



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO

FACULTAD DE MEDICINA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

HOSPITAL SAN ANGEL INN UNIVERSIDAD

**CONCORDANCIA DEL VOLUMEN TELEDIASTÓLICO FINAL DEL VENTRÍCULO IZQUIERDO
MEDIDO POR LA FÓRMULA DE SMITH Y MADIGAN Y ECOCARDIOGRAFÍA EN PACIENTES
CON SHOCK SÉPTICO, EN EL HOSPITAL SAN ÁNGEL INN UNIVERSIDAD.**

TESIS DE POSGRADO

PARA OBTENER EL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN MEDICINA CRITICA.

PRESENTA:

DRA. GABRIELA PATRICIA SANTANA HERNANDEZ
Médico Residente de Segundo año Medicina Critica.

DIRECTOR DE TESIS:

DR. ENRIQUE MONARES ZEPEDA

ASESOR ESTADISTICO:

LN. CARLOS GALINDO MARTIN

Ciudad de México, Agosto 2018



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

HOSPITAL SAN ANGEL INN UNIVERSIDAD

CIUDAD DE MEXICO

Dr. Enrique Monares Zepeda

Jefe Servicio Terapia Intensiva y Profesor Titular

Dr. Enrique Monares Zepeda

Director de Tesis

LN. Carlos Galindo Martin

Asesor estadístico.

AGRADECIMIENTO

Dedico la realización del presente trabajo a aquellas personas, que con su valiosa colaboración definieron el sentido del mismo, iniciando con el Dr. Enrique Monares Zepeda, por su ejemplo y enseñanza a lo largo de estos años, así como la guía otorgada a lo largo de la investigación. Al licenciado Carlos Galindo, por su valiosa colaboración, en el área metodológica y estadística.

A mi familia, por el cariño, aliento y ánimo infundido en los momentos precisos, en especial durante los años de estudio.

A los médicos adscritos de Terapia Intensiva, compañeros residentes y personal de enfermería, por su amistad incondicional y enseñanzas recibidas durante la formación profesional.

A todos ellos, muchas gracias.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUCCIÓN | |
| a. Resumen | 5 |
| 2. ANTECEDENTES..... | 6 |
| b. Antecedentes y Planteamiento de la pregunta de investigación..... | 7 |
| 3. JUSTIFICACIÓN..... | 8 |
| 4. HIPÓTESIS | |
| a. Hipótesis de investigación..... | 9 |
| b. Hipótesis alterna..... | 9 |
| 5. OBJETIVOS | |
| a. Objetivo General..... | 9 |
| 6. DISEÑO DEL ESTUDIO | |
| a. Tipo de estudio y definición de las unidades de observación..... | 9 |
| b. Criterios | |
| i. Criterios de inclusión..... | 9 |
| ii. Criterios de exclusión..... | 10 |
| iii. Criterios de eliminación..... | 10 |
| c. Definición de las variables y unidades de medida..... | 10 |
| d. Material y métodos | |
| i. Selección de las fuentes, métodos, técnicas y procedimientos de recolección de la información..... | 11 |
| ii. Definición del plan de procesamiento y presentación de la información..... | 11 |
| 7. OTRAS CONSIDERACIONES | |
| a. Consideraciones éticas..... | 12 |
| 8. RESULTADOS..... | 13 |
| 9. DISCUSIÓN..... | 15 |
| 10. CONCLUSIÓN | 16 |
| 11. BIBLIOGRAFÍA..... | 17 |
| 12. ANEXOS..... | 21 |

Resumen

Concordancia del volumen telediastólico final del ventrículo izquierdo medido por la fórmula de Smith y Madigan y ecocardiografía en pacientes con shock séptico, en el Hospital San Ángel Inn Universidad.

Antecedentes: el volumen telediastólico final del ventrículo izquierdo (VDFVI) es un indicador de la precarga del ventrículo izquierdo; ningún monitoreo invasivo actualmente disponible fuera del ecocardiograma estima adecuadamente el VDFVI. La ecocardiografía, sin embargo, es técnicamente difícil y depende del operador, requiere experiencia, personal capacitado y equipo para realizar esta medición, no está disponible las 24 horas en unidades de cuidados intensivos. La fórmula de inotropismo desarrollada por Smith & Madigan (SMII) se lleva a cabo a través del monitoreo USCOM de forma semiautomática, se ha validado como un sustituto adecuado del inotropismo, marcador pronóstico y guía en la reanimación del choque séptico. La miocardiopatía séptica, se ha asociado a alta mortalidad, predominando la disfunción diastólica como causantes más frecuente de disfunción cardíaca.

Métodos: en 56 pacientes diagnosticados con shock séptico, se midieron las siguientes fórmulas usando ultrasonido USCOM para realizar la medición de las siguientes variables

$$SMII = (VS \times (PAM - PVC + Gp)) / (7.5 \times SC \times TF)$$

$$VDFVI = VS \times 2.7 / SMII.$$

El VDFVI obtenido por la fórmula SMII se estimó y comparó con el obtenido con la técnica de ecocardiografía convencional. Por medio del análisis estadístico de Bland & Altman, se obtuvo un coeficiente de correlación R, el coeficiente de Linn y el porcentaje de error para determinar la concordancia entre ambas mediciones.

Resultados: 56 mediciones se realizaron en 56 pacientes. Comparamos los resultados de VDFVI, medidos por ecocardiografía y fórmula de Smith & Madigan, usando el método de Bland & Altman (gráfico 1), obtuvimos un $R^2 = 0.92$, un coeficiente de Linn de 0.92 con un LC95% más alto 32.45, LC95% Inferior - 39.45 y una tasa de error del 32%.

Conclusión: la fórmula de Smith & Madigan podría ser útil para el cálculo de VDFVI. Aunque el porcentaje de error es mayor al 20%, debemos determinar si esta medida es útil para tomar decisiones clínicas.

ANTECEDENTES

La sepsis es una de las patologías más frecuentes en las Unidades de Terapia Intensiva, con incidencia de hasta el 40%, siendo el foco de mayor frecuencia el pulmonar en 60% de los casos. En la tercera definición de sepsis, esta se define como una disfunción orgánica que pone en peligro la vida causada por una respuesta desregulada del huésped a la infección. El choque séptico se define como un estado de sepsis en el cual las anormalidades circulatorias y celulares o metabólicas subyacentes son lo suficientemente profundas como para aumentar sustancialmente la mortalidad.³³ Una de las complicaciones más frecuentes de la sepsis es el choque séptico, presentando una mortalidad 40-50%, los pacientes con shock séptico cursan con mayores tasas de disfunción orgánica, estancia en Terapia Intensiva, días de estancia hospitalaria y mortalidad.¹

Se cuentan con parámetros clínicos (presión arterial sistólica (PAS) < 90 mmHg o presión arterial media (PAM) < 65 mmHg o caída 40 mmHg de la basal, asociada con signos de hipoperfusión tisular: piel fría y pálida, caída del gasto urinario (< 0,5 ml/kg/h) y síntomas neurológicos como obnubilación, desorientación o confusión)³² y bioquímicos (niveles de lactato sérico, diferencia arterio-venosa de Co2) para la identificación de la sepsis y choque séptico.³⁴

La miocardiopatía séptica (CS) es una de las complicaciones que se puede observar la cual es un desequilibrio agudo en la función cardíaca, ha sido reconocida por más de 40 años, presentándose en más del 44% de los pacientes, con mortalidad 2-3 veces mayor en los pacientes que la presentan.² Estudios demostraron que la incidencia de disfunción sistólica es del 26%, diastólica 83%, siendo esta segunda, la más asociada a mortalidad.¹⁰

Una de la teorías en la producción de miocardiopatía asociada a sepsis, se refiere a cambios en la microcirculación, el daño ocurre por cambios en la permeabilidad endotelial, edema, migración de neutrófilos al intersticio, depósito de fibrina y en algunos casos activación de la cascada de coagulación³. El incremento del estrés oxidativo induce disfunción mitocondrial e interrupción del transporte del calcio en el tejido cardíaco, puede existir alteración en la regulación autonómica con alteración de los receptores, cursando con resistencia a las catecolaminas endógenas⁴, el edema miocárdico lleva a disfunción del aparato contráctil.⁵

En el tratamiento de la miocardiopatía por sepsis, la infusión de fluidos es tomada como la terapéutica inicial, pudiendo ser excesiva en un intento por compensar los síntomas, se ha considerado el soporte inotrópico, además del uso de vasopresores.^{6,7}

Los agentes inotrópicos positivos tienen grandes beneficios en conjunto con los vasopresores aumentando el gasto cardíaco, mejorando así el suministro de oxígeno a los tejidos periféricos. Se ha postulado al levosimendán, un sensibilizador de canales calcio e inótropo positivo, como posible vía para la reducción de la mortalidad⁸, aunque en estudios posteriores y de mayor tamaño muestral no han encontrado beneficios claros asociados a

su uso⁹, por lo que hasta el momento no se ha logrado definir de manera contundente su uso en dicha patología.

Debido a la alta mortalidad asociada a la presencia de miocardiopatía séptica (especialmente diastólica), se hace necesaria la identificación de la misma, para instaurar un tratamiento oportuno (inotrópico) y remitir dicha disfunción ventricular, realizándose evaluación hemodinámica, siendo de preferencia a la cabecera del paciente y de rápida ejecución, teniendo como objetivo principal la disminución de las complicaciones asociadas a la misma (mortalidad, disfunción orgánica, hipoperfusión).

La mejor forma de evaluar la eficiencia miocárdica es mediante el análisis del acoplamiento ventrículo-arterial, que es el concepto de que el sistema cardiovascular funciona mejor cuando el sistema arterial y el corazón se acoplan,²⁹ es decir, cuando el corazón bombea sangre hacia el árbol vascular a una velocidad y volumen que coinciden con la capacidad del sistema arterial para recibir dicho volumen.³⁰ El acoplamiento ventrículo-arterial (AVA) es una forma para evaluar la hemodinamia y la eficiencia miocárdica del sistema circulatorio. El AVA óptimo se ha asociado a mayor supervivencia en pacientes en estado de choque.²⁵,²⁶ Una vez cumplidas estas condiciones, se consigue el adecuado funcionamiento del sistema cardiovascular, proporcionando la presión y flujo óptimos para perfundir adecuadamente a los órganos y tejidos.

Se ha utilizado la ecocardiografía para la evaluación estructural y funcional cardíaca, por medio de la ultrasonografía Doppler, además, se mantiene como una herramienta útil en la evaluación de todo paciente con inestabilidad hemodinámica³⁵ o con sospecha de alteraciones estructurales, dicho método nos permite evaluar el ventrículo izquierdo, siendo el volumen telediastólico final del ventrículo izquierdo (VDFVI) un indicador de la precarga del ventrículo izquierdo; ningún monitoreo invasivo o no, actualmente disponible fuera del ecocardiograma estima adecuadamente el VDFVI. La ecocardiografía, sin embargo, requiere experiencia, personal capacitado y equipo para realizar esta medición, no disponible las 24 horas en unidades de cuidados intensivos.¹¹

Teniendo en cuenta la importancia en la identificación de la función ventricular y adecuado mantenimiento cardíaco, se han propuesto métodos alternos a la ecografía, como alternativas a las limitantes de esta, proponiéndose el USCOM (Ultrasound CO monitor, USCOM, Sydney, Australia) o ultrasonido Doppler transaórtico, siendo también no invasivo, logrando cálculo de las variables hemodinámicas como el gasto cardíaco, volumen sistólico, entre otros, a partir de un algoritmo, aplicando mediciones integrales de velocidad de la sangre (VTI) en el tracto de salida aórtica / pulmonar ventricular. El uso del ultrasonido Doppler para determinar el índice cardíaco tiene varias limitaciones tecnológicas inherentes. Existen fuentes potenciales de variación en la estimación del área del tracto de salida aórtica / pulmonar, la determinación de la integral de velocidad-tiempo y la variabilidad con las mediciones dependientes del operador. Por lo tanto, la precisión de la tecnología de USCOM depende de la obtención de valores precisos y reproducibles de VTI.

Una técnica inadecuada de mala alineación del haz de ultrasonido Doppler con el flujo sanguíneo en el tracto de flujo aórtico / pulmonar conducirá a mediciones de VTI subóptimas. Una limitación adicional de esta técnica es que no es propicio para una monitorización continua. La ventana acústica será también un limitante en su utilización, a pesar de que se dispone de varios accesos posibles (supraesternal, supraclavicular y paraesternal) minimizando esta limitación.³⁶ Hasta el momento, su aplicación ha sido principalmente enfocada a pacientes postquirúrgicos, comparada con el catéter de arteria pulmonar, para la medición de variables hemodinámicas.

La fórmula de inotropismo desarrollada por Smith & Madigan (SMII) se lleva a cabo a través del monitoreo USCOM de forma semiautomática, se ha validado como un sustituto adecuado del inotropismo, marcador pronóstico y guía en la reanimación del choque séptico. En otro estudio, el grupo de trabajo de Smith & Madigan demostró una correlación adecuada entre esta fórmula y el VDFVI.^{12,13} Debido a lo anterior, se ha propuesto como un dispositivo, útil en la evaluación del paciente crítico, disponible las 24 horas, de fácil movilización y requiriendo poco entrenamiento para su uso.

Debido a la incidencia de la miocardiopatía séptica y siendo la disfunción diastólica del ventrículo izquierdo un marcador importante de disfunción hemodinámica, nos planteamos la siguiente pregunta de investigación:

- ¿Existe concordancia del volumen telediastólico final del ventrículo izquierdo, medido por ecocardiografía y con la fórmula de Smith and Madigan obtenida por USCOM, en pacientes con shock séptico, para la identificación de falla ventricular?

JUSTIFICACIÓN

Al menos la mitad de los pacientes en unidades de Terapia Intensiva cursan con sepsis, la mortalidad asociada a estos pacientes es del 50%, esto debido a la presencia de disfunción orgánica. La miocardiopatía asociada a sepsis, es un hallazgo frecuente en los pacientes con shock séptico, es una entidad bien conocida como disfunción orgánica, varias series han demostrado su incidencia en este tipo de pacientes, se ha reportado disfunción ventricular en pacientes con sepsis sin shock en hasta 25% de los pacientes, y reportándose en algunas series en hasta el 50% de los pacientes con shock séptico.²¹

La ecocardiografía es una herramienta útil para su identificación, estudios utilizando esta técnica sugieren que el 40-50% de los pacientes con sepsis prolongada, desarrollan depresión miocárdica. Aquellos pacientes sobrevivientes de depresión miocárdica tuvieron bajas fracciones de eyección y altos volúmenes telediastólicos finales comparados con los no sobrevivientes, la baja fracción de eyección fue reversible al cabo de 7-10 días.²²

Pacientes en los cuales se ha evaluado el rendimiento cardiaco asociado a la poscarga, se ha demostrado que la depresión miocárdica se ha relacionado con una alteración del equilibrio hemodinámico, asociado con puntuaciones altas en puntaje de Acute Physiology And Chronic Health Evaluation II (APACHE II).²³

La miocardiopatía asociada a sepsis muestra una incidencia elevada siendo importante su identificación y tratamiento en la unidad de Terapia Intensiva, además de contar con un método alternativo de estudio, de fácil transporte, menor costo, no invasivo y no dependiente de operador certificado, evitándose así retrasos, con el objetivo de disminuir los días de estancia en UCI, estancia en Terapia Intensiva y los costos asociados al mismo. Sin mencionar evitar la disfunción orgánica y alta mortalidad asociada a este padecimiento.

HIPÓTESIS

El volumen telediastólico final del ventrículo izquierdo medido por fórmula de Smith and Madigan es concordante al obtenido por ecocardiografía, en pacientes con shock séptico.

HIPÓTESIS ALTERNA

No existe concordancia en la medición del volumen telediastólico final del ventrículo izquierdo medido por ecocardiografía y fórmula de Smith and Madigan, en pacientes con shock séptico.

OBJETIVO GENERAL

- Analizar la concordancia del volumen telediastólico final del ventrículo izquierdo (VTDFVI), obtenido por ecocardiografía y USCOM, a través de la fórmula Smith and Madigan.

DISEÑO

Tipo de estudio.

Estudio retrospectivo y descriptivo

Unidades de observación

Pacientes adultos diagnosticados con shock séptico ingresados a la Unidad de Terapia Intensiva del Hospital San Ángel Inn Universidad, en el periodo de abril 2017- marzo 2018.

Criterios de Inclusión

- Pacientes adultos que ingresaron a la Unidad de Terapia Intensiva con diagnóstico de shock séptico, en el periodo de abril 2017- marzo 2018
- Pacientes mayores de 18 años de edad
- Pacientes con realización de ecocardiograma de acuerdo a criterio de médico tratante

Criterios de exclusión

- Pacientes portadores de arritmias
- Pacientes portadores de valvulopatías
- Pacientes con diagnóstico de cardiopatía isquémica aguda

Criterios de eliminación

- Pacientes en los que no fuera posible la obtención adecuada de mediciones para la comparación, debido a la dificultad de la técnica en uso de ecocardiografía o USCOM.

Definición de variables

| VARIABLE | DEFINICION CONCEPTUAL | TIPO DE VARIABLE | NIVEL DE MEDICION | CATEGORIAS |
|---|---|------------------|---------------------|-------------------------------|
| Sexo | Condición orgánica que distingue a los hombres y mujeres | Cualitativo | Nominal, dicotómica | Masculino/femenino |
| Edad | Tiempo que ha vivido una persona u otro ser vivo desde su nacimiento | Cuantitativa | Discreta | años (1, 2, 3...) |
| Volumen telediastólico final del ventrículo izquierdo | Es el volumen de sangre que se almacena en el ventrículo al final de la diástole Mencionar la obtención de esta variable, si se usa una formula (Smith and Madigan) también colocarla con su referencia | cuantitativa | Continua | Mililitros con decimales (ml) |
| Frecuencia cardiaca | Es el número de veces que se contrae el corazón durante un minuto (latidos por minuto) | cuantitativa | discreta | 1, 2, 3 Latidos/minuto |
| FEVI (Fracción de expulsión ventrículo izquierdo) | Valor expresado en porcentaje, mide la disminución del volumen del ventrículo | cuantitativa | discreta | Porcentaje (%) |

| | | | | |
|------------------------|---|--------------|----------|-----------------------------|
| | izquierdo del corazón en sístole, con respecto a la diástole. $FE(\%) = \frac{VDF - VSF}{VDF} \times 100$ VDF= volumen diastólico final VSF= volumen sistólico final | | | |
| Presión Arterial Media | es el producto del gasto cardíaco por la resistencia periférica total $PAM = \frac{2(TAD) + TAS}{3}$ TAD= tensión arterial diastólica TAS= tensión arterial sistólica | cuantitativa | Continua | Milímetros de mercurio mmHg |

Selección de las fuentes, métodos, técnicas y procedimientos de recolección de la información

Búsqueda en pubmed, MEDLINE y revistas científicas los artículos relacionados con el tema de investigación bajo las palabras clave: left ventricular disfunción, sepsis, USCOM, Smith, Madigan, miocardiopathy septic, septic shock.

Una vez seleccionados los artículos relacionados al objetivo principal, siendo eliminados aquellos en donde los objetivos discordarán de los propuestos o en donde la población variara de la incluida en este estudio.

De acuerdo a los criterios establecidos en la Tercera definición de Sepsis, se incluyeron los pacientes de acuerdo a los criterios establecidos.

Una vez seleccionados los pacientes se realiza medición ecocardiográfica de acuerdo a solicitud de médico tratante, obteniéndose el volumen telediastólico final del ventrículo izquierdo, por médico ecocardiografista.

En aquellos pacientes con medición ecocardiográfica, se realizó posteriormente rastreo con equipo USCOM, donde se obtuvo de acuerdo a la fórmula descrita por Smith and Madigan, para la obtención del volumen telediastólico final del ventrículo izquierdo.

MÉTODOS

Al ingreso a la Unidad de Terapia Intensiva, los pacientes con diagnóstico de shock séptico de acuerdo a las normas de las guías Surviving Sepsis Campaign, cumpliendo los criterios de inclusión, y de acuerdo a solicitud de médico tratante (debiéndose considerar esto como posible sesgo de selección), se realizará ecocardiograma con equipo PHILLIPS HD15, utilizando sonda sectorial S5-2 (2 – 5 MHz), realizándose registro por médico ecocardiografista certificado, de acuerdo a protocolo de revisión, obteniéndose volumen telediastólico final del ventrículo izquierdo.

Midiéndose el volumen sistólico (VS), gradiente medio de presión (Gp) y tiempo de flujo (FT) por ultrasonografía Doppler USCOM A1 (ultrasonic cardiac output monitor, Sydney, Australia) según recomendaciones del fabricante.

En pacientes diagnosticados con shock séptico, se determinarán las siguientes fórmulas.

$$\text{SMII} = (\text{VS} \times (\text{PAM} - \text{PVC} + \text{Gp})) / (7.5 \times \text{SC} \times \text{TF})$$

$$\text{VDFVI} = \text{VS} \times 2.7 / \text{SMII}.$$

Los resultados obtenidos se registraron en hojas de cálculo Excel, utilizando programa Microsoft, Windows 10.

Se realizó la prueba de Shapiro Wilk con el fin de determinar el tipo de distribución de las variables continuas, presentando aquellas con distribución normal como media (desviación estándar) y no normal como mediana (rango intercuartilar).

En base a una plantilla previamente desarrollada de Excel se realizaron las gráficas de Bland Altman las cuales muestran la representación gráfica, sesgo, error estándar, intervalo de confianza al 95% y el coeficiente de concordancia de Linn. De misma manera se realizaron las regresiones simples con el valor del coeficiente de determinación r^2 .

Consideraciones éticas.

- Aprobación por el comité de ética del Hospital San Ángel Inn Universidad.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-012-SSA3-2012, Que establece los criterios para la ejecución de proyectos de investigación para la salud en seres humanos.
- Declaración de Helsinki de la AMM - Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos 64ª Asamblea General, Fortaleza, Brasil, octubre 2013
- De acuerdo con el Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud.

- **Conflictos de interés:**

Los médicos investigadores declaran no tener ningún conflicto de interés durante la realización del estudio.

Recursos humanos

- Personal médico de Terapia Intensiva
- Médico cardiólogo- ecocardiografista certificado

Recursos materiales

- Ecocardiógrafo PHILLIPS HD15, utilizando sonda sectorial S5-2 (2 – 5 MHz)
- Doppler USCOM A1 (ultrasonic cardiac output monitor, Sydney, Australia)
- Computadora ASUS X441S
- Microsoft Windows 10, Excel
- Hoja de recolección de datos anexo 1

RESULTADOS

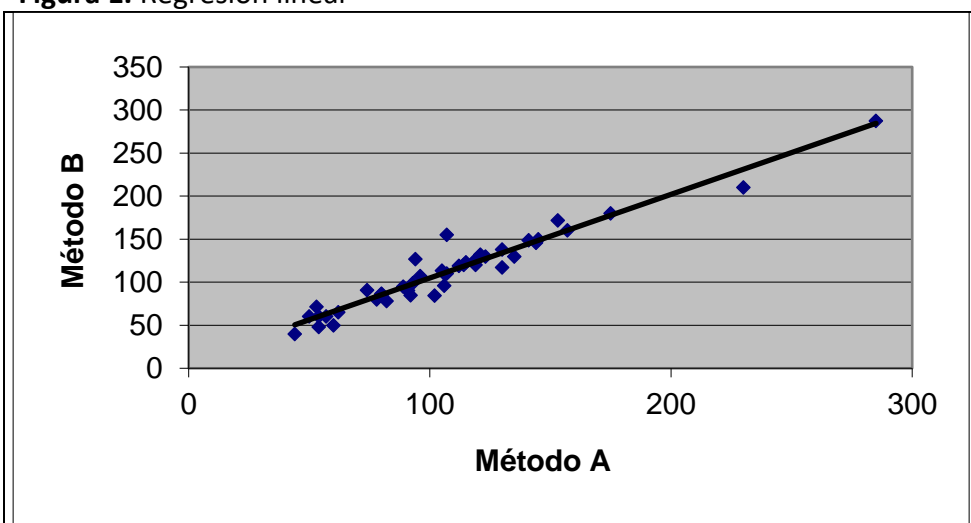
En un periodo de abril 2017- marzo 2018, se recolectó una muestra de 56 pacientes ingresados a Terapia Intensiva, a los cuales se realizó ecocardiograma y rastreo por USCOM, de acuerdo a criterio del tratante, las características de la muestra estudiada se muestran en la tabla 1.

| Tabla 1. Características de los pacientes | |
|--|-------------------------|
| Total de pacientes | 56 |
| SEXO | |
| Femenino, n (%) | 29 (51.8) |
| Masculino, n (%) | 27 (48.2) |
| EDAD | |
| Media (años), desviación estándar | 61.2 (17.46) |
| CAUSA DE INGRESO A TERAPIA INTENSIVA | |
| Quirúrgica, n (%) | 15 (26.8) |
| Médica, n (%) | 41 (73.2) |
| Pacientes con ventilación mecánica, n (%) | 42 (75) |
| VARIABLES FISIOLÓGICAS | |
| Tensión arterial media | |
| Mediana (mmHg), rango intercuartilar | 86.7 (83.3-93.3) |
| Frecuencia cardiaca | |
| Media (latidos/minuto), desviación estándar | 82 (21) |
| VARIABLES ECOCARDIOGRÁFICAS | |
| % FEVI mediana, rango intercuartilar | 62 (56-68) |

| | |
|--|---------------------|
| Volumen telediastólico final del ventrículo izquierdo (ml) mediana, rango intercuartilar | 106 (80-130) |
| FORMULA DE SMITH AND MADIGAN | |
| Volumen telediastólico final del ventrículo izquierdo (ml) mediana, rango intercuartilar | 110 (85-132) |

En la Figura 1 se muestra la regresión lineal de ambos métodos obteniendo un coeficiente de determinación (r^2) de 0.93

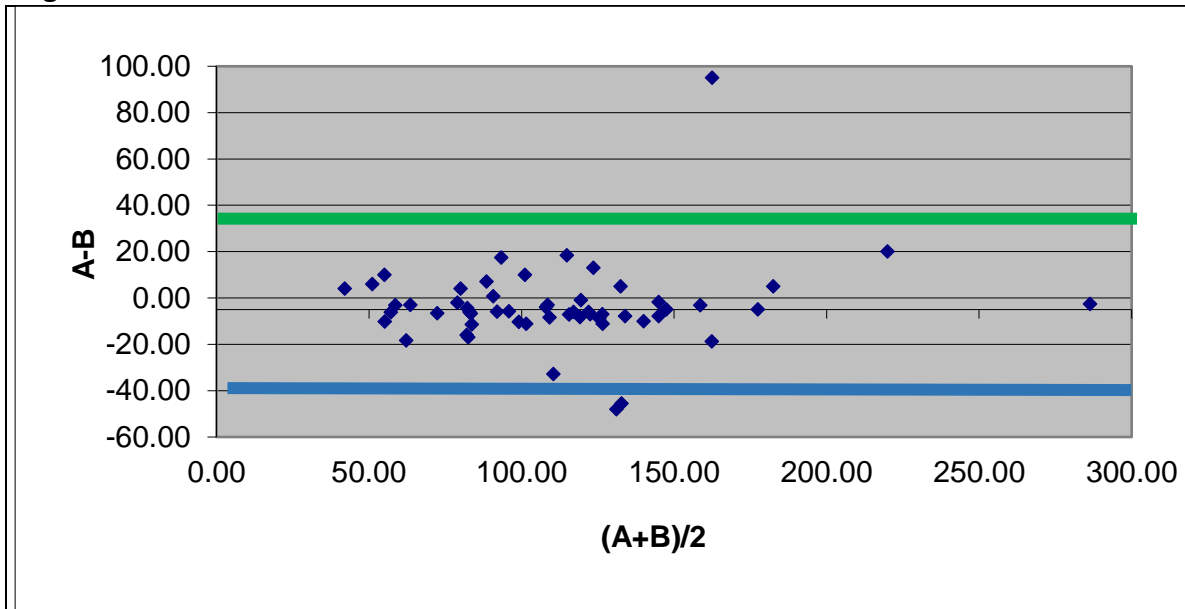
Figura 1. Regresión lineal



Método A: ecocardiografía, Método B: Smith and Madigan

Posteriormente en la Figura 2 se muestra el gráfico de Bland Altman. Se observa un sesgo de -3.56mL, intervalo de confianza de -39.57 a 32.45mL, error estándar de 32% y un coeficiente de concordancia de Linn de 0.92.

Figura 2. Gráfico de Bland Altman



Método A: ecocardiografía, Método B: Smith and Madigan

Discusión

En el presente estudio se muestra concordancia entre los valores obtenidos por el volumen telediastólico final del ventrículo izquierdo, medido por USCOM y fórmula de Smith y Madigan, comparado con el medido por ecocardiografía. Se contó con limitaciones principalmente asociados a la solicitud del médico tratante para la realización de ecocardiografía, considerándose sesgo de selección.

Debido a la incidencia de sepsis en las unidades de Terapia Intensiva y a la posterior falla multiorgánica asociada a la misma, y siendo la falla ventricular se considera una de sus manifestaciones, más frecuentes,²⁴ se hace necesario, contar con dispositivos de rastreo y monitoreo hemodinámico a la cabecera del paciente.

Se cuenta con estudios como la revisión sistemática realizada por Critchley, et al, en el cual se compara la medición de variables hemodinámicas, medidas de manera invasiva y no invasiva, en el cual se demuestra un porcentaje de error aceptable, la variación de resultados menor al 30%³⁷, en la medición de gasto cardiaco, por lo que Smith y Madigan²⁸ realizan un trabajo en la evaluación hemodinámica no invasiva para la el diagnóstico de falla ventricular, comparando grupo control y grupo con falla ventricular izquierda, a través de la velocidad de eyección aortica, obteniendo fracción de eyección e inotropismo (SMII), obteniendo como resultados una media 0.73 W m22, rango de 0.43–0.97 W m22 (SD=0.13 y $p=0.001$), valor a partir del cual obtenemos el volumen telediastólico final del ventrículo izquierdo como marcador de disfunción ventricular diastólica.¹²

Con la realización del presente estudio, podemos deducir que el volumen telediastólico final del ventrículo izquierdo medidos por ecocardiografía y fórmula de Smith y Madigan medidos por USCOM, muestran concordancia obtenido por el método de Bland-Altman, sin embargo, el porcentaje de error obtenido (32%), debe tomarse en consideración.

El uso del ultrasonido Doppler para determinar el índice cardíaco y otras variables hemodinámicas, tiene varias limitaciones, ya que existen fuentes potenciales de variación en la estimación del área del tracto de salida aórtica / pulmonar, la determinación de la integral de velocidad-tiempo y la variabilidad con las mediciones dependientes del operador. Por lo tanto, la precisión de la tecnología de USCOM depende de la obtención de valores precisos y reproducibles de VTI.³⁶

Debe tomarse en cuenta también la técnica de alineación del haz de ultrasonido Doppler con el flujo sanguíneo en el tracto de flujo aórtico / pulmonar, ya que una técnica inadecuada conducirá a mediciones de VTI subóptimas.³⁶

Hasta el momento se cuentan con técnicas ecocardiográficas para estimar el adecuado funcionamiento ventricular, de forma no invasiva a la cabecera del individuo, pero se requiere de equipos especiales y un ecocardiografista experto,³¹ lo cual lo hace poco disponible en la práctica diaria. El sistema Doppler USCOM se ha propuesto como una alternativa para estimar el acoplamiento ventrículo-arterial de manera no invasiva y que requiere un entrenamiento mínimo, además de ser un monitor que puede estar disponible todo el tiempo en las unidades de cuidados intensivos.

Debido a lo obtenido en el presente estudio, se ha mostrado una concordancia adecuada entre mediciones, sin embargo no se deberá perder de vista las limitantes asociadas, así como el porcentaje de error encontrado en estudios previos contra técnicas invasivas, y en este estudio también halladas, antes de tomarlo con certeza.

Conclusión

Con el presente estudio, demostramos que la medición no invasiva del gasto cardíaco y evaluación de la falla ventricular por medio del volumen telediastólico final del ventrículo izquierdo, es posible por personal médico, en la cabecera del paciente, de manera rápida, por personal no especializado (con poco entrenamiento), lo anterior siendo comparable, a lo realizado por un ecocardiografista experto, permitiéndonos la evaluación día a día de la función ventricular, útil en la atención del paciente en estado crítico. Debido a que los hallazgos en este estudio muestran solo una tendencia, consideramos necesario la realización de futuros estudios, para considerar el impacto en la mortalidad, con la instauración de tratamiento oportuno.

BIBLIOGRAFIA

1. - Vincent JL et al, Sepsis in European intensive care units: results of the SOAP study, *Critical Care Medicine*. 2006 Feb; 34(2):344-53
- 2.-Ehrman RR et al, Pathophysiology, echocardiographic evaluation, biomarker findings, and prognostic implications of septic cardiomyopathy: a review of the literature, *Crit Care*. 2018 May 4; 22(1):112.
- 3.- Madorin WS, Rui T, Sugimoto N, Handa O, Cepinskas G, Kvietys PR. Cardiac myocytes activated by septic plasma promote neutrophil transendothelial migration: role of platelet-activating factor and the chemokines LIX and KC. *Circ Res*. 2004; 94(7):944–51
4. - Rudiger A, Singer M. Mechanisms of sepsis-induced cardiac dysfunction. *Crit Care Med*. 2007; 35(6):1599–608
5. - Celes MR, Torres-Duenas D, Malvestio LM, Blefari V, Campos EC, Ramos SG, Prado CM, Cunha FQ, Rossi MA. Disruption of sarcolemmal dystrophin and beta-dystroglycan may be a potential mechanism for myocardial dysfunction in severe sepsis. *Lab Invest*. 2010; 90(4):531–42
- 6.- Pulido JN, Afessa B, Masaki M, Yuasa T, Gillespie S, Herasevich V, Brown DR, Oh JK. Clinical spectrum, frequency, and significance of myocardial dysfunction in severe sepsis and septic shock. *Mayo Clin Proc*. 2012; 87(7):620–8
- 7.- De Backer D, Biston P, Devriendt J, Madl C, Chochrad D, Aldecoa C, Brasseur A, Defrance P, Gottignies P, Vincent JL, SOAP II Investigators. Comparison of dopamine and norepinephrine in the treatment of shock. *N Engl J Med* 2010; 362(9):779–789
- 8.- Zangrillo A, Putzu A, Monaco F, Oriani A, Frau G, De Luca M, Di Tomasso N, Bignami E, Lomivorotov V, Likhvantsev V, et al. Levosimendan reduces mortality in patients with severe sepsis and septic shock: A meta-analysis of randomized trials. *J Crit Care*. 2015; 30(5):908–13.
- 9.- Gordon AC, Perkins GD, Singer M, McAuley DF, Orme RM, Santhakumaran S, Mason AJ, Cross M, Al-Beidh F, Best-Lane J, et al. Levosimendan for the prevention of acute organ dysfunction in sepsis. *N Engl J Med*. 2016; 375(17):1638–48.
10. - Rolando G et al, Prognostic value of ventricular diastolic dysfunction in patients with severe sepsis and septic shock, *Rev Bras Ter Intensiva*. 2015; 27(4):333-339
11. - Lang M. et al Recommendations for Cardiac Chamber Quantification by Echocardiography in Adults: An Update from the American Society of Echocardiography and

the European Association of Cardiovascular Imaging Journal American Society of Echocardiography, 2015; 28:1-39.

12. - Smith B. Madigan, Non-invasive method for rapid bedside estimation of inotropy: theory and preliminary clinical validation, *British Journal of Anaesthesia*, 111 (4): 580–8 (2013)

13. - Phillips R. Stroke Volume Monitoring: Novel Continuous Wave Doppler Parameters, Algorithms and Advanced Noninvasive Haemodynamic Concepts, *Current Anesthesiology Reports* (2017) 7:387–398

14. - Rhodes A. et al, Surviving Sepsis Campaign: International Guidelines for Management of Sepsis and Septic Shock: 2016, *Critical Care Medicine*

15.- Jardin F, Fourme T, Page B, et al. Persistent preload defect in severe sepsis despite fluid loading: a longitudinal echocardiographic study in patients with septic shock. *Chest* 1999; 116:1354–1359

16. - Vallabhajosyula S, Kumar M, Pandompatam G, et al. Prognostic impact of isolated right ventricular dysfunction in sepsis and septic shock: an 8-year historical cohort study. *Ann Intensive Care* 2017; 7:94.

17.- Mehta NJ, Khan IA, Gupta V, et al. Cardiac troponin I predicts myocardial dysfunction and adverse outcome in septic shock. *Int J Cardiol* 2004; 95:13–17.

18. - Parker MM, Shelhamer JH, Bacharach SL, et al. Profound but reversible myocardial depression in patients with septic shock. *Ann Intern Med* 1984; 100:483–490

19. - Huang SJ, Nalos M, McLean AS. Is early ventricular dysfunction or dilatation associated with lower mortality rate in adult severe sepsis and septic shock? A meta-analysis. *Crit Care* 2013; 17:R96.

20. - S YH, Settergren M, Henareh L. Sepsis-induced myocardial depression and takotsubo syndrome. *Acute Cardiac Care* 2014; 16:102–109

21.- Rudiger A, Singer M, Mechanisms of sepsis-induced cardiac dysfunction, *Crit Care Med* 2007 Vol. 35, No. 6 35:1599–1608

22. - Vincent JL, Gris P, Coffernils M, et al: Myocardial depression characterizes the fatal course of septic shock. *Surgery* 1992; 111: 660 – 667

23. - Fincke R, Hochman Js, Lowe Am et al (2004) Cardiac power is the strongest hemodynamic correlate of mortality in cardiogenic shock: a report from the SHOCK trial registry. *J Am Col Cardiol* 44:340–348
- 24.- Rivers E, Nguyen BH. Grupo 2stad S, et al. Early goal-directed therapy in the treatment of severe sepsis and septic shock. *N Engl J Med* 2001; 345:1368-1377
25. - Chantler PD, Lakatta EG, Najjar SS. Arterial – ventricular coupling: mechanistic insights into cardiovascular performance at rest and during exercise. *J Appl Physiol* 2008; 105:1342-1351
- 26.- Antonini-Canterin F, Enache R, Popescu BA, Popescu AC, Ginhina C, Leiballi E, et al. Prognostic value of ventricular arterial coupling and Btype natriuretic peptide in patients after myocardial infarction. A five-year follow-up study. *J Am Soc Echocardiogr* 2009; 22:1239-45.
27. - Smith BE, Madigan VM. Rapid non-invasive determination of ventricular preload. *Anaesthesia and Intensive Care*. 2008; 36(4):609
28. - Sunagawa K, Maughan WL, Burkhoff D, Sagawa K. Left ventricular interaction with arterial load studied in isolated canine ventricle. *Am J Physiol*. 1983; 245:H773-780.
29. - Asanoi H, Sasayama S, Kameyama T. Ventriculoarterial coupling in normal and failing heart in humans. *Circ Res*. 1989; 65:483-493
30. - Chantler PD, Lakatta EG. Arterial-ventricular coupling with aging and disease. *Front Physio*. 2012; 3:90.
31. - Chang MC, Sheppard MJ III, Wayne MJ. Clinical application of ventricular end -systolic elastance and the ventricular pressure-volume diagram. *Shock*. 1997; 7(6):413-419
- 32.- Antonio Cárdenas Cruz y Juan Roca Guiseris. 2017. Tratado de medicina intensiva. Elsevier España, S.L.U.^[1]_[SEP]
- 33.-Mervyn Singer, MD, FRCP¹; Clifford S. Deutschman, MD, MS²; Christopher Warren Seymour, MD, MSc³; et al. The Third International Consensus Definitions for Sepsis and Septic Shock (Sepsis-3). *JAMA*. 2016; 315(8):801-810
- 34.- Vallee F, Vallet B, Mathe O, Parraguette J, Mari A, Silva S, et al. Central venous-to-arterial carbon dioxide difference: An additional target for goal-directed therapy in septic choque. *Intensive Care Med* [Internet]. 2012 [citado 15 Feb 2015]; 34:8.

35.- P.S. Douglas, M.J. García, D.E. Haines, W.W. Lai, W.J. Manning, A.R. Patel, ACCF/ASE/AHA/ASNC/HFSA/HRS/SCAI/SCCM/SCCT/SCMR 2011 Appropriate Use Criteria for Echocardiography. A Report of the American College of Cardiology Foundation Appropriate Use Criteria Task Force, *J Am Coll Cardiol*, 57 (2011), pp. 1126-1166

36.- M.L. Mateu Campos a, *, A. Ferrándiz Sellés a, G. Gruartmoner de Vera b, J. Mesquida Febrer b, C. Sabatier Cloarec b, Y. Poveda Hernández c y X. García Nogales b. Técnicas disponibles de monitorización hemodinámica. Ventajas y limitaciones. *Med Intensiva*. 2012; 36(6):434---444

37. - Critchley LA, Critchley JA. A meta-analysis of studies using bias and precision statistics to compare cardiac output measurement techniques. *J Clin Monit Comput*. 1999; 15(2):85-91.

Anexo 1

PROTOCOLO DE INVESTIGACION:

Cronograma de actividades

| | Abr-17 | Mayo-17 a marzo 2018 | | | | | | | Abril 18 | Mayo 18 | Junio 18 |
|--|--------|----------------------|--|--|--|--|--|--|----------|---------|----------|
| Búsqueda de información y planteamiento del problema de investigación. | | | | | | | | | | | |
| Recolección de datos. | | | | | | | | | | | |
| Integración de datos obtenidos | | | | | | | | | | | |
| Análisis estadístico | | | | | | | | | | | |
| Elaboración de conclusiones finales | | | | | | | | | | | |
| Registro de trabajo realizado | | | | | | | | | | | |