



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

ISSSTE

CENTRO MÉDICO NACIONAL 20 DE NOVIEMBRE

**COMPORTAMIENTO DEL ÍNDICE DE CHOQUE EN LOS PACIENTES
PEDIÁTRICOS OPERADOS DE CIRUGÍA CARDIACA**

TESIS DE POSGRADO

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN:
MEDICINA CRÍTICA PEDIÁTRICA**

PRESENTA:

DRA. ORALIA AISLINN HERNÁNDEZ CINTA

ASESOR:

DR. JOSÉ ALFREDO MÉNDEZ GUTIÉRREZ

CIUDAD UNIVERSITARIA, CD.MX., MARZO, 2021



REGISTRO: 011.2021





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.

**“COMPORTAMIENTO DEL ÍNDICE DE CHOQUE EN LOS PACIENTES
PEDIÁTRICOS OPERADOS DE CIRUGÍA CARDIACA”**

AUTORIZACIONES

Dr. Félix Octavio Martínez Alcalá

Subdirector de Enseñanza e Investigación
Centro Médico Nacional 20 de Noviembre

Dr. Paul Mondragón Terán

Coordinador de Investigación
Centro Médico Nacional 20 de Noviembre

Dra. Jacquelin María de los Dolores Hernández Mendoza

Profesor Titular del Curso de Medicina Crítica Pediátrica
Centro Médico Nacional 20 de Noviembre

Dr. José Alfredo Méndez Gutiérrez

Asesor de Tesis

Dra. Oralia Aislinn Hernández Cinta

Residente

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, por continuar junto a mí en este camino, por apoyarme de manera incondicional y ayudarme a llegar tan lejos como he querido.

A mis amigos, por estar en los mejores y en los peores momentos, por ser mi mejor apoyo y por saber escuchar.

A esas personas que compartieron parte de sus vidas conmigo, que me enseñaron cuáles son los mejores aciertos.

ÍNDICE

RESUMEN	4
ABSTRACT	5
ABREVIATURAS.....	6
INTRODUCCIÓN	7
MARCO TEÓRICO.....	9
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
JUSTIFICACIÓN	20
HIPÓTESIS	22
OBJETIVOS	22
MATERIAL Y MÉTODOS.....	23
ASPECTOS ÉTICOS.....	29
CONSIDERACIONES DE BIOSEGURIDAD	30
RESULTADOS.....	31
DISCUSIÓN	41
CONCLUSIONES.....	44
BIBLIOGRAFÍA	45

RESUMEN

La cirugía cardíaca pediátrica, al igual que otros procedimientos quirúrgicos, presenta complicaciones que tienen impacto sobre los recursos humanos, materiales y económicos destinados para la atención. Por esta razón, se requiere una herramienta que refleje las alteraciones cardiovasculares en el periodo postquirúrgico como el índice de choque. En la población pediátrica su uso se ha limitado a paciente con sepsis, choque séptico y trauma.

Material y métodos: Estudio retrospectivo, longitudinal, observacional y analítico. Se incluyeron niños operados de cirugía cardíaca sometidos a derivación cardiopulmonar, que ingresaron en la UTIP del Centro Médico Nacional 20 de Noviembre. Se realizó estadística descriptiva y analítica, utilizando el coeficiente de correlación de Spearman y χ^2 . Para valorar la utilidad del índice de choque, se utilizó curva ROC.

Resultados: Del total de los 214 pacientes incluidos, 73 (34.1%) presentaron malformaciones atriales y de sus conexiones venosas. Se observó relación entre el SIPA y el tiempo de derivación cardiopulmonar (6 h $\rho=0.41$), tiempo de pinzamiento aórtico (6 h $\rho=0.33$), días de hospitalización en UTIP (0 h $p=0.036$, 6 h $p=0.007$ y 24 h $p=0.038$), horas de ventilación mecánica (24 h $\rho=0.33$) y mortalidad (12 h OR 23.2, IC95% 3.04-177.9, $p<0.005$, AUC 0.760, IC 95% 0.66-0.855, $p<0.005$ y 24 h OR 18.9, IC95% 2.48-144.7, $p<0.005$, AUC 0.830, IC 95% 0.74-0.91, $p<0.005$)

Conclusión: El SIPA presenta correlación con el tiempo de derivación cardiopulmonar, tiempo de pinzamiento aórtico, días de hospitalización en UTIP, horas de ventilación mecánica y mortalidad. El SIPA muestra un adecuado rendimiento como prueba para predecir mortalidad.

ABSTRACT

Pediatric cardiac surgery, like other surgical procedures, presents complications that have an impact on human, material, and financial resources allocated for care. On this account, is required a tool that reflects the cardiovascular alterations in the postoperative period as shock index. In the pediatric population, its use has been limited to patients with sepsis, septic shock, and trauma.

Material and methods: Observational, cross-sectional, retrospective, and analytical study. Children who underwent cardiopulmonary bypass operated of heart surgery and admitted to the PICU of the Centro Médico Nacional 20 de Noviembre were included. Descriptive and inferential statistics were performed, using Spearman's correlation coefficient and χ^2 . To assess the utility of the SIPA, a ROC curve was used.

Results: Overall 214 patients included, 73 (34.1%) had atrial malformations and their venous connections. Associations were also seen between SIPA and cardiopulmonary bypass time (6 h $\rho=0.41$), aortic clamping time (6 h $\rho=0.33$), days of hospitalization in PICU (0 h $p=0.036$, 6 h $p=0.007$ and 24 h $p=0.038$), hours of mechanical ventilation (24 h $\rho=0.33$) and mortality (12 h OR 23.2, IC95% 3.04-177.9, $p<0.005$, AUC 0.760, IC 95% 0.66-0.855, $p<0.005$ and 24 h OR 18.9, IC95% 2.48-144.7, $p<0.005$, AUC 0.830, IC 95% 0.74-0.91, $p<0.005$)

Conclusion: SIPA is correlated with cardiopulmonary bypass time, aortic clamping time, days of hospitalization in PICU, hours of mechanical ventilation and mortality. SIPA shows an adequate performance as a test to predict mortality.

ABREVIATURAS

FC: Frecuencia cardiaca

PAS: Presión arterial sistólica

PAD: Presión arterial diastólica

PAM: Presión arterial media

FEVI: Fracción de eyección del ventrículo izquierdo

UTIP: Unidad de Terapia Intensiva Pediátrica

SI: Shock Index (Índice de choque)

MSI: Modified Shock Index (Índice de choque modificado)

SIPA: Shock Index Pediatric Age Adjusted (Índice de choque ajustado por edad)

PaCO₂: Presión arterial de CO₂

NYHA: New York Heart Association

NT-proBNP: Porción N terminal del pro-péptido natriurético tipo B

INTRODUCCIÓN

Las cardiopatías congénitas representan una serie de patologías que, por diversas causas, han ido en aumento en las últimas décadas, aunque su prevalencia es variable a nivel mundial, en nuestro país presenta un comportamiento similar, donde el número de casos es mayor que en la década de los 80, con incidencias inversamente proporcionales al peso al nacer, afectan a 7.4 por cada 1000 recién nacidos vivos y a 35.6 por cada 1000 recién nacidos prematuros.⁽¹⁾ Constituyen una de las 10 principales causas de mortalidad infantil y requieren un manejo multidisciplinario por un grupo de especialistas.⁽⁵⁾ En México, el 50% de los niños que son diagnosticados con una cardiopatía congénita requerirán manejo quirúrgico.⁽¹⁾

A lo largo de los años, se han desarrollado técnicas quirúrgicas y medidas de protección miocárdica a partir de las implementadas en pacientes adultos, lo cual representa un reto debido a las diferencias que existen entre estos 2 grupos poblacionales ⁽⁷⁾ ⁽⁸⁾. Desafortunadamente, la cirugía cardiaca pediátrica representa menos del 10% de los procedimientos quirúrgicos, lo cual ocasiona que el interés de la industria científica sea menor, con lo que se destinan menos recursos económicos para su desarrollo e investigación.⁽⁶⁾

Las complicaciones que se presentan en el periodo postquirúrgico requieren especial atención debido a la repercusión que tienen en la morbilidad y mortalidad de los pacientes. Diversos estudios han demostrado que el índice de choque es una herramienta que puede implementarse a la cabecera del paciente proporcionando información relacionada con la respuesta a la reanimación hídrica, desarrollo de disfunción ventricular, daño vascular, días de ventilación mecánica, predicción de hemorragia masiva, días de estancia hospitalaria, ingreso a unidades de cuidados intensivos, uso de productos sanguíneos y mayor mortalidad. ⁽¹⁶⁾ ⁽¹⁷⁾ ⁽¹⁸⁾ Es importante considerar que dentro de la evaluación del índice de choque, se han realizado cambios para incluir la función diastólica ventricular como es el caso de índice del choque modificado, así como el empleo de un índice de choque ajustado por edad que divide

a los pacientes pediátricos por grupo de edad dadas las características fisiológicas y las variaciones normales en los signos vitales que presentan en comparación con los adultos. ⁽²⁵⁾ ⁽²⁷⁾

Desafortunadamente, la mayoría de los estudios se han llevado a cabo en la población adulta, por lo que la información disponible sobre la población pediátrica es limitada, además, uno de los grupos donde no se ha estudiado este índice es el paciente pediátrico operado de cirugía cardíaca. Esto representa una oportunidad para la evaluación y uso posterior de una herramienta que permitiría llevar a cabo intervenciones tempranas que contribuyan a disminuir la mortalidad de este grupo de pacientes y a mejorar las condiciones clínicas durante su estancia hospitalaria.⁽²⁹⁾

MARCO TEÓRICO

Las cardiopatías congénitas son anomalías estructurales del corazón y de los grandes vasos que se producen durante el desarrollo embrionario y fetal. Hasta el momento su etiología no está esclarecida, se sugiere un origen genético, ambiental o multifactorial.⁽¹⁾ La prevalencia ha ido en aumento a partir de la década de los 80, probablemente debido a la disminución de la mortalidad infantil por causas perinatales e infecciosas y a la mayor precisión diagnóstica actual, presentando un incremento de 4 hasta 14 por cada 1000 nacidos vivos, con reportes de hasta 43 por cada 1000 recién nacidos prematuros de muy bajo peso al nacer.^{(2) (3)} En los países desarrollados se ha encontrado una prevalencia por cada 1000 recién nacidos vivos de 2.17 en Estados Unidos, 8.6 en España, 10.6 en Japón y 12.3 en Italia ⁽⁴⁾, en México se estiman 7.4 por cada 1000 recién nacidos vivos y de 35.6 por cada 1000 recién nacidos prematuros.⁽¹⁾

La mortalidad es elevada en el periodo neonatal ya sea por tratarse de cardiopatías congénitas complejas o por la severidad de presentación, para el 2002 en Estados Unidos la mortalidad era del 2.7 al 7.4%.⁽¹⁾ De acuerdo con los datos del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática del 2018, en México las enfermedades del corazón se encontraban entre las primeras 10 causas de mortalidad en la población pediátrica.⁽⁵⁾

Se estima que en México, el 50% requiere tratamiento quirúrgico, y de éstos, el 30% se realiza con circulación extracorpórea, por lo que se requiere un equipo de trabajo especializado para la atención postoperatoria inmediata.⁽¹⁾

La cirugía cardíaca en la población pediátrica tiene particularidades que la diferencian del adulto, sin embargo, se persiguen los mismos principios y objetivos que facilitan la adecuada exposición quirúrgica y la preservación de órganos y sistemas.

Dentro de estas particularidades se encuentran la variabilidad de pacientes, la diversidad de la enfermedad cardíaca, la fisiología, el mercado comercial y la edad de corrección.

La población pediátrica es muy heterogénea, el amplio rango de edades confiere una gama distinta de pesos, desde 2 o 3 kg hasta el peso equivalente al de un adulto en los adolescentes, además, las cardiopatías no se presentan de manera aislada, pueden estar acompañadas de cromosomopatías o síndromes asociados.

En este grupo de edades, los procesos patológicos son más complejos debido a los diferentes espectros que existen dentro de cada entidad y la concurrencia de diversas cardiopatías en un mismo paciente; además, estos pacientes tienen una volemia reducida y una inmadurez orgánica si se compara con el adulto.

Respecto a la actividad quirúrgica cardíaca, el área pediátrica representa menos del 10% del total de procedimientos, por lo que es menos atractiva para actividades de investigación científica, traduciéndose en menor inversión para investigación y desarrollo, esto ha obligado al uso o adaptación de sistemas que inicialmente estaban diseñados para adultos.

A pesar de esto, en los últimos años ha existido una tendencia generalizada a la corrección completa de las cardiopatías congénitas a edades cada vez más tempranas, con la idea de evitar los efectos deletéreos de las cirugías paliativas y de la propia cardiopatía no corregida. Aproximadamente el 50% de las cirugías se realiza por debajo del año de vida, siendo este grupo donde resulta más desafiante el uso de la circulación extracorpórea.

Estas consideraciones han llevado al desarrollo de medidas de protección miocárdica, las cuales pretenden lograr una parada cardíaca en diástole mediante el empleo de cardioplejía, una descompresión ventricular que evite la lesión por estiramiento y una reducción de la demanda metabólica miocárdica mediante hipotermia.⁽⁶⁾

Aun con los avances en las técnicas quirúrgicas y en las medidas de protección miocárdica, es frecuente que la función ventricular se deteriore durante las siguientes horas a la cirugía, comportándose de manera similar al miocardio aturdido ^{(7) (8)} la mayoría de los pacientes experimentan un cuadro de bajo gasto cardíaco entre las primeras 6 a 24 h del postoperatorio ⁽⁶⁾, con recuperación gradual, parcial o completa en las primeras 48 h. ^{(7) (8)} Aunque esta disfunción se ha observado consistentemente,

su severidad varía de manera considerable, pudiendo estar relacionada con una disfunción ventricular preexistente, factores transoperatorios como las modificaciones estructurales ⁽⁸⁾, defectos residuales ⁽⁶⁾, método de cardioplejía, hipotermia y circulación extracorpórea y factores fisiopatológicos relacionados con la lesión isquémica del pinzamiento aórtico y la lesión por reperfusión, en los cuales están implicadas alteraciones la generación de radicales libres derivados del oxígeno y mecanismos apoptóticos.⁽⁸⁾

En los casos de una disfunción ventricular preexistente, los mecanismos neurohumorales se encuentran activados para compensar la disminución de la presión de perfusión secundaria al bajo gasto cardíaco. Esta estimulación catecolamínica excesiva tiene efectos directos sobre el miocardio posterior a la intervención quirúrgica, produciéndose una activación de mecanismos protectores como la desensibilización del receptor β_1 , disminuyendo la respuesta inotrópica. Al presentarse esta desensibilización, los receptores β_2 y α median otros efectos que aceleran el daño miocárdico como el aumento de la permeabilidad del sarcolema, sobrecarga de calcio intracelular, mecanismo arritmogénicos y deterioro de la función mecánica. ⁽⁸⁾

En cuanto a los factores transoperatorios, las alteraciones de la geometría ventricular están relacionadas con la técnica quirúrgica, por lo que la distensibilidad global puede verse alterada, además ⁽⁸⁾, la persistencia de defectos residuales o la necesidad de realizar cirugías paliativas o incompletas, ocasionan sobrecargas de volumen o incremento de la poscarga. ⁽⁶⁾

El uso de solución de cardioplejía genera alteraciones iónicas y metabólicas en forma temporal que agravan la disfunción ventricular ⁽⁸⁾, algunos estudios refieren que un miocardio inmaduro tolera peor las dosis repetidas de cardioplejía, por lo que se busca el uso de soluciones de larga duración.

Los problemas más importantes que plantea el uso de circulación extracorpórea en la población pediátrica son la hemodilución, temperatura, presión de perfusión y manejo de gases en sangre.

La hemodilución es el mayor problema debido al peso del paciente y la menor volemia, siendo mayor el impacto cuanto menor es el peso, además, también se ve influenciado por los valores de hematocrito, que con frecuencia se encuentran por debajo de los valores normales. Aparece como consecuencia de la necesidad de cebar el circuito con una solución para eliminar el aire al interior de este y evitar el fenómeno de embolismo aéreo al conectar el circuito al torrente sanguíneo del paciente. Esta situación se traducirá en una disminución de la capacidad de transporte de oxígeno a los tejidos, mayor necesidad de transfusiones sanguíneas, dilución de factores de coagulación, plaquetas y proteínas plasmáticas, mayor respuesta inflamatoria sistémica y mayor riesgo de infección.

La población pediátrica tiene una tasa metabólica más elevada y una mayor necesidad de oxígeno, por lo que se precisan flujos más elevados, llevando a cambios en la temperatura y la presión de perfusión. La regulación del flujo cerebral está influida por la presión arterial de CO_2 (PaCO_2); al descender la temperatura corporal se produce un descenso de la PaCO_2 , lo que se traduce en un aumento del pH.⁽⁶⁾

Respecto a los factores fisiopatológicos, el pinzamiento aórtico produce disminución de la distensibilidad del ventrículo izquierdo, por lo tanto, defectos del llenado ventricular. La reperfusión se asocia con liberación de los radicales libres de oxígeno producidos durante la lesión isquémica y alteración del mecanismo de acoplamiento excitación-contracción.⁽⁸⁾

Una de las consecuencias finales de la generación de radicales libres de oxígeno en la apoptosis, es un mecanismo menos estudiado, pero es cada vez más reconocida por participar en la fisiopatología de diversas enfermedades cardíacas. Contribuye a la muerte de los cardiomiocitos y forma parte del complejo isquemia reperfusión.

Las primeras etapas de la apoptosis de cardiomiocitos ocurren en el transcurso de la cirugía cardíaca, demorando entre 12 y 24 horas en completarse en todas las células, siendo la liberación de citocromo C hacia el citosol un componente central en las diferentes cascadas de señalización. Se ha evidenciado ruptura de membranas

mitocondriales y fragmentación de ADN, lo que tiene impacto significativo en la contractilidad miocárdica, aunque solo sea un número pequeño de células las que se encuentran afectadas, debido a que la muerte celular afecta la capacidad de generación de fuerza de las células vecinas que todavía son viables, pero están aturcidas. Estas alteraciones se correlacionan con la disminución de la función ventricular, en la mayoría de los pacientes la función cardiaca se compensa gracias a los mecanismos compensatorios de los miocitos restantes como la remodelación y la hipertrofia. ⁽⁹⁾

La evaluación de la función miocárdica es fundamental en el periodo postquirúrgico, el examen diagnóstico por excelencia es el ecocardiograma transtorácico bidimensional con doppler color, que permite obtener información sobre la función sistólica y diastólica ventricular, gasto cardiaco, presiones intracavitarias y de la circulación pulmonar. Las limitaciones más frecuentes respecto a la evaluación de pacientes críticos son la dependencia del operador y la dificultad para la obtención de ventanas acústicas adecuadas por interferencias como la ventilación mecánica, parches y apósitos torácicos o la presencia de otros dispositivos de monitorización. ^{(7) (10)}

La fracción de eyección del ventrículo izquierdo (FEVI) es el parámetro más frecuentemente utilizado para evaluar la contractilidad en pacientes con enfermedad cardiaca, ⁽¹¹⁾ representa la reducción porcentual del volumen del ventrículo izquierdo durante la sístole, se calcula mediante la diferencia entre el volumen telediastólico y el volumen telesistólico del ventrículo izquierdo, dividido entre el volumen telediastólico del mismo ventrículo. De acuerdo con esto, se puede clasificar la disfunción ventricular como leve, con una FEVI de 40 al 50%, moderada, del 30 al 40% y severa <30%. Los valores son independientes de la edad, sin embargo, se ven influidos por la precarga y la postcarga; su aplicación es limitada si existen alteraciones regionales de la motilidad o cuando la identificación del endocardio es difícil. ⁽¹²⁾

En las primeras horas postoperatorias, la contractilidad ventricular disminuye entre 30 y 40%, siendo el punto más bajo de la función miocárdica entre las 4 y 6 horas posteriores a la cardioplejía y reperfusión. En los pacientes que presenta una disfunción ventricular severa preoperatoria, la mortalidad se incrementa hasta un 11%, debido a la tolerancia reducida al aturdimiento miocárdico.

Un marcador que refleja la disfunción miocárdica, lesión vascular, inestabilidad hemodinámica y perfusión tisular, es el índice de choque, que se define como la relación entre la frecuencia cardíaca y la presión arterial sistólica. ⁽¹³⁾

Fue propuesto por primera vez en 1967 por Allgöwer y Buri ⁽¹⁴⁾ como una herramienta simple y valiosa para evaluar el estado de la volemia y como indicador temprano de choque hemorrágico y choque séptico. ⁽¹³⁾

Su uso se expandió a varios contextos críticos, se ha demostrado su importancia pronóstica en embolia pulmonar, infarto agudo al miocardio, accidente vascular cerebral ⁽¹³⁾, sepsis, lesiones traumáticas y neumonía adquirida en la comunidad. También se ha demostrado su correlación con otros índices de perfusión de orgánica como la saturación venosa central de oxígeno y la concentración de lactato. ⁽¹⁵⁾

En los pacientes con trauma, se han utilizado herramientas para clasificarlos de acuerdo con la necesidad de atención, como la presión arterial, estado respiratorio, escala de coma de Glasgow, mecanismo de lesión y recursos disponibles, aunque han sido inespecíficas. Se ha demostrado que un índice de choque elevado se asocia con una elevada mortalidad, gravedad de la lesión, mayor número de días de estancia hospitalaria, estancia en la unidad de cuidados intensivos, mayor número de días bajo ventilación mecánica y uso de productos sanguíneos ⁽¹⁶⁾ ⁽¹⁷⁾ intervención hemostática ⁽¹⁸⁾ y como predictor de hemorragia masiva. ⁽¹⁹⁾

Respecto a la sepsis y al choque séptico en la población pediátrica, se ha demostrado que un índice de choque elevado a las 0, 4 y 6 horas y un índice de choque ajustado por edad elevado a las 0 y 6 horas, son predictivos de mortalidad. ⁽¹⁵⁾

En adultos, una elevación del índice de choque modificado se ha asociado con disfunción y depresión miocárdica, lo que se refleja como un incremento de troponina T y de NT proBNP o una FEVI <50% ⁽²⁰⁾

A diferencia de los adultos, en quienes el choque séptico se caracteriza por un gasto cardiaco alto y una resistencia vascular baja, los niños tienen más probabilidades de presentar un gasto cardiaco más bajo y una mayor resistencia vascular. El índice de choque refleja indirectamente el volumen sistólico y por lo tanto el gasto cardiaco, por lo que parece ser un buen marcador para choque séptico en su fase hipodinámica. ⁽¹⁵⁾

En cuanto a los pacientes en estado crítico, el índice de choque puede ser más preciso que los signos vitales por sí solos para determinar la gravedad de la enfermedad y quién está en riesgo de una transferencia no planificada a la Unidad de Cuidados Intensivos.

En el servicio de urgencias, permite identificar enfermedades críticas con signos vitales aparentemente estables, donde un índice de choque elevado se asocia con una enfermedad que requiere ser tratada inmediatamente mediante ingreso hospitalario o mediante admisión a terapia intensiva.

Un aspecto importante de este índice es que es independiente de los efectos del dolor y la ansiedad, ya que ambos provocan un aumento simultáneo de la frecuencia cardiaca y de la presión arterial sistólica. ⁽²¹⁾

Durante el embarazo se ha observado que el índice de choque en las pacientes con hemorragia obstétrica de primer trimestre se asocia significativamente con inestabilidad hemodinámica y mayor probabilidad de requerir transfusión de productos sanguíneos ⁽¹⁴⁾

En pacientes con insuficiencia cardiaca aguda, además de predecir el riesgo de choque cardiogénico y mortalidad, se ha relacionado positivamente con la duración de la estancia hospitalaria, desarrollo de fibrilación auricular y la progresión de la clase funcional de acuerdo con la NYHA y negativamente con la edad, presión de perfusión, presión arterial medial y fracción de eyección del ventrículo izquierdo. ⁽²²⁾

En el infarto agudo al miocardio con elevación del ST, se asoció un valor elevado de índice de choque con mayor área de infarto, menor índice de rescate miocárdico ⁽²³⁾ menor FEVI, mayores niveles de NT-proBNP, mayor clase funcional de Killip, daño microvascular y una lesión por reperfusión más grave ⁽²⁴⁾

Se han propuesto varios valores normales del índice de choque, que van desde 0.5 a 0.7, ⁽¹⁴⁾ ⁽²⁰⁾ sin embargo, en adultos, diversos estudios han demostrado que un índice de choque mayor a 0.9 está asociado con una mayor mortalidad y necesidad de transfusión masiva, por lo que este valor es más aceptado. ⁽¹⁴⁾

Más recientemente se ha reconocido la limitación del índice de choque al incorporar únicamente la presión arterial sistólica, por lo que se han propuesto ajustes, como son el incluir la presión arterial diastólica y el ajuste por edad.

El índice de choque modificado se define como la relación entre la frecuencia cardiaca y la presión arterial media, incluyendo de esta manera la función diastólica del corazón además de la función sistólica.⁽²⁵⁾ La presión arterial diastólica es un componente de la perfusión coronaria, por lo tanto, se puede asumir que el índice de choque modificado refleja indirectamente el balance de oxígeno miocárdico. ⁽²⁰⁾

Un índice de choque modificado >1.3 denota circulación hipodinámica, mayor probabilidad de ingreso a una unidad de cuidados intensivos y muerte.

Dadas las características fisiológicas de los pacientes pediátricos y la variación normal de los signos vitales de acuerdo a la edad, los valores del índice de choque establecidos para pacientes adultos no deberían utilizarse en esta población, ⁽²⁵⁾ además, el uso de estos sobreestimaría el riesgo, ⁽²⁶⁾ es por esta razón que se ha determinado el índice de choque máximo para cada grupo de edad, dividiendo la frecuencia cardiaca normal máxima entre la presión arterial sistólica normal mínima, utilizando los rangos de signos vitales normales de acuerdo a las guías de soporte vital básico y avanzado pediátrico.⁽²⁷⁾ Estos valores han sido validados para pacientes pediátricos con traumatismo, siendo el índice de choque normal de 1.2 para 1 a 6 años, 1.0 para 7 a 12 años y 0.9 para 13 a 17 años. ⁽²⁶⁾ ⁽²⁹⁾

El índice de choque ajustado por edad ha demostrado ser superior al índice de choque y al índice de choque modificado respecto a la predicción de mortalidad en el área de urgencias ⁽¹³⁾ mayor necesidad de recursos y peores resultados en los pacientes pediátricos con traumatismo, ⁽²⁶⁾ mejor predicción de necesidad de cirugía, intubación endotraqueal, transfusión de sangre e ingreso a unidades de cuidados intensivos. Además, tiene relación con los días de estancia, si los valores de índice de choque se normalizan hasta después de 12 a 48 h, los días de estancia en la unidad de cuidados intensivos incrementan de 2 a 10 días y los de estancia hospitalaria, incrementan de 5 a 15 días. ⁽²⁹⁾

También ha sido utilizado como marcador no invasivo de mortalidad en sepsis, se ha demostrado un mayor riesgo de mortalidad si el índice de choque ajustado por edad persiste elevado 6 horas después del ingreso a la unidad de cuidados intensivos. ⁽¹⁵⁾ Estos resultados sugieren que el índice de choque ajustado por edad puede utilizarse en pacientes pediátricos para evaluar su condición al ingreso, su evolución y predicción del pronóstico. Sin embargo, aunque se ha demostrado su utilidad en diferentes entornos, su validez es limitada dada la heterogeneidad entre los estudios, presencia de afecciones crónicas y fármacos que alteren la hemodinamia basal y la falta de inclusión de poblaciones no estudiadas como aquellos con lesiones por quemaduras y choque cardiogénico, por lo que no debe utilizarse de manera aislada para la toma de decisiones. ⁽²⁹⁾

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El manejo del periodo postquirúrgico de una cirugía cardiaca es uno de los pilares fundamentales en la atención de los pacientes con cardiopatías congénitas, las alteraciones de la función cardiovascular que se presentan, así como su relación con los recursos humanos, materiales y económicos de cada institución, hacen que sea necesaria la implementación de una herramienta que permita una adecuada evaluación.

Una de las principales complicaciones que se presenta posterior a la cirugía cardiaca es la disfunción ventricular, se han determinado varios factores que contribuyen a esta alteración miocárdica como son una disfunción ventricular previa, el uso y adaptación de la circulación extracorpórea, la lesión isquémica por el pinzamiento aórtico, protección miocárdica inadecuada, reparación quirúrgica incompleta y la lesión por reperfusión. Sin embargo, a pesar de que esta alteración postoperatoria es reversible y no se asocia a cambios morfológicos, hace necesario que los pacientes reciban un tratamiento dirigido y especializado. Por lo tanto, dado que los factores preoperatorios y transoperatorios no son modificables, es necesario contar con herramientas sencillas y de fácil aplicación que permitan un mejor monitoreo hemodinámico en el periodo postoperatorio inmediato.

El estándar de oro para valorar la función ventricular es el ecocardiograma transtorácico, una de sus principales ventajas es que permite realizar un monitoreo no invasivo en el paciente, sin embargo, a pesar de que todos los centros especializados en cirugía cardiaca cuentan con un servicio de cardiología y ecocardiografía, no todas las unidades de terapia intensiva pediátrica cuentan con un ecocardiógrafo disponible de manera inmediata, en ocasiones, tampoco se cuenta con el personal capacitado para su realización durante toda la jornada laboral, los resultados obtenidos dependen del operador y contar con ventanas acústicas adecuadas puede ser una limitante debido a los dispositivos para la monitorización del paciente.

Por esta razón, se debería contar con una herramienta que permita llevar a cabo un adecuado monitoreo en el periodo postquirúrgico, que sea de fácil acceso, sencilla de realizar, que no incremente los costos de la atención médica, con la que no se requiera capacitar al personal para su adecuada determinación y que pueda obtenerse en cualquier momento de la evolución clínica del paciente. Un marcador que cumple con estas características es el índice de choque, desde su desarrollo en la década de los 60, su utilidad ha sido demostrada por otros estudios en la población adulta como indicador temprano de choque hemorrágico y séptico, predicción de respuesta a fluidos intravenosos y hemorragia, probabilidad de ingreso hospitalario o a una unidad de cuidados intensivos, días de soporte mecánico ventilatorio, necesidad de transfusión sanguínea o de intervención hemostática.

Un aspecto relevante es que, debido a las características fisiológicas del paciente pediátrico, existe una variación normal de los signos vitales de acuerdo con la edad. Para los pacientes pediátricos se validó el índice de choque dividiendo a la población pediátrica por edad en 3 grupos. Este índice ajustado por edad ha demostrado su utilidad en diferentes áreas, el trauma, la sepsis y el choque séptico, sin embargo, aún hay poblaciones en las que no ha sido estudiado, como es la del paciente pediátrico operado de cirugía cardíaca, donde además de poder utilizarse para evaluar el desarrollo de disfunción ventricular en periodo postquirúrgico, podría proporcionar otros datos que permitan predecir la evolución del paciente y la necesidad de recursos hospitalarios.

JUSTIFICACIÓN

El desarrollo de nuevas técnicas quirúrgicas y nuevas medidas de protección miocárdica no han sido suficientes para contribuir a una disminución importante de la disfunción ventricular. A pesar de que esta disfunción es transitoria, tiene impacto en los días de estancia hospitalaria, días de estancia en las unidades de cuidados intensivos, necesidad de fármacos para soporte cardiovascular, días de ventilación mecánica, transfusión de hemocomponentes y mortalidad, por lo que es necesaria una herramienta de bajo costo, con amplia disponibilidad y sencilla de aplicar que permita un adecuado monitoreo.

El índice de choque cumple con estas características, el cual puede realizarse desde el ingreso del paciente a la unidad de cuidados intensivos, requiriendo únicamente la información recolectada por el personal de enfermería de manera horaria o el registro continuo del monitor de signos vitales, lo cual sucede en todas las unidades de cuidados intensivos como la nuestra. Esto permite que sea una herramienta accesible a todo el personal, que no requiere capacitación previa para su cálculo ni para su interpretación.

Un aspecto a considerar es que la población pediátrica se caracteriza por presentar una fisiología cardiovascular diferente a la del adulto, siendo esta población donde en su mayoría se ha estudiado el índice de choque desde su desarrollo, por lo que la información reportada es limitada en este momento en lo que respecta a la población pediátrica, en particular, en aquellos grupos en los que aún no se han estudiado completamente, como son los pacientes pediátricos con cardiopatías y los pacientes operados de cirugía cardíaca.

En nuestro país no se cuenta con información respecto al porcentaje de pacientes que desarrollan esta complicación posterior a la cirugía cardíaca, ni sobre otros factores que se presentan en el periodo postquirúrgico como son la función ventricular, necesidad de soporte inotrópico y vasopresor, días de ventilación mecánica, días de

estancia hospitalaria, transfusión de hemocomponentes y mortalidad asociada, por lo que, sería de utilidad evaluar el comportamiento del índice de choque en estos pacientes, lo que permitiría la toma oportuna de decisiones y la evaluación temprana de los riesgos asociados, mejorando así la morbilidad y mortalidad de los pacientes, con las implicaciones económica que esto representa.

Nuestro estudio representará un parteaguas en el uso del índice de choque, en un futuro podrían realizarse estudios con mayor peso estadístico que confirmen su utilidad y de confirmarse su importante papel en el periodo postquirúrgico, convertirse una herramienta necesaria en todos los pacientes pediátricos.

HIPÓTESIS

No requiere dado que es un estudio descriptivo y retrospectivo

OBJETIVOS

Objetivo general

Describir el comportamiento del índice de choque en pacientes pediátricos operados de cirugía cardíaca en ingresados a la UTIP.

Objetivos específicos

1. Conocer la frecuencia de presentación de cada cardiopatía que ameritó uso de derivación cardiopulmonar y posterior estancia en la UTIP durante el periodo postquirúrgico.
2. Identificar las diferencias y similitudes encontradas entre el índice de choque, índice de choque modificado e índice de choque ajustado por edad.
3. Describir la relación entre el índice de choque ajustado por edad y:
 - Sangrado quirúrgico
 - Grado de hipotermia
 - Tiempo de derivación cardiopulmonar, de pinzamiento aórtico y de arresto circulatorio
 - Sangrado postquirúrgico
 - Disfunción ventricular
 - Días de hospitalización en UTIP
 - Horas de ventilación mecánica
 - Mortalidad

MATERIAL Y MÉTODOS

Diseño y tipo de estudio

Retrospectivo, longitudinal, observacional y analítico.

Población de estudio

Pacientes pediátricos operados de cirugía cardíaca, ingresados en la Unidad de Terapia Intensiva Pediátrica del Centro Médico Nacional 20 de Noviembre.

Universo de trabajo

Pacientes pediátricos ingresados en la Unidad de Terapia Intensiva Pediátrica del Centro Médico Nacional 20 de Noviembre.

Criterios de inclusión

1. Pacientes pediátricos de cualquier sexo, de 1 mes a 17 años, operados de cirugía cardíaca, que hayan requerido derivación cardiopulmonar, que ingresen a la UTIP del Centro Médico Nacional 20 de Noviembre, de enero de 2015 a enero de 2020.
2. Pacientes que cuenten con expedientes clínicos completos que reporten todas las variables de interés.

Criterios de exclusión

1. Pacientes mayores de 17 años
2. Pacientes intervenidos de cirugía cardíaca que no requirieron derivación cardiopulmonar
3. Pacientes con expedientes incompletos que no reportaron al menos una de las variables de interés.

Criterios de eliminación

1. Pacientes con pérdida de seguimiento que fueron trasladados a otra unidad hospitalaria por cualquier motivo.

Tipo de muestreo

Tipo de muestreo no probabilístico, por conveniencia de acuerdo con los criterios de selección

Tamaño de muestra

Por ser un estudio descriptivo en donde se analizaron a todos los pacientes pediátricos operados de cirugía de cardíaca que cumplieron con los criterios de inclusión y ninguno de exclusión en el tiempo de ejecución determinado previamente, no se tiene un tamaño de muestra mínimo o máximo

Descripción operacional de las variables

Variable	Definición	Escala de medición	Reactivo
Edad	Clínica Edad en años desde el nacimiento hasta el momento de la evaluación.	Cuantitativa continua	Edad en años
Sexo	Clínica Caracteres sexuales externos para la atribución fenotípica de género como masculino o femenino	Cualitativa nominal dicotómica	0. Femenino 1. Masculino
Cardiopatía congénita	Clínico Anomalía estructural del corazón y de los grandes vasos que produce durante el desarrollo embrionario y fetal	Cualitativa nominal politómica	Grupo 1 Grupo 2 Grupo 3 Grupo 4 Grupo 5 Grupo 6
Índice de choque	Clínico Relación entre la frecuencia cardíaca y la presión arterial sistólica	Cuantitativa continua	Puntaje
Índice de choque modificado	Clínico Relación entre la frecuencia cardíaca y la presión arterial media	Cuantitativa continua	Puntaje
Índice de choque ajustado por edad para 1 a 11 meses	Clínico Relación entre la frecuencia cardíaca y la presión arterial sistólica de acuerdo con el grupo de edad	Cuantitativa continua	Puntaje
Índice de choque ajustado por edad para 1 a 6 años	Clínico Relación entre la frecuencia cardíaca y la presión arterial sistólica de acuerdo con el grupo de edad	Cuantitativa continua	Puntaje

Índice de choque ajustado por edad para 7 a 12 años	Clínico Relación entre la frecuencia cardíaca y la presión arterial sistólica de acuerdo con el grupo de edad	Cuantitativa continua	Puntaje
Índice de choque ajustado por edad para 13 a 17 años	Clínico Relación entre la frecuencia cardíaca y la presión arterial sistólica de acuerdo con el grupo de edad	Cuantitativa continua	Puntaje
Disfunción ventricular	Imagen FEVI reportada en ecocardiograma postquirúrgico	Cualitativa nominal politómica	0. Leve 1. Moderada 2. Grave
Sangrado quirúrgico	Pérdida de volumen sanguíneo circulante durante el procedimiento quirúrgico	Cualitativa nominal politómica	0. Leve 1. Moderado 2. Grave
Tiempo de derivación cardiopulmonar	Tiempo desde el inicio de la circulación extracorpórea hasta el momento de la colocación del clamp del retorno venoso	Cuantitativa continua	Puntaje
Tiempo de pinzamiento aórtico	Tiempo desde la colocación del clamp en la aorta para administración de cardioplegia hasta el retiro de esta	Cuantitativa continua	Puntaje
Tiempo de arresto circulatorio	Tiempo durante el cual se detiene la circulación extracorpórea durante el procedimiento quirúrgico	Cuantitativa continua	Puntaje
Hipotermia	Temperatura mínima utilizada durante la circulación extracorpórea	Cualitativa nominal politómica	0. Leve 1. Moderada 2. Profunda
Sangrado postquirúrgico	Pérdida de volumen circulante sanguíneo en las primeras 24 h del periodo postquirúrgico	Cualitativa nominal politómica	0. Leve 1. Moderado 2. Grave
Horas de ventilación mecánica	Número de horas que se requirieron de ventilación mecánica durante su estancia en la UTIP	Cuantitativa continua	Número de horas
Días de hospitalización en UTIP	Clínico Número de días de hospitalización en la UTIP	Cuantitativa continua	Número de días
Mortalidad	Clínico Desaparición permanente de todo signo de vida el algún momento durante la hospitalización	Cualitativa nominal dicotómica	0. No 1. Si

Técnicas y procedimientos a empleados

Se incluyeron a todos los pacientes que fueron operados de cirugía cardíaca ingresados a la Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos del Centro Médico Nacional 20 de Noviembre que cumplieron con todos los criterios de inclusión y ninguno de exclusión.

Se capturó mediante un documento en físico las siguientes variables de interés: edad, sexo, cardiopatía congénita, índice de choque, índice de choque modificado e índice de choque ajustado por edad, fracción de eyección del ventrículo izquierdo, sangrado quirúrgico y postquirúrgico, tiempo de circulación extracorpórea, pinzamiento aórtico y arresto circulatorio, hipotermia, horas de ventilación mecánica, días de hospitalización en UTIP y mortalidad durante su estancia.

Se describió la frecuencia de presentación de las cardiopatías congénitas, las cuales se clasificaron de acuerdo con la anatomía segmentaria en 6 grupos:

1. Malformaciones atriales y de sus conexiones venosas: Comunicación interauricular, Conexión anómala total de venas pulmonares y Conexión anómala parcial de venas pulmonares.
2. Malformaciones de la conexión atrioventricular: Insuficiencia mitral, Estenosis mitral, Insuficiencia tricuspídea, Estenosis tricuspídea, Atresia tricuspídea, Canal atrioventricular y Ventrículo único.
3. Malformaciones ventriculares: Comunicación interventricular, Ventrículo izquierdo hipoplásico y Ventrículo derecho hipoplásico.
4. Malformaciones de la conexión ventrículoarterial: Tetralogía de Fallot, Doble vía de salida de ventrículo derecho, Doble vía de salida de ventrículo izquierdo, Trasposición de grandes arterias y Tronco arterioso común.
5. Malformaciones arteriales pulmonares: Estenosis pulmonar e Insuficiencia pulmonar.
6. Malformaciones aórticas: Estenosis aórtica, Insuficiencia aórtica, Coartación aórtica, Ventana aortopulmonar y Persistencia de conducto arterioso.

Se obtuvo el índice de choque, índice de choque modificado e índice de choque ajustado por edad a las 0, 2, 6, 12 y 24 h desde el ingreso y se describieron las similitudes y diferencias entre dichos valores.

Los valores para índice de choque que se utilizaron fueron: índice de choque: 0.9, índice de choque modificado: 1.3, índice de choque ajustado por edad para 1 a 11 meses y para 1 a 6 años: 1.2, para 7 a 12 años: 1.0 y para 13 a 17 años: 0.9.

Se describió la relación que tiene el sangrado quirúrgico, grado de hipotermia, tiempo de derivación cardiopulmonar, de pinzamiento aórtico y de arresto circulatorio con el índice de choque ajustado por edad a las 0, 2, 6, 12 y 24 h.

Se describió la relación que tiene el índice de choque ajustado por edad a las 0, 2, 6, 12 y 24 h con la disfunción ventricular, sangrado postquirúrgico, días de hospitalización en UTIP, horas de ventilación mecánica, y mortalidad.

Los valores para disfunción ventricular que se utilizaron fueron: disfunción ventricular leve: FEVI del 40 al 50%, disfunción ventricular moderada: FEVI del 30 al 40% y disfunción ventricular grave: FEVI menor al 30%.

Para el sangrado quirúrgico y postquirúrgico se utilizó el porcentaje del volumen circulante sanguíneo perdido de acuerdo con el peso corporal reportado y se clasificó como leve (<30%), moderada (30-45%) y grave (>45%)

El tiempo de circulación extracorpórea, pinzamiento aórtico y arresto circulatorio se determinó en minutos.

El grado de hipotermia mínimo utilizado durante la circulación extracorpórea se clasificó en 3 grupos: leve (30-34 °C), moderada (25-30 °C) y profunda (18-22 °C)

Procesamiento y análisis estadístico

Una vez obtenidos los datos, se vaciaron en una base de datos electrónica y se procesaron con el programa SPSS versión 25.0 de IBM para el Sistema Operativo MacOS High Sierra y Epi Info versión 7.0 de la CDC de Atlanta.

La normalidad de la distribución de las variables de interés se estableció con la prueba Kolmogórov-Smirnov, encontrando que la muestra no se ajustó a la normalidad por lo que se utilizaron medianas y rangos.

Así mismo, se utilizaron pruebas no paramétricas como el coeficiente de correlación de Spearman y χ^2 . Se considera significativo un valor de $p < 0.05$.

Como medidas de precisión se empleó IC95% (Intervalo de Confianza al 95%).

Para obtener los valores de utilidad del índice de choque, se realizó una curva ROC.

ASPECTOS ÉTICOS

Según definición de la Ley General de Salud en el capítulo de Investigación, es un estudio sin riesgo que requiere la revisión de expedientes clínicos.

La elaboración de este protocolo de investigación está realizada bajo la normatividad vigente que a continuación se enuncia:

1. Declaración Universal De Los Derechos Humanos (ONU, 1948).
2. Código de Nuremberg (1947).
3. Declaración de Helsinki (2010).
4. Código Internacional De Ética Médica (Sidney 1968).
5. Declaración de Ginebra Relativa al Juramento De Fidelidad Profesional del Médico (Sidney 1968).
6. Declaración sobre los Derechos del Paciente (Bali 1995).
7. Reglamento de la Ley General de Salud en materia de Investigación en Salud en México (1983-1988 en el Plan Nacional de Desarrollo).
8. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos título primero, capítulo I De las Garantías Individuales.
9. International Conference on Harmonization (ICH) of Good clinical practice (GCP) (2013).

Consentimiento informado

El estudio que se propone es documental sin riesgo de tipo descriptivo y retrospectivo, por lo que no amerita firma de consentimiento informado

CONSIDERACIONES DE BIOSEGURIDAD

El estudio se ajusta al reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación en Salud", Título segundo, Capítulo 1, Art. 17, referente a una "investigación sin riesgo" ya que se trata de un estudio que contempla investigación documental retrospectiva. El estudio que se propone únicamente considera la evaluación del expediente clínico, lo cual no representa ningún riesgo para los investigadores ni para el paciente.

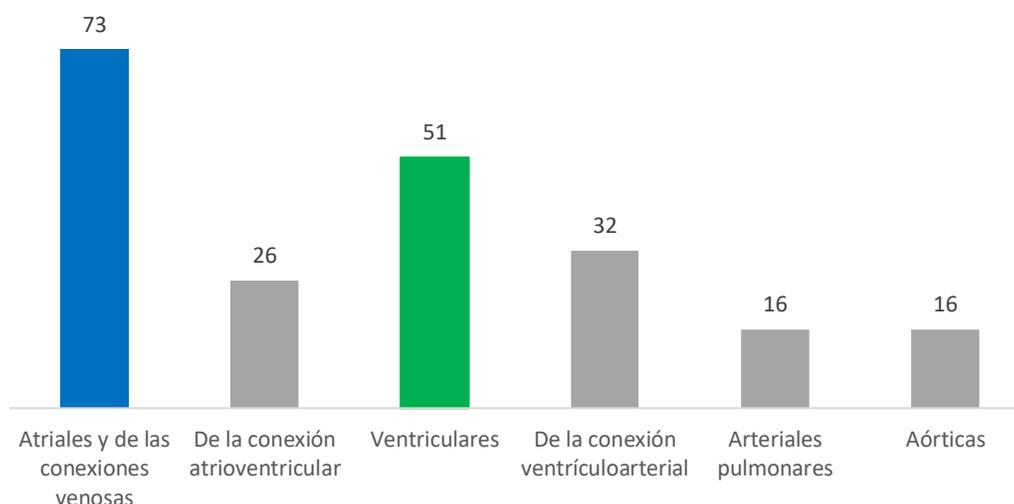
RESULTADOS

Durante el periodo comprendido de enero de 2015 a enero de 2020, fueron hospitalizados en la UTIP del Centro Médico Nacional 20 de Noviembre 330 pacientes operados de cirugía cardíaca, de los cuales, 273 fueron sometidos a derivación cardiopulmonar. De este último grupo, 59 pacientes (22%) fueron excluidos por no contar con un expediente clínico completo, quedando un total de 214 pacientes (78%). La prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov mostró una distribución anormal de la población.

Prevalció el sexo femenino con el 53.3% de los casos (n=114) frente al masculino con el 46.7% de los casos (n=100).

El grupo de edad con el mayor número de pacientes fue el de 1 a 6 años con el 52.3% (n=112). La mediana de edad fue de 4 años.

Las cardiopatías más comunes fueron las malformaciones atriales y sus conexiones venosas en un 34.1 % (n=73), seguido de las malformaciones ventriculares con el 23.8% (n=51) (Gráfica 1).



Gráfica 1. Distribución de las cardiopatías congénitas sometidas derivación cardiopulmonar

Dentro del grupo de las malformaciones atriales y de las conexiones venosas, el 79% (n=58) correspondió a la comunicación interauricular y dentro del grupo de las malformaciones ventriculares, el 100% (n=51) correspondió a la comunicación interventricular.

Respecto a las variables transquirúrgicas, el 78.5% (n=168) presentó sangrado quirúrgico leve, 14.5% (n=31) moderado y 7% (n=15) grave.

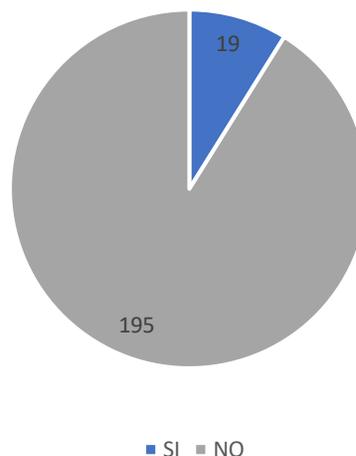
La mediana de derivación cardiopulmonar fue de 102.5 minutos y la de pinzamiento aórtico de 64 minutos. En el 96.3% de la muestra no ocurrió arresto circulatorio.

En el 73.8% (n=158) se utilizó hipotermia moderada, en el 20.1% (n=43) hipotermia leve y en el 6.1% (n=13) hipotermia profunda.

Respecto al periodo postquirúrgico, el 72.9% (n=156) presentó sangrado postquirúrgico leve, el 16.4% (n=35) moderado y 10.7% (n=23) grave.

La mediana de horas de ventilación mecánica fue de 19 horas y la de días de hospitalización de 6 días.

Solo el 3.8% de la muestra desarrolló disfunción ventricular, el 2.8% (n=6) presentó disfunción ventricular leve, el 0.5% (n=1) moderada y 0.5% (n=1) grave. El 8.9% (n=19) de la muestra presentó un desenlace fatal (Tabla 1, Grafica 2).



Gráfica 2. Mortalidad de las cardiopatías congénitas sometidas derivación cardiopulmonar

Tabla 1. Características generales de la muestra

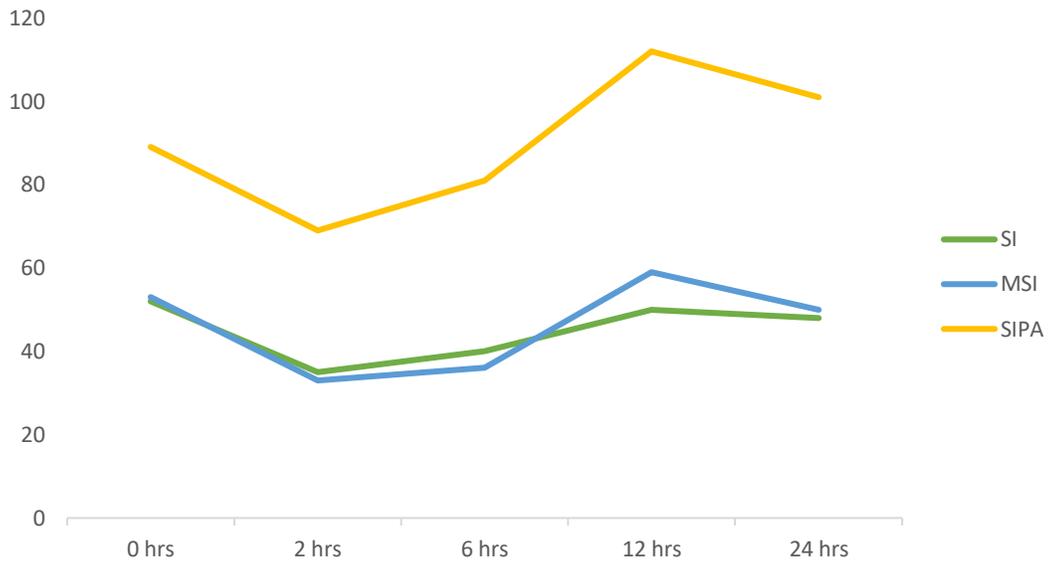
VARIABLE	VALOR
Edad, md (min-max)	4 años (1 mes-17 años)
Grupos de edad, n (%) 1 mes - 11 meses 1 año - 6 años 7 años - 12 años 13 años - 17 años	25 (11.7%) 112 (52.3%) 50 (23.3%) 27 (12.7%)
Sexo, n (%) Femenino Masculino	114 (53.3%) 100 (46.7%)
Cardiopatías congénitas Atriales y de sus conexiones venosas De la conexión atrioventricular Ventriculares De la conexión ventriculoarterial Arteriales pulmonares Aórticas	73 (34.1%) 26 (12.1%) 51 (23.8%) 32 (15%) 16 (7.5%) 16 (7.5%)
Sangrado quirúrgico, n (%) Leve Moderado Grave	168 (78.5%) 31 (14.5%) 15 (7%)
Sangrado postquirúrgico, n (%) Leve Moderado Grave	156 (72.9%) 35 (16.4%) 23 (10.7%)
Derivación cardiopulmonar, md (min-max)	102 min (30-324)
Pinzamiento aórtico, md (min-max)	64 min (0-447)
Arresto circulatorio, md (min-max)	0 min (0-74)
Hipotermia, n (%) Leve Moderada Profunda	43 (20.1%) 158 (73.8%) 13 (6.1%)
Horas de ventilación mecánica, md (min-max)	19 horas (0-870)
Días de hospitalización, md (min-max)	6 horas (1-45)
Mortalidad, n (%)	19 (8.9%)
Disfunción ventricular, n (%) Leve Moderada Grave	6 (2.8%) 1 (0.5%) 1 (0.5%)

Se calcularon las medianas de los diferentes índices de choque de la muestra (SI, MSI y SIPA), donde se observa una variabilidad entre el índice de choque e índice de choque modificado contra el índice de choque ajustado por edad de hasta el 50%.

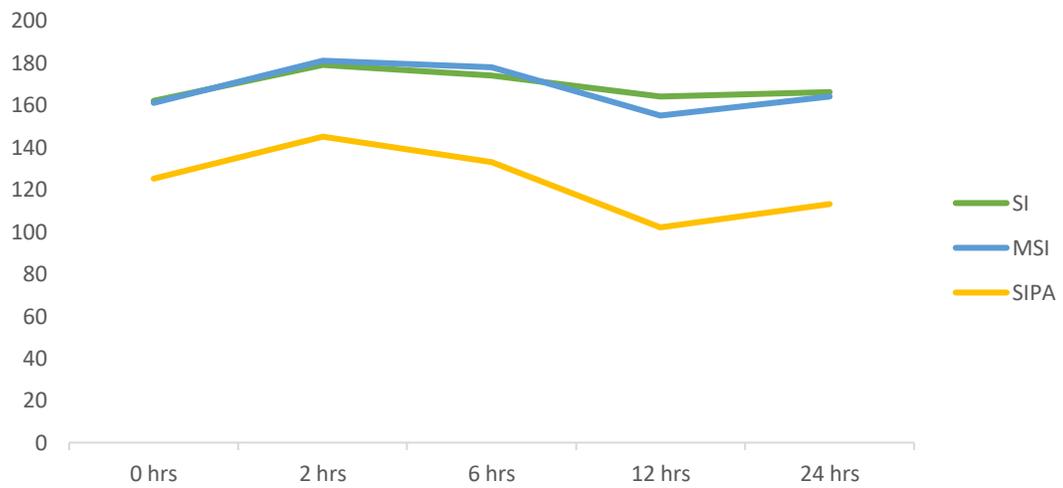
Se encontró que este índice en el grupo de pacientes con índices de choque normales, corresponde a un mayor número de pacientes y en el grupo de pacientes con índices de choque anormales, corresponde a un menor número. (Tabla 2, Gráfica 3 y 4).

Tabla 2. Comparación de los índices de choque por corte de tiempo

n (%)		0 h	2 h	6 h	12 h	24 h
SI	Normal	52 (24.3%)	35 (16.4%)	40 (18.7%)	50 (23.4%)	48 (22.4%)
	Anormal	162 (75.7%)	179 (83.6%)	174 (81.3%)	164 (76.6%)	166 (77.6%)
MSI	Normal	53 (24.8%)	33 (15.4%)	36 (16.8%)	59 (27.6%)	50 (23.4%)
	Anormal	161 (75.2%)	181 (84.6%)	178 (83.2%)	155 (72.4%)	164 (76.6%)
SIPA	Normal	89 (41.6%)	69 (32.2%)	81 (37.9%)	112 (52.3%)	101 (47.2%)
	Anormal	125 (58.4%)	145 (67.8%)	133 (62.1%)	102 (47.7%)	113 (52.8%)

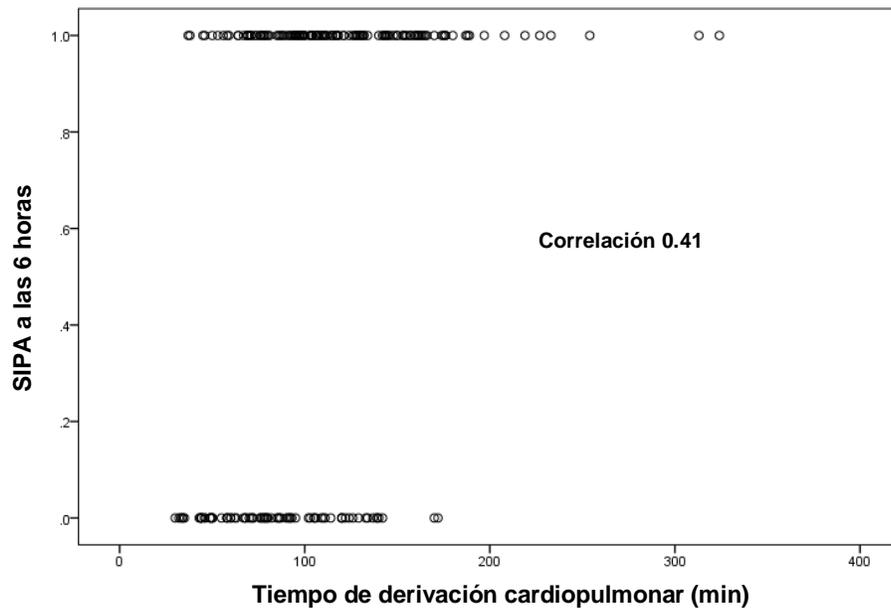


Gráfica 3. Pacientes con índices de choque normales por corte de tiempo



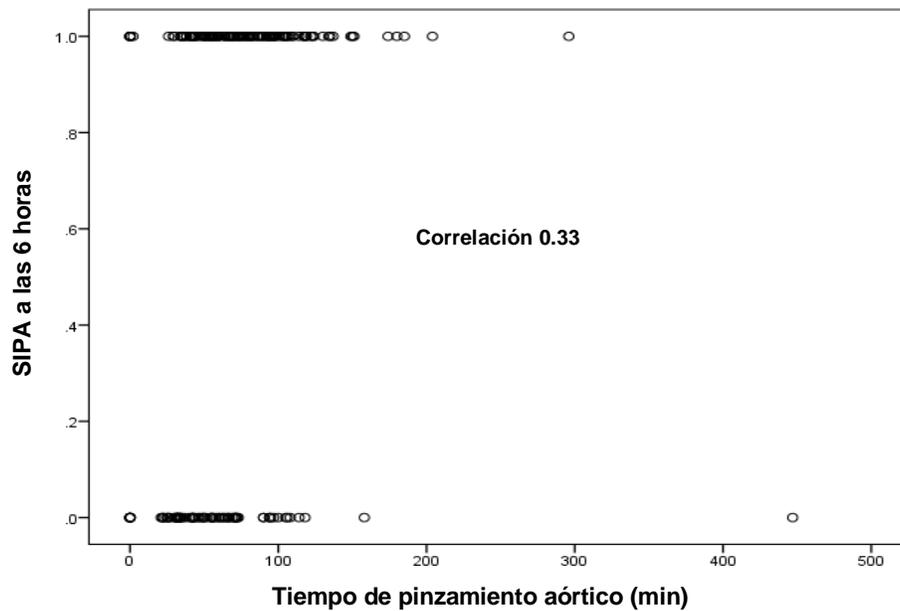
Gráfica 4. Pacientes con índices de choque anormales por corte de tiempo

En lo referente al tiempo de derivación cardiopulmonar y el índice de choque ajustado por edad, se observó una correlación débil ($\rho = 0.41$) a las 6 h. (Gráfica 5)



Gráfica 5. Correlación entre el tiempo de derivación cardiopulmonar y el SIPA a las 6 h

En cuanto al tiempo de pinzamiento aórtico y el índice de choque ajustado por edad, se observó una correlación débil ($\rho = 0.33$) a las 6 horas. (Gráfica 6)



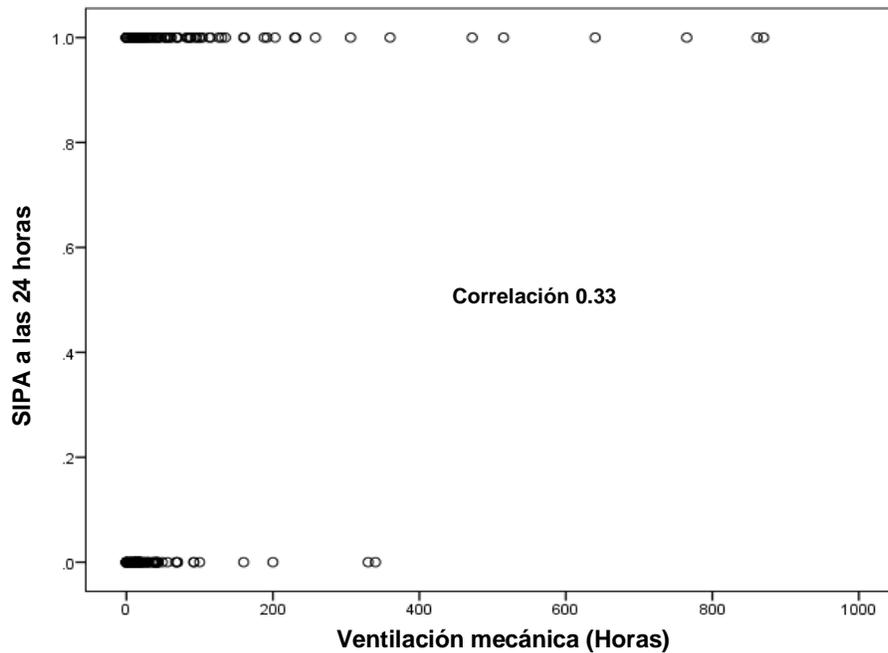
Gráfica 6. Correlación entre el tiempo de pinzamiento aórtico y el SIPA a las 6 h

Respecto a la hospitalización en UTIP, el índice de choque ajustado por edad a las 0 horas mostró asociación estadísticamente significativa con la estancia mayor a 7 días ($p=0.036$). El mismo índice a las 6 horas ($p=0.007$) y a las 24 horas ($p=0.038$) también se asociaron a mayor estancia intrahospitalaria. (Tabla 3)

Tabla 3. Índices de choque anormales por grupo de estancia intrahospitalaria

VARIABLE	HOSPITALIZACIÓN EN UTIP <7 DÍAS	HOSPITALIZACIÓN EN UTIP >7 DÍAS	p
0 Horas			
SI	86 (71.1)	76 (81.7)	0.072
MSI	87 (71.9)	74 (79.4)	0.206
SIPA	63 (52.1)	62 (66.7)	0.036
2 Horas			
SI	98 (81)	81 (87.1)	0.266
MSI	98 (81)	83 (89.2)	0.126
SIPA	77 (63.6)	68 (73.1)	0.184
6 Horas			
SI	95 (78.5)	79 (84.9)	0.289
MSI	99 (81.8)	79 (84.9)	0.585
SIPA	66 (54.5)	68 (73.1)	0.007
12 Horas			
SI	88 (72.7)	76 (81.7)	0.144
MSI	82 (67.8)	73 (78.5)	0.091
SIPA	51 (42.1)	52 (55.9)	0.054
24 Horas			
SI	91 (75.2)	75 (80.6)	0.409
MSI	90 (74.4)	74 (79.6)	0.418
SIPA	56 (46.3)	57 (61.3)	0.038

En cuanto al índice de choque ajustado por edad y la ventilación mecánica, se observó una correlación débil ($\rho = 0.33$) a las 24 h. (Grafica 7)



Gráfica 7. Correlación entre las horas de ventilación mecánica y el SIPA a las 24 h

Respecto al índice de choque ajustado por edad, los cortes a las 0 y 2 horas no mostraron diferencias estadísticamente significativas para predecir mortalidad. Sin embargo, los cortes a las 6, 12 y 24 horas sí se asociaron a mortalidad.

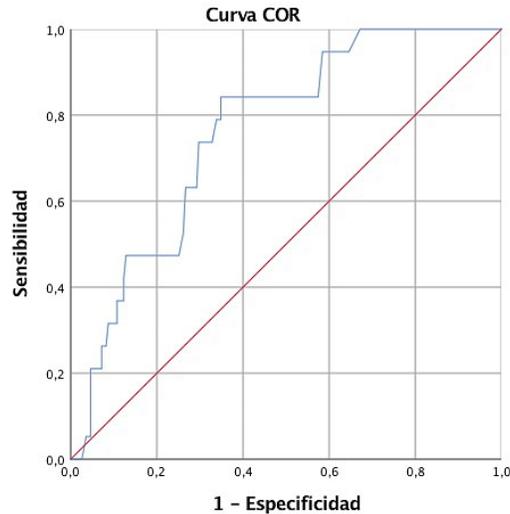
El índice de choque ajustado por edad a las 12 horas mostró una asociación estadísticamente significativa con mortalidad ($X^2=18.1$, $p<0.005$). Los pacientes con índice de choque ajustado por edad anormal a las 12 horas presentaron 23.2 veces más probabilidades de morir frente al resto (OR 23.2, IC95% 3.04-177.9, $p<0.005$).

Asimismo, el índice de choque ajustado por edad a las 24 horas, mostró una asociación directamente proporcional y estadísticamente significativa con mortalidad ($X^2=14.7$, $p<0.005$). Los pacientes que presentaron a las 24 horas un índice de choque ajustado por edad anormal, tuvieron 18.9 veces más probabilidades de morir frente al resto (OR 18.9, IC95% 2.48-144.7, $p<0.005$). (Tabla 4)

Tabla 4. Índices de choque anormales por grupo de mortalidad

VARIABLE	SIN DESENLACE FATAL	CON DESENLACE FATAL	p
0 Horas			
SI	145 (74.4)	17 (89.5)	0.171
MSI	144 (73.8)	17 (89.5)	0.169
SIPA	110 (56.4)	15 (78.9)	0.086
2 Horas			
SI	162 (83.1)	17 (89.5)	0.745
MSI	163 (83.6)	18 (94.7)	0.320
SIPA	129 (66.2)	16 (84.2)	0.128
6 Horas			
SI	155 (79.5)	19 (100)	0.028
MSI	159 (81.5)	19 (100)	0.049
SIPA	116 (59.5)	18 (94.7)	0.002
12 Horas			
SI	145 (74.4)	19 (100)	0.008
MSI	137 (100)	18 (94.7)	0.028
SIPA	84 (43.1)	18 (94.7)	<0.005
24 Horas			
SI	148 (75.9)	18 (94.7)	0.081
MSI	145 (74.4)	19 (100)	0.008
SIPA	94 (48.2)	18 (94.7)	<0.005

Los índices de choque ajustados para la edad a las 12 y 24 horas mostraron un adecuado rendimiento como prueba para predecir mortalidad (AUC 0.760, IC95% 0.66-0.855, $p < 0.005$ y AUC 0.830, IC 95% 0.74-0.91, $p < 0.005$). (Grafica 8)



Gráfica 8. Área bajo la curva del SIPA a las 12 h

No se encontró asociación estadísticamente significativa entre el índice de choque ajustado por edad y el sangrado quirúrgico, grado de hipotermia, tiempo de arresto circulatorio, sangrado postquirúrgico y disfunción ventricular.

DISCUSIÓN

Las alteraciones cardiovasculares que se presentan en el periodo postquirúrgico de la cirugía cardíaca en los pacientes pediátricos no han sido completamente estudiadas, su adecuada comprensión se vería reflejada en mejoras en la atención y optimización de los recursos destinados.

Se ha demostrado que el índice de choque es una herramienta eficaz para evaluar las alteraciones cardiovasculares en diferentes contextos, sin embargo, ha requerido modificaciones, como incluir la presión arterial diastólica y el ajuste por edad, debido a las limitaciones de incluir únicamente la presión arterial sistólica.

Debido a que la población pediátrica es muy heterogénea a causa de los diferentes grupos de edad existentes y a las particularidades de la fisiopatología de cada uno, es necesario estandarizar los rangos de normalidad de este índice.

En la población pediátrica su uso se ha limitado a sepsis, choque séptico y trauma; sin embargo, el índice de choque ajustado por edad no ha sido estudiado previamente en los pacientes operados de cirugía cardíaca sometidos a derivación cardiopulmonar.

Se calcularon los diferentes puntajes de cada índice de choque por corte de tiempo, donde se observa que al igual que lo reportado en la literatura ^(26, 30), los puntajes correspondientes al índice de choque e índice de choque modificado son mayores que los del índice de choque ajustado por edad, por lo que este índice tiene un mejor rango de precisión, ya que se puede sobreestimar la anomalía cuando no se considera la edad del paciente.

Un aspecto relevante son pacientes que pertenecen al grupo de 1 a 11 meses, en estudios previos se validó el índice de choque ajustado por edad en trauma para los grupos de 1 a 6 años, 7 a 12 años y 13 a 17 años ^(26,29), sin embargo, en esos estudios, el grupo de 1 a 11 meses no fue considerado. En nuestro estudio, 25 pacientes pertenecen a este grupo, los datos obtenidos fueron analizados con los valores

correspondientes al grupo de 1 a 6 años, por lo que sería conveniente tener una muestra mayor para poder validar dichos valores en estudios posteriores.

Se observó que el índice de choque ajustado por edad está relacionado con la gravedad del paciente, ya que tuvo una relación positiva con la necesidad de ventilación mecánica prolongada, mayor tiempo de pinzamiento aórtico y tiempo de circulación extracorpórea. Respecto a la ventilación mecánica, concuerda con otros estudios donde se observa que un índice de choque anormal se correlaciona con un mayor tiempo de ventilación mecánica en otros contextos. ^(16, 17) Sin embargo, no se había correlacionado previamente con el pinzamiento aórtico y la derivación cardiopulmonar en esta población.

En cuanto a los días de hospitalización, al igual que en estudios con pacientes adultos en otros contextos clínicos, ^(16,17) el índice de choque ajustado por edad se correlaciona con mayor número de días de hospitalización en UTIP.

Respecto a la mortalidad, el índice de choque ha sido de utilidad para su predicción en el área de urgencias, sepsis y trauma ^(13, 15, 26). En el contexto del paciente pediátrico operado de cirugía cardíaca sometido a derivación cardiopulmonar no había sido evaluada esta asociación, en nuestro estudio se encontró que este índice tiene un adecuado rendimiento como prueba predictora de mortalidad.

No se observó relación entre el índice de choque ajustado por edad y la función ventricular en el periodo postquirúrgico, sin embargo, en nuestro estudio la mayor limitante para esta evaluación, además de que no se cuenta con un ecocardiógrafo disponible las 24 horas del día, es que en nuestro hospital no se cuenta con un protocolo de ecocardiografía para esta población, por lo que la evaluación no realiza de manera estandarizada. Estudios previos ^(31,32, 33, 34) han demostrado la necesidad y utilidad de contar con protocolos que permitan una detección adecuada y oportuna de las complicaciones en el periodo postquirúrgico.

No se observó relación con el sangrado quirúrgico, sangrado postquirúrgico, tiempo de arresto circulatorio y grado de hipotermia. Respecto al sangrado quirúrgico y postquirúrgico, las limitantes que pudieron afectar estos resultados son no se consideraron otros factores como el uso de hemostáticos y el número y tipo de hemocomponentes transfundidos como se ha realizado en estudios previos. (16,18,19)

En cuanto al grado de hipotermia no todas las cardiopatías requirieron del mismo grado durante el procedimiento quirúrgico, por lo que la muestra para cada uno de ellos es menor y limita el análisis de los datos; del mismo modo, en un bajo porcentaje de cirugías se utilizó arresto circulatorio, por lo que la muestra fue insuficiente para encontrar una correlación.

Son necesarios estudios posteriores, con un mayor número de muestra, que permitan encontrar otras correlaciones con la variables quirúrgicas y postquirúrgicas, considerando factores como comorbilidades y uso de medicamentos previo a la cirugía cardíaca, uso de material hemostático, transfusión de hemocomponentes y uso de aminas vasoactivas. Esto permitiría crear e implementar protocolos que mejoren la atención y permitan una detección oportuna de complicaciones.

CONCLUSIONES

- El índice de choque ajustado por edad es la herramienta con mayor rango de precisión para valorar las condiciones clínicas del paciente pediátrico, comparado con el índice de choque y el índice de choque modificado.
- Los hallazgos encontrados en el grupo de 1 a 11 meses representan un primer paso para realizar estudios posteriores que permitan validar el índice de choque ajustado por edad en este grupo de edad.
- En el paciente pediátrico operado de cirugía cardíaca sometido a derivación cardiopulmonar, el índice de choque ajustado por edad presenta correlación con el tiempo de pinzamiento aórtico, tiempo de derivación cardiopulmonar, horas de ventilación mecánica, días de hospitalización en UTIP y mortalidad.
- El índice de choque ajustado por edad es un adecuado predictor de mortalidad en el paciente operado de cirugía cardíaca sometido a derivación cardiopulmonar.
- En esta población, no se correlaciona con la función ventricular en el periodo postquirúrgico, sangrado quirúrgico, sangrado postquirúrgico, tiempo de arresto circulatorio y grado de hipotermia.

BIBLIOGRAFÍA

1. Castillo, A., Velázquez, A. y Zetina, A. (2018). Morbilidad posquirúrgica en pacientes pediátricos operados por cardiopatías congénitas en la UMAE de Yucatán. *Arch Cardiol Mex*, 88(1), 1–8.
2. Mendieta, G., Santiago, E. y Mendieta, H. (2013). Incidencia de las cardiopatías congénitas y los factores asociados a la letalidad en niños nacidos en dos hospitales del Estado de México. *Gac Med Mex*, 149, 617–623.
3. Magliola, R. H., Althabe, M. y Moreno, G. (2011). Cardiopatías congénitas: resultados quirúrgicos en un hospital público en Argentina. *Arch Cardiol Mex*, 81(3), 178–182.
4. Calderón, J., Cervantes, J. L. y Curi, P. J. (2010). Problemática de las cardiopatías congénitas en México. Propuesta de regionalización. *Arch Cardiol Mex*, 80(2), 133-140.
5. INEGI: Estadísticas de mortalidad 2018.
6. Serrano, F. (2010) Circulación extracorpórea y protección miocárdica pediátrica: ¿son especiales?. *Cir Cardiov*, 21(2), 79-85.
7. De Jesús, J., Lago, E. N. y Sánchez, E. (2013). Manejo de las complicaciones postoperatorias de la cirugía cardiaca en cuidados intensivos. *Rev Asoc Mex Med Crit y Ter Int*, 27(3), 172–178.
8. Luna, P., Serrano, X. y González, O. (2002). Disfunción ventricular izquierda en el perioperatorio de cirugía cardiaca. *Rev Mex Anest*, 25(2), 112–128.
9. Schmitt, J. P., Schröder, J. y Schunkert, H. (2002). Role of Apoptosis in Myocardial Stunning After Open Heart Surgery. *Ann Thorac Surg*, 73, 1229–1235.
10. Cassalett, G. (2018). Falla cardiaca en pacientes pediátricos. Fisiopatología y manejo Parte I. *Rev Colomb Cardiol*, 25(4), 286–294.
11. Ochagavía, A., Baigorri, F. y Mesquida, J. (2014). Monitorización hemodinámica en el paciente crítico. Recomendaciones del Grupo de Trabajo de Cuidados Intensivos Cardiológicos y RCP de la Sociedad Española de Medicina Intensiva, Crítica y Unidades Coronarias. *Med Intensiva*, 38(3), 154–169.
12. Wheeler, D., Wong, H. y Shanley, T. (2009). *Cardiovascular Pediatric Critical Illness and Injury*. Springer.

13. Pourafkari, L., Wang, C. K. y Schwartz, M. (2016). Does shock index provide prognostic information in acute heart failure?. *International Journal of Cardiology*, 215, 140–142.
14. Contreras, M., Carmona, A. y Montelongo, F. D. J. (2019). Índice de choque como marcador inicial de choque hipovolémico en hemorragia obstétrica de primer trimestre. *Med Crit*, 33(2), 73–78.
15. Rousseaux, J., Grandbastien, B. y Dorkenoo, A. (2013). Prognostic Value of Shock Index in Children With Septic Shock. *Pediatr Emer Care*, 29(10), 1055–1059.
16. Cannon, C., Braxton, C. C. y Kling, M. (2009). Utility of the shock index in predicting mortality in traumatically injured patients. *J Trauma*, 67(6), 1426-1430.
17. Mc Nab, A., Burns, B. y Bhullar I. (2012). A prehospital shock index for trauma correlates with measures of hospital resource use and mortality. *Surgery*, 152, 473-476.
18. De Muro, J., Simmons, S. y Jax, J. (2013). Application of the Shock Index to the prediction of need for hemostasis intervention. *Am J Emerg Med*, 31(8), 1260-1263.
19. Terceros, L., García, C. y Bermejo, S. (2017). Predicción de hemorragia masiva. Índice de shock e índice de shock modificado. *Med Intensiva*, 41(9), 532–538.
20. Jayaprakash N., Gajic, O. y Frank, R. (2018). Elevated modified shock index in early sepsis is associated with myocardial dysfunction and mortality. *J Crit Care*, 43, 30-35.
21. Keller, S., Kirland, L. L. y Rajasekaran, S. (2010). Unplanned transfers to the intensive care unit: the role of the shock index. *J Hosp Med*, 5(8), 460-465.
22. El-Menyar, A., Sulaiman, K. y Almahmeed, W. (2019). Shock Index in Patients Presenting With Acute Heart Failure: A Multicenter Multinational Observational Study. *Angiology*, 70 (10), 938–946.
23. Reinstadler, S. J., Fuernau, G. y Eitel, C. (2016). Shock Index as a Predictor of Myocardial Damage and Clinical Outcome in ST-Elevation Myocardial Infarction. *Circulation Journal*, 80 (4), 924–930.
24. Hwang, J. K., Jang, W. J. y Song, Y. (2016). Shock Index as a Predictor of Myocardial Injury in ST segment Elevation Myocardial Infarction. *Am J Med Sci*, 352 (6), 574–581.

25. López, C., Baca, L. y Miguel, V. (2018). Utilidad del índice de choque para predecir la mortalidad en pacientes pediátricos con sepsis grave o choque séptico. *Bol Med Hosp Infant Mex*, 75, 224–230.
26. Traynor, M. D., Hernandez, M. C. y Clarke, D. L. (2019). Utilization of age adjusted shock index in a resource strained setting. *Journal of Pediatric Surgery*, 54(12), 2621–2626.
27. Acker, S. N., Ross, J. T. y Partrick, D. A. (2015). Pediatric specific shock index accurately identifies severely injured children. *Journal of Pediatric Surgery*, 50(2), 331–334.
28. Nordin, A., Coleman, A. y Shi, J. (2018). Validation of the age adjusted shock index using pediatric trauma quality improvement program data. *Journal of Pediatric Surgery*, 53(1), 130–135.
29. Koch, E., Lovett, S. y Nghem, T. (2019). Shock index in the emergency department: utility and limitations. *Open Access Emergency Medicine*, 11, 179–199.
30. Cuenca, C. M., Borgman, M. A. y April, M.D. (2020). Validation of the age-adjusted shock index for pediatric casualties in Iraq and Afghanistan. *Mil Med Res*. 7(1):1-7.
31. Canty D. J., Heiberg J. y Tan J. A. Assessment of image quality of repeated limited transthoracic echocardiography after cardiac surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2017;31:965- 972.
32. Perera P., Mailhot T. y Riley D. (2012). The RUSH exam 2012: Rapid Ultrasound in Shock in the evaluation of the critically ill patient. *Ultrasound Clin*. 7:255-78.
33. Galvan D. A., Matsushima G. K. y Frankel H. L. (2011). Ultrasound in the Surgical Intensive Care Unit. *IMAJ*.13:567-70.
34. Garduño J., García, E. y Baranda, F. (2019). Protocolo ultrasonográfico enfocado en cirugía cardiaca posquirúrgica CCROSS. *Arch Cardiol Mex*. 89(2):138-149.