicas nuevas han permitido que la supervivencia actual de los enfermos con CC mejore sustancialmente, de tal manera que, en la actualidad la esperanza de vida global es apenas 15% menor a la población sana a 45 años.⁴

El incremento en la sobrevivencia de individuos con CC ha permitido que los cardiólogos tengan más contacto con este tipo de pacientes, que usualmente no sobrevivían hasta la etapa adulta. Se sabe que, entre las principales causas de fallecimiento están las arritmias y la insuficiencia cardíaca (20-35%). Los mecanismos causales de la disfunción ventricular en las CC no son iguales a los mecanismos que se han



descrito en pacientes adultos con isquemia, por lo que es necesario un entendimiento estrecho de la patología para poder comprender su fisiopatología.⁵

Factores pronósticos en el postoperatorio de las cardiopatías congénitas

En el periodo postoperatorio de las cardiopatías congénitas, la aparición del síndrome de bajo gasto cardiaco es frecuente y cuando esto ocurre se ha demostrado una asociación con el aumento en la mortalidad; por lo tanto, la identificación precoz de los pacientes que presentan esta condición resulta de utilidad para predecir una mala evolución. Por lo anterior se han descrito distintos marcadores pronósticos durante el postoperatorio, siendo algunos de los más estudiados la saturación venosa de oxígeno (SVO₂) y el lactato sérico. Se han propuesto como factores predictores de mortalidad: SVO₂ ≤60%, un tiempo de circulación extracorpórea mayor a 149 minutos, un lactato al ingreso a la unidad de cuidados intensivos ≥ 5,8 mmol/l y un pico de lactato de 7 mmol/l.⁶

Desde el año 2002, Jenkins *et al.* publicaron un sistema de estratificación de riesgo, denominado *Risk Adjustment in Congenital Heart Surgery* (RACHS-1), en el cual se reunió un panel de cardiólogos pediatras y cirujanos cardiotorácicos, quienes utilizando su juicio clínico intentaron ubicar los procedimientos quirúrgicos en seis categorías de riesgo, incluyéndose 79 tipos de cirugía cardiaca; donde la primera categoría corresponde al menor riesgo quirúrgico, como el cierre de la comunicación interauricular o la ligadura de persistencia del conducto arterioso y la sexta categoría corresponde a los eventos quirúrgicos de máximo riesgo, como la cirugía de Norwood. En la tabla 1 se anexa la clasificación RACHS-1.

El RACHS-1 no fue diseñado con el objetivo de predecir la mortalidad en un paciente determinado, se creó como un sistema que permitiera comparar resultados quirúrgicos entre grupos de pacientes similares. Los datos que se obtuvieron en dicho estudio fueron los siguientes: las tasas de mortalidad que se estimaron fueron de 0.4% en la categoría 1, 3.8% en la 2, 8.5% para la número 3, 19.4% en la 4 y

Tabla 1. Riesgo quirúrgico por procedimiento (RACHS-1)

<p>Riesgo 1 Cierre de CIA Cierre de PCA > 30 días Reparación de coartación aórtica > 30 días Cirugía de conexión parcial de venas pulmonares</p>	<p>Reparación de Cor-triatratriatum Fístula sistémico pulmonar Cirugía Switch atrial (Senning) Cirugía Switch arterial (Jatene) Reimplantación de arteria pulmonar anómala Anuloplastia Reparación de coartación aórtica y CIV Resección de tumor intracardiaco</p>
<p>Riesgo 2 Valvulotomía o valvuloplastia aórtica > 30 días Resección de estenosis subaórtica Valvulotomía o valvuloplastia pulmonar Reemplazo valvular pulmonar Infundibulectomía ventricular derecha Ampliación tracto salida pulmonar Reparación de fístula de arteria coronaria Reparación de CIV Reparación de CIA y CIV Reparación de CIA <i>ostium primum</i> Cierre de CIV y valvulotomía pulmonar o resección infundibular Cierre de CIV y retiro de bandaje pulmonar Reparación total de tetralogía de Fallot Reparación total de venas pulmonares > 30 días Derivación cavo pulmonar bidireccional Cirugía de anillo vascular Reparación de ventana aorto-pulmonar Reparación de coartación aórtica < 30 días Reparación de estenosis de arteria pulmonar Reparación de cortocircuito de VI a AD</p>	<p>Riesgo 4 Valvulotomía o valvuloplastia aórtica < 30 días Procedimiento de Konno Reparación de anomalía compleja (ventrículo único) por defecto septal ventricular amplio Reparación de conexión total de venas pulmonares < 30 días Reparación de TGA, CIV y estenosis pulmonar (Rastelli) Cirugía Switch atrial con cierre de CIV Cirugía Switch atrial con reparación de estenosis subpulmonar Cirugía Switch arterial con resección de bandaje de la pulmonar Cirugía Switch arterial con cierre de CIV Cirugía Switch con reparación de estenosis subpulmonar Reparación de tronco arterioso común Reparación de interrupción o hipoplasia de arco aórtico sin cierre de CIV Reparación de interrupción o hipoplasia de arco aórtico con cierre de CIV Injerto de arco transverso Unifocalización para tetralogía de Fallot o atresia pulmonar Doble switch</p>
<p>Riesgo 3 Reemplazo de válvula aórtica Procedimiento de Ross Parche al tracto de salida del VI Ventriculomiotomía Aortoplastia Valvulotomía o valvuloplastia mitral Reemplazo de válvula mitral Valvulotomía o valvuloplastia tricuspídea Reemplazo de válvula tricúspide Reposición de válvula tricuspídea para Ebstein > 30 días Reimplante de arteria coronaria anómala Reparación de arteria coronaria anómala con túnel intrapulmonar (Takeuchi) Conducto de VD – arteria pulmonar Conducto de VI – arteria pulmonar Reparación de DVSVD con o sin reparación de obstrucción del VD Derivación cavo-pulmonar total (Fontan) Reparación de canal AV con o sin reemplazo valvular Bandaje de arteria pulmonar Reparación de tetralogía de Fallot con atresia pulmonar</p>	<p>Riesgo 5 Reparación de válvula tricuspídea para neonato con Ebstein < 30 días Reparación de tronco arterioso con interrupción del arco aórtico</p> <p>Riesgo 6 Estadio 1 para ventrículo izquierdo hipoplásico (Cirugía de Norwood) Estadio 1 para síndrome de ventrículo izquierdo procedimiento de Damus-Kaye-Stansel</p>

CIV: Comunicación interventricular; CIA: Comunicación interatrial; PCA: Persistencia del conducto arterioso; VI: Ventrículo izquierdo; VD: Ventrículo derecho; AD: Atrio derecho; TGA: Transposición de grandes arterias; DVSVD: Doble vía de salida del ventrículo derecho; DCSVD: Doble cámara de salida del ventrículo derecho; Canal AV: Canal atrioventricular.



47.7% en aquellos que fueron ubicados en la número 6. Hubo muy pocos casos en la categoría 5 para realizar la estimación de la tasa de mortalidad. Aunado a esto, de acuerdo con los modelos multivariantes que se realizaron, se identificó que factores como la edad más temprana, la prematurez, el bajo peso y la presencia de una anomalía estructural importante no cardíaca se añadían al riesgo de muerte pronosticada por la categoría de riesgo.⁷

En el año 2004 se publicó un nuevo sistema de estratificación de riesgo, conocido como sistema Aristóteles. En este proyecto se involucró a un panel de cirujanos expertos, comenzó en el año de 1999 e incluyó a 50 cirujanos pediatras de 23 países, que representaron a la *European Association for Cardio-Thoracic Surgery* (EACTS), la *Society of Thoracic Surgeons* (STS), la *European Congenital Hearts Surgeons Association* (ECHSA) y la *Congenital Hearts Surgeons Society* (CHSS) con objeto de evaluar la mortalidad hospitalaria. La complejidad se basó en los procedimientos definidos por la nomenclatura internacional STS/EACTS y se llevó a cabo en dos pasos: el primer paso fue establecer la puntuación básica que determina la complejidad de los procedimientos por sí sola, basada en tres factores: el potencial de mortalidad, el potencial de morbilidad y la dificultad técnica anticipada de la cirugía. El segundo paso fue el desarrollo de la puntuación completa de Aristóteles, que ajusta aún más la complejidad de acuerdo con las características específicas del paciente.⁸

En este sistema existe el concepto de complejidad de un procedimiento quirúrgico, que se conforma por la suma de:

- Mortalidad operatoria (ocurrida en los primeros 30 días).
- Morbilidad, definida como el tiempo de estancia en cuidados intensivos postoperatorios.
- Dificultad técnica de la cirugía, dividida en cinco niveles que van desde lo elemental hasta lo muy difícil.



El sistema cuenta con dos *scores* de puntaje: el básico y el competo. El puntaje básico se aplica a cada uno de los 145 procedimientos quirúrgicos descritos en la clasificación, con una escala que va de 1.5 a 15 puntos. Estos procedimientos se agrupan en cuatro niveles de riesgo: 1: 1.5 - 5.9 puntos; 2: 6.0 - 7.9 puntos; 3: 8.0 - 9.9 puntos y 4: 10.0 - 15.0 puntos.

El puntaje completo ajusta la complejidad con base en las características de los pacientes, y se dividen en dos grupos de factores pronósticos: dependientes e independientes. Con relación a los factores dependientes, se consideran las variantes anatómicas, procedimientos asociados y la edad. Los factores independientes se dividen en:

- Factores generales: como el peso menor a 2.5 kg y la prematurez.
- Factores clínicos: variables presentes antes de la cirugía e incluyen la presencia de acidosis metabólica ($\text{pH} \leq 7.2$), hiperlactatemia ($\text{lactato} \geq 4$ mmol/L), disfunción miocárdica ($\text{FEVI} \leq 25\%$), taquicardia ventricular, necesidad de ventilación mecánica para manejo de la falla cardiaca, hipertensión pulmonar, etcétera.
- Factores extracardiacos: hidrocefalia, alteraciones cromosómicas o genéticas.
- Factores quirúrgicos: como la reintervención quirúrgica y la esternotomía de mínima invasión.^{9,10}

El poder cardiaco como factor pronóstico en isquemia miocárdica

Si tomamos en cuenta el principio de que el corazón funciona como una bomba y su fuente de energía es el consumo de oxígeno, se puede afirmar que la mejor forma de medir la función de una bomba es determinar su poder hidráulico, es decir, la relación que existe entre presión y flujo, entendiendo el concepto físico de poder como energía por unidad de tiempo.



En hemodinamia, el poder de bomba del corazón (poder cardiaco), es la capacidad que tiene el miocardio para distribuir energía al sistema arterial, lo que genera un flujo. Este concepto es reconocido desde hace más de 100 años y en la actualidad es la variable hemodinámica que mejor se asocia con la mortalidad en pacientes con choque cardiogénico.

Debido a que los pacientes con falla cardiaca aguda se encuentran hemodinámicamente inestables, es bien sabido que la capacidad de bomba del corazón se encuentra alterada. Sin embargo, indicadores como la presión arterial media (PAM), el gasto cardiaco (GC), el índice cardiaco (IC) y fracción de eyección del ventrículo izquierdo (FEVI) se correlacionan únicamente con disfunción ventricular izquierda, sin lograr establecerse asociación como predictores de mortalidad.¹¹

Desde el año de 1969, Bergel y colaboradores presentaron un trabajo acerca de la valoración de la energía mecánica empleada durante la función de bomba de los ventrículos. Tan LB, formuló en 1987 una hipótesis en la que expresaba que: “cuando la función mecánica del corazón se ha deteriorado a tal grado y éste es estimulado, su máximo poder no llega a exceder el valor considerado normal en la situación de reposo (que es de 1 Watt para un adulto promedio)”, de tal manera que el estado de disfunción cardiaca habitualmente es incompatible con la vida. Por otro lado, si la función miocárdica posee la capacidad de alcanzar un poder cardiaco mayor a 1 Watt, la causa de la muerte no puede ser atribuida a la falla en la contractilidad. Dicha hipótesis se demostró en 70 pacientes con insuficiencia cardíaca, donde 23 de 26 enfermos con $PC < 1$ Watt murieron de falla cardíaca progresiva y sobrevivieron 40 de 44 sujetos cuando el PC fue mayor a 1 Watt. A pesar de haber sido aplicado por otros investigadores, el uso del PC como predictor de mortalidad en la práctica cardiológica no consiguió ser aplicado de manera generalizada durante varias décadas, probablemente debido a que se estimó como



una variable o un índice propuesto como un ideal de la capacidad de la función ventricular.¹²

Según Monares Zepeda *et al.* (2008), el poder cardiaco se determina mediante el producto del flujo (el gasto cardiaco) y de la presión del sistema al que se emite dicho flujo, es decir, la presión de la aorta o la presión arterial media. El poder debe determinarse en Watts, por lo que la transformación de unidades litros/minuto (L/min) para el gasto cardiaco y milímetros de mercurio (mmHg) para la presión arterial media puede realizarse mediante las siguientes fórmulas:

$$PC \text{ Watts } (W) = PAM - PAD \times GC \times 2.2167 \times 10^3, \text{ donde:}$$

PAM: Presión arterial media

PAD: Presión de aurícula derecha

GC: Gasto cardiaco

También puede utilizarse otra fórmula omitiendo la PAD y simplificar los cálculos:

$$PC (W) = \frac{PAM \times GC}{451}$$

Por otro lado, no debe omitirse la importancia de la reserva cardiaca, entendida como la diferencia del GC en reposo y en el estado de mayor esfuerzo, lo cual puede inferirse por el comportamiento del poder cardiaco durante el ejercicio o al valorar la respuesta tras la reanimación inicial del paciente o con un reto farmacológico con inotrópico. En cualquiera de los casos, la disminución del PC o el aumento no significativo de éste, el delta (Δ) negativo o cercano a cero de PC, podría detectar a los pacientes con baja reserva cardiaca, lo que ha demostrado ser de utilidad al tratar de establecer el pronóstico de pacientes con choque séptico.¹³



El PC en reposo que se ha estimado como normal para un adulto es de aproximadamente 1 W. Sin embargo, se ha demostrado que durante situaciones de estrés o durante el ejercicio máximo, el corazón es capaz de desarrollar hasta 6 W. En la falla ventricular izquierda aguda, rápidamente el paciente desarrolla inestabilidad hemodinámica, y se ha encontrado que, en estado de choque el punto de corte para el PC es de 0.53 W, límite inferior que predice la mortalidad a corto plazo. Para otros investigadores del tema, el límite del punto de corte es de 1 W, dato que se debe de obtener bajo el efecto de máximo estímulo inotrópico. En la experiencia del Instituto Nacional de Cardiología “Ignacio Chávez”, en el choque cardiogénico debido a síndrome isquémico coronario agudo (SICA), el punto de corte del PC para predecir mortalidad a corto plazo es de 0.7 W; la cuantificación del PC en el contexto del SICA, indica que esta determinación hemodinámica tiene un rol importante en la valoración de estos individuos.¹² En los últimos años se han realizado varios estudios donde se ha demostrado que el poder cardiaco es un indicador directo de la función cardiaca, además se ha establecido como factor determinante en la capacidad de ejercicio, así como un marcador pronóstico para los pacientes con insuficiencia cardíaca crónica.¹⁴

Otro de los aspectos que deberían tomarse en cuenta en el manejo de los pacientes con falla miocárdica es la presión del pulso, pues se ha demostrado que la alteración del volumen sanguíneo del ventrículo izquierdo es consistentemente menor que el cambio relativo en el volumen sistólico, por lo que la presión del pulso debe usarse con cuidado cuando se usa como sustituto del volumen sistólico en la fluidoterapia, aunque su uso no está validado en pacientes con cardiopatías congénitas que han sido reparados quirúrgicamente.¹⁵

Por otro lado, en el estudio SHOCK realizado en 2004, se demostró que el poder cardiaco se correlaciona con mortalidad intrahospitalaria en pacientes con choque cardiogénico.¹¹ Igualmente, de acuerdo con Popovic *et al.* en 2014, al realizar una evaluación retrospectiva de la mortalidad en pacientes con choque cardiogénico



debido a infarto agudo al miocardio (IAM) se demostró la asociación entre la estimación del poder cardiaco y la mortalidad a 28 días.¹⁶

Del mismo modo, en 2009 en nuestro país se llevó a cabo un estudio prospectivo, observacional y descriptivo, encabezado por Esquivel Molina y colaboradores, donde se realizó medición del poder cardiaco a 47 pacientes con IAM y se analizó la asociación entre el poder cardiaco y la mortalidad a las 6 horas, 24 horas y 30 días. Se concluyó que el poder cardiaco constituye un marcador pronóstico después de un IAM, puesto que se hizo evidente el incremento en la mortalidad a 30 días con un poder cardiaco ≤ 0.69 W, con una razón de momios de 1.46 (IC 95% 0.98-2.17, $p=0.58$); y con mortalidad a las 24 horas, obteniendo una razón de momios de 2.61 (0.99-6.8, $p=0.0004$).¹⁷

Asimismo, en un estudio realizado por Grodin *et al.* en 2015, se propuso la utilidad del PC como predictor de mortalidad, necesidad de trasplante cardiaco o de un dispositivo de asistencia ventricular en pacientes adultos con falla cardiaca crónica, reportando que la disminución del PC <0.44 W/m², se asocia con el incremento de estos desenlaces desfavorables, con un cociente de riesgos de 2.4 (1.8-3.1, $p<0.0001$).¹⁸



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la Ciudad de México únicamente existen 9 centros certificados para la realización de reparación quirúrgica de cardiopatías congénitas, 3 de ellos pertenecen al Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS); y en la Unidad Médica de Alta Especialidad (UMAE) Hospital de Pediatría del Centro Médico Nacional Siglo XXI (HP CMN SXXI) se realiza aproximadamente el 50% de las cirugías que se llevan a cabo dentro del IMSS, de ahí la importancia de determinar factores pronósticos en los pacientes reparados quirúrgicamente de cardiopatías congénitas en nuestro medio.

Por otro lado, se ha identificado que durante la reparación quirúrgica de las cardiopatías congénitas que requieren derivación extracorpórea se provoca isquemia miocárdica importante, lo que provoca disminución de la fuerza de bomba del corazón.

Actualmente no existe información acerca de la utilidad del PC y el Δ PC como factor pronóstico predictor de mortalidad en pacientes pediátricos reparados quirúrgicamente de cardiopatías congénitas.

JUSTIFICACIÓN

Al demostrar la asociación del PC y el Δ PC como factores pronósticos de mortalidad en pacientes reparados de cardiopatías congénitas con derivación extracorpórea, en un futuro se podrán estandarizar conductas y justificar cambios en el manejo de forma oportuna en este tipo de pacientes, al disponer de predictores de mal pronóstico (mortalidad).



PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Es útil el PC y el Δ PC (a las 72 h) para pronosticar mortalidad inmediata (menor de 7 días) en pacientes reparados de cardiopatías congénitas con derivación cardiopulmonar?

HIPÓTESIS

El PC a las 72 h tiene un $RR \geq 2$ para pronosticar mortalidad en pacientes reparados de cardiopatía congénita con derivación extracorpórea (DEC).

OBJETIVO

Determinar la utilidad del PC y el Δ PC (a las 72 horas) para pronosticar mortalidad inmediata (menor de 7 días) en pacientes reparados de cardiopatías congénitas con derivación cardiopulmonar.

MATERIAL Y MÉTODOS

Lugar donde se desarrolló el estudio: Se estudiaron pacientes pediátricos hospitalizados en la UMAE Hospital de Pediatría del Centro Médico Nacional Siglo XXI del IMSS.

Diseño del estudio: Se realizó un estudio de cohorte, ambilectivo, observacional, longitudinal y comparativo en el periodo comprendido entre enero y noviembre de 2019. Se incluyeron pacientes pediátricos con cardiopatías congénitas reparados quirúrgicamente en la UMAE Hospital de Pediatría Centro Médico Nacional Siglo XXI que requirieron derivación extracorpórea durante la cirugía. Se determinó mediante ecocardiografía (o en su defecto mediante método de Fick) el gasto cardiaco y por lo tanto el poder cardiaco a las 24 y a las 72 horas postquirúrgicas,



así como la diferencia entre ellos (ΔPC) y se brindó seguimiento durante 7 días, tomándose como principal variable de resultado la muerte de los pacientes.

Tiempo 0: Se consideró como tiempo 0 el egreso del evento quirúrgico.

Cálculo del gasto cardiaco por ecocardiograma: Se realizó por ecocardiograma transtorácico con equipo IE33 de Phillips o Sonos 5500 de HP por médico cardiólogo o de medicina en el paciente pediátrico en estado crítico (con evaluación previa de fiabilidad demostrada con valor de test-retest >0.75); con la siguiente fórmula:

FC en EKG (frecuencia cardiaca en electrocardiograma) * ITV (Integral de tiempo volumen medida en eje cinco cámaras con Doppler pulsado) * Área del anillo aórtico (medido en apical cuatro cámaras).

Confiabilidad de la medición: Se realizó una capacitación al investigador responsable asignado a la terapia intensiva vs un cardiólogo pediatra, para la medición exclusiva de los parámetros del GC, en una muestra de 50 mediciones en niños operados con derivación extracorpórea, encontrando un valor de correlación con $r=0.8$ para el anillo aórtico y 0.87 para la ITV.

Cálculo del gasto cardiaco por método de Fick: Se realizó la toma de una muestra de sangre arterial por punción arterial con técnica aséptica y una muestra de sangre venosa, ésta a través de catéter venoso central de igual manera con técnica aséptica; ambas muestras fueron procesadas en el gasómetro ubicado en la Unidad de Terapia Intensiva Pediátrica (UTIP), y se obtuvo de ambas muestras: pH, presión parcial de dióxido de carbono (pCO_2), presión parcial de oxígeno (pO_2), bicarbonato (HCO_3), saturación (SO_2) y hemoglobina (Hb) para posteriormente realizar los cálculos pertinentes para obtener el gasto cardiaco con la siguiente fórmula: $GC = \text{peso(kg)}^4 / D(a-v)O_2 * 10$.

Logística del estudio:

1. Se revisó diariamente la programación quirúrgica para identificar a los pacientes programados para reparación de cardiopatía congénita que cumplieron los criterios de selección.
2. El alumno de tesis acudió con los cuidadores primarios y explicó sobre las características del estudio y se realizó la firma de la carta de consentimiento y asentimiento informados, así como los contactos con los responsables del estudio.
3. Una vez que el paciente fue egresado de quirófano se garantizó que el cardiólogo pediatra colaborador o la investigadora realizaran las mediciones a las 24 y 72 horas.
4. Diariamente se vigiló al sujeto de investigación hasta completar el seguimiento propuesto (7 días) para la medición de la variable dependiente (mortalidad).

En la figura 1 se esquematiza el diseño general del estudio de cohorte que se realizó:

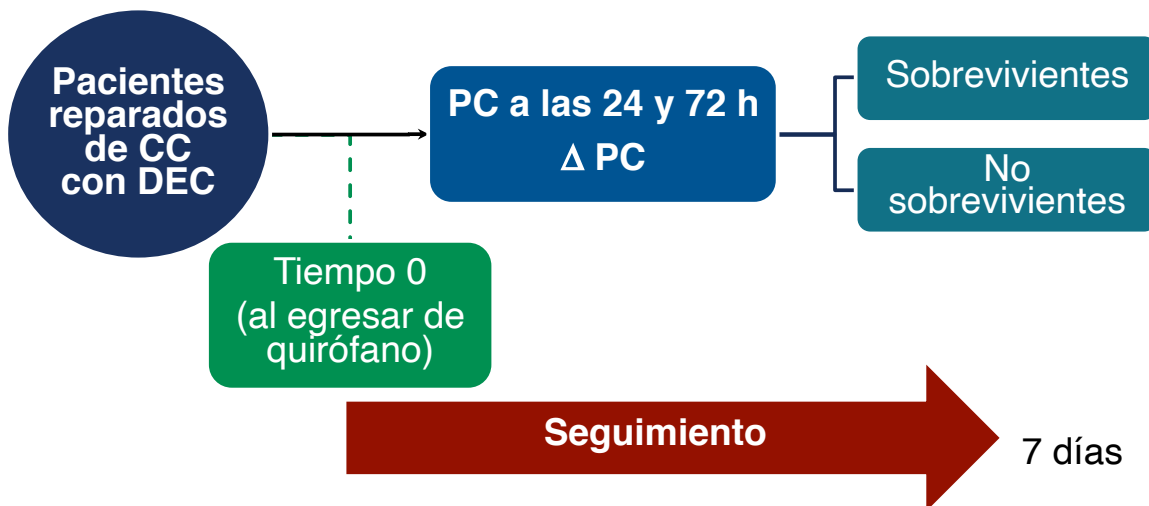


Figura 1. Diseño general del estudio de cohorte realizado para determinar si existe asociación entre el PC y el Δ PC a las 72 h como predictores de mortalidad en pacientes pediátricos reparados de CC.

CC: Cardiopatías congénitas, DEC: Derivación extracorpórea, PC: Poder cardiaco.



POBLACIÓN DE ESTUDIO

Criterios de inclusión:

- Pacientes pediátricos de 1 mes a 17 años de ambos sexos.
- Pacientes sometidos a corrección quirúrgica con derivación extracorpórea durante el procedimiento.
- Pacientes sometidos a reparación quirúrgica de cardiopatías congénitas, ya sea total o paliativa.

Criterios de exclusión:

- Pacientes con antecedente de isquemia miocárdica previo a la realización de la corrección quirúrgica.
- Pacientes con eventos previos de asistolia.
- Pacientes con una FEVI menor al 50% previo al evento quirúrgico.
- Pacientes portadores de cardiopatías congénitas con hipoplasia del ventrículo izquierdo, así como canal auriculoventricular desbalanceado a ventrículo derecho.
- Pacientes con antecedente de diagnóstico de cáncer.
- Pacientes egresados de quirófano con esternotomía abierta y empaquetamiento (por la dificultad para realizar el ecocardiograma y porque en las siguientes 72 horas reingresará a quirófano para cierre).
- Pacientes con presencia de infarto tipo V (asociado a la cirugía coronaria) durante la reparación quirúrgica.

Criterios de eliminación:

- Pacientes en los que no fue posible llevar a cabo la determinación del PC a las 24 h por ninguno de los dos métodos utilizados (ecocardiograma o método de Fick).
- Pacientes que requirieron oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO).
- Pacientes que requirieron derivación extracorpórea en el periodo postquirúrgico.

VARIABLES

Tabla 2. Definición de las variables utilizadas en el estudio				
Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Escala de medición	Unidad de medición
Sexo	Categoría de un individuo basada en las características fenotípicas de que lo distinguen en hombre y mujer	Se obtuvo dicha información de la ficha de identificación expediente clínico	Cualitativa nominal	1. Hombre 2. Mujer
Edad	Tiempo que ha vivido una persona u otro ser vivo contando desde su nacimiento	Se obtuvo dicha información de la ficha de identificación expediente clínico	Cuantitativa discreta	Años
Cardiopatía congénita	Anomalía estructural o funcional del corazón o grandes vasos presente en el momento del nacimiento a consecuencia de la alteración en la embriogénesis por factores genéticos o ambientales	Se extrajo el diagnóstico de cardiopatía congénita de la nota postquirúrgica	Cualitativa nominal	1. CIA 2. CIV 3. Tetralogía de Fallot 4. CATVP 5. AP + CIV 6. Canal AV 7. TGA
Tiempo de bomba	Tiempo al que se somete a derivación de circulación extracorpórea durante un evento de cirugía cardiovascular	Se obtuvo el dato de la hoja de anestesia o de la hoja de perfusión	Cuantitativa discreta	Minutos
Tiempo de pinzamiento aórtico	Tiempo durante el cual se realiza la interrupción momentánea del flujo sanguíneo a través de la aorta para realizar el acto quirúrgico	Se obtuvo el dato de la hoja de anestesia o de la hoja de perfusión	Cuantitativa discreta	Minutos
Bloqueo postquirúrgico	Arritmias cardiacas que se precipitan como complicación en el postoperatorio inmediato de cirugía cardiaca con circulación extracorpórea	Paciente que al egreso del procedimiento quirúrgico y hasta las 72 h persistió con bloqueo atrioventricular completo con censo persistente del marcapasos o aquel que requirió colocación de marcapaso epicárdico durante la estancia intrahospitalaria	Cualitativa nominal	0. No 1. Si

Tabla 2. Definición de las variables utilizadas en el estudio (continuación)

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Escala de medición	Unidad de medición
Inotrópico	Sustancia que posee un efecto sobre la contractilidad del músculo cardiaco	Se obtuvo de la hoja de indicaciones médicas o de la hoja de enfermería el uso de inotrópico en el post quirúrgico inmediato	Cualitativa nominal	0. No 1. Dobutamina 2. Milrinona 3. Levosimendán
Días con inotrópico	Número de días que es necesario el soporte inotrópico durante el postquirúrgico	Días efectivos según las indicaciones médicas con inotrópico, se obtuvo el dato de la hoja de indicaciones médicas o de la hoja de enfermería de la UTIP	Cuantitativa discreta	Días
Poder cardiaco (PC) a las 24 h y 72 h	El poder cardiaco es un parámetro hemodinámico y representa la capacidad que tiene el corazón como bomba, función inotrópica y predictor de morbilidad y mortalidad	Se realizó estimación del poder cardiaco mediante la fórmula: $PC (W) = \frac{PAM \times GC}{451}$ Posteriormente se calculó la diferencia entre la determinación del PC a las 24 con la de las 72 h del postquirúrgico. Se realizó estimación de GC mediante ecocardiografía o en su defecto mediante método de Fick y se tomó la PAM de la hoja de enfermería de la UTIP.	Cuantitativa continua VARIABLE INDEPENDIENTE	Watts (W)
Muerte	Efecto terminal que resulta de la extinción del proceso homeostático en un ser vivo	Se recabó información acerca de la causa de defunción, en caso de que se haya presentado	Cualitativa nominal VARIABLE DEPENDIENTE	0. No 1. Si



ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Estadística descriptiva: Se realizaron pruebas de normalidad para determinar la distribución paramétrica de los datos; las variables cualitativas se expresaron en frecuencias absolutas y porcentajes; las variables cuantitativas en medidas de tendencia central (mediana) y de dispersión (rangos intercuantiles, valores mínimo y máximo). Se calculó la incidencia acumulada de mortalidad durante el periodo de seguimiento.

Estadística inferencial: la comparación se realizó entre sobrevivientes y no sobrevivientes de la siguiente manera:

- En las variables cualitativas se empleó la prueba de chi cuadrada para determinar las diferencias en las proporciones entre ambos grupos.
- En las variables cuantitativas se determinaron las diferencias con prueba de U de Mann Whitney.
- Las variables con valor de $p < 0.05$ en el análisis bivariado fueron dicotomizadas para calcular el riesgo de presentar la variable dependiente como Riesgo Relativo (RR).
- En el caso del delta poder cardiaco, se realizó curva ROC para determinar el mejor punto de corte en el proceso de dicotomización de la variable.
- Ya que no se logró contar con la muestra suficiente y debido a la colinealidad de las variables al realizar el análisis de regresión logística, se ajustó el RR por un confusor con prueba de Mantel y Haenszel.
- Se consideró como valor estadístico significativo al resultado de $p < 0.05$. El programa estadístico empleado fue el SPSS versión 20 para Windows.

RESULTADOS

El estudio de cohorte se realizó de enero a noviembre de 2019, de manera ambilectiva, obteniéndose 63 pacientes. Se eliminaron 5 pacientes durante el seguimiento, que corresponden a los casos en los que no fue posible realizar la primera determinación del PC, 3 de ellos fallecieron en las primeras 24 horas posteriores al evento quirúrgico y en el resto (n=2) no se pudo llevar a cabo ecocardiograma y al intentar obtener el gasto cardiaco mediante método de Fick se presentó disfunción del catéter venoso central. Finalmente se analizaron 58 pacientes, registrando un total de 44 sobrevivientes y 14 defunciones. En la figura 2 se esquematiza la distribución de los pacientes incluidos en el estudio.

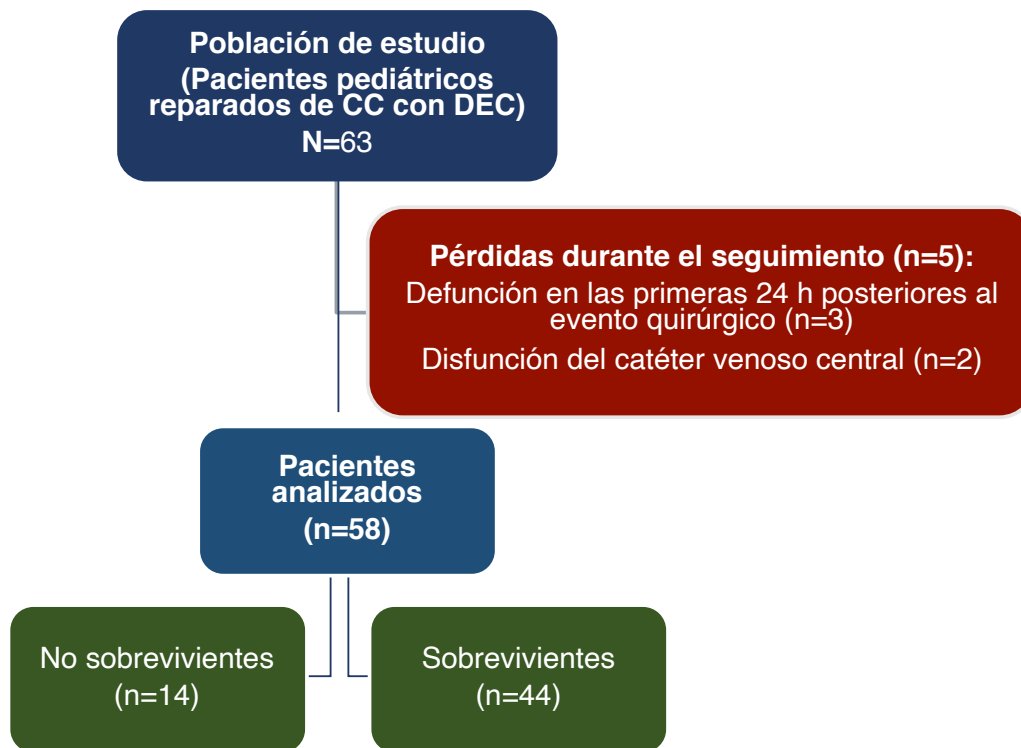


Figura 2. Descripción del proceso de selección de los sujetos de investigación.
CC: Cardiopatías Congénitas; DEC: Derivación extracorpórea, PC: Poder cardiaco.

En la tabla 3 se describen las características generales de los 58 pacientes analizados. La mediana de edad de los pacientes fue de 2.2 años (0.2-13 años) y el

51% corresponden al sexo masculino (n=30). Se reporta una mortalidad inmediata (menor a 7 días después del evento quirúrgico) del 24.1%.

Tabla 3. Características generales de 58 pacientes pediátricos reparados de cardiopatía congénita con derivación cardiopulmonar en una unidad de tercer nivel de atención (N = 58).					
Variable	Sobrevivientes n=44		No sobrevivientes n=14		Valor de p
Sexo	n (%)		n (%)		
Hombres	25 (56.8)		5 (36.7)		0.05
Mujeres	19 (43.1)		9 (64.2)		
Tipo de cardiopatía					
CCA (Cortocircuitos)	30 (68.1)		6 (42.8)		0.08
CATVP	3 (6.8)		4 (28.5)		
Tetralogía de Fallot	11 (25)		3 (21.4)		
Estenosis mitral	0 (0)		1 (7.1)		
	Mediana	RIQ	Mediana	RIQ	
Edad (años)	3	1 - 5	1.9	0.8 - 3	0.1
Peso (kg)	11.2	7.8 - 17.5	7.7	6.53 - 10.5	0.01
Talla (cm)	86	72 - 111	72	69 - 85	0.02
Exámenes de laboratorio postquirúrgicos (24 h)					
Hemoglobina (g/dL)	14.1	12.5 - 14.9	15.2	13.1 - 16.2	0.2
Leucocitos (miles/ μ L)	10.38	7.06 - 12.85	9.73	7.46 - 11.91	0.8
Plaquetas (miles/ μ L)	250	158 - 296	212	160 - 240	0.5
pH	7.34	7.31 - 7.41	7.35	7.34 - 7.40	0.3
pCO ₂ (mmHg)	44	38 - 51	36	31 - 54	0.6
pO ₂ (mmHg)	52	33 - 101	59	47 - 83	0.1
HCO ₃ (mmol/L)	23.7	18.7 - 26.3	22.5	20.2 - 29.8	0.1
Lactato (mmol/L)	1.7	0.8 - 2.2	1.2	0.7 - 2.3	0.2

CCA: Cardiopatías congénitas acianógenas; CATVP: Conexión anómala total de venas pulmonares; RIQ: Rango intercuartil. Valores en negrita: $p < 0.05$

Considerando la edad, en ambos grupos se observa similitud, sin embargo, existe diferencia respecto al género, donde se hace evidente una predominancia del sexo femenino (64%) en aquellos pacientes que fallecieron, sin observarse una diferencia significativa al compararse con los sobrevivientes.

Llama la atención que existió una diferencia significativa en cuanto al peso ($p 0.01$) y talla ($p 0.02$), observándose que los sobrevivientes tuvieron una talla y peso mayor con respecto a los no sobrevivientes.

Las cardiopatías congénitas acianóticas fueron las más frecuentes en ambos grupos (n=37, 63.7%), incluyéndose dentro de éstas a los pacientes que fueron reparados de comunicación interventricular, comunicación interauricular y canal AV. Por otra parte, en 6 de los casos (11%) además tuvieron persistencia de conducto arterioso conjuntamente. En cuanto a los resultados de los exámenes de laboratorio obtenidos en las 24 horas posteriores al evento quirúrgico no se observó diferencia significativa para ninguno de los parámetros evaluados en ambos grupos.

En la tabla 4 se enlistan las causas de defunción de los 14 pacientes no sobrevivientes, destacándose que la mayoría de los decesos ocurrieron en pacientes con cardiopatías cianóticas (n=9) y la mayoría de ellos pertenecen al grupo de riesgo 2 del RACHS-1 (n=13). La mediana del tiempo transcurrido entre el evento quirúrgico y el fallecimiento fue de 3.5 días (1-7). El choque cardiogénico fue reportado como la principal causa de defunción, en el 78.5% de los casos (n=11).

Tabla 4. Causas de defunción de los pacientes no sobrevivientes reparados de cardiopatía congénita con derivación cardiopulmonar en una unidad de tercer nivel (n=14).

No.	Cardiopatía congénita corregida	Diagnóstico de defunción (principal)	Días transcurridos entre el evento quirúrgico y la defunción
1	CIA	Choque séptico + Neumonía	1
2	CIA + CIV	Choque cardiogénico	6
3	CIA + CIV + PCA	Hemorragia pulmonar + SDRA	4
4	CIA + CIV + Coartación aórtica	Choque cardiogénico	7
5	Estenosis mitral	Choque cardiogénico	2
6	CATVP	Choque cardiogénico	3
7	CATVP	Choque cardiogénico	3
8	Atresia pulmonar + CIV	Choque cardiogénico	7
9	Atresia pulmonar + CIV	Hemorragia pulmonar	7
10	Tetralogía de Fallot	Choque cardiogénico	2
11	Tetralogía de Fallot	Choque cardiogénico	3
12	Tetralogía de Fallot	Choque cardiogénico + Falla renal	3
13	Tetralogía de Fallot	Choque cardiogénico	4
14	Tetralogía de Fallot	Choque cardiogénico + Coagulopatía	5

CIA: Comunicación interauricular; CIV: Comunicación interventricular; PCA: Persistencia de conducto arterioso, CATVP: Conexión anómala total de venas pulmonares.

Cabe aclarar que 3 de los pacientes no sobrevivientes fallecieron en las primeras 72 h postquirúrgicas (siendo el caso de los pacientes 1, 5 y 10 de acuerdo con la tabla 4), y por lo tanto se estudiaron únicamente con la determinación del PC a las 24 h, sin poder analizar el PC a las 72 h, y consecuentemente, sin la estimación del Δ PC.

En la tabla 5 se reportan los resultados obtenidos del poder cardiaco en los 58 pacientes. Se hizo un análisis de acuerdo con el método mediante el cual se calculó el gasto cardiaco; se utilizó ecocardiograma en 47 pacientes y en el resto (n=11) se llevó a cabo método de Fick (ya que no fue posible efectuar la medición ecocardiográfica debido a que no se contaba con equipo o personal disponible para su realización).

Tabla 5. Comparación de medianas del PC a las 24, 72 h y Δ PC entre sobrevivientes y no sobrevivientes, según el método de cálculo para estimar el gasto cardiaco utilizado en los pacientes reparados de cardiopatía congénita con derivación cardiopulmonar.

Variables	Total (N=58)		Ecocardiografía (n=47)		Método de Fick (n=11)	
	Sobrevivientes (n=44)	No sobrevivientes (n=14)	Sobrevivientes (n=36)	No sobrevivientes (n=11)	Sobrevivientes (n=8)	No sobrevivientes (n=3)
	Mediana (RIQ)	Mediana (RIQ)	Mediana (RIQ)	Mediana (RIQ)	Mediana (RIQ)	Mediana (RIQ)
PC 24 h (W)	1.1 (0.9 – 1.3)	0.7 (0.6 – 0.9)	1.1 (0.9 – 1.7)	0.6 (0.4 – 0.7)	1.2 (0.7 – 1.3)	0.6 (0.4 – 0.7)
PC 72 h (W)	1.6 (0.7 – 1.8)	0.9 (0.7 – 1.3)	1.2 (0.7 – 2.3)	0.5 (0.2 – 0.8)	1.5 (1.2 – 1.7)	0.8 (0.4 – 1.2)
ΔPC (W)	0.3 (0.1 – 0.5)	-0.2 (-0.4 – -0.2)	0.1 (0.08 – 0.3)	-0.2 (-0.1 – 0.3)	0.3 (0.1 – 0.5)	-0.3 (-0.1 – 0.5)

PC: Poder cardiaco; W: Watts; RIC: Rango Intercuartilar.

En cuanto al comportamiento del PC, se observa que el grupo de supervivientes mantuvo una cifra mayor a 1 Watt tanto a las 24 como a las 72 horas, no así en el grupo de pacientes no sobrevivientes (<1 W), siendo esta diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$). Asimismo, en cuanto al Δ PC, se enfatiza el incremento significativamente mayor en el grupo de sobrevivientes, incluso observándose una tendencia a la negativización del Δ PC en los pacientes que fallecieron.

En la figura 3 se muestra la curva ROC que se realizó para determinar el mejor punto de corte para el PC 24 h, PC 72 h y Δ PC, notándose que el AUC (*Area Under the Curve*) para el PC 24 h es de 0.97, PC 72 de 0.93 y para el Δ PC de 0.89.

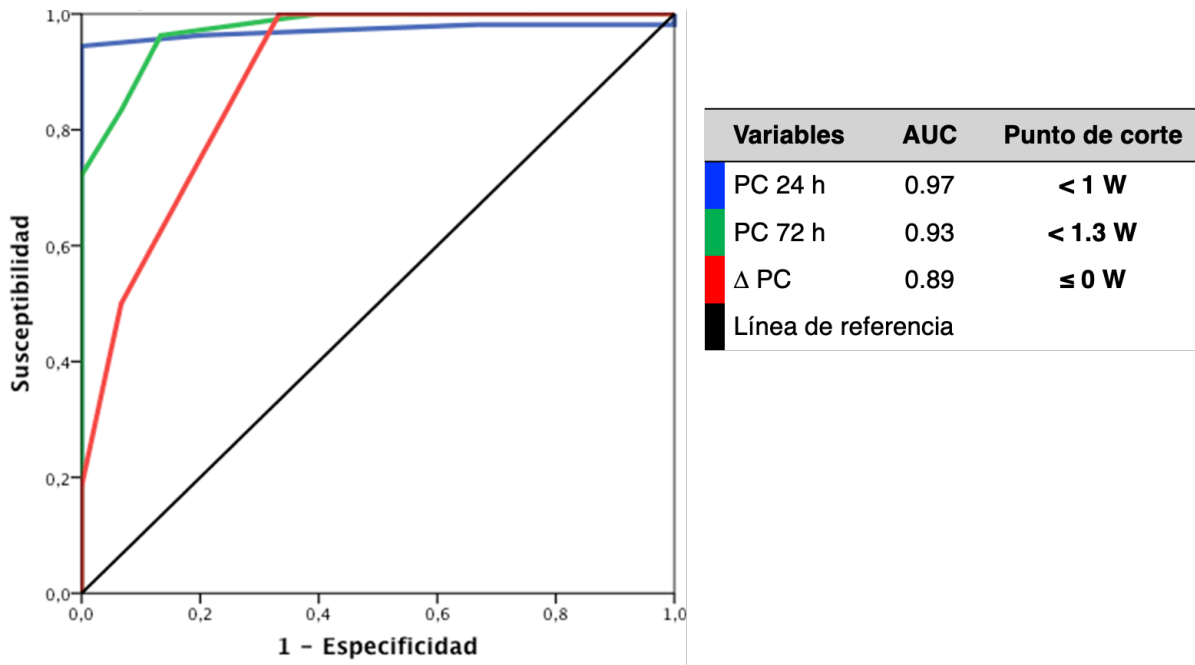


Figura 3. Curva ROC para estimar el mejor punto de corte y el área bajo la curva (AUC) del Poder cardiaco (PC) a las 24 h, PC 72 h y Δ PC para mortalidad.

En la tabla 6 se muestra el cálculo que se realizó del riesgo relativo (RR) crudo, las variables con plausibilidad biológica y valor de $p < 0.05$ fueron controladas por confusoras. Se resaltan en negritas los valores que resultaron estadísticamente significativos ($p < 0.05$). Destaca la asociación que tienen el PC a las 24, a las 72 h y del Δ PC como predictores de mortalidad, siendo más significativa dicha asociación en el caso del Δ PC, donde un valor neutro o negativo se asocia con un RR elevado (4.2, IC 95% 1.9-25), incluso al ser ajustado por cada una de las principales variables confusoras: peso < 10 kg previo al evento quirúrgico, el tratarse de una cardiopatía congénita cianótica o la presencia de bloqueo AV postquirúrgico.

Tabla 6. Cálculo del riesgo relativo del PC 24 h, PC 72 h y Δ PC para mortalidad ajustado por una variable confusora

Variables	Bivariado	CC cianótica	Peso < 10 kg	Bloqueo AVp
	RR (IC 95%)	RR (IC 95%)	RR (IC 95%)	RR (IC 95%)
PC 24 h < 1 W	2.4 (1.2-5)	1.6 (0.2-9)	3.6 (1.5-9)	0.8 (0.5-18)
PC 72 h < 1.3 W	3.5 (2-9)	2.1 (0.8-29)	7 (5-17)	8 (4-28)
Δ PC \leq 0 W	4.2 (1.9-25)	3.5 (2.7-12)	12 (7-32)	18 (14-25)

RR: Riesgo relativo; IC: Intervalo de Confianza; Bloqueo Avp: Bloqueo atrioventricular postquirúrgico; PC: Poder cardiaco; DEC: Derivación extracorpórea | Prueba de Cochrane Mantel y Haenszel. Valores en negrita: $p < 0.05$

En las figuras 4, 5 y 6 se muestran las curvas de sobrevivencia que se realizaron para el PC a las 24 h, 72 h y del Δ PC, donde se calculó la probabilidad de estar libre de muerte al 7° día posterior al evento quirúrgico cuando se estima un PC por debajo del punto de corte establecido.

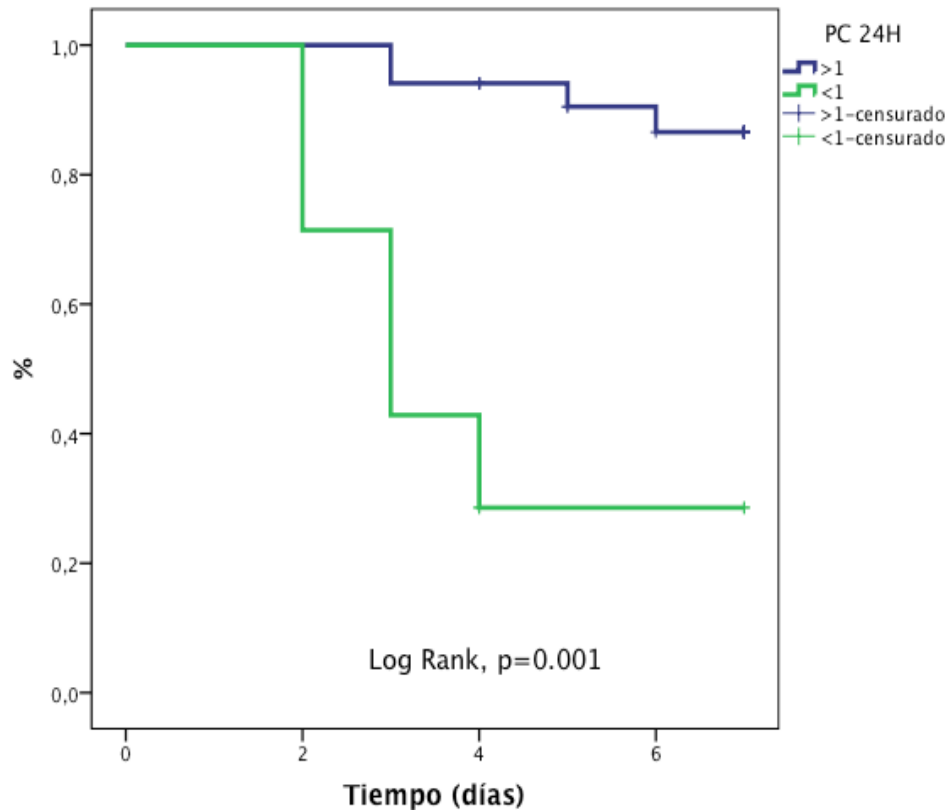


Figura 4. Curva de sobrevivencia: Probabilidad de estar libre de muerte a 7 días cuando el valor del PC estimado a las 24 h es > 1 W.

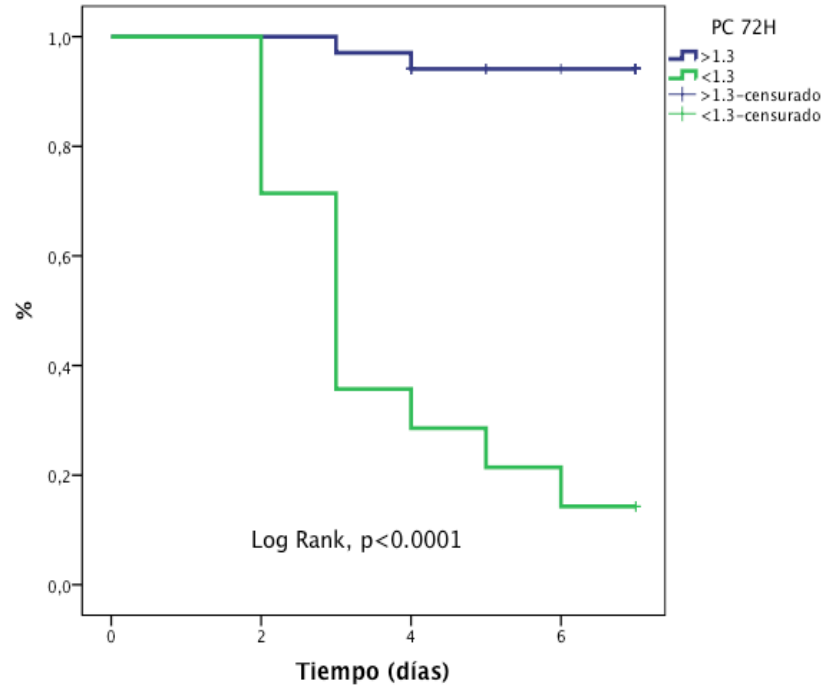


Figura 5. Curva de supervivencia: Probabilidad de estar libre de muerte a 7 días cuando el valor del PC estimado a las 72 h > 1.3 W.

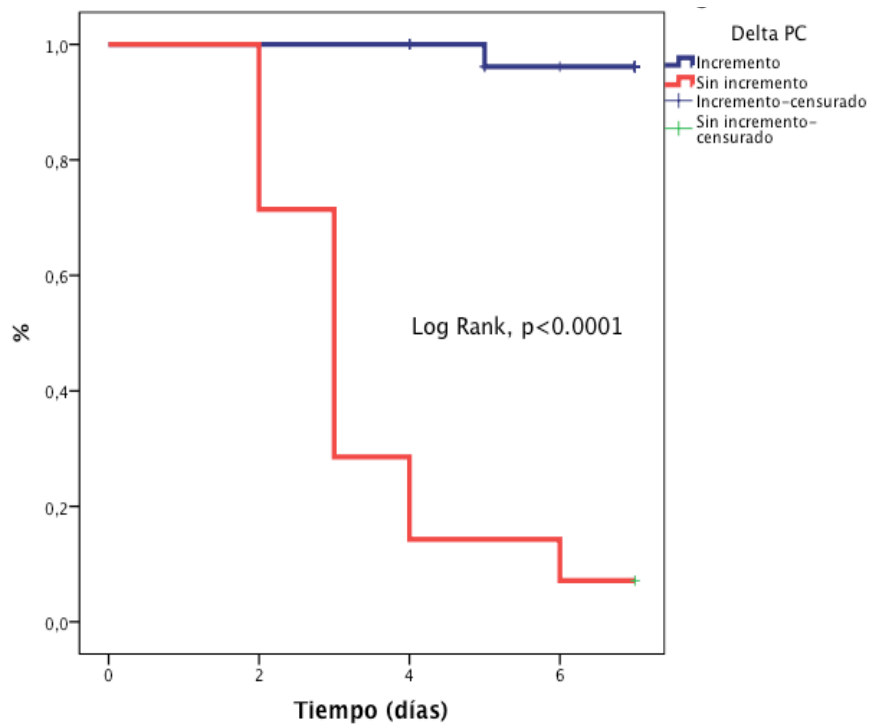


Figura 6. Curva de supervivencia: Probabilidad de estar libre de muerte a 7 días según el valor del Δ PC en pacientes reparados de cardiopatías congénitas con derivación extracorpórea.



DISCUSIÓN

Los resultados de este trabajo comprueban la hipótesis de que el Δ PC tiene un RR importante (4.2) para pronosticar mortalidad en pacientes reparados de cardiopatías congénitas con derivación extracorpórea.

La mediana de edad de nuestros pacientes fue de 2.2 años, acorde a lo estimado en nuestro medio, pues de acuerdo con el Registro Mexicano de Cirugía Cardíaca Pediátrica (RENACCAPE) en 2013, el mayor número de eventos quirúrgicos se realizan en niños de 1 a 5 años.

En cuanto a la distribución de las CC reportada en este estudio, llama la atención la elevada proporción de las cianóticas; como el caso de la tetralogía de Fallot (24.1%) que contrasta con el 10% reportado en años anteriores en estadística nacional. Por otro lado, la estimación de la alta frecuencia de la conexión anómala total de venas pulmonares (12%) es acorde a lo reportado en el RENACCAPE, que no es tan significativa en países anglosajones, pero sí en nuestro país (7%).¹⁹ Esta situación pudiese ser explicada dado que el Hospital de Pediatría del Centro Médico Nacional Siglo XXI es una unidad de tercer nivel de atención, por tanto, se concentran pacientes con este tipo de cardiopatías.

Uno de los principales factores pronósticos en los pacientes reparados de cardiopatía congénita es de acuerdo con su clasificación en las diferentes categorías de estratificación del riesgo quirúrgico. Del total de población de estudio, casi la totalidad corresponden al grupo 2 de la escala RACHS-1 (n=57), de los cuales 13 casos corresponden a defunciones y se estima una mortalidad del 22.8% dentro de este grupo de riesgo; muy superior en comparación con diversos estudios realizados alrededor del mundo, como se observa en la tabla 7. Asimismo, se hace evidente un incremento en la mortalidad para dicha categoría en este estudio, por encima del 11.8% reportado por Tenorio Gutiérrez en 2018, en un estudio realizado

en el HP CMN SXXI que estimó la mortalidad inmediata en pacientes pediátricos operados de cardiopatía congénita ingresados en la Unidad de Terapia Intensiva Pediátrica.²⁰ Esto probablemente en relación con nuestros criterios de selección, pues se estudiaron únicamente pacientes que hayan requerido derivación extracorpórea, lo que excluye varios procedimientos de categoría 2 que se realizan con regularidad en nuestro medio.

Tabla 7. Comparación de la mortalidad reportada en diversos estudios en población pediátrica sometida a intervención quirúrgica cardiovascular del grupo de riesgo 2 según la clasificación de RACHS-1.

PCCC (EUA)	HD (EUA)	BO (Alemania)	SS (Dinamarca)	Colombia	Argentina	AMECC (México)	HP CMN SXXI
3.8% (2.9 – 5.0)	3.3% (2.4 – 4.4)	4.0% (2.8 – 5.5)	3.1% (1.5 – 5.4)	7.21%	0.9%	5.7%	22.8%

RACHS-1: Risk Adjustment in Congenital Heart Surgery; PCCC: Consorcio de Cuidados en Pacientes Pediátricos; EUA: Estados Unidos de América; HD: "Hospital Discharge"; BO: "Hospital Bad Oeynhausen"; SS: Skejby Sygehus; AMECC: Asociación Mexicana de Especialistas en Cardiopatías Congénitas; HP CMN SXXI: Hospital de Pediatría del Centro Médico Nacional Siglo XXI.

Otro de los marcadores pronósticos que se ha utilizado anteriormente es el lactato, considerado como un indicador de hipoxia tisular y ha sido validado como un predictor de mortalidad en el paciente críticamente enfermo, incluyendo a aquellos pacientes postoperados de cirugía cardíaca. En varios estudios se han establecido puntos de corte para la concentración de lactato sérico y se ha demostrado relación directa entre el nivel de éste y el riesgo de muerte. La hiperlactatemia clásicamente se define con un valor mayor a 2 mmol/L, pero no se ha determinado de manera estricta el umbral patológico del mismo, que aparentemente oscila entre 2 y 4 mmol/L. En nuestro estudio se decidió utilizar un punto de corte de 4 mmol/L, sin embargo, no se logró encontrar asociación significativa con mortalidad inmediata, contrario a lo descrito en las Guías para el manejo del síndrome de bajo gasto cardíaco en el postoperatorio de cirugía cardíaca, donde se identifica a la hiperlactatemia como un importante marcador pronóstico (OR 1.94).^{21, 22}

El poder cardíaco no ha sido utilizado previamente en la población pediátrica como un marcador pronóstico de mortalidad, sin embargo, se trata de una medición que



refleja la capacidad de la función miocárdica como bomba, y por lo tanto es un buen parámetro para predecir la evolución de los pacientes con choque cardiogénico. Ha sido descrita su utilidad en pacientes con SICA, reportándose por Lupi Herrera y colaboradores que en los casos en que no se logra alcanzar cifras iguales o mayores a 0.7 W se asocia a una mayor mortalidad.¹²

Con los resultados de este estudio se hace evidente el incremento importante en la mortalidad en aquellos pacientes en los que se documenta un PC menor a 1 W a las 24 h, menor a 1.3 W a las 72 h o un Δ PC entre ambas mediciones ≤ 0 W, es decir, en aquellos en los que no existe aumento o incluso se evidencia una disminución del PC respecto a la cifra estimada previamente, se asocia con un incremento significativo en la mortalidad (RR 4.2).

La causa de mortalidad más frecuentemente reportada en este estudio fue el choque cardiogénico, siendo la principal causa de defunción en el 78.5% de los casos, situación esperada dado que se estudiaron pacientes postquirúrgicos que requirieron derivación cardiopulmonar, y por lo tanto, en todos ellos se realizó miocardiectomía, lo que compromete la función contráctil y lleva a insuficiencia cardiaca aguda en el postquirúrgico inmediato, situación análoga a la que se presenta durante el evento isquémico descrito en pacientes con infarto agudo al miocardio.¹⁷

Cabe destacar que el poder cardiaco en un futuro podría ser utilizado como un marcador pronóstico o incluso como diagnóstico para el síndrome de bajo gasto cardiaco (SBGC) en el postoperatorio de cirugía cardiaca, pues es una de las potenciales complicaciones que se produce en las primeras horas postquirúrgicas en los pacientes que son reparados de cardiopatía congénita. El SBGC que presentan estos pacientes puede atribuirse al fallo ventricular izquierdo debido a la miocardiectomía realizada durante el evento quirúrgico, sin embargo, deben realizarse más estudios al respecto para lograr sustentar esta afirmación.²¹



En este estudio se recurrió a la estimación del gasto cardiaco por el método de Fick en 11 de los casos, ya que no existía factibilidad para la realización de las determinaciones ecocardiográficas necesarias para llevar a cabo el estudio. Se decidió lo anterior debido a que, de acuerdo con lo reportado por Muñoz Perea en 2018, el método de Fick tiene muy buena correlación ($r = 0.85$) para estimar el gasto cardiaco comparado con el cálculo realizado mediante ecocardiograma.²³

Esta investigación posee algunas limitaciones, pues el tamaño de muestra es pequeño, y se trata de un estudio realizado en un periodo corto de tiempo, sería de utilidad ampliar la muestra para obtener mayor relevancia estadística. Asimismo, se realizó en un universo de estudio bien delimitado, por lo que sus resultados no son aplicables en otros escenarios, resultaría de ayuda un estudio multicéntrico que le otorgara validez externa a los resultados. De igual forma, el estudio posee un sesgo de detección, pues como se especifica anteriormente, se utilizaron dos diferentes métodos para la estimación del gasto cardiaco. Por otro lado, como una fortaleza del diseño del estudio, no se identifica el sesgo de Neyman, dado que se logró conocer la evolución de todos los pacientes incluidos en el estudio.

Este trabajo se realizó como un proyecto con la intención de demostrar la asociación del PC y el Δ PC como marcadores pronósticos de mortalidad en pacientes pediátricos reparados quirúrgicamente de cardiopatías congénitas, por lo que será de utilidad para futuras investigaciones, que puedan ayudar a estandarizar conductas terapéuticas, generar directrices de manejo y efectuar intervenciones oportunas en estos pacientes.



CONCLUSIONES

El poder cardiaco a las 24 h, a las 72 h y el Δ PC muestran asociación significativa para pronosticar mortalidad inmediata en pacientes pediátricos reparados de cardiopatías congénitas con derivación cardiopulmonar. Sin embargo, es necesario realizar más estudios para confirmar dicha aseveración.



CONSIDERACIONES ÉTICAS

- Se trató de un estudio que evaluó las diferencias en la mortalidad relacionada con el indicador del delta poder cardiaco estimado a las 24 y a las 72 horas postquirúrgicas.
- Según la Ley General de Salud en materia de Investigación, de acuerdo con el artículo 17º fracción II, al tratarse de una investigación de pronóstico, siendo un estudio ambilectivo que emplea datos a través de procedimientos comunes en exámenes físicos y diagnósticos rutinarios, se consideró como una investigación de riesgo mínimo, en todos los casos se solicitó carta de consentimiento informado y asentimiento en aquellos pacientes mayores de 7 años.
- La confidencialidad de los datos se conservó por parte de los investigadores y en aquellas situaciones en las que se detectó un evento centinela o adverso de la práctica habitual, los investigadores realizaron las medidas correspondientes para su solución y el respectivo reporte.
- La medición de este índice pronóstico no conlleva riesgos, debido a que los elementos empleados para obtener los datos de sus componentes se obtuvieron por ecocardiograma, el cual es no invasivo y la medición de la PAM es rutinaria y no invasiva.
- La realización del ecocardiograma en el periodo postquirúrgico es un procedimiento que se realiza de rutina en todos los pacientes que han sido reparados de cardiopatías congénitas.
- En beneficio de los sujetos de investigación, en el caso de que se hubiera detectado en el ecocardiograma la presencia de derrame pericárdico, hemopericardio u otra posible complicación, por tratarse de una situación que pudo comprometer la vida a corto plazo, se hubiese informado al médico tratante para que tomara la decisión pertinente de acuerdo con el estado clínico del paciente, sin embargo, no se presentó dicha situación.



Proceso de firma de consentimiento y asentimiento informado

Una vez que se detectó que el paciente cumplió el criterio de elegibilidad, el alumno de tesis acudió 24 horas antes del evento quirúrgico a invitar y explicar la carta de consentimiento informado. El proceso se realizó en la cama del paciente en presencia del cuidador primario (ambos padres) y se dio información sobre las actividades del estudio, posibles riesgos y beneficios. A los pacientes mayores de 7 años se les explicó el proceso con palabras que fueran comprendidas por el menor y se solicitó su asentimiento en presencia de los cuidadores; no se invitó al menor en ausencia del responsable legal.



ANEXOS

ANEXO 1: Hoja de recolección de datos

El poder cardiaco y el delta poder cardiaco a las 72 horas como factores pronósticos de mortalidad en pacientes pediátricos reparados de cardiopatías congénitas con derivación cardiopulmonar

Paciente: _____

NSS: _____

Sexo: _____

Edad: _____

Diagnóstico: _____

Cirugía realizada: _____

Fecha de la cirugía: _____

Tiempo de bomba: _____

Tiempo de pinzamiento aórtico: _____

Bloqueo postquirúrgico: Si _____ No. de días: _____
No _____

Uso de inotrópico: Si _____ No _____
¿Cuál? _____

Días con inotrópico: _____

Gasto Cardiaco (GC): _____

Presión Arterial Media (PAM): _____

Diferencias arteriovenosas de oxígeno (D(a-v)O₂): _____

Poder cardiaco (24 h): _____

Poder cardiaco (72 h): _____

ΔPC: _____

Muerte: Si () Fecha y hora: _____ No: _____



ANEXO 2: Carta de consentimiento informado

INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL
UNIDAD DE EDUCACIÓN, INVESTIGACIÓN
Y POLÍTICAS DE SALUD
COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN EN SALUD



CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPACIÓN EN PROTOCOLOS DE INVESTIGACIÓN

Nombre del estudio:	El poder cardiaco y el delta poder cardiaco a las 72 horas como factores pronósticos de mortalidad en pacientes pediátricos reparados de cardiopatías congénitas con derivación cardiopulmonar.
Lugar y fecha:	
Número de registro:	
Justificación y objetivo del estudio:	Estamos realizando un estudio para analizar si un índice llamado “poder cardiaco” es de utilidad para evaluar el resultado de la cirugía en pacientes que han sido operados del corazón.
Procedimientos:	Se llevará a cabo un ultrasonido del corazón de su hijo durante su estancia en Terapia Intensiva, éste es un procedimiento que se realiza de rutina como parte del seguimiento habitual que se brinda a los pacientes que han sido operados de cirugía del corazón; asimismo, se obtendrán datos del expediente de su hijo, como la frecuencia cardiaca y presión arterial para completar el estudio.
Posibles riesgos y molestias:	Los riesgos para su paciente son mínimos, pues el ultrasonido del corazón es un estudio no invasivo; sin embargo, puede ser incómodo el procedimiento para su hijo, ya que se ejerce un poco de presión sobre su pecho para obtener imágenes de su corazón. Incluso puede provocar dolor, por lo que en caso necesario se le brindará un medicamento para aliviar su malestar. Por otro lado, la toma de signos vitales como la frecuencia cardiaca y la presión arterial es un procedimiento rutinario que no genera molestias durante su obtención.
Posibles beneficios que recibirá al participar en el estudio:	La realización del ultrasonido cardiaco, al ser un procedimiento que se hace en todos los pacientes después de que se han operado del corazón, nos brinda datos acerca de la evolución posterior a la cirugía. Durante la obtención de las imágenes podríamos detectar complicaciones o alteraciones de manera oportuna, en cuyo caso se notificará inmediatamente a su médico tratante y se tomarán las medidas necesarias para resolverlas.
Participación o retiro:	La participación es totalmente voluntaria, no recibirá ningún pago por la misma y este estudio no implica un costo para usted o para el Hospital. Además, en el momento en que usted decida que su hijo no participe o salir de este estudio lo puede hacer de forma libre, sin que ninguna cosa dañe su atención.
Privacidad y confidencialidad:	La información que nos da, que pudiera ser utilizada para identificarlo (nombre, dirección, teléfono), así como sus datos personales, clínicos, serán guardados de manera secreta, así como los resultados de sus pruebas del hospital para garantizar su privacidad. Cuando los resultados de este estudio sean publicados o presentados en conferencias, no se dará información que pudiera revelar su identidad. Para proteger o guardar su nombre le asignaremos un número en lugar de su nombre en nuestros registros.



En caso de dudas o aclaraciones relacionadas con el estudio podrá dirigirse a:

Investigador Responsable: **Dra. Isabel Ramírez Flores**
Médico especialista en Medicina Crítica Pediátrica.
UMAE Hospital de Pediatría del Centro Médico Nacional Siglo XXI.
Tel: 5533323045. Correo-e: Znaya_7@hotmail.com

Colaboradores: **Dr. Gustavo Rafael Vázquez Vásquez**
Médico residente de tercer año de Pediatría.
UMAE Hospital de Pediatría del Centro Médico Nacional Siglo XXI.
Tel: 2281209237. Correo-e: gustavo_rafael_vazquez@hotmail.com

Dr. Horacio Márquez González
Cardiólogo pediatra.
UMAE Hospital de Cardiología del Centro Médico Nacional Siglo XX.
Tel: 5537541562. Correo-e: horaciohimfg@gmail.com

Dra. María de Jesús Estrada Loza
Cardiólogo Pediatra
UMAE Hospital de Pediatría del Centro Médico Nacional Siglo XXI.
Tel: 56276900 Ext. 21253. Correo-e: mariajesus_estrada@yahoo.com.mx

Nombre y firma de ambos padres o
tutores o representante legal

Nombre y firma de quien obtiene el
consentimiento

Testigo 1

Testigo 2

Nombre, dirección, relación y firma

Nombre, dirección, relación y firma

Clave: 2810-009-014



ANEXO 3: Carta de asentimiento informado

INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL
UNIDAD DE EDUCACIÓN, INVESTIGACIÓN
Y POLÍTICAS DE SALUD
COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN EN SALUD



Carta de asentimiento en menores de edad (8 a 17 años)

Nombre del estudio: **El poder cardiaco y el delta poder cardiaco a las 72 horas como factores pronósticos de mortalidad en pacientes pediátricos reparados de cardiopatías congénitas con derivación cardiopulmonar.**

Número de registro institucional _____

Te estamos invitando a participar en un estudio que estamos realizando para evaluar la función de tu corazón después de tu cirugía mientras te encuentras hospitalizado en terapia intensiva. El estudio consiste en realizar un ultrasonido para obtener imágenes de tu corazón. Esto pudiera provocarte un poco de dolor al colocar o mover el aparato sobre tu pecho, si esto pasara te daremos un medicamento para aliviar el dolor.

Tu participación en el estudio es voluntaria, es decir, aun cuando tus padres hayan dicho que puedes participar, si tú no quieres hacerlo puedes decir que **no**. También es importante que sepas que si en un momento dado ya no quieres continuar en el estudio, no habrá ningún problema, o si no quieres responder a alguna pregunta en particular, tampoco habrá problema.

Esta información será confidencial. Esto quiere decir que no diremos a nadie tus respuestas o resultados sin que tú lo autorices, solo lo sabrán las personas que forman parte del equipo de este estudio.

Si aceptas participar, te pido que por favor pongas una **(x)** en el cuadrado de abajo que dice “Sí quiero participar” y escribe tu nombre. Si **no** quieres participar, déjalo en blanco.

Sí quiero participar

Nombre:

Nombre y firma de la persona que obtiene el asentimiento:

Fecha: _____

Clave: 2810-009-014



BIBLIOGRAFÍA

1. Mozaffarian D, Benjamin EJ, Go AS, Arnett DK, Blaha MJ, Cushman M, et al. Heart Disease and Stroke Statistics-2016 Update A Report from the American Heart Association. *Circulation*. 2016;133:e38-e360.
2. Segovia C. Etiología y evaluación diagnóstica en la insuficiencia cardiaca. *Rev Esp Cardiol*. 2004;57:250-259.
3. Triedman JK, Newburger JW. Trends in congenital heart disease. *Circulation*. 2016;133:2716-2733.
4. Zomer C, Vaartjes I, Uiterwaal C, Van-der-Velde ET, Lambert FM, Leo HB. Circumstances of death in adult congenital heart disease. *Int J Cardiol*. 2012;154:168-172.
5. Lee N, Taylor MD, Banerjee RK. Right ventricle-pulmonary circulation dysfunction: a review of energy-based approach. *Biomed Eng Online*. 2015;14(Suppl 1):S8.
6. Garcia-Hernandez JA, Benitez-Gomez IL, Martinez-Lopez AI, Praena-Fernandez JM, Cano-Franco J, Loscertales-Abril M. Marcadores pronósticos de mortalidad en el postoperatorio de las cardiopatías congénitas. *An Pediatr (Barc)*. 2012;77(6):366-373.
7. Jenkins KJ, Gauvreau K, Newburger JW, Spray TL, Moller JH, Iezzoni LE. Consensus-based method for risk adjustment for surgery for congenital heart disease. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2002; 110-118.
8. Lacour-Gayet F, Clarke D, Jacobs J, Comas J, Daebritz S, Daenen W, et al. The Aristotle score: a complexity-adjusted method to evaluate surgical results. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2004;25:911-924.
9. Calderón-Colmenero J, Cervantes-Salazar JL, Curi-Curi PJ, Ramírez-Marroquín S. Problemática de las cardiopatías congénitas en México. Propuesta de regionalización. *Arch Cardiol Mex*. 2010;80(2):133-140.



10. Nieminen HP, Jokinen EV, Sairanen HI. Causes of late deaths after pediatric cardiac surgery: a population-based study. *J Am Coll Cardiol.* 2007;50(13):1263-1271.
11. Fincke R, Hochman J, Lowe AM, Menon V, Slater, JN, Webb JG, et al. Cardiac power is the strongest hemodynamic correlate of mortality in cardiogenic shock: a report from the SHOCK trial registry. *J Am Coll Cardiol.* 2004;44(2):340-348.
12. Lupi-Herrera E, Chuquiure-Valenzuela E, Gonzalez-Pacheco H, Cuellar-Velasco BM, Arias-Mendoza A, Martinez-Sanchez CR. “El poder cardíaco” un instrumento del pasado, posiblemente una herramienta moderna en la valoración clínica, terapéutica y pronóstica del choque cardiogénico por síndrome isquémico coronario agudo. *Arch Cardiol Mex.* 2006;76:95-108.
13. Monares-Zepeda E, Arcos-Zamora M, Sanchez-Castrillo C, Colín-Espinoza V, Etulain-Gonzalez JE, Poblano-Morales M, et al. Delta de poder cardiaco en choque séptico. *Rev Asoc Mex Med Crit y Ter Int.* 2008;22(1):15-19.
14. Cotter G, Williams SG, Vered Z, Tan LB. Role of cardiac power in heart failure. *Curr Opin Cardiol.* 2003;18(3):215-22.
15. Bighamian R, Han JO. Relationship between stroke volume and pulse pressure during blood volume perturbation: a mathematical analysis. *Biomed Res Int.* 2014;459269:1-10.
16. Popovic B, Fay R, Cravoisy-Popovic A, Levy B. Cardiac power index, mean arterial pressure, and Simplified Acute Physiology Score II are strong predictors of survival and response to revascularization in cardiogenic shock. *Shock.* 2014;42(1):22-6.
17. Esquivel-Molina CG, Chávez-Landeros L, García-Espino FA, Ramírez-González R, Oyervides-Juárez VM, García-Caballero IL, Camacho-Casillas R. Poder cardiaco como marcador pronóstico en choque cardiogénico en infarto agudo de miocardio. *Med Int Mex.* 2009;25(4):263-9.



18. Grodin JL, Mullens W, Dupont M, Wu Y, Taylor DO, Starling RC, et al. Prognostic role of cardiac power index in ambulatory patients with advanced heart failure. 2015;17(7):689-696.
19. Cervantes-Salazar J, Calderón-Colmenero J, Ramírez-Marroquín S, Palacios-Macedo A, Bolio-Cerdán A, Vizcaíno-Alarcón A, et al. El Registro Mexicano de Cirugía Cardíaca Pediátrica. Primer informe. Revista de Investigación Clínica. 2013;65(6):476-482.
20. Tenorio-Gutiérrez W, Muñoz-Ramírez CM, Márquez-González H. Estimación y ajuste de la escala RACHS-1 en el pronóstico de morbilidad inmediata en pacientes pediátricos operados de cardiopatía congénita ingresados a la Unidad de terapia Intensiva Pediátrica del Hospital de Pediatría en el periodo comprendido de agosto de 2016 a abril de 2018. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México; 2018.
21. Khosravani H, Shahpori R, Stelfox HT, Kirkpatrick AW, Laupland KB. Occurrence and adverse effect on outcome of hyperlactatemia in the critically ill. Crit Care. 2009;13(3):R90.
22. Pérez-Vela JL, Martín-Benítez JC, Carrasco-González M, De la Cal-López MA, Hinojosa-Pérez R, Sagredo-Meneses V, et al. Guías de práctica clínica para el manejo del síndrome de bajo gasto cardíaco en el postoperatorio de cirugía cardíaca. Med Intensiva. 2012;36(4):e1-e44.
23. Muñoz-Perea C, Bonilla-Rojas J, Márquez-González H, Estrada-Loza MJ. Correlación entre la determinación del índice cardíaco medido por ecocardiograma y las fórmulas basadas en el método de Fick en pacientes pediátricos en estado crítico. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México; 2018.