



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

**COMPARACIÓN DE MONITOREO NO INVASIVO DEL GASTO CARDIACO Y
OVOLUMEN SISTÓLICO MEDIANTE BIORREACTANCIA VERSUS ULTRASONIDO
EN PACIENTES CRÍTICAMENTE ENFERMOS**

TESIS

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

PRESENTA:

DR. CARLOS RAÚL PÉREZ MENA

TUTOR PRINCIPAL:

DR. EDUARDO RIVERO SIGARROA
Jefe de Departamento

CO-TUTOR:

DR. HEBER ROBA
Medico Adscrito de terapia intensiva

Ciudad de México, 2023



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

1. SINOPSIS

Introducción: En pacientes críticos con choque circulatorio e hipoperfusión tisular subyacente debe mantenerse una monitorización estrecha de las condiciones hemodinámicas así como también para monitorear la respuesta del paciente a la terapia prescrita. En la Unidad de Cuidados intensivos es fundamental utilizar métodos como ultrasonido o biorreactancia que permitan guiar de forma segura los ajustes de la terapia del paciente críticamente enfermo.

Objetivo: Evaluar la concordancia en el monitoreo no invasivo del Gasto Cardíaco y Volumen Sistólico mediante Biorreactancia versus ultrasonido en pacientes críticamente enfermos.

Material y Métodos: Estudio observacional, descriptivo, en pacientes críticamente enfermos atendidos en la Unidad de Cuidados Intensivos del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán durante el periodo 1º febrero al 30 de junio 2022. Criterios de Inclusión: paciente en estado crítico, con choque circulatorio de cualquier etiología, con 18 años o más, cualquier sexo. Criterios de exclusión: mala ventana ultrasonográfica para valoración del gasto cardíaco, FC >120 por minuto o arritmia. Criterio de eliminación: que no cuente con ambas valoraciones (ultrasonido y biorreactancia). Procedimiento: identificados los pacientes que llenaron los criterios de selección, se evaluó GC y VS por métodos de ultrasonido y biorreactancia, mediciones hechas con espacio de un minuto. Se calculó sesgo, intervalo de confianza 95% y el coeficiente de concordancia de Linn. Utilizando media y desviación estándar para variables cuantitativas; frecuencias y porcentajes para variables cualitativas.

Resultados: Se estudiaron un total de 19 pacientes críticamente enfermos atendidos en la Unidad de Cuidados Intensivos durante el periodo establecido, con edades comprendidas entre los 30 a 90 años con promedio de 51.3 años DE \pm 14.03, con una distribución por sexo de 32% sexo femenino y 68% sexo masculino. La etiología del choque circulatorio fue 58% choque séptico, 16% choque hipovolémico, 16% choque mixto, y 10% choque cardiogénico. La media del gasto cardíaco obtenido mediante biorreactancia fue 5.74 L/min DE \pm 1.71 L/min, mientras que por ultrasonido fue de 5.17 \pm 1.36 L/min. La media de las diferencias del gasto cardíaco entre las técnicas fue de 0.57 L/min. La biorreactancia frente a la ecocardiografía presentó sesgo de -0.48 con DE \pm 0.88, con IC 95% de 1.37 a -0.4, con error 12% y un coeficiente de Linn 0.93. La media del volumen sistólico obtenido mediante biorreactancia fue 61.44 ml/latido DE \pm 16.02 ml/latido, mientras que por ultrasonido fue de 60.78 ml/latido DE \pm 15.02 ml/latido. La media de las diferencias del volumen sistólico entre las técnicas fue de 61.06 ml/latido. La biorreactancia frente a la ecocardiografía presentó sesgo de 1.78 con DE \pm 7.81, con IC 95% de 7.81 a -4.24, con error 18% y un coeficiente de Linn 0.91.

Conclusiones: Existe una concordancia sustancial en la determinación de gasto cardíaco y moderada para volumen sistólico por biorreactancia versus ecocardiografía, con error bajo

e intervalos estrechos lo que muestra una mayor precisión. La biorreactancia permite el monitoreo continuo en el paciente críticamente enfermo.

ABSTRACT

Title: Comparison of Noninvasive Monitoring of Cardiac Output and Stroke Volume by Bioreactance versus Ultrasound in Critically ill Patients.

Introduction: In critically ill patients with circulatory shock and underlying tissue hypoperfusion, close monitoring of hemodynamic conditions should be maintained as well as to monitor the patient's response to prescribed therapy. In the Intensive Care Unit, it is essential to use methods such as ultrasound or bioreactance to safely guide the therapy adjustments of the critically ill patient.

Objective: To evaluate the concordance in the non-invasive monitoring of Cardiac Output and Stroke Volume by Bioreactance versus ultrasound in critically ill patients.

Material and Methods: Observational, descriptive study in critically ill patients treated in the Intensive Care Unit of the National Institute of Medical Sciences and Nutrition Salvador Zubirán during the period February 1 to June 30, 2022. Inclusion Criteria: patient in critical condition, with circulatory shock of any etiology, 18 years or older, any sex. Exclusion criteria: poor ultrasonography window to assess cardiac output, FC >120 per minute or arrhythmia. Elimination criterion: not having both assessments (ultrasound and bioreactance). Procedure: Once the patients who met the selection criteria were identified, CG and SV were evaluated by ultrasound and bioreactance methods, measurements made within one minute. Bias, 95% confidence interval and Linn's concordance coefficient were calculated. Using mean and standard deviation for quantitative variables; frequencies and percentages for qualitative variable.

Results: 19 patients aged between 30 and 90 years were studied with an average of 51.3 years, SD \pm 14.03, with a gender distribution of 32% female and 68% male. The etiology of circulatory shock was 58% septic shock, 16% hypovolemic shock, 16% mixed shock, and 10% cardiogenic shock. Mean cardiac output obtained by bioreactance was 5.74 L/min SD \pm 1.71 L/min, while by ultrasound it was 5.17 \pm 1.36 L/min. The mean of the differences in cardiac output between the techniques was 0.57 L/min. Bioreactance versus echocardiography presented a bias of -0.48 with SD \pm 0.88, with a 95% CI of 1.37 to -0.4, with an error of 12% and a Linn coefficient of 0.93. The mean systolic volume obtained by bioreactance was 61.44 ml/beat SD \pm 16.02 ml/beat, while by ultrasound it was 60.78 ml/beat SD \pm 15.02 ml/beat. The mean of the differences in stroke volume between the techniques was 61.06 ml/beat. Bioreactance versus echocardiography presented a bias of 1.78 with SD \pm 7.81, with a 95% CI of 7.81 to -4.24, with an error of 18% and a Linn coefficient of 0.91.

Conclusions: There is substantial agreement in the determination of cardiac output and moderate agreement for stroke volume by bioreactance versus echocardiography, with low error and narrow intervals, which shows greater precision. Bioreactance allows continuous monitoring in the critically ill patient.

2. ANTECEDENTES

La existencia de una deficiente utilización de oxígeno por las células secundaria a una insuficiencia aguda circulatoria puede considerarse como un choque circulatorio.¹ Esta insuficiencia aguda circulatoria puede deberse a diferentes etiologías, puede clasificarse el choque como hipovolémico, distributivo, cardiogénico y obstructivo. Para disminuir la hipoperfusión tisular en estos pacientes críticamente enfermos se debe administrar líquidos intravenosos con el objetivo de corregir la hipovolemia, aumentar el retorno venoso, mejorar la precarga cardíaca y con ello el gasto cardíaco.^{1,2}

Cada paciente así como también cada patología tiene diferentes requerimientos líquidos y la infusión inicial no siempre corrige la hipoxia tisular por lo que el óptimo control puede considerarse un desafío en medicina crítica.³ Se sabe que solo una parte de los pacientes responden a la terapia con líquidos aumentando su volumen sistólico entre un 10 a 15% a los 15 minutos posteriores a la administración de 500 ml de cristaloides conociéndolos como pacientes “respondedores a líquidos”.¹⁻³

Identificar aquellos pacientes que son capaces de responder a un aumento del volumen circulante con una mejoría del rendimiento cardíaco e identificar aquellos que no responden es de suma importancia, ya que la terapia líquida en pacientes “no respondedores” puede generar una sobrecarga de líquidos con sus consecuentes efectos adversos, sin ningún beneficio hemodinámico.⁴

Reanimación hídrica intravenosa en pacientes con choque circulatorio³⁻⁵

- 1) **Fase de rescate:** Se considera a la administración de líquidos (cristaloides como primera línea o hemocomponentes de requerirse) durante las primeras 24 horas para la resucitación del paciente con choque grave (presencia de hipoperfusión, hipotensión o ambas) basándose en recomendaciones de consenso y guías de práctica clínica, debe valorarse la respuesta al volumen y la respuesta autonómica compensatoria, el uso temprano de vasopresores debe considerarse como terapia adjunta para disminuir el volumen a administrar, mejorar la perfusión tisular por incremento del retorno venoso, la presión arterial media y el gasto cardíaco.
- 2) **Fase de optimización:** si bien se considera que en esta fase el paciente no tiene un peligro inminente de muerte, se encuentra en una fase compensada del choque pero con riesgo de descompensación, por lo cual la administración líquida debe tener la finalidad de optimizar el gasto cardíaco, mejorar la perfusión tisular con el objetivo de disminuir el riesgo de disfunción orgánica.
- 3) **Fase de estabilización:** en esta fase se considera que el paciente se encuentra estable, distinguiéndose de las fases anteriores por la ausencia de choque compensado o descompensado, por lo que la terapia hídrica es de mantenimiento, logrando un balance neutro o negativo acumulado.

- 4) **Fase de desresucitación o desescalamiento:** ocurre comúnmente a las 96 horas de manejo o cuando se logra la estabilidad hemodinámica, es para lograr un balance hídrico negativo por restricción en la administración de líquidos intravenosos o mediante la remoción de fluidos por inducción de la diuresis espontánea o con diuréticos como estrategia para eliminar el exceso de fluidos acumulados en las fases previas.

Existen pacientes en quienes no se logra las metas esperadas de la reanimación hídrica intravenosa, debiendo considerarse como un choque circulatorio refractario, en este apartado se encuentran aquellos pacientes en quienes transcurridas 3-6 horas desde el inicio del tratamiento, persiste lactacidosis, oliguria, necesidad de dosis crecientes de fármacos vasoactivos lo que obligará a una monitorización de la función cardíaca específicamente el gasto cardíaco y volumen sistólico que permita comprender el fracaso del tratamiento inicial y poder orientar las medidas de reanimación adecuadas. ^{6,7}

La atención del paciente crítico tiene como objetivo principal la valoración y la manipulación de los sistemas cardiovascular y respiratorio, con el fin de lograr un balance óptimo entre oferta y demanda tisular de oxígeno así como en los sustratos metabólicos esenciales. La monitorización hemodinámica, resulta imprescindible para lograr una terapia hídrica y un soporte vasopresor e inotrópico racionales, dirigidos a metas terapéuticas tempranas. ⁷

La monitorización hemodinámica ideal debería ser poco invasiva, fiable, precisa, fácil de realizar, continua y a pie de cama. Los avances tecnológicos desarrollados en los últimos años permiten disponer de “nuevos parámetros” que exploran los aspectos más importantes de la hemodinámica, como son el nivel de precarga, su dependencia, la función ventricular o la valoración de los objetivos de la reanimación hemodinámica. ^{7,8}

La práctica usual es la monitorización de parámetros hemodinámicos simples como frecuencia cardíaca, presión arterial, PVC, índice de *shock* y presión de pulso. El estudio de la función cardiovascular constituye un aspecto fundamental del cuidado del paciente crítico. La monitorización hemodinámica permite obtener información acerca de la fisiopatología cardiocirculatoria, ayudando a realizar el diagnóstico y a guiar la terapéutica en las situaciones de inestabilidad hemodinámica. ⁶⁻⁸

La evaluación del paciente crítico implica determinar la idoneidad del estado de perfusión de los tejidos, ya que la presencia y/o persistencia de disoxia celular va a ser un factor fundamental en el desarrollo de lesiones orgánicas, fracaso multiorgánico y eventualmente la muerte del individuo. ⁸ Se debe recordar que la presencia de hipoperfusión aun en ausencia de hipotensión y/o de estos signos clínicos, a lo que se denomina shock oculto o compensado, se asocia también a cifras significativamente elevadas de morbimortalidad. ⁹

La incapacidad para mantener la adecuada perfusión de los tejidos va a provocar un incremento en la extracción de oxígeno a nivel microcirculatorio, así como el inicio de las vías anaerobias a fin de mantener la respiración celular. En la práctica clínica, se habla de

situación de choque cuando se detecta una disminución de las saturaciones venosas de oxígeno y/o una elevación del lactato sérico, más allá de la presencia o no de hipotensión arterial.^{9,10}

¿Cuándo se debe monitorizar el gasto cardiaco?¹¹

- 1) En casos de choque refractario, deberá realizarse en cuanto se detecte la resistencia de respuesta a las medidas de reanimación iniciales.
- 2) Pacientes con falla cardíaca, aquellos pacientes con hipoxemia severa inicial en que se sospeche falla cardíaca, ya que las medidas de reanimación inicial (carga de volumen) pueden empeorar las funciones cardíaca y respiratoria.
- 3) Pacientes postquirúrgicos de alto riesgo, una adecuada optimización del gasto cardíaco y de la entrega de oxígeno (DO₂) durante la intervención y en el postoperatorio inmediato mejora el pronóstico y el riesgo de complicaciones.
- 4) Pacientes con choque cardiogénico, aquellos en quienes se sospecha una disfunción miocárdica como causa primaria del estado crítico. El choque cardiogénico puede estar causado por alteraciones en la estructura cardíaca (enfermedad coronaria) o bien derivado de otro proceso (tromboembolia pulmonar, depresión miocárdica por fármacos). En estos pacientes la monitorización temprana del gasto cardiaco es prioritaria.

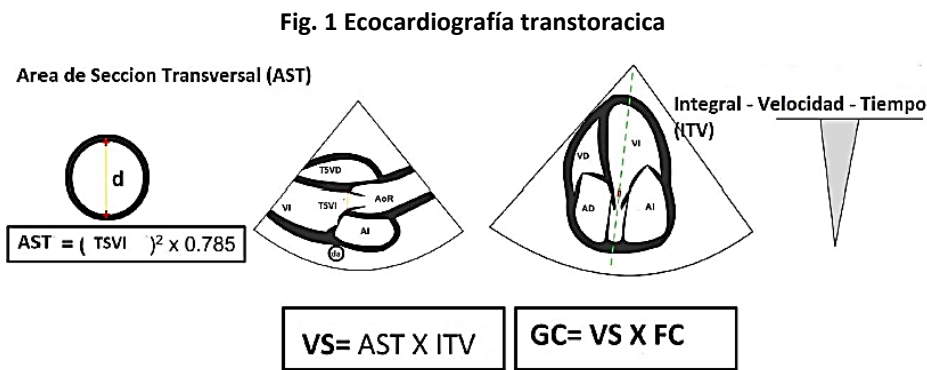
El gasto cardiaco (GC) es considerado un evaluador de la función cardíaca global. Proporciona información sobre la causa del choque y del fallo orgánico por lo que representa un parámetro fundamental en la evaluación hemodinámica del paciente crítico. Es necesario integrar el valor del GC con otras variables hemodinámicas (medidas de precarga, contractilidad, poscarga), signos biológicos y parámetros de oxigenación tisular para obtener una información completa que pueda guiar las decisiones terapéuticas.¹²

Actualmente se dispone de una gran variedad de métodos y dispositivos para monitorizar el GC con importantes diferencias entre ellos. Los dispositivos pueden ser clasificados en función del grado de invasividad: sistemas invasivos como presión pulmonar en cuña (CAP), semiinvasivos (termodilución transpulmonar, litiodilución, análisis del contorno de la onda de pulso, Doppler esofágico, etc.) y no invasivos (ecografía, biorreactancia, tecnología Doppler, etc.).^{12,13}

Ecocardiografía Transtoracica en la Unidad de cuidados intensivos

Parámetros hemodinámicos básicos como el volumen sistólico (VS) y el gasto cardíaco (GC) ayudan a enfocar el tratamiento para lograr la perfusión de órganos y suministro de oxígeno en aquellos pacientes con inestabilidad hemodinámica críticamente enfermos. El uso de ecocardiografía transtorácica (ETT) permite la evaluación de estos parámetros hemodinámicos.¹³

A través de la ecografía transtorácica el volumen sistólico se obtiene como el producto del área de sección transversal del tracto de salida del ventrículo izquierdo (TSVI) por la integral de velocidad-tiempo del tracto de salida del ventrículo (ITV) el gasto cardiaco resulta como el producto del volumen sistólico (VS) y la frecuencia cardíaca (FC).¹⁴ (Figura 1)



Tomada de: Blanco, P. Rationale for using the velocity–time integral and the minute distance for assessing the stroke volume and cardiac output in point-of-care settings. *Ultrasound J* 12, 21 (2020). <https://doi.org/10.1186/s13089-020-00170-x>

Existen algunos inconvenientes, sobre todo a la hora de obtener el área de sección transversal del TSVI lo que impacta en el VS y el GC calculados. Dado que el área de sección transversal del tracto de salida del ventrículo izquierdo es constante, cualquier cambio en el VS y el GC depende en gran medida de las variaciones en el IVT del TSVI; el ritmo cardiaco también contribuye al gasto cardiaco. Por tanto, el tracto de salida del ventrículo izquierdo y el ITV ayudan a monitorear el volumen sistólico sin la necesidad de calcular el área de sección transversal del TSVI; la fórmula del gasto cardiaco (VS x FC) ayudan a monitorizar el GC.^{14,15}

Este enfoque es útil para la evaluación continua del estado del GC y la respuesta del paciente a las intervenciones, como las pruebas de fluidos o la estimulación inotrópica. Cuando la ITV del TSVI no es precisa o no se puede obtener, la ITV de la válvula mitral o del tracto de salida del ventrículo derecho también se puede utilizar de la misma manera que la ITV del TSVI.¹⁶

La ITV del TSVI permite predecir los resultados en poblaciones seleccionadas, como por ejemplo en pacientes con insuficiencia cardíaca aguda descompensada y embolia pulmonar, en los cuales una ITV del TSVI bajo se asocia con una alta mortalidad. Al aplicar cualquier técnica de monitorización hemodinámica, los parámetros de flujo, como el VS y el GC, son clave para dirigir la perfusión de órganos y el suministro de oxígeno en pacientes con inestabilidad hemodinámica.¹⁷

Dado que el VS y el GC no pueden estimarse de forma fiable por el examen clínico y la evaluación de rutina, se han desarrollado varios métodos con el propósito de obtener estos parámetros en pacientes del área de cuidados críticos. Entre ellos, el catéter de arteria

pulmonar (CAP); sin embargo, la utilidad de este dispositivo ha sido cuestionada en función a la relación riesgo/beneficio, por lo que actualmente está en desuso, sin embargo es de destacar que el CAP todavía se considera el estándar de oro para medir el gasto cardiaco.¹⁸

Se considera que un monitor ideal de VS/GC debe ser no invasivo, continuo o repetible rápidamente, rentable, reproducible, confiable durante varios estados fisiológicos y también debe tener un tiempo de respuesta rápido.^{17,18}

Tanto la Sociedad Estadounidense de Ecocardiografía como el grupo de Trabajo de la Sociedad Europea de Medicina Intensiva han recomendado a la ecocardiografía transtoracica y/o ecografía transesofágica para evaluar la VS y el GC en la monitorización hemodinámica en el choque circulatorio. La ecografía transtoracica ofrece la posibilidad de vincular el estado de VS o GC con su factor causal, por ejemplo, hipovolemia, disfunción cardíaca, taponamiento cardíaco, cor pulmonale agudo, choque distributivo, o choque vasopléjico.¹⁹

La ecografía transtoracica en comparación con la ecografía transesofágica ofrece un buen rendimiento diagnóstico y monitoreo. Además, una sonda de ecografía transesofágica estándar no se puede mantener en el paciente durante demasiado tiempo. La principal indicación de la ecografía transesofágica para la monitorización hemodinámica es en pacientes con ventilación mecánica que carecen de ventanas de ecografía transtoracica adecuadas.^{19,20}

Calculo de volumen sistólico y gasto cardiaco con ecografía transtoracica

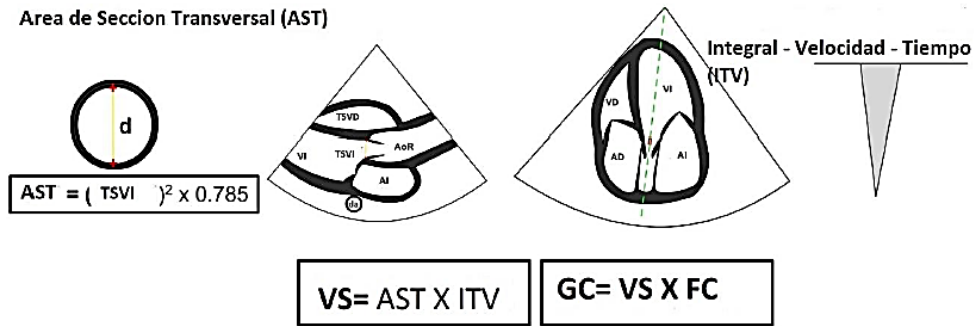
El VS se obtiene del producto del área de la sección transversal del TSVI (en cm²) con la integral velocidad-tiempo del TSVI o ITV (también conocida como distancia entre válvulas, en cm). El área de sección transversal o ACT del TSVI se deriva del diámetro del tracto de salida del ventrículo izquierdo (TSVId) utilizando la fórmula²¹
 $\pi r^2 [3,1416 \times (TSVId / 2)^2]$, o su equivalente $(TSVId)^2 \times 0,785$.

El TSVI se obtiene a partir de la proyección del eje largo paraesternal, en un marco mesosistólico, medido desde el borde superior al borde inferior del TSVI o eventualmente entre el sitio de inserción de las valvas aórticas.^{21,22}

El ITV del TSVI se obtiene trazando la envolvente del espectro Doppler del flujo sistólico del TSVI desde la vista apical de cinco o tres cámaras usando Doppler pulsado (PWD), con el volumen de muestra colocado dentro del TSVI, aproximadamente a 1 cm de distancia de la válvula aórtica.²³

Se considera una ITV óptima cuando la alineación del volumen de la muestra de PWD es paralela al flujo sub-aórtico y se obtiene un ensanchamiento espectral mínimo. El producto del VS y la FC producirá el GC (en L/min).^{23,24} (Figura 2)

Fig. 2 Cálculo de Volumen Sistólico y Gasto Cardíaco



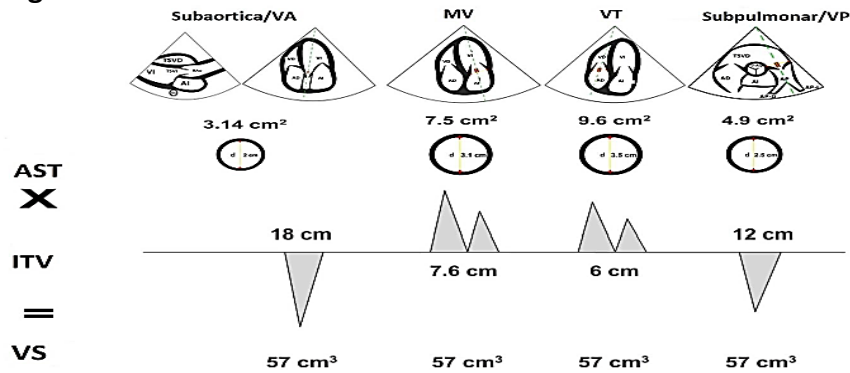
Tomada de: Blanco, P. Rationale for using the velocity–time integral and the minute distance for assessing the stroke volume and cardiac output in point-of-care settings. *Ultrasound J* 12, 21 (2020). <https://doi.org/10.1186/s13089-020-00170-x>

Según el principio de conservación de la masa, lo que significa que el VS y el GC son iguales en cada válvula u orificio en ausencia de una insuficiencia valvular significativa o una derivación intracardiaca, también se pueden utilizar otros sitios para medir el VS y el GC, como el tracto de salida del ventrículo derecho (TSVD) o la válvula mitral (VM).²⁵ (Figura 3)

En estos casos, el GC se puede obtener en el caso del tracto de salida de ventrículo derecho (TSVD) como: ITV del TSVD × AST del TSVD × FC.

En el caso de la utilización de la válvula mitral (VM) como: ITV de la VM × AST de la VM × FC.

Fig. 3 Tracto de salida del ventrículo derecho o la válvula mitral



Tomada de: Blanco, P. Rationale for using the velocity–time integral and the minute distance for assessing the stroke volume and cardiac output in point-of-care settings. *Ultrasound J* 12, 21 (2020). <https://doi.org/10.1186/s13089-020-00170-x>

Dado que el GC es esencialmente constante (como lo es el AST del TSVI), no es necesario medirlo repetidamente, y esto debe hacerse una sola vez en la línea de base y luego se utiliza la misma AST del TSVI para las estimaciones seriadas del VS y el GC.^{24,25}

Aplicación práctica del ITV y la distancia minuto

La integral velocidad-tiempo del tracto de salida del ventrículo izquierdo (ITV TSVI) se ha utilizado con éxito en varios estudios como parámetro para la evaluación de las respuestas al tratamiento, especialmente en la evaluación de la capacidad de respuesta a los líquidos.

Desde un punto de vista racional, el ITV TSVI y la distancia por minuto se pueden usar para rastrear cambios en el VS y el GC durante la monitorización del paciente y por ende evaluar la respuesta del paciente a los tratamientos administrados, como retos de líquidos, terapia vasopresora, apoyo inotrópico o alivio de los mecanismos de choque obstructivo. Como regla general, un aumento >15% en la ITV después de un tratamiento indica una adecuada respuesta a la terapia o por el contrario, una mala respuesta en caso de que la ITV no cambie posterior a la administración del tratamiento.^{25,26}

El ITV TSVI también desempeña un papel en la predicción de resultados en poblaciones seleccionadas, como es en el caso de pacientes con insuficiencia cardíaca aguda descompensada donde un valor del ITV TSVI por debajo a 10 cm y en pacientes con tromboembolia pulmonar aguda con un ITV TSVI inferior a 15 cm se asocia con un peor pronóstico.^{26,27}

Además se ha demostrado que un ITV TSVI inferior a 15 cm se correlaciona con la presencia de un síndrome de gasto cardíaco bajo en pacientes con insuficiencia cardíaca aguda descompensada y predice el uso de inotrópicos.²⁷

La ITV del TSVI no es confiable para estimar el volumen sistólico o el gasto cardíaco cuando hay insuficiencia aórtica moderada a severa y/o la presencia de una obstrucción subaórtica ya sea fija o dinámica. La obstrucción subaórtica dinámica puede observarse en hipovolemia extrema, hipertrofia asimétrica del tabique ventricular izquierdo, (especialmente a baja precarga y alta estimulación inotrópica), infartos al miocardio anteriores con segmentos basales hiperdinámicos compensadores del tabique interventricular y en el síndrome de Takotsubo.^{27,28}

Un problema común para la determinación precisa de la ITV es la presencia de arritmias, especialmente fibrilación auricular y extrasístoles, ventriculares ya que existen diferentes tiempos de llenado lo que dan como resultado una variabilidad de la ITV latido a latido. En estos casos, se recomienda promediar al menos cinco ITV para obtener un valor de ITV más preciso.²⁹

BIORREACTANCIA

La tecnología de Biorreactancia®, es una nueva manera de monitorización del débito cardíaco no invasivo y continuo. Se basa en el análisis de las alteraciones de fase relativas de corrientes oscilantes que fluctúan cuando la corriente cruza la cavidad torácica. La

bioimpedancia, no utiliza la impedancia estática y no depende de la distancia entre los electrodos para calcular el VS y DC, resultando en mediciones mucho más precisas.³⁰

El monitor está basado en la bioimpedancia (Figura 4), es el sistema más utilizado.

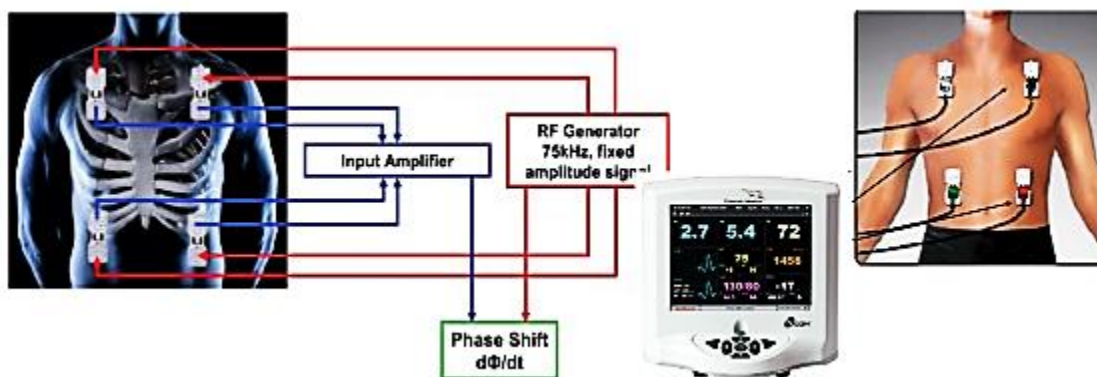
Fig. 4: Monitor



Tomada de: Almela Quilis A. Monitorización hemodinámica no invasiva o mínimamente invasiva en el paciente crítico en los servicios de urgencias y emergencias. Emergencias 2015; 28:00-00

La bioimpedancia se basa en el análisis del cambio de fase que se produce en la onda eléctrica de frecuencia que es emitida al tórax por los cambios en el volumen sanguíneo (Figura 5).^{30,31}

Fig. 5 Sistema de monitorización por bioimpedancia



Tomada de: ©Cheetah Medical Inc 10291 N. Meridian Suit 100. Indianapolis In 46290 EEUU

El sistema Bioimpedancia® presenta una precisión y un nivel de respuesta aceptables en la monitorización del débito cardíaco de pacientes que tienen una amplia variedad de situaciones o alteraciones circulatorias. Ser totalmente no invasiva e independiente del operador (como es el caso de la ecografía) son las características más importantes de esa tecnología.³¹

Los sistemas no invasivos solo requieren:

- 1) Medidas de limpieza con alcohol de la zona donde se colocarán los electrodos y secar posteriormente.
- 2) Colocación adecuada en el lugar recomendado por el fabricante
- 3) Requiere de calibración.

¿Cómo funciona?

- 1) Se aplican 4 almohadillas sensoras no invasivas al tórax, lo que crea una “caja” alrededor del corazón.
- 2) Se aplica a través del tórax entre el par exterior de sensores una corriente eléctrica pequeña, de frecuencia conocida (75kHz),
- 3) Con ello se registra una señal de voltaje entre el interior par de sensores
- 4) El flujo de sangre en el tórax produce un retardo de tiempo o cambio de fase en la señal.
- 5) Los algoritmos patentados de Cheetah interpretan la señal para proporcionar el cálculo del volumen sistólico.
- 6) Estos cambios de señal se han validado correlacionándolos con el gasto cardíaco conocido por termodilución en 65,000 muestras de pacientes en diferentes entornos clínicos.

Este método mide GC, VS y la contractilidad cardíaca a partir de los cambios de la impedancia torácica causada por la fluctuación del volumen sanguíneo a través del ciclo cardíaco. Entre las desventajas del método se encuentra que el área bajo la onda de pulso de flujo es proporcional al producto del flujo y tiempo de eyección del ventrículo.^{30,31}

Entre sus ventajas están que es un dispositivo compacto y portátil, no es invasivo por lo cual se evitan infecciones y daño vascular en el paciente; puede ser utilizado en personas con arritmia, hipertensión pulmonar y arterio-espasmos, y determina de manera precisa las variaciones de flujo.^{30,31}

Es importante integrar la información del monitor con otras técnicas diagnósticas empleadas en el manejo del choque como la ecocardiografía, biomarcadores, constantes vitales, etc., con el objetivo de obtener una valoración completa y multidimensional, ya que no existe técnica que por sí sola diagnostique la hipoperfusión tisular.^{31,32}

Las variables propiamente hemodinámicas obtenidas mediante los distintos sistemas y monitores del GC, proporcionarán un conocimiento mayor de las alteraciones fisiopatológicas que presenta el paciente crítico, ayudando en el diagnóstico diferencial del choque (Tabla 1), permitiendo optimizar el tratamiento, cuantificar sus efectos y evitar las posibles complicaciones derivadas del mismo.^{31,32}

Tabla 1: Patrones hemodinámicos asociados a los principales tipos de shock							
Tipo de shock	GC	PAM	RVS	PVC	PCP	PAP	SvO ₂
Cardiogénico	↓	↓	↑	↑	↑	↑	↓
Hipovolémico	↓	↓	N/↑	↓	↓	↓	↓
Obstructivo	↓	↓	N/↑	↑	N/↑	↑	↓
Distributivo:	↑	↓	↓	↓	↓	N/↓	N/↑
Shock anafiláctico	↓	↓	↓	↓			
Shock neurogénico	N/↓	↓	↓	↓			
Insuficiencia suprarrenal	↓		N/↓	↑↑	↑↑		↓
Shock séptico hiperdinámico	↑		↓	↑↑	↑↑		↑
Shock séptico hipodinámico	↓		↑	↑↑	↑↑		↑↑

GC: gasto cardiaco; PAM presión arterial media; RVS resistencias vasculares sistémicas; PVC presión venosa central; PCP presión capilar pulmonar; PAP presión arterial pulmonar; SvO₂ saturación oxígeno en sangre venosa; N: normal.

Tomada de: Almela Quilis A. Monitorización hemodinámica no invasiva o mínimamente invasiva en el paciente crítico en los servicios de urgencias y emergencias. Emergencias 2015; 27:00-00

3. MARCO DE REFERENCIA

Vitón-Castillo y colaboradores (2021), hicieron un estudio de revisión en las bases de dato Scopus, SciELO, PubMed, LILACS, AmeliCA y Redib, con el objetivo de describir el sustento fisiológico del monitoreo hemodinámico y los medios para su determinación, encontrando que en la atención al paciente crítico requiere del manejo del sistema cardiovascular y del equilibrio del medio interno, por lo cual es necesario el monitoreo hemodinámico el cual permite determinar la necesidad de administrar fluidos y monitorizar la respuesta terapéutica del paciente; al analizar la curva de Frank-Starling. Además, esta determinación hemodinámica necesita la determinación de parámetros estáticos y dinámicos, que analizan el gasto cardíaco, la presión de pulso, medidos mediante métodos invasivos, mínimamente invasivos y no invasivos. La variabilidad de la presión de pulso y del volumen sistólico constituye nuevas variables útiles en el proceso. El estudio mediante ecocardiografía juega un importante papel en el monitoreo hemodinámico.³³

Cuesta y colaboradores (2019) realizaron un estudio con el objetivo de analizar la concordancia del GC por ecocardiografía versus biorreactancia y USCOM a través del análisis de 26 pacientes con shock séptico ingresados en UCI, encontrando que la biorreactancia frente a la ecocardiografía presentó sesgo de -0.08 con DE 0.85, con IC 95% de 1.59 a -1.75, con error 24% y un coeficiente de Linn 0.78, mientras que USCOM sesgo de 1.11 con DE 0.95, con IC 95% de 2.98 a -0.75, con error 41% y un coeficiente de Linn 0.6. Concluyendo que la biorreactancia es un monitoreo prometedor continuo comparable a la ecocardiografía, sin embargo USCOM no se equipara a ecocardiografía o biorreactancia, sin embargo deben considerarse estudios con una muestra mayor de pacientes.³⁴

Almela-Quilis y colaboradores (2015) realizaron un análisis las ventajas y limitaciones que tienen los sistemas de estimación del GC, considerando que la monitorización hemodinámica no invasiva o mínimamente invasiva es una herramienta que se utiliza cada vez más en los servicios de urgencias y emergencias, para garantizar el adecuado aporte de oxígeno a los tejidos en el paciente crítico. Estableciendo además que la monitorización del GC ayuda a establecer el diagnóstico diferencial de las posibles causas del choque y a optimizar el tratamiento, cuantificar sus efectos y evitar las posibles complicaciones derivadas del mismo. Por desgracia, los métodos convencionales de monitorización, por sí solos, se han mostrado insuficientes o poco eficientes, como la presión venosa central (SvcO₂), para la evaluación hemodinámica de los pacientes críticos. En los últimos años el desarrollo tecnológico ha permitido disponer de monitores que miden de forma continua el gasto cardíaco (GC) del paciente de forma no invasiva (mediante electrodos cutáneos manguito hinchable digital o sensores de fotoespectrometría) o mínimamente invasiva (mediante la canalización de una arteria periférica). Concluyendo que deben conocerse en la práctica clínica, las ventajas y limitaciones que tienen los sistemas de estimación del GC antes de su aplicación. Una combinación de las variables clásicas, las variables hemodinámicas y la información anatómica y funcional que nos proporciona la ecografía va a permitir establecer algoritmos de actuación en los pacientes críticos.³⁵

Doherty y colaboradores (2011) realizaron un estudio observacional con el objetivo de evaluar la ayuda de la biorreactancia en la monitorización del débito cardíaco en forma no invasiva en pacientes obstétricas sometidas a anestesia espinal y operación cesárea con el fin de evitar la hipotensión. El monitoreo se realizó previo a la aplicación de la raquianestesia, durante la operación cesárea y en el periodo postoperatorio encontrando que las fluctuaciones significativas se observaron en la presión arterial sistólica, en la frecuencia cardíaca y en el débito cardíaco en el período postoperatorio, concluyendo que este nuevo monitor no invasivo, con base en la biorreactancia, permite el monitoreo de fluctuaciones hemodinámicas significativas, así como la respuesta a fármacos vasopresores.³⁶

García y colaboradores (2011) realizaron un estudio de meta análisis con el objetivo de profundizar en el conocimiento del gasto cardíaco, sus variables y sus condicionantes, así como repasar exhaustivamente las diferentes técnicas disponibles para su monitorización y establecer las situaciones en que el conocimiento del gasto cardíaco aporta una información fundamental en el manejo del paciente crítico. La técnica de Fick, utilizada en los inicios para calcular el gasto cardíaco de los pacientes, ha sido sustituida hoy en día en la práctica clínica por los métodos de termodilución (transcardíaca o transpulmonar), litiodilución, biorreactancia, la tecnología basada en el efecto Doppler o la ecocardiografía. El análisis de la onda de pulso ha permitido la obtención de una medida continua y mínimamente invasiva del gasto cardíaco. Concluyendo que otros métodos, como la biorreactancia, el Doppler o la ecocardiografía permiten, en la actualidad, obtener medidas del gasto cardíaco de forma no invasiva, rápida y fiable.³⁷

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Corregir la hipoperfusión tisular es el propósito más importante a perseguir en estos pacientes críticamente enfermos ya que el choque circulatorio es una condición potencialmente mortal, debido al compromiso circulatorio agudo que genera una mala utilización del oxígeno por las células, estas condiciones obligan al médico a instaurar una terapia líquida.

Si bien existen un número importante de pacientes que se consideran respondedores a la terapia líquida, existen también aquellos que no responden a la administración de líquidos poniéndose en riesgo de desarrollar una condición de sobrecarga de líquidos, la cual puede provocar efectos adversos, sin ningún beneficio hemodinámico, siendo un predictor de aumento de la mortalidad en el choque circulatorio.

En pacientes críticamente enfermos con inestabilidad hemodinámica es importante el monitoreo del VS y GC ya que son parámetros básicos hemodinámicos que permiten dirigir la terapia para lograr la perfusión orgánica y el suministro de oxígeno.

Si bien existen diversos métodos para la valoración de la respuesta del paciente a la administración de la terapia con líquidos, pocos estudios se han enfocado en comparar la eficacia de su medición. Entre los métodos no invasivos encontramos el uso del ultrasonido y la biorreactancia que suelen ser utilizados en la Unidad de Cuidados Intensivos del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, por lo que es necesario el conocimiento de la efectividad entre dichos métodos para así poder validar su aplicación.

Para ello esta investigación partió de la siguiente pregunta de Investigación:

¿Existe concordancia en el monitoreo no invasivo del Gasto Cardíaco y Volumen Sistólico mediante Biorreactancia versus ultrasonido en pacientes críticamente enfermos?

5. JUSTIFICACIÓN

En pacientes críticos con choque circulatorio e hipoperfusión tisular subyacente debe mantenerse una monitorización estrecha de las condiciones hemodinámicas así como también la respuesta hemodinámica del paciente a la terapia prescrita. La terapia líquida intravenosa debe considerarse como cualquier prescripción farmacológica poseedora de riesgos. La utilización de herramientas o métodos que permitan guiar de forma más segura y adecuada los ajustes a la terapia de los pacientes críticamente enfermos y el monitoreo de la respuesta al manejo, se tornan fundamental en la Unidades de Cuidados Intensivos.

La trascendencia de esta investigación fue por tanto comparar dos métodos de monitoreo no invasivos del VS y GC como son el ultrasonido y la biorreactancia comparando los valores reportados ya que son parámetros hemodinámicos que permiten dirigir la terapia para lograr el éxito en la perfusión orgánica.

La vulnerabilidad presentada durante su realización fue la disponibilidad de los equipos de monitoreo tanto del ultrasonido como para la biorreactancia ya que este equipo fue suministrado por el proveedor de equipos, disponiendo de él durante un tiempo determinado.

El estudio fue factible, ya que en la Unidad de Cuidados Intensivos del instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán se dispuso del acceso a pacientes críticamente enfermos, en manejo por choque circulatorio de diversa etiología, lo que permitió contar con el material humano requerido para la investigación.

El estudio fue viable ya que se contó para su realización con el apoyo de todo el personal de la Unidad de Cuidados Intensivos, así como también contamos con el apoyo del asesor del proyecto quien cuenta con la experiencia en la realización y publicación de estudios de investigación.

6. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

Evaluar la concordancia en el monitoreo no invasivo del Gasto Cardíaco y Volumen Sistólico mediante Biorreactancia versus ultrasonido en pacientes críticamente enfermos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Identificar los valores del VS y GC reportados por ultrasonido
- 2) Identificar los valores del VS y GC reportados por Biorreactancia
- 3) Comparar los valores reportados por ambos métodos diagnósticos
- 4) Describir las características clínicas de los pacientes

7. HIPÓTESIS

Hi:

Existe concordancia entre los valores reportados del VS y GC reportados por la biorreactancia y el ultrasonido

Ho:

No existe concordancia entre los valores reportados del VS y GC reportados por la biorreactancia y el ultrasonido

8. TIPO Y DISEÑO DE ESTUDIO

Manipulación por el investigador: Observacional

Grupo de comparación: Descriptivo

Seguimiento: Transversal

Asignación de la maniobra: No aleatorio

Evaluación: Abierto

Participación del investigador: Observacional

Recolección de datos: Prospectivo

9. MATERIAL Y MÉTODOS

Universo de Estudio:

Pacientes críticos en manejo por choque circulatorio atendidos en la Unidad de Cuidados Intensivos del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubiran durante el periodo 1º febrero al 30 de junio 2022

Tamaño de la Muestra:

Muestra no probabilística. Muestreo por conveniencia. Serie de casos. Incluyendo pacientes atendidos durante el periodo establecido de estudio (1º febrero al 30 de junio 2022)

Muestreo:

Por conveniencia, Serie de casos.

Criterios de Selección de la población:

Criterios de Inclusión:

- 1) Paciente en estado crítico con choque circulatorio de cualquier etiología
- 2) Con edad 18 años o más
- 3) Cualquier sexo

Criterios de exclusión:

- 1) Pacientes que no se encuentren con choque circulatorio

- 2) Paciente con FC >120 por minuto o Arritmia
- 3) Paciente con mala ventana ultrasonográfica para valoración del gasto cardiaco

Criterios de eliminación:

- 1) Paciente en quien no se realicen ambas valoraciones (ultrasonido y biorreactancia)

Variable Independiente:

Choque circulatorio (cualquier etiología)

Variable Dependiente:

Valor del Gasto Cardiaco y Volumen Sistólico evaluado por ultrasonido

Valor del Gasto Cardiaco y Volumen Sistólico evaluado por biorreactancia

Variables Intervinientes:

Edad

Sexo

Etiología del choque circulatorio

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE	DEFINICION OPERACIONAL	TIPO VARIABLE	ESCALA DE MEDICION	ESTADISTICA
Edad	Años cumplidos registrados en el expediente clínico	Cuantitativa Discreta	Años	Promedio Desviación Estándar
Sexo	Condición del género del ser humano	Cualitativa Dicotómica	Masculino Femenino	Frecuencias y Porcentajes
Etiología del Choque	Causa etiológica que llevó a insuficiencia aguda circulatoria e hipoperfusión tisular.	Cualitativa Nominal	Choque Séptico Choque Cardiogénico Choque Hipovolémico Choque Distributivo	Frecuencias y Porcentajes
Valores del Gasto Cardiaco	Cuantificación de volumen sistólico ventrículo izquierdo por unidad de tiempo minuto, determinado por ultrasonido o biorreactancia	Cuantitativa Discreta	l/min	Promedio Desviación Estándar
Valores del Volumen Sistólico	Cuantificación del volumen sanguíneo expulsado por el ventrículo izquierdo en cada sístole, determinado por ultrasonido o biorreactancia.	Cuantitativa Discreta	ml/latido	Promedio Desviación Estándar

Descripción del Procedimiento:

Una vez identificados los pacientes de acuerdo a los criterios de selección se procedió a realizar las mediciones correspondientes:

PARA LA ECOCARDIOGRAFÍA:

El valor del gasto cardiaco fue obtenido mediante la utilización de ecocardiografía transtoracica en la cabecera del paciente utilizando la fórmula de Bernoulli. Se obtuvieron los valores del tracto de salida del ventrículo izquierdo en un eje corto paraesternal así como la integral velocidad tiempo la cual se obtuvo mediante Doppler pulsado en la ventana cinco cámaras posteriormente se aplicó la fórmula: $GC (cm^3/min) = 0,785 \times D^2 (cm^2) \times IVT (cm./lat.) \times FC (lat./min)$. El equipo de ultrasonido utilizado en el estudio fue de la marca VINNO modelo A5, equipo con el que se cuenta en la Unidad de Cuidados Intensivos del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubiran

PARA BIORREACTANCIA

Se colocaron cuatro electrodos para el monitoreo los cuales fueron colocados de la siguiente forma: dos en la línea clavicular media, por debajo de la clavícula, y dos en el margen costal, en la línea clavicular media. Posteriormente se calibró el sistema para realizar las lecturas correspondientes.

Las mediciones fueron hechas con espacios de un minuto. Se registraron los datos correspondientes a las variables de estudio, registrando la información en el instrumento de recolección de datos, realizando con ello una base de datos en programa Excel para su posterior procesamiento.

Desarrollo de la investigación

1. Planteamiento de la pregunta de Investigación
2. Búsqueda bibliográfica, revisión de artículos sobre métodos de evaluación GC
3. Redacción de marco teórico
4. Construcción de hipótesis
5. Diseño de objetivos
6. Determinación de criterios de selección de la población.
7. Identificación de casos
8. Revisión de los pacientes.
9. Captura de la información en el instrumento de recolección de datos.
10. Realización de base de datos en programa Excel para su procesamiento posterior.
11. Procesamiento de la información
12. Elaboración del informe final con resultados, discusión y conclusiones.
13. Divulgación de los resultados.

10. ANALISIS ESTADÍSTICO

Los resultados se expresan en medias y desviación estándar para las variables cuantitativas; y frecuencias y porcentajes para las variables cualitativas, posteriormente se realizarán tablas de frecuencias y gráficos comparativos de ambos métodos de monitoreo de GC y VS. Se realizó tabla de contingencia para determinar sensibilidad y especificidad de las pruebas. Los resultados se presentaron en tablas de frecuencias y gráficos. Se calculó sesgo, intervalo de confianza 95% y el coeficiente de concordancia de Linn.

11. CONSIDERACIONES ÉTICAS

El presente protocolo de investigación fue realizado por profesionales de la salud cuidando la integridad, dignidad, derechos y privacidad de los pacientes. De acuerdo a lo señalado en el Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud; artículos 13, 14 (fracción V, VI, VII, VIII), 16, 17, 20 y 23, se considera un estudio sin riesgo ya que se trabajó con métodos no invasivos de monitorización del gasto cardiaco y volumen sistólico en la totalidad de los pacientes.

La presente investigación se sujeta a lo establecido en el reglamento de la Ley General de Salud en materia de investigación, conforme a lo establecido en el artículo 17 fracción I que establece lo siguiente: Investigación sin riesgo: Son estudios que emplean técnicas y métodos de investigación documental retrospectivos y aquéllos en los que no se realiza ninguna intervención o modificación intencionada en las variables fisiológicas, psicológicas y sociales de los individuos que participan en el estudio, entre los que se consideran: cuestionarios, entrevistas, revisión de expedientes clínicos y otros métodos de diagnóstico no invasivos, en los que no se le identifica ni se tratan aspectos sensitivos de su conducta.

El estudio se apegó a los principios éticos para investigaciones médicas en seres humanos establecidos por la Asamblea Médica Mundial en la declaración de Helsinki (1964) y ratificados en Río de Janeiro (2014). Así como a la última enmienda hecha por la última en la Asamblea General en octubre 2013, y a la Declaración de Taipei sobre las consideraciones éticas sobre las bases de datos de salud y los bio bancos que complementan oficialmente a la Declaración de Helsinki desde el 2016; de acuerdo a lo reportado por la Asamblea Médica Mundial.

Se realizó un uso correcto de los datos y se mantuvo absoluta confidencialidad de los mismos. Esto de acuerdo a lo establecido en la Ley Federal de Protección de Datos Personales, a la NOM-004-SSA3-2012, Del expediente clínico (apartados 5.4, 5.5 y 5.7)

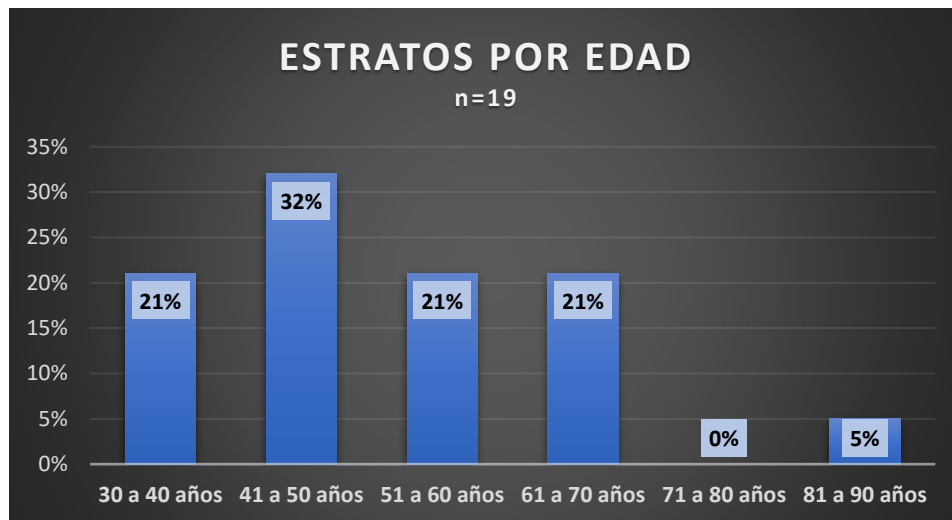
Confidencialidad de la información El uso y manejo de la información dentro del presente trabajo de investigación se realizó con total profesionalismo como recurso académico con estricto apego a la Ley de Protección de Datos Personales y respeto a los Derechos Humanos. Conforme a los lineamientos de las buenas prácticas clínicas y para garantizar la confidencialidad de la información, todos los participantes en el estudio fueron identificados únicamente mediante iniciales y número en la base de datos, así mismo, los expedientes estuvieron disponibles sólo para los investigadores participantes y, con las restricciones de ley, para el participante.

12. RESULTADOS

Se estudiaron un total de 19 pacientes con edades comprendidas entre los 30 a 90 años con promedio de 51.3 años DE ± 14.03 . En la tabla 1 y gráfica 1 se muestran los estratos por edad.

Tabla 1

ESTRATOS POR EDAD	Núm. Grupo	% Grupal
30 a 40 años	4	21%
41 a 50 años	6	32%
51 a 60 años	4	21%
61 a 70 años	4	21%
71 a 80 años	0	0%
81 a 90 años	1	5%
Total	19	100%
Promedio de edad	51.3 años	
Desviación Estándar	± 14.03	
Edad Máxima	90 años	
Edad Mínima	30 años	

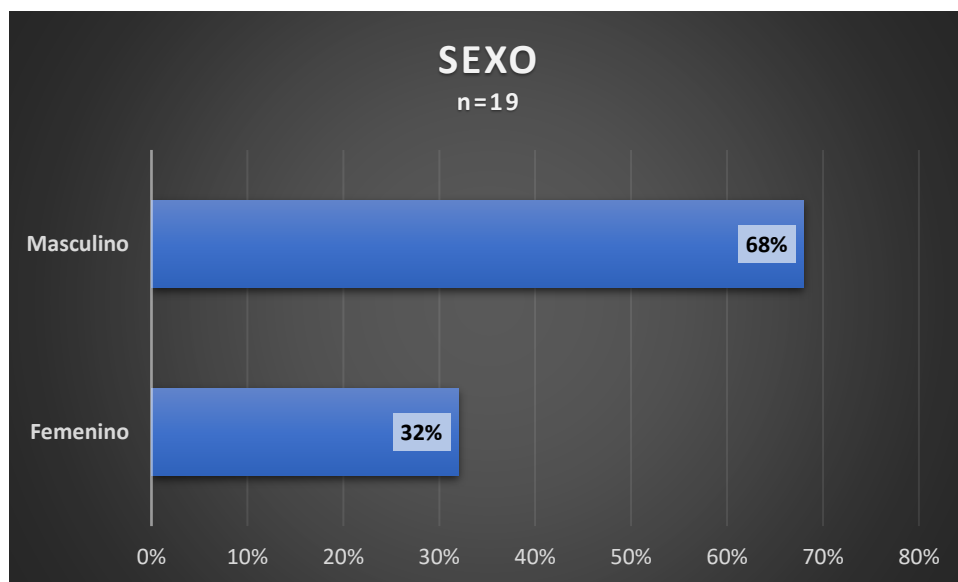


Gráfica 1

La distribución por sexo se encontró con las siguientes frecuencias: 32% correspondieron al sexo femenino y 68% al sexo masculino. (Tabla 2, Gráfica 2)

Tabla 2

SEXO	Núm. Grupo	% Grupal
Femenino	6	32%
Masculino	13	68%
Total	19	100%

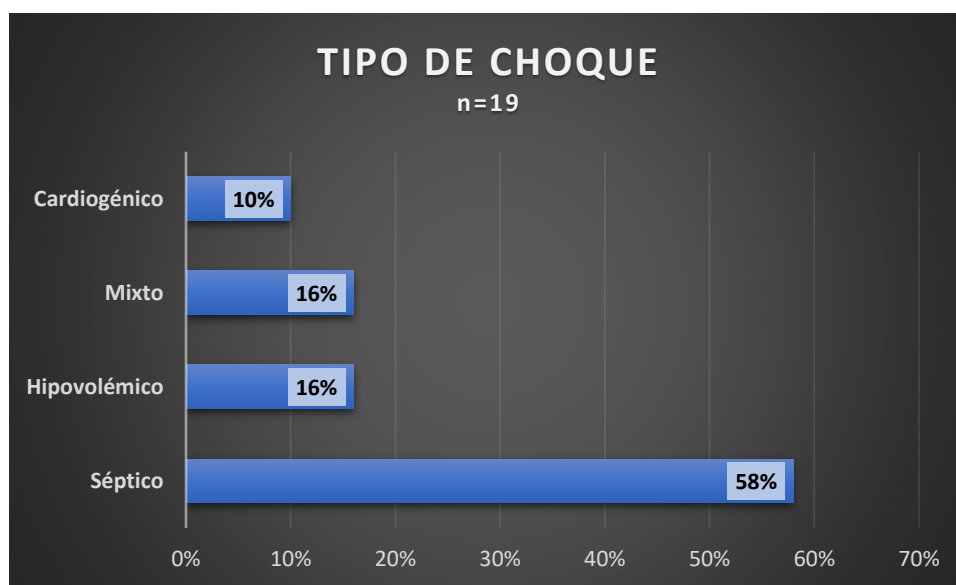


Gráfica 2

En la tabla 3 y gráfica 3 se muestra la etiología del tipo de choque circulatorio presentado por los pacientes, el cual presentó la siguiente frecuencia: 58% choque séptico, 16% choque hipovolémico, 16% choque mixto, y 10% choque cardiogénico.

Tabla 3

TIPO DE CHOQUE	Núm. Grupo	% Grupal
Séptico	11	58%
Hipovolémico	3	16%
Mixto	3	16%
Cardiogénico	2	10%
Total	19	100%

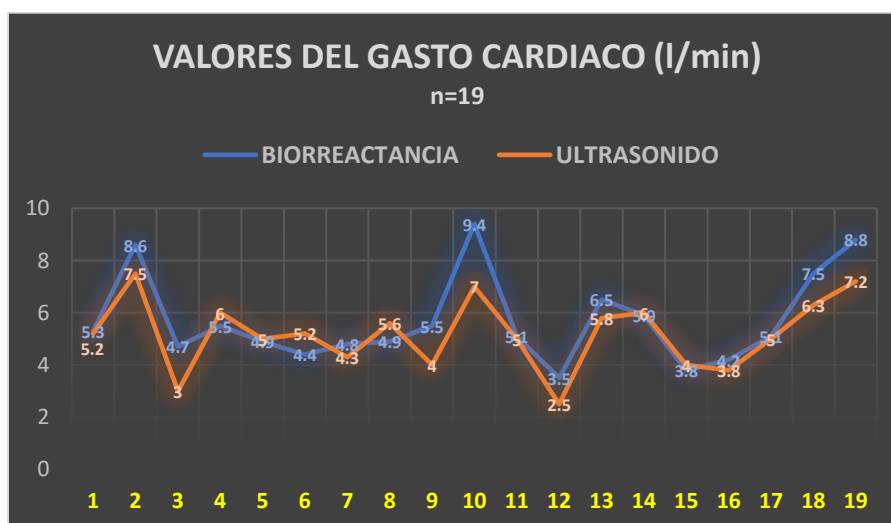


Gráfica 3

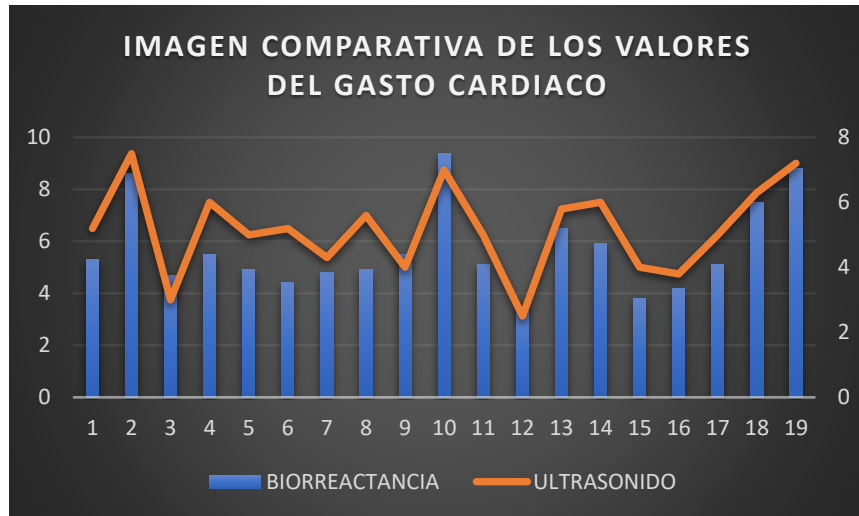
La tabla 4 y gráfica 4 muestran los valores del gasto cardiaco obtenidos por biorreactancia y ultrasonido. Las gráficas 5, 6 y 7 muestran en forma comparativa los valores del gasto cardiaco evaluados por ambos métodos biorreactancia y ultrasonido

Tabla 4

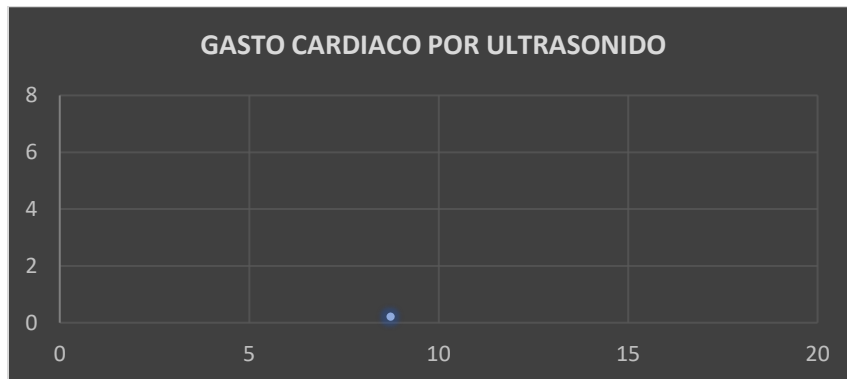
VALORES DEL GASTO CARDIACO	MÉTODO BIORREACTANCIA		MÉTODO ULTRASONIDO	
	Núm. Grupo	% Grupal	Núm. Grupo	% Grupal
2.1 a 3 l/min	0	0%	2	11%
3.1 a 4 l/min	2	11%	3	15%
4-1 a 5 l/min	6	32%	4	20%
5.1 a 6 l/min	6	32%	6	32%
6.1 a 7 l/min	1	5%	2	11%
7.1 a 8 l/min	1	5%	2	11%
8.1 a 9 l/min	2	11%	0	0%
9.1 a 10 l/min	1	4%	0	0%
Total de pacientes	19	100%	19	100%
Promedio	5.741 l/min		5.178 l/min	
Desviación Estándar	± 1.705		± 1.362	
GC Máximo	9.413 l/min		7.5 l/min	
GC Mínimo	3.534 l/min		2.5 l/min	



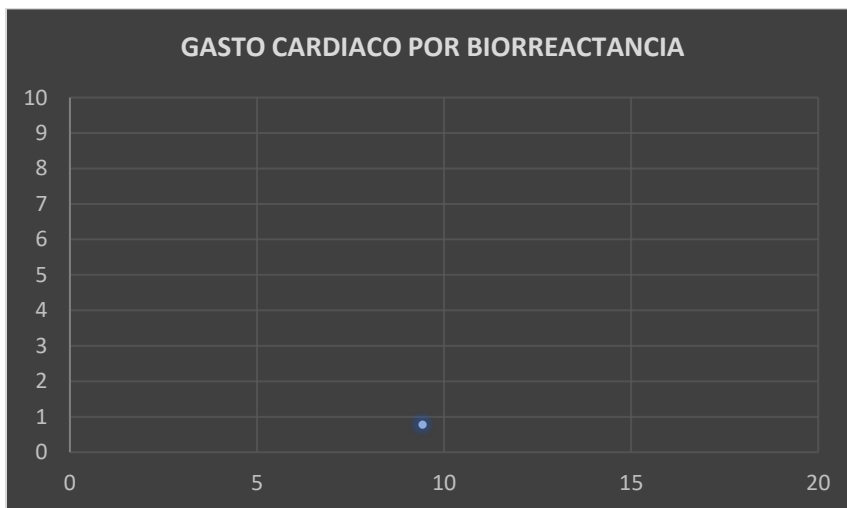
Gráfica 4



Gráfica 5



Gráfica 6

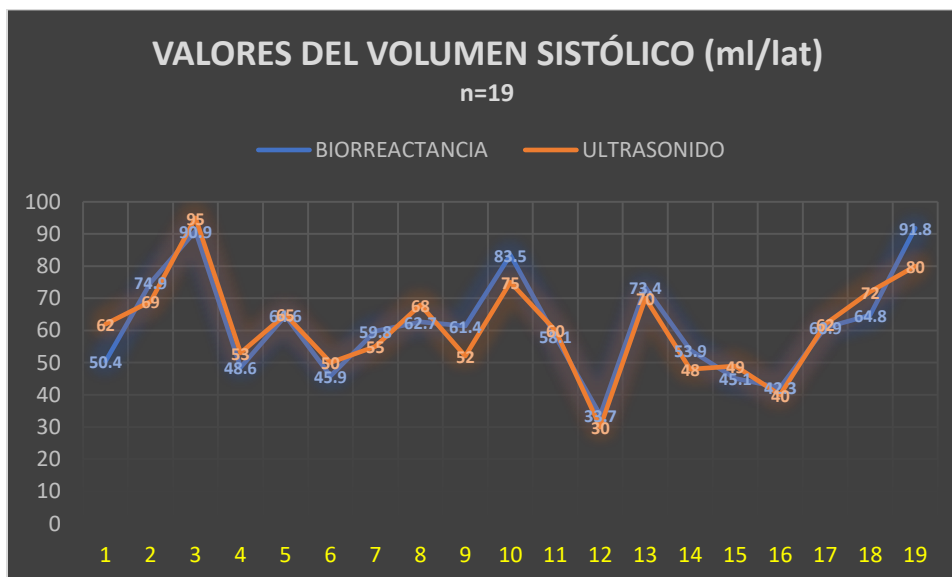


Gráfica 7

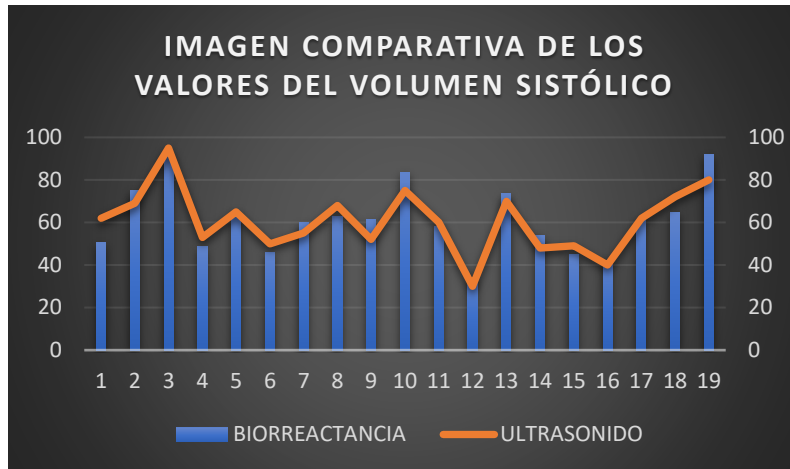
La tabla 8 y gráfica 8 muestran los valores del volumen sistólico obtenidos por biorreactancia y ultrasonido. Las gráficas 9, 10 y 11 muestran en forma comparativa los valores del volumen sistólico evaluados por ambos métodos biorreactancia y ultrasonido

Tabla 8

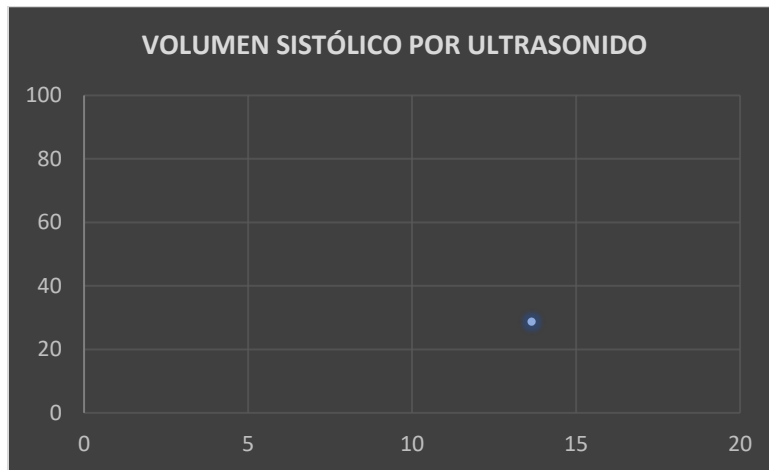
VALORES DEL VOLUMEN SISTÓLICO	MÉTODO BIORREACTANCIA		MÉTODO ULTRASONIDO	
	Núm. Grupo	% Grupal	Núm. Grupo	% Grupal
30 a 40 ml/latido	1	5%	2	10%
40.1 a 50 ml/latido	4	21%	3	16%
50.1 a 60 ml/latido	4	21%	4	21%
60.1 a 70 ml/latido	5	26%	6	32%
70.1 a 80 ml/latido	2	11%	3	16%
80.1 a 90 ml/latido	1	5%	0	0%
90.1 a 100 ml/latido	2	11%	1	5%
Total de pacientes	19	100%	19	100%
Promedio	61.44 ml/latido		60.78 ml/latido	
Desviación Estándar	± 16.027		± 15.024	
VS Máximo	91.81 ml/latido		95 ml/latido	
VS Mínimo	33.78 ml/latido		30 ml/latido	



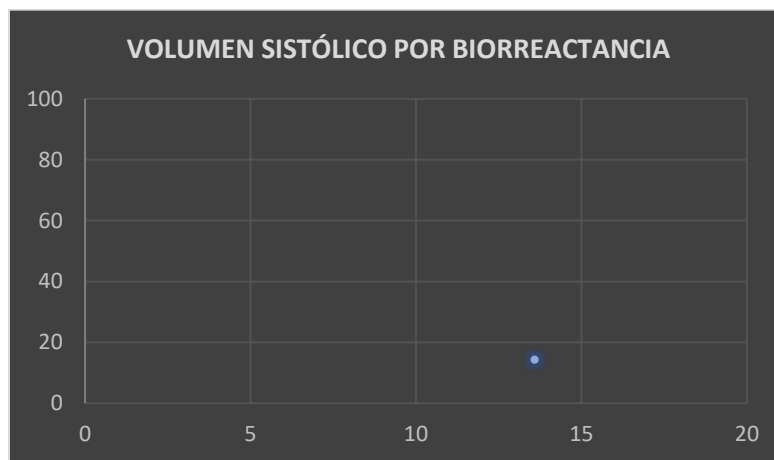
Gráfica 8



Gráfica 9



Gráfica 10



Gráfica 11

La media del gasto cardiaco obtenido mediante biorreactancia fue 5.74 L/min DE ± 1.71 L/min, mientras que por ultrasonido fue de 5.17 ± 1.36 L/min. La media de las diferencias del gasto cardiaco entre las técnicas fue de 0.57 L/min. La biorreactancia frente a la ecocardiografía presentó sesgo de -0.48 con DE ± 0.88 , con IC 95% de 1.37 a -0.4, con error 12% y un coeficiente de Linn 0.93. (Gráfica 12)



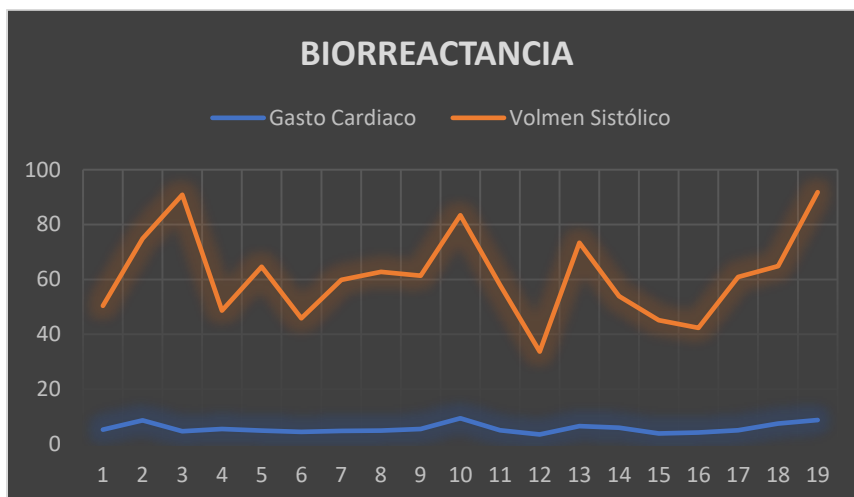
Gráfica 12

La media del volumen sistólico obtenido mediante biorreactancia fue 61.44 ml/latido DE ± 16.02 ml/latido, mientras que por ultrasonido fue de 60.78 ml/latido DE ± 15.02 ml/latido. La media de las diferencias del volumen sistólico entre las técnicas fue de 61.06 ml/latido. La biorreactancia frente a la ecocardiografía presentó sesgo de 1.78 con DE ± 7.81 , con IC 95% de 7.81 a -4.24, con error 18% y un coeficiente de Linn 0.91. (Gráfica 13)

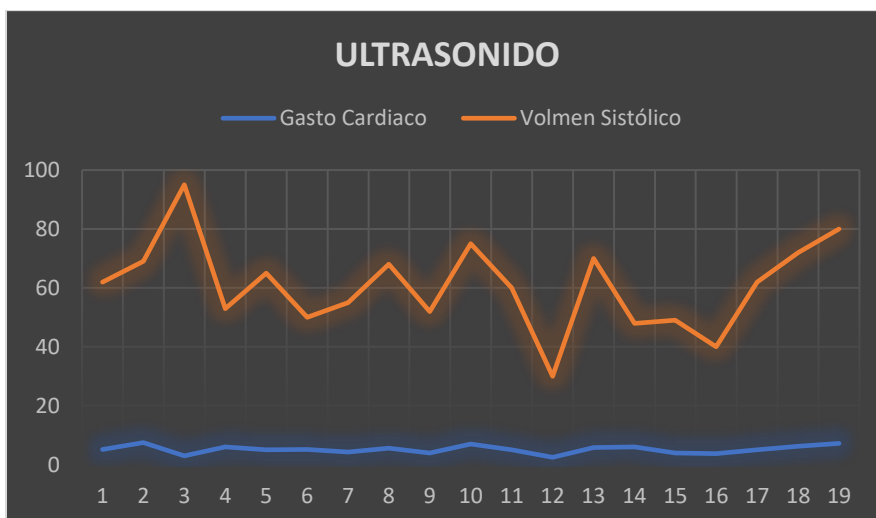


Gráfica 13

En las gráficas 14 y 15 se muestra en forma comparativa las lecturas de gasto cardiaco y volumen sistólico realizadas en los pacientes por biorreactancia y ultrasonido.



Gráfica 14



Gráfica 15

13. DISCUSIÓN

La monitorización hemodinámica avanzada constituye una herramienta ampliamente utilizada en los pacientes críticos que permite obtener información acerca de la fisiopatología cardiocirculatoria, lo cual ayuda a realizar el diagnóstico y guiar la terapéutica en situaciones de inestabilidad hemodinámica.

Un gran número de pacientes que ingresan a las Unidades de Cuidados Intensivos tienen como sustento la presencia de choque circulatorio de diversa etiología, lo que obliga a contar con un monitoreo hemodinámico que permita establecer guías de manejo de acuerdo a la gravedad y monitorear además su respuesta, por ello esta investigación comparó dos métodos como son ultrasonido y biorreactancia en búsqueda de la existencia de concordancia en sus reportes. Coincidimos con Vitón-Castillo³³ en cuanto a que la atención al paciente crítico requiere del manejo del sistema cardiovascular y del equilibrio del medio interno, por lo cual es necesario el monitoreo hemodinámico el cual permite determinar la necesidad de administrar fluidos y monitorizar la respuesta terapéutica del paciente.

Nuestros hallazgos muestran que el choque circulatorio puede presentarse en todos los pacientes, no siendo exclusivo de algún estrato de edad, como lo muestran nuestros resultados, donde los pacientes se encontraron entre los 30 a 90 años con promedio de 51.3 años DE ± 14.03 , con prevalencia mayor en el sexo masculino con relación 2:1 con el sexo femenino. Siendo en su mayoría la causa etiológica el choque séptico con prevalencia del 58%, aunque se encontró además hipovolémico, cardiogénico y mixto.

Como podemos ver bajo estas condiciones clínicas y etiológicas del choque circulatorio e hipoperfusión en los pacientes críticamente enfermos es importante evaluar la función cardíaca ya que ésta puede estar alterada incluso cuando el GC es normal o elevado, ya que la disfunción miocárdica es predictor de morbimortalidad. Por tanto es importante utilizar métodos diagnósticos que muestren la condición del paciente de manera temprana y su evolución. Coincidimos con Cuesta³⁴ en cuanto a que deben buscarse métodos de monitoreo prometedor continuo que sean comparables a la ecocardiografía, con el objetivo de mejorar las condiciones del paciente crítico

Nuestros hallazgos mostraron que la media del gasto cardíaco obtenido mediante biorreactancia fue 5.74 L/min DE ± 1.71 L/min, mientras que por ultrasonido fue de 5.17 ± 1.36 L/min. La media de las diferencias del gasto cardíaco entre las técnicas fue de 0.57 L/min. La biorreactancia frente a la ecocardiografía presentó sesgo de -0.48 con DE ± 0.88 , con IC 95% de 1.37 a -0.4, con error 12% y un coeficiente de Linn 0.93. Estos resultados nos permiten afirmar que la biorreactancia tiene capacidad similar al ultrasonido para poder monitorear la evolución y pronóstico de los pacientes críticamente enfermos. Coincidimos

con Almela-Quilis³⁵ en cuanto a que deben conocerse en la práctica clínica, las ventajas y limitaciones que tienen los sistemas de estimación del GC antes de su aplicación.

Sabemos que la perfusión tisular es el principal componente involucrado en el empeoramiento del pronóstico en los pacientes con patologías agudas, de ahí la importancia de conocer los valores sistólicos aun con un gasto cardiaco normal o elevado. Nuestros hallazgos mostraron que la media del volumen sistólico obtenido mediante biorreactancia fue 61.44 ml/latido DE \pm 16.02 ml/latido, mientras que por ultrasonido fue de 60.78 ml/latido DE \pm 15.02 ml/latido. La media de las diferencias del volumen sistólico entre las técnicas fue de 61.06 ml/latido. La biorreactancia frente a la ecocardiografía presentó sesgo de 1.78 con DE \pm 7.81, con IC 95% de 7.81 a -4.24, con error 18% y un coeficiente de Linn 0.91. Lo que nos permite afirmar que existe concordancia moderada para volumen sistólico por biorreactancia versus ecocardiografía.

Concluimos que la biorreactancia es un método no invasivo de gran utilidad en la Unidad de Terapia Intensiva para la vigilancia del paciente críticamente enfermo. Coincidimos con Cuesta³⁴ en cuanto a que la utilización de diversas técnicas de monitorización hemodinámica contribuye a la obtención de mejores resultados clínicos en pacientes ingresados en la UCI.

14.CONCLUSIONES

- 1) Existe una concordancia sustancial en la determinación de gasto cardiaco por biorreactancia versus ecocardiografía.
- 2) Existe concordancia moderada para volumen sistólico por biorreactancia versus ecocardiografía.
- 3) La biorreactancia muestra precisión al mostrar margen de error bajo e intervalos estrechos.
- 4) La biorreactancia permite el monitoreo continuo en el paciente críticamente enfermo.

15. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) Andrews FJ, Nolan JP. Critical care in the emergency department: monitoring the critically ill patient. *Emerg Med J* 2016; 23:561–564
- 2) Russell A, Rivers EP, Giri PC, Jaehne AK, Nguyen HB. A Physiologic Approach to Hemodynamic Monitoring and Optimizing Oxygen Delivery in Shock Resuscitation. *Journal of Clinical Medicine* 2020; 9(7), 2052. <https://doi.org/10.3390/jcm9072052>
- 3) Huygh J, Peeters Y, Bernardts J, Malbrain M. Hemodynamic monitoring in the critically ill: an overview of current cardiac output monitoring methods. *F1000Research*. 2016; 5 (1):125-132 Doi: 10.12688/f1000research.8991.1
- 4) Monitorización hemodinámica avanzada asociada a ecografía simultánea a variables hemogasométricas en el paciente crítico. *Rev Cub Med Intensiva y Emergencias*. 2020; 19(2):e669
- 5) Scheeren T, Ramsay M. New Developments in Hemodynamic Monitoring. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia* 2019; 33 (2) S67S7234
- 6) Vincent JL, Joosten A, Saugel B. Hemodynamic Monitoring and Support. *Critical Care Medicine* 2021; 49 (10): 1638-1650 doi: 10.1097/CCM.0000000000005213
- 7) VanDyck TJ, Pinsky MR. Hemodynamic monitoring in cardiogenic shock. *Current Opinion in Critical Care* 2021; 27 (4): 454-459 doi: 10.1097/MCC.0000000000000838
- 8) Perel A, Saugel B, Teboul JL. The effects of advanced monitoring on hemodynamic management in critically ill patients: a pre and post questionnaire study. *J Clin Monit Comput* 2016; 30:511–518.
- 9) Teboul JL, Saugel B, Cecconi M, et al. Less invasive hemodynamic monitoring in critically ill patients. *Intensive Care Med* 2016; 42:1350–1359
- 10) Ochagavía A, Baigorri F, Mesquida J, Ayuela JM, Fernández A, García X, et al. Monitorización hemodinámica en el paciente crítico. Recomendaciones del Grupo de Trabajo de Cuidados Intensivos Cardiológicos y RCP de la Sociedad Española de Medicina Intensiva, Crítica y Unidades Coronarias. *Med Intensiva*. 2014; 38:1545-69.
- 11) De Backer D, Bakker J, Cecconi M, Hajjar L, Liu DW, Lobo S. Alternatives to the Swan–Ganz catheter. *Intensive Care Medicine* 2018; 44 (6): 730–741. <https://doi.org/10.1007/s00134-018-5187-8>
- 12) Jozwiaka M, Monnet X, Teboul JL. Less or more hemodynamic monitoring in critically ill patients. *Curr Opin Crit Care* 2018, 24:309–315
- 13) Porter TR, Shillcutt SK, Adams MS, Desjardins G, Glas KE, Olson JJ. Guidelines for the use of echocardiography as a monitor for therapeutic intervention in adults: a report from the American Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2015; 28(1):40–56
- 14) Monnet X, Marik P, Teboul JL. Prediction of fluid responsiveness: an update. *Ann Intensive Care* 2016; 6:111.

- 15) Simmons J, Ventetuolo CE. Cardiopulmonary monitoring of shock. *Curr Opin Crit Care* 2017; 23:223–231.
- 16) Nguyen HB, Banta DP, Stewart G, Kim T, Bansal R, Anholm J. Cardiac index measurements by transcutaneous Doppler ultrasound and transthoracic echocardiography in adult and pediatric emergency patients. *J Clin Monit Comput* 2010; 24(3):237–247
- 17) Li L, Yuhang A, Xiaoting W, Hongmin Z, Xinhua M. Effect of focused cardiopulmonary ultrasonography on clinical outcome of septic shock: a randomized study. *Journal of International Medical Research* 2021; 49(5) 1–14
- 18) Vallabhajosyula S, Pruthi S, Wiley SV, Mankad JC. Basic and advanced echocardiographic evaluation of myocardial dysfunction in sepsis and septic shock. *Anaesth Intensive Care* 2018; 46:1
- 19) Vignon P, Merz TM, Vieillard-Baron A. Ten reasons for performing hemodynamic monitoring using transesophageal echocardiography. *Intensive Care Med* 2017; 43:1048–1051
- 20) Jon-Emile S. Functional Hemodynamic Monitoring With a Wireless Ultrasound Patch. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia* 2021; 35 (2) 1509-1515
- 21) Blanco, P. Rationale for using the velocity–time integral and the minute distance for assessing the stroke volume and cardiac output in point-of-care settings. *Ultrasound J* 12, 21 (2020). <https://doi.org/10.1186/s13089-020-00170-x>
- 22) Iregui MG, Prentice D, Sherman G, Schallom L, Sona C, Kollef MH. Physicians' estimates of cardiac index and intravascular volume based on clinical assessment versus transesophageal Doppler measurements obtained by critical care nurses. *Am J Crit Care* 2013; 12: 336-342.
- 23) 18. Johnson A, Ahrens T. Stroke volume optimization: the new hemodynamic algorithm. *Crit Care Nurse* 2015; 35(1):11–27
- 24) Porter TR, Shillcutt SK, Adams MS, Desjardins G, Glas KE, Troughton RW. Guidelines for the use of echocardiography as a monitor for therapeutic intervention in adults: a report from the American Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2015 28(1):40–56
- 25) Blancas R, Martínez-González Ó, Ballesteros D, Luján J, Rodríguez-Serrano D, Hernández A, Martínez-Díaz C. Lack of correlation between left ventricular outflow tract velocity time integral and stroke volume index in mechanically ventilated patients. *Med Intensiva* 2019; 43(2):73–78
- 26) Keijzer IN; Scheeren WL. Perioperative Hemodynamic Monitoring. *Perioperative Hemodynamic Monitoring: An Overview of Current Methods. Anesthesiology clinics* 2021, 39(3), 441-456. <https://doi.org/10.1016/j.anclin.2021.03.007>
- 27) Cecconi M, De Backer D, Antonelli M. Consensus on circulatory shock and hemodynamic monitoring. Task force of the European Society of Intensive Care Medicine. *Intensive Care Med* 2014; 40:1795–1815.

- 28) Saugel B, Vincent JL. Cardiac output monitoring: How to choose the optimal method for the individual patient. *Current Opinion in Critical Care* 2018; 24 (3): 165–172. <https://doi.org/10.1097/MCC.0000000000000492>
- 29) Pour-Ghaz I, Manolukas T, Foray N, Raja J, Rawal A, Uzoma N. Accuracy of non-invasive and minimally invasive hemodynamic monitoring: where do we stand? *Ann Transl Med* 2019; 7 (17):421 <http://dx.doi.org/10.21037/atm.2019.07.06>
- 30) Kupersztynch-Hagege E, Teboul JL, Artigas A. Bioreactance is not reliable for estimating cardiac output and the effects of passive leg raising in critically ill patients. *Br J Anaesth* 2013; 111:961–966.
- 31) Keren H, Burkhoff D, Squara P. Evaluation of a noninvasive continuous cardiac output monitoring system based on thoracic bioreactance. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2007; 293:H583-H589.
- 32) Squara P. Bioreactance for estimating cardiac output and the effects of passive leg raising in critically ill patients. *Br J Anaesth*. 2014; 112(5):942. doi: 10.1093/bja/aeu119. PMID: 24771788.
- 33) Vitón-Castillo A, Rego-Avila H, Mena-Hernández V. Monitoreo hemodinámico en el paciente crítico. *CorSalud*. 2021; 13(2):229-239
- 34) Cuesta TJ, Monares ZE, Cruz LJ. Comparación de la estimación de gasto cardiaco por ecocardiografía versus biorreactancia y monitor ultrasónico de gasto cardiaco. *Med Crit*. 2019;33(3):116-120
- 35) Almela-Quilis A, Millán-Soria J, Alonso-Íñigo JM, García-Bermejo P. Monitorización hemodinámica no invasiva o mínimamente invasiva en el paciente crítico en los servicios de urgencias y emergencias. *Emergencias* 2015; 27:00-00
- 36) Doherty A, Ohashi O, Downey K, Carvalho J. Monitorización No Invasiva con Base en la Biorreactancia Revela Inestabilidad Hemodinámica Significativa Durante la Cesárea por Elegibilidad bajo Raquianestesia. *Rev Bras Anesthesiol* 2011; 61 (3): 173-179]
- 37) García X, Mateu L, Maynar J, Mercadal J, Ochagavia A, Ferrandiz A. Estimación del gasto cardíaco. Utilidad en la práctica clínica. Monitorización disponible invasiva y no invasiva. *Med Intensiva*. 2011; 35 (9): 552-561