



Correlación entre el índice de resistencia vascular sistémico medido por Catéter de arteria pulmonar y el índice de resistencia radial medido por Doppler pulsado a nivel de la tabaquera anatómica

Autores

Edith Elianna Rodríguez Aparicio

David Fernando Almanza Hernández

Director

David René Rodríguez Lima

Trabajo presentado como requisito para optar por el
título de Especialista en Medicina Crítica y Cuidado Intensivo

Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud

Medicina Crítica y Cuidado Intensivo

Universidad del Rosario

Bogotá, Colombia

2023

Identificación del proyecto

Institución académica: Hospital Universitario Mayor Méderi – Universidad del Rosario

Dependencia: Unidad de Cuidado Intensivo – Facultad de medicina y ciencias de la salud

Título de la investigación: Correlación entre el índice de resistencia vascular sistémico medido por catéter de arteria pulmonar y el índice de resistencia radial medido por Doppler pulsado a nivel de la tabaquera anatómica

Instituciones participantes: Hospital Universitario Mayor Méderi – Universidad del Rosario

Tipo de investigación: Observacional, descriptiva

Investigador principal: Edith Elianna Rodríguez Aparicio

Investigadores asociados: David Fernando Almanza Hernández, David René Rodríguez Lima

Asesor clínico o temático: David René Rodríguez Lima, Medico intensivista institucional Hospital Universitario Mayor Mederi, Docente Universidad del Rosario, cel 3173313015

Asesor metodológico: David René Rodríguez Lima, Medico intensivista institucional Hospital Universitario Mayor Mederi, Docente Universidad del Rosario, cel 3173313015

Contenido

Resumen	5
1. Introducción.....	7
1.1 Planteamiento del problema.....	7
1.2 Justificación	8
2. Marco teórico.....	9
3. Pregunta de investigación	13
4. Objetivos.....	13
4.1 Objetivo General	13
4.2 objetivos Específicos	14
5. Formulación de hipótesis de investigación	14
6. Metodología	14
6.1 Diseño y tipo de estudio.....	14
6.2 Población y muestra.....	14
6.3 Criterios de inclusión y exclusión.....	15
6.3.1 Criterios de inclusión:	15
6.3.2 Criterios de exclusión:	15
6.4 Tamaño de la muestra	15
6.5 Muestreo	15
6.6 Definición y operacionalización de variables	16
6.6.1 Definiciones	16
6.6.2 Operacionalización de variables	16
6.7 Técnicas, procedimientos e instrumentos de la recolección de datos	22
6.8 Plan de procesamiento de muestras biológicas.....	24
6.9 Plan de análisis	24
6.9.1 Análisis de validez y confiabilidad.....	25
6.10 Alcances y límites de la investigación	25
7. Aspectos éticos	25
7.1 Equipo de Investigación.....	25

7.2 Categoría de la investigación	26
7.3 Población sujeta a la investigación	26
7.4 Método de obtención de consentimiento informado	26
7.5 Uso de datos personales	27
7.6 Riesgos y beneficios	27
8. Administración del proyecto.....	27
8.1 Presupuesto	27
8.2 Cronograma	28
9. Resultados.....	29
10. Discusión de resultados	32
11. Conclusiones.....	33
12. Bibliografía.....	34

Resumen

Introducción: La valoración hemodinámica de los parámetros de precarga, postcarga y contractilidad con catéter de Swan Ganz (SG) es el estándar de oro para la monitoria de los pacientes de cuidado intensivo, la resistencia vascular sistémica (RVS) hace parte de los parámetros que estiman la postcarga, y es uno de los principales señaladores para la clasificación del choque. La RVS se obtiene por medio de una fórmula matemática que tiene en cuenta la presión arterial media (PAM), la presión venosa central (PVC) y el gasto cardiaco (GC), dichos parámetros pueden ser estimados de manera invasiva (por medio del catéter de SG) o por medio de técnicas no invasivas como la ultrasonografía a la cabecera del paciente donde se puede realizar una valoración aproximada, modelos fisiológicos han planteado la valoración del índice de resistencia radial (IRR) medido en la tabaquera anatómica en correlación con el índice de resistencia vascular sistémico (IRVS). El presente estudio pretende explorar la correlación entre el IRVS medido con SG y el IRR medido en la tabaquera anatómica.

Objetivos: Describir la correlación entre el IRVS medido con SG y el IRR medido por Doppler pulsado a nivel de la tabaquera anatómica en pacientes de la unidad de cuidado intensivo cardiovascular del Hospital Universitario Mayor Méderi.

Metodología: Estudio de corte transversal que incluyo todos los pacientes consecutivos que ingresaron en post operatorio (POP) de cirugía cardíaca y tenían monitoria hemodinámica con SG. Se realizo la valoración hemodinámica con el SG y se midió el IRR por medio del ultrasonido en la tabaquera anatómica. Para determinar la correlación entre el IRR y la IRVS medido por SG se uso la prueba de correlación de Pearson. Se exploró el comportamiento de la hemodinámica en relación con el IRR con punto de corte en 1.1 (punto de corte descrito para estimar bajo IRVS). Se evaluó además la concordancia entre 2 evaluadores para el IRR con el coeficiente de correlación intraclase.

Resultados: Se obtuvieron 35 medidas. El índice cardíaco (IC) promedio fue de 2.73 ± 0.64 y el IRVS promedio fue de 1967.47 ± 478.33 . La correlación de la medición entre el IRR y el IRVS medido por SG fue de 0.37 [IC 95% 0.045 - 0.62]. El promedio del IRR fue de 0.94 ± 0.11 . Las mediciones de IRR $> 1,1$ tuvieron una media de IRVS de 2462.25 ± 329.3 , mientras que las mediciones de IRR $\leq 1,1$ tuvieron una media de IRVS de 1675.19 ± 259.5 ($p = 0.62$), la concordancia entre los evaluadores mostro un coeficiente de correlación intraclase de 0.88 [IC 95% 0.78 - 0.93].

Conclusiones: En pacientes en POP de cirugía cardíaca la correlación entre el IRVS medido por SG y el IRR medido en la tabaquera anatómica es baja. No se recomienda el uso del IRR como estimador del IRVS en pacientes en este este escenario clínico.

Palabras clave: Valoración hemodinámica, Resistencia vascular sistémica, índice de resistencia, ultrasonido

Summary

Introduction: Hemodynamic assessment of preload, afterload, and contractility parameters with the Swan Ganz (SG) catheter is the gold standard for monitoring intensive care patients, systemic vascular resistance (SVR) estimate afterload, and it is one of the main indicators of shock. SVR is obtained by a mathematical formula that takes mean arterial pressure (MAP), central venous pressure (CVP) and cardiac output (CO), these parameters can be estimated either invasively (through the SG catheter) or through non-invasive techniques such as ultrasonography at the bedside where an approximate evaluation can be made, physiological models have suggested the assessment of the radial resistance index (RRI) measured in the snuffbox in correlation with the systemic vascular resistance index (SVRI). The present study aims to explore the correlation between SVRI measured with SG and RRI measured in the snuffbox

Objectives: Describe the correlation between SVRI measured with SG and RRI measured by snuffbox pulsed Doppler patients in the Cardiovascular Intensive Care Unit from Hospital Universitario Mayor Méderi.

Methodology: Cross-sectional study that included all consecutive patients admitted in the postoperative period (POP) of cardiac surgery and who had hemodynamic monitorization with SG. Hemodynamic assessment was performed with SG and RRI was measured by snuffbox pulsed doppler. To determine the correlation between RRI and SVRI measured by SG, Pearson's correlation test was used. The behavior of hemodynamics in relation to RRI was explored with a cutoff point at 1.1 (cutoff point described to estimate low SVRI). In addition, the agreement between two evaluators for RRI was evaluated with the intraclass correlation coefficient.

Results: 35 measurements were obtained. The cardiac index (CI) average was 2.73 ± 0.64 and the SVRI average was 1967.47 ± 478.33 . The correlation of the measurement between RRI and SVRI measured by SG was 0.37 [95% CI 0.045-0.62]. The average RRI was 0.94 0.11. Measurements of $RRI > 1.1$ had an SVRI average of 2462.25 329.3, while measurements of $RRI \leq 1.1$ had an SVRI average of 1675.19 259.5 ($p = 0.62$), the agreement between the evaluators showed an intraclass correlation coefficient of 0.88 [95% CI 0.78-0.93].

Conclusions: In patients in POP cardiac surgery, the correlation between SVRI measured by SG and RRI measured by snuffbox pulsed doppler is low. The use of RRI as an estimator of SVRI in patients in this clinical scenario is not recommended.

Keywords: Hemodynamic assessment, Systemic vascular resistance, Resistance index, Ultrasound

1. Introducción

1.1 Planteamiento del problema

La valoración hemodinámica con el uso de catéter de arteria pulmonar o catéter de Swan Ganz (SG) es el estándar de oro para la clasificación hemodinámica de los pacientes en la Unidad de cuidado intensivo (1,2), sin embargo, desde su descubrimiento se han evidenciado periodos de desuso gracias a la asociación con desenlaces desfavorables como la mortalidad y el aumento de las complicaciones relacionadas con el implante del dispositivo como lo son la lesión vascular, la infección del sitio de punción o inclusive la perforación de las cavidades cardíacas. Adicionalmente se evidencia que una de las principales limitantes es la poca disponibilidad en ámbitos con bajo nivel de complejidad (3).

Hoy en día, el escenario de práctica clínica con mayor aplicación del catéter SG es el postoperatorio de cirugía cardiovascular (4), con especial énfasis en las cirugías de alta complejidad dada la impetuosa necesidad de realizar una monitoria fidedigna de las variables que estiman el rendimiento del gasto cardíaco que son la precarga, la postcarga y la contractilidad. Aún así, existen escenarios donde aunque se tenga la disponibilidad del dispositivo existen contraindicaciones como lo son la presencia de prótesis valvular tricúspidea, endocarditis sobre la válvula pulmonar o la válvula tricúspidea o masa cardíaca derecha (5–7).

La resistencia vascular sistémica (RVS) hace parte de los parámetros que estiman la postcarga en el proceso de esta valoración hemodinámica y su estimación resulta de una fórmula matemática que tiene en cuenta la presión arterial media (PAM), la presión venosa central (PVC) y el gasto cardíaco (GC) (1), dichos parámetros pueden ser estimados de manera invasiva (por medio del catéter de SG como se ha expuesto previamente) o por medio de técnicas no invasivas como la ultrasonografía a la cabecera del paciente donde se puede realizar una valoración aproximada de los valores de PVC y el GC a partir de medidas sobre la vena cava y del tracto de salida del ventrículo izquierdo (TSVI) en asociación con la integral de la velocidad tiempo (VTI) en este punto (8). Modelos fisiológicos han planteado la valoración de los índices de resistencia (IR) para estimar el índice de resistencia vascular sistémica IRVS en distintos lechos vasculares a partir de la estimación de la elastancia y la distensibilidad arterial (9,10). El índice de resistencia radial (IRR) medido en la tabaquera anatómica ha mostrado cierto grado de correlación con el IRVS (11–13)

El presente estudio pretende explorar la correlación entre el IRVS medido con SG y el IRR medido en la tabaquera anatómica en una población en postoperatorio (POP) de cirugía cardíaca en la Unidad de Cuidado Intensivo del Hospital Universitario Mayor Méderi, Bogotá-Colombia

1.2 Justificación

Son pocos los estudios publicados a la fecha para la valoración de la correlación entre el IRVS y el IRR, principalmente se han publicados estudios en los escenarios de choque séptico (11,13) y postoperatorio de cirugía cardiovascular (12). Uno de ellos fue realizado por Devia – Menendez en nuestra institución logrando demostrar que la aplicación de la medida en pacientes con choque séptico resultó en un menor balance hídrico y un uso más temprano del vasopresor en choque, desenlaces que conocemos ahora reducen la mortalidad en esta patología, el protocolo USER propuesto en este estudio permitiría la orientación de pacientes con choque séptico a partir de la estimación del GC por medio del análisis del contorno de la onda del pulso carotideo y de la resistencia vascular sistémica por medio del análisis del contorno de la onda del pulso radial a nivel de la tabaquera anatómica (13). En el caso del escenario del POP de cirugía cardiovascular solo existe un estudio que valida su medida (12) y dado que este escenario específico requiere de un abordaje más preciso de las variables de precarga postcarga y contractilidad y de que existen escenarios en donde no es posible la monitorización con un SG consideramos que este es un estudio útil en la práctica clínica ya que al igual que en los escenarios de choque séptico permitiría la aplicación de el IRR en un algoritmo para la clasificación del choque en pacientes en POP de cirugía cardíaca

2. Marco teórico

Monitoria hemodinámica

La homeostasia del sistema circulatorio depende del corazón, el tono vascular y el control autonómico (14,15). La alteración de cualquiera de estos actores resulta en un desbalance entre el aporte y el consumo de oxígeno y, por ende, una inadecuada perfusión a los tejidos periféricos que resulta en la elevación del lactato arterial (16). Conocer las variables hemodinámicas características de cada choque, permiten al intensivista reconocer su etiología y realizar diferentes intervenciones de manera oportuna (1).

La monitoria básica en la unidad de cuidados intensivos (UCI), incluye un examen físico detallado, donde se incluyen las variables hemodinámicas no invasivas como la frecuencia cardíaca (FC), TAM, saturación arterial de oxígeno (SaO₂) y frecuencia respiratoria (FR). Sin embargo, estos parámetros, en ocasiones no son suficientes (17).

En la actualidad, se han desarrollado nuevas técnicas de monitoria hemodinámica no invasiva y mínimamente invasiva, que permiten distinguir entre los diferentes tipos de choque (8,18–20). La meta principal de la monitoria hemodinámica es poder establecer el estado de la función cardiopulmonar, clasificar el choque y poder guiar la adecuada entrega de oxígeno a los tejidos (21).

El catéter de arteria pulmonar o SG es el estándar de oro, desde su descripción en el año 1967, el cual permite la medición de presiones en distintas cavidades cardíacas y aplica la técnica de la termodilución pulmonar para la medición del GC (22). Es por excelencia el método con mayor confiabilidad si sus medidas se toman de manera correcta, pero presenta grandes desventajas como lo son la posibilidad de presentar complicaciones serias como la lesión vascular o la preformación de cavidades cardíacas (23)

Clasificación del choque

El enfoque clásico determina 4 tipos de choque: Hipovolémico, cardiogénico, obstructivo y distributivo (24):

Choque Hipovolémico: Se caracteriza por pérdida de volumen intravascular, causando disminución de las presiones de llenado, disminución del GC y aumento de la RVS(24).

Choque cardiogénico: Se caracteriza por trastornos de la función en la bomba cardíaca, por ejemplo, por valvulopatías, arritmias cardíacas y alteraciones de la contractilidad, ocasiona disminución del GC cardíaco y aumento del IRVS asociado a signos clínicos de hipoperfusión secundaria (24).

Choque distributivo: Se caracteriza por la pérdida de la regulación del flujo sanguíneo, secundaria a un aumento de la permeabilidad capilar, se puede subdividir dependiendo de etiología en choque séptico, anafiláctico o neurogénico, ocasiona aumento del GC y caída del IRVS (24).

Choque obstructivo: Se caracteriza porque el ventrículo izquierdo encuentra dificultad en eyectar el flujo sanguíneo, genera disminución del GC con aumento de la PVC y el IRVS (24).

En la tabla 1 se expone un resumen de lo anteriormente descrito.

	Hipovolémico	Cardiogénico	Obstructivo	Distributivo
GC	Disminuido	Disminuido	Disminuido	Aumentado
PCP	Disminuido	Aumentada	Variable	Disminuido
PVC	Disminuido	Aumentada	Variable	Disminuido
RVS	Aumentada	Aumentada	Normal	Disminuido

Tabla 1. Tabla propia

Catéter de Swan – Ganz (SG): Características, variables hemodinámicas medidas y complicaciones

El catéter de SG, tiene una medición aproximada de 100 a 110 cm de longitud, dependiendo de la marca utilizada. Y cuenta con al menos cinco puertos, los cuales serán nombradas a continuación (25):

1. Puerto proximal: Localizado a 30 cm de la punta (21), generalmente localizado en la aurícula derecha, sirve para monitoria de la presión venosa central (PVC) o como puerto para administrarse medicamentos o la solución térmica (25).
2. Puerto medio: Localizado a 14 cm de la punta el cual sirve como vía de administración de infusiones y medicamentos (21).
3. Puerto distal: Es la punta del catéter, mide presión de la arteria pulmonar cuando el balón se encuentra desinflado y la presión en cuña pulmonar cuando se encuentra inflado (26).
4. Puerto neumático: Es el puerto de inflado del balón, está localizado a 2 cm del puerto distal y tiene una capacidad de 0.8 a 1.5 ml de aire. Adicionalmente, cuenta con una válvula para bloquear la entrada y salida de aire (26).
5. El termistor: Localizado a 4 cm de la punta, es el sensor de temperatura y el puerto de conexión al monitor (26).

La técnica de introducción del mismo, es similar al paso de un catéter venoso central convencional, las venas de elección para canular son las venas yugulares internas, las venas subclavias o las venas femorales (26). Al paso del catéter, se obtendrán diferentes presiones y morfologías de onda en el monitor

, las cuales, interpretadas junto con el electrocardiograma, sirven para que el médico se oriente y localice el nivel anatómico en el que se encuentra (1).

Las primeras ondas de presión censadas corresponden a la aurícula derecha y la PVC con sus 5 fases (onda a: contracción auricular, onda c: contracción isovolumétrica ventricular, onda x: relajación auricular, onda v: llenado auricular y por último la onda y; apertura de la válvula mitral y el inicio del llenado ventricular). La PVC se mide entre la fase a y c de la curva. Sus valores normales, se encuentran entre 4-12 mmHg (1,2) .

La segunda morfología de onda visualizada corresponde a la presión en el ventrículo derecho. Se podrá reconocer el paso al mismo, ya que las presiones aumentarán hasta una presión sistólica de aproximadamente 25 mmHg, una vez la presión diastólica aumenta hasta 8 a 10 mmHg, se considera que el catéter ha ingresado a la arteria pulmonar, para después enclavarse en una rama de la arteria pulmonar y medir la presión en cuña, la cual reflejará la presión de la aurícula izquierda y, por ende, la precarga del ventrículo izquierdo. Sus valores normales se encuentran entre 5 y 15 mmHg (1,2).

Además de las presiones mencionadas, el catéter de SG calcula el GC mediante técnica de termodilución. Ello se logra, mediante la administración de una solución de temperatura conocida a través del puerto proximal. El termistor localizado en la arteria pulmonar medirá los cambios de temperatura antes, durante y después de la inyección de la solución, y dibujará los cambios de la temperatura en una gráfica cuyo eje X representa el tiempo y eje Y temperatura. El área bajo la curva que se evidencie será indirectamente proporcional al GC y se calculará de la manera que expresa la fórmula expuesta a continuación (27).

$$GC = \frac{CC \times (T_b - T_i)}{\text{Área bajo la curva}}$$

CC: Constante del equipo

T_b: Temperatura sanguínea

T_i: Temperatura de la solución administrada

El índice cardíaco (IC) podrá calcularse a partir del resultado del GC sobre el área de superficie corporal total. Con los datos de las presiones y el índice cardíaco, se podrán calcular las resistencias vascular sistémica y pulmonar. La Resistencia Vascular Sistémica (28), refleja la postcarga ventricular izquierda y la Resistencia Pulmonar, es un indicador de la Postcarga ventricular derecha. Las fórmulas expuestas a continuación explicarán el método de cálculo de estas (1,2).

$$IRVS = \frac{PAM - PVC}{IC} \times 80$$

RVS: Resistencia vascular sistémica, cuyos valores normales oscilan entre 1600 – 2400 dynas/sec/cm⁵

PAM: Presión arterial media

PVC: Presión venosa central

IC: Índice cardíaco

$$RVP = \frac{PAMP - PCWP}{IC} \times 80$$

RVP: Resistencia vascular pulmonar, cuyos valores normales oscilan entre 150 - 400 dynas/sec/cm⁵

PAM: Presión media de la arterial pulmonar

PCWP: Presión en cuña pulmonar

IC: Índice cardíaco

A pesar de la utilidad clínica de los datos obtenidos mediante el catéter de SG, se han documentado complicaciones potencialmente mortales a su paso como arritmias auriculares y ventriculares, daño estructural de la válvula tricúspide, infarto pulmonar y ruptura de la arteria pulmonar, y es por ello, que en la actualidad, se limita el uso del mismo (23,26).

Índice de resistencia radial

El IR, es un parámetro objetivo que indica la cantidad y velocidad de flujo presente hacia un tejido. Éste, puede calcularse por ultrasonografía al colocar el transductor lineal de alta frecuencia sobre la arteria radial a nivel de la tabaquera anatómica. Mediante técnica de Doppler pulsado, se puede determinar la velocidad sistólica máxima (V_{máx}) y la velocidad diastólica mínima (V_{min}) y con la fórmula presentada a continuación calcular el Índice de Pourcelot (29).

$$IR = (V_{máx} - V_{min}) / V_{máx}$$

Esta medida, puede ser usada para cuantificar el IRVS, Partiendo del principio de Windkessel y del comportamiento del compartimiento arterial se ha propuesto que la valoración de los índices de resistencia (IR) en distintos lechos vasculares puede ser un buen estimador del IRVS (10,12). Se estima entonces que el IRR podría ser un parámetro de control del estado hemodinámico del paciente. En 2019 se realizó una cohorte en la que se comparó la resistencia vascular sistémica por Termodilución transpulmonar con el índice de resistencia medido en la tabaquera anatómica de pacientes sépticos encontrando como punto de corte 0,97 para vasoplejia y 1,1 para límite superior de la normalidad de la resistencia sistémica (11). En 2021 se probó un protocolo de reanimación en sepsis usando elevación pasiva de las piernas con medición del cambio del Doppler pulsado carotideo asociado a índice de resistencia de la tabaquera anatómica radial encontrando ahorro de líquidos, menos balance de líquidos, uso más temprano de vasopresores y menos estancia hospitalaria tomando como punto de corte para inicio de noradrenalina 0,9 de IRR (13).

En el escenario específico de cirugía cardíaca se ha explorado la correlación del IRR medido en la tabaquera anatómica con el IRVS medido con SG, mostrando una correlación aceptable (12). Se considera que la medición del IRR en la tabaquera atómica requiere de una mayor exploración en pacientes en el escenario de POP de cirugía cardíaca.

Otros parámetros que permiten la estimación ultrasonográfica de la RVS:

También se ha correlacionado de manera aceptable la aproximación matemática a partir de la toma de medidas de ultrasonido cardiaco, una de ellas es la relación entre la velocidad máxima de insuficiencia mitral (MRV) (m/s) y la integral de tiempo-velocidad del flujo de salida del ventrículo izquierdo (TVI(TSVI)) (cm) por Doppler, medida con la que se ha demostrado una buena correlación ($r = 0,842$, IC 95 % 0.7-0.92, $p < 0,001$)(30)

3. Pregunta de investigación

El presente trabajo busca responder a la pregunta de investigación:

¿Cuál es la correlación que existe entre la medición del Índice de Resistencia medido por Doppler pulsado de la arteria radial a nivel de la tabaquera anatómica y la resistencia vascular sistémica medida por catéter Swan Ganz en pacientes adultos en postoperatorio de cirugía cardíaca?

Se empleó la estrategia “PICO” para la construcción de la pregunta de investigación

Población	Pacientes mayores de 18 años llevados a cirugía cardíaca con monitoria invasiva con catéter de Swan Ganz
Intervención	Medición del índice de Resistencia de arteria radial a nivel de tabaquera anatómica
Comparación	Medición de índice de Resistencia Vascular Sistémica medido por catéter Swan Ganz
Resultado	Correlación entre medida de Índice de Resistencia de arteria radial a nivel de tabaquera anatómica y Resistencia Vascular Sistémica medido por catéter Swan Ganz

Esto demostraría la posibilidad de realizar una valoración hemodinámica completa por medio del ultrasonido a la cabecera del paciente, lo que permitiría la clasificación correcta de los pacientes con choque de cualquier origen a partir de determinaciones fisiopatológicas concretas del comportamiento del choque en escenarios donde no se contase con el catéter de arteria pulmonar o escenarios donde se prefiera una monitoria menos invasiva

4. Objetivos

4.1 Objetivo General

- Describir la correlación entre el índice de resistencia vascular sistémico medido por Swan-Ganz y el índice de resistencia radial medido por Doppler pulsado a nivel de la tabaquera anatómica en pacientes de la unidad de cuidado intensivo cardiovascular del Hospital Universitario Mayor Méderi.

En caso de encontrarse una correlación significativa, se evaluará la concordancia entre el índice de resistencia vascular sistémico medido por Swan-Ganz y el índice de resistencia radial medido por Doppler pulsado a nivel de la tabaquera anatómica

4.2 objetivos Específicos

- Describir las variables sociodemográficas y clínicas de la población estudio
- Describir las variables hemodinámicas medidas por catéter de arteria pulmonar en pacientes llevados a cirugía cardíaca
- Describir el comportamiento de las variables hemodinámicas en pacientes con $IRR \leq 1.1$ y > 1.1
- Describir la concordancia de dos evaluadores adecuadamente entrenados para la medida del índice de resistencia radial

5. Formulación de hipótesis de investigación

Existe correlación entre la medida de resistencia vascular periférica medido por catéter de Swan-Ganz y el índice de resistencia medido por doppler pulsado en la rama de la arteria radial a nivel de la tabaquera anatómica.

Hipótesis nula: No existe correlación entre la estimación de la resistencia vascular sistémica con el índice de resistencia medido por doppler pulsado en la rama de la arteria radial a nivel de la tabaquera anatómica al compararse con la medición por catéter de Swan Ganz

Hipótesis alternativa: Existe correlación entre la estimación de la resistencia vascular sistémica con el índice de resistencia medido por doppler pulsado en la rama de la arteria radial a nivel de la tabaquera anatómica al compararse con la medición por catéter de Swan Ganz.

6. Metodología

6.1 Diseño y tipo de estudio

Estudio observacional exploratorio de corte transversal.

6.2 Población y muestra

- Población de estudio

Pacientes consecutivos que ingresan a la Unidad de Cuidado Intensivo cardiovascular del Hospital Universitario Mayor que cuenten con monitoria con catéter de SG.

- **Definición de unidad de análisis**

Medidas hemodinámicas obtenidas por medio de catéter de SG e IRR medido por el doppler pulsado en la tabaquera anatómica

6.3 Criterios de inclusión y exclusión

6.3.1 Criterios de inclusión:

- Pacientes llevados a cirugía cardíaca en Hospital Universitario Mayor Méderi y que ingresen a cuidado intensivo monitorizados con catéter de arteria pulmonar entre 10/2021 y 01/2023
- Población Mayor de 18 años

6.3.2 Criterios de exclusión:

- Enfermedad arterial oclusiva crónica de miembros superiores por historia clínica
- Fístulas arteriovenosas bilaterales
- Imposibilidad técnica para la medición
- Ausencia de miembros superiores bilateral

6.4 Tamaño de la muestra

Basado en el cálculo del poder estadístico y una correlación descrita en la literatura de 0,58 con un nivel de confianza del 95% y un error tipo 2 del 20% utilizando el programa Gpower se calcula un tamaño de muestra de 19.

De manera exploratoria se hará un análisis de concordancia entre la resistencia medida por SG y el IRR para este objetivo se calcula un tamaño de muestra basado en el coeficiente de correlación intraclase (similar al coeficiente de concordancia de correlación) con una confiabilidad en la concordancia de 0.58, una precisión de 0.25, una confiabilidad de 0.95, se necesita un tamaño de muestra de 29. Para el calculo de este tamaño de muestra se baso en esta referencia:

https://www.researchgate.net/publication/318788161_A_simplified_guide_to_determination_of_sample_size_requirements_for_estimating_the_value_of_intraclass_correlation_coefficient_A_review

Sin embargo, se aclara que si al finalizar la recolección de los primeros 19 pacientes, la correlación no es fuerte, los cálculos de concordancia no serán positivos y no se completara el tamaño de la muestra para el análisis de concordancia, en el objetivo secundario.

6.5 Muestreo

Se realizó un muestreo consecutivo por conveniencia no probabilístico de los pacientes que cumplieron con los criterios de selección definidos hasta que se completó el tamaño de muestra preliminar requerido en el estudio

6.6 Definición y operacionalización de variables

6.6.1 Definiciones

6.6.2 Operacionalización de variables

Variable	Definición	Valores que se estudiarán a la variable	Tipo Variable	Unidades
Edad	Número de años cumplidos al ingreso a la unidad	Edad del paciente medida en años	Cuantitativa Continua	Años
Sexo	Sexo descrito en el documento de identidad	1.Femenino 2.Masculino	Cualitativa Nominal	NA
Enfermedad aterosclerótica	Antecedente de enfermedad aterosclerótica de miembros superiores	1:Si 2:No	Cualitativa Nominal	NA
Peso	Peso registrado del paciente al ingreso a la unidad	Peso en kilogramos del paciente	Cuantitativa Continua	Kilogramos
Talla	Talla del paciente en metros	Talla en metros del paciente	Cuantitativa Continua	Metros
Tipo de procedimiento	Tipo de procedimiento quirúrgico cardiovascular al que fue sometido el paciente	1.Revascularización miocárdica 2.Remplazo valvular 3. Cirugía aórtica 4.Procedimiento combinado	Cualitativa Nominal	NA
Soporte inotrópico	Reporte de administración de agentes inotrópicos en el momento de la valoración.	1.Si 2. No	Cualitativa Nominal	NA
Soporte vasopresor	Reporte de administración de agentes vasopresores en el momento de la valoración.	1.Si 2. No	Cualitativa Nominal	NA
Soporte inodilatador	Reporte de administración de agentes inodilatadores en el momento de la valoración.	1.Si 2. No	Cualitativa Nominal	NA
Soporte ventilatorio	Administración de ventilación mecánica invasiva en el momento de la valoración	1.Si 2. No	Cualitativa Nominal	NA

Frecuencia cardíaca	Número de latidos cardiacos por minuto al ingreso a la unidad de cuidados intensivos	Número de latidos por minuto del corazón del paciente	Cuantitativa continua	Latidos por minuto
Presión arterial sistólica por método invasivo	Presión arterial sistólica medida por método invasivo (línea arterial) al ingreso a la unidad de cuidados intensivos	Valor en mmHg de presión arterial sistólica medida por método invasivo al ingreso a la unidad de cuidados intensivos	Cuantitativa continua	mmHg
Presión arterial diastólica por método invasivo	Presión arterial diastólica medida por método invasivo (línea arterial) al ingreso a la unidad de cuidados intensivos	Valor en mmHg de presión arterial diastólica medida por método invasivo al ingreso a la unidad de cuidados intensivos	Cuantitativa continua	mmHg
Presión arterial media por método invasivo	Presión arterial media medida por método invasivo (línea arterial) al ingreso a la unidad de cuidados intensivos. Se utilizará la siguiente fórmula para el cálculo de la misma. $PAM = (PAS + (2 PAD)) / 3$ PAM: Presión arterial media PAS: Presión arterial sistólica PAD: Presión arterial diastólica	Valor en mmHg de presión arterial media medida por método invasivo al ingreso a la unidad de cuidados intensivos	Cuantitativa continua	mmHg
Presión pulmonar sistólica por catéter de Swan Ganz	Presión arterial sistólica la arteria pulmonar medido por catéter de Swan Ganz al ingreso a la unidad de cuidados intensivos.	Valor en mmHg de la presión arterial sistólica de la arteria pulmonar medida por catéter de Swan Ganz al ingreso a la unidad de cuidados intensivos	Cuantitativa continua	mmHg

Presión pulmonar diastólica por catéter de Swan Ganz	Presión arterial diastólica la arteria pulmonar medido por catéter de Swan Ganz al ingreso a la unidad de cuidados intensivos.	Valor en mmHg de la presión arterial diastólica de la arteria pulmonar medida por catéter de Swan Ganz al ingreso a la unidad de cuidados intensivos	Cuantitativa continua	mmHg
Presión pulmonar media por catéter de Swan Ganz	Presión arterial media de la arteria pulmonar medido por catéter de Swan Ganz al ingreso a la unidad de cuidados intensivos. Se utilizará la siguiente fórmula para el cálculo de la misma. $PMAP = (PASAP + (2 \cdot PADAP)) / 3$ PMAP: Presión arterial media de la arteria pulmonar PAAPS: Presión arterial sistólica de la arteria pulmonar PADAP: Presión arterial diastólica de la arteria pulmonar	Valor en mmHg de la presión arterial media de la arteria pulmonar medida por catéter de Swan Ganz al ingreso a la unidad de cuidados intensivos	Cuantitativa continua	mmHg
Presión en cuña pulmonar por catéter de Swan Ganz	Presión de enclavamiento en rama de la arteria pulmonar, el cual se medirá con balón inflado de catéter de Swan Ganz.	Valor en mmHg de cuña pulmonar, medido con balón inflado de catéter de Swan Ganz al ingreso a la unidad de cuidados intensivos	Cuantitativa continua	mmHg
Índice cardíaco termodilución por catéter de Swan Ganz	Gasto cardíaco medido por técnica de termodilución a través de catéter de Swan Ganz, sobre el área de superficie corporal del paciente.	Valor en L/min/m ² del índice de gasto cardíaco calculado a partir de los valores obtenidos por catéter de Swan	Cuantitativa continua	L/min/m ²

	<p>IC = GC/ASCT IC: Índice cardiaco GC: Gasto cardiaco ASCT: Área de superficie corporal total</p>	<p>Ganz y el área de superficie corporal total del paciente, al ingreso a la unidad de cuidados intensivos</p>		
<p>Gasto cardiaco termodilución por catéter de Swan Ganz</p>	<p>Gasto cardiaco medido por técnica de termodilución a través del catéter de Swan Ganz. Con la fórmula presentada a continuación: $GC = \frac{CC \times (Tb - Ti)}{\text{Área bajo la curva}}$ GC: Gasto cardiaco CC: Constante Tb: Temperatura sangre Ti: Temperatura de solución inyectada Área bajo la curva: área bajo la curva de la gráfica temperatura – tiempo.</p>	<p>Valor promedio de tres medidas de gasto cardiaco calculadas por técnica de termodilución por catéter de Swan Ganz a ingreso a la unidad de cuidados intensivos</p>	<p>Cuantitativa continua</p>	<p>L/min</p>
<p>Resistencia sistémica por catéter de Swan Ganz</p>	<p>Valor de Resistencia vascular sistémica mediante dicha formula, con valores optendos mediante cateter de Swan Ganz $RVS = \frac{PAM - PVC}{GC} \times 80$ RVS: Resistencia vascular sistémica PAM: Presión arterial media PVC: Presión venosa central</p>	<p>Valor de resistencia vascular sistémica del paciente al ingreso a la unidad de cuidados intensivos</p>	<p>Cuantitativa continua</p>	<p>Dynas/sec/cm5</p>

Doppler V min 1	Velocidad diastólica mínima obtenida por doppler pulsado en rama de la arteria radial a nivel de la tabaquera anatómica por el primer evaluador	Velocidad en segundos mínima diastólica obtenida por doppler pulsado en rama de la arteria radial a nivel de la tabaquera anatómica al ingreso a la unidad de cuidados intensivos	Cuantitativa continua	Cm/seg
Doppler V max 1	Velocidad sistólica máxima obtenida por doppler pulsado en rama de la arteria radial a nivel de la tabaquera anatómica por el primer evaluador	Velocidad en segundos máxima diastólica obtenida por doppler pulsado en rama de la arteria radial a nivel de la tabaquera anatómica al ingreso a la unidad de cuidados intensivos	Cuantitativa continua	Cm/seg
Doppler V med 1	Velocidad media obtenida por doppler pulsado en rama de la arteria radial a nivel de la tabaquera anatómica por el primer evaluador. Apartir de la siguiente fórmula: $V_{med} = (V_{m\acute{a}x} + (2 V_{m\acute{i}n})) / 3$ Vmed: Velocidad media Vmáx: Velocidad sistólica máxima Vmin: Velocidad diastólica mínima	Velocidad en segundos media obtenida por doppler pulsado en rama de la arteria radial a nivel de la tabaquera anatómica al ingreso a la unidad de cuidados intensivos	Cuantitativa continua	Cm/seg
IR_ doppler 1	Índice de resistencia medido mediante técnica doppler pulsado en rama de la arteria radial a nivel de la tabaquera anatómica por el	Valor obtenido del índice de resistencia de rama de arteria radial a nivel de la tabaquera	Cuantitativa continua	Cm/seg

	<p>primer evaluador. A través de la siguiente fórmula.</p> <p>Índice de Resistencia = $(V_{\text{máx}} - V_{\text{min}}) / V_{\text{máx}}$ $V_{\text{máx}}$: Velocidad sistólica máxima V_{min}: Velocidad diastólica mínima</p>	<p>anatómica al ingreso a la unidad de cuidados intensivos</p>		
Angulo de insonación 1	<p>Ángulo requerido para obtener las mediciones sobre la espectral del doppler pulsado sobre la rama de la arteria radial a nivel de la tabaquera anatómica por el primer evaluador</p>	<p>Valor obtenido de la inclinación de la zona de muestra del doppler pulsado</p>	<p>Cuantitativa continua</p>	<p>Grados de angulación</p>
Doppler V min 2	<p>Velocidad diastólica mínima obtenida por doppler pulsado en rama de la arteria radial a nivel de la tabaquera anatómica por el segundo evaluador</p>	<p>Velocidad en segundos mínima diastólica obtenida por doppler pulsado en rama de la arteria radial a nivel de la tabaquera anatómica al ingreso a la unidad de cuidados intensivos</p>	<p>Cuantitativa continua</p>	<p>Cm/seg</p>
Doppler V max 2	<p>Velocidad sistólica máxima obtenida por doppler pulsado en rama de la arteria radial a nivel de la tabaquera anatómica por el segundo evaluador</p>	<p>Velocidad en segundos máxima diastólica obtenida por doppler pulsado en rama de la arteria radial a nivel de la tabaquera anatómica al ingreso a la unidad de cuidados intensivos</p>	<p>Cuantitativa continua</p>	<p>Cm/seg</p>
Doppler V med 2	<p>Velocidad media obtenida por doppler pulsado en rama de la arteria radial a</p>	<p>Velocidad en segundos media obtenida por</p>	<p>Cuantitativa continua</p>	<p>Cm/seg</p>

	<p>nivel de la tabaquera anatómica por el segundo evaluador. Apartir de la siguiente fórmula:</p> $V_{med} = (V_{m\acute{a}x} + (2 V_{min})) / 3$ <p>Vmed: Velocidad media Vmáx: Velocidad sistólica máxima Vmin: Velocidad diastólica mínima</p>	<p>doppler pulsado en rama de la arteria radial a nivel de la tabaquera anatómica al ingreso a la unidad de cuidados intensivos</p>		
IR_ doppler 2	<p>Índice de resistencia medido mediante técnica doppler pulsado en rama de la arteria radial a nivel de la tabaquera anatómica por el segundo evaluador. A través de la siguiente fórmula.</p> $\acute{I}ndice\ de\ Resitencia = (V_{m\acute{a}x} - V_{min}) / V_{m\acute{a}x}$ <p>Vmáx: Velocidad sistólica máxima Vmin: Velocidad diastólica mínima</p>	<p>Valor obtenido del índice de resistencia de rama de arteria radial a nivel de la tabaquera anatómica al ingreso a la unidad de cuidados intensivos</p>	Cuantitativa continua	Cm/seg
Angulo de insonación 2	<p>Ángulo requerido para obtener las mediciones sobre la espectral del doppler pulsado sobre la rama de la arteria radial a nivel de la tabaquera anatómica por el segundo evaluador</p>	<p>Valor obtenido de la inclinación de la zona de muestra del doppler pulsado</p>	Cuantitativa continua	Grados de angulación

6.7 Técnicas, procedimientos e instrumentos de la recolección de datos

La recolección de datos del IRR se realizó en el momento de la valoración rutinaria del paciente en la Unidad de Cuidado Intensivo Cardiovascular, inmediatamente después de la toma de la hemodinamia por catéter de Swan Ganz por parte del personal de enfermería. Para el proceso de la toma de medidas

por ultrasonido se posicionó el transductor a nivel de la tabaquera anatómica con el indicador hacia la muñeca del paciente (Figura 1a), se insonó la rama dorsal de la arteria radial en el modo B y doppler color (Figura 1 b y c) y con el modo doppler pulsado se valoro la espectral del flujo arterial de esta región para obtener la velocidad sistólica máxima (Vmáx) y la velocidad diastólica mínima (Vmin) y con la fórmula de Pourcelott ($V_{máx}-V_{min}/V_{máx}$) se calculó el IRR (Figura 2). Todas las imágenes se realizaron con un ecógrafo Sonosite Turbo ®



Figura 1: Exploración de la tabaquera anatómica con ultrasonido. 1A: Posición del transductor lineal, 1B: Arteria radial sobre la tabaquera anatómica en Modo B, 1C: Arteria radial sobre la tabaquera anatómica en Modo Doppler Color. Imagen propia

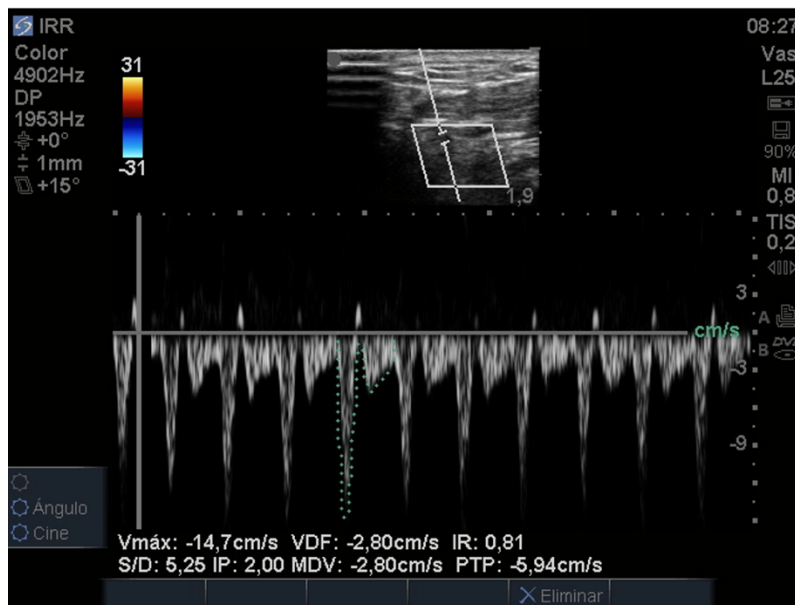


Figura 2: Arteria radial sobre la tabaquera anatómica en Modo Doppler pulsado, análisis espectral de la onda de pulso arterial determinación de la Vmáx, Vmin (VDF) e IRR (IR)

Se registraron los valores obtenidos de las medidas ultrasonográficas obtenidas por los investigadores y de los datos aportados por el personal de enfermería a partir de la valoración con el catéter de SG, haciendo especial énfasis en el cálculo del IRVS.

Para la toma de datos de la hemodinamia del catéter de arteria pulmonar se tomaron los datos en compañía del personal de enfermería del HUM, para la toma de las variables hemodinámicas se realiza con un CAP que tiene medición continua de GC con el monitor Vigilance; Para iniciar se calibra el monitor y se anotan las presiones de la arteria pulmonar, posteriormente la presión en cuña de la arteria pulmonar y finalmente se toma la PVC. Para obtener los datos que resultan de la expresión matemática se introducen los datos obtenidos en el monitor.

6.8 Plan de procesamiento de muestras biológicas

No aplica

6.9 Plan de análisis

A. Fase descriptiva.

Se realizó un análisis descriptivo de las variables en estudio. Para las variables categóricas se presentaron la distribución de frecuencias absolutas, relativas y acumuladas y para las variables continuas se utilizaron medidas de tendencia central y dispersión (media y desviación estándar) dado el resultado de distribución normal posterior a la aplicación de la prueba de Shapiro-Wilks.

B. Fase analítica.

Se realizó un análisis de correlación entre el IRR medida por doppler de la tabaquera anatómica y el IRVS medido con el SG. Se realizó la descripción de las variables edad, género y peso, también se describió la hemodinamia medida por el SG y el IRR. Para las variables continuas se describieron media y desviación estándar ó la mediana y rango intercuartílico según la naturaleza de la distribución de los datos, para las variables categóricas se describieron frecuencias absolutas y relativas. Se realizó además un análisis bivariado en relación con $IRR \leq 1.1$ y > 1.1 , dado que este punto de corte en la literatura se ha descrito para discriminar pacientes alteración en la RVS.

Para determinar la correlación entre el IRR y la IRVS medido por CAP se calculó el r^2 por método de Pearson. La concordancia entre los evaluadores se valoró a partir del coeficiente de correlación intraclase

Se realizó un análisis preliminar de los primeros 22 pacientes sin encontrar una correlación aceptable, aún así se completaron 35 medidas, muestra que supera el valor preestablecido, pero no se calculo la concordancia entre las dos medidas dada la baja correlación

Los datos serán procesados en el software de distribución libre R versión 4.1.

6.9.1 Análisis de validez y confiabilidad

A continuación, se enlistan los siguientes sesgos potenciales de la investigación que se pretende realizar.

- *Sesgo de clasificación:* El estudio puede tener una serie de limitaciones en la interpretación de los resultados, dado la medición ecográfica es observador dependiente, sin embargo, las medidas por catéter de Swan Ganz y ecografía fueron revisadas por el médico intensivista tutor, quien cuenta con mas de 5 años de experiencia en cuidado intensivo cardiovascular y ultrasonido crítico.
- *Sesgo de selección:* La medida solo fue aplicada a pacientes en postoperatorio de cirugía cardiovascular con catéter Swan Ganz, se estimó que dichos pacientes tenían un riesgo superior del desarrollo de choque vasopléjico y síndrome de bajo gasto cardiaco postoperatorio se controlaron las variables de confusión edad, tiempo de bomba y antecedente de enfermedad aterosclerótica.

6.10 Alcances y límites de la investigación

Estudio observacional que permitirá determinar la correlación de una medida ultrasonográfica con una medida con el estándar de oro, xonsideramos como limitaciones de este estudio el que haya sido realizado en un solo centro con pacientes con perfiles hemodinámicos sin vasoplejia, estudios en poblaciones de unidades de cuidado intensivo polivalentes con necesarios para determinar la utilidad real de esta medida.

7. Aspectos éticos

7.1 Equipo de Investigación

NOMBRE	PERFIL/CARGO	RESPONSABILIDADES
David Rene Rodríguez Lima	Tutor temático y metodológico	Médico especialista en Medicina de Emergencias, Fellow en Medicina Crítica y Cuidado Intensivo, Candidato a doctorado en investigación, Coordinador del grupo de investigación en Cuidado Intensivo Hospital Universitario Mayor
Edith Elianna Rodríguez Aparicio	Investigador principal	Médico, Magister en epidemiología de la Universidad del Rosario, Candidata a especialista en Medicina Crítica y Cuidado Intensivo Universidad del Rosario
David Fernando Almanza Hernández	Investigador secundario	Médico, especialidad en epidemiología de la Universidad del Tolima, Candidato a especialista en Medicina Crítica y Cuidado Intensivo Universidad del Rosario

7.2 Categoría de la investigación

Este proyecto de investigación en seres humanos es observacional. En donde se adicionó una medición adicional sobre la vasculatura de la tabaquera anatómica y que será analizada por personal experto (personal con entrenamiento práctico y teórico establecido por el WINPOCUS), y de acuerdo con lo establecido en la resolución 008430 de 1993 (“Normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud”), este estudio se clasifica como una “Investigación con riesgo mínimo”. Se cumplirá con lo establecido por el Ministerio de Protección Social colombiano (antiguo Ministerio de Salud), la ley 84 de 1989 y la ley 2381 de 1993. Durante las mediciones ecográficas no se encuentre ninguna patología o alteración que requiriese conductas medicas pertinentes para ampliar el diagnóstico y tratamiento específico.

El estudio siguió los lineamientos jurídicos y éticos contemplados en la última modificación (Edimburgo, Escocia, octubre de 2000) de la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial (“Principios éticos para la investigación que involucra sujetos humanos”).

El presente trabajo se presentó al comité técnico de investigaciones del Hospital Universitario Mayor, así mismo se presentó al comité de ética en investigación de la Universidad del Rosario, se emitió la aprobación en el acta DVO005 2149-CV1642

7.3 Población sujeta a la investigación

Pacientes en postoperatorio de cirugía cardíaca que cuentan con monitorización con catéter de SG que ingresan a la unidad de Cuidado Intensivo Cardiovascular del Hospital Universitario Mayor, no se considera una población vulnerable dado que las mediciones tomadas hacen parte de la practica clínica usual del cuidado postoperatorio de cirugía cardíaca, se requerían 19 pacientes, en total se obtuvieron 35 medidas en 22 pacientes-

7.4 Método de obtención de consentimiento informado

Se utilizó el consentimiento general de admisión a hospitalización e investigación donde se menciona que la información derivada de la atención clínica puede ser utilizada en la producción científica, se aclara que las mediciones ecográficas a la cabecera del paciente que incluyen ecocaridoscopia, doppler transcraneal y doppler vascular periférico hacen parte del examen clínico y la práctica rutinaria del entrenamiento de residentes de cuidado intensivo. Se aclara además que la decisión de monitoreo invasivo con catéter de SG es siempre una decisión del servicio de anestesia cardiovascular basado en la guía institucional de cirugía cardíaca

7.5 *Uso de datos personales*

BASE DE DATOS: El manejo de la información se realizó en una base de datos creada en Excel OneDrive a la que solo se permitió el acceso a los investigadores por medio de su correo institucional y con una clave que solo era conocida por los investigadores. Esta base de datos solo se pudo manejar en línea sin poderse descargar en ningún computador

CONFIDENCIALIDAD Y SEGUIMIENTOS: 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 a la institución en particular. Se mantendrá absoluta confidencialidad y se preservará el buen nombre de institucional y profesional. El estudio se realizó con un manejo estadístico imparcial y responsable, no existe ningún conflicto de interés por parte de los autores del estudio que deba declararse

7.6 *Riesgos y beneficios*

Beneficios potenciales del estudio para el sujeto de investigación

- La valoración ecográfica a la cabecera del paciente permite la identificación temprana de patologías potencialmente mortales, la implementación de protocolos de esta herramienta permite intervenciones tempranas y oportunas en pacientes de cuidado intensivo
- Se consideró que en los pacientes recolectados de manera prospectiva en quienes identificarse alguna patología mediante la valoración ecográfica se avisaría al grupo medico tratante para intervenciones oportunas, ningún paciente tuvo un hallazgo patológico.

Riesgos potenciales del estudio para el sujeto de investigación

- Sin riesgo

8. Administración del proyecto

8.1 *Presupuesto*

DESCRIPCION RUBRO	FINANCIACIÓN (Si aplica)	Contrapartida MÉDERI	Contrapartida Institución B	TOTAL/RUBRO
PERSONAL CIENTÍFICO	\$0	\$20.000.000	\$0	\$20.000.000
SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	\$0	\$0	\$0	\$
EQUIPOS				

Subvencionados	\$0	\$ 0	\$0	\$
Propios:Equipos de ultrasonido	\$	\$50.000.000	\$0	\$50.000.000
SOFTWARE ESPECIALIZADO	\$0	\$0	\$0	\$
PUBLICACIONES	\$ 10.000.000	\$0	\$	\$10.000.000
MATERIALES / INSUMOS	\$400.000	\$0	\$0	\$400.000
BIBLIOGRAFIA	\$0	\$0	\$0	\$0
VIAJES/VIÁTICOS	\$0	\$0	\$0	\$0
EVENTOS Y/O REFRIGERIOS	\$0	\$0	\$0	\$0
SALIDAS DE CAMPO	\$0	\$0	\$0	\$0
OTROS	\$	\$	\$	\$
TOTAL	\$10.400.000	\$70.000.000	\$0	\$80.400.000

*Propios: Ecógrafo sonosite

8.2 Cronograma

Actividades	1	2	3	4	5	6	7	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Realización Protocolo de Investigación	■	■																				
Sometimiento del protocolo al comité técnico científico y de ética			■																			
Piloto de formatos de recolección de información				■	■																	
Recolección de información					■																	
Tabulación de los datos						■																
Análisis de los datos							■															
Redacción de informe final								■														
Entrega de primer borrador de artículo									■													

	IRVS: 1967.47 (478.33)
IRR n=35 (Media, \pm DE)	0.94 (0.11)
Uso de vasopresores en el momento de la medición n(%)	15 (68%)
Uso de inotrópicos en el momento de la medición n(%)	2 (9%)
Ventilación mecánica invasiva en el momento de la medición	17 (77%)

Tabla 2: Características generales de los pacientes incluidos en el estudio (n =22) y de las variables hemodinámicas del SG y el IRR (n=35)

En la tabla 3 se muestra el análisis bivariado en relación con el punto de corte del IRR de 1.1. La RVS en pacientes con $IRR \leq 1.1$ fue de 1953.1 ± 468.17 din-seg- m^2/cm^5 , la RVS en pacientes con $IRR > 1.1$ fue de 2120.79 ± 673.48 din-seg- m^2/cm^5 ($p = 0.6$) (Figura 3). No se encontraron diferencias significativas en los dos grupos en las demás variables hemodinámicas.

	IR \leq 1.1 (n= 32)	IR $>$ 1.1 (n=3)	Valor p
Gasto cardiaco (Media \pm DE)	4.9 (1.26)	4.3 (0.41)	0.44
Indice Cardiaco (Media \pm DE)	2.7 (0.66)	2.4 (0.26)	0.34
PAM (Media \pm DE)	77.6 (10.59)	75.3 (15.53)	0.73
PVC (Media \pm DE)	12.9 (3.6)	13 (3)	0.97
IRVS	1953.1 (468.17)	2120.79 (673.48)	0.62
PSAP (Media \pm DE)	37.28 (9.13)	34.33 (6.65)	0.59
PDAP (Media \pm DE)	20.71 (6.18)	16 .6 (2)	0.27
PMAP (Media \pm DE)	28.0 (7.2)	20 (2)	0.06
POAP (Media \pm DE)	17.06 (5)	16.33 (2.5)	0.8

Tabla 3: Análisis bivariado en relación con el punto de corte del IRR de 1.1

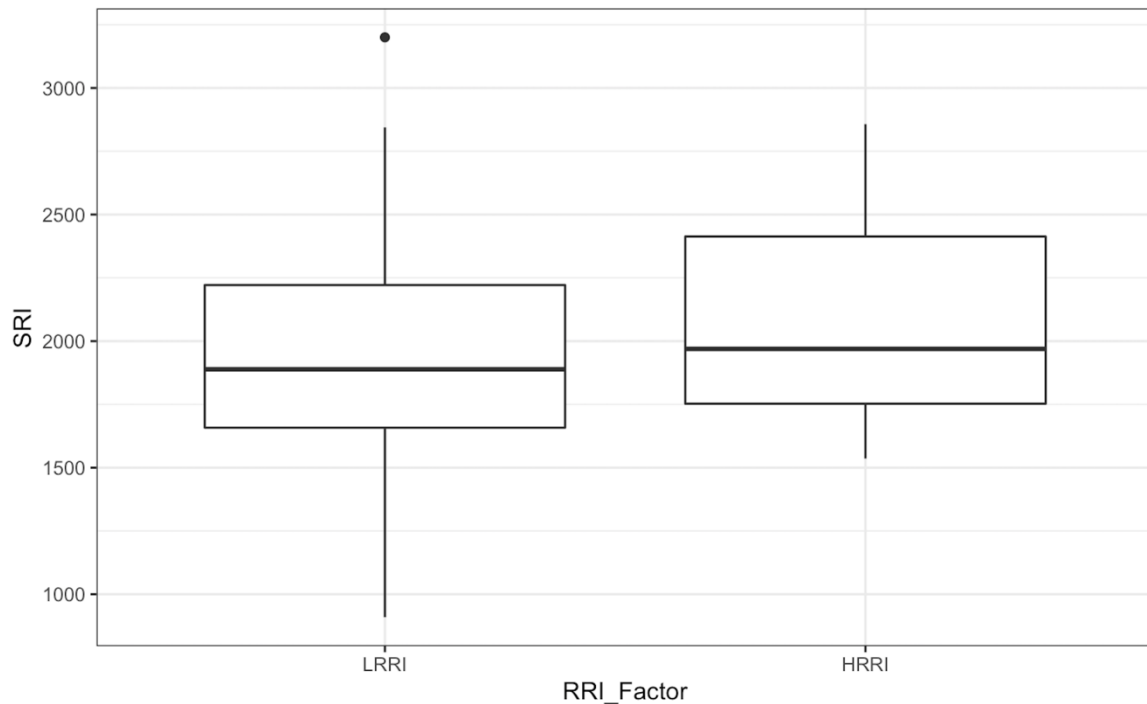


Figura 3: IRVS e IRR ≤ 1.1 (izquierda), IRVS e IRR > 1.1 (derecha). Imagen propia

La figura 4 muestra el scatter plot entre el IRR y el IRVS con amplia dispersión y la correlación por el método de Pearson fue baja ($r^2 0.37$, $p= 0.04$, IC 95% 0.045 – 0.62). La concordancia entre los evaluadores mostro un coeficiente de correlación intraclass de 0.88 IC (0.78 - 0.93) (Figura 5)

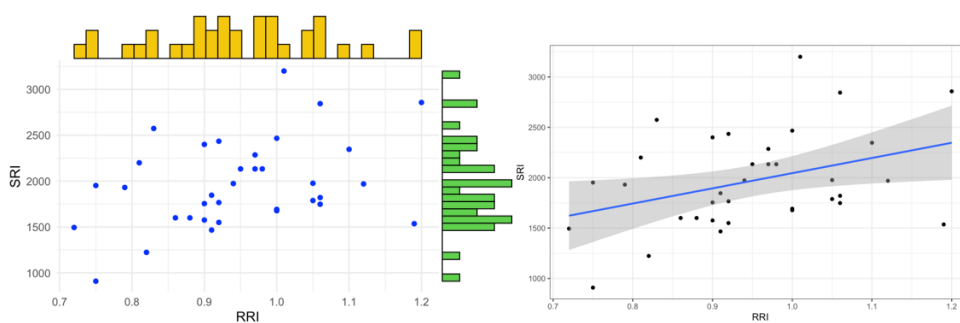


Figura 4: Scatter plot entre el IRR y el IRVS ($r^2 0.37$, $p= 0.04$, IC 95% 0.045 – 0.62).

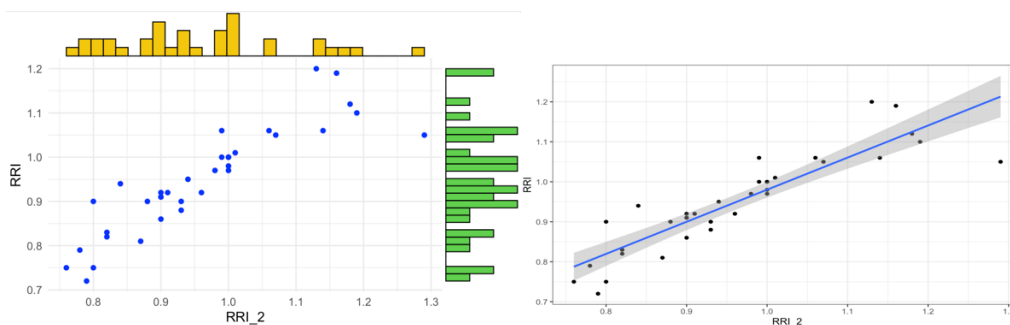


Figura 5: Scatter plot entre el IRR medido por el primer y segundo evaluador (r^2 0.88, $p= 0.01$, IC 95% 0.78 – 0.94), coeficiente de correlación intraclase de 0.88 IC (0.78 - 0.93)

10. Discusión de resultados

La valoración ultrasonográfica de la RVS no está dilucidada. No obstante, a partir de la aplicación de modelos fisiológicos que proponen la teoría de la distensibilidad y elastancia arterial como mayores determinantes de la RVS se han propuesto distintos tipos de aproximación basados en IR, el cual puede ser obtenido por medio por medio de la exploración de doppler pulsado de distintas estructuras arteriales a partir de la aplicación del índice de Pourcelot (29).

El IR, es un parámetro objetivo que indica la cantidad y velocidad de flujo presente hacia un tejido, Mediante técnica de Doppler pulsado en estructuras vasculares, se pueden determinar las velocidades máximas en sístole y diástole ($V_{m\acute{a}x} - V_{m\acute{i}n}$) y despejar la fórmula $IR = (V_{m\acute{a}x} - V_{m\acute{i}n}) / V_{m\acute{a}x}$ (31). Ésta exploración se puede realizar en cualquier lecho vascular arterial con una aceptable correlación con la medida de la RVS (10,12). Los primeros modelos experimentales concluyeron que era posible que los IR se asociaran con la RVS (10,29) y en el año 2005 Ban et.al comparó el comportamiento de la correlación del IR y el IRCS en los modelos experimentales y en pacientes en POP de cirugía cardiaca

demostrando que la correlación varía en los modelos *in vivo* ($r = 0.98$ vs $r = 0.58$) y así mismo demostró cómo el ángulo de insonación interfiere fuertemente en la fuerza de correlación(12).

En 2019 Lee et.al compararon la RVS medida por CAP con el IRR medido en la tabaquera anatómica de pacientes sépticos y logró determinar una fuerte correlación entre un IRR menor o igual a 0,97 con una RVS menor a 1700 $\text{din-seg-m}^2/\text{cm}^5$ y así mismo un IRR menor 1,1 con una RVS menor a 2400 $\text{din-seg-m}^2/\text{cm}^5$ (11). En 2021 se comprobó su aplicabilidad en un protocolo de reanimación en sepsis, en el cual los pacientes que obtuvieron una medición del IRR menor a 0.9 fueron asumidos como pacientes con baja RVS y se realizó un inicio temprano de vasopresores logrando un menor volumen de cristaloides y menor tiempo de estancia hospitalaria(13).

Los datos recolectados en esta población específica de pacientes en POP de cirugía cardíaca demuestran que existe una correlación baja entre la medida del IRVS por medio del IRR y el CAP; la mayoría de los pacientes de la muestra presentaron requerimiento de soporte vasopresor con RVS aumentadas. Es probable que la medición del IRR no sea reproducible en ámbitos de RVS normal, en el estudio de Ban et.al el los IRVS no fueron superiores a 1528 $\text{din-seg-m}^2/\text{cm}^5$ (12) y los estudios de Lee et.al y Devia-Menendez fueron realizados en pacientes con choque distributivo en quienes se asume bajo IRVS (11,13). Esto podría deberse a las características normales de las arterias distales que en ausencia de vasoplejia clara mantendrán un índice de pulsatilidad y resistencia normales (32), así mismo los estudios iniciales de correlación de la RVS con el IRR en modelos experimentales concuerdan con esta premisa ya que se ha demostrado que en la medida que los vasos son más distensibles presentan una mayor correlación con el IRR (10).

Es conocido que la toma de medidas por ultrasonido es dependiente de la destreza del observador y de la capacidad de reproducir el método de medición con la menor cantidad de variaciones; esto toma aún más importancia cuando el cambio en la magnitud de la estimación varía con unas pocas décimas. La estimación del flujo por doppler pulsado requiere que la dirección del flujo sea paralelo al ángulo de insonación, se considera que todo ángulo de insonación en las valoraciones ultrasonográficas debe ser menor al 30° esto con el objetivo de tener una medición fidedigna (33). En el presente estudio el 100% de las mediciones se realizó sin necesidad de corregir el ángulo de insonación y a la misma profundidad por lo que se considera una medida estandarizada, el coeficiente de concordancia intraclase entre distintos evaluadores mostró una buena concordancia para la aplicación de esta medición.

Consideramos como limitaciones de este estudio el que haya sido realizado en un solo centro con pacientes con perfiles hemodinámicos sin vasoplejia, estudios en poblaciones de unidades de cuidado intensivo polivalentes con necesarios para determinar la utilidad real de esta medida.

11. Conclusiones

En el escenario del POP de cirugía cardíaca la correlación entre el IRVS medido por CAP y el IRR medido en la tabaquera anatómica es baja, por esto no se recomienda el uso de IRR como estimador del

IRVS en este escenario clínico, la concordancia entre los observadores es buena por lo que la medición del IRR en la tabaquera anatómica se considera una medida reproducible.

12. Bibliografía

1. Bootsma IT, Boerma EC, De Lange F, Scheeren TWL. The contemporary pulmonary artery catheter. Part 1: placement and waveform analysis. *J Clin Monit Comput.* febrero de 2022;36(1):5-15.
2. Bootsma IT, Boerma EC, Scheeren TWL, De Lange F. The contemporary pulmonary artery catheter. Part 2: measurements, limitations, and clinical applications. *J Clin Monit Comput.* febrero de 2022;36(1):17-31.
3. De Backer D, Vincent JL. The pulmonary artery catheter: is it still alive? *Curr Opin Crit Care.* junio de 2018;24(3):204-8.
4. Bojar RM. *Manual of Perioperative Care in Adult Cardiac Surgery* [Internet]. 1.^a ed. Wiley; 2021 [citado 8 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781119582540>
5. Sousa-Uva* M, Head SJ, Milojevic M, Collet JP, Landoni G, Castella M, et al. 2017 EACTS Guidelines on perioperative medication in adult cardiac surgery. *Eur J Cardiothorac Surg.* 1 de enero de 2018;53(1):5-33.
6. Dixon JL, Stagg HW, Wehbe-Janek H, Jo C, Culp WC, Shake JG. A Standard Handoff Improves Cardiac Surgical Patient Transfer: Operating Room to Intensive Care Unit. *J Healthc Qual.* enero de 2015;37(1):22-32.
7. Stephens RS, Whitman GJR. Postoperative Critical Care of the Adult Cardiac Surgical Patient. Part I: Routine Postoperative Care. *Crit Care Med.* julio de 2015;43(7):1477-97.
8. Chubuchny V, Pugliese NR, Taddei C, Poggianti E, Spini V, Barison A, et al. A novel echocardiographic method for estimation of pulmonary artery wedge pressure and pulmonary vascular resistance. *ESC Heart Fail.* abril de 2021;8(2):1216-29.
9. Wang JJ, Flewitt JA, Shrive NG, Parker KH, Tyberg JV. Systemic venous circulation. Waves propagating on a windkessel: relation of arterial and venous windkessels to systemic vascular resistance. *Am J Physiol-Heart Circ Physiol.* enero de 2006;290(1):H154-62.
10. Bude RO, Rubin JM. Relationship between the Resistive Index and Vascular Compliance and Resistance. *Radiology.* mayo de 1999;211(2):411-7.
11. Lee EP, Hsia SH, Huang CC, Kao KC, Chan OW, Lin CY, et al. Strong correlation between doppler snuffbox resistive index and systemic vascular resistance in septic patients. *J Crit Care.* febrero de 2019;49:45-9.
12. Koji Ban, MD; Kazuhiro Kochi, MD; Katsuhiko Imai, MD; Kenji Okada, MD; Kazumasa Orihashi, MD; Taijiro Sueda, MD. Novel Doppler Technique to Assess Systemic Vascular Resistance. The Snuffbox Technique. junio de 2005; *Circulation Journal* Vol.69.
13. Devia Jaramillo G, Menendez Ramirez S. USER Protocol as a Guide to Resuscitation of the Patient with Septic Shock in the Emergency Department. *Open Access Emerg Med.* febrero de 2021; Volume 13:33-43.
14. Santos CMDC, Pimenta CADM, Nobre MRC. The PICO strategy for the research question

- construction and evidence search. *Rev Lat Am Enfermagem*. junio de 2007;15(3):508-11.
15. Suess E, Pinsky M. Hemodynamic Monitoring for the Evaluation and Treatment of Shock: What Is the Current State of the Art? *Semin Respir Crit Care Med*. 23 de noviembre de 2015;36(06):890-8.
 16. Chertoff J, Chisum M, Garcia B, Lascano J. Lactate kinetics in sepsis and septic shock: a review of the literature and rationale for further research. *J Intensive Care*. diciembre de 2015;3(1):39.
 17. Mateu Campos ML, Ferrándiz Sellés A, Gruartmoner De Vera G, Mesquida Febrer J, Sabatier Cloarec C, Poveda Hernández Y, et al. Técnicas disponibles de monitorización hemodinámica. Ventajas y limitaciones. *Med Intensiva*. agosto de 2012;36(6):434-44.
 18. Power P, Bone A, Simpson N, Yap CH, Gower S, Bailey M. Comparison of pulmonary artery catheter, echocardiography, and arterial waveform analysis monitoring in predicting the hemodynamic state during and after cardiac surgery. *Int J Crit Illn Inj Sci*. 2017;7(3):156.
 19. Pastore MC, Ilardi F, Stefanini A, Mandoli GE, Palermi S, Bandera F, et al. Bedside Ultrasound for Hemodynamic Monitoring in Cardiac Intensive Care Unit. *J Clin Med*. 19 de diciembre de 2022;11(24):7538.
 20. Monnet X, Teboul JL. Transpulmonary thermodilution: advantages and limits. *Crit Care*. diciembre de 2017;21(1):147.
 21. Chatterjee K. The Swan-Ganz Catheters: Past, Present, and Future: A Viewpoint. *Circulation*. 6 de enero de 2009;119(1):147-52.
 22. Swan HJC, Ganz W, Forrester J, Marcus H, Diamond G, Chonette D. Catheterization of the Heart in Man with Use of a Flow-Directed Balloon-Tipped Catheter. *N Engl J Med*. 27 de agosto de 1970;283(9):447-51.
 23. Marik PE. Obituary: pulmonary artery catheter 1970 to 2013. *Ann Intensive Care*. 2013;3(1):38.
 24. Hermosillo A, Palma Carbajal R, Rojas G, Cabrera-Jardines R, Gonzalez Galvan LM, Manzur-Sandoval D, et al. Perfiles hemodinámicos relacionados con el choque circulatorio en unidades de cuidados cardíacos. *Arch Cardiol México*. 22 de enero de 2020;90.
 25. Carrillo López A, Sala MF, Salgado AR. El papel del catéter de Swan-Ganz en la actualidad. *Med Intensiva*. abril de 2010;34(3):203-14.
 26. Carrillo López A, Sala MF, Salgado AR. El papel del catéter de Swan-Ganz en la actualidad. *Med Intensiva*. abril de 2010;34(3):203-14.
 27. Omote K, Reddy YNV, Borlaug BA. Chapter 35 - Invasive hemodynamic assessments during exercise: normal patterns and clinical value. En: Chirinos JA, editor. *Textbook of Arterial Stiffness and Pulsatile Hemodynamics in Health and Disease* [Internet]. Academic Press; 2022. p. 545-63. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780323913911000352>
 28. Stefadouros MA, Dougherty MJ, Grossman W, Craige E. Determination of Systemic Vascular Resistance by a Noninvasive Technic. *Circulation*. enero de 1973;47(1):101-7.
 29. Nelson T, Pretorius D. The Doppler signal: where does it come from and what does it mean? *Am J Roentgenol*. 1 de septiembre de 1988;151(3):439-47.
 30. Abbas AE, Fortuin FD, Patel B, Moreno CA, Schiller NB, Lester SJ. Noninvasive measurement of systemic vascular resistance using Doppler echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. agosto de 2004;17(8):834-8.
 31. Weerakkody Y, Hacking C. Resistive index (vascular ultrasound). En: Radiopaedia.org [Internet]. Radiopaedia.org; 2020 [citado 2 de mayo de 2023]. Disponible en: <http://radiopaedia.org/articles/78174>
 32. Kim ES, Sharma AM, Scissons R, Dawson D, Eberhardt RT, Gerhard-Herman M, et al.

Interpretation of peripheral arterial and venous Doppler waveforms: A consensus statement from the Society for Vascular Medicine and Society for Vascular Ultrasound. *Vasc Med.* octubre de 2020;25(5):484-506.

33. Revzin MV, Imanzadeh A, Menias C, Pourjabbar S, Mustafa A, Nezami N, et al. Optimizing Image Quality When Evaluating Blood Flow at Doppler US: A Tutorial. *RadioGraphics.* septiembre de 2019;39(5):1501-23.