



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO

FACULTAD DE MEDICINA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

HOSPITAL SAN ANGEL INN UNIVERSIDAD

**COMPARACION DE LA ESTIMACION DE GASTO CARDIACO POR
ECOCARDIOGRAFIA VERSUS BIOREACTANCIA Y USCOM (ULTRASONIC
CARDIAC OUTPUT MONITOR)**

**TESIS DE POSGRADO
PARA OBTENER EL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN MEDICINA CRITICA.**

PRESENTA:

DRA. JULIA CUMANDA CUESTA TORRES
Médico Residente de Segundo año Medicina Critica.

DIRECTOR Y ASESOR DE TESIS:

DR. ENRIQUE MONARES ZEPEDA

ASESOR ESTADISTICO:

LN. CARLOS GALINDO MARTIN

CIUDAD DE MÉXICO JULIO 2018



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.

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.

Este trabajo fue realizado en el Servicio de Terapia Intensiva del Hospital San Ángel Inn Universidad, bajo la dirección y el asesoramiento estadístico y administrativo del Dr. Enrique Monares Zepeda y LN. Carlos Galindo Martin.

AGRADECIMIENTO

Me gustaría expresar mi más profundo y sincero agradecimiento a todas aquellas personas que, con su ayuda, han colaborado en la realización del presente trabajo, en especial al Dr. Enrique Monares Zepeda, por la orientación, el seguimiento y la supervisión continúa de la misma, pero sobre todo por la motivación y el apoyo recibido a lo largo de estos meses.

Especial reconocimiento merece el apoyo, comprensión y cariño de mis padres con los que me encuentro en deuda por el ánimo infundido y la confianza en mí depositada.

Un agradecimiento muy especial merece la comprensión, paciencia y el ánimo recibidos de mi familia y amigos.

Quisiera hacer extensiva mi gratitud a mis compañeros del Servicio de Terapia Intensiva del Hospital San Ángel Inn Universidad, por su amistad y colaboración.

A todos ellos, muchas gracias.

Índice

I.	Resumen	5
II.	Antecedentes	6
III.	Planteamiento del problema	12
IV.	Justificación	12
V.	Hipótesis	13
VI.	Objetivo primario	13
VII.	Metodología	13
	Tipo y diseño de estudio	13
	Población y tamaño de muestra	13
	Criterios de inclusión	13
	Criterios de exclusión	13
	Criterios de eliminación	14
VIII.	Definición de variables	14
IX.	Procedimiento	14
X.	Cronograma de actividades	15
XI.	Análisis estadístico	15
XII.	Aspectos éticos y de bioseguridad	16
XIII.	Relevancia y expectativas	17
XIV.	Resultados	18
XV.	Discusión	19
XVI.	Conclusiones	20
XVII.	Bibliografía	22
XVIII.	Anexos	25

I. Resumen.

Comparación de la estimación de gasto cardíaco por Ecocardiografía versus Bioreactancia vs USCOM (Ultrasonic Cardiac Output Monitor)

En terapia intensiva uno de los monitoreos más frecuentes fundamentales para la toma de decisiones clínicas en la reanimación del choque séptico es la estimación del gasto cardíaco. En la actualidad se busca un monitoreo de gasto cardíaco no invasivo. La ecocardiografía se ha posicionado como el estándar de oro en monitoreo no invasivo del gasto cardíaco, sin embargo este tipo de monitoreo es operador dependiente y no todo el tiempo se cuenta con el personal y equipo necesario. A su vez, la bioreactancia se ha posicionado como un monitoreo 100% no invasivo para la estimación del gasto cardíaco. Por otro lado el monitoreo Doppler por el sistema Ultrasonic Cardiac Output Monitor (USCOM) semiautomático elimina muchos de los factores que hacen de la ecocardiografía un monitoreo operador dependiente. El presente estudio tiene como objetivo comparar el monitoreo del gasto cardíaco por ecocardiografía vs Bioreactancia vs Doppler semiautomático del sistema USCOM.

Material y Métodos.

Se capturaron 26 pacientes con diagnóstico de choque séptico ingresados a una terapia intensiva general a los cuales se estimó a su ingreso gasto cardíaco mediante ecocardiografía, Bioreactancia y Doppler por el sistema USCOM. Se realizó prueba T de Student para determinar diferencias estadísticamente significativas entre las tres mediciones, considerando una p estadísticamente significativa menor de 0.05. Se utilizó Bland y Altman para analizar la diferencia entre mediciones calculándose una R², coeficiente de Linn y porcentaje de error, con el fin de determinar la concordancia entre las tres mediciones.

Resultados.

Bioreactancia vs ecocardiografía reportó una R² de 0.9, con límite superior 95%, 1,59 límite inferior -1,75, porcentaje de Linn 0.78 con un porcentaje de error de 24%.

USCOM vs ecocardiografía reportó una R² de 0.69, con límite superior 95%, d 2.9 límite inferior 95% 0.75, porcentaje de Linn 0.6 con un porcentaje de error de 41%.

Conclusiones.

La bioreactancia es un prometedor monitoreo continuo al parecer comparable a la ecocardiografía, por otro lado el monitoreo USCOM no es equiparable a ecocardiografía o bioreactancia. Se necesitan más estudios para comprobar esta observación.

PALABRAS CLAVE: Choque séptico, gasto cardíaco, monitoreo hemodinámico.

II. Antecedentes

MONITORIZACIÓN HEMODINÁMICA AVANZADA.

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

Las recomendaciones en cuanto a su uso están dirigidas a los pacientes con hipoperfusión sistémica con independencia de las diferentes etiologías.(1) En este contexto, la presión de perfusión de un órgano suele tener muy buena correlación con ciertos marcadores macrohemodinámicos como la presión arterial media (PAM) sin embargo, por sí sola, no aporta información sobre el estado metabólico y funcional de los órganos y tejidos. De ahí la necesidad de medir el gasto cardíaco al ser el mayor determinante del aporte de oxígeno a los tejidos (DO₂) necesario para el metabolismo aerobio celular. Asimismo, se considera un evaluador de la función cardíaca global. Se ha demostrado que en pacientes con alto riesgo quirúrgico, que una adecuada optimización del GC durante la intervención y en las horas inmediatamente posteriores incide de manera directa en su pronóstico (2).

De forma ideal, la mejor tecnología para la estimación del GC, debería ser: no invasiva, continua, fiable, reproducible, cómoda tanto para el paciente como para el profesional, exacta y con los mínimos efectos secundarios. Hasta el momento, ninguna de las técnicas disponibles cumple todas estas características y la utilización de cada uno de los métodos depende fundamentalmente de su disponibilidad y de los conocimientos o aptitudes del profesional.

Una vez determinado el gasto cardíaco por alguno de los métodos que existen en la actualidad, al momento de su interpretación y evaluación en pacientes críticos, se debe tener en cuenta que es también dependiente de la precarga, contractilidad y, fundamentalmente, de la poscarga, ya que es especialmente significativa en las situaciones con un incremento o una disminución importante de la misma como ocurre en la sepsis.

DEFINICIÓN Y DETERMINANTES DEL GASTO CARDIACO.

Se denomina gasto cardíaco (GC) a la cantidad de sangre que expulsa el corazón en un minuto. Los valores de normalidad del gasto cardíaco en el adulto sano en torno a 4-6,5 l/min (2,5 l/min por m² de superficie corporal sería el índice cardíaco), en reposo. El enfermo crítico presenta generalmente demandas de oxígeno anormales debido al propio proceso desencadenante de la enfermedad. El gasto cardíaco, se adapta a las necesidades del organismo, por lo que un valor dentro del intervalo de la normalidad no sirve, como único dato, para indicarnos que la función cardíaca es óptima. (3)

Los determinantes del gasto cardíaco son: el volumen sistólico y la frecuencia cardíaca.

A su vez, el volumen sistólico va a depender de:

Precarga: Está determinada por la longitud de la fibra cardíaca antes de su contracción. Según la ley de Frank-Starling, existe una relación directa, entre el grado de elongación de la fibra en diástole y el posterior acortamiento de la fibra miocárdica en sístole. A una frecuencia cardíaca constante, el gasto cardíaco es directamente proporcional a la precarga. Sin embargo, dentro de la curva de Frank-Starling existen dos fases: una primera en la que el aumento de precarga se correlaciona de forma lineal con un aumento en el volumen sistólico

(o zona precarga-dependiente) y una segunda en la que el aumento de precarga apenas se correlaciona con un incremento en el gasto cardíaco (o zona precarga independiente). (3)

Poscarga: Equivale a la tensión de la pared ventricular en sístole, siendo esta la presión que debe superar el ventrículo para contraerse. El gasto cardíaco tiene una relación inversa con la poscarga. Los principales determinantes de la presión ventricular durante la sístole son: la fuerza de contracción ventricular, la distensibilidad de las paredes de la aorta y la resistencia vascular sistémica. Dado que la distensibilidad vascular suele ser constante, se equipara la poscarga con la resistencia vascular sistémica (RVS). (3)

Contractilidad cardíaca: Es la capacidad intrínseca del miocardio para bombear la sangre en condiciones de precarga y poscarga constantes. Está relacionada con la velocidad de acortamiento del músculo cardíaco que, a su vez, depende del contenido de Ca^{++} intracelular de los miocitos y determinadas proteínas musculares como la proteincinasa. La contractilidad miocárdica puede ser modulada por factores nerviosos y humorales. (3)

ESTADO DE CHOQUE.

El estado de choque se define como la insuficiencia circulatoria aguda generalizada asociada a inadecuada utilización de oxígeno por las células. Esta pérdida del equilibrio entre el aporte de oxígeno (DO_2) y el consumo de oxígeno (VO_2) resulta en disociación celular y aumento de las concentraciones de lactato. (4)

El choque séptico es la causa más frecuente de choque en pacientes ingresados en unidades de cuidados intensivos (UCI), seguido del choque cardiogénico e hipovolémico, mientras que el choque obstructivo es el menos usual.

El choque séptico, es la manifestación más grave de sepsis con tasas de letalidad del 40-50%, que pueden llegar hasta el 80%. La incidencia del choque séptico en pacientes ingresados en UCI varía entre el 6,3% y el 14,7%. Sin embargo, los mecanismos de choque pueden solaparse y los pacientes ingresados por un tipo de choque pueden desarrollar otros tipos. Un ejemplo de ello se da en pacientes con choque séptico que pueden también tener hipovolemia y choque cardiogénico por depresión miocárdica. (4) Según el tercer consenso internacional para la definición de sepsis la 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 anomalías circulatorias y celulares / metabólicas subyacentes son lo suficientemente profundas como para aumentar sustancialmente la mortalidad. (20)

Diagnóstico clínico.

Los signos clínicos típicos del choque son hipotensión arterial (aunque no está siempre presente), definida como 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. (4)

Diagnóstico bioquímico.

La saturación venosa mixta de oxígeno (SvO₂), obtenida en la arteria pulmonar, probablemente representa el mejor indicador de la adecuación del DO₂. En diversas situaciones de patología crítica, la saturación venosa central de oxígeno (SvcO₂), obtenida en la aurícula derecha, ha demostrado una buena correlación con la SvO₂ (aunque sobreestima en torno al 5%).

La reducción del GC y/o el aumento de las necesidades metabólicas se traducirán en un incremento compensador en la extracción de oxígeno, con el consiguiente descenso de las saturaciones venosas. Este descenso será precoz, pudiendo preceder incluso a la elevación del lactato sérico. La incorporación de las saturaciones venosas como objetivo metabólico final del proceso de reanimación ha demostrado su impacto beneficioso en el pronóstico de diferentes poblaciones de pacientes críticos (5), sin embargo, en determinadas situaciones de choque distributivo especialmente en el choque séptico, la presencia de SvcO₂ elevadas también se ha asociado a mayor mortalidad (6). Este fenómeno vendría determinado por diferentes mecanismos, como fenómenos de shunt, flujo heterogéneo, o alteraciones en la extracción de oxígeno. Por tanto, es fundamental conocer las limitaciones de esta variable y, en el contexto clínico adecuado, disponer de otros parámetros que nos informen sobre el estado de perfusión tisular del individuo. (6)

La elevación de la concentración de lactato en sangre indica la presencia de hipoxia tisular y metabolismo anaerobio. La magnitud de esta elevación en los niveles de lactato se ha correlacionado directamente con el pronóstico del paciente con patología crítica aguda (7). El aumento de las concentraciones de lactato, además de ser un marcador diagnóstico, tiene también valor pronóstico, ya que valores > 1,5 mmol/l en pacientes con choque séptico se asocian con aumento de la mortalidad. En cuanto a su utilidad en la guía del proceso de reanimación, la monitorización del aclaramiento del lactato, en respuesta a las intervenciones terapéuticas no se ha mostrado inferior a la resucitación guiada por SvcO₂ (8).

La diferencia arteriovenosa de CO₂ –P(v-a)CO₂– puede ser de ayuda en la evaluación del estado global de oxigenación de los tejidos. En cuanto a la P(v-a)CO₂ (ya sea central o mixta), diferentes trabajos han correlacionado inversamente su valor a los valores de índice cardíaco. Niveles de P(v-a)CO₂ > 6 mmHg han demostrado ser útiles en la detección de hipoperfusión persistente a pesar de la normalización de la SvcO₂ (9).

Diagnóstico hemodinámico.

Es importante recalcar que ningún sistema de monitorización hemodinámica tendrá impacto positivo sobre el pronóstico del paciente crítico a menos que vaya asociado a un tratamiento de probada eficacia.

La evaluación de la función cardíaca es crucial a la hora de decidir si los agentes inotrópicos tienen un lugar en la terapia de un paciente. La función cardíaca puede estar alterada incluso cuando el GC es normal o elevado, como ocurre a menudo en la depresión miocárdica de la sepsis. En un ensayo que incluyó a más de 200 pacientes con choque séptico, Vieillard-Baron et al. observaron que varios pacientes presentaron una FEVI de alrededor del 40% a pesar de que su IC fue superior a 3 l/min/m². Por el contrario, varios pacientes tuvieron un bajo GC, pero conservaban la función inotrópica cardíaca. Se recomienda el uso de inotrópicos solo

cuando la alteración de la función cardíaca se acompaña de un GC bajo o inadecuado y persisten signos de hipoperfusión tisular tras la optimización de la precarga. (10)

TIPOS DE MONITOREO HEMODINÁMICO.

En la actualidad existen sistemas invasivos (CAP), semiinvasivos (termodilución transpulmonar, litiodilución, análisis del contorno de la onda de pulso, Doppler esofágico, etc.) y no invasivos (ecografía, bioreactancia, tecnología Doppler, etc.). El GC obtenido por termodilución con el CAP es considerado el método estándar de oro para la medición del GC desde su introducción en 1970, 11. La mayoría de los métodos de estimación del GC han sido evaluados mediante la comparación con los datos obtenidos por termodilución con el CAP. El CAP permite además obtener parámetros hemodinámicos relevantes como la presión de arteria pulmonar (PAP), la presión de oclusión de arteria pulmonar (POAP) y parámetros de DO₂ y VO₂. Sin embargo, la utilización del CAP ha descendido debido su invasividad y al debate sobre sus posibles complicaciones y sus indicaciones. 11,12.

Entre los métodos semiinvasivos de estimación del GC se encuentran la termodilución transpulmonar, la litiodilución y el análisis de la onda de pulso. La mayor parte de ellos proporcionan al mismo tiempo información continua de múltiples variables de precarga, poscarga y contractilidad, y permiten también el cálculo del porcentaje de variación en la presión de pulso (VPP) o en la variación del volumen sistólico (VVS), utilizados para dirigir la fluidoterapia y analizar la respuesta a la misma.

MÉTODOS NO INVASIVOS.

Entre los métodos no invasivos destacan: la bioreactancia, el Doppler transtorácico y la ecocardiografía.

BIOREACTANCIA.

Keren et al, desarrollaron un sistema basado en la bioreactancia para el cálculo del gasto cardíaco. Se basa en el análisis del cambio de fase que se produce en la onda eléctrica de alta frecuencia que es emitida al tórax. Los cambios de fase ocurren solo como resultado del flujo pulsátil, por lo tanto, la señal NICOM se correlaciona casi por completo con el flujo aórtico. Se ha demostrado que el gasto cardíaco, medido por bioreactancia, se correlaciona con el flujo en el bypass cardíaco, la termodilución, el análisis del contorno del pulso y el Doppler carotídeo. 13.

Su ventaja, en comparación con la bioimpedancia, radica en la reducción significativa de factores como la interferencia eléctrica, el movimiento o la posición del paciente, o el desplazamiento de electrodos que pueden resultar en la obtención de datos erróneos. Dentro de sus limitaciones, debido a que el área bajo la onda de pulso de flujo es proporcional al producto del flujo pico y del tiempo de eyección del ventrículo, en condiciones de bajo flujo, la precisión de las determinaciones del GC puede estar reducida. Sus lecturas presentan una aceptable correlación con los resultados de las mediciones del GC obtenidas a través del CAP, tanto en animales como en humanos y en diferentes situaciones clínicas (14)

Las limitaciones para la medición del GC con esta técnica son: 1. Marcapasos externos e internos que utilicen electrodos unipolares. 2. Hipertensión pulmonar severa: si PAP > 60 mmHg, el GC real puede sobrestimarse. 3. Insuficiencia aórtica grave: el sistema NICOM

descarta la fracción de regurgitación de forma que el GC anterógrado es sobrestimado. 4. Insuficiencia tricuspídea grave. 5. Graves alteraciones anatómicas de la aorta torácica: prótesis aórticas sintéticas, aneurismas grandes, disección aórtica larga. 6. Shunts intracardíacos: el dispositivo no ha sido probado en pacientes con enfermedades cardíacas congénitas con shunts intracardíacos complejos. 7. LVAD (Left ventricle assistance devices). (3)

ECOCARDIOGRAFIA Y TECNOLOGIA DOPPLER.

La medición del GC mediante el uso de tecnología Doppler (transtorácico, transesofágico y ecocardiografía) ha experimentado un crecimiento exponencial en los últimos años debido, fundamentalmente, a su menor invasividad respecto al catéter de arteria pulmonar y a la introducción, lenta pero imparable, de la ecocardiografía en la unidad de cuidados intensivos como medio diagnóstico y, específicamente, como monitor hemodinámico (15).

El uso de la ecocardiografía tiene una indicación A (uso apropiado: el test es generalmente aceptable y es un procedimiento razonable para esa indicación) en situaciones de hipotensión o inestabilidad hemodinámica (16).

Existen diversos modos de estimar el gasto cardíaco mediante ecocardiografía, que se basan tanto en métodos volumétricos como en la tecnología Doppler en sus distintas modalidades (pulsado, continuo o Doppler color). De las diversas técnicas, la que presenta una mejor concordancia con las mediciones realizadas con el CAP y es de uso más frecuente en la práctica clínica, es la medición del gasto cardíaco por Doppler pulsado en el tracto de salida del ventrículo izquierdo (TSVI) 11,12, determinando dos variables, por un lado el diámetro del TSVI para calcular el AS y el espectro de velocidad del flujo (ITV) para calcular la DL. La ecocardiografía, tanto transtorácica como transesofágica es una técnica que requiere un período de formación más o menos prolongado en función de cuáles sean los objetivos que tiene que dominar el explorador; aunque por otra parte proporcionan una visión muchísimo más amplia del estado hemodinámico y permiten valorar situaciones de difícil comprensión con otros monitores (disfunción ventricular derecha, taponamiento, disfunciones valvulares, obstrucción del TSVI).

La estimación visual de la FEVI proporciona valores muy próximos a los medidos y puede ser realizada por la mayoría de médicos de UCI, incluso los moderadamente experimentados en eco- cardiografía.

ULTRASONOGRAFIA DOPPLER (sistema USCOM®)

USCOM (Ultrasound CO monitor, USCOM, Sydney, Australia), tecnología Doppler completamente no invasiva utiliza trazados de flujo Doppler transortónico o transpulmonar para calcular el gasto cardíaco como el producto del volumen sistólico y la frecuencia cardíaca. El volumen sistólico se calcula a partir de un algoritmo patentado que aplica los principios de ultrasonido de las 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. (17)

Las principales ventajas de este método son las ya descritas para cualquier sistema ecográfico. Es un sistema totalmente no invasivo, y, que por su tamaño compacto permite mucha agilidad en su utilización a pie de cama. Su aprendizaje es rápido y no requiere calibración.

Su uso todavía no está expandido por la falta de estudios de validación. La mayoría de los estudios se han realizado en pacientes quirúrgicos o poscirugía cardíaca, comparando el dispositivo USCOM® con el catéter de arteria pulmonar, obteniendo resultados muy dispares. Tom et al.¹⁸ compararon 250 medidas obtenidas simultáneamente en 89 pacientes, encontrando una escasa correlación entre los 2 sistemas. La media de las diferencias es 0,09 l/min, pero con unos límites del intervalo de confianza entre 2,83 y -3,01 l/min. Previamente, Chand et al. (19) en el mismo tipo de pacientes (n = 50) habían encontrado una excelente correlación con una media de 0,03 l/min y con unos límites entre -0,19 y 0,13 m/min.

III. Planteamiento del problema

La sepsis y el choque séptico requieren una identificación rápida y un tratamiento como enfermedades tiempo-dependientes, entendiéndose como tales aquellas en las que el retraso diagnóstico o terapéutico influye negativamente en la evolución del proceso, y por tanto, son entidades de especial interés para las áreas críticas donde una actuación adecuada puede modificar sustancialmente el pronóstico de los pacientes. Es por ello la necesidad de contar con un monitoreo hemodinámico accesible, no invasivo y no operador dependiente que permita identificar de manera temprana los datos de inestabilidad hemodinámica y guiar el tratamiento del paciente en la fase aguda de su enfermedad.

IV. Justificación

La sepsis y el choque séptico son entidades sumamente comunes, siendo incluso de las principales causas de ingreso a unidades de cuidados intensivos, llegándose a reportar incidencias de hasta el 60%, tiene además a nivel mundial un gran impacto no solo en la morbilidad de los pacientes, sino también aumentado los costos hospitalarios de manera importante, aunado a la gran discapacidad que genera en los sobrevivientes de estas entidades en muchos de los casos. El choque séptico, es la manifestación más grave de sepsis con tasas de letalidad del 40-50%, que pueden llegar hasta el 80%. La disfunción miocárdica por sepsis se produce en el 40% de los pacientes y es un predictor de morbilidad, de aquí la importancia de identificarla de manera temprana mediante métodos no invasivos y fáciles de realizar a la cabecera del paciente.

Es sin duda el compromiso de la perfusión tisular el principal componente involucrado en el empeoramiento del pronóstico en los pacientes con patologías agudas. Es por este mismo motivo que durante décadas se ha intentado medir de alguna forma el compromiso hemodinámico que un paciente puede desarrollar durante su proceso crítico, sin lograrse hasta el día de hoy correlacionar la medición con el valor pronóstico de dichos parámetros para determinar la mortalidad y morbilidad de este tipo de pacientes.

Sin embargo, y a pesar de esto, el monitoreo hemodinámico es piedra angular para el manejo y seguimiento de los pacientes, así como para la instauración de protocolos terapéuticos los cuales incidan de manera específica en la mejoría del pronóstico.

Conocer si una técnica de monitorización hemodinámica muestra una alta correlación, precisión, exactitud y reproducibilidad con la técnica invasiva considerada estándar de referencia, podría proveer a los clínicos de una herramienta para la toma de decisiones en relación con la determinación de la técnica más adecuada para cada tipo de paciente.

La tendencia actual del monitoreo en la Unidad de Terapia Intensiva es hacia la vigilancia no invasiva, pragmática, económica y segura con altos valores de sensibilidad y especificidad obteniendo determinaciones en tiempo real que faciliten la toma de decisiones de una manera confiable. Debido a esto al contar con una herramienta no invasiva como el ecocardiograma con el que se logra obtener valores adecuados y comparables con los obtenidos con la técnica invasiva tradicionalmente utilizada y aun considerada el estándar de oro, se pretende comparar dos mediciones no invasivas USCOM y Bioreactancia con la Ecocardiografía para el monitoreo del gasto cardíaco y determinar la concordancia entre las mediciones.

Cabe mencionar que el monitoreo de este parámetro mediante los actuales métodos conocidos no representa ningún riesgo para los sujetos en estudio, además de que se cuentan

con los recursos necesarios y que no son diferentes a los realizados ya al ingreso del paciente en la Unidad de Terapia Intensiva.

Los resultados obtenidos a partir de este trabajo podrán establecer hipótesis para próximos estudios de mayor estructura metodológica y número de pacientes con el fin de esclarecer la mejor forma de medir el gasto cardíaco en pacientes con choque séptico.

V. Hipótesis

El monitoreo no invasivo del gasto cardíaco por bioreactancia y doppler semiautomático es concordante con las mediciones realizadas por ecocardiografía en pacientes con diagnóstico de choque séptico.

VI. Objetivo

Principal: Comparar el monitoreo del gasto cardíaco por ecocardiografía vs Bioreactancia y Doppler semiautomático del sistema USCOM en pacientes adultos críticamente enfermos con diagnóstico de choque séptico.

VII. Metodología

Diseño: Estudio transversal, descriptivo.

Contexto: Pacientes adultos ingresados a la UCI durante el periodo comprendido de Marzo del 2017 a Marzo del 2018.

Participantes: Universo conformado por todos los pacientes que ingresan a la Unidad de Cuidados intensivos que cumplan con los criterios de inclusión, Marzo del 2017 a Marzo del 2018. Los criterios se muestran a continuación:

Inclusión:

Adultos (>18 años de edad) admitidos en la unidad de Terapia Intensiva del Hospital San Angel Inn Universidad

Diagnóstico de ingreso establecido como choque séptico según criterios establecidos en el Tercer consenso internacional para la definición de sepsis y choque séptico.

Realización de al menos una medición de gasto cardíaco con tres métodos no invasivos USCOM, Bioreactancia y Ecocardiografía.

Exclusión:

Monitoreo no realizado con uno de los tres métodos no invasivos USCOM y Bioreactancia vs Ecocardiografía.

Edad menor a 18 años.

Eliminación:

Traslado a otra UCI.

Información incompleta por falta de datos para el diagnóstico de choque séptico y de mediciones de gasto cardíaco con USCOM y Bioreactancia o Ecocardiografía.

VIII. Definición de las variables.

Tabla 1. Variables de estudio			
Variable	Definición conceptual	Unidad/Clasificación	Tipo de variable
Género	Características fenotípicas y genotípicas al momento del nacimiento.	1: Masculino 2: Femenino	Cualitativa nominal dicotómica
Edad	Tiempo que ha vivido una persona	Número de años cumplidos al momento del estudio expresado en años cumplidos completos	Cuantitativa discreta.
Choque Septico		0.no 1.si	Cualitativa nominal dicotómica
Frecuencia cardíaca	Número de contracciones del corazón o pulsaciones por unidad de tiempo	Latidos por minuto	Cuantitativa discreta.
Presión arterial media	Presión de perfusión de órganos corporales calculada como: $(\text{Presión arterial sistólica} + (\text{Presión arterial diastólica} \times 2))/3$	mmHg	Cuantitativa discreta.
Gasto Cardíaco	Volumen de sangre que bombea el corazón durante un período determinado.	L/min	Cuantitativa continua.
Lactato	Compuesto químico que resulta como producto final de la glucólisis anaeróbica	mmol/L	Cuantitativa continua.
SOFA	Sistema de valoración de falla orgánica	0-24 puntos	Cuantitativa Discreta.

SOFA: Sepsis-related Organ Failure.

IX. Procedimiento.

Al ingreso del paciente con inestabilidad hemodinámica se realiza como parte del protocolo establecido la medición de gasto cardíaco con el equipo USCOM (Ultrasonic Cardiac Output Monitor Sydney, Australia) acorde a las especificaciones de manufacturador. Además, se realiza monitoreo continuo con Monitor Cheetah Medical que usa tecnología de bioreactancia. Durante las primeras 24 horas de ingreso según criterio del Médico tratante quien solicita Ecocardiograma como parte de su protocolo diagnóstico, se realiza el estudio por un Médico Cardiólogo Ecocardiografista, certificado por el Colegio Mexicano de Cardiología, con el equipo marca Philips HD 15, el cual realiza la medición del gasto cardíaco a través de la medición del tracto de salida del ventrículo izquierdo (TSVI) y el espectro de velocidad del flujo (ITV) para calcular el volumen latido se realiza el producto del área valvular por el ITV. A su vez la estimación del gasto cardíaco se obtiene por el producto del volumen latido por la frecuencia cardiaca del paciente.

Una vez obtenidos los datos, se registran en la base de datos interna de la Terapia Intensiva del Hospital San Ángel Inn Universidad, (Microsoft Excel 2007), en el que consta las mediciones por los tres métodos no invasivos USCOM, bioreactancia y Ecocardiografía. Se revisó el expediente clínico de los pacientes ingresados en la base de datos de Marzo del 2017 a Marzo del 2018, para determinar si cumplen los criterios de diagnóstico de choque séptico al ingreso según el Tercer consenso internacional para la definición de sepsis y choque séptico. ANEXO 1.

X. Cronograma de actividades.

Fecha	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO
Diseño de protocolo de investigación				
Diseño metodológico				
Recolección de datos.				
Análisis y presentación de resultados				

XI. Análisis estadístico

Fuentes de datos: Los datos sobre las mediciones de gasto cardíaco con USCOM, Bioreactancia y Ecocardiografía se obtuvieron de la base de datos interna de la UCI (Microsoft, Excel 2007) utilizada para la entrega por turno de pacientes entre médicos residentes.

Métodos estadísticos: 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 y 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 R². Se realizaron 2 pares de análisis (Bland y Altman y Regresión) de ecocardiografía vs USCOM y ecocardiografía vs Bioreactancia.

XII. Aspectos éticos y de bioseguridad.

La presente investigación utilizó los datos obtenidos de medición de gasto cardíaco por métodos no invasivos que se realizan de manera rutinaria en los pacientes admitidos en el servicio de Terapia Intensiva como parte de monitoreo hemodinámico, que por su condición de gravedad requieren un manejo y vigilancia estrechos.

Para el desarrollo de la presente investigación y la obtención de la información se revisaron los datos plasmados en los respectivos expedientes clínicos, no se realizará intervenciones o procedimientos con los pacientes.

XIII. Relevancia y expectativas

Los resultados obtenidos a partir de este trabajo podrán establecer hipótesis sobre la utilidad de métodos no invasivos para monitoreo hemodinámico comparado con un método validado con el estándar de oro, además de realizar protocolos de investigación posteriores , los cuales impacten en la sobrevida de los pacientes, así como la estancia intrahospitalaria promedio de los pacientes al poder identificar de manera precoz datos que sugirieran compromiso de la perfusión tisular.

XIV. Resultados

Se incluyeron un total de 26 pacientes en el análisis final, las características de los pacientes se muestran en la Tabla 1.

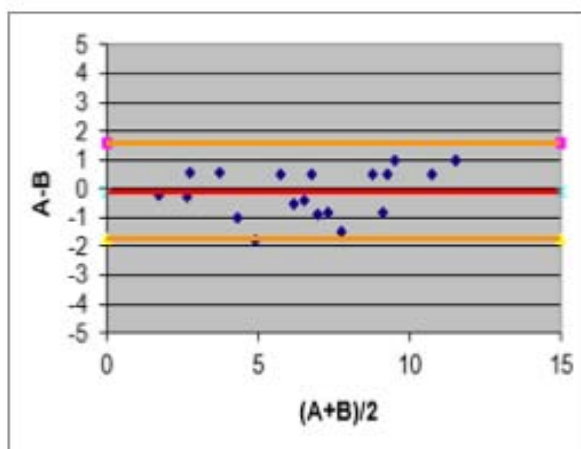
Tabla 1. Variables Demográficas		
Género		
Hombres	12	46%
Mujeres	14	56%
Edad (años)	56 (24 – 79)	
SOFA	7 (1-14)	

SOFA: Sequential organ failure assesment.

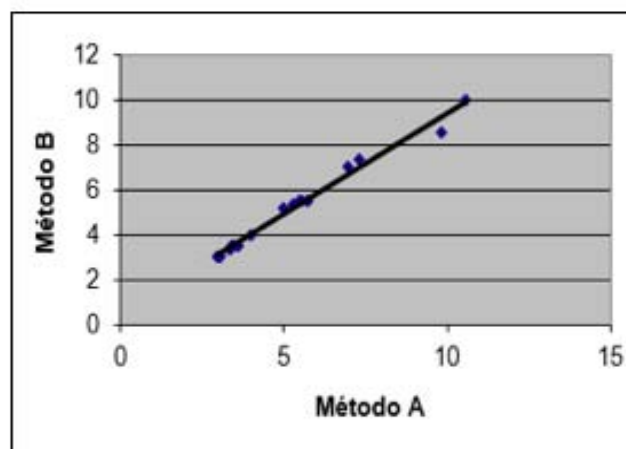
En relación a la concordancia de ecocardiografía con bioreactancia, el análisis de la gráfica de Bland y Altman Figura 1, se reporta una precisión (media de las diferencias) -0.08 , intervalo de confianza al 95% de 1.59 a 1.75 , error estándar de 24% . Se muestra una R^2 de 0.9 y un coeficiente de Linn de 0.78 .

Figura 1. Gráfica de Bland y Altman y Regresión lineal evaluando concordancia entre el método A Ecocardiografía y el método B Bioreactancia para estimar el gasto cardíaco.

Panel A.



Panel B.



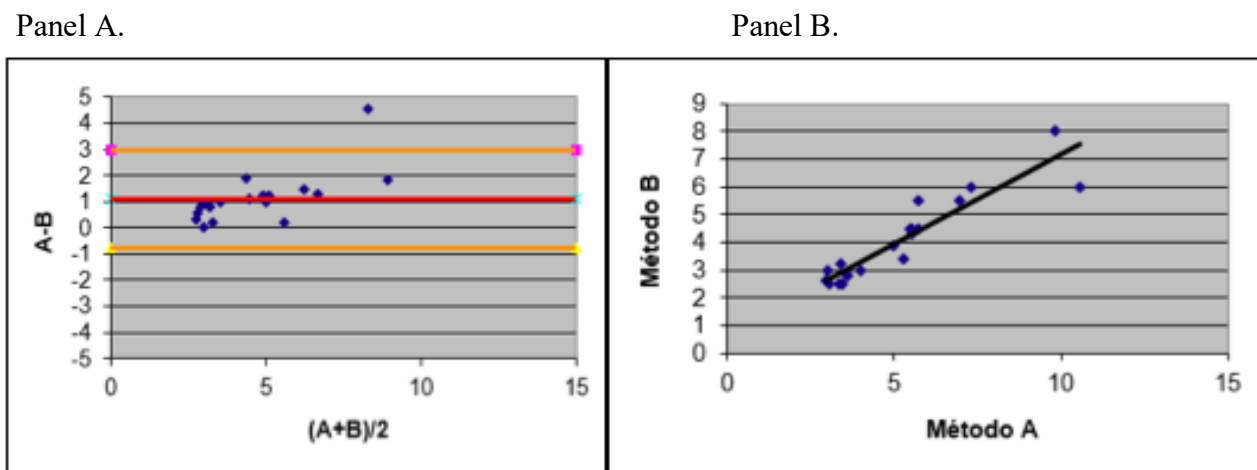
Panel A: Gráfica de Bland y Altman

Panel B: Regresión Lineal.

Las unidades de gasto cardíaco se presentan como L/min.

A su vez la concordancia de ecocardiografía con USCOM el análisis de la gráfica Bland y Altman Figura 2. se reporta una precisión (media de las diferencias) de 1.11 , intervalo de confianza al 95% de 2.98 a 0.75 , error estándar de 41% . Se muestra una R^2 de 0.69 y un coeficiente de Linn de 0.6 .

Figura 2. Gráfica de Bland y Altman y Regresión lineal evaluando concordancia entre el método A Ecocardiografía y el método B USCOM para estimar el gasto cardíaco.



Panel A: Grafica de Bland y Altman.

Panel B: Regresion Lineal.

Las unidades de gasto cardíaco se presentan como L/min.

XV. Discusión

En el presente estudio se mostró una mayor concordancia fuerte de la determinación de gasto cardíaco por bioreactancia versus ecocardiografía. Que al compararla con la medición con USCOM, dicha determinación con bioreactancia muestra un error menor, intervalos más estrechos, es decir mayor precisión y a su vez el coeficiente de Linn (concordancia) se mostró mayor.

La literatura demuestra que la utilización de las técnicas de monitorización hemodinámica contribuye a la obtención de mejores resultados clínicos en pacientes ingresados en UCI. En los últimos años se han publicado revisiones sistemáticas y metanálisis sobre el uso de estas técnicas de monitoreo en la optimización hemodinámica y han mostrado una asociación con mayor supervivencia, una menor estancia hospitalaria y en UCI, y una menor incidencia de complicaciones frente a su no utilización. Hay que tener en cuenta dos circunstancias, por una parte, estas técnicas no son una herramienta terapéutica en sí mismas y que su uso se encuentra asociado a protocolos clínicos de tratamientos. (21,22,23)

Disponer de técnicas de monitorización adecuadas y precisas, cobra especial importancia ya que pequeños errores en los datos ofrecidos en las mediciones, podrían llevar a intervenciones y tratamientos no considerados óptimos o incorrectos, en función de las necesidades del paciente. La revisión sistemática de Critchley, et al., (24) realizada en el año 1999, incluyó 25 estudios que compararon la determinación del gasto cardíaco mediante múltiples técnicas invasivas y no invasivas, utilizando gráficos de Bland y Altman como método principal de concordancia. Esta revisión sistemática concluyó que un porcentaje de

error aceptable debería ser menor del 30 %, siendo este criterio ampliamente utilizado posteriormente en el desarrollo de la investigación en esta línea (24). En relación al presente estudio se encontró un error estándar de 24% y 41% en los análisis de concordancia entre bioreactancia y USCOM respectivamente, donde únicamente la bioreactancia mostró estar dentro del rango de error estándar previamente mencionado. La diferencia en estos casos es el estándar de oro utilizado para la concordancia, siendo ecocardiografía correspondientemente.

Una revisión sistemática llevada a cabo por Chong y Peyton publicada en 2012 (25), incluyó estudios que compararon la exactitud entre USCOM y la termodilución. Se excluyeron a aquellos estudios que para cada paciente consideraban varias medidas y no realizaban algún ajuste estadístico para controlar este efecto, independientemente de donde se realizará el estudio (quirófano o UCI). Así, se incluyeron 6 estudios, que suponen un total de 320 pares de medidas, y al realizar el metaanálisis obtuvieron una media de diferencias entre las técnicas de $-0,39$ L/min (IC 95 % $-0,25$ a $-0,53$ L/min). La precisión fue $1,27$ L/min y el porcentaje de error del 42,7 % (IC 95 % 38,5 - 46,9 %). En el este estudio, los resultados concuerdan mostrando un porcentaje de error obtenido con USCOM fue del 41%, fuera del rango aceptable para tener una adecuada correlación con ecocardiografía.

En cuanto al uso de la bioreactancia, dos estudios evaluaron las mediciones con el dispositivo NICOM: Gujjar, *et al.*, (26) y Sharma, *et al.*, (27), ambos realizados en la India. Gujjar *et al.*, (26) estudió a 35 pacientes que han sido sometidos a una cirugía cardíaca. La media del gasto cardíaco obtenido mediante bioreactancia fue $5,15 \pm 1,27$ L/min y de $5,22 \pm 1,28$ L/min para la obtenida mediante termodilución. Así, se obtuvo una alta correlación ($r=0,856$ ($p<0,01$)) y bajo porcentaje de error (26,44 %). La media de las diferencias del gasto cardíaco entre las técnicas fue $0,0651$ L/min, siendo en valores absolutos la bioreactancia inferior en una media de 65 ml/min. El límite de concordancia al 95 % se situó entre 1,3 y 1,44 L/min y la precisión fue $\pm 1,37$ L/min. Por último, la correlación entre las 2 medidas de índice cardíaco fue moderada ($r=0,789$, $p=0,01$). Estos resultados concuerdan con el presente estudio ya que el porcentaje de error fue del 24 %, con un rango de error menor al 30%, y con alta correlación con la medición comparada con ecocardiografía, los límites de concordancia se muestran más amplios mostrando mayor imprecisión. Cabe mencionar que el índice cardíaco no fue una variable presentada. A su vez el índice de concordancia de Linn fue añadido para evitar juicios en base a correlación, el cual se mostró moderado en este caso. De misma manera el análisis de concordancia deberá conllevar a un análisis sobre la relevancia clínica, es decir, la relevancia que muestra la medición en la toma de decisiones para el manejo óptimo del paciente en base a los valores de los límites de concordancia.

Las principales debilidades del presente estudio es la naturaleza observacional del mismo, lo cual no puede generar asociaciones causales. Aunque el objetivo de dicho estudio es únicamente la comparación de diferentes métodos de determinación de gasto cardíaco. La inferioridad o superioridad de cada técnica solo podría ser evaluada mediante estudios aleatorizados. A su vez la muestra es pequeña a comparación de otros estudios de la misma naturaleza, aun así, es una aproximación a la práctica diaria de la Unidad donde fue realizado, su validez externa deberá ser juzgada con cautela.

XVI. Conclusión.

La bioreactancia es un prometedor monitoreo continuo al parecer comparable a la ecocardiografía, por otro lado el monitoreo USCOM no es equiparable a ecocardiografía o bioreactancia. Se necesitan más estudios para comprobar esta observación y relevancia clínica.

XVII. Bibliografía

- 1.- A. Ochagavía^a, F. Baigorri^a, J. Mesquida^a, J.M. Ayuela^b, A. Ferrándiz^c, X. García^a, M.I. Monge^d, L. Mateu^c, C. Sabatier^a, F. Clau-Terré^c, R. Vicho^f, L. Zapata^g, J. Maynar^h, A. Gil^d, Grupo de Trabajo de Cuidados Intensivos Cardiológicos y RCP de la SEMICYUC. 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;38:154-69 - Vol. 38 Núm.3 DOI: 10.1016/j.medin.2013.10.006.
- 2.- Kern JW, Shoemaker WC. Meta-analysis of hemodynamic optimization in high risk surgical patients. *Crit Care Med*. 2002;30:1686-92.
- 3.- X. García^{a,*}, L. Mateu^b, J. Maynar^c, J. Mercadal^d, A. Ochagavía^a y A. Ferrandiz^b. Estimación del gasto cardíaco. Utilidad en la práctica clínica. Monitorización disponible invasiva y no invasiva. *Med Intensiva*. 2011;35(9):552-561.
4. Antonio Cárdenas Cruz y Juan Roca Guiseris . 2017. Tratado de medicina intensiva. Elsevier España, S.L.U.
5. E. Rivers, B. Nguyen, S. Havstad, J. Ressler, A. Muzzin, B. Knoblich. Early goal-directed therapy in the treatment of severe sepsis and septic choque. *N Engl J Med*, 345 (2001), pp. 1368-1377 <http://dx.doi.org/10.1056/NEJMoa010307> Medline
6. J. Textoris, L. Fouche, S. Wiramus, F. Antonini, S. Tho, C. Martin High central venous oxygen saturation in the latter stages of septic choque is associated with increased mortality. *Crit Care*, 15 (2011), pp. R176 <http://dx.doi.org/10.1186/cc10325>
7. Shapiro NI, Howell MD, Talmor D, Nathanson LA, Lisbon A, Wolfe RE, et al. Serum lactate as a predictor of mortality in emergency department patients with infection. *Ann Emerg Med*. 2005;45:524---8.
8. Jones AE, Shapiro NI, Trzeciak S, Arnold RC, Claremont HA, Kline JA. Lactate clearance vs central venous oxygen saturation as goals of early sepsis therapy: A randomized clinical trial. *JAMA*. 2010;303:739---46.
9. 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. Disponible en <http://link.springer.com/article/10.1007/s00134-008-1199-0>.

10. Cholley BP, Vieillard-Baron A, Mebazaa A. Echocardiography in the ICU: time for widespread use! *Intensive Care Med.* 2006;32:9–10.
11. H.J.C. Swan, W. Ganz, J.S. Forrester, H. Marcus, G. Diamond, D. Chonette. Catheterization of the heart in man with the use of a flow-directed balloon tipped catheter. *N Engl J Med*, 283 (1970), pp. 447-451 <http://dx.doi.org/10.1056/NEJM197008272830902>
12. A.F. Connors, T. Speroff, N.V. Dawson, C. Thomas, F.E. Harrell Jr., D. Wagner, for the SUPPORT Investigators. The effectiveness of right heart catheterization in the initial care of critically ill patients
JAMA, 276 (1996), pp. 889-897
13. Keren H, Burkhoff D, Squara P. Evaluation of a noninvasive continuous cardiac output monitoring system based on thoracic bioimpedance. *Am J Physiol.* 2007;293:H583-9.
- 14 Raval NY, Squara P, Cleman M, Yalamanchili K, Winklmaier M, Burkhoff D. Multicenter evaluation of noninvasive cardiac output measurement by bioimpedance technique. *J Clin Monit Comput.* 2008.
15. Kaplan A, Mayo PH. Echocardiography performed by the pulmonary/critical care medicine physician. *Chest.* 2009;135:529-35.
16. P.S. Douglas, M.J. García, D.E. Haines, W.W. Lai, W.J. Manning, A.R. Patel, ACCF/AHA/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 <http://dx.doi.org/10.1016/j.jacc.2010.11.002>.
17. 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
18. Thom O, Taylor DM, Wolfe RE, Cade J, Myles P, Krum H, et al. Comparison of a suprasternal cardiac output monitor (USCOM) with the pulmonary artery catheter. *Br J Anaesth.* 2009;103:800---4. 51.
19. Chand R, Mehta Y, Trehan N. Cardiac output estimation with a new Doppler device after off-pump coronary artery bypass surgery. *J Cardiothoracic Vasc Anesth.* 2006;20:315---9.
20. 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

21. Abbas SM, Hill AG. Systematic review of the literature for the use of oesophageal Doppler monitor for fluid replacement in major abdominal surgery. *Anaesthesia*. 2008;63(1):44-51.
22. Corcoran T, Rhodes JE, Clarke S, Myles PS, Ho KM. Perioperative fluid management strategies in major surgery: a stratified metaanalysis. *Anesth Analg*. 2012; 114(3):640-51.
23. Giglio M, Dalfino L, Puntillo F, Rubino G, Marucci M, Brienza N. Haemodynamic goal-directed therapy in cardiac and vascular surgery. A systematic review and meta-analysis. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2012;15(5):878-87.
24. 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.
25. Chong SW, Peyton PJ. A meta-analysis of the accuracy and precision of the ultrasonic cardiac output monitor (USCOM). *Anaesthesia*. 2012; 67(11):1266-71.
26. Gujjar AR, Muralidhar K, Banakal S, Gupta R, Sathyaprabha TN, Jairaj PS. Non-invasive cardiac output by transthoracic electrical bioimpedance in post-cardiac surgery patients: comparison with thermodilution method. *J Clin Monit Comput*. 2008;22(3):175-80.
27. Sharma V, Singh A, Kansara B, Karlekar A. Comparison of transthoracic electrical bioimpedance cardiac output measurement with thermodilution method in post coronary artery bypass graft patients. *Ann Card Anaesth*. 2011;14(2):104-10.

XVIII. Anexos. (20)

ANEXO 1

