



**Comportamiento de los niveles de CO<sub>2</sub> arterial en pacientes pediátricos llevados a cateterismo cardiaco diagnóstico.**

**Daniel Steven Muñoz Mesa**

**Trabajo presentado como requisito para optar por el título de especialista en Anestesiología**

**Bogotá, Colombia  
2023**

Comportamiento de los niveles de CO<sub>2</sub> arterial en pacientes pediátricos llevados a cateterismo  
cardíaco diagnóstico.

Autor

Daniel Steven Muñoz Mesa

Trabajo presentado como requisito para optar por el  
título de especialista en Anestesiología

Tutores

Yimy Santana Rodríguez

Hugo Andrés Mantilla

Danna Lesley Cruz Reyes

Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud

Especialización en Anestesiología

Universidad del Rosario

Bogotá, Colombia

2023

## **Identificación del proyecto**

Institución académica: Universidad del Rosario

Dependencia: Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud

Título de la investigación: Comportamiento de los niveles de CO<sub>2</sub> arterial en pacientes pediátricos llevados a cateterismo cardiaco diagnóstico.

Tipo de investigación: Estudio observacional descriptivo de corte transversal.

Investigador principal: Daniel Steven Muñoz Mesa

Asesor clínico o temático: Yimy Santana Rodríguez y Hugo Andrés Mantilla

Asesor metodológico: Danna Lesley Cruz Reyes

## **Tabla de contenido**

<b>1. Introducción</b>	6
<i>1.1 Planteamiento del problema</i>	6
<i>1.2 Justificación</i>	7
<b>2. Marco Teórico</b>	8
<b>3. Pregunta de investigación</b>	11
<b>4. Objetivos</b>	11
<i>4.1 Objetivo general</i>	11
<i>4.2 Objetivos específicos</i>	11
<b>5. Formulación de hipótesis</b>	12
<b>6. Metodología</b>	12
<b>Tabla 1. Operacionalización de variables</b>	13
<i>6.7 Técnicas, procedimientos e instrumentos de la recolección de datos</i>	26
<i>6.8 Análisis de datos</i>	26
<i>6.10 Plan de análisis de datos</i>	26
<b>7. Aspectos éticos</b>	27
<b>8. Administración del proyecto</b>	28
<i>8.1 Autoría</i>	28
<i>8.2 Presupuesto:</i>	28
<b>9. Resultados</b>	30
<b>10. Discusión</b>	34
<b>11. Conclusiones</b>	36
<b>12. Referencias</b>	37

## Resumen

El cateterismo cardíaco es un procedimiento diagnóstico que se realiza con el fin de brindar opciones terapéuticas en diversas etapas de las cardiopatías congénitas los pacientes pueden presentarse a cualquier edad, para procedimientos electivos o de emergencia y estos procedimientos diagnósticos pueden requerir una inmovilidad prolongada del paciente, por lo que la mayoría requieren estar bajo sedación y/o anestesia general. Sin embargo, la sedación puede generar aumento del CO<sub>2</sub> arterial (PaCO<sub>2</sub>) y se sabe que la hipercapnia puede alterar las mediciones que se obtienen durante el procedimiento y aumentar el riesgo de complicaciones como crisis de hipertensión pulmonar o hipoxémicas que empeoren los desenlaces en este tipo de pacientes. El objetivo de este estudio es describir los cambios del CO<sub>2</sub> arterial en los pacientes que son llevados a cateterismo diagnóstico bajo sedación.

Resultados: En total se recogieron 200 pacientes para el estudio durante el periodo de enero de 2019 hasta julio de 2021 que fueron llevados a cateterismo cardíaco bajo sedación y se encontró que no hubo un aumento significativo en la PaCO<sub>2</sub> promedio al inicio y al final del procedimiento (38,6 mmHg vs 39,3 mmHg). La mortalidad postoperatoria fue de 1,5% (3 pacientes), donde un paciente murió por un bloqueo AV completo, otro por una hemorragia masiva y el último por una falla cardíaca agudizada en la UCI. 4 pacientes (2%) requirieron Ventilación mecánica invasiva (VMI) y 14 pacientes (7%) requirieron Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) postoperatoria.

Conclusiones: el uso de sedación en los pacientes con cardiopatías que son llevados a cateterismo puede ser una técnica segura que no afecta significativamente el CO<sub>2</sub> arterial y los parámetros hemodinámicos que se requieren para las variables que se recolectan en este procedimiento diagnóstico.

Palabras clave: Cardiopatía congénita, cateterismo, sedación, pediatría, CO<sub>2</sub>, Resistencia pulmonar, complicaciones.

## 1. Introducción

### *1.1 Planteamiento del problema*

A nivel internacional se describe una incidencia de cardiopatías congénitas de hasta 7 a 10:1000 nacidos vivos. Los cateterismos cardíacos diagnósticos permiten evaluar en los pacientes con cardiopatías congénitas la anatomía, las variables hemodinámicas y en algunos casos la evaluación de la función miocárdica (1).

El cateterismo cardíaco es un procedimiento diagnóstico que se realiza con el fin de brindar opciones terapéuticas en diversas etapas de las cardiopatías congénitas (2) los pacientes pueden presentarse a cualquier edad, para procedimientos electivos o de emergencia y estos procedimientos diagnósticos pueden requerir una inmovilidad prolongada del paciente, por lo que la mayoría requieren estar bajo sedación y/o anestesia general (3,4).

En los últimos años se ha generado un avance importante en las técnicas de diagnóstico y en las opciones terapéuticas endovasculares para los pacientes con cardiopatías congénitas en los cuales las técnicas quirúrgicas convencionales pueden generar mayor comorbilidad. A pesar del avance en nuevas técnicas diagnósticas como la resonancia magnética, el cateterismo cardíaco permite caracterizar mejor en algunos casos la morfología y fisiología de la cardiopatía congénita (2).

No existe una técnica anestésica específica que sea apropiado para todos los pacientes con cardiopatías congénitas llevados a cateterismo o procedimientos de intervencionismo en salas de hemodinamia, se deben comprender todos los cambios en la fisiopatología de cada paciente, el impacto de la sedación o la anestesia general en el estado hemodinámico, el impacto en la ventilación y en la necesidad obtención de datos concordantes con la condición basal de cada paciente durante el cateterismo (5).

Se han descrito algunos factores relacionados con el tipo de paciente y el procedimiento que aumentan el riesgo de eventos adversos y complicaciones durante el cateterismo, entre estos factores se ha descrito que el cambio del CO<sub>2</sub> como una variable que impacta de manera significativa en pacientes con cardiopatías congénitas, no sólo porque refleja la ventilación, si no que se sabe que la hipercapnia genera un aumento de la presión pulmonar y aumentar el riesgo de un crisis de hipertensión pulmonar o hipoxémica que pueden conllevar incluso a un paro cardiorrespiratorio (6). Además, las mediciones obtenidas durante el cateterismo no van

a reflejar realmente el estado hemodinámico de su cardiopatía por este aumento abrupto de la presión y resistencia pulmonar (7).

En la literatura existen muy pocos estudios que describan el impacto en los niveles de  $\text{Co}_2$  durante la sedación en pacientes pediátricos llevados a cateterismo cardiaco, así como el impacto sobre las resistencias pulmonares y las variables hemodinámicas. En nuestra población no conocemos el comportamiento de estas variables durante los procedimientos diagnósticos realizados en la institución ni la distribución de acuerdo con los diferentes esquemas de sedación utilizados durante el procedimiento.

## *1.2 Justificación*

Durante el año 2019 se realizaron 180 cateterismos cardíacos diagnósticos en el servicio de hemodinamia pediátrica de la Fundación Cardioinfantil. La principal técnica utilizada para la realización de estos procedimientos corresponde a la sedación endovenosa teniendo en cuenta que algunos cateterismos se realizaron bajo anestesia general dadas las condiciones del paciente.

Se ha descrito en la literatura los efectos benéficos de la sedación al mantener una mejor estabilidad hemodinámica, facilitar una ventilación espontánea y disminución en los tiempos de recuperación de los pacientes. Sin embargo, el uso de esta técnica bajo sedación puede alterar los resultados en las mediciones de las resistencias vasculares pulmonares de acuerdo con los diferentes esquemas farmacológicos empleados (8).

En la actualidad los cateterismos cardíacos pueden requerir de un equipo multidisciplinario para la administración de sedación o anestesia general dada la complejidad de cada uno de los pacientes. Las complicaciones derivadas de los procedimientos en el laboratorio de hemodinamia pueden estar relacionadas con la patología de base, el procedimiento y con los medicamentos utilizados para la sedación. La incidencia de complicaciones descritas puede llegar hasta el 17%, en las que el paro cardiorrespiratorio es la causa más importante de estas complicaciones (9).

Es necesario reconocer en los pacientes con cardiopatías congénitas de nuestra institución la importancia, así como la efectividad de los procedimientos bajo técnicas de sedación seguras en las que se tengan el menor impacto en las mediciones hemodinámicas y las condiciones del paciente durante el cateterismo cardíaco diagnóstico. Es por esta razón que se pretende describir en este protocolo los cambios en los niveles de CO<sub>2</sub> según la técnica anestésica para establecer las mejores estrategias y técnicas de sedación que impacten de manera significativa en los desenlaces posoperatorios y efectividad del cateterismo diagnóstico en los pacientes con cardiopatías congénitas que asisten a nuestra institución.

## 2. Marco Teórico

La cardiopatía congénita es uno de los trastornos congénitos diagnosticados con más frecuencia y afecta aproximadamente al 0,8% al 1,2% de los nacidos vivos en todo el mundo (10). Una cardiopatía congénita se define como una anomalía estructural del corazón y/o grandes vasos que está presente al nacer. Si bien se han realizado numerosas investigaciones acerca de las diferentes etiologías, sólo en un 15% de los casos pueden atribuirse a una causa conocida.

### 3.1 Cateterismo Cardíaco:

En 1953, se informó sobre la primera técnica intervencionista exitosa basada en un catéter cardíaco para el tratamiento de un defecto cardíaco congénito; pero fue una década más tarde cuando Rashkind et al. informaron de sus resultados favorables realizando atrioseptostomía con balón para permitir la mezcla de sangre oxigenada y desoxigenada en defectos cianóticos. Desde entonces, estas intervenciones se han generalizado y evolucionado (11).

Durante las últimas décadas, los procedimientos realizados en laboratorio de hemodinamia pediátrica en pacientes con cardiopatías congénitas (CHD) se han incrementado en frecuencia y complejidad, debido a la posibilidad de realizar un mayor número de procedimientos terapéuticos con resultados favorables. De la misma manera el incremento en el número de procedimientos también puede incrementar el riesgo de eventos adversos llegando a presentarse una incidencia entre el 4% y el 10% de los procedimientos (4).

La determinación de las presiones en las cavidades cardíacas y los grandes vasos constituye una parte integral del cateterismo diagnóstico. Las presiones se miden mediante un catéter rígido con solución salina con un transductor aplicado en su punta distal (8).

Adicionalmente, la evaluación durante el cateterismo cardíaco incluye un método cuantitativo y uno cualitativo. La evaluación cualitativa se realiza a través de mediciones de la saturación de oxígeno de cada cámara cardíaca y se calcula la diferencia entre la saturación de oxígeno

de una sola cámara y la saturación de la arteria pulmonar (AP), en busca de un posible aumento, al examinar las cavidades cardíacas derechas, o una disminución, si se investiga el corazón izquierdo. En lo que respecta al corazón derecho, los resultados de saturación obtenidos por la vena cava superior (VCS), la aurícula derecha (RA) y el ventrículo derecho (VD) se restan de la saturación de oxígeno AP. Se presume una derivación de izquierda a derecha si hay un aumento notable entre dos cámaras sucesivas (12).

Durante la evaluación cuantitativa, los flujos sanguíneos sistémicos y pulmonares ( $Q_s$ ,  $Q_p$ ) se calculan utilizando el principio de Fick. Para el flujo sanguíneo sistémico, se necesita el contenido de oxígeno de la sangre que fluye hacia la circulación sistémica y el contenido de oxígeno de la sangre que regresa de la circulación sistémica (12).

Normalmente, en ausencia de derivaciones intracardiacas, el volumen de sangre que fluye hacia la circulación sistémica por unidad de tiempo es el mismo que el volumen de sangre que fluye hacia la circulación pulmonar en el mismo período de tiempo, que se expresa como  $Q_s = Q_p$ . Cuando hay un cortocircuito de izquierda a derecha,  $Q_p > Q_s$ , existe un volumen de sangre oxigenada que recircula a través de la circulación pulmonar. En cambio, cuando se presenta un cortocircuito de derecha a izquierda,  $Q_s > Q_p$ , hay un volumen de sangre desoxigenada que no pasa a la circulación pulmonar (12).

Normalmente, las presiones sistólicas de VD y AP son iguales. Un gradiente de presión sistólica entre el VD y la AP suele estar causado por una obstrucción del tracto de salida. Los gradientes de presión sistólica más bajos con el tracto de salida derecho y la válvula pulmonar normales pueden deberse a un aumento del flujo sanguíneo a través del orificio de la válvula (12).

En el corazón izquierdo, la presión telediastólica del VI es igual a la presión telediastólica de la AI y, en caso de un gradiente de presión, puede haber estenosis mitral. Finalmente, la presión sistólica del VI es igual a la presión sistólica aórtica y un gradiente de presión puede ser causado por una obstrucción del tracto de salida izquierdo o una estenosis secundaria en el contexto de una miocardiopatía hipertrófica. Además, un gradiente entre la aorta ascendente y la descendente puede llegar a ser indicativo de la presencia de una coartación aórtica(1,12).

La determinación de la resistencia vascular, especialmente pulmonar, es importante especialmente para la planificación del manejo, con el fin de determinar la operabilidad o el manejo médico en la hipertensión pulmonar, etc. En niños, la resistencia vascular pulmonar (RVP) y la resistencia vascular sistémica (RVS) se calculan en unidades de Wood indexadas para el área de superficie corporal ( $\text{mmHg} / \text{L} / \text{min} / \text{m}^2$ ) (11).

Los valores normales de RVP oscilan por debajo de 3 unidades woods. En el período neonatal y en la primera infancia, la RVP es notablemente más alta y disminuye con la edad. Después de los primeros 6 meses, los valores de RVP se asemejan a los valores de los adultos. Si la RVP supera las 4 unidades Wood /  $\text{m}^2$ , se realiza un estudio de vasodilatación con oxígeno 100% y óxido nítrico, con el fin de medir la respuesta específica, determinar operabilidad o manejo farmacológico y definir pronóstico. La vasorreactividad se ha definido como la disminución de la PAP media y la RVP en un 20%. Una nueva definición establece la vasorreactividad en una disminución media de PAP de 10 mmHg o más por debajo de 40 mmHg (12). Agregar 11

### *3.2 Consideraciones anestésicas:*

El manejo anestésico se hace según la anatomía y fisiología de la cardiopatía congénita de cada paciente, el estado funcional y su nivel de ansiedad. Algunos pacientes pediátricos toleran una inducción inhalatoria, mientras que otros pueden requerir la colocación de una vía intravenosa, facilitada con midazolam oral, ketamina intramuscular o dexmedetomidina intranasal (1,13). Además de la monitoria ASA estándar, y la monitoria invasiva según el riesgo del paciente. Vigilar la posición del paciente es vital ya que se colocan los brazos por encima de la cabeza para optimizar las imágenes cardíacas, y deben estar a  $<90^\circ$  para proteger el plexo braquial (13).

La sedación puede permitir preservar la hemodinámica de cada paciente al permitir la ventilación espontánea, lo que genera un menor impacto sobre las presiones intratorácicas con el resultando de datos hemodinámicos más precisos, adicionalmente el uso de sedación durante el cateterismo se asocia con tiempos de recuperación más cortos vs los tiempos de recuperación bajo anestesia general (4). Sin embargo, a menudo es difícil equilibrar el nivel perfecto de sedación, aunque la ventilación espontánea promueve el aumento del retorno

venoso, la sedación profunda puede llegar a provocar obstrucción del retorno venoso e hipoventilación lo que resulta en una acidosis respiratoria con un aumento concomitante de presión arterial de dióxido de carbono (PCO<sub>2</sub>) y la resistencia vascular pulmonar (RVP) (13).

Los medicamentos como el propofol, la ketamina, la dexmedetomidina, el midazolam y sus combinaciones son los agentes sedantes más utilizados en pacientes para el cateterismo cardíaco pediátrico; los inhalados, se usan de forma segura a pesar de la disminución de la contractilidad y la resistencia vascular sistémica ya que atenúan la vasoconstricción pulmonar hipóxica (12,13); los opioides rara vez se usan solos, tienen pocos efectos hemodinámicos con un buen perfil de seguridad, sin embargo se asocian a hipoventilación e hipercapnia por la depresión respiratoria secundaria.

Las benzodiacepinas por lo general se usan como premedicación, gracias a sus excelentes propiedades ansiolíticas, con un efecto hemodinámico mínimo y menor depresión respiratoria significativa (5,13). El propofol tiene un buen perfil de seguridad, adicionalmente menos delirio de emergencia náusea y vomito y una rápida recuperación, no tienen ningún efecto sobre la RVP, pero puede disminuir la presión arterial sistémica, la frecuencia y la contractilidad cardiacas según la dosis, igual que la obstrucción de la vía aérea y la hipercapnia por lo cual debe titularse con precaución (12,13).

La dexmedetomidina al ser un alfa -2 potente y altamente selectivo, agonista adrenérgico y simpaticolítico proporciona ansiolisis y sedación, evitando la depresión respiratoria. En cuanto a su perfil hemodinámico, puede llegar a aumentar transitoriamente la RVS, disminuir la frecuencia cardíaca y la presión arterial se debe tener especial precaución en pacientes dependientes de frecuencia cardíaca (8,14,15). La ketamina es un medicamento ansiolítico, analgésico, con propiedades sedantes e hipnóticas, el cual permite conservar los reflejos de la vía aérea y la ventilación espontánea, con un perfil hemodinámico estable adicionalmente sin cambios significativos en las mediciones de pH y PaCO<sub>2</sub>; sin embargo puede asociarse con una recuperación prolongada, aumento en la incidencia de náuseas y agitación, por lo cual se ha descrito el beneficio del uso de dosis bajas de propofol asociado a la ketamina lo que puede llegar a ofrecer un perfil hemodinámico y respiratorio más estable(2,8,12–15).

### *3.3 Recomendaciones y evidencia*

En la actualidad no existe una técnica ideal que pueda ser universalmente utilizada para los cateterismos cardíacos. Es importante entender los desafíos individuales de cada paciente y estar atento a los signos de obstrucción e hipoventilación y optimizar las condiciones lo mejor posible(13,16).

Debido a que se sabe que la práctica actual de sedación y anestesia para pacientes sometidos a estos procedimientos varía, según paneles de expertos, para evaluar los tipos de sedación y el personal necesario para los procedimientos realizados. Se generaron recomendaciones en 2016 con el fin de estandarizar el cuidado de pacientes con cardiopatías congénitas complejas, garantizar un enfoque de equipo con conocimiento de la anatomía y fisiología del paciente, el procedimiento, la comprensión de los riesgos y un plan de acción para posibles complicaciones (4).

Las causas de los eventos adversos del cateterismo cardíaco pueden ser clasificadas en ocho categorías principales que pueden subdividirse en eventos menores y mayores, generalmente, los eventos menores incluyen aquellos que son transitorios y resuelven con o sin tratamiento. El espectro de eventos mayores incluye la muerte, paro cardíaco, hipotensión o desaturación de oxígeno lo suficientemente significativa como para requerir intervención o que resulta en deterioro neurológico, complicaciones vasculares (32,4%) seguidas de arritmias (23%) son las complicaciones más comunes (2,3,13).

### **3. Pregunta de investigación**

¿Cuáles son las variaciones del CO<sub>2</sub> arterial en los pacientes pediátricos llevados a cateterismo cardiaco diagnóstico bajo sedación en la Fundación Cardioinfantil entre el período de 2019 y 2021?

### **4. Objetivos**

#### *4.1 Objetivo general*

Describir las variaciones del CO<sub>2</sub> arterial en los pacientes pediátricos llevados a cateterismo cardiaco diagnóstico bajo sedación en la Fundación Cardioinfantil entre el período de 2019 y 2021.

#### *4.2 Objetivos específicos*

1. Describir las características sociodemográficas y clínicas de la población en pacientes pediátricos llevados a cateterismo cardiaco diagnóstico bajo sedación en la Fundación Cardioinfantil entre el período de 2019 y 2021.
2. Describir las técnicas de sedación utilizadas en la población de pacientes llevados para cateterismo cardiaco diagnóstico bajo sedación en la Fundación Cardioinfantil entre el período de 2019 y 2021
3. Caracterizar los cambios hemodinámicos de los pacientes pediátricos llevados a cateterismo cardiaco diagnóstico bajo sedación en la Fundación Cardioinfantil entre el período de 2019 y 2021.
4. Describir los hallazgos de gases arteriales en los pacientes pediátricos llevados a cateterismo diagnóstico bajo sedación

## **5. Formulación de hipótesis**

No aplica

## **6. Metodología**

### *6.1 Diseño de investigación*

Estudio observacional descriptivo de corte transversal, realizado en pacientes llevados para cateterismo cardíaco diagnóstico bajo sedación en la Fundación Cardioinfantil -IC entre el período de 2019 y 2021.

### *6.2 Población y muestra*

Se incluyeron dentro de la población de estudio todos los pacientes pediátricos llevados para cateterismo cardíaco diagnóstico en la Fundación Cardioinfantil entre el período de 2019 y 2021. Paralelamente se realizó una base de datos con las variables a evaluar para cada uno de los pacientes. Desde el año 2019 y 2021 se han realizado estos procedimientos en la institución para un total aproximado de 180 procedimientos cada año, de los cuales se obtuvo la información si contaban con los criterios de inclusión del presente estudio.

### *6.3 Marco muestral*

Se seleccionaron todos los pacientes pediátricos llevados para cateterismo diagnóstico en la Fundación Cardioinfantil entre el período de 2019 y 2021 registrados en el listado de procedimientos del servicio de hemodinamia pediátrica de la Fundación Cardioinfantil. Se elaborará un registro de pacientes con los datos e información de historia clínica en una hoja de cálculo de Excel. No se utilizará ningún método de muestreo.

### *6.3 Selección de la muestra*

Se incluyeron dentro de la población de estudio todos los pacientes pediátricos llevados para cateterismo cardíaco diagnóstico en la Fundación Cardioinfantil entre el período de 2019 y 2021 que cumplieron con los criterios de inclusión.

#### 6.4 Criterios de inclusión

Pacientes pediátricos (Menores de 18 años) llevados para cateterismo cardiaco diagnóstico en la Fundación Cardioinfantil entre el período de 2019 y 2021.

#### 6.5 Criterios de exclusión

Pacientes con información incompleta de una o más variables.

#### 6.6 Tamaño de muestra

Para asegurar que la muestra obtenida fuera la mínima necesaria que garantiza que la muestra caracteriza la población, seguimos la siguiente fórmula para calcular el tamaño de la muestra (16). Por tanto, con una seguridad del 95 % y una precisión de  $\pm 3$  tenemos información por una revisión bibliográfica (17) que la varianza es de  $9^2$

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

$$n = \frac{(1.96)^2 \times S^2}{3^2} = 34.5744$$

Esto nos arroja un tamaño de la muestra de mínimo 35, sin embargo, en la Fundación Cardioinfantil durante el año 2019 y 2020 se realizaron más de 180 cateterismo por año por lo que consideramos incluir 200 registros de pacientes para cumplir con los objetivos del estudio.

## 6.5 Definición y operacionalización de variables

**Tabla 1. Operacionalización de variables**

<b>Variables Preoperatorias</b>				
<b>Nombre de la variable</b>	<b>Definición</b>	<b>Naturaleza</b>	<b>Escala</b>	<b>Unidades o categorías</b>
<b>Edad</b>	Número de años vividos por el individuo hasta que fue llevado al procedimiento	Cuantitativa	Razón	Número
<b>Género</b>	Asignación de sexo	Cualitativa dicotómica	Nominal	0:Masculino 1:Femenino
<b>Clasificación ASA</b>	Término descrito por la sociedad americana de anestesiología del estado físico	Cualitativa	Ordinal	0: ASA I 1: ASA II 2: ASA III 3: ASA IV 4: ASA V 5: ASA VI
<b>Peso</b>	Medida en kilogramos del peso del paciente.	Cuantitativa	Razón	Número crudo en kg
<b>Talla</b>	Medida en centímetros de talla del paciente.	Cuantitativa	Razón	Número crudo en cm
<b>Tipo de cardiopatía Congénita</b>	Diagnóstico de cardiopatía congénita	Cualitativa	Cualitativa politómica	0: CIA 1: CIV 2: DAP 3:Tetralogía de Fallot 4: TGA

				5: Estenosis Pulmonar 6: Ventrículo Hipoplásico 7: Drenaje venoso anómalo 8: Coartación de aorta 9: Atresia pulmonar 10: Atresia Tricúspidea 11: Anomalía de Ebstein 12: Otras
<b>Saturación de Oxígeno preoperatorio</b>	Porcentaje de saturación en pulsoximetría en el preoperatorio	Cuantitativa	Razón	Número crudo en porcentaje
<b>Diuréticos</b>	Uso de medicamento previo a procedimiento no cardiaco	Cualitativa dicotómica	Nominal	0: No 1: Si
<b>Anticoagulantes</b>	Uso de medicamento previo a procedimiento no cardiaco	Cualitativa dicotómica	Nominal	0: No 1: Si

<b>IECAS</b>	Uso de medicamento previo a procedimiento no cardiaco	Cualitativa dicotómica	Nominal	0: No 1: Si
<b>Betabloqueadores</b>	Uso de medicamento previo a procedimiento no cardiaco	Cualitativa dicotómica	Nominal	0: No 1: Si

<b>Variables Intraoperatorias</b>				
<b>Nombre de la variable</b>	<b>Definición</b>	<b>Naturaleza</b>	<b>Escala</b>	<b>Unidades o categorías</b>

<b>Midazolam + Ketamina</b>	Técnica anestésica empleada en el procedimiento	Cualitativa dicotómica	Nominal	0: No 1: Si
<b>Midazolam + Fentanilo</b>	Técnica anestésica empleada en el procedimiento	Cualitativa politómica	Nominal	0: No 1: Si
<b>Fentanilo + Ketamina</b>	Técnica anestésica empleada en el procedimiento	Cualitativa dicotómica	Nominal	0: No 1: Si
<b>Propofol</b>	Técnica anestésica empleada en el procedimiento	Cualitativa dicotómica	Nominal	0: No 1: Si
<b>Fentanilo</b>	Técnica anestésica empleada en el procedimiento	Cualitativa dicotómica	Nominal	0: No 1: Si
<b>Ketamina</b>	Técnica anestésica empleada en el procedimiento	Cualitativa dicotómica	Nominal	0: No 1: Si

<b>Propofol + Ketamina</b>	Técnica anestésica empleada en el procedimiento	Cualitativa dicotómica	Nominal	0: No 1: Si
<b>Propofol + Fentanilo</b>	Técnica anestésica empleada en el procedimiento	Cualitativa dicotómica	Nominal	0: No 1: Si
<b>Fentanilo + Ketamina</b>	Técnica anestésica empleada en el procedimiento	Cualitativa dicotómica	Nominal	0: No 1: Si
<b>Dexmedetomidina</b>	Técnica anestésica empleada en el procedimiento	Cualitativa dicotómica	Nominal	0: No 1: Si
<b>Remifentanilo</b>	Técnica anestésica empleada en el procedimiento	Cualitativa dicotómica	Nominal	0: No 1: Si
<b>Tiempo de procedimiento</b>	Duración en Minutos de procedimiento	Cualitativa	Razón	Número crudo
<b>Conversión a anestesia general</b>	Necesidad de anestesia general	Cualitativa	Nominal	0: No 1: Si

<b>Tipo de monitoria</b>	Uso de monitoria durante procedimiento diagnóstico.	politémica	Nominal	0: Básica 1: Básica, Línea arterial 2: Básica, línea arterial y catéter venoso central
<b>Presión Arterial Sistólica inicial</b>	Valor inicial de presión arterial sistólica	Cuantitativa	Razón	Número crudo mmHg
<b>Presión Arterial Diastólica inicial</b>	Valor inicial de presión arterial diastólica	Cuantitativa	Razón	Número crudo en mmHg
<b>Presión Arterial Media inicial</b>	Valor inicial de presión arterial media	Cuantitativa	Razón	Número crudo en mmHg
<b>Presión Arterial Sistólica intraoperatoria</b>	Valor más bajo de presión arterial sistólica registrada Durante el procedimiento	Cuantitativa	Razón	Número crudo en mmHg
<b>Presión Arterial Diastólica intraoperatoria</b>	Valor más bajo de presión Arterial Diastólica durante procedimiento	Cuantitativa	Razón	Número crudo en mmHg
<b>Presión Arterial Media intraoperatoria</b>	Valor más bajo de presión arterial media registrada durante el procedimiento	Cuantitativa	Razón	Número crudo en mmHg
<b>Presión Arterial Sistólica Final</b>	Valor más bajo de presión arterial sistólica registrada durante el procedimiento	Cuantitativa	Razón	Número crudo en mmHg

<b>Presión Arterial Diastólica Final</b>	Valor más bajo de presión arterial diastólica registrada durante el procedimiento	Cuantitativa	Razón	Número crudo en mmHg
<b>Presión Arterial Media Final</b>	Valor más bajo de presión arterial media registrada durante el procedimiento	Cuantitativa	Razón	Número crudo en mmHg
<b>Frecuencia Cardíaca inicial</b>	Frecuencia cardíaca registrada previa al inicio del procedimiento anestésico	Cuantitativa	Razón	Número crudo en LPM
<b>Frecuencia Cardíaca intraoperatoria</b>	Frecuencia cardíaca registrada previa al inicio del procedimiento anestésico	Cuantitativa	Razón	Número crudo en LPM
<b>Frecuencia Cardíaca final</b>	Frecuencia cardíaca registrada previa al final del procedimiento anestésico	Cuantitativa	Razón	Número crudo en LPM
<b>Inotrópicos</b>	Uso de soporte hemodinámico con medicamentos	Cualitativa dicotómica	Nominal	0: Si 1: No
<b>Vasopresor</b>	Uso de soporte hemodinámico con medicamentos	Cualitativa dicotómica	Nominal	0: Si 1: No
<b>Vasodilatadores</b>	Uso de soporte hemodinámico con medicamentos	Cualitativa dicotómica	Nominal	0: Si 1: No
<b>pH</b>	Concentración	Cuantitativa	Razón	Número crudo

	de iones de hidrógeno			
<b>PaCO<sub>2</sub> Inicial</b>	Presión parcial de CO <sub>2</sub> arterial en mmHg	Cuantitativa	Razón	Número crudo
<b>PaCO<sub>2</sub> Final</b>	Presión parcial de CO <sub>2</sub> arterial en mmHg	Cuantitativa	Razón	Número crudo
<b>PaO<sub>2</sub></b>	Presión parcial de oxígeno arterial mmHg	Cuantitativa	Razón	Número crudo
<b>HCO<sub>3</sub></b>	Bicarbonato arterial medido en mmol/l	Cuantitativa	Razón	Número crudo
<b>BE</b>	Base Exceso medida en mmol/l	Cuantitativa	Razón	Número crudo
<b>Hb</b>	Concentración de Hemoglobina medida en decilitros	Cuantitativa	Razón	Número crudo en mg/dl
<b>Hto</b>	Volumen de glóbulos expresado en porcentaje	Cuantitativa	Razón	Número crudo en Porcentaje
<b>SO<sub>2</sub></b>	Saturación de oxígeno medida en porcentaje	Cuantitativa	Razón	Número crudo en porcentaje

<b>Variables Posoperatorias</b>				
<b>Nombre de la variable</b>	<b>Definición</b>	<b>Naturaleza</b>	<b>Escala</b>	<b>Unidades o categorías</b>
<b>Inotrópicos</b>	Uso de soporte hemodinámico con medicamentos	Cualitativa dicotómica	Nominal	0: Si 1: No
<b>Vasopresor</b>	Uso de soporte hemodinámico con medicamentos	Cualitativa dicotómica	Nominal	0: Si 1: No
<b>Vasodilatadores</b>	Uso de soporte hemodinámico con medicamentos	Cualitativa dicotómica	Nominal	0: Si 1: No
<b>Requerimiento de unidad de cuidados intensivos en POP</b>	Paciente es llevado a la Unidad de cuidados intensivos para el cuidado postoperatorio	Cualitativa dicotómica	Nominal	0: Si 1: No
<b>Requerimiento de Ventilación Mecánica en POP</b>	Necesidad de ventilación mecánica en postoperatorio	Cualitativa dicotómica	Nominal	0: Si 1: No
<b>Mortalidad inmediata</b>	Muerte por cualquier causa $\leq$ 72 horas del procedimiento	Cualitativa dicotómica	Nominal	0: No 1: Si

<b>Sangrado mayor</b>	Transfusión de $\geq$ 2 unidades de glóbulos rojos	Cualitativa	Nominal	0: No 1: Si
<b>Aparición de arritmias</b>	Aparición de Arritmias no diagnosticadas previamente en las primeras 24h	Cualitativa dicotómica	Nominal	0: Si 1: No

### 6.7 Técnicas, procedimientos e instrumentos de la recolección de datos

La recolección de la información de los pacientes incluidos se realizó a través de la revisión de información de historias clínicas, los registros de hemodinamia pediátrica en los que se encuentran los gases arteriales y datos adicionales de los récords de anestesia de cada uno de los pacientes llevados a cateterismo cardiaco diagnóstico, utilizando un instrumento de recolección creado en Excel en el que se incluyó las variables de análisis. Los niveles de CO<sub>2</sub> se registraron según el resultado de los gases arteriales tomados durante el procedimiento. Para evaluar los cambios en el nivel de CO<sub>2</sub> se tomaron dos valores (al inicio y al final del procedimiento) consignados en el récord de anestesia o en los registros de hemodinamia pediátrica.

### 6.8 Análisis de datos

Se consignaron los datos en Excel y posteriormente mediante el software R se realizó un análisis descriptivo para las variables sociodemográficas mencionadas. Las variables cualitativas se reportaron con frecuencias absolutas y relativas. Las variables cuantitativas se reportaron con mediana/rango intercuartílico o media/desviación estándar según su distribución al realizar la prueba de Shapiro-Wilk.

#### *6.10 Plan de análisis de datos*

Al constituir una investigación de bajo riesgo en la cual solo se analizaron datos de la historia clínica, no se incluyó para dicho análisis datos propios de cada paciente como nombre y número de documento, el instrumento de recolección se diligenció en un computador personal asignado para la recolección y análisis de los datos. Toda la información obtenida a partir de los registros de historia clínica se entregará como producto final de la investigación y como proyecto de grado a la Fundación Cardioinfantil y a la Universidad El Rosario.

Se realizó la selección de pacientes a partir de la información de la base de datos de procedimientos del servicio de Anestesia Cardiovascular teniendo en cuenta procedimientos realizados en el periodo de tiempo establecido para el estudio y se verificará la información a partir de los registros de la historia clínica de cada uno de los pacientes.

La custodia de los datos está a cargo únicamente por el equipo el equipo de trabajo que se encuentra integrado por Daniel Steven Muñoz Mesa, médico residente de anestesiología y por los Drs. Yimy Santana Rodríguez y Hugo Andrés Mantilla Gutiérrez, anesthesiólogos cardiovasculares. Estos datos se encuentra en un computador personal asignado únicamente para este proceso y al que tienen accesos únicamente los miembros de la investigación. Estos datos serán entregados al finalizar la entrega completa de la investigación a la Universidad del Rosario y a La Cardio para que queden bajo su custodia.

### **7. Aspectos éticos**

El estudio se realizó dentro de los principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos según la Asociación Médica Mundial (AMM). Declaración de Helsinki de la AMM - Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos. 64<sup>a</sup> Asamblea General; 2013 octubre. Fortaleza, Brasil: AMM; 2013. Fue aprobado por el comité de ética de la Fundación Cardioinfantil el 21 de septiembre de 2022.

De acuerdo con la resolución 8430 del 4 de octubre de 1993, por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud, se determina que el presente estudio a realizar cumple las características de una investigación con riesgo mínimo sobre los individuos objetos de estudio. Por lo tanto, todos los procedimientos realizados fueron efectuados sobre los documentos de historia clínica, sin realizar una intervención sobre cada uno de los pacientes participantes en el estudio.

El equipo de trabajo se encuentra integrado por Daniel Steven Muñoz Mesa, médico residente de anestesiología y por los Drs. Yimy Santana Rodríguez y Hugo Andrés Mantilla Gutiérrez, anesthesiólogos cardiovasculares, quienes son los responsables del manejo de datos.

Se incluyeron dentro de la población de estudio pacientes pediátricos sometidos a cateterismo cardiaco diagnóstico bajo sedación. Se buscó describir el comportamiento del CO<sub>2</sub> y las variables hemodinámicas durante el procedimiento.

En el presente estudio no se considera población vulnerable ya que no se realizó ningún tipo de intervención en los pacientes. Dada la naturaleza descriptiva de este estudio no se diligenció formato de consentimiento informado para la obtención de datos dentro de la historia clínica y se mantendrá el principio de confidencialidad durante todo el proceso de investigación.

El resultado final será entregado como proyecto de grado a la Universidad del Rosario y al servicio de anestesiología de la Fundación Cardioinfantil de Bogotá para ser aplicado en un futuro. Todos los integrantes del grupo de investigación estarán prestos a dar información sobre el estudio a entes organizados, aprobados e interesados en conocerlo siempre y cuando sean de índole académica y científica, preservando la exactitud de los resultados y haciendo referencia a datos globales y no a pacientes o instituciones en particular.

Se mantendrá absoluta confidencialidad y se preservará el buen nombre institucional profesional. El estudio se realizará con un manejo estadístico imparcial y responsable. No existe ningún conflicto de interés por parte de los autores del estudio que deba declararse.

## **8. Administración del proyecto**

### *8.1 Autoría*

La declaración de autoría del presente estudio se designará bajo criterios adoptados a nivel nacional e internacional para tal fin. Consideramos como autor a aquella persona que haya participado por lo menos en tres de las tres fases identificadas en el desarrollo del estudio, (metodología y temática), recolección de la información y fases de terminación (corrección, edición, adopción y publicación).

Adicionalmente consideramos que aquella persona o entidad que participe por lo menos en una o dos de las anteriores fases, serán relacionadas dentro del estudio, y en la publicación se les dará su correspondiente agradecimiento por sus aportes.

El patrocinador o los patrocinadores tendrán autoría económica proporcionalmente a los aportes realizados para dicho trabajo. La autoría intelectual se dará a los investigadores (líderes y clínicos); en el caso de los documentalistas se titularán como colaboradores y los evaluadores externos serán citados como tal dentro del estudio.

El artículo será enviado a una revista indexada de reconocimiento nacional e internacional con el mayor factor de impacto en anestesiología, de considerar otras publicaciones, se enviarán luego de su publicación (en la revista citada) y bajo expresa autorización de su comité editorial (el cual presentará derechos de exclusividad) y los autores del presente estudio, quienes reunidos en su totalidad (presentes) o representantes con poder decidan dar voto favorable (aprobación: 75% o más a favor).

Las citas bibliográficas del presente estudio en otros artículos beneficiarán la hoja de vida de los autores, al grupo de investigación y demás patrocinadores de manera proporcional.

El presupuesto (valor e ítems) y su uso es responsabilidad de los investigadores, quienes responderán al patrocinador con un producto de altas especificaciones técnicas en el campo temático como metodológico. La patente del presente estudio será en partes iguales para patrocinador y grupo de autores (50%-50%)

## 8.2 Presupuesto:

**Tabla 2. presupuesto**

<b>Ítem</b>	<b>Dedicación tiempo (horas/total)</b>	<b>Costo</b>	<b>Financiación</b>
<b>Talento humano</b>			
<b>Coinvestigador 1</b>	240 horas (hora 85.000)	20.400.000	Propios
<b>Coinvestigador 2</b>	240 horas (hora 85.000)	20.400.000	Propios
<b>Coinvestigador 3</b>	240 horas (hora 85.000)	20.400.000	Propios
<b>Coinvestigador 4</b>	240 horas (hora 85.000)	20.400.000	Propios
<b>Materiales</b>	Tablas de recolección de datos	0	Propios
<b>Equipos</b>	Computador portátil Software de análisis	0	Propios Universidad

<b>Divulgación</b>	estadístico Stata Presentación de artículo en revista indexada	0	del Rosario Propios
<b>Total</b>		81.600.000	

### 8.3 Cronograma

**Tabla 3. Cronograma**

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>MES INICIAL</b>	<b>MES FINAL</b>	<b>DURACIÓN EN MESES</b>
<b>Elaboración de protocolo</b>	Enero 2021	Febrero 2022	13 mes
<b>Presentación y Aprobación</b>	Marzo 2022	Agosto de 2022	4 meses
<b>Recolección de datos</b>	Octubre 2022	Noviembre 2022	2 meses
<b>Análisis de datos y sustentación</b>	Diciembre 2022	Enero 2022	2 mes
<b>Total</b>	21 meses		

## 9. Resultados

### 9.1 Variables Demográficas

En total se recogieron 200 pacientes para el estudio durante el periodo de enero de 2019 hasta julio de 2021. La mayoría de los pacientes llevados a cateterismo diagnóstico fueron mayores de 1 año (75%) con una edad promedio de 6,3 años (DE 2,79) mientras que en los menores de 1 año la edad promedio fue de 6,2 meses (DE 2,79). El sexo más común fue el masculino con un total de 106 pacientes (53%), siendo un porcentaje mayor en el subgrupo de menores de 1 año donde el sexo femenino tuvo 41% y el masculino 59%. El peso promedio en menores de un año fue de 6,53 kg en menores de 1 año y en mayores de 1 año de 21,9 kg. La talla promedio fue 97 cm, donde los menores de 1 año midieron en promedio 51 cm (DE 12,8) y los mayores de 1 año midieron en promedio 149 cm (DE 29,8). La gran mayoría de pacientes sometidos a sedación para cateterismo diagnóstico bajo sedación fueron ASA 3, mientras que sólo 2 pacientes en total fueron clasificados como ASA 4. (Tabla 4).

**Tabla 4. Descripciones variables demográficas**

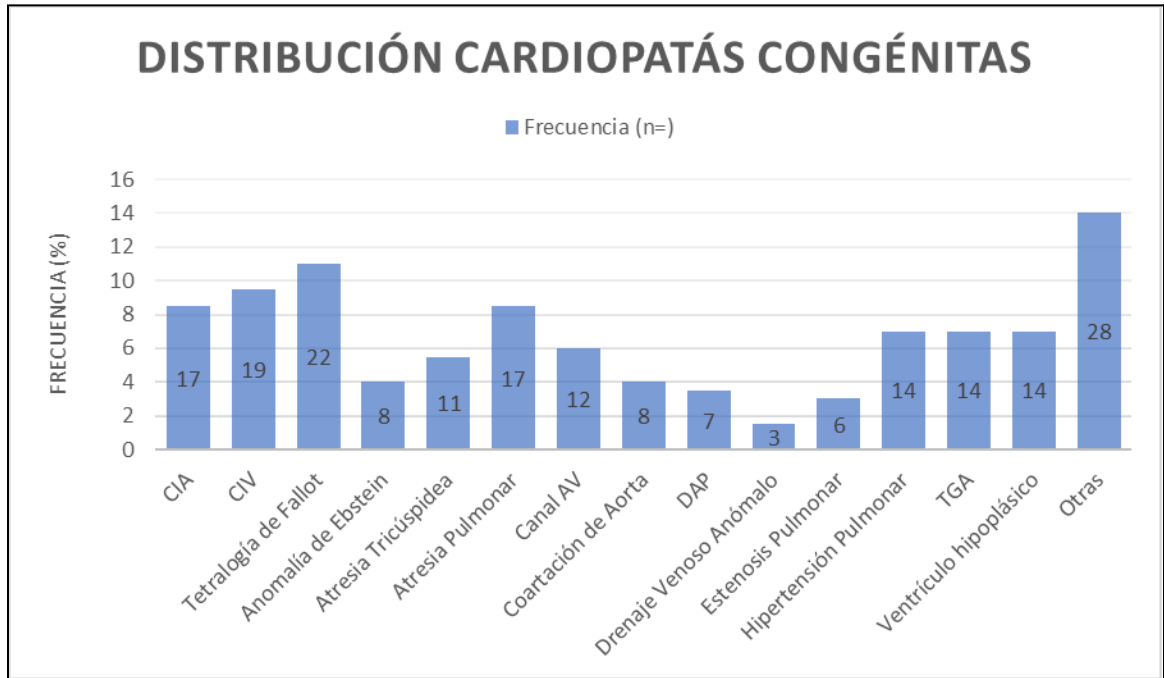
<b>Variable</b>	<b>Menores de 1 año n=51</b>	<b>Mayores de 1 año n=149</b>
<b>Edad</b>	6,2*[5,45-6,99]	6,3** [5,57-7,03]
<b>Peso en kg</b>	6,53 [5,51-7,55]	21,9 [19,54-24,26]
<b>Talla en cm</b>	51 [47,49-54,51]	149 [144,2-153,7]
<b>Sexo</b>		
<b>Masculino</b>	30 (59)	76 (51)
<b>Femenino</b>	21 (41)	73 (49)
<b>ASA 2</b>	6 (11,8)	12 (8,1)
<b>ASA 3</b>	44 (86,3)	136 (91,3)
<b>ASA 4</b>	1 (2)	1 (0,7)

\*Edad en meses. \*\*Edad en años ASA (Anesthesiologist Physical Status)

En cuanto a las cardiopatías congénitas, aunque el subgrupo de Otras cardiopatías es el que presenta mayor porcentaje, este recoge un conjunto de varias cardiopatías que no son comunes

(Truncus arterioso, estenosis mitral, etc.); por ende, en los pacientes sometidos a cateterismo diagnóstico bajo sedación en la FCI la cardiopatía más frecuente fue la Tetralogía de Fallot con un total de 22 (11%). Ver los datos detallados en el gráfico 1.

**Gráfico 1. Distribución cardiopatías congénitas**



CIA: Comunicación Interauricular. CIV: Comunicación Interventricular. AV: Auriculoventricular. DAP: Ductus Arterioso Persistente. TGA: Transposición Grandes Arterias

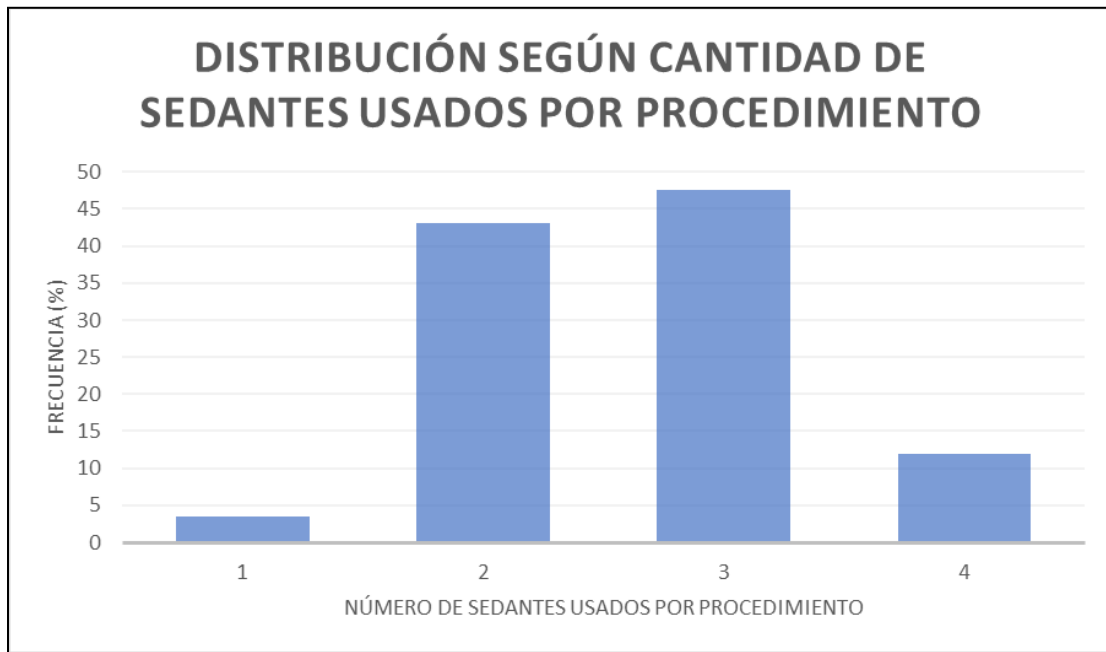
### 9.2 Técnica anestésica

El fentanilo fue el medicamento más utilizado para sedación, siendo aplicado en el 82,5% de los cateterismos realizados, mientras que el propofol fue usado sólo en el 36,5% de los procedimientos (Ver tabla 2). Al observar la preferencia en cuánto a la técnica de sedación en estos pacientes, (ver gráfico 2) se encontró que la combinación de tres sedantes fue la técnica más usada por los anestesiólogos, siendo la mezcla de Fentanilo + Midazolam + Ketamina aplicada en casi la mitad de los procedimientos (47,5%).

**Tabla 5. Distribución Medicamentos usados para sedación**

Medicamento	n= (%)
Propofol	73 (36,5)
Fentanilo	165 (82,5)
Midazolam	137 (68,5)
Ketamina	137 (68,5)

**Gráfico 2. Cantidad de sedantes usados por procedimiento**



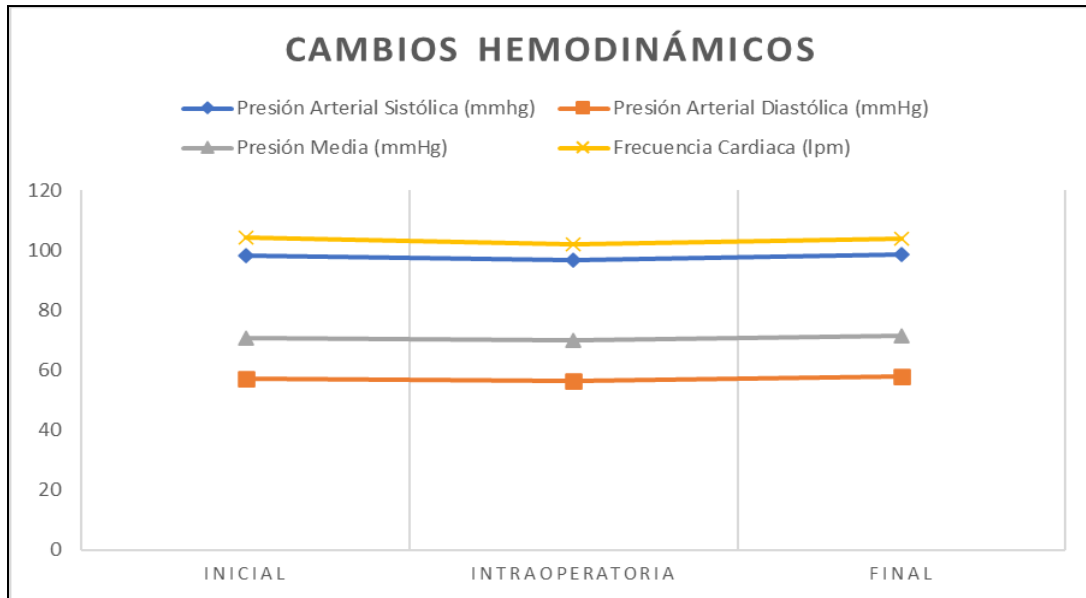
**Gráfico 2.** Que muestra la cantidad de medicamentos sedantes que se mezclaban por cada procedimiento y el porcentaje que corresponde del total de procedimientos.

### 9.3 Comportamiento Hemodinámico y gases arteriales:

No se observaron diferencias importantes en cuanto al comportamiento hemodinámico en los 3 momentos de medición. Como se observa en el gráfico 3, la variación de la presión arterial sistólica, presión arterial diastólica, presión arterial media y frecuencia cardíaca es mínima desde el inicio hasta el final del procedimiento. En cuanto a requerimiento de soporte, sólo 2 pacientes (1%) requirieron vasopresores en el posoperatorio.

En relación con los gases arteriales, se encontró una media del valor de PH de 7,3, un promedio de HCO<sub>3</sub> de 19 mmol/L y un lactato con una media de 0,98 mmol/L. Finalmente con la Base Exceso (BE) se encontró un valor promedio de -5,86 mmol/L, donde sólo un paciente presentó una BE positiva (1 mmol/L).

**Gráfico 3. Tendencias parámetros hemodinámicos**



mmHG: (milímetros de mercurio) lpm: (Latidos por minuto)

#### 9.4 Cambios de CO<sub>2</sub>:

En cuanto a los cambios de CO<sub>2</sub> Arterial en estos pacientes no se observa una diferencia significativa entre las dos mediciones, hallazgo que se respalda por la superposición de los intervalos de confianza (IC) de las dos medias, siendo un poco menor el valor de la PaCO<sub>2</sub> inicial (38,6 mmHg) vs el valor de CO<sub>2</sub> final (39,3 mmHg). (Ver tabla 6)

**Tabla 4. Cambio de PaCO2 durante procedimiento**

<b>Variable</b>	<b>Media</b>	<b>DE</b>	<b>IC 95%</b>
<b>PaCO2 Inicial (mmHg)</b>	39.8	6.17	38.94 – 40,66
<b>PaCO2 Final (mmHg)</b>	40.3	5.18	39.58 – 41.02

\* mmHG (milímetros de mercurio) PaCo2 (presión arterial de dióxido de carbono)

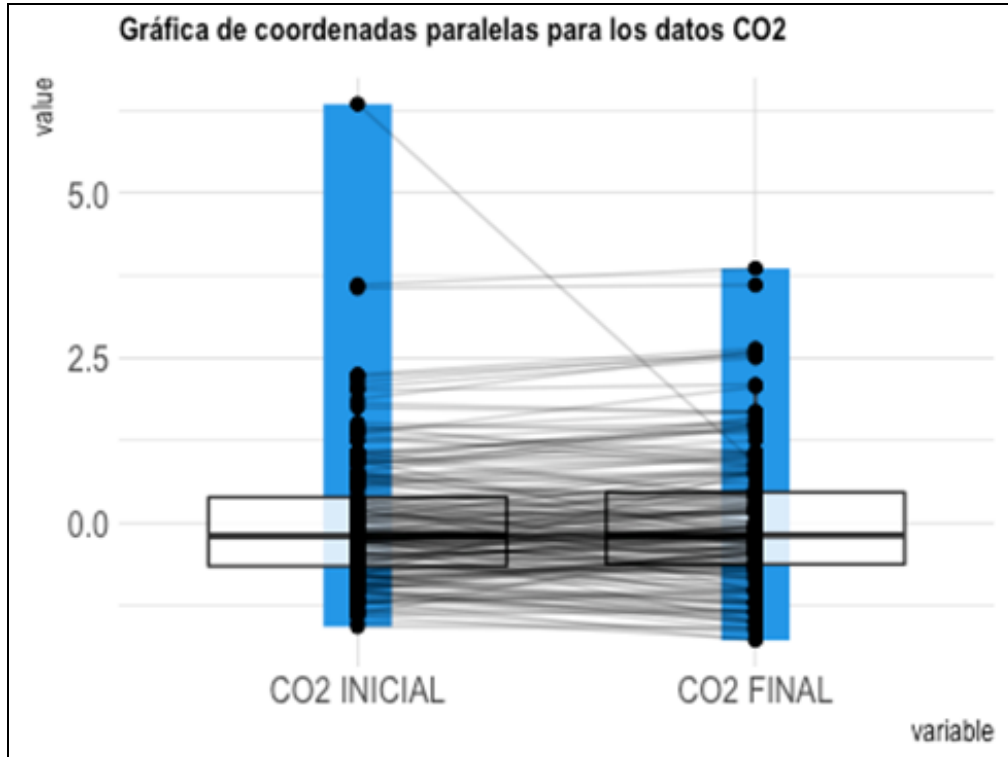
#### *9.5 Desenlaces:*

El promedio de duración de los cateterismos diagnósticos realizados bajo sedación en la población pediátrica de la FCI fue de 69,8 min (DE 17,9). La mortalidad postoperatoria fue de 1,5% (3 pacientes), donde un paciente murió por un bloqueo AV completo, otro por una hemorragia masiva y el último por una falla cardiaca agudizada en la UCI. 4 pacientes (2%) requirieron Ventilación mecánica invasiva (VMI) y 14 pacientes (7%) requirieron Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) postoperatoria.

### **10. Discusión**

Existen pocos estudios que han tratado de describir los cambios que existen en los niveles de CO2 en los pacientes pediátricos, y los que existen son de más de 10 años de antigüedad (5,7,18,19). Este estudio observacional describe principalmente los cambios de CO2 arterial (PaCO2) en los pacientes pediátricos que fueron llevados a cateterismo diagnóstico entre enero de 2019 hasta julio de 2021 correspondiente a una muestra de 200 pacientes en total que es una muestra grande en comparación con los demás estudios. Se encontró que los valores de PaCO2 al inicio y al final del procedimiento no tuvo diferencias significativas. Para interpretar mejor estos resultados se realizó un gráfico de coordenadas paralelas (Ver Gráfico 4) donde se interpreta que no hay una correlación entre estas dos variables.

#### **Gráfico 4. Gráfica de coordenadas paralelas**



**Gráfico 4.** que muestra la relación del CO2 inicial y final. En este caso al presentar líneas que se cruzan y se superponen entre sí, se puede interpretar que no existe una relación en particular entre las dos.

Los valores altos de PaCO<sub>2</sub> en los pacientes pediátricos llevados a cateterismo cardíaco puede aumentar la resistencia vascular pulmonar, ocasionando no sólo que las variables hemodinámicas que se desean medir durante este procedimiento estén erradas, sino que también pueden aumentar el riesgo de complicaciones en este tipo de pacientes que por su cardiopatía congénita están más predispuestos a presentar eventos cardiorrespiratorios fatales (20). Algunos estudios han reportado que aquellos niños que son llevados a cateterismo bajo el régimen de sedación tienen valores más altos de PaCO<sub>2</sub> que aquellos que son intubados bajo anestesia general ya que bajo ventilación mecánica el anesthesiólogo tiene un mayor control de la frecuencia y volumen corriente con lo que puede modificar el CO<sub>2</sub> a conveniencia (19). Sin embargo, que un paciente bajo sedación presenta mayores complicaciones que bajo anestesia general intubado no ha sido demostrado; como ejemplo Carmosino et al. (21) observó en más de 200 niños con hipertensión pulmonar llevados a cateterismo cardíaco que no había diferencias en la tasa de complicaciones

entre los pacientes que recibieron sedación vs los que se realizó bajo anestesia general. En los estudios la hipercapnia afecta de manera significativa la resistencia vascular pulmonar y la presión pulmonar cuando los valores de CO<sub>2</sub> sobrepasan los 45 mmHg (22) y como se ve en nuestro estudio los valores promedio de CO<sub>2</sub> que presentaron nuestros pacientes no superaron los 40 mmHg (media PaCO<sub>2</sub> 38,6 mmHg inicial y 39,3 mmHg final).

Friesen et al. (19) observó que los cambios significativos en el CO<sub>2</sub> y en la Saturación de oxígeno (SaO<sub>2</sub>) no se asoció con cambios hemodinámicos ni deterioro clínico. En cambio en otros ensayos (23) se demostró que aquellos a los que se realizaba el procedimiento en respiración espontánea tenían menos riesgo de complicaciones que los que se sometían a VMI (2% vs 6% de eventos adversos) además que el aumento de la presión intratorácica por la ventilación positiva también se asociaba con aumento de la presión intratorácica y por ende afectar las mediciones la resistencia vascular pulmonar y presión arterial pulmonar.

La técnica de sedación que se usa puede ser uno de los principales factores que generan la retención de CO<sub>2</sub> en los pacientes que van a cateterismo, ya que estos medicamentos pueden generar depresión respiratoria. El propofol es el medicamento más usado para el cateterismo cardiaco en niños (23,24) y tiene la ventaja de ser titulable por su rápido inicio y corta duración. Contrario a esto, en nuestro estudio el medicamento menos usado por los anestesiólogos de la Fundación Cardioinfantil para sedar a los niños fue el propofol (en el 36% de los procedimientos). La mayoría de las veces se combinan varios medicamentos para disminuir efectos adversos y aumentar la sinergia, en la literatura se ha visto que los regímenes que combinan ketamina con propofol o fentanilo presentan menos depresión respiratoria y por ende menos desaturación y menos aumento del CO<sub>2</sub> ya que para alcanzar el plano anestésico objetivo, se usan menos dosis de opioides (25). Por ejemplo, en un estudio aún no publicado que se realizó en la Fundación Cardioinfantil con pacientes pediátricos llevados a cateterismo terapéutico se encontró que la dosis promedio que se usa de fentanilo es de 1,2 mcg/kg mezclado junto a otros sedantes. En nuestro estudio el medicamento preferido en la mayoría de los procedimientos fue

el Fentanilo usado en más del 80% de los procedimientos y el régimen de sedantes más usados fue la combinación de Fentanilo + Ketamina + Midazolam, sin embargo por la limitación del estudio no es posible asociar cuál mezcla de hipnóticos se relaciona con menos retención de CO<sub>2</sub> o menos cambios hemodinámicos, no obstante como se muestra en la gráfica 3, los cambios en la media de presión arterial y en la frecuencia cardíaca no fue significativa y sólo 2 pacientes requirieron soporte vasopresor para mantener las metas hemodinámicas.

La cardiopatía más común en nuestro estudio fue la Tetralogía de Fallot seguido de la CIA y CIV, lo que no es similar a los otros estudios (26–28) donde la CIV es la más común de todas y en cambio la Tetralogía de Fallot pasa a ser una de las menos comunes (prevalencia 2-3%).

Otro factor de riesgo que se ha relacionado con malos desenlaces postanestésicos es la duración del procedimiento. Los estudios han demostrado que cuando la duración del procedimiento es mayor de 60 minutos el riesgo de complicaciones como requerimiento de UCI, mortalidad o necesidad de intubación aumenta (29,30). En nuestro estudio la duración de los procedimientos fue mayor, con un promedio de 69 minutos. Sin embargo, al comparar los desenlaces posoperatorios de nuestros pacientes, se observa que la mortalidad en comparación con otros estudios (31) es similar (1.5% vs 1.4%) y la necesidad de conversión a anestesia general e intubación también (2% vs 2%).

Nuestro estudio puede ser interpretado en el contexto de varias limitaciones, la principal está relacionada a su carácter observacional retrospectivo en el que puede existir varios tipos de sesgos, principalmente de información y confusión. Algunos de los datos recogidos como las variables hemodinámicas fueron recogidas de las hojas de anestesia que el mismo personal anotó por lo que pueden existir sesgos de notificación y donde posiblemente algunos eventos no fatales como depresión respiratoria transitoria o hipotensión transitoria fueron subestimados. Sin embargo, los resultados que se muestran son prometedores y pueden ser la base para el inicio de futuros estudios donde se comparen estos datos con aquellos pacientes que fueron sometidos a

anestesia general inicialmente. Establecer una causalidad con peso estadístico no es el objetivo de nuestro estudio, por lo tanto, se requerirán de estudios con un mayor rigor epidemiológico que permita dar respuestas más contundentes.

## **11. Conclusiones**

Los resultados de este estudio demuestran que los cambios en el CO<sub>2</sub> arterial no es significativo en los pacientes que se les realiza sedación para cateterismo cardiaco diagnóstico, presentando poca diferencia en los cambios hemodinámicos durante el procedimiento que puedan alterar la resistencia vascular pulmonar y una baja tasa de eventos adversos que afecten los desenlaces de estos pacientes. Por lo tanto, el uso de sedación en los pacientes con cardiopatías que son llevados a cateterismo puede ser una técnica segura que no afecta significativamente los parámetros hemodinámicos que se requieren para las variables que se recolectan en este procedimiento diagnóstico. Además el uso de varios sedantes mezclados para realizar sedación en niños con cardiopatías congénitas que van a ser llevados a cateterismo puede ser una técnica segura que disminuya el riesgo de depresión respiratoria y eventos adversos fatales.

## 12. Referencias

1. Taylor KL, Laussen PC. Anaesthesia outside of the operating room: the paediatric cardiac catheterization laboratory. *Curr Opin Anaesthesiol* [Internet]. 2015 Aug 25 [cited 2023 Jan 27];28(4):453–7. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26087272/>
2. Mohammed HT, Cohen M, Walker I, Bradley A. Anaesthesia for children in the cardiac catheterisation laboratory : WFSA - Resources [Internet]. 2017 Jul [cited 2023 Jan 27]. Available from: <https://resources.wfsahq.org/atotw/anaesthesia-for-children-in-the-cardiac-catheterisation-laboratory/>
3. Odegard KC, Bergersen L, Thiagarajan R, Clark L, Shukla A, Wypij D, et al. The frequency of cardiac arrests in patients with congenital heart disease undergoing cardiac catheterization. *Anesth Analg* [Internet]. 2014 Jan [cited 2023 Jan 27];118(1):175–82. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23749445/>
4. Odegard KC, Vincent R, Baijal RG, Daves SM, Gray RG, Javois AJ, et al. SCAI/CCAS/SPA Expert Consensus Statement for Anesthesia and Sedation Practice: Recommendations for Patients Undergoing Diagnostic and Therapeutic Procedures in the Pediatric and Congenital Cardiac Catheterization Laboratory. *Anesth Analg* [Internet]. 2016 Nov 1 [cited 2023 Jan 27];123(5):1201–9. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27749349/>
5. Alswang M, Friesen RH, Bangert P. Effect of preanesthetic medication on carbon dioxide tension in children with congenital heart disease. *J Cardiothorac Vasc Anesth* [Internet]. 1994 [cited 2023 Jan 27];8(4):415–9. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7948797/>
6. Friesen RH, Lichtor JL. Cardiovascular depression during halothane anesthesia in infants: study of three induction techniques. *Anesth Analg* [Internet]. 1982 [cited 2023 Jan 27];61(1):42–5. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7198413/>
7. Coté CJ, Wax DF, Jennings MA, Gorski CL, Kurczak-Klippstein K. Endtidal carbon

- dioxide monitoring in children with congenital heart disease during sedation for cardiac catheterization by nonanesthesiologists. *Paediatr Anaesth* [Internet]. 2007 Jul [cited 2023 Jan 27];17(7):661–6. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17564648/>
8. Bernard PA, Ballard H, Schneider D. Current approaches to pediatric heart catheterizations. *Pediatr Rep* [Internet]. 2011 Jun 6 [cited 2023 Jan 27];3(3):93–6. Available from: </pmc/articles/PMC3207311/>
  9. Su Z, Zou Z, Hay SI, Liu Y, Li S, Chen H, et al. Global, regional, and national time trends in mortality for congenital heart disease, 1990–2019: An age-period-cohort analysis for the Global Burden of Disease 2019 study. *eClinicalMedicine*. 2022 Jan 1;43:101249.
  10. Wu W, He J, Shao X. Incidence and mortality trend of congenital heart disease at the global, regional, and national level, 1990-2017. *Medicine (Baltimore)* [Internet]. 2020 [cited 2023 Jan 27];99(23). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32502030/>
  11. Nasr VG, Twite MD, Walker SG, Kussman BD, Motta P, Mittnacht AJC, et al. Selected 2017 Highlights in Congenital Cardiac Anesthesia. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2018 Aug 1;32(4):1546–55.
  12. Moustafa GA, Kolokythas A, Charitakis K, Avgerinos D V. Diagnostic Cardiac Catheterization in the Pediatric Population. *Curr Cardiol Rev* [Internet]. 2016 Mar 3 [cited 2023 Jan 27];12(2):155. Available from: </pmc/articles/PMC4861944/>
  13. Lam JE, Lin EP, Alexy R, Aronson LA. Anesthesia and the pediatric cardiac catheterization suite: a review. *Paediatr Anaesth* [Internet]. 2015 Feb 1 [cited 2023 Jan 27];25(2):127–34. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25331288/>
  14. Joshi VS, Kollu SS, Sharma RM. Comparison of dexmedetomidine and ketamine versus propofol and ketamine for procedural sedation in children undergoing minor cardiac procedures in cardiac catheterization laboratory. *Ann Card Anaesth* [Internet]. 2017 Oct 1 [cited 2023 Jan 27];20(4):422–6. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28994677/>
  15. Mester R, Easley RB, Brady KM, Chilson K, Tobias JD. Monitored anesthesia care with a combination of ketamine and dexmedetomidine during cardiac catheterization. *Am J Ther*

- [Internet]. 2008 Jan [cited 2023 Jan 27];15(1):24–30. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18223350/>
16. Koruk S, Mizrak A, Kaya Ugur B, Ilhan O, Baspinar O, Oner U. Propofol/dexmedetomidine and propofol/ketamine combinations for anesthesia in pediatric patients undergoing transcatheter atrial septal defect closure: A prospective randomized study. *Clin Ther*. 2010 Apr;32(4):701–9.
  17. Kleinbaum, D. G., Kupper, L. L., Morgenstern H. *Epidemiologic research: principles and methods*. 1982 [cited 2023 Jan 27];529. Available from: <https://www.wiley.com/en-no/Epidemiologic+Research%3A+Principles+and+Quantitative+Methods-p-9780471289852>
  18. Friesen RH, Alswang M. End-tidal pcO<sub>2</sub> monitoring via nasal cannulae in pediatric patients: Accuracy and sources of error. *J Clin Monit [Internet]*. 1996 [cited 2023 Jan 27];12(2):155–9. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02078136>
  19. Friesen RH, Alswang M. Changes in carbon dioxide tension and oxygen saturation during deep sedation for paediatric cardiac catheterization. *Paediatr Anaesth [Internet]*. 1996 [cited 2023 Jan 27];6(1):15–20. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8839083/>
  20. Viitanen A, Salmenpera M, Heinonen J, Hynynen M. Pulmonary vascular resistance before and after cardiopulmonary bypass. The effect of PaCO<sub>2</sub>. *Chest [Internet]*. 1989 [cited 2023 Jan 27];95(4):773–8. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2494021/>
  21. Carmosino MJ, Friesen RH, Doran A, Ivy DD. Perioperative complications in children with pulmonary hypertension undergoing noncardiac surgery or cardiac catheterization. *Anesth Analg [Internet]*. 2007 Mar [cited 2023 Jan 27];104(3):521–7. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17312201/>
  22. Morray JP, Lynn AM, Mansfield PB. Effect of pH and PCO<sub>2</sub> on pulmonary and systemic hemodynamics after surgery in children with congenital heart disease and pulmonary hypertension. *J Pediatr [Internet]*. 1988 [cited 2023 Jan 27];113(3):474–9. Available from:

- <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3137318/>
23. Lin CH, Desai S, Nicolas R, Gauvreau K, Foerster S, Sharma A, et al. Sedation and Anesthesia in Pediatric and Congenital Cardiac Catheterization: A Prospective Multicenter Experience. *Pediatr Cardiol* [Internet]. 2015 Oct 21 [cited 2023 Jan 27];36(7):1363–75. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25991570/>
  24. Akin A, Esmoğlu A, Guler G, Demircioğlu R, Narin N, Boyacı A. Propofol and propofol-ketamine in pediatric patients undergoing cardiac catheterization. *Pediatr Cardiol* [Internet]. 2005 Oct [cited 2023 Jan 27];26(5):553–7. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16132313/>
  25. Gottschling S, Meyer S, Krenn T, Reinhard H, Lothschuetz D, Nunold H, et al. Propofol versus midazolam/ketamine for procedural sedation in pediatric oncology. *J Pediatr Hematol Oncol* [Internet]. 2005 Oct [cited 2023 Jan 27];27(9):471–6. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16189439/>
  26. Van Der Linde D, Konings EEM, Slager MA, Witsenburg M, Helbing WA, Takkenberg JJM, et al. Birth prevalence of congenital heart disease worldwide: a systematic review and meta-analysis. *J Am Coll Cardiol* [Internet]. 2011 Nov 15 [cited 2023 Jan 27];58(21):2241–7. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22078432/>
  27. Egbe A, Uppu S, Lee S, Ho D, Srivastava S. Changing prevalence of severe congenital heart disease: a population-based study. *Pediatr Cardiol* [Internet]. 2014 [cited 2023 Jan 27];35(7):1232–8. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24823884/>
  28. Ibáñez-Correa LM, Victoria S, Hurtado-Villa P, Ibáñez-Correa LM, Victoria S, Hurtado-Villa P. Prevalencia de cardiopatías congénitas en una cohorte de 54.193 nacimientos entre 2011-2017. *Rev Colomb Cardiol* [Internet]. 2021 Jan 1 [cited 2023 Jan 27];28(1):53–9. Available from: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-56332021000100053&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-56332021000100053&lng=en&nrm=iso&tlng=es)
  29. Backes CH, Bergersen L, Rome JJ, Batlivala SP, Glatz AC, Ovunc B, et al. Quality metrics in cardiac catheterization for congenital heart disease: utility of 30-day mortality.

- Catheter Cardiovasc Interv [Internet]. 2015 Jan 1 [cited 2023 Jan 27];85(1):104–10. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25257572/>
30. Şahin KE, Meşe T. The effect of the duration of the procedure on the risk of complications during pediatric cardiac catheterization. Turk gogus kalp damar cerrahisi Derg [Internet]. 2020 [cited 2023 Jan 27];28(3):467–73. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32953209/>
31. Tokel K, Gümüş A, Ayabakan C, Varan B, Erdoğan İ. Complications of cardiac catheterization in children with congenital heart disease. Turk J Pediatr [Internet]. 2018 [cited 2023 Jan 27];60(6):675–83. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31365204/>