



**HIPOVOLEMIA MEDIDA CON ÍNDICE DE COLAPSABILIDAD DE VENA  
CAVA INFERIOR EN PACIENTES DE CIRUGÍA CARDIOVASCULAR,  
BOGOTÁ 2022.**

**ANDRÉS FELIPE GONZÁLEZ GARCÍA**

**Trabajo presentado como requisito para optar  
por el título de ANESTESIÓLOGO**

**Bogotá,  
Colombia 2023**

**HIPOVOLEMIA MEDIDA CON ÍNDICE DE COLAPSABILIDAD DE VENA  
CAVA INFERIOR EN PACIENTES DE CIRUGÍA CARDIOVASCULAR,  
BOGOTÁ 2022.**

**Autor**

**ANDRÉS FELIPE GONZÁLEZ GARCÍA**

**Tutores**

**Dr. Hugo Andrés Mantilla (Metodológico)  
Dra. Laura Ramirez (Temático)**

**Facultad de Medicina  
Programa  
Anestesiología  
Universidad del  
Rosario Bogotá,  
Colombia  
2023**

## **Identificación del proyecto**

**Institución académica:** Universidad del Rosario

**Dependencia:** Departamento de Anestesiología

**Título de Investigación:** HIPOVOLEMIA MEDIDA CON ÍNDICE DE COLAPSABILIDAD DE VENA CAVA INFERIOR EN PACIENTES DE CIRUGÍA CARDIOVASCULAR, BOGOTÁ 2022.

**Instituciones participantes:** Fundación Cardioinfantil - La Cardio

**Tipo de Investigación:** Estudio de corte transversal

**Investigador Principal:** Andrés Felipe González García

**Tutor temático:** Dra. Laura Ramirez - Anestesióloga cardiovascular

**Tutor metodológico:** Dr. Hugo Mantilla - Anestesiólogo cardiovascular

## **Contenido**

- 1. Introducción**
  - 1.1 Planteamiento del problema
  - 1.2 Justificación
- 2. Marco Teórico**
- 3. Pregunta de investigación**
- 4. Objetivos**
  - 4.1 Objetivo general
  - 4.2 Objetivos específicos
- 5. Formulación de hipótesis**
- 6. Metodología**
  - 6.1 Tipo y diseño de estudio
  - 6.2 Población y muestra
  - 6.3 Criterios de inclusión y exclusión
    - 6.3.1 Criterios de inclusión
    - 6.3.2 Criterios de exclusión
  - 6.4 Tamaño de muestra
  - 6.5 Muestreo
  - 6.6 Definición y operacionalización de variables
  - 6.7 Técnicas, procedimientos e instrumentos de la recolección de datos
  - 6.8 Plan de procesamiento de muestras biológicas
  - 6.9 Plan análisis de datos
  - 6.10 Alcances y límites de la investigación
    - 6.10.1 Alcances de la investigación
    - 6.10.2 Límites de la investigación
- 7. Aspectos éticos**
- 8. Administración del proyecto**
  - 8.1 Presupuesto
  - 8.2 Cronograma
- 9. Resultados**
- 10. Discusión**
- 11. Referencias**
- 12. Anexos**

## RESUMEN

### **Introducción/Contexto:**

La anestesia para cirugía cardíaca acarrea riesgos adicionales de deterioro hemodinámico, siendo la hipovolemia un posible desencadenante. El diagnóstico y manejo dependerá en gran medida del juicio clínico que tenga el anestesiólogo en la interpretación y control de dichos cambios hemodinámicos.

### **Objetivo:**

El propósito de éste estudio fue medir el índice de colapsabilidad de la vena cava inferior (ICVCI) , como predictor de hipovolemia en pacientes sometidos a revascularización miocárdica o cambio de válvula aórtica y su relación con variables hemodinámicas, durante la inducción anestésica.

### **Metodología:**

Se utilizó un diseño observacional tipo corte transversal, desarrollado en la Fundación La Cardio de Bogotá, Colombia. En pacientes llevados a 2 tipos de cirugías cardiovasculares. Se revisaron los récords de anestesia, historia clínica e imágenes; y las variables se analizaron en JASP v 0.17.1.

### **Resultados:**

Se incluyeron un total de 60 pacientes de los cuales 40 fueron sometidos a revascularización miocárdica (RVM) y 20 a reemplazo de válvula aórtica (RVAO). La proporción de hipovolemia (ICVCI mayor del 30%) fue de 67% (40). No se encontraron diferencias en los grupos cuando se compararon según el punto de corte del 30% para definir hipovolemia por ICVCI. La media del ICVCI para revascularización miocárdica fue de 32.7 (IC 95%; 30.5-34.8) versus 29.33 (IC 95%; 25.6-33.0) en el reemplazo de válvula aórtica.

### **Conclusiones:**

El valor de corte de 30% no mostró relación estadísticamente significativa con el ayuno o con las variables hemodinámicas durante la inducción anestésica.

## SUMMARY

### Introduction/Context:

Anesthesia for cardiac surgery carries additional risks of hemodynamic deterioration, with hypovolemia being a possible trigger. Diagnosis and management will largely depend on the clinical judgment of the anesthesiologist in interpreting and controlling said hemodynamic changes.

### Objective:

The purpose of this study was to measure the inferior vena cava collapsibility index (ICVCI) as a predictor of hypovolemia in patients undergoing myocardial revascularization or aortic valve replacement and its relationship with hemodynamic variables during anesthetic induction.

### Methodology:

A cross-sectional observational design was used, developed at the La Cardio Foundation in Bogotá, Colombia. In patients taken to 2 types of cardiovascular surgeries. Anesthesia records, clinical history and images were reviewed; and the variables were analyzed in JASP v 0.17.1.

### Results:

A total of 60 patients were included, of whom 40 underwent myocardial revascularization (MVR) and 20 aortic valve replacement (AVR). The proportion of hypovolemia (ICVCI greater than 30%) was 67% (40). No differences were found between the groups when they were compared according to the cut-off point of 30% to define hypovolemia by ICVCI. The mean ICVCI for myocardial revascularization was 32.7 (95% CI; 30.5-34.8) versus 29.33 (95% CI; 25.6-33.0) in aortic valve replacement.

### Conclusions:

The cut-off value of 30% did not show a statistically significant relationship with fasting or with the hemodynamic variables during anesthetic induction.

**Keywords:** Inferior vena cava (IVC) compliance index, ultrasonography, hypovolemia, anesthesia, perioperative care.

## 1. Introducción

### 1.1 Planteamiento del problema

La inestabilidad hemodinámica durante la inducción anestésica es una entidad clínica con diferentes causas, que se caracteriza por presentar falla circulatoria sistémica. En pacientes con estas condiciones es necesario estimar adecuadamente la cantidad de volumen sanguíneo (volemia) para realizar una correcta reposición de líquidos y evitar la sobrecarga de fluidos (1).

La concepción de respuesta a líquidos se ha convertido en un tema de gran interés en los últimos tiempos, posiblemente porque se trata de una evaluación desde una perspectiva práctica para la administración de líquidos vía endovenosa (fluidoterapia). La restauración y mantenimiento apropiado de la volemia son propósitos fundamentales para el adecuado manejo de los pacientes candidatos a cirugía cardíaca y bajo cualquier estado de shock (2). Un aporte de escasos líquidos puede conllevar a una hipoperfusión tisular y empeorar la disfunción orgánica; sin embargo, un exceso de prescripción de líquidos también puede generar una barrera al suministro de oxígeno y comprometer la evolución del paciente (3).

Datos recientes advierten que el aporte excesivo de fluidos puede limitar la hipoxia tisular, la progresión a disfunción orgánica y brindar un mejor panorama (4). Un estudio que soporta dicha idea demostró que un protocolo de terapia por metas minimiza la falla orgánica y promueve la supervivencia en pacientes con sepsis grave (5). Lopes M, et al. concluyen que la optimización de la precarga y el gasto cardíaco (GC) en pacientes sometidos a cirugía mayor reduce las complicaciones postoperatorias y el tiempo de estancia hospitalaria (6). Por lo tanto, la hipovolemia no corregida conduce a la infusión inadecuada de agentes vasopresores, que podrían aumentar la hipoperfusión de los órganos y conducir a isquemia (7).

Por otra parte, el aporte con exceso de líquidos se ha correlacionado con el aumento de complicaciones, incremento en el tiempo de estancia en la unidad de cuidados intensivos (UCI) y hospitalaria, así como aumento de las cifras de mortalidad en un 50% (8). Una revisión de cohorte demostró una asociación positiva entre el balance de líquidos diario acumulado y mortalidad (9).

El primer eslabón en el manejo hemodinámico de los pacientes en estado crítico es delimitar la apropiada perfusión de órganos y tejidos, a pesar de que los signos de shock puedan ser claros (10). En este sentido es conveniente anotar que la terapia enfocada al aumento del GC y la entrega de oxígeno en pacientes con adecuada perfusión, no resulta útil. Estudios previos han denotado que la indicación supra normal de los parámetros hemodinámicos puede ser negativa (11,12).

En los últimos tiempos se ha venido desarrollando técnicas mínimamente invasivas de monitorización hemodinámica funcional, que han venido desplazando métodos convencionales invasivos como el catéter de Swan-Ganz, usando la evaluación de la vena cava por ultrasonografía, metodología que se ha manifestado para responder al prototipo de la terapia con líquidos en las UCI. Sin embargo, no existen datos colombianos de casos clínicos que permitan evaluar el estatus del volumen del paciente candidato a cirugía cardíaca a través de la medición de la distensibilidad de la vena cava, como un método de fácil medición, seguro y con una menor proporción de riesgos potenciales con respecto a métodos más invasivos.

En consecuencia, la presente propuesta académica pretende observar el comportamiento hemodinámico de los pacientes llevados a cirugía cardiovascular en relación a la variación del índice de colapsabilidad de la vena cava inferior (ICVC) por ecocardiografía. Dichos resultados generarán conocimiento sobre el comportamiento de estos parámetros dinámicos en los pacientes llevados a cirugía cardíaca. Además que servirá como base para estudios, que permitan generar asociaciones entre el comportamiento hemodinámico y estos parámetros subrogados de hipovolemia.

## *1.2 Justificación*

Uno de los grandes desafíos en la práctica clínica es la dosificación de líquidos por vía intravenosa durante la reanimación, la cual sigue siendo en gran medida de manera empírica. Sin embargo, la evaluación objetiva de la respuesta al reto con líquidos en las pacientes críticos resulta difícil y realmente enigmática, dado que la evidencia científica y médica ha demostrado que solo la mitad de los pacientes con inestabilidad hemodinámica o algún grado de choque en la UCI responde a un reto de líquidos (13).

La administración de líquidos y reanimación del paciente requiere entonces de una evaluación precisa del estado del volumen intravascular (precarga cardíaca) y la probabilidad de que el paciente responda (aumento del volumen sistólico) a un reto de líquidos (respuesta a volumen).

Los marcadores volumétricos de la precarga cardíaca son por tanto útiles para comprobar si la precarga cardíaca aumenta de forma efectiva durante la infusión de líquidos. Estudios recientes evaluaron la capacidad de la variación respiratoria en el diámetro de la vena cava para predecir un aumento de al menos 15% en el GC (14). Otros autores midieron la variación porcentual del diámetro de la VC, el GC se midió empleando ecocardiografía pre y post a la infusión de volumen, y un GC sensible a líquidos fue con un 15% de aumento (14).

Es así, como ampliar el conocimiento sobre el comportamiento hemodinámico de pacientes candidatos a cirugía cardíaca mediante el conocimiento de su estado de hipovolemia relacionado al índice de colapsabilidad de la vena cava, resulta de vital importancia para nuestra práctica clínica y permite extender el uso de técnicas mínimamente invasivas como diagnóstico y monitorización hemodinámica de los pacientes de cirugía cardíaca.

## 2. Marco teórico

La dosificación y evaluación de la administración de líquidos por vía intravenosa durante procedimientos quirúrgicos cardiovasculares sigue siendo, en gran medida, empírica. Por ejemplo, la escasez de líquido puede generar hipoperfusión tisular y empeorar la disfunción de órganos, sin embargo existen datos recientes sobre la reposición hidroelectrolítica agresiva y precoz en pacientes críticamente enfermos pueden empeorar los resultados (15).

Existen diversas determinaciones clínicas que permiten estimar la volemia, como la evaluación de signos vitales, los marcadores bioquímicos del metabolismo y la medición de la presión venosa central. Sin embargo, algunos de ellos presentan baja sensibilidad debido a mecanismos fisiológicos de compensación.

La utilidad de medir el diámetro de la ICVCI para monitorizar la volemia en pacientes que han sido sometidos a terapia de diálisis ya ha sido documentada, actualmente también se emplea en pacientes ventilados y hemodinámicamente inestables (16).

La vena cava inferior es una vena de gran tamaño fácilmente compresible. Su diámetro posee una alta correlación con la función de las cavidades cardíacas derechas y su calibre no es afectado por la respuesta compensatoria vasoconstrictora que se genera ante la pérdida de volumen intravascular. Por eso, refleja el estatus de la volemia con mayor precisión que otros parámetros, como los basados en el sistema arterial (presión sanguínea, diámetro de la aorta, entre otros) (17).

En personas saludables con respiración espontánea, las variaciones cíclicas en la presión pleural se transmiten en la aurícula derecha y producen cambios en el retorno venoso. Esta presión es negativa durante la inspiración, lo que provoca la disminución del diámetro de la VCI en aproximadamente un 50%. Se predice que esta variación es anulada, cuando durante la presión negativa inspiratoria, la VCI no muestra cambios significativos de calibre. Esto ocurre durante el taponamiento cardíaco o la insuficiencia cardíaca derecha severa (18).

En pacientes ventilados mecánicamente, la fase inspiratoria produce un incremento de la presión pleural, que se transmite a la aurícula derecha, reduciendo el retorno venoso. Como resultados, las modificaciones en el diámetro de la VCI son inversas a las de la respiración espontánea, con un aumento inspiratorio y una disminución espiratoria. No obstante, estos cambios son abolidos en la dilatación de la VCI producida por un estado de sobrecarga de volumen. Los cambios respiratorios cíclicos en el calibre del vaso se observan sólo en pacientes ventilados con volemia normal o disminuida, siendo este concepto fundamental para comprender la importancia y utilidad de esta técnica (19).

El volumen sanguíneo circulante se encuentra principalmente en el sistema venoso (65%), una variación en este volumen puede afectar la imagen ecográfica de la vena cava inferior. Una imagen aplanada de la vena cava inferior en un paciente en condición de shock, está correlacionada con una baja presión venosa central e indica un componente hipovolémico del choque (20).

La variabilidad respiratoria se expresa como la diferencia porcentual existente entre los diámetros máximo (inspiratorio) y mínimo espiratorio de la VCI, dividido por el diámetro máximo inicial inspiratorio, en pacientes ventilados.

12% de cambio se considera significativo. Los pacientes que presentan este porcentaje o uno mayor en la variabilidad probablemente tendrán mejor respuesta a la administración de volumen. Con este método se ha descrito una sensibilidad del 90% y una especificidad del 100% (18).

**Técnicas para la medición con ultrasonografía de los diámetros de la vena cava inferior**

Se coloca al paciente en posición supina, el grado de elevación de la cabecera de la cama no ha demostrado relevancia. En cuanto al equipo se debe utilizar un transductor de baja frecuencia (3.5-5 MHz), tal como un transductor “phased array” o curvilíneo.

Se pueden hacer dos tipos de aproximación. La primera es obtener una vista subxifoidea del corazón mediante la colocación del transductor en el abdomen del paciente inmediatamente por debajo de la apófisis xifoides con el marcador del transductor hacia la derecha del paciente; una vez que se obtiene una visualización de las cavidades del corazón, el transductor se gira 90° hasta que el marcador esté apuntando hacia la cabeza del paciente. En este punto, la vena cava inferior ha de ser visualizada en el plano longitudinal cuando entra en la aurícula derecha (21).

El segundo método consiste en escanear, con el hígado como una ventana acústica, mediante la colocación del transductor entre la línea media axilar y anterior derecha, a la altura del séptimo al noveno espacio intercostal, el marcador debe estar apuntando a la cabeza del paciente. Se puede visualizar la vena cava inferior que discurre longitudinalmente adyacente al hígado y cruzando el diafragma. Siguiendo el vaso y observando su entrada a la aurícula derecha, se puede confirmar que se trata de la vena cava inferior y no de la aorta que corre paralela a la misma (21).

La medición de los diámetros de la vena cava inferior se debe realizar 2 cm desde donde entra en la aurícula derecha en dirección caudal y desde borde interno a borde interno, sin incluir el espesor de la pared (21).

**Correlación de los diámetros de la vena cava inferior y su variabilidad con la presión venosa central y el gasto cardiaco.**

La evaluación del diámetro máximo de la vena cava inferior y su correlación con las PVC en pacientes bajo ventilación espontánea, ha sido reportada por numerosos estudios, quedando resumidos los valores de PVC, diámetro y su porcentaje de colapso con la respiración, en el esquema emitido por la Asociación Americana de Ecocardiografía ( Cuadro I).

**Table 3** Estimation of RA pressure on the basis of IVC diameter and collapse

Variable	Normal (0-5 [3] mm Hg)	Intermediate (5-10 [8] mm Hg)		High (15 mm Hg)
IVC diameter	≤2.1 cm	≤2.1 cm	>2.1 cm	>2.1 cm
Collapse with sniff	>50%	<50%	>50%	<50%
Secondary indices of elevated RA pressure	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Restrictive filling</li> <li>• Tricuspid E/E' &gt; 6</li> <li>• Diastolic flow predominance in hepatic veins (systolic filling fraction &lt; 55%)</li> </ul>			

Tabla tomada de: Rudski, L., Lai, W., Afilalo, J., Hua, L., Handschumacher, M., Chandrasekaran, K., Solomon, S., Louie, E. and Schiller, N., 2010. Guidelines for the Echocardiographic Assessment of the Right Heart in Adults: A Report from the American Society of Echocardiography. *Journal of the American Society of Echocardiography*, 23(7), pp.685-713.

En pacientes bajo ventilación mecánica existe evidencia que respalda la utilidad del índice de colapsabilidad de la VCI para determinar qué pacientes responderán adecuadamente al aporte de volumen, sin olvidar que estos valores pueden estar alterados por la presencia de disfunción aguda ventricular derecha, otras entidades que cursan con incremento de presiones en cavidades derechas (taponamiento cardíaco, neumotórax a tensión), aumento de presión intraabdominal, y valores elevados de presión positiva al final de la espiración (PPFE) sin establecerse hasta el momento un valor que impida su evaluación.

Dos estudios son los más representativos de la evaluación ultrasonográfica de la distensibilidad de la vena cava inferior (dVCI) para determinar respuesta a volumen. Barbier et al incluyeron pacientes bajo ventilación mecánica sin esfuerzo respiratorio y obtuvieron el índice de distensibilidad, mediante el diámetro de la VCI máximo y mínimo obtenidos justo distalmente a la vena hepática y expresando este valor como un porcentaje indexado de acuerdo con lo siguiente:

$$\frac{(\text{Diámetro máximo} - \text{Diámetro mínimo}) \times 100}{\text{Diámetro mínimo}}$$

Con un punto de corte de 18% (estableciendo como respondedor a volumen, valores por encima de 18% y una sensibilidad y especificidad reportadas de 90%) (22).

Por otra parte, Feissel et al, incluyeron en su estudio pacientes bajo ventilación mecánica obteniendo el índice de distensibilidad de acuerdo con lo siguiente:

$$\frac{(\text{Diámetro máximo} - \text{Diámetro mínimo}) \times 100}{0.5 (D \text{ máximo} - D \text{ mínimo})}$$

Reportando un punto de corte de 12% (estableciendo como respondedor a volumen, valores por encima de 12%), con un valor predictivo positivo de 93% y valor predictivo negativo de 92% (23).

Recientemente Duwat reportó una sensibilidad de 80.7% y especificidad de 93.7% para un índice de colapsabilidad de la vena cava inferior (ICVCI), de 30% mayor (24). En pacientes con ventilación espontánea, existen revisiones que han correlacionado el diámetro máximo de la VCI con la presión venosa central y la presencia de hipovolemia.

Muller desarrolló el índice de colapsabilidad de la VCI en pacientes con ventilación espontánea mediante la siguiente ecuación:

$$\frac{\text{Diámetro máximo} - \text{Diámetro mínimo}}{\text{Diámetro máximo}} \times 100$$

Reportando un punto de corte de 40% con una sensibilidad de 70% y especificidad de 80% (25). Existen estudios que han descrito la utilidad de pruebas exploratorias que consiste en la elevación pasiva de piernas (30-45°), por 1-3 minutos, lo cual ocasiona incremento del retorno venoso en aproximadamente 150-300 cm<sup>3</sup> hacia la aurícula derecha, generando un cambio en el gasto cardíaco en pacientes respondedores a volumen. Monnet y Lamia han reportado sensibilidad de 93% y especificidad de 94% para detectar variaciones en el flujo máximo aórtico e incremento del gasto cardíaco con esta maniobra, ante lo cual se sugiere la utilidad de esta maniobra en la variación de la VCI, en pacientes con presencia de ventilación espontánea o arritmias cardíacas (26).

En la actualidad episodios graves de hipotensión intraoperatoria se consideran como factor de riesgo independiente para el desarrollo de eventos adversos postoperatorios tales como infarto de miocardio, accidente cerebrovascular, insuficiencia cardíaca, insuficiencia renal aguda, estancia hospitalaria prolongada, e incluso el aumento de la tasa de mortalidad tanto en pacientes sometidos a cirugía cardíaca, como aquellos de procedimientos quirúrgicos no cardiovasculares (27,28).

### **Cifras que correlacionan diámetro de VCI y volemia**

Se debe tener en cuenta que los diámetros de la vena cava inferior deben ser interpretados de manera diferente y el cálculo del índice depende del tipo de ventilación en que se encuentre el paciente, ventilación espontánea, ventilación mecánica no invasiva y ventilación mecánica invasiva:

Índice de distensibilidad de la vena cava inferior. Método para evaluar la respuesta de fluido en pacientes con ventilación mecánica controlada. Se define como:  $(\text{Diámetro máximo} - \text{Diámetro mínimo}) / (\text{Diámetro mínimo}) \times 100\%$ . Donde un valor superior a 18% predice que el paciente responderá a volumen.

Índice de variabilidad de la vena cava inferior.

Método para evaluar la respuesta de fluido en pacientes con ventilación mecánica invasiva. Se define como:  $\text{Diámetro máximo} - \text{Diámetro mínimo} / \text{Diámetro medio (promedio)}$  Donde un valor superior a 12% predice que el paciente responderá a volumen.

Índice de colapsabilidad de vena cava inferior (ICVCI), método para evaluar la respuesta de fluido en pacientes con ventilación espontánea. Se define como:  $(\text{Diámetro espiratorio o máximo}) - (\text{Diámetro inspiratorio o mínimo}) / (\text{Diámetro espiratorio o máximo}) \times 100$ , donde un valor superior a 30% predice que el paciente responderá a volumen.

En conclusión, el uso de ultrasonografía cardiovascular como un método de evaluación perioperatoria se podría hacer seguimiento del estado hemodinámico y decidir la mejor estrategia terapéutica (volumen, inotropia, uso de vasopresores y demás) que más se ajuste a las necesidades clínicas que requiera el paciente.

### **3. Pregunta de investigación**

¿Como es el comportamiento hemodinámico de los pacientes llevados a cirugía de revascularización miocárdica y reemplazo valvular aórtico en quienes se documentó hipovolemia posterior a la medición del índice de colapsabilidad de la vena cava inferior previo al procedimiento?

### **4. Objetivos**

#### *4.1 Objetivo general*

Describir las características clínicas y hemodinámicas durante la inducción anestésica según la presencia de hipovolemia, evaluada con el índice de colapsabilidad de la vena cava inferior en pacientes llevados a cirugía de revascularización miocárdica.

#### *4.2 Objetivos específicos*

1. Caracterizar a través de variables sociodemográficas y clínicas los pacientes de cirugía de RVM y válvula aórtica.
2. Clasificar a los pacientes llevados a cirugía de revascularización miocárdica y reemplazo valvular aórtico con presencia de hipovolemia según la medición del índice de colapsabilidad de la vena cava inferior.
3. Describir el comportamiento hemodinámico de los pacientes clasificados con hipovolemia según las mediciones del índice de colapsabilidad de la vena cava inferior.
4. Describir el manejo terapéutico de la hipotensión posterior a la inducción anestésica, de acuerdo al índice de colapsabilidad de la vena cava inferior.

### **5. Formulación de hipótesis**

Al ser un estudio observacional descriptivo no requiere formulación de hipótesis.

*Hipótesis alternativa: no aplica*

*Hipótesis nula: no aplica*

### **6. Metodología**

#### *6.1 Tipo y diseño de estudio*

Estudio observacional descriptivo de corte transversal

#### *6.2 Población y muestra*

Población: Pacientes llevados a cirugía de RVM y válvula aórtica en la Fundación Cardio infantil, Bogotá Colombia.

Muestra: La muestra será no probabilístico por conveniencia, se tomaron aquellos pacientes que fueron llevados a procedimientos de revascularización miocárdica o cambio de válvula aórtica, realizado en La Cardio - Fundación Cardioinfantil, Bogotá Colombia, durante el tiempo comprendido entre Julio de 2022 y Enero de 2023.

### 6.3 Criterios de inclusión y exclusión

#### 6.3.1 Criterios de inclusión:

- Pacientes adultos mayores de 18 años.
- Pacientes sometidos a cirugía de RVM y cirugía de válvula aórtica como patología única
- Pacientes en ventilación espontánea: sin requerimiento de soporte ventilatorio (ventilación mecánica invasiva: explicado como la conexión del paciente a través de un tubo endotraqueal o traqueostomía a un dispositivo de ventilación artificial)
- Pacientes con cirugía programada

#### 6.3.2 Criterios de exclusión:

- *Pacientes con fracción de eyección disminuida, si FEVI <40%*
- Pacientes con índice de masa corporal (IMC) mayor a 35 kg/m<sup>2</sup>
- Pacientes con antecedentes o enfermedad hepática
- Pacientes con ascitis
- Pacientes con arritmia cardíaca
- Pacientes con hipertensión abdominal

### 6.4 Tamaño de muestra

Este estudio observacional no requiere un cálculo del tamaño de la muestra. Se tomaron todos los pacientes que fueron llevados a cirugía de RVM o cirugía de válvula aórtica en la Fundación Cardio Infantil en el periodo comprendido entre julio de 2022 y enero de 2023 que cumplieron con los criterios de selección. Esperamos obtener aproximadamente 60 pacientes según los registros institucionales.

### 6.5 Muestreo

El muestreo fue consecutivo, no probabilístico hasta terminar el periodo de tiempo establecido.

## 6.6 Definición y operacionalización de variables

### 6.6.1 Definiciones & Operacionalización de variables

Tabla 1. Operacionalización de variables

Nombre de la variable	Definición	Naturaleza	Escala	Unidades o categorías
Edad	Edad cronológica que se basa en el tiempo que ha pasado desde el nacimiento.	Cuantitativa	Continua	Años
Peso	Masa de un individuo en kg.	Cuantitativa	Continua	Kg
IMC (índice de masa corporal)	Peso en kilogramos dividido por el cuadrado de la talla (kg/m <sup>2</sup> )	Cuantitativa	Continua	Kg/m <sup>2</sup>
Talla	Altura de una persona de pies a cabeza en metros	Cuantitativa	Continua	Metros
Sexo	Variable nominal (femenino o masculino)	Cualitativa	Nominal	Femenino Masculino
PVC (presión venosa central)	Presión promedio de venas	Cuantitativa	Continua	mmHg
pH	Medición de los iones de hidrógeno (H <sup>+</sup> ) en la sangre	Cuantitativa	Continua	7.38 a 7.42
Base exceso	Muestra el balance metabólico en los gases y se define como la cantidad de ácido requerido para llevar un litro de sangre a un pH y PaCO <sub>2</sub> a valores normales. Esta incrementa en la alcalosis metabólica y disminuye en la acidosis metabólica en general.	Cuantitativa	Discreta	Valores negativos y positivos enteros (ejem: -5 / +5)

Volumen de cristaloides	Volumen de cristaloides en el reservorio de bomba	Cuantitativa	Discreta	mL
Presión arterial media (PAM)	Presión promedio de las arterias mmHg	Cuantitativa	Continua	mmHg
Índice de distensibilidad de la vena cava	Medida de distensibilidad	Cuantitativa	Continua	Porcentaje
Frecuencia cardíaca (FC)	Pulsaciones en un minuto	Cuantitativa	Discreta	Latidos por minuto
Volemia (Volumen total) de ingreso	Volumen total de sangre circulante del cuerpo	Cuantitativa	Continua	Litros
Enfermedades prevalentes	Conjunto de enfermedades, la mayoría de ellas habituales y típicas.	Cualitativa	Nominal	Obesidad Diabetes Hipertensión arterial Asma EPOC
Nivel educativo o de escolaridad	Nivel de educación más alto que una persona ha culminado.	Cualitativa	Ordinal	Preescolar Primaria Bachillerato Técnico Universitario Posgrado
Días de estancia hospitalaria	Indica el tiempo en el que un paciente utilizó un servicio hospitalario médico.	Cuantitativo	Discreto	Días
Presión venosa central	Presión de la sangre en la vena cava superior, cerca de la aurícula derecha del corazón	Cuantitativa	Discreta	cm de H2O
Tipo de ventilación mecánica	Tipo de flujo respiratorio	Cualitativa	Nominal	Presión control ACP Volumen control ACV
Balance de líquidos inicial	Resultado de comparar el volumen y composición tanto de los líquidos	Cuantitativa	Discreta	mL

	recibidos como las pérdidas, enmarcando esta comparación en un periodo de tiempo determinado (inducción anestésica)			
Frecuencia respiratoria	Número de respiraciones que realiza un ser vivo animal en un periodo específico.	Cuantitativa	Discreta	Respiraciones por minuto
Saturación venosa central de O2	Indicadores de aporte de oxígeno tisular	Cuantitativa	Discreta	Porcentaje
APACHE	Sistema de clasificación de severidad o gravedad de enfermedades al ingreso hospitalario.	Cuantitativa	Discreta	Puntos
Lactato	Parámetro clínico de medida de ácido láctico al egreso del paciente	Cuantitativa	Discreto	mMol/L
Volemia	Volumen total de sangre circulante del cuerpo	Cuantitativa	Discreta	Litros
Grupo sanguíneo	Clasificación de la sangre de acuerdo con las características presentes por fuera de los glóbulos rojos y en el suero de la sangre	Cualitativa	Nominal	A B AB O
Anestésico administrado	Medicamento que se usa para inducir anestesia, o en otras palabras para provocar una pérdida temporal de la sensibilidad de la conciencia.	Cualitativa	Nominal	Hipnótico Analgésico mayor Bloqueadores neuromusculares

Fracción de eyección VI	% de cambio fraccional medido Método Simpson	Cuantitativa	discreta	Porcentaje
Hipovolemia por ICVCI	Método para evaluar la baja respuesta de fluido en pacientes con ventilación mecánica con invasiva	Cualitativa - Cuantitativa	Nominal	ICVCI > 30 % (Respondedor a líquidos) ICVCI < 30 % (No Respondedor a líquidos)
Vasopresor administrado	Medicamento que genera vasoconstricción e incrementa la presión arterial	Cualitativa - Cuantitativa	Nominal	Norepinefrina mcg/kg/min Vasopresina UI/h

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

#### Técnica e instrumento de medición:

La evaluación de la colapsabilidad de la vena cava inferior se realizó por ultrasonografía utilizando el equipo Phillips® CVX 3D, por medio de un transductor sectorial de 2-5 MHz por parte del anestesiólogo cardiovascular que cuenta con capacitación en ecocardiografía, y por medio de una ventana subcostal con corte longitudinal en modo M, para evaluar el diámetro de la vena cava inferior y su variabilidad con los movimientos de inspiración y espiración, tomando una medición estática con la herramienta de medición milimétrica para realizar el cálculo de la ICVCI.

Se registraron variables demográficas, diagnósticas, mediciones ecocardiográficas, escalas de severidad de valvulopatía o enfermedad coronaria, datos de hipoperfusión (lactato, exceso de bases, presión arterial media), estado ácido base (pH, HCO<sub>3</sub>), balance de líquidos, tipo de ventilación, presiones de la vía aérea (presión máxima, presión meseta), volumen corriente y frecuencia respiratoria, así como uso de vasopresores, saturación venosa, PVC, ICVCI (índice de colapsabilidad de la vena cava inferior expresado en porcentaje).

#### Instrumentos:

##### *Consentimiento informado:*

Documento en el cual se le describe a los participantes/pacientes, todos los aspectos relacionados con su participación en la investigación.

##### *Formato de Historia Clínica:*

Documento principal de sistema de información sanitario que constituye el registro completo de la atención prestada al paciente durante su enfermedad, de lo que se deriva como documento legal.

##### *Formato de registro de variables establecidas:*

Plantilla previamente diseñada para la toma de datos o para anotar los resultados de las actividades realizadas, que permite una información documentada y detallada.

### ***Descripción de la Técnica ecocardiográfica:***

El transductor recomendado para la evaluación de la vena cava, es el sectorial, con superficie de contacto pequeña y de baja frecuencia, con rangos de 2-5 MHz, seleccionando en la máquina de ultrasonografía modo bidimensional (2D), y el perfil de cardiología, si se cuenta con el mismo. El paciente deberá encontrarse idealmente en decúbito dorsal y se localiza la ventana acústica subxifoidea o subcostal, colocando el transductor inmediatamente por debajo y ligeramente hacia la derecha del apéndice xifoideo, dirigiendo el transductor hacia el hombro izquierdo del paciente aproximadamente 15°, con la marca del transductor hacia la izquierda del paciente en sentido horario a las dos o tres, y con una profundidad de 16-20 cm o mayor, a fin de localizar el corazón, para posteriormente realizar un giro continuo en sentido anti horario del transductor de las 3 a las 12 y ligero desplazamiento hacia la izquierda. Realizando los movimientos sugeridos se apreciará la vena cava en su trayecto por el hígado, en su sitio de unión al atrio derecho, la glándula hepática y la vena hepática.

Una vez localizada la vena cava deberá realizarse la medición en modo M (mono dimensional) a 2 cm distal de su unión con el atrio derecho (Guías americanas de ecocardiografía recomienda medición perpendicular al eje largo, justo proximal a la unión de la vena hepática, que es aproximadamente de 0.5 a 3 cm de la aurícula derecha). Deberán realizarse medidas del diámetro máximo de un ciclo respiratorio en inspiración y espiración.

#### *6.8 Plan de procesamiento de muestras biológicas*

No aplica.

#### *6.9 Plan análisis de datos*

Estadísticas descriptivas univariadas fueron calculadas para las variables del estudio. Para las variables cualitativas se calcularon frecuencias absolutas y relativas. Para las variables cuantitativas se calcularon promedios y desviaciones estándar o medianas y rangos intercuartílicos dependiendo de la presunción de normalidad de la variables evaluada a través de la prueba de Shapiro-Wilk. Adicionalmente se describieron las características demográficas y clínicas de los pacientes que responden y no responden a volumen usando la misma estrategia reportada anteriormente. Para el análisis bivariado, se usaron t de student y X<sup>2</sup> según la naturaleza de la variable con sus respectivos intervalos de confianza al 95% para apoyar la descripción. Se realizó un análisis exploratorio de correlación lineal simple y coeficiente de correlación de Pearson para algunas variables de interés. Todos los análisis estadísticos fueron realizados en el software JASP versión 0.17.1

## *6.10 Alcances y límites de la investigación*

### *6.10.1 Alcances de la investigación*

Los resultados obtenidos a partir del presente estudio servirán como guía orientadora para el personal de salud cuyos pacientes candidatos a cirugía cardiovascular requieran ser monitorizados a través de ultrasonografía y el índice de distensibilidad de la vena cava. Así mismo es conveniente destacar que a partir de los resultados encontrados podrían sugerirse la realización rutinaria de ecocardiografía preoperatoria para descartar hipovolemia en pacientes con alto riesgo de deterioro hemodinámico durante la inducción anestésica, permitiendo su manejo oportuno.

Finalmente, los resultados obtenidos a partir del presente estudio permitirán la creación de un documento de carácter académico que podrá ser expuesto al público mediante su divulgación en congresos, simposios y/o seminarios de índole médico-quirúrgica.

### *6.10.2 Límites de la investigación*

El carácter observacional del estudio supone múltiples sesgos siendo los más relevantes, el riesgo de sesgo de selección y medición relacionados a la técnica ecográfica, que es operador dependiente y potencialmente puede no clasificar de forma adecuada los pacientes. El estudio incluirá solo a los pacientes que cuenten con el estudio ecocardiográfico y las mediciones para el cálculo de los índices, lo cual potencialmente puede excluir pacientes con dificultades técnicas.

La técnica de medición no está sujeta a estandarización por lo cual se introducirá un sesgo de medición, sin embargo, todos los anesestesiólogos cardiovasculares se encuentran entrenados para realizar este abordaje que en consecuencia mitigaría el riesgo del sesgo.

## **7. Aspectos éticos**

El estudio se realizará dentro de los principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos según la Declaración de Helsinki - 64a Asamblea General, Fortaleza, Brasil Octubre 2013.

Se tendrá en cuenta las regulaciones locales y nacionales del Ministerio de Salud de Colombia Resolución 8430 de 1993 en lo concerniente al Capítulo 1 “ De los aspectos éticos de la investigación en seres humanos”.

Se limitará el acceso de los instrumentos de investigación únicamente a los investigadores según artículo 8 de la Resolución 008430 de 1993 del Ministerio de Salud. Para efectos de confidencialidad los datos recolectados serán almacenados en una base de datos diseñada específicamente para el estudio en cuestión y resguardada en el Departamento de Anestesiología de la Fundación Cardioinfantil – La Cardio, durante el periodo de 5 años a partir de la fecha de recolección de los mismos. La responsabilidad de la confidencialidad y el cuidado de los datos recae únicamente en los investigadores principales y su única finalidad prevalecerá en el ámbito académico. Así mismo es conveniente anotar, que en relación al artículo 20 de la Resolución 008430 de 1993 las investigaciones en comunidades sólo podrán ser realizadas por establecimientos que cuenten con Comités de Ética en

Investigación que garanticen la protección de los individuos, por lo que se generará destrucción del patrimonio bibliográfico y documental, una vez alcanzado el objetivo del presente estudio.

Será responsabilidad de los investigadores el guardar con absoluta reserva la información contenida en las historias clínicas y a cumplir con la normatividad vigente en cuanto al manejo de la misma reglamentados en los siguientes: Ley 100 de 1993, Ley 23 de 1981, Decreto 3380 de 1981, Resolución 008430 de 1993 y Decreto 1995 de 1999.

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 sea 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 Presupuesto

Rubros	Financiado	Contrapartida	Total
		Ejecutora (s)*	
Equipos (Mantenimiento)	500.000	0	500.000
Bibliografía - Asesor	50.000	0	50.000
Personal Medico x 6 meses	3.500.000	0	3.500.000
Asesor (1/2 SMLV) 4H/Día	0		
Material e Insumos	500.000	0	500.000
Servicios técnicos	300.000	0	300.000
Transporte	600.000	0	600.000
Salidas a Campo	0	0	0
Eventos Academicos	800.000	0	800.000
Publicaciones	1.500.000	0	1.500.000
Software especializado	450.000	0	450.000
Gastos de Operación: (Hasta el 7% del valor obtenido de la sumatoria de todos los rubros, menos seguimiento y evaluación)	574000	0	574000
<b>TOTAL DESEMBOLSADO POR DII DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN UR-FCI</b>	<b>8.774.000</b>	<b>0</b>	<b>8.774.000</b>
Seguimiento y Evaluación (3% de la sumatoria de los rubros con cargo DII, incluido rubro de administración)	263220	0	263220
<b>VALOR TOTAL</b>	<b>9.037.220</b>	<b>1.500.000</b>	<b>10.537.220</b>
*Mínimo el 30% del valor del Proyecto			

### 8.2 Cronograma

*Actividades a realizar durante un semestre del año 2022.*

Actividades	1	2	3	4	5	6
Realización de protocolo de investigación	X					
Sometimiento del protocolo al comité técnico científico de ética	X	X				
Piloto de formatos de recolección de información		X	X			
Tabulación de datos		X	X	X		
Análisis de los datos		X	X	X		
Redacción de informe final			X	X	X	
Entrega primer borrador de artículo				X	X	X
Entrega artículo final					X	X
Inclusión de artículo en repositorio UR						X

## 9. Resultados

**Tabla No.1. Características demográficas y clínicas de los pacientes llevados a cirugía cardiovascular.**

Características	Frecuencia (n=60)	Reemplazo de válvula aórtica RVAO (n=20)	Revascularización miocárdica RVM (n=40)
Edad (años)	66.5 ± 8.7	65.4 ± 9.4	67.0 ± 8.4
Peso (Kg)	72.1 ± 14.4	68.6 ± 15.2	73.86 ± 13.8
Talla (cm)	165.1 ± 9.8	163.5 ± 0.9	165.9 ± 0.9
Hombres (%)	44 (73.3%)	13 (29,5%)	31 (70,4%)
Hipertensión arterial	46 (76.6%)	14 (30,5%)	32 (69,5%)
Diabetes mellitus	19 (31.6%)	3 (15,7%)	16 (84,2)
Dislipidemia	37 (61.6%)	9 (24,3%)	28 (75,6%)
Tabaquismo	14 (23.3%)	2 (14,2%)	12 (85,7%)
Epilepsia	1 (1.6%)	1 (100%)	0 (0%)
Hipertiroidismo	1 (1.6%)	0 (0%)	1 (100%)
Asma	1 (1.6%)	1 (100%)	0 (0%)
Enfermedad renal crónica	4 (6.6%)	2 (50%)	2 (50%)
Hipotiroidismo	13 (21.6%)	2 (15,4%)	11 (84,6%)
Lupus eritematoso	1 (1.6%)	1 (100%)	0 (0%)

Se incluyeron en el estudio un total de 60 pacientes de los cuales 40 fueron sometidos a revascularización miocárdica (RVM) y 20 a reemplazo de válvula aórtica (RVAO), la edad media fue de  $66.5 \pm 8.7$ , siendo menor el rango de edad aquellos pacientes llevados a reemplazo de válvula aórtica. El 73.3% del total de los pacientes eran hombres, y predominaron en el grupo de los sometidos a revascularización miocárdica. En relación a la antropometría, el peso con una media  $73.86 \pm 13.8$  y talla de  $165.9 \pm 0.9$  demostró que los pacientes más altos y con mayor peso corresponden al grupo RVM.

Teniendo en cuenta las comorbilidades; 46 (76.6%) padecían hipertensión arterial (HTA), 37 (61.6%) de dislipidemia y 19 (31.6%) de diabetes mellitus (DM). Dividiendo la población en tipo de procedimiento se observa que los pacientes de MVR tienen una frecuencia más alta de HTA, dislipidemia y tabaquismo (69,5%; 75,6% y 85,7% correspondientemente). Las comorbilidades menos frecuentes fueron asma, hipertiroidismo, epilepsia y lupus, cada una de ellas con 1 paciente. (Tabla No. 1)

**Tabla No.2. Presencia de hipovolemia en pacientes candidatos a cirugía cardiovascular según el índice de colapsabilidad de la vena cava inferior.**

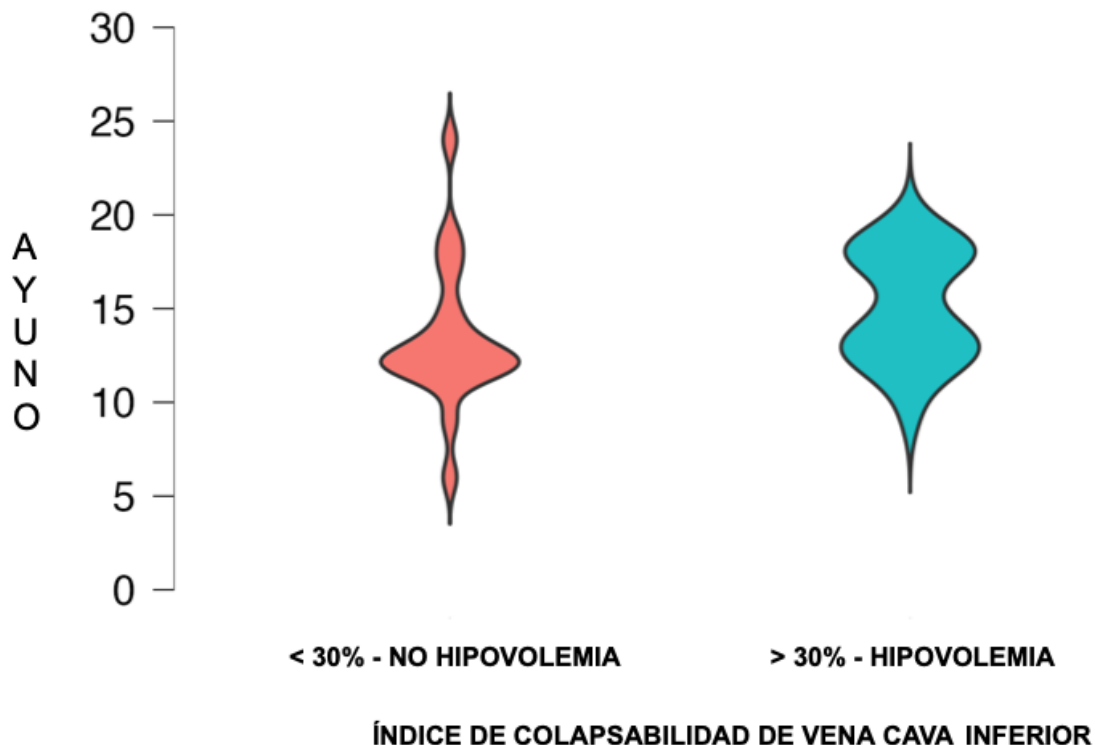
<b>Variable</b>	<b>ICVCI &lt;30 %</b>	<b>ICVCI&gt;30%</b>	<b>p</b>
Género (hombre)	11(55%)	33 (82%)	0.023
Ayuno	13.4 (3.81)	15.1(2.94)	0.069
FEVI	55.2(8.14)	51.2(8.58)	0.091
Lactato	0.95 (0.46)	1.04 (0.46)	0.482
pH	7.39 (0.04)	7.40 (0.06)	0.585
Presión venosa central	8.25 (2.2)	6.97 (2.5)	0.064
Presión sistólica (T1)	144.4 (26.54)	145.0 (26.53)	0.934
Presión diastólica (T1)	71.9 (13.85)	71.62 (13.87)	0.942
Frecuencia Cardiaca (T1)	68.9 (12.5)	69.6 (14.2)	0.841
Presión sistólica (T2)	107.45 (24.9)	111.20 (22.79)	0.563
Presión diastólica (T2)	55.0 (10.9)	59.0 (13.3)	0.252
Frecuencia Cardiaca (T2)	65.9 (16.6)	67.2 (14.9)	0.765
Presión sistólica (T3)	104.5 (19.29)	105.3 (24.9)	0.888
Presión diastólica (T3)	52.6 (13.1)	57.2 (13.3)	0.211
Frecuencia Cardiaca (T3)	62.4 (12.4)	67.9 (16.4)	0.191
Presión sistólica (T4)	105.3 (31.6)	101.8 (23.3)	0.624
Presión diastólica (T4)	54.8 (15.4)	54.4 (10.6)	0.912

Frecuencia Cardíaca (T4)	64.9 (14.2)	65.9 (13.5)	0.798
Total	31	29	60

Abreviaturas: (T1) Preinducción, (T2) 1 minuto pos inducción, (T3) 5 minutos pos inducción, (T4) 10 minutos pos inducción.

La presencia de hipovolemia definida como un ICVCI mayor del 30% fue de 67% (n=40). No se encontraron diferencias en los grupos cuando se comparó el ICVCI y el tipo de cirugía. La media del ICVCI para revascularización miocárdica fue de 32.7 (IC 95%; 30.5-34.8) versus 29.33 (IC 95%; 25.6-33.0) en el reemplazo de válvula aórtica con intervalos de confianza del 95% que se superponen para los 2 grupos. Se encontró una asociación entre el género y la presencia de hipovolemia, teniendo los hombres mayor probabilidad de tener hipovolemia comparado con las mujeres (82.5 % vs 17.5%. OR 2.72; p: 0.023). De las otras variables, la que más se acercó a la significancia estadística fue el ayuno preoperatorio, con una tendencia gráfica que muestra mayor hipovolemia en los pacientes con más ayuno. (Gráfico No.1)

**Gráfico No.1. Ayuno y presencia de hipovolemia en pacientes candidatos a cirugía cardiovascular**



Evaluando la relación del ICVCI y el ayuno encontramos que la media de ayuno de los pacientes sin hipovolemia se encuentra entre 10-15 horas, Vs. aquellos pacientes con hipovolemia (comportamiento bimodal) estando la media entre 15-20 horas de ayuno. Gráficamente, se puede observar una tendencia de mayor tiempo de ayuno en aquellos paciente con mayor índice de colapsabilidad de la vena cava inferior.

## Gases arteriales posterior a la inducción anestésica

Del total de pacientes incluidos (n=60) se evidenció una media de pH de  $7.4 \pm 0.05$  siendo igual para el grupo de pacientes MVR, contrario a la variable de bicarbonato cuya media general fue de  $21 \pm 2.1$ , siendo más alta en aquellos pacientes sometidos a reemplazo de válvula aórtica. La media del lactato ( $1.0 \pm 0.4$ ), saturación de oxígeno ( $94.7 \pm 2.9$ ), hemoglobina (Hb) ( $14 \pm 1.9$ ), base exceso (B) ( $-2.5 \pm 2.1$ ) y K<sup>+</sup> ( $3.6 \pm 0.3$ ) fueron muy similares en aquellos pacientes sometidos a cirugía cardiovascular, independiente del tipo de procedimiento. La fracción inspirada de oxígeno fue mayor en los pacientes sometidos a reemplazo de válvula aórtica ( $77.1 \pm 33.5$ ) vs. revascularización miocárdica ( $76.9 \pm 35.3$ ). Por el contrario, el exceso de base fue menor en los pacientes sometidos a revascularización miocárdica ( $-2.58 \pm 2.2$ ).

## Comportamiento hemodinámico posterior a la inducción anestésica

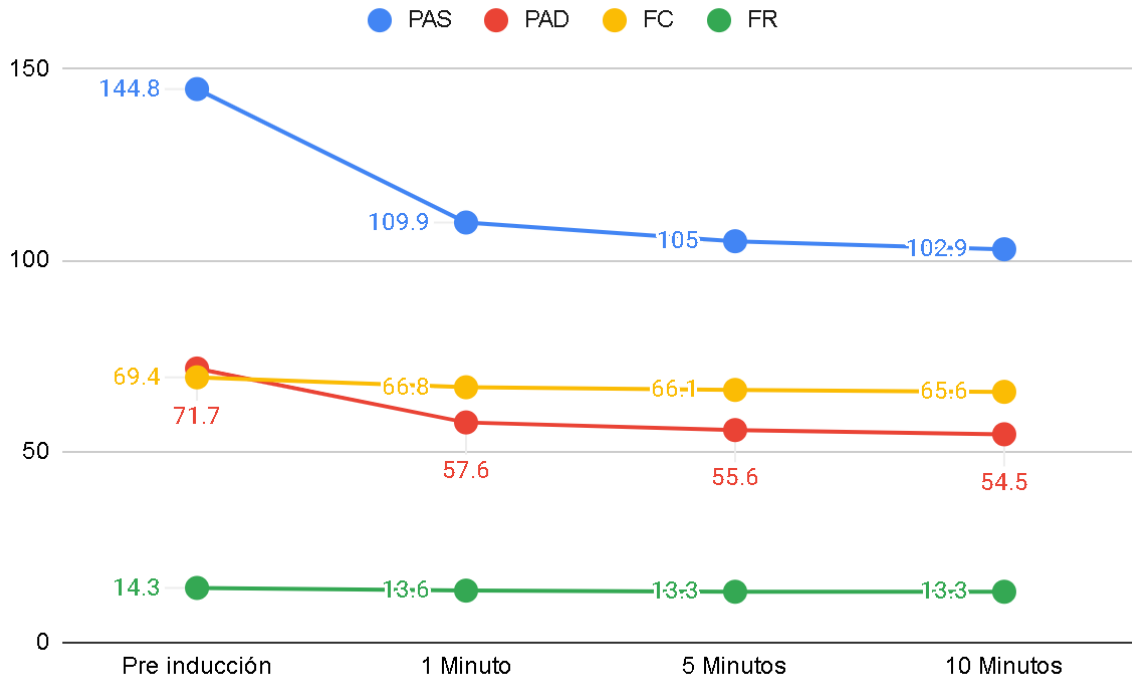
Comparando la población según la presencia de hipovolemia definida como un ICVCI mayor de 30%. No se encontraron diferencias significativas en ninguna variable hemodinámica previa o posterior a la inducción (Tabla No.2).

El 48.3% de los pacientes requerirá de algún vasopresor durante la inducción, sin embargo no se logró demostrar diferencias significativas de su uso en los pacientes diagnosticados con hipovolemia según índice de colapsabilidad ( $p=0.715$ ).

**Tabla No.3 Gases Arteriales Posterior a la Inducción**

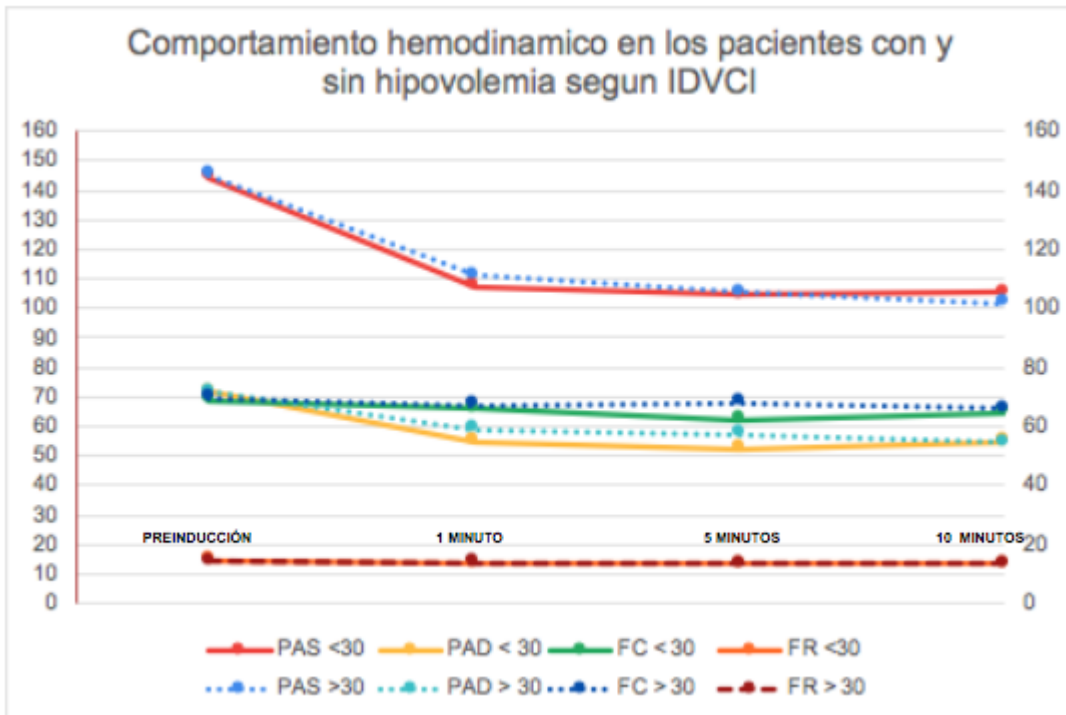
Variable	Frecuencia (n=60)	ICVCI <30 %	ICVCI >30%
pH	$7.4 \pm 0.05$	$7.39 \pm 0.05$	$7.40 \pm 0.05$
NaHCO <sub>3</sub>	$21 \pm 2.1$	$21.7 \pm 2.0$	$20.9 \pm 2.1$
Lactate (mmol/L)	$1.0 \pm 0.4$	$1.03 \pm 0.50$	$1.00 \pm 0.44$
SatO <sub>2</sub>	$94.7 \pm 2.9$	$94.4 \pm 2.9$	$94.8 \pm 2.9$
FiO <sub>2</sub>	$76.9 \pm 34.4$	$77.1 \pm 33.5$	$76.9 \pm 35.3$
CO <sub>2</sub>	$34.2 \pm 5.5$	$35.0 \pm 6.7$	$33.8 \pm 4.7$
Hb	$14 \pm 1.9$	$14.2 \pm 2.6$	$14.3 \pm 1.6$
Hct	$43 \pm 6.0$	$42.4 \pm 6.9$	$43.6 \pm 5.6$
cBase (B)	$-2.5 \pm 2.1$	$-2.55 \pm 1.7$	$-2.58 \pm 2.2$
Na <sup>+</sup>	$139.8 \pm 2.8$	$139.4 \pm 3.1$	$140.0 \pm 2.7$
K <sup>+</sup>	$3.6 \pm 0.3$	$3.6 \pm 0.28$	$3.6 \pm 0.40$
Cl	$103.3 \pm 2.9$	$102.8 \pm 2.7$	$103.5 \pm 3.0$

**Gráfica No.2. Comportamiento hemodinámico de los pacientes clasificados con hipovolemia según mediciones del índice de colapsabilidad de la vena cava inferior.**



El comportamiento hemodinámico general de los pacientes llevados a cirugía cardíaca mostró que existe una disminución progresiva de la presión arterial sistólica (preinducción 144.8 mmHg) y diastólica (71.7 mmHg) posterior a la inducción anestésica (102.9 mmHg; 54.5 mmHg), respectivamente. Sin embargo los parámetros de frecuencia respiratoria (FR) y frecuencia cardíaca (FC) no demostraron mayor variabilidad desde el momento de preinducción hasta los 10 minutos posteriores. (Gráfica No. 2).

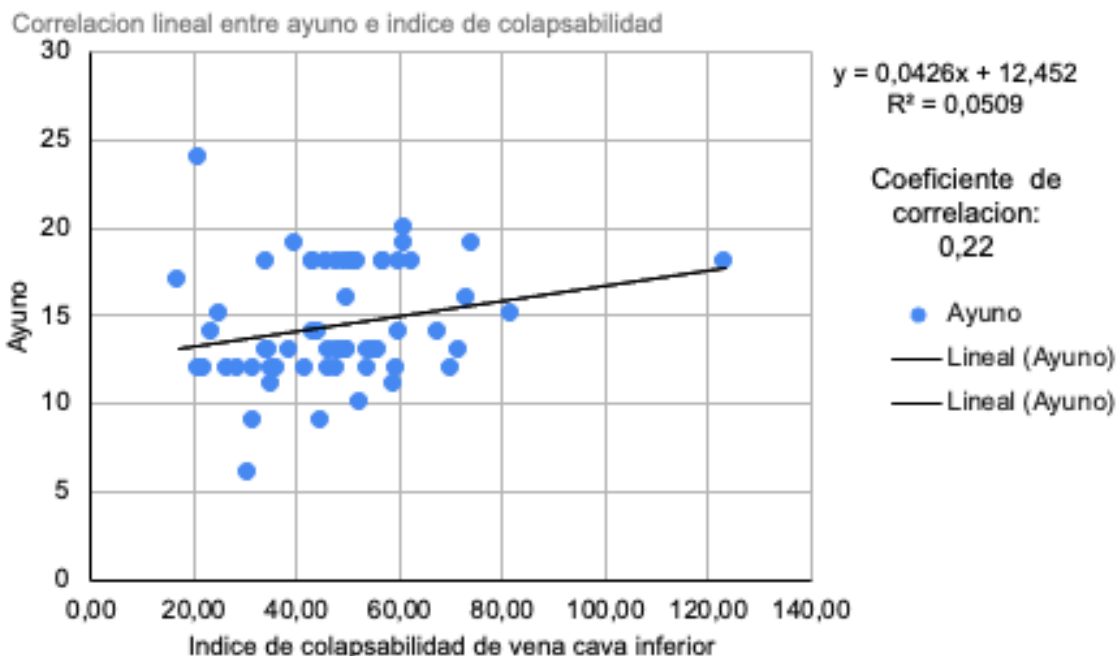
**Gráfica No.3 Comportamiento hemodinámico de los pacientes clasificados con hipovolemia según las mediciones del índice de vena cava inferior.**



Abreviaturas: **<30** : índice de colapsabilidad <30% (no hipovolemia), **>30** : índice de colapsabilidad >30% (hipovolemia); PAS: Presión arterial sistólica; PAD: presión arterial diastólica; FC: Frecuencia cardíaca; FR: Frecuencia respiratoria.

Evaluando el comportamiento hemodinámico de los pacientes clasificados como hipovolémicos, se puede observar que no existe diferencia gráfica en su comportamiento hemodinámico antes, durante y después de la inducción anestésica. (Gráfico No.3 )

**Gráfica No.4 Regresión lineal simple entre ayuno e índice de colapsabilidad.**



Se realizó un análisis exploratorio obteniendo un coeficiente de correlación de Pearson entre las variables de ICVCI y ayuno que muestra una correlación positiva débil (0.22) entre estas dos variables.

La variable de ayuno no mostró diferencias dependiendo del tipo de cirugía cardiovascular, el promedio de tiempo de ayuno fue similar entre los pacientes sometidos a reemplazo de válvula aórtica ( $14.12 \pm 3.1$ ) y revascularización miocárdica  $14.6 \pm 3.4$ .

## **10. Discusión**

### **Características de la población**

En este estudio observamos un total de 60 pacientes de cirugía cardíaca, realizando en todos ecocardiografía para evaluar el estado de volemia previo a la inducción, el promedio de edad fue de 66 años con predominio del género masculino (73.3 %). Más del 50% de los pacientes del estudio tenían alguna comorbilidad, las más frecuentes fueron la hipertensión arterial y la diabetes mellitus con el 77% y 62% respectivamente. Al dividir la población según el tipo de cirugía, se observó que los pacientes llevados a RVM tenían una mayor carga de comorbilidades, observándose proporciones más altas de hipertensión arterial (69.5% vs. 30.5%), diabetes mellitus (84.2% vs. 15.7%), dislipidemia (75.6% vs. 24.3%) e hipotiroidismo (84.6% vs. 15.4%) (Tabla 1).

Diferentes estudios han demostrado que la hipertensión arterial aumenta dos veces más la probabilidad de desarrollar hipotensión (30). Esta situación se acentúa más en los ancianos secundarios a la reducción de la reserva cardíaca y los cambios en las respuestas barorreceptores y del sistema nervioso simpático(32). Sin embargo en nuestro estudio no se pudo comprobar dicha relación.

### **Descripción de hipovolemia**

El objetivo principal del trabajo era describir la presencia de hipovolemia medida con el índice de colapsabilidad de la vena cava inferior en pacientes de cirugía cardiovascular. Se encontró que el 67% de los pacientes llevados a cirugía cardíaca tenían hipovolemia definida por un ICVCI mayor al 30%, sin encontrar diferencias significativas en las variables preoperatorias excepto por el género, en el cual los hombres mostraron mayor presencia de hipovolemia con una diferencia estadísticamente significativa ( $p=0.023$ ) (Tabla 2).

Dos estudios son los más representativos de la evaluación ultrasonográfica de la dVCI para determinar respuesta a volumen, Barbier et al, incluyeron pacientes bajo ventilación mecánica sin esfuerzo respiratorio y obtuvieron el índice de distensibilidad, mediante el diámetro de la VCI máximo y mínimo obtenidos justo distalmente a la vena hepática y expresando este valor como un porcentaje indexado. Con un punto de corte de 18% (estableciendo como respondedor a volumen, valores por encima de 18% y una sensibilidad y especificidad reportadas de 90% (22). Recientemente Duwat reportó una

sensibilidad de 80.7% y especificidad de 93.7% para un índice de colapsabilidad de VCI, mayor de 30%(24).

Por otra parte, Feissel et al, incluyeron en su estudio pacientes bajo ventilación mecánica obteniendo el índice de distensibilidad, reportando un punto de corte de 12% (estableciendo como respondedor a volumen, valores por encima de 12%), con un valor predictivo positivo de 93% y valor predictivo negativo de 92% (23).

Muller desarrolló el índice de colapsabilidad de la VCI en pacientes con ventilación espontánea, reportando un punto de corte de 40% con una sensibilidad de 70% y especificidad de 80% (25).

En la investigación más robusta en pacientes críticos respirando espontáneamente, con el objetivo de determinar la utilidad del índice de colapsabilidad medido por ecocardiograma transtorácico como predictor de la respuesta a la administración de fluidos, se demostró que el ICVCI es capaz de predecir la respuesta a fluidos, con un valor de corte del 25% (Corl et al., 2017). Por lo anterior en nuestro estudio, y debido a la ausencia de definiciones de consenso de hipotensión intraoperatoria (IOH), se definió la presencia de hipovolemia definida como un ICVCI mayor del 30%; comparable con el punto de corte de 38% obtenido por (Zhang & Critchley, 2016), en el subgrupo de pacientes con enfermedad cardiovascular preexistente (42).

Evaluamos el estado de volemia según el tipo de cirugía, la media del ICVCI para revascularización miocárdica fue de 32.7 (IC 95%; 30.5-34.8) versus 29.33 (IC 95%; 25.6-33-0), mostrando que no hay diferencias en estos 2 grupos a pesar de la diferencia en la carga de comorbilidades, evidenciando que las patologías subyacentes no influyen de forma significativa en el estado de volemia de los pacientes previo a cirugía.

En un trabajo unicéntrico publicado en 2015 que incluyó 1.524 pacientes sometidos a revascularización miocárdica, 205 desarrollaron hipovolemia relativa en donde la edad fue un factor independiente (43). En nuestros hallazgos no pudimos comprobar esa relación, sin embargo los hombres si presentan mayor probabilidad de tener hipovolemia comparado con las mujeres (82.5 % vs 17.5%. OR 2.72; p: 0.023), diferente a otros estudios donde la HTA y el sexo femenino se consideran como predisponentes para hipovolemia relativa (44). Estos hallazgos pueden ser explicados por la mayor cantidad de hombres en nuestra muestra.

### **Relación del ayuno y uso de vasopresores según el estado de volemia**

Por otro lado en lo que respecta al análisis de la influencia de las horas de ayuno frente al estado de volemia, no encontramos asociación fuerte entre el tiempo de ayuno y el índice de colapsabilidad, con un índice de correlación débil (0.22). Sin embargo, desde el punto de vista gráfico, el ayuno muestra una tendencia bimodal, teniendo un pico de pacientes considerados hipovolémicos después de las 15 horas de ayuno, mostrando una tendencia a mayor hipovolemia en los pacientes con más horas de restricción a la vía oral previo al procedimiento, relacion que no es estadísticamente significativa (Gráfico 1); Esta señal, resulta concordante con los estudios que relacionan el ayuno

con la hipovolemia, en ciertos grupos de riesgo, generando recomendaciones ampliamente aceptadas que indican minimizar los tiempos de ayuno perioperatorio (45). Es conveniente resaltar que el tiempo de ayuno fue similar entre aquellos pacientes llevados a reemplazo valvular aórtico y revascularización miocárdica.

La razón más probable de no lograr significancia estadística para esta relación en nuestro estudio es el tamaño de muestra limitado, dado que no se planeó el estudio para buscar asociación, sino como explorador de señales y generador de hipótesis..

## **Gases arteriales**

La hiperlactatemia se ha informado que se presenta en 36% de pacientes llevados a cirugía cardíaca y es tanto un predictor de mortalidad (Khosravani et al., 2009) como un factor independiente de riesgo para presentar peores resultados en pacientes adultos tras cirugía cardiovascular (Hajjar et al. 2013); sin embargo los niveles de lactato fueron similares en los pacientes con hipovolemia ( $1.00 \pm 0.44$ ) y sin hipovolemia ( $1.03 \pm 0.50$ ).

En general en lo que respecta a los gases arteriales no hubo diferencia significativa en aquellos pacientes diagnosticados con o sin hipovolemia (Tabla 3), contradictorio con lo reportado en la literatura que informa la acidosis como un trastorno metabólico secundario a la hipovolemia (48).

## **Comportamiento hemodinámico**

La presión dentro de la vena cava inferior disminuye con la inspiración espontánea debido a que la aurícula derecha es una estructura de pared delgada y complaciente, y la presión en su interior cae con la presión pleural durante el esfuerzo inspiratorio espontáneo. Esta caída de la PVC es transmitida a la VCI, el grado en que la PVC cae durante la inspiración espontánea depende de tres variables: 1) caída en la presión pleural, 2) función del retorno venoso y 3) función cardíaca.

La evaluación del estado de volumen intravascular es un desafío para los anestesiólogos, y actualmente se sugieren parámetros dinámicos que evalúen el estado del volumen como el índice de colapsabilidad de la vena cava (31) (33). En nuestro estudio, el comportamiento hemodinámico general de los pacientes llevados a cirugía cardíaca mostró que existe una disminución progresiva de la presión arterial sistólica (preinducción 144.8 mmHg) y diastólica (71.7 mmHg) posterior a la inducción anestésica (102.9 mmHg; 54.5 mmHg), respectivamente (Gráfico 2). Comportamiento esperado secundario al doble efecto farmacológico: 1) la afectación del inotropismo y 2) la vasodilatación, con la consecuente disminución de la resistencia vascular (39).

Al evaluar el comportamiento diferencial de los pacientes según el estado de hipovolemia (Gráfico 3), no existen diferencias significativas entre los 2 grupos. La poca variación de la presión arterial al comparar la inducción anestésica, puede darse como resultado del estímulo simpático resultante de las maniobras de intubación y el mantenimiento del estado anestésico con sevoflurano iniciado al terminar la intubación,

medicamento que tiene menores efectos vasodilatadores que los agentes intravenosos administrados al inicio de la inducción y que podrían estar en fase de eliminación en el momento de la observación, dada su corta vida media.

Estos hallazgos se pueden explicar, en primer lugar, por el tipo de población que se estudió. (Zhang et al., 2014) encontraron correlaciones entre hipovolemia evaluadas por el ICVCI y el desarrollo de hipotensión posterior a la inducción en una población general, no obstante cuando analizó el subgrupo de pacientes de alto riesgo esta relación se mantuvo sólo parcialmente ya que para el ICVCI presentó una menor sensibilidad del método para predecir el desarrollo de hipotensión luego de la anestesia general.

De manera similar Turconi et al., 2022, concluyeron que las medidas ecográficas de la vena cava inferior en ventilación espontánea no son buenos predictores de hipotensión intraoperatoria posterior a la inducción anestésica, en pacientes tratados mediante cirugía cardiovascular; ya que los puntos óptimos permiten predecir hipotensión presentan baja especificidad y moderada sensibilidad (41).

En la actualidad, el uso de ultrasonografía de la VCI como herramienta para evaluar la volemia y como guía en la terapéutica de fluidos no se encuentra bien definido. En ésta propuesta la medición del índice de colapsabilidad por ultrasonido no mostró capacidad para predecir la hipotensión, sin embargo, mostró que los pacientes hombres podrían estar en mayor riesgo de hipovolemia y también, algunas señales en torno a la relación del ICVCI con las horas de ayuno.

No se puede establecer aún la utilidad de estas mediciones en el desarrollo de estrategias para evitar hipotensión en pacientes de alto riesgo con este estudio, sin embargo debido a la facilidad de realización y a su carácter dinámico, la American Society of Echocardiography respalda el uso de ICVCI en la evaluación del estado de volemia (35).

### **Fortalezas y limitaciones del estudio**

Se destaca que en los 60 pacientes incluidos en estudio fue posible determinar por ecocardiograma transtorácico la medición de los parámetros derivados de la VCI. Esto refuerza el concepto de que son fácilmente obtenibles al piel de la cama del paciente por personal con entrenamiento básico en ecocardiografía.

La principal fortaleza de la investigación es la homogeneidad de los tipos de cirugía incluidos, se estudiaron específicamente los pacientes sometidos a cirugías cardiovasculares mayores de 2 tipos, excluyendo los factores conocidos que impactan en la medición del ICVCI. Este elemento es de suma importancia, si tenemos en cuenta que esta es una población que podría beneficiarse particularmente de la validación de los parámetros estudiados.

No es posible evaluar la influencia del sesgo de información en el comportamiento hemodinámico, a pesar que la información se tomaba en un formato diseñado

solamente para este propósito, la forma dinámica del manejo anestésico durante la inducción y su posterior consignación en el record de anestesia supone un alto riesgo de pérdida de información relevante.

Nuestro trabajo a pesar de sus limitaciones desde el punto de vista metodológico, muestra señales importantes en relación al tiempo de ayuno y la presencia de hipovolemia en pacientes de alto riesgo quirúrgico, no se pudo demostrar una relación estrecha entre la presencia de hipovolemia y el comportamiento hemodinámico posterior a la inducción, pero expone la necesidad de la realización de estudios prospectivos que puedan evaluar de mejor forma estas relaciones.

Estos resultados demuestran que la medición del diámetro de la VCI, podría ser útil en la predicción de incidencia de hipotensión en pacientes candidatos a cirugía cardiovascular de acuerdo al tiempo de ayuno, y las futuras investigaciones clínicas podrían incluir alcances sobre la efectividad de la terapia intravenosa, teniendo en cuenta la lectura ultrasonográfica.

## **CONCLUSIONES**

Encontramos una prevalencia de hipovolemia del 67%, con un comportamiento diferencial en el género, teniendo mayor riesgo los hombres de presentarla. Se encontró una correlación positiva débil entre el tiempo de ayuno y el ICVCI. No encontramos diferencias entre los tipos de cirugía, gases arteriales o comportamiento hemodinámico en pacientes con y sin hipovolemia.

Se necesitan desarrollar estudios prospectivos para soportar el uso del ICVCI bajo ecografía transtorácica como predictor de hipotensión durante la inducción anestésica.

## **RECOMENDACIÓN**

Se sugiere realizar más estudios para definir la pertinencia del índice de colapsabilidad de la vena cava inferior en pacientes candidatos a cirugía cardiovascular y con alto riesgo de morbimortalidad.

## 11. Referencias

1. Early Diagnosis of Hypovolemic Shock by Sonographic Measurement of Inferior Vena Cava in Trauma Patients. *Ultrasound Quarterly*. 2005;21(3):205.
2. Epstein F, Parrillo J. Pathogenetic Mechanisms of Septic Shock. *New England Journal of Medicine*. 1993;328(20):1471-1477.
3. Marik P, Monnet X, Teboul J. Hemodynamic parameters to guide fluid therapy. *Annals of Intensive Care*. 2011;1(1).
4. Levy M, Macias W, Russell J, Williams M, Trzaskoma B, Silva E et al. Failure to Improve during First Day of Therapy Is Predictive of 28-Day Mortality in Severe Sepsis. *Chest*. 2003;124(4):120S.
5. Rivers E, Nguyen B, Havstad S, Ressler J, Muzzin A, Knoblich B et al. Early Goal-Directed Therapy in the Treatment of Severe Sepsis and Septic Shock. *New England Journal of Medicine*. 2001;345(19):1368-1377.
6. Lopes M, Oliveira M, Pereira V, Lemos I, Auler J, Michard F. Goal-directed fluid management based on pulse pressure variation monitoring during high-risk surgery: a pilot randomized controlled trial. *Critical Care*. 2007;11(5).
7. Iturbide I, Santiago M, Henain F, Golab K, Tentoni M, Fuentes S. Evaluación ecográfica de la vena cava inferior en los pacientes hemodinámicamente inestables. *Revista Argentina de Radiología*. 2017;81(3):209-213.
8. Marik P, Monnet X, Teboul J. Hemodynamic parameters to guide fluid therapy. *Annals of Intensive Care*. 2011;1(1).
9. Rosenberg A, Dechert R, Park P, Bartlett R. Review of A Large Clinical Series: Association of Cumulative Fluid Balance on Outcome in Acute Lung Injury: A Retrospective Review of the ARDSnet Tidal Volume Study Cohort. *Journal of Intensive Care Medicine*. 2008;24(1):35-46.
10. Feissel M, Michard F, Faller J, Teboul J. The respiratory variation in inferior vena cava diameter as a guide to fluid therapy. *Intensive Care Medicine*. 2004;30(9).
11. Hayes M, Timmins A, Yau E, Palazzo M, Hinds C, Watson D. Elevation of systemic oxygen delivery in the treatment of critically ill patients. *Resuscitation*. 1995;29(2):179.
12. Gattinoni L, Brazzi L, Pelosi P, Latini R, Tognoni G, Pesenti A et al. A Trial of Goal-Oriented Hemodynamic Therapy in Critically Ill Patients. *New England Journal of Medicine*. 1995;333(16):1025-1032.
13. Marik P, Cavallazzi R, Vasu T, Hirani A. Dynamic changes in arterial waveform derived variables and fluid responsiveness in mechanically ventilated patients: A systematic review of the literature\*. *Critical Care Medicine*. 2009;37(9):2642-2647.
14. Feissel M, Michard F, Faller J, Teboul J. The respiratory variation in inferior vena cava diameter as a guide to fluid therapy. *Intensive Care Medicine*. 2004;30(9).

15. Marik P, Monnet X, Teboul J. Hemodynamic parameters to guide fluid therapy. *Annals of Intensive Care*. 2011;1(1).
16. Brennan J, Ronan A, Goonewardena S, Blair J, Hammes M, Shah D et al. Handcarried Ultrasound Measurement of the Inferior Vena Cava for Assessment of Intravascular Volume Status in the Outpatient Hemodialysis Clinic. *Clinical Journal of the American Society of Nephrology*. 2006;1(4):749-753.
17. Dipti A, Soucy Z, Surana A, Chandra S. Role of inferior vena cava diameter in assessment of volume status: a meta-analysis. *The American Journal of Emergency Medicine*. 2012;30(8):1414-1419.e1.
18. Jardin F, Vieillard-Baron A. Ultrasonographic examination of the venae cavae. *Intensive Care Medicine*. 2006;32(2):203-206.
19. Kitakule M, Mayo P. Use of Ultrasound to Assess Fluid Responsiveness in the Intensive Care Unit~!2009-04-15~!2009-06-02~!2010-07-15~!. *The Open Critical Care Medicine Journal*. 2010;3(2):33-37.
20. Lichtenstein D. *General ultrasound in the critically ill*. New York: Springer; 2007.
21. Goldflam K, Saul T, Lewiss R. Focus On: Inferior Vena Cava Ultrasound. *American College of Emergency Physicians*. <http://www.acep.org/Content.aspx?id=80791>, 2011.
22. Barbier C, Loubières Y, Schmit C, Hayon J, Ricôme J, Jardin F et al. Respiratory changes in inferior vena cava diameter are helpful in predicting fluid responsiveness in ventilated septic patients. *Intensive Care Medicine*. 2004;30(9):1740-1746.
23. Feissel M, Michard F, Faller J, Teboul J. The respiratory variation in inferior vena cava diameter as a guide to fluid therapy. *Intensive Care Medicine*. 2004;30(9).
24. Duwat A, Zogheib E, Guinot P, Levy F, Trojette F, Diouf M et al. The gray zone of the qualitative assessment of respiratory changes in inferior vena cava diameter in ICU patients. *Critical Care*. 2014;18(1):R14.
25. Muller L, Bobbia X, Toumi M, Louart G, Molinari N, Ragonnet B et al. Respiratory variations of inferior vena cava diameter to predict fluid responsiveness in spontaneously breathing patients with acute circulatory failure: need for a cautious use. *Critical Care*. 2012;16(5):R188.
26. Monnet X, Teboul J. Assessment of volume responsiveness during mechanical ventilation: recent advances. *Critical Care*. 2013;17(2).
27. Jain U, Laflamme C, Aggarwal A, Ramsay J, Comunale M, Ghoshal S et al. Electrocardiographic and Hemodynamic Changes and Their Association with Myocardial Infarction during Coronary Artery Bypass Surgery. *Anesthesiology*. 1997;86(3):576-591.
28. Reich D, Hossain S, Krol M, Baez B, Patel P, Bernstein A et al. Predictors of Hypotension After Induction of General Anesthesia. *Anesthesia & Analgesia*. 2005;101(3):622-628.

29. Charlson ME, MacKenzie CR, Gold JP, Ales KL, Topkins M, Shires GT : Preoperative characteristics predicting intraoperative hypotension and hypertension among hypertensives and diabetics undergoing noncardiac surgery. *Ann Surg* 1990; 212:66–81
30. Doherty M, Buggy DJ. Intraoperative fluids: how much is too much? *Br J Anaesth* 2012; 109: 69e79
31. Kalantari K, Chang JN, Ronco C, Rosner MH: Assessment of intravascular volume status and volume responsiveness in critically ill patients. *Kidney Int* 2013; 83:1017–28
32. Kim BH, Lee S, Yoo B, et al. Risk factors associated with outcomes of hip fracture surgery in elderly patients. *Korean J Anesthesiol* 2015; 68: 561e7
33. Nakamura K, Tomida M, Ando T, Sen K, Inokuchi R, Kobayashi E, Nakajima S, Sakuma I, Yahagi N: Cardiac variation of inferior vena cava: New concept in the evaluation of intravascular blood volume. *J Med Ultrason* 2013; 40:205–9
34. Reich DL, Hossain S, Krol M, Baez B, Patel P, Bernstein A, et al. Predictors of hypotension after induction of general anesthesia. *Anesth Analg.* 2005 Sep;101(3):622–8.
35. Rudski, L. G., Lai, W. W., Afilalo, J., Hua, L., Handschumacher, M. D., Chandrasekaran, K., Solomon, S. D., Louie, E. K., & Schiller, N. B. (2010). Guidelines for the echocardiographic assessment of the right heart in adults: A report from the American Society of Echocardiography. *Journal of the American Society of Echocardiography*, 23(7), 685–713. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2010.05.010>
36. Zhang Z, Xu X, Ye S, Xu L. Ultrasonographic measurement of the respiratory variation in the inferior vena cava diameter is predictive of fluid responsiveness in critically ill patients: systematic review and meta-analysis. *Ultrasound Med Biol* 2014; 40: 845e53
37. Bijker JB, van Klei WA, Kappen TH, van Wolfswinkel L, Moons KG, Kalkman CJ. Incidence of intraoperative hypotension as a function of the chosen definition: literature definitions applied to a retrospective cohort using automated data collection. *Anesthesiology.* 2007 Aug;107(2):213-20. <https://doi.org/10.1097/01.anes.0000270724.40897.8ePMID:17667564>
38. Corl, K.A. *et al.* (2017a) 'Inferior vena cava collapsibility detects fluid responsiveness among spontaneously breathing critically-ill patients', *Journal of Critical Care*, 41, pp. 130–137. doi:10.1016/j.jcrc.2017.05.008.
39. DiNardo J, Zvara D. Anesthesia for myocardial revascularization. *Anesthesia in cardiac surgery.* Boston, Blackwell. 2008. p.90.
40. Magnusson L, Zemgulis V, Wicky S, Tyden H, Thelin S, Hedenstierna G. Atelectasis is a major cause of hypoxemia and shunt after cardiopulmonary bypass:

An experimental study. *Anesthesiology* 1997; 87:1153-63.

41. Turconi, L. *et al.* (2022) 'Las medidas ecográficas de la vena cava inferior no predicen Hipotensión Arterial Post Inducción anestésica en pacientes tratados mediante Cirugía Vasculat', *Revista Española de Anestesiología y Reanimación*, 69(4), pp. 195–202. doi:10.1016/j.redar.2021.03.014.

42. Zhang, J. and Critchley, L.A. (2016) 'Inferior vena cava ultrasonography before general anesthesia can predict hypotension after induction', *Anesthesiology*, 124(3), pp. 580–589. doi:10.1097/aln.0000000000001002.

43. Ding, W. *et al.* (2015) 'Predictors of low cardiac output syndrome after isolated coronary artery bypass grafting', *International Heart Journal*, 56(2), pp. 144–149. doi:10.1536/ihj.14-231.

44. Rao, V. *et al.* (1996) 'Predictors of low cardiac output syndrome after coronary artery bypass', *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 112(1), pp. 38–51. doi:10.1016/s0022-5223(96)70176-9.

45. Cops, J. (2023) *Hipovolemia*, NYSORA. Available at: <https://www.nysora.com/es/anestesia/hipovolemia/> (Accessed: 18 June 2023).

46. .Khosravani H, Shahpori R, Stelfox HT, Kirkpatrick AW, Laupland KB. Occurrence and adverse effect on outcome of hyperlactatemia in the critically ill. *Crit Care* 2009; 13: R90.

47. Hajjar LA, Almeida JP, Fukushima JT, Rhodes A, Vincent JL, Osawa EA, Galas FRBG. High lactate levels are predictors of major complications after cardiac surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2013; 1 - 6.

## 12. Anexos

### 12.1 Consentimiento informado

#### Anexo. Consentimiento informado para participar en un estudio de investigación médica

DESCRIBIR LA PRESENCIA DE HIPOVOLEMIA MEDIDA CON EL INDICE DE DISTENSIBILIDAD DE LA VENA CAVA INFERIOR EN PACIENTES DE CIRUGÍA CARDIOVASCULAR, BOGOTÁ 2022.

Investigador principal:

Dr. Hugo Andrés Mantilla (Anestesiólogo)  
Andrés Felipe González (Residente de Anestesiología)  
Contacto: 3005260959 - andresfelipe.gonzalez@urosario.edu.co

NOMBRE DEL PACIENTE:

\_\_\_\_\_

A usted se le está invitando a participar en el estudio de investigación médica. Este formulario de consentimiento puede tener palabras que usted no entienda, por favor debe solicitar al investigador o persona responsable del estudio que le clarifique cualquier palabra o duda que se le presente. Usted tiene derecho a una copia de este formulario de consentimiento para pensar sobre su participación en este estudio o para discutirlo con familiares y amigos antes de tomar una decisión.

Antes de decidir si participa o no, debe conocer y comprender cada uno de los siguientes apartados. Este proceso se conoce como consentimiento informado. Siéntase con absoluta libertad de preguntar sobre cualquier aspecto que le ayude a aclarar sus dudas al respecto.

Una vez usted haya comprendido el estudio y si desea participar, entonces se le pedirá que firme este formato de consentimiento.

- Objetivo del estudio:** Buscamos conocer el comportamiento hemodinámico de los pacientes llevados a cirugía cardíaca, utilizando como herramienta la ecografía cardíaca, esto nos permitirá adquirir más conocimientos que permitirán mejorar el manejo durante la inducción anestésica.
- Justificación del estudio:** Ampliar el conocimiento sobre el estado hemodinámico de los pacientes candidatos a cirugía cardíaca mediante el conocimiento de su estado de hipovolemia relacionado al índice de distensibilidad de la vena cava.
- Beneficios del estudio:** Extender el uso de técnicas mínimamente invasivas como diagnóstico y monitorización hemodinámica de los pacientes de cirugía cardíaca.
- Procedimientos del estudio:** Ecografía
- Riesgos asociados al estudio:** ninguno

**Aclaraciones:** Su decisión de participar en el estudio es completamente voluntaria. No habrá ninguna consecuencia desfavorable para usted, en caso de no aceptar la invitación. Si decide participar en el estudio puede retirarse en

el momento que lo desee, aun cuando el investigador responsable no se lo solicite, pudiendo informar o no, las razones de su decisión, la cual será respetada en su integridad.

No tendrá que hacer gasto alguno durante el estudio.  
No recibirá pago por su participación.  
En el transcurso del estudio usted podrá solicitar información actualizada sobre el mismo, al investigador responsable.

La información obtenida en este estudio, utilizada para la identificación de cada paciente, será mantenida con estricta confidencialidad por el grupo de investigadores.

A continuación le explicaremos la herramienta que se usará para el estudio:

#### Procedimiento de ecografía cardíaca:

La ecografía es una prueba de diagnóstico por imagen que utiliza ondas de sonido para producir imágenes de las estructuras dentro del cuerpo. Esta no representa riesgo para la salud.

Se usará un equipo de ultrasonido especial (Phillips® CVX 3D, con un transductor de 2-5 MHz), el examen lo realizará un anestesiólogo cardiovascular que cuenta con capacitación en ecocardiografía. Durante el examen usted estará acostado, se pondrá la sonda en la región del abdomen alto (ventana subcostal con corte longitudinal en modo M), evaluando el diámetro de la vena cava inferior y su variabilidad con los movimientos de inspiración y espiración.

Se registrarán datos demográficos, y antecedentes de relevancia, además exámenes que se tomaron en la cirugía (lactato, exceso de bases, presión arterial media), estado ácido base (pH, HCO<sub>3</sub>).

Los resultados obtenidos a partir del presente estudio servirán como guía orientadora para el personal de salud cuyos pacientes candidatos a cirugía cardiovascular requieran ser monitorizados a través de ultrasonografía y el índice de distensibilidad de la vena cava

Si tiene alguna pregunta o si desea alguna aclaración, por favor comunicarse con el Dr. Andrés Felipe González (contacto: 3005260959) - Residente Programa de Anestesiología.

#### CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo, \_\_\_\_\_ identificado con documento de identificación No. \_\_\_\_\_, He leído y comprendido la información anterior y mis preguntas han sido respondidas de manera satisfactoria por el investigador que me entrevistó. He sido informado y entiendo que los datos obtenidos en el estudio pueden ser publicados o difundidos con fines científicos, por lo tanto, deseo participar voluntariamente en el proyecto de investigación.

Nombre & apellidos del paciente

Firma del paciente

Nombre del testigo

Firma del testigo

C.C. No.

Este apartado debe ser completado por el Investigador ( o su responsable) He explicado al Sr (a), \_\_\_\_\_ el propósito de la investigación, le he explicado acerca de los riesgos y beneficios que implican su participación. He contestado a las preguntas en la medida de lo posible y he preguntado si tiene alguna duda. Acepto que he leído y conozco la normatividad correspondiente para realizar investigación con seres humanos y me apego a ella (Resolución No. 8430 de 1993) una vez concluida la sesión de preguntas y respuestas, se procedió a firmar el presente documento.

Firma del Investigador

C.C. No.

Fecha

## 12.1 Formato de recolección de datos

Nombre:				Nº Historia:	
Edad:		Peso:		Talla:	Sexo:
Días de estancia:		Volemia:			FEV1:
Antecedente:					Grupo sangre
Tiempo de ayuno:			Apache:		
Diametro Máximo de la cava (Espiración):		Diametro Mínimo de la cava (Inspiratorio):		**Índice VCI:	
Signos vitales Preinducción					
TA:		FC:		FR:	SatO2:
Gases Arteriales de Ingreso:					
pH:		CO2:		HCO3:	BE:
Lactato:		FIO2:		Hb:	Hto:
Na:		K:		Cl:	
Durante Inducción					
Medicamentos Inducción:					
Propofol		Midazolam		Dosis:	
Fentanyl		Remifentanyl		Dosis:	
Rocuronio		Pancuronio		Dosis:	
Otros:		Dosis:		Otros:	Dosis:
Otros:		Dosis:		Otros:	Dosis:
Líquidos endovenosos:					
			Volumen:		
Vasopresor:					
Norepinefrina:		Dosis:		mcg/kg/min	
Vasopresina:		Dosis:		U/hr	
Fenilefrina:		Dosis:		mcg	
Etillefrina:		Dosis:		Mg	
Otros:		Dosis:			
Modo ventilatorio:					
Signos vitales Posinducción					
TA:		FC:		FR:	SatO2:
PVC:					
**Diametro espiratorio (máximo)/Diametro inspiratorio (mínimo)/Diametro espiratorio					