



Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Medicina
División de Estudios de Posgrado

Hospital San Ángel Inn Universidad

“Correlación de la elastancia ventricular izquierda medida por ultrasonido con la integral velocidad tiempo en pacientes con diagnóstico de choque séptico como marcador de disfunción miocárdica”

Tesis de Posgrado para Obtener el Título de Especialista en:
Medicina Crítica

Presenta:

Dr. Miguel Enciso Salinas

Asesores de Tesis:

Dra. Paola Itandehui Moreno Jimenez
Médico Adscrito al Servicio de Terapia Intensiva

Lic. Carlos Alfredo Galindo Martín
Jefe de Nutrición

Ciudad Universitaria, Ciudad de México, Julio 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.



**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.

Ciudad de México a 14 de marzo del 2023.

Asunto: Dictamen.

Dr. Miguel Enciso Salinas
Residente de 2do. año
Medicina Crítica
PRESENTE

A través de este medio, tengo el agrado de notificarle que el protocolo de investigación que sometió a consideración del Comité de Investigación que lleva por título "Correlación de la elastancia ventricular izquierda medida por ultrasonido con la integral velocidad tiempo, en pacientes con diagnóstico de choque séptico, como marcador de disfunción miocárdica" cumple con la calidad metodológica, los requerimientos de ética e investigación y las recomendaciones de sus integrantes y revisores por lo que el dictamen es:

APROBADO



Dr. Fredy Chablé Montero
Presidente



Centro Hospitalario Universidad, S.A. de C.V.
Dr. Juan Jesús Villegas Cortés
Coordinador



Dra. Myriam Mata Sotres
Secretaria Técnica

13 MAR 2023

No. 3/2023

Dirección Médica

Centro Hospitalario Universidad, S.A. de C.V.
Mayorazgo No. 130, Col. Xoco, Benito Juárez
C.P. 03339, Ciudad de México, T. (55) 5623 6363
www.hospitalsanangelinn.mx
Lic. Sanitaria: 13-AM-09-014-0006

Centro Hospitalario Universidad, S.A. de C.V.



Hospital
San Ángel Inn
UNIVERSIDAD

JEFATURA DE ENSEÑANZA MEDICA

Tabla de contenidos

| | |
|--|----|
| 1. RESUMEN | 5 |
| 2. ANTECEDENTES | 7 |
| 3. MARCO TEORICO..... | 9 |
| 4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 11 |
| 5.- HIPOTESIS | 11 |
| 5.1.- Hipótesis Verdadera | 11 |
| 5.2.- Hipótesis Nula..... | 11 |
| 6.- OBJETIVO GENERAL..... | 11 |
| 7.- OBJETIVOS ESPECIFICOS | 12 |
| 8.- METODOLOGIA..... | 12 |
| 8.1 Tipo de estudio | 12 |
| 8.2 Tamaño de muestra..... | 12 |
| 8.3 Unidades de Observacion..... | 12 |
| 8.4 Criterios de inclusión..... | 13 |
| 8.5 Criterios de exclusión..... | 13 |
| 8.6 Criterios de eliminación..... | 13 |
| 8.7 Variables y unidades de medida | 13 |
| 8.8 Selección de las fuentes métodos, técnicas y procedimientos de recolección de la información | 18 |
| 8.9 Definición del plan de procesamiento y presentación de la información | 19 |
| 8.10 Consideraciones éticas..... | 19 |
| 8.11 Consideraciones de bioseguridad..... | 20 |
| 9.- ANALISIS ESTADISTICO | 20 |
| 10. DISCUSION Y CONCLUSIONES..... | 22 |
| 11. ANEXOS | 24 |
| 12. BIBLIOGRAFIA..... | 25 |

1. RESUMEN

ANTECEDENTES: La evaluación del estado hemodinámico medido por ecocardiografía ha tomado mayor relevancia en la valoración de pacientes hemodinamicamente inestables dentro de las áreas de terapia intensiva debido a que es una herramienta de bajo costo no invasiva que permite conocer alteraciones estructurales y hemodinámicas en tiempo real. Recientemente a sido tema de vital importancia encontrar subrogados de evaluación de la disfunción del ventrículo izquierdo en el contexto de pacientes que cursan con cuadro de miocardiopatía séptica uno de ellos la alteración de la integral velocidad tiempo en escenarios de pérdida de elastancia ventricular izquierda. Por lo tanto conocer su correlación podría permitir al médico intensivista integrar de forma rápida estados de pérdida de elastancia ventricular con la simple estimación de un solo parámetro hemodinámico: la integral velocidad tiempo

OBJETIVOS: conocer la correlación que existe entre la elastancia ventricular y la integral velocidad tiempo medidas por ultrasonido en los pacientes con diagnóstico de choque séptico con la finalidad de utilizar estos parámetros medibles al pie de cama del paciente como medida de monitoreo de la función miocárdica del ventrículo izquierdo.

MATERIAL Y METODOS: Estudio Observacional, Retrospectivo en el que se incluyeron 33 pacientes Ingresados con el diagnóstico de choque séptico en terapia intensiva y terapia intermedia del hospital San Ángel Inn Universidad durante el periodo comprendido de febrero del 2022 a mayo del 2023 a quienes se les realizó un estudio ecocardiográfico por un médico cardiólogo ecocardiografista en las primeras 48 horas de estancia intrahospitalaria y se documentaron variables hemodinámicas para evaluar su correlación.

RESULTADOS: Se analizaron 33 pacientes $n=33$ de los cuales el 48.5% (16) correspondieron al género masculino y 51.1% (17) al género femenino siendo la media de edad de 75 años (68 – 84 años). Dentro de las comorbilidades la diabetes mellitus represento el 24.3% la hipertensión arterial 63.6% y enfermedad renal crónica solo el 6.1%. La mediana de volumen de final de sístole medido por ecocardiografía fue de 37.3 ml RI (22.3 – 51.6 ml) En lo que respecta a los valores obtenidos al estimar la mediana de la integral velocidad tiempo, tenemos que en el grupo de estudio se calculó en $18.07 \pm (4.33)$, del mismo modo se estimó la mediana de la elastancia ventricular en 2.46 RI (1.55 – 3.77).

En el análisis de la correlación de la elastancia ventricular con la integral velocidad tiempo, volumen sistólico y el gradiente medio de la válvula aortica se encontró un coeficiente de correlación no significativo, siendo de -0.022 , -0.015 y 0.011 respectivamente, aportando escaso valor estadístico

CONCLUSIONES: No se encontró correlación entre la elastancia ventricular y la integral velocidad tiempo esto debido principalmente al momento hemodinámico en el que se encontraba cada paciente al momento de la evaluación siendo el principal determinante la presión arterial sistólica alcanzada durante la realización del ecocardiograma así como también la presencia de respuesta o no del paciente a los vasopresores. Por lo que más estudios serán requeridos para lograr determinar cuáles variables hemodinámicas serán más útiles para medir a pie de cama como subrogados de pérdida de elastancia ventricular a modo de determinar precozmente la disfunción miocárdica inducida por sepsis.

PALABRAS CLAVE: Elastancia ventricular, Disfunción miocárdica, Sepsis, Integral Velocidad Tiempo

2. ANTECEDENTES

La sepsis se define como la falla orgánica potencialmente mortal causada por la respuesta desproporcionada del organismo ante una infección, los criterios clínicos para el diagnóstico de sepsis son la presencia de una infección y disfunción orgánica o exacerbación de una falla orgánica crónica. Se recomienda establecer el diagnóstico de sepsis con una puntuación del Sequential Organ Failure Assessment (SOFA) de 2 puntos en aquellos pacientes sin falla orgánica preexistente o un incremento de 2 puntos en aquellos pacientes con fallas orgánicas crónicas preexistentes (1). La sepsis es una de las causas más comunes de ingreso a las salas de terapia intensiva en todo el mundo, contando con alrededor del 37 a 40% de los ingresos de forma global. Un estudio de 18 unidades de cuidados intensivos mexicanas reportó que el 85% de los ingresos se relacionó con sepsis mientras que un 27% de los ingresos se debió a choque séptico (2). Es importante mencionar que el choque séptico es un estado agudo y grave de la sepsis caracterizado por inestabilidad hemodinámica que incrementa hasta en un 40% la mortalidad e incluye alteraciones circulatorias (cardíacas y arteriales) así como anormalidades del metabolismo celular (1). Sus principales manifestaciones son la depresión de la función miocárdica definida como la disfunción miocárdica tanto sistólica como diastólica que puede afectar tanto al ventrículo derecho como al ventrículo izquierdo (9) y la pérdida de las resistencias vasculares periféricas. La miocardiopatía asociada a la sepsis es un hallazgo consistente en pacientes en estado de choque séptico, reportándose en 1 de cada 4 pacientes, manifestándose en primera instancia como una disfunción diastólica y posteriormente en una disfunción progresiva y predominante de la contractilidad miocárdica. El cuadro clínico consistentemente reportado en la bibliografía actual reporta una disminución de la fracción de eyección (FE), mala respuesta ventricular al aporte de volumen y puede asociarse o no a dilatación ventricular (11). Es imperativo mencionar que la mayoría de los pacientes que la desarrollan lo hacen dentro de las primeras 48 horas de evolución, siendo un proceso transitorio y reversible; y en aquellos pacientes que sobreviven recuperan su función cardíaca entre los 7 y 10 días de haberse resuelto el cuadro infeccioso(10).

La ecocardiografía resulta útil para identificar anomalías en la función miocárdica encontrando fracciones de eyección del ventrículo izquierdo (FEVI) baja, así como también disminución en las cifras medidas de integral velocidad tiempo (ITV) las cuales ampliamente correlacionan con la disminución del volumen sistólico medido (VS) (3). Por otro lado, la elastancia ventricular que es la relación entre la presión y el volumen interventricular izquierdo y que puede ser calculada como la presión al final de la sístole (PFS) dividido entre el volumen al final de la sístole (VFS) para obtener la presión al final de la

sístole es necesario calcular el 90% de la presión sistólica (PS) está íntimamente relacionada con dicha disminución del volumen latido (5). Por lo que la medición de la elastancia ventricular representa un índice de contractilidad (8). El valor medio de la elastancia ventricular en pacientes sanos es de 2.3 ± 1.0 mmhg / ml (4) y por su correlación anatomo - fisiológica, resulta lógico pensar que dicha elastancia correlaciona con el flujo sanguíneo que se eyecta a través del tracto de salida del ventrículo izquierdo el cual también puede ser estimado por ecografía con la integral velocidad tiempo (ITV) la cual se expresa en cm/s. (7)

Tomando en cuenta lo anterior, podemos pensar que al correlacionar los valores medidos de la elastancia ventricular con los de la integral velocidad tiempo en un paciente que cursa con un estado de choque séptico podríamos detectar alteraciones en la función miocárdica. A la fecha no existe casuística regional de la relación entre la elastancia ventricular y su correlación con la integral velocidad tiempo como subrogado de depresión de la función miocárdica del ventrículo izquierdo en el choque séptico, lo cual podría ser relevante y aplicable en la clínica, por lo que suponemos que el entendimiento de la correlación de estos parámetros podría ayudar en la optimización terapéutica y hemodinámica del paciente mejorando los resultados del tratamiento y el desenlace general del paciente.

3. MARCO TEORICO

Mejorar el funcionamiento cardiovascular y restaurar la perfusión en el choque séptico es prioridad para el intensivista. Para lograrlo, los médicos de la era moderna se basan en el análisis de una serie de parámetros estáticos y dinámicos como guía para dirigir la terapéutica. Muchos de estos parámetros hemodinámicos se interpretan de manera individual aportando fragmentos de información importante al médico, quien a su vez los integra en un contexto clínico específico para lograr un profundo entendimiento de la situación hemodinámica de cada paciente.

Actualmente y ante la vasta información de parámetros y datos de monitorización disponibles, resulta de vital importancia para el intensivista encontrar aquellos que proporcionan mayor significancia y correlación clínico-patológica para la oportuna toma de decisiones. Dada la versatilidad de la ecocardiografía al pie de cama de paciente y su mayor utilidad en el manejo de alteraciones hemodinámicas en el día a día, resulta imperativo utilizar parámetros dinámicos medidos por este método para orientar al clínico en la oportuna toma de decisiones y manejo de pacientes con inestabilidad hemodinámica crítica derivada de la disfunción miocárdica inducida por sepsis (6)

En un meta-análisis realizado por Wang et al. se concluyó que los pacientes jóvenes son más propensos a sufrir disfunción sistólica en la sepsis al compartir características comunes con el síndrome de Takotsubo (12) y se demostró por Furian y cols. que existía un peor pronóstico en aquellos pacientes que presentaban disfunción sistólica del ventrículo izquierdo. Por otro lado, en pacientes de mayor edad, el principal factor a considerar en relación a la mortalidad fue la disfunción diastólica del Ventrículo izquierdo, puesto que se documentó que aquellos pacientes con disfunción diastólica Tipo 2 estaba íntimamente relacionada con pobres desenlaces en estos grupos de edad.

Con base en las circunstancias antes mencionadas, resulta útil pensar en agregar variables hemodinámicas medibles por ecocardiografía como la disfunción diastólica y sistólica del ventrículo izquierdo para estimar el funcionamiento cardiovascular de este grupo de pacientes. Estudios previos, como el de Sunugawa et al. Han demostrado que el análisis del acoplamiento ventrículo-arterial medido por ecocardiografía el cual consta de la medición de la relación que existe entre la elastancia aortica y la elastancia ventricular supone una herramienta fidedigna para el entendimiento del status hemodinámico en pacientes con choque séptico. Sin embargo, considerar el análisis individual de los factores que

intervienen en el acoplamiento ventrículo-arterial podría ser relevante para reducir la abrumadora cantidad de datos disponibles y optimizar el uso de variables hemodinámicas que aporten mayor sustento a la toma de decisiones.

Por tal motivo el análisis individual de la correlación de la elastancia del ventrículo izquierdo como subrogado de función sistólica miocárdica con la integral velocidad tiempo como parámetro dinámico medible por ecocardiografía a pie de cama pudiera aportarle al médico intensivista información valiosa para la evaluación del estado hemodinámico en términos de función del ventrículo izquierdo de un paciente en estado de choque séptico con disfunción miocárdica incipiente.

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Se espera conocer la correlación que existe entre la elastancia ventricular y la integral velocidad tiempo medidas por ultrasonido en los pacientes con diagnóstico de choque séptico con la finalidad de utilizar estos parámetros medibles al pie de cama del paciente como medida de monitoreo de la función miocárdica del ventrículo izquierdo.

5.- HIPOTESIS

5.1.- Hipótesis Verdadera

Existe correlación de la medición de la elastancia ventricular y la integral velocidad tiempo a pie de cama del paciente por método ultrasonográfico en pacientes choque séptico

5.2.- Hipótesis Nula

No existe correlación entre la elastancia ventricular y la integral velocidad medida por ultrasonido en pacientes con choque séptico.

6.- OBJETIVO GENERAL

Conocer la correlación de la medición de la elastancia ventricular y la integral velocidad tiempo medidos por ultrasonido a pie de cama del paciente con choque séptico como marcador de disfunción miocárdica.

7.- OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar el volumen al final de la sístole en cada paciente que ingresa a terapia intensiva con diagnóstico de choque séptico.
- Medir la integral velocidad tiempo en cada paciente con diagnóstico de choque séptico.
- Determinar la presión al final de la sístole de cada paciente ingresado a terapia intensiva con diagnóstico de choque séptico.
- Analizar la correlación que existe entre la elastancia ventricular y el ITV y usarlos como marcador temprano de depresión miocárdica.

8.- METODOLOGIA

8.1 Tipo de estudio

Observacional, Retrospectivo.

8.2 Tamaño de muestra

33 pacientes.

8.3 Unidades de Observación

Pacientes ingresados a la unidad de terapia intensiva con el diagnóstico de choque séptico.

8.4 Criterios de inclusión

- Ingresados en terapia intensiva y terapia intermedia durante el periodo comprendido de febrero del 2022 a mayo del 2023
- Pacientes con estudio ecocardiográfico en las primeras 48 horas de estancia intrahospitalaria
- Pacientes con diagnóstico de choque séptico.

8.5 Criterios de exclusión

- Pacientes finados en las primeras 48 horas del ingreso a terapia intensiva
- Pacientes con alteraciones estructurales del TSVI demostradas por ecocardiografía

8.6 Criterios de eliminación

- Pacientes sin evaluación ecocardiográfica
- Pacientes que se trasladaron a otra unidad hospitalaria
- Pacientes que no cumplen con diagnóstico de choque séptico

8.7 Variables y unidades de medida

| Variable | Definición / concepto | Tipo de variable | Tipo de medición | Categoría |
|----------|--|------------------|------------------|--------------------|
| Sexo | Concepto biológico que caracteriza a seres humanos entre hombres y mujeres | Cualitativo | Dicotómica | Masculino/femenino |
| Edad | Cantidad de tiempo expresada en años que ha vivido una persona desde el momento del nacimiento | Cuantitativo | Discreta | Años (1, 2, 3 ...) |

| | | | | |
|--------------------------------------|--|--------------|----------|------------------------------------|
| Superficie Corporal (SC) | Es la medida o cálculo de la superficie del cuerpo humano | Cuantitativa | Continua | Metros cuadrados. |
| Presión sistólica | Es la presión causada cuando el corazón se contrae y empuja la sangre a través del sistema arterial | Cuantitativa | Continua | Milímetros de mercurio (mmhg) |
| Presión al final de la sístole | Corresponde al 90% de la presión sistólica | Cuantitativa | Continua | Milímetros de mercurio (mmhg) |
| Volumen Sistólico (VS) | Volumen de sangre que el corazón expulsa hacia la aorta durante el periodo de contracción | Cuantitativa | Continua | Mililitros (1, 2, 3 ...) |
| Volumen al final de la sístole (VFS) | Corresponde a la cantidad estimada de mililitros contenidos en la cámara cardiaca posterior a la sístole | Cuantitativa | Continua | Mililitros (1, 2, 3 ...) |
| Elastancia ventricular (Ees) | Es la relación entre la presión y el volumen intraventricular izquierdo, esta elastancia puede ser calculada como la presión al final de la sístole (pfs) dividido entre el volumen al final de la sístole (vfs). $E_v = p_s \times 0.9 / v_{fs}$ | Cuantitativa | Continua | Milímetros de mercurio / mililitro |

| | | | | |
|---|--|---------------------|-----------------|---|
| <p>Elastancia Arterial (Ea)</p> | <p>Es la expresión de la postcarga total del ventrículo izquierdo hacia el sistema arterial. Representa la compleja asociación entre las diferentes propiedades arteriales incluidas la rigidez de la pared arterial, la complianza arterial y la resistencia al flujo arterial.</p> <p>$Ea = \Delta p_s \times 0.9 / \Delta V_S$</p> | <p>Cuantitativa</p> | <p>Continua</p> | <p>Milímetros de mercurio / mililitro</p> |
| <p>Acoplamiento Ventrículo Arterial (AVA)</p> | <p>Se define como la relación entre la elastancia arterial y la elastancia ventricular como método para evaluar la eficiencia mecánica del sistema cardiovascular y la interacción entre el rendimiento cardiaco y la función cardiovascular</p> <p>$AVA = E_a / E_v$</p> | <p>Cuantitativa</p> | <p>Continua</p> | <p>Milímetros de mercurio / mililitro</p> |

| | | | | |
|--|---|--------------|----------|---|
| Fracción de expulsión de ventrículo izquierdo (FEVI) | <p>Valor que expresa el porcentaje de disminución del volumen sanguíneo contenido en el ventrículo izquierdo durante el final de la sístole con respecto al volumen contenido durante el final de la diástole</p> $Fe = \frac{vfd - vfs}{vfd} \times 100$ | Cuantitativa | Continua | Se expresa en porcentaje (%) |
| Integral velocidad tiempo (ITV) | Se interpreta como la longitud de la columna de sangre que pasa por el punto insonado en un latido | Cuantitativa | Continua | Se expresa en cm/s |
| E/e' | Es un índice derivado del Doppler Tisular utilizado para la estimación de las presiones de llenado del ventrículo izquierdo y la disfunción diastólica | Cuantitativa | Continua | Se expresa en milímetros de mercurio (mmhg) |
| Gasto Cardíaco | Se denomina Gasto Cardíaco al volumen de sangre expulsado por un ventrículo en un minuto. Constituye la resultante final de todos | Cuantitativa | Continua | Se expresa en litros por minuto |

| | | | | |
|---------------------------------------|---|--------------|----------|---------------------------------------|
| | los mecanismos que normalmente se ponen en juego para determinar la función ventricular. | | | |
| Disfunción Diastólica | Se define como la condición en la cual, para mantener un gasto cardiaco normal, la presión de llenado se encuentra aumentada. | Cualitativa | Ordinal | Tipo 1, Tipo 2 o Tipo 3 |
| Velocidad Máxima de Válvula Aortica | Es la velocidad máxima que alcanza un flujo sanguíneo al ser expulsado a través de la válvula aortica en una unidad de tiempo | Cuantitativa | Continua | Se expresa en m/s |
| Gradiente máximo de Válvula Aortica | Es la presión máxima que alcanza un flujo sanguíneo durante el paso a través de la válvula aortica | Cuantitativa | Continua | Se expresa en milímetros de mercurio |
| Gradiente medio de la Válvula Aortica | Es la presión que se obtiene mediante el promedio del gradiente instantáneo durante todo el periodo sistólico de eyección. | Cuantitativa | Continua | Se expresa en milímetros de mercurio. |

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

Búsqueda de artículos de divulgación científica en buscadores como EBSCO host, Google Scholar, Pubmed, Medline para la realización de dicha búsqueda se utilizaron palabras clave como elastancia ventricular, acoplamiento ventricular, choque séptico, sepsis, integral velocidad tiempo, disfunción sistólica. Teniendo identificada la bibliografía a utilizar, se dará prioridad a aquellos artículos más relacionados y / o concordantes con el objetivo principal del estudio en cuestión.

Se realizará la recopilación de datos clínicos a través de búsqueda intencionada de información contenida en el expediente clínico de cada paciente sujeto de estudio. Se aplicarán los criterios diagnósticos de sepsis y se incluirá en el estudio todos aquellos pacientes que durante el periodo comprendido de febrero del 2022 a enero del 2023 presentan alteraciones hemodinámicas concordantes con el diagnóstico de choque séptico.

Posteriormente se realizará un análisis dirigido de los reportes ecocardiográficos de dichos pacientes para recabar los datos más relevantes para el estudio como lo son, la integral velocidad tiempo, el volumen al final de la sístole, volumen al final de la diástole, la fracción de expulsión del ventrículo izquierdo y la integral velocidad tiempo.

Todas las mediciones y cálculos fueron realizadas por el mismo ecocardiografista. Por ecocardiografía bidimensional se obtuvieron los diámetros tele sistólicos y tele diastólicos del ventrículo izquierdo evaluándose la contractilidad global y segmentaria basándose en la observación del engrosamiento parietal y el movimiento del endocardio de los segmentos miocárdicos. Se calculó la fracción de eyección del ventrículo izquierdo (FEVI) por el método de Simpson utilizando el eje apical 4 cámaras (13). Para la valoración de la función diastólica del ventrículo izquierdo se siguieron las recomendaciones de la sociedad Americana de Ecocardiografía y de la sociedad Europea de Imagen Cardiovascular, se combinaron las técnicas de Doppler pulsado localizando el volumen muestra a la altura de los velos de la válvula mitral en diástole, se realizaron registros de la velocidad del flujo trans mitral precoz (E) y del flujo trans mitral tardío (A) y se calculó además la relación E/A. Se usó Doppler Tisular para el cálculo de la velocidad de desplazamiento del anillo mitral e' utilizando el eje apical 4 cámaras localizando el volumen muestra y posteriormente Doppler Pulsado en la porción lateral del anillo mitral, calculándose posteriormente la relación E/e' (14). Para la estimación de la integral velocidad tiempo se interrogó a nivel de tracto de salida del ventrículo izquierdo en un eje apical 5 cámaras con Doppler

pulsado y se midió la integral obtenida de 3 latidos para posteriormente promediarse.

Con respecto a la estimación de la elastancia ventricular se utilizaron los valores medidos del Volumen tele sistólico durante la estimación de FEVI por método de Simpson (15) ver Anexo 1, la presión sistólica documentada durante la realización del ecocardiograma y se aplicó la fórmula matemática $Ees = ps \times 0.9 / vfs$. En cuanto a la elastancia arterial se utilizó una metodología similar, utilizando los valores de presión sistólica documentada durante el ecocardiograma y el volumen sistólico obtenido con el método de Simpson y se aplicó la fórmula $Ea = ps \times 0.9 / VS$. Finalmente el resultado de ambos valores se integró para estimar el acoplamiento ventricular a través del método de Chen y se aplicó la fórmula $AVA = Ea/Ees$

Habiendo recolectado toda la información relevante para el estudio, se diseñó una tabla de Excel donde se conjuntaron todos los datos para su análisis

8.9 Definición del plan de procesamiento y presentación de la información

Hoja de recolección de datos en Excel. archivo clínico, archivo clínico electrónico, estudios ecocardiográficos, programa estadístico SPSS v23.

8.10 Consideraciones éticas.

Esta investigación se apegará a la declaración de Helsinki sobre los principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos, respetando la confidencialidad del paciente.

En apego al reglamento de la ley general de salud en materia de investigación en el artículo 16 se protegerá la privacidad de los participantes. La información será manejada de manera confidencial por los investigadores principales, sus datos personales no serán presentados en informes o resultados. Se protegerá la privacidad de los expedientes de los participantes del estudio.

Previo autorización y con apego a la normativa institucional en relación con la investigación en salud y seres humanos se solicitará autorización por el comité de investigación y del director del Hospital San Ángel Inn Universidad.

8.11 Consideraciones de bioseguridad.

Este estudio no requiere medidas específicas que transgredan situaciones de bioseguridad, siendo un estudio retrospectivo, se trabajara con la información generada y documentada. No se manejarán sustancias nocivas, así como tampoco residuos biológico-infecciosos durante el tiempo de recolección de datos.

9.- ANALISIS ESTADISTICO

Para el análisis estadístico se inició con la determinación del tipo de distribución de las variables cuantitativas mediante la prueba de Shapiro Wilk. Aquellas variables normales se presentan como media (desviación estándar) y no normales como mediana (rango intercuartilar). Las variables cualitativas se presentan como frecuencia (proporción).

Se realizó un análisis de correlación mediante la prueba de Pearson o Rho de Spearman acorde a la distribución de las variables cuantitativas, normal o no normal respectivamente. Las variables introducidas en la matriz fueron: ITV (integral velocidad tiempo), volumen sistólico, E/e' y gradiente medio de la válvula aortica, con el fin de observar la presencia de correlación con la variable elastancia ventricular. En el caso de encontrar correlación significativa se procedió a construir las gráficas de dispersión de puntos con determinación del coeficiente de determinación (R^2).

Resultados

De un total de 118 pacientes, se incluyeron un total de 33 pacientes en el análisis final, las características generales se muestran en la Tabla 1.

| Tabla 1. Características generales de la muestra | | |
|---|-----------|-------------------|
| Variable | | Valor |
| Genero, n(%) | Masculino | 16 (48.5) |
| | Femenino | 17 (51.5) |
| Edad (años) | | 75 (68-84) |
| Superficie corporal (m2) | | 1.78 (1.70-1.85) |
| Diabetes mellitus tipo 2, n(%) | | 8 (24.3) |
| Hipertensión arterial sistémica, n(%) | | 21 (63.6) |
| Enfermedad renal crónica, n(%) | | 2 (6.1) |
| Número de vasopresores | | 1 (1-1) |
| Presión sistólica (mmHg) | | 97 (15) |
| Presión al final de la sístole (mmHg) | | 87.7 (13.8) |
| Volumen al final de la sístole (mL) | | 37.3 (22.3-51.6) |
| Elastancia ventricular | | 2.46 (1.55-3.77) |
| Fracción de eyección del ventrículo izquierdo | | 63 (59-69) |
| Integral velocidad tiempo | | 18.07 (4.33) |
| Volumen sistólico (mL) | | 59. (18.4) |
| E/e´ | | 9.33 (7.15-10.90) |
| Gasto cardiaco (mL/min) | | 4.91 (1.88) |
| Disfunción diastólica, n(%) | Tipo I | 27 (81.8) |
| | Tipo II | 6 (18.2) |
| | Tipo III | 0 (0.0) |
| Velocidad máxima de la válvula aortica (m/s) | | 1.34 (1.19-1.92) |
| Gradiente máximo de la válvula aortica (mmHg) | | 7.2 (5.2-14.7) |
| Gradiente medio de la válvula aortica (mmHg) | | 4.5 (3.3-8.3) |
| 100% de los pacientes se encontraban en choque séptico | | |

Del total de pacientes incluidos n=33 el 48.5% (16) correspondieron al género masculino y 51.1% (17) al género femenino siendo la media de edad de 75 años (68 – 84 años). Dentro de las comorbilidades la diabetes mellitus represento el 24.3% la hipertensión arterial 63.6% y enfermedad renal crónica solo el 6.1%. La mediana de volumen de final de sístole medido por ecocardiografía fue de 37.3 ml RI (22.3 – 51.6 ml) siendo valores dentro de parámetros normales en la población general. En lo que respecta a los valores obtenidos al estimar la mediana de la integral velocidad tiempo, tenemos que en el grupo de estudio se calculó en 18.07 +- (4.33), del mismo modo se estimó la mediana de la elastancia ventricular en 2.46 RI (1.55 – 3.77).

En el análisis de la correlación de la elastancia ventricular con la integral velocidad tiempo , volumen sistólico y el gradiente medio de la válvula aortica se encontró un coeficiente de correlación no significativo, siendo de -0.022 , -0.015 y 0.011 respectivamente, aportando escaso valor estadístico a las mediciones en cuestión.

La matriz de correlaciones mediante la prueba Rho de Spearman se muestra en la Tabla 2.

| Tabla 2. | | Integral velocidad tiempo | Elastancia ventricular | Volumen sistólico (mL) | Gradiente medio de la válvula aortica (mmHg) | E/e' |
|--|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------|------------------------------|--|--------|
| Elastancia ventricular | Coeficiente de correlación | -0.022 | 1.000 | -0.015 | 0.011 | -0.324 |
| | Sig. (bilateral) | 0.902 | | 0.934 | 0.952 | 0.066 |
| | N | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 |
| Debido a la distribución no normal de las variables se procedió a utilizar la prueba de Rho de Spearman | | | | | | |

No se encontró correlación entre las variables introducidas.

10. DISCUSION Y CONCLUSIONES

Del total de pacientes estudiados 33% desarrollaron miocardiopatía séptica, porcentaje ligeramente inferior a lo reportado en los estudios de Perez Aspuro y Quevedo Benitez esto pudiera deberse al inicio temprano del tratamiento antibiótico, a la rápida identificación del estado de choque y mejoramiento del estado hemodinámico con cristaloides y vasopresores antes de la realización del estudio ecocardiográfico.

Teniendo en cuenta que la perdida de la elastancia ventricular así como la disfunción diastólica son los principales factores involucrados en la disfunción miocárdica la medición de la correlación de la integral velocidad tiempo con estos parámetros fue objeto de evaluación inicial del estudio a manera de entender si dicha integral pudiese usarse como subrogado de la elastancia. Sin embargo no se encontró correlación entre la elastancia ventricular y la integral velocidad tiempo esto debido principalmente al

momento hemodinámico en el que se encontraba cada paciente al momento de la evaluación siendo el principal determinante la presión arterial sistólica alcanzada durante la realización del ecocardiograma así como también la presencia de respuesta o no del paciente a los vasopresores. Por otro lado, en ausencia de cardiopatía estructural del ventrículo izquierdo se observó que a mayor volumen de fin de sístole, menor elastancia ventricular presentaban los pacientes, lo que podría sugerir que el mayor determinante de la elastancia ventricular en este grupo específico de pacientes es el volumen de fin de sístole.

En la muestra de pacientes estudiados se encontró que la media de la elastancia ventricular fue de 2.46 mmhg/ml de los cuales el 33.3% presentaron disminución importante de la elastancia ventricular en contraste con lo esperado en este grupo de pacientes, cuyas comorbilidades y grupos etarios harían pensar que se mantendrían siempre elevadas de acuerdo a los estudios de Cohen et al en donde se documentó un aumento de 28 a 30% de la elastancia ventricular en pacientes sanos mayores de 60 años

Otro punto a recalcar es 30.3% de los pacientes presentaron desacoplamiento ventrículo arterial $Ea/Ev >1.0$ durante el momento de evaluación del choque séptico y de ese grupo de pacientes a su vez presentaron FEVI (Fracción de expulsión del ventrículo izquierdo) menor a 50%, haciendo que al menos el 25% requiriera soporte con dos vasopresores por lo que se incrementó la morbilidad a lo largo del estudio.

Adicionalmente se encontró que ninguno de los pacientes sometidos al estudio presentaba aumento de los gradientes medios de válvula aortica ni aumento en las velocidades máximas la válvula en cuestión, por lo que consideramos que los criterios de exclusión influyeron de manera positiva en evitar el sesgo de la interpretación de la integral velocidad tiempo ni la elastancia arterial y por ende el acoplamiento ventrículo arterial.

Del mismo modo que en otras series de estudios se reportó el predominio de disfunción diastólica en este grupo de pacientes en este estudio se encontró que un 81.8 % de los pacientes presentaron disfunción diastólica de tipo I (patrón de relajación lenta) y el 12.2% disfunción diastólica de tipo 2.

Tomando en cuenta lo anterior podemos concluir que aun que no se encontró una correlación significativa entre las variables sujetas a estudio, la información obtenida de este grupo de pacientes es útil para entender el comportamiento hemodinámico durante la disfunción miocárdica inducida por sepsis la cual se ve manifestada por un desacoplamiento ventrículo-arterial dependiente de la disfunción de la elastancia ventricular en pacientes de población mexicana, por lo que más estudios serán requeridos para

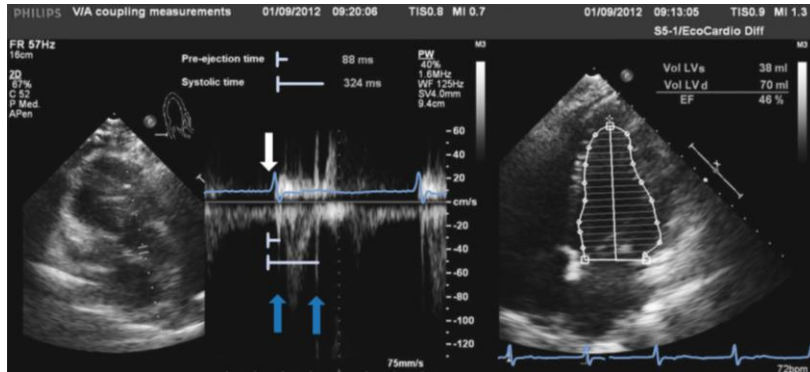
lograr determinar cuáles variables hemodinámicas serán más útiles para medir a pie de cama como subrogados de pérdida de elastancia ventricular a modo de determinar precozmente la disfunción miocárdica inducida por sepsis.

11. ANEXOS

Cronograma de actividades

| ACTIVIDAD | MARZO | ABRIL | MAYO | JUNIO | JULIO |
|---|-------|-------|------|-------|-------|
| Planteamiento del tema de estudio, desarrollo estructurado de la propuesta de trabajo y presentación al comité de investigación de Hospital San Ángel Inn Universidad | | | | | |
| Creación de herramienta de trabajo (Excel) y recopilación de datos | | | | | |
| Integración de datos obtenidos | | | | | |
| Elaboración de conclusiones | | | | | |
| Análisis estadístico y presentación de resultados | | | | | |
| Registro del trabajo | | | | | |

Anexo 1. Estimación del volumen sistólico por método de Simpson.



Fuente: Guarracino, F., Baldassarri, R., & Pinsky, M. R. (2013). *Ventriculo-arterial decoupling in acutely altered hemodynamic states*. *Critical Care*, 17(2), 213. doi:10.1186/cc12522

12. BIBLIOGRAFIA

- 1.- Luis A Gorordo-Delsol et al. Sepsis y choque séptico en los servicios de urgencias de México: estudio multicéntrico de prevalencia puntual. *Gac Med Mex*. 2020;156:495-501
- 2.- Cabrera A, Laguna G, López G, Villagómez A, Méndez R, Guzmán R. Mecanismos patogénicos en sepsis y choque séptico. *Med Int Mex*. 2008;24:38-42
- 3.- Jordi. Mercadal Ecocardiografía funcional en la unidad de reanimación como monitor hemodinámico *Med Crit* 2017;31(2):84-92
- 4.- Herrero, J. L. (2020). Monitorización hemodinámica: de la fisiología a la monitorización. *Revista electrónica de AnestesiaR*, 12(1), 4. <https://doi.org/10.30445/rear.v12i1.787>
- 5.- R. Galvan et al. (2012) Acoplamiento Ventriculo arterial en choque septico. *Revista de la asociación Mexicana de Medicina Critica y Terapia intensiva* Vol XXVI Num 1. / Ene – Mar 2012 pp 26 – 35
- 6.- Trauzeddel, R. F., Ertmer, M., Nordine, M., Groesdonk, H. V., Michels, G., Pfister, R., Reuter, D., Scheeren, T. W. L., Berger, C., & Treskatsch, S. (2021). Perioperative echocardiography-guided

hemodynamic therapy in high-risk patients: a practical expert approach of hemodynamically focused echocardiography. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*, 35(2), 229–243.
<https://doi.org/10.1007/s10877-020-00534-7>

7.- Nancy S. Monga Aguilar , Pablo Merlo: Hemodinamic Monitoring by echocardiography. *Revista CONAREC* 2020:35 (156): 217 – 225

8.- Orlando Ruben Perez Nieto, Enrique Monares Zepeda, Sergio Edgar Zamora Gomez, Jose Obeth Montoya Rojo, *Acoplamiento Ventriculo-arterial a la cabecera del paciente. Es posible? Es util?.* *Med Crit* 2017:31(1)20-24

9.- Perez Aspuro, Quevedo Benitez (2021) Evaluacion ecocardiografica de la miocardiopatía séptica: Importancia de los biomarcadores. *Invest Medicoquir* 2021:13

10.- Narvaez I. et al. Incidence and evolution of sepsis-induced cardiomyopathy in a cohort of patients with sepsis and septic shock. *Med Intensiva*. 2018;42(5):283-291.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.medin.2017.08.008>

11.- Boisser F Razazi K , Seemann A, et al. Left ventricular systolic dysfunction during septic shock: The role of loading conditions. *Intensive Care Med*, 43 (2017), pp. 633-642

12.- Wang J, Wang XT, Liu DW, Zhang HM, Su LX. Induction and deduction in sepsis – induced cardiomyopathy: five typical categories. *Chin Med J (Engl)*. 2020;133(18) : (18) 2205-2211.
[doi:10.1007/s00134-019-05596-z](https://doi.org/10.1007/s00134-019-05596-z)

13.- Lang R et al. Recomendaciones para la cuantificación de cavidades cardiacas por ecocardiografía en Adultos: Actualización de la Sociedad Americana de Ecocardiografía y la Asociación Europea de Imagen Cardiovascular. *J Am Soc Echocardiogr* 2015:28 1-39

14.- Nagueh S, et al. Recommendations for the evaluations of left ventricular diastolic function by echocardiography: An update from the American society of Echocardiography and the European Association of cardiovascular Imageing J Am Soc Echocardiogr 2016;29:277-314

15.- Guarracino, F., Baldassarri, R., & Pinsky, M. R. (2013). *Ventriculo-arterial decoupling in acutely altered hemodynamic states. Critical Care, 17(2), 213.* doi:10.1186/cc12522