

Tesis de Grado

Especialidad: Medicina Crítica y Cuidado Intensivo Adulto

“Concordancia entre Capnografía Volumétrica y Biorrectancia Torácica en medición de Gasto Cardíaco en pacientes en Choque Séptico sometidos a carga volumétrica”



Universidad Autónoma de Bucaramanga

DOCTORES

SAUL ALVAREZ ROBLES

RAFAEL ENRIQUE SERRANO VASQUEZ

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA

FACULTAD DE SALUD

COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN

BUCARAMANGA 2019

Tesis de Grado

Postgrado de Medicina Crítica y Cuidado Intensivo del Adulto

Postgrado: Especialidad: Medicina Crítica y Cuidado Intensivo del Adulto.

Nombre de los Autores: Saul Alvarez Robles y Rafael Serrano Vasquez

Nombre del director y Asesor: Dr. Héctor Julio Meléndez F

Fecha de presentación: Julio de 2019

Título de la Tesis:

**“Concordancia entre Capnografía Volumétrica y Biorrectancia en medición de Gasto
Cardiaco en pacientes en Choque Séptico sometidos a carga volumétrica”**

Estudio de Evaluación de Tecnología Diagnóstica

DOCTORES

SAUL ALVAREZ - RAFAEL SERRANO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA

FACULTAD DE SALUD

COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN

BUCARAMANGA 2019

RESUMEN

Introducción: El gold estandar utilizado tradicionalmente en la medición de gasto cardiaco (GC) en los pacientes críticos es el método de termodilución a través de un catéter de arteria pulmonar. En la actualidad se propende por utilizar otros métodos menos invasivos y en lo posible con sensibilidad y especificidad similar. Basados en esto se decidió realizar una comparación del gasto cardiaco calculado con dos tecnologías no invasivas disponibles en nuestra unidad de cuidados intensivos, la biorreactancia torácica y la capnografía volumétrica.

Objetivos: Determinar concordancia de medición del GC entre Biorreactancia Torácica y Capnografía Volumétrica.

Materiales y métodos: En un periodo de 18 meses entre los años 2017 y 2018 se incluyeron 30 pacientes mediante muestreo secuencial no probabilístico, con diagnóstico de choque séptico en ventilación mecánica invasiva a los cuales se les realizó medición de GC antes y después de una carga de volumen, a través de capnografía volumétrica (CapVol) y biorreactancia torácica (Cheetah NicomTM). Se realizó un estudio de evaluación de dispositivos médicos con el objetivo de determinar el nivel de concordancia entre las dos tecnologías, tomando como referencia la biorreactancia torácica (BRT) ya que tiene en la literatura mayor numero de estudios de validez comparado con el estándar.

Resultados: No hubo diferencias en las medias de los valores de medición basal de GC e Índice cardiaco (IC) entre las dos técnicas. Sin embargo, de acuerdo al método de Blant-Altman no se encontró concordancia aceptable, con valores de regresión según Test de Pitman menores a 0.90 (0.814 para GC y 0.87 para IC). Al igual que las mediciones basales, no hubo concordancia aceptable en las mediciones post-bolo (0.698 para GC y 0.745 para IC).

Conclusión: No hay una buena concordancia en la medición del Gasto Cardíaco entre Biorreactancia Torácica y Capnografía Volumétrica. Se requieren más estudios, con mayor número de pacientes y comparaciones con métodos estándar de medición de GC, como la termodilución y similares o doppler esofágico.

SUMMARY

Introduction: The gold standard traditionally used in the measurement of cardiac output (CO) in critical patients is the method of thermodilution through a pulmonary artery catheter. Currently it tends to use other less invasive methods and if possible with similar sensitivity and specificity. Based on this, it was decided to make a comparison of calculated cardiac output with two non-invasive technologies available in our intensive care unit, thoracic bioresistance and volumetric capnography.

Objectives: To determine concordance of CO measurement between Thoracic Bioresistance and Volumetric Capnography.

Materials and methods: In a period of 18 months between 2017 and 2018, 30 patients were included through non-probabilistic sequential sampling, with diagnosis of septic shock and invasive mechanical ventilation who were measured with CO before and after a load volume, through volumetric capnography (CapVol) and thoracic bioresistance (Cheetah Nicom™). A study of evaluation of medical devices was carried out with the objective of determining the level of concordance between the two technologies, taking as reference the thoracic bioresistance (BRT) since it has in the literature a greater number of validity studies compared to the standard.

Results: There were no differences in the mean values of baseline measurement of CO and Cardiac Index (CI) between the two techniques. However, according to the Blant-Altman method, no acceptable agreement was found, with regression values according to Pitman Test less than 0.90 (0.814 for GC and 0.87 for IC). Like the baseline measurements, there was no acceptable agreement in the post-bolus measurements (0.698 for GC and 0.745 for IC).

Conclusion: There is no good concordance in the measurement of Cardiac Output between Thoracic Bioreactance and Volumetric Capnography. More studies are required, with a greater number of patients and comparisons with standard methods of measurement of GC, such as thermodilution and the like or esophageal doppler.

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO.....	6
INTRODUCCIÓN	7
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	8
PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	9
HIPÓTESIS INVESTIGATIVA.....	9
JUSTIFICACIÓN	9
MARCO TEÓRICO.....	11
OBJETIVOS	16
GENERAL.....	16
ESPECIFICOS	16
MATERIALES Y MÉTODOS	16
Tipo de estudio:.....	16
Población elegible:.....	16
Criterios de inclusión:	16
Criterios de exclusión:	16
Tamaño Muestral	17
Variables del Estudio:	17
CONSIDERACIONES ÉTICAS	18
EJECUCION DEL ESTUDIO	19
Manejo del paciente y recolección de la información:	19
Tiempo de duración del estudio.....	20
Sitio donde se ejecutó el estudio:.....	20
RESULTADOS.....	20
Concordancia Gasto Cardíaco e Índice Cardíaco	25
Correlación entre Delta Venoso-Arterial de contenidos de CO ₂ (DCvaCO ₂) y GC según monitores.....	28
DISCUSIÓN	36
CONCLUSIONES	41

ANEXOS	41
CONSENTIMIENTO INFORMADO	41
Anexo instrumento de recolección.....	43
Cronograma de actividades realizadas.....	44
BIBLIOGRAFÍA	45

INTRODUCCIÓN

En el paciente crítico quien se encuentra en estado de choque y con frecuencia secundario a sepsis, es reconocida la importancia de una reanimación hídrica temprana con adecuado soporte hemodinámico. Para el logro satisfactorio de tales objetivos es imprescindible un apropiado monitoreo de las principales variables fisiológicas que nos demuestren el estado real y la respuesta al tratamiento que presenta cada paciente.

Por lo anterior en las unidades de cuidado intensivo se enfatiza en el monitoreo del gasto cardiaco como principal indicador de macro flujo en la economía corporal con la finalidad de alcanzar una pronta recuperación de la homeostásis. La inquietud radica en encontrar el monitor que en primer lugar, esté a nuestro alcance y que presente ciertas ventajas reconocidas como lo son tener la posibilidad de reportar datos de manera continua y no representar invasividad para el organismo. Sin embargo, parece que la menor invasividad no permite una mejor exactitud y precisión que es lo recomendable en este tipo de monitores, de esta manera se hace necesario realizar estudios en donde se exploren y se validen dispositivos no invasivos que puedan ser útiles para alcanzar los objetivos mencionados.

En nuestro caso, a través del posgrado en Cuidado Intensivo y Medicina Critica de la UNAB, quisimos contribuir con esta línea de investigación, evaluando dos tecnologías no invasivas,

disponibles en el medio y de aparente fácil manejo como lo son el cálculo de Gasto cardíaco por Capnografía Volumétrica y por Biorreactancia Torácica.

Esperamos de esta manera aportar al desarrollo del conocimiento en el área y del posgrado, y fomentar el espíritu investigativo en las unidades especiales en donde nos desempeñamos.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el manejo hemodinámico del paciente séptico es importante determinar cuál es el paciente que se beneficiará de administrar cargas de líquidos durante la fase de reanimación de su estado de choque circulatorio. Para esto se buscan esquemas de monitorización que determinen lo más cercano posible el cambio del volumen sistólico después de una carga hídrica, los métodos más usados hasta el momento son los que utilizan la termodilución, para el cálculo del volumen sistólico y por ende del Gasto Cardíaco, pero lo que se quiere realmente es evitar las maniobras invasivas por los riesgos que conlleva y contar con una tecnología que reporte datos de manera continua.

Tendiendo en cuenta que la mayoría de estos pacientes debido a su deficiente estado se encuentran con ventilación mecánica invasiva, se plantea la oportunidad de monitorizar las variables en cuestión utilizando la capnografía volumétrica, tecnología disponible actualmente en los nuevos dispositivos de asistencia ventilatoria. Este tipo de monitoreo nos permite valorar de manera indirecta los cambios en el gasto cardíaco y volumen sistólico. Para esto es necesario que los pacientes no experimenten situaciones de trastorno en la ventilación perfusión y que no se encuentren con parámetros del ventilador de alta exigencia.

Al ser la capnografía volumétrica un indicador confiable del estado hemodinámico creemos que puede ser útil para determinar que pacientes aumentarán su gasto cardíaco después de una carga hídrica alrededor de 500 ml, cantidad usada por la mayoría de estudios en adultos.

Igualmente nuestra institución cuenta con otra tecnología no invasiva: la Biorreactancia Torácica (Cheetah), que está patentada como monitor no invasivo de Gasto Cardíaco y en varios estudios

muestra buena correlación y concordancia con el volumen sistólico eyectado por el corazón, cuando se compara con termodilucion y con ecografia transesofagica. Igualmente ha mostrado buena correlacion cuando se evalua la respuesta a carga volumetrica mediante la variación de la presión de pulso a través de un monitor de línea arterial periférica.

El paciente séptico en nuestro medio se ubica en uno de los primeros lugares de ocupación de las unidades de cuidado crítico, con alta morbilidad y mortalidad, en los cuales una de las primera medida de manejo se basa en reanimacion con liquidos endovenosos, por lo cuál nosotros nos planteamos la siguiente pregunta e hipotesis de investigacio:

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Existe concordancia entre la medición de Gasto Cardiaco por el método de la capnografía volumétrica y la Biorreactancia Torácica antes y después de cargas de líquidos en pacientes adultos con choque séptico?

HIPÓTESIS INVESTIGATIVA

Hay una concordancia adecuada entre la medición de Gasto Cardiaco por el método de Capnografía Volumétrica y el de Biorreactancia Torácica

JUSTIFICACIÓN

En nuestro medio los pacientes sépticos ocupan los primeros lugares en morbi mortalidad de pacientes críticos y el manejo hemodinámico acertado es un pilar fundamental en el tratamiento.

La reanimación hídrica en las fases iniciales de intervención tiene la finalidad de evitar la hipoperfusión sistémica lo que facilita enfrentar la enfermedad con el uso de antibióticos y control del foco infeccioso.

Pero la reanimación hídrica debe ser administrada de manera apropiada porque el abuso de ella ha demostrado ocasionar mayores complicaciones y mortalidad; por lo tanto es imprescindible determinar hasta que momento interrumpimos la reanimación hídrica agresiva para evitar la sobrecarga de volumen con la cuál no se aumenta el gasto cardiaco.

Dado lo anterior, el Consenso Europeo de manejo del choque circulatorio recomienda utilizar monitoreo de Gasto Cardiaco para dirigir la terapia hídrica y vasopresora en pacientes que no responden a la reanimación hídrica inicial. Este consenso igualmente recomienda utilizar y aprovechar los monitores existentes en las diferentes instituciones, especialmente de tipo no invasivo.

En este sentido es importante contar con monitores que nos indiquen cuál es el momento oportuno para que los pacientes se beneficien de cargas agresivas de líquidos, así como representar un valor equivalente del Gasto Cardiaco real y consideramos que la capnografía volumétrica puede ser uno de ellos. Con este trabajo pretendemos corroborar o desvirtuar tal afirmación.

Gracias a que también contamos con otra tecnología no invasiva, la Biorreactancia Torácica, que en algunos estudios muestra buena correlación y concordancia con el volumen sistólico eyectado por el corazón, especialmente en pacientes críticos cardiacos, con el medido por métodos de termodilución o ultrasonido esofágico, consideramos pertinente utilizarlo como tecnología referente para evaluar la capnografía volumétrica de acuerdo a nuestra pregunta de investigación.

De otro lado, es de importancia establecer la utilidad de esta herramienta de monitoreo con la que cuentan varias unidades de la región y se justifica la investigación como aporte a la generación de conocimiento en cuidado intensivo en el departamento y el país, así como en el posgrado en cuidado crítico y Medicina intensiva de la Universidad Autónoma de Bucaramanga.

MARCO TEÓRICO.

La capnografía fue introducida en la práctica clínica en la década de los 90, desde entonces se ha convertido en una herramienta valiosa para el monitoreo de variables respiratorias especialmente en pacientes con algún tipo de soporte ventilatorio (1). En los últimos tiempos se reconoce además la utilidad de esta tecnología como indicador del estado hemodinámico (2).

La capnografía en esencia mide la presión de dióxido de carbono al final de la espiración (PETCO₂) y de cierta manera representa la presión parcial de CO₂ que se encuentra en lecho venoso sistémico (PvCO₂). Mientras no exista algún trastorno en la relación ventilación perfusión, tales como presencia de corto circuito o alteración en el espacio muerto, la PETCO₂ se equilibra y refleja también la presión arterial de CO₂ (PaCO₂). Esto quiere decir que la PETCO₂ depende no solamente del estado ventilatorio sino también del flujo sanguíneo pulmonar, este a su vez es proporcional al flujo sanguíneo sistémico, es decir al gasto cardíaco. De manera tal que si se mantienen constantes las variables ventilatorias y de oxigenación, la PETCO₂ representa un indicador indirecto del flujo sanguíneo pulmonar, es decir del gasto cardíaco. Varios estudios demuestran la utilidad de la capnografía como monitor del gasto cardíaco relativo y en los actuales momentos es considerado monitor básico de las maniobras de soporte cardiovascular avanzado en reanimación cardiopulmonar, que permite valorar la calidad de las compresiones torácicas y el retorno a la circulación espontánea³.

Algunos monitores permiten además de medir la PETCO₂, estimar la producción de CO₂ (VCO₂) en la unidad de tiempo, generalmente un minuto, esto se conoce como capnografía volumétrica. Estos monitores miden la PCO₂ con respecto al volumen ventilatorio y no al tiempo del ciclo respiratorio, de ahí el nombre de volumétrica. De acuerdo a lo anterior y siguiendo el principio y ecuación de Fick, la VCO₂ en un minuto podría tener equivalencia con el flujo pulmonar por minuto, en otras palabras el gasto cardiaco (Q). Q es igual a la VCO₂ dividida por la diferencia veno - arterial del contenido de CO₂, según la formula (3):

$$Q = VCO_2 / (CvCO_2 - CaCO_2)$$

$$CvCO_2 = (20.62 * LN(PvCO_2) - 27.68) + (6.2 * (1 - SvO_2))$$

$$CaCO_2 = (20.62 * LN(PaCO_2) - 27.68) + (6.2 * (1 - SaO_2))$$

Por consiguiente si mantenemos parámetros ventilatorios constantes y no hay alteración en la relación ventilación perfusión, la VCO₂ es un fiel indicador del gasto cardiaco (GC).

El doctor Ospina-Tascón en el libro de monitoreo hemodinámico (4), se refiere al gradiente de presiones parciales veno arteriales de CO₂ (Pv-aCO₂) como un subrogado del gasto cardiaco ya que guarda relación directa con el contenido de CO₂ en sangre (CCO₂), pero llama la atención sobre un posible papel además del componente microcirculatorio. Como indica la ecuación de Fick y al mantener el CCO₂ y PCO₂ una relativa relación lineal a rangos fisiológicos usuales, entonces podríamos asumir la ecuación con presiones en lugar de contenidos, de la siguiente manera:

$$Pv-aCO_2 = K (VCO_2 / GC).$$

El delta de PCO₂ o Pv-aCO₂ se utiliza en la actualidad como un indicador de la respuesta a la reanimación inicial en el paciente en estado de choque circulatorio aunque en el séptico no muestra buena concordancia con el gasto cardiaco, explicado tal vez por la influencia microcirculatoria (5).

En el paciente crítico se utilizan varios monitores que nos permiten medir o intuir el gasto cardiaco, variable fundamental en el conocimiento y manejo de pacientes que tienen alteraciones hemodinámicas, como por ejemplo en los estados de choque circulatorio. Este monitoreo por lo general es invasivo y su prototipo es el catéter de Swan – Ganz que determina gasto cardiaco por termodilución, basado también en el principio de Fick. Existen otros sistemas que calculan el Q por análisis del contorno de onda de pulso y por mecanismos igualmente de dilución (6). Fick concluyó que el consumo de una sustancia dividido por la diferencia en las cantidades de esa sustancia en los sitios de entrada y salida de un conducto, daba como resultado la velocidad con que la sustancia recorría el conducto, es decir el flujo a través del conducto. El principal flujo de la macrocirculación es el gasto cardiaco (7,8).

La tecnología moderna busca avanzar en métodos de medición del gasto cardiaco no invasivos y actualmente existe un monitor que determina este a través de medir la impedancia eléctrica generada en la pared torácica por el flujo sanguíneo. Considerando que flujo sanguíneo es igual a presión arterial sobre la resistencia, estimando la resistencia vascular torácica y su presión sanguínea podemos calcular el gasto cardiaco; esto se conoce como fenómeno de biorreactancia torácica (9).

Los pacientes en estado de choque circulatorio experimentan un estado de hipoperfusión sistémica y es necesario generar un gasto cardiaco adecuado que contrarreste este fenómeno para evitar el metabolismo anaeróbico y la consiguiente deuda de oxígeno, asociada a incremento en la

mortalidad. Para optimizar el gasto cardiaco una de las medidas iniciales es incrementar la precarga a través de aportes generosos de líquidos y si es necesario se adicionan agentes vasopresores e inotrópicos. Lamentablemente el aumento del gasto cardiaco a base de líquidos no está exento de riesgos. Se ha documentado aumento de complicaciones derivado de sobrecarga hídrica relacionado con la disfunción endotelial y respuesta inflamatoria y metabólica que se genera. De otro lado, no todos los pacientes responden apropiadamente a la carga hídrica; se ha visto que algunos no aumentan el volumen sistólico después de esta (10).

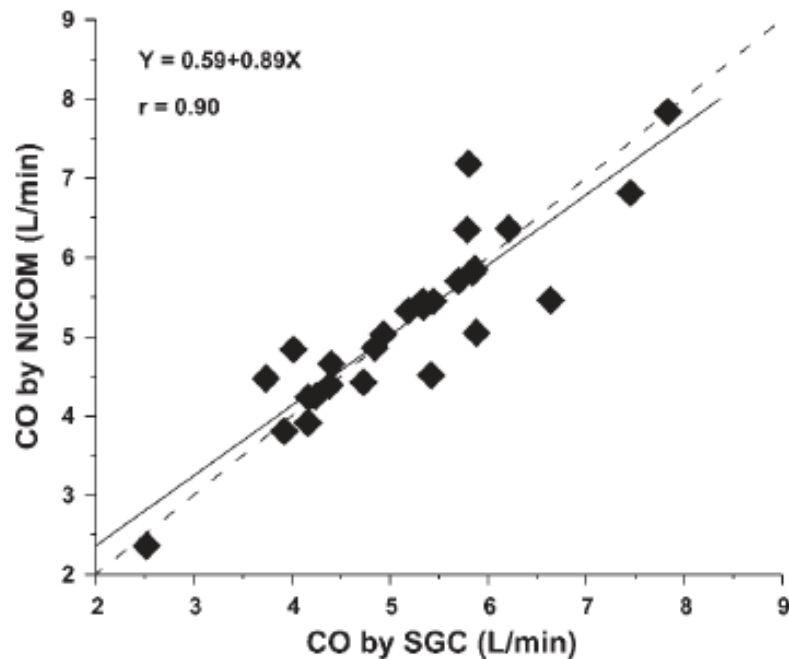
Por lo anterior es importante determinar de forma temprana cuales son los pacientes que realmente se benefician de la carga hídrica y consecuentemente en el manejo actual de los pacientes en estado de choque se busca predecir quienes son respondedores a estas cargas de volumen.

Derivado de este concepto, es lógico asumir que quienes aumentan de manera notoria el volumen latido o gasto cardiaco después de una carga de volumen, son los verdaderos respondedores y quienes se benefician en mayor medida de esta terapia. Por tal razón la mejor manera de predecir la respuesta a las infusiones de líquidos es determinar el gasto cardiaco o en su defecto el volumen sistólico generado después de una carga hídrica. Esto se hace mediante la infusión aguda, durante 20 minutos por lo general, de cierta cantidad de cristaloides o por medio de la elevación de las extremidades inferiores a 45 grados y se determina el cambio en el gasto cardiaco por algún método de termodilución o cambios a nivel del contorno de la onda de pulso en grandes vasos. Últimamente se está usando el monitoreo de variables dinámicas cardiovasculares como la presión de pulso o variación de la presión sistólica (10).

Con el objetivo de reducir la necesidad de monitorización invasiva se han generado nuevos dispositivos no invasivos que monitorizan los parámetros hemodinámicos. La Biorreactancia Torácica, introducida a comienzos de este siglo como perfeccionamiento de la Bioimpedancia, es

una tecnología potencialmente atractiva ya que sólo requiere cuatro electrodos colocados en el tórax. Esta técnica se basa en la medición de la variación en el voltaje y desplazamiento de fase de la señal de una corriente eléctrica de alta frecuencia que cruza el tórax. Estas variaciones relacionadas con los cambios en el volumen de la aorta torácica permiten la estimación del volumen de sangre expulsada en la aorta torácica con cada latido del corazón dando una medición con cierta exactitud del volumen latido o volumen sistólico, que multiplicado por la frecuencia cardiaca representa el GC. Este sistema ha sido validado y es una alternativa real en el manejo hemodinámico de pacientes críticos (2,11). Ver Figura 1.

Figura 1. Correlación GC medido por Biorreactancia vs termodilución.



(Tomado de Referencia 11)

OBJETIVOS

GENERAL

Determinar concordancia de medición del GC entre Biorreactancia Torácica y Capnografía

Volumétrica

ESPECIFICOS

Describir correlación entre el delta de contenidos de CO₂ (DCvaCO₂) y el GC.

Describir correlación entre el delta de presiones parciales de CO₂ (DPvaCO₂) y el GC.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tipo de estudio: Estudio de evaluación de dispositivos médicos.

Población elegible: Pacientes adultos bajo ventilación mecánica en la unidad de cuidado intensivo adulto del Hospital Universitario de Santander.

Criterios de inclusión:

Pacientes en estado de choque séptico mayores de 18 años que se encuentren bajo ventilación mecánica invasiva.

Criterios de exclusión:

- Pacientes en ventilación mecánica con parámetros ventilatorios altos tales como PEEP mayor a 8, alteración en la relación inspiración – espiración o presencia de hipercapnia permisiva.
- Pacientes con lesiones en tórax que impidan la colocación de los electrodos del monitor de Biorreactancia.

- Pacientes con arritmia documentada.

- Pacientes ventilados con volúmenes corrientes mayores a 8 ml/kg de peso ideal.

Tamaño Muestral

Se realizó un muestreo secuencial no probabilístico (30 pacientes que incluyeron 60 mediciones de Gasto Cardíaco y de VVP)

Variables del Estudio:

➤ Variables Resultado

- a) Grado de concordancia entre las dos mediciones del GC antes y posterior a la carga de líquidos, evaluado según metodología de Bland-Altman.
- b) Correlación entre la diferencia de contenidos veno arterial de CO₂ y el GC medido por capnografía volumétrica y por Biorreactancia Torácica.
- c) Correlación entre la diferencia de presiones veno arterial de CO₂ y el GC medido por capnografía volumétrica y por Biorreactancia Torácica.

CONSIDERACIONES ÉTICAS

La presente investigación se sometió previamente (Protocolo) a la aprobación del Comité de postgrado y Ética en Investigación Científica de la Universidad Autónoma de Bucaramanga y del Hospital Universitario de Santander. Nuestra investigación fue de carácter prospectivo y analítico, donde se tomaron datos de registro del historial clínico y de la monitoría empleada por el intensivista durante la estancia del paciente en unidad de cuidado intensivo; por estas razones la presente investigación fue clasificada como riesgo mínimo, según lo contempla la Resolución N°. 008430 DE 1993.

Además los investigadores realizaron el curso de capacitación de la Oficina de investigaciones de Institutos Nacionales de Salud (NIH) a través de Internet “Protección de los participantes humanos de la investigación”.

Los datos personales de los participantes se manejaron bajo lo estipulado en la Ley 1581 de 2012, garantizándose la intimidad y confidencialidad de la información personal, la cual será utilizada solo por los investigadores a cargo, restringiéndose el acceso a cualquier otra persona ajena a la investigación. Para garantizar la confidencialidad, en la base de datos cada paciente tendrá un consecutivo y se evitó registrar nombre del paciente.

Pese a que fue una investigación de mínimo riesgo, se respetaron los principios de bioética, tales como:

- ✓ **Principio de Beneficencia**, que se garantiza partiendo de que a nuestro estudio solo ingresan aquellos pacientes en los que por su condición clínica se requiere monitoría especial, tanto de forma no invasiva (con capnografía y biorreactancia), como invasiva (tensión arterial invasiva medida por línea arterial).

- ✓ **Principio de No Maleficencia** reflejado en que nuestro estudio no realiza ningún tipo de intervención adicional al paciente que pudiera agregar morbimortalidad a su condición de base.
- ✓ **Principio de Justicia** se aplicará con la lista de criterios de inclusión y exclusión y no seleccionando a los pacientes según la disponibilidad y vulnerabilidad de los mismos.
- ✓ **Principio de Autonomía** aunque se ve disminuido en estos pacientes, puesto que se encuentran bajo estado de sedación, se respetó solicitando permiso de otras personas como padres, acompañantes ó tutores legales, a quienes se les explicó los potenciales riesgos y beneficios de participar en la investigación, sin ejercer mecanismos coercitivos ó sin influenciar la decisión de su acudiente, tal como se indica en el informe de Belmont.

EJECUCION DEL ESTUDIO

Manejo del paciente y recolección de la información:

En la UCI adultos del Hospital Universitario de Santander se revisó diariamente que pacientes cumplieran con los criterios de inclusión.

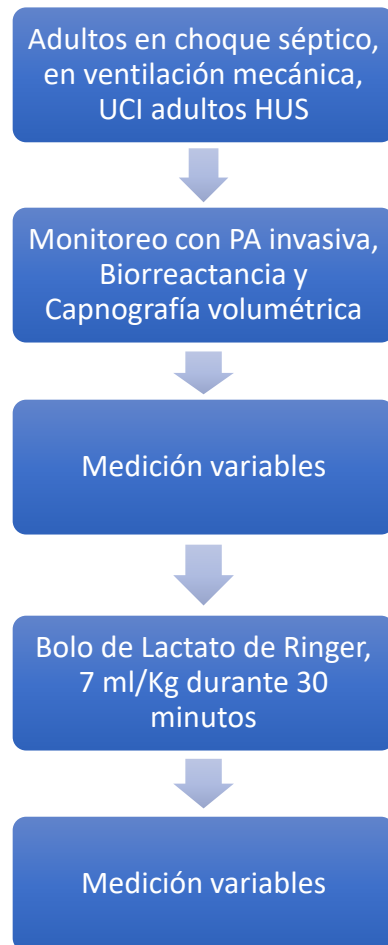
Se excluyeron los pacientes con criterios de exclusión.

Una vez seleccionado el paciente se realizaba monitoreo con capnografía volumétrica, variación de presión de pulso y Biorreactancia.

En promedio en un intervalo de seis horas, por lo menos tres veces al día, si estaba indicada, se realizaba una carga de 7 ml / Kg de peso de lactato de Ringer en 30 minutos y se registraban las variables hemodinámicas por Biorreactancia, la variación de la presión de pulso y la producción de CO₂ y ETCO₂ por capnografía volumétrica, antes y después de la carga hídrica. Antes y después del reto volumétrico se tomaban gases arteriales y venosos centrales.

Se tabularon los datos extraídos de los registros realizados para su análisis estadístico y determinar el grado de asociación entre las mediciones hecha con Biorreactancia y capnografía.

Flujograma de manejo del paciente



Tiempo de duración del estudio: 18 meses

Sitio donde se ejecutó el estudio: Unidad de Cuidado Intensivo Adultos Hospital Universitario de Santander.

RESULTADOS

Durante un periodo de 18 meses de los años 2017 y 2018, se logró incluir un total de 30 pacientes, en los cuales se realizaron monitorización de las variables (antes y después de carga volumétrica). La edad promedio de los pacientes fue de 54.7 años, y solo un 38,24% (n=13) no tenían comorbilidad asociada. Ver Tabla No. 1

Tabla No: 1 Características Sociodemográficas

	Media	Min-Max (DS)
Edad (años)	54.7	18-75 (15,06)
Peso (Kg)	70,8	50 -150 (18,75)
Talla (cms)	163,8	155 – 173 (5,39)
Area Corporal	1,76	1,47 – 2,39 (0,17)
	%	Fr
Sexo Femenino	56,67%	17
Comorbilidad	61,76%	21
Tipo Comorbilidad		
HTA	26,67%	8
Cardiopatía	26,67%	8
Nefropatía	26,67%	8
Diabetes	13,33%	4
Neumopatía	13,33%	4
Otra	20%	6

Foco del Choque Séptico y Disfunción orgánica

Los principales focos septicos identificados fueron Pulmonar y Abdominal con un 90% (n=27), todos los pacientes presentaban disfuncion cardiovascular y respiratoria, cerca del 50% de los pacientes tenian compromiso de 2 o 3 órganos y ninguno tenía tres vasopresores al momento evaluado. Ver Tabla 2.

Tabla No. 2 Foco Septico y Disfunción Orgánica

Foco Septico	% (Fr)
Piel y Tej. Blandos	6,67% (2)
Sangre	3,33% (1)
Abdomen	43,33% (13)
Pulmon	46,67% (14)
Disfuncion Organica	
Respiratoria	100% (30)
Cardiovascular	100% (30)
Renal (Hemodialisis)	23,33% (7)
Neurologica	36,67% (11)
2 Organo	46,67% (14)
3 Organos	46,67% (14)
Mas de 3 Organos	6,67% (2)
No de Vasopresores	
1	70% (21)
2	30% (9)

Características Hemodinámicas y Gasimétricas basales

Los valores de las diferentes variables hemodinámicas se obtuvieron mediante lecturas de monitoreo invasivo (Linea Arterial) y no invasivo (Monitoreo Cheetah), toma de gases arteriales (Linea Arterial) y Venosos centrales (cateter venoso central). Solo 10% de los pacientes presentaban TAM inicial menor de 65 mmHg y el 36,66% (n=11) presentaban acidosis metabólica y tasa de extracción de oxígeno mayor al 30%. Ver Tabla No. 3.

Tabla No. 3 Mediciones Basales de los pacientes

Basal	Media	Min-Max	Std. Dev.
TAS	119,83	69 – 175	23,38
TAM	81,80	49 – 117	16,11
TAD	64,43	42 -99	14,59
FrC	97,23	63 – 150	24,40
PVC	15,93	9 – 24	4,47
PH	7,33	7,11 – 7,47	0,08
PaO2	110,13	72 – 233	39,74
SaO2	96,50	91 – 100	2,35
SVO2	70,60	41 – 85	11,07

TA: Tension. TAS= Sistolica TAD:Diastolica TAM:Media. FrC Frecuencia Cardiaca
PVC:Presion Venosa Central. PaO2:Presión arterial de oxígeno; SaO2:Saturación arterial de oxígeno
SvO2: Saturación venosa central de oxígeno Min:Minima Max:Maxima

Variables Hemodinámicas según Monitoria Cheetah

El uso del monitor Cheetah no solo se centró en las variables: Variabilidad de Volumen Sistólico (VVS), GC e IC, pues este monitor deriva en sus cálculos múltiples variables hemodinámicas, entre ellas las resistencias vasculares sistémicas (RVS) e índice de las mismas (IRVS). Ver Tabla No. 4

Tabla No. 4 Variables Hemodinámicas dadas por Monitoreo Cheetah

Basales	Mean	Std Dev	Min-Max
IVS	32,20	10,00	19-56
VVS	15,47	3,09	8-21
RVS	1363,83	551,07	447-2665
IRVS	2307,93	823,47	902-4371

IVS: Índice de volumen sistólico; VVS: Variabilidad de volumen sistólico; Min:Minima Max:Maxima
RVS: Resistencia vascular sistémica; IRVS: Índice de resistencia vascular sistémica.

Gasto Cardíaco e Índice cardíaco Basales

Nuestro objetivo general fue evaluar la concordancia en las mediciones del Gasto Cardíaco (GC) e Índice Cardíaco (IC), antes y después del reto volumétrico, usando los dos monitores objeto del estudio: Capnografía Volumétrica (CAVOL) y Cheetah (Ch). La medición basal del GC e IC, como medidas cuantitativas continuas no fueron diferentes en sus medias ($p > 0,05$). El GC e IC presentaron valores extremos tales como 18,1 de GC para CAVOL y de 8,4 para Cheetah. Es de anotar que este valor solo se dio en un paciente pero no fue el mismo en las dos mediciones. Ver Tabla No. 5

Tabla No. 5 Gasto Cardíaco e Índice cardíaco basales según monitor

	Monitor	Media (DS)	IC 95%	Min-Max	Valor p
Gasto Cardiac	Cheetah	5,41 (1,6)	4,83 – 5,99	3 - 8,4	0,166
	Capnografía Volumétrica	6,69 (4,8)	4,89 – 8,49	1,6 – 20,2	
Indice Cardiac	Cheetah	3,04 (0,8)	2,72 – 3,35	1,9 – 4,9	0,1214
	Capnografía Volumétrica	3,83 (2,7)	2,81 – 4,85	0,8 – 12,2	

Concordancia Gasto Cardiac e Indice Cardiac

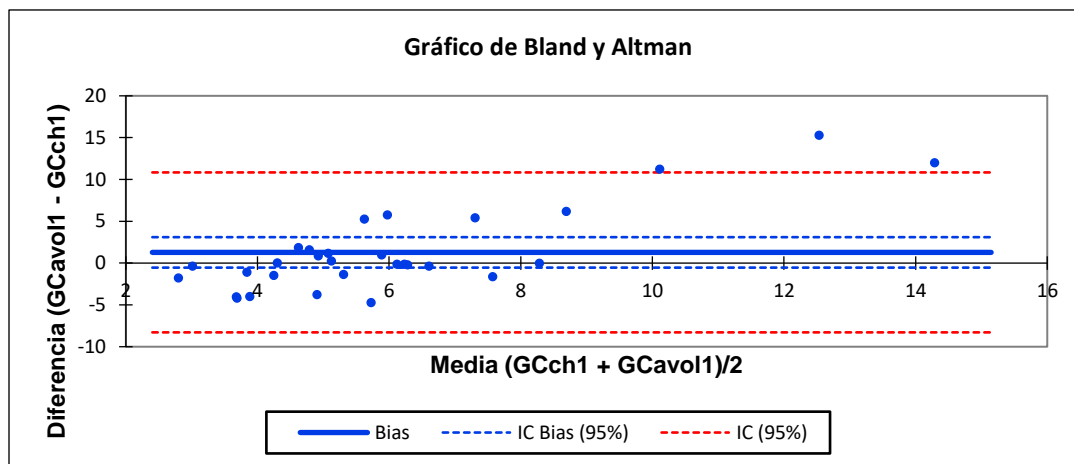
Respecto a la medición basal y a pesar de que no existieron diferencias respecto a las medidas resumen (prueba de la t) de GC e IC, en la medición según cada monitor, la evaluación de la concordancia, como referente de la medida de exactitud y precisión de los valores del GC, y tomando el monitor Cheetah como patrón de referencia y la CaVol como nuevo método de medición, nos mostro que esta concordancia no mostro valores aceptables según los criterios de Bland-Altman, con valores de regresión según Test de Pitman menores a 0.90, con un valor explicable de solo un 69%. hallazgo que será motivo de discusión. Ver Tabla 6 y Gráficos No. 1 y 2.

Tabla No. 6 Concordancia GC e IC según Cheetah y CaVol

	Concordancia*	Valor p	IC 95%	Bias	IC 95%
GC	0.814	0.000	0.64 - 0.91	1.279	-0.542 - 3.101
IC	0.827	0.000	0.64 - 0.92	0.793	-0.233 - 1.809

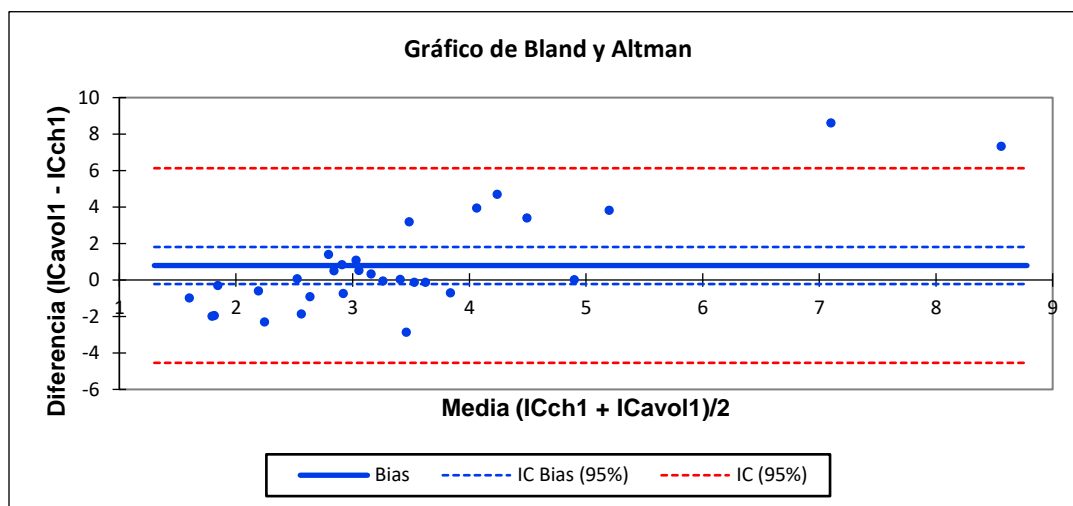
*Test de Pitman

Grafica No. 1 Concordancia Gasto cardiaco basal según Monitores



GCch: Gasto Cardiaco por Cheetah; GCcavol: Gasto Cardiaco por Capnografía volumétrica

Grafica No. 02 Concordancia Índice cardiaco basal según Monitores



ICch: Índice Cardiaco por Cheetah; ICcavol: Índice Cardiaco por Capnografía volumétrica

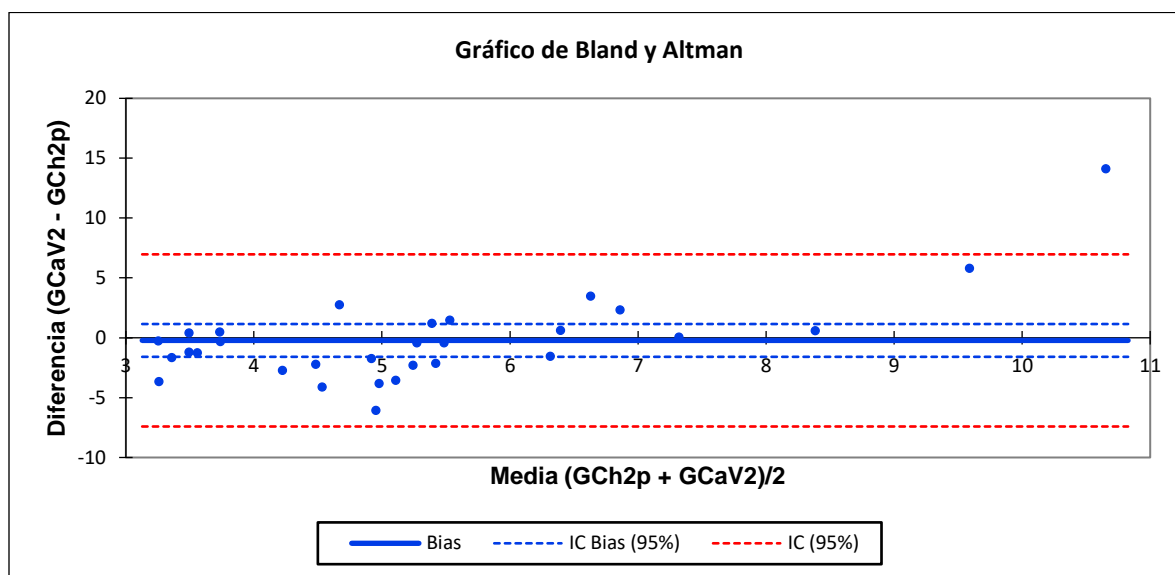
Medición y Concordancia del Gasto Cardíaco Post Bolo

Nuestro siguiente objetivo fue evaluar si la medición del GC como un indicador “fiable” de la respuesta a carga de volumen, tenía algún grado de concordancia al ser medido por los dos monitores. Al igual que en las mediciones basales, no encontramos concordancia aceptable. Los valores obtenidos en la prueba de Pitman oscilaron entre 0.6 y 0.8 para GC e IC respectivamente. Ver Tabla No. 7 y Gráficos No. 3 y 4.

Tabla No. 07 Prueba de concordancia post- Bolo: Cheetah vs CaVol

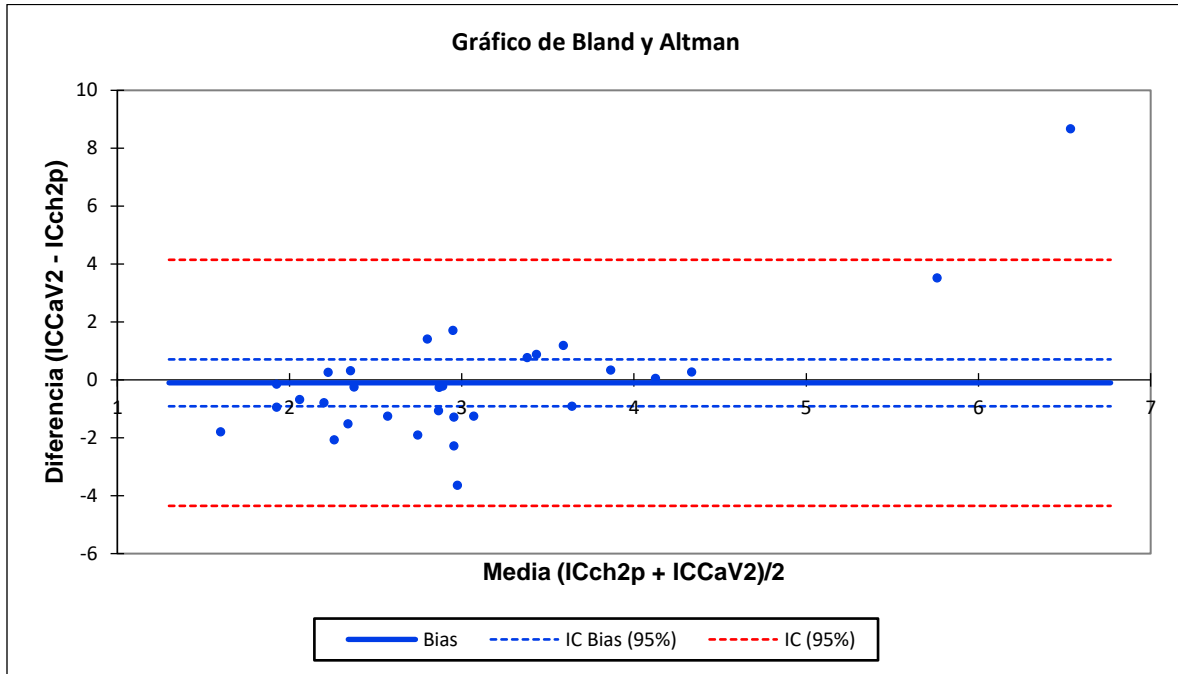
	Concordancia	Valor p	IC 95%	Bias	IC 95%
GC	0.698	0.005	0.45 - 0.85	-0.222	-7.41 1.15
IC	0.745	0.004	0.53 - 0.87	-0.102	-0.91- 0.71

Gráfica No. 3 Concordancia Gasto Cardíaco Post-Bolo: Cheetah vs CaVol



GChc: Gasto Cardíaco por Cheetah; GCavol: Gasto Cardíaco por Capnografía volumétrica

Grafica No. 4 Concordancia Indice Cardíaco Post-Bolo: Cheetah vs CaVol



ICCh: Índice Cardíaco por Cheetah; ICavol: Índice Cardíaco por Capnografía volumétrica

Correlacion entre Delta Venio-Arterial de contenidos de CO₂ (DCvaCO₂) y GC según monitores

Otro de nuestros objetivos fue evaluar el grado de correlación que pudiese existir entre el Delta de Contenidos Venio arterial de CO₂ DCvaCO₂ y el GC medido por medio de la CaVol, en los dos momentos evaluados. Dado que no obtuvimos una distribución normal, utilizamos el coeficiente de correlación de Spearman (rhoS) para su evaluación. Los valores obtenidos de rhoS para el monitoreo de CaVol fueron moderada y débilmente negativos pre y post bolo respectivamente, pero con diferencias significativas solo en las mediciones basales. Los valores para el monitoreo Cheetah fueron muy débiles en los dos momentos evaluados, con valores negativos en la medición post bolo, pero sin diferencias significativas antes y después

de la carga volumétrica. En general, los valores de correlación obtenidos no fueron óptimos, hallazgos que serán motivo de discusión. ($< -0,75$). Ver Tabla No. 8. Y Gráficos Nos 5 y 6.

Tabla No. 8 Correlación entre Capnografía Volumétrica, Cheetah y Delta de Contenidos v-a de CO₂

Variable		Correlacion según Spearman (rhoS)			
		CaVol.	Valor p	Cheetah	Valor p
Basal	Gasto Cardíaco	-0,3624	<u>0,0491</u>	0,1719	0,3637
	Indice Cardíaco	-0,4020	<u>0,0277</u>	0,1239	0,5144
Post-Bolo	Gasto Cardíaco	-0,2932	0,1159	-0,1821	0,3354
	Indice Cardíaco	-0,2521	0,1790	-0,1867	0,3231

Grafico No. 5 Correlación Gasto e Índice Cardíaco basal y Delta C(v-a)CO₂

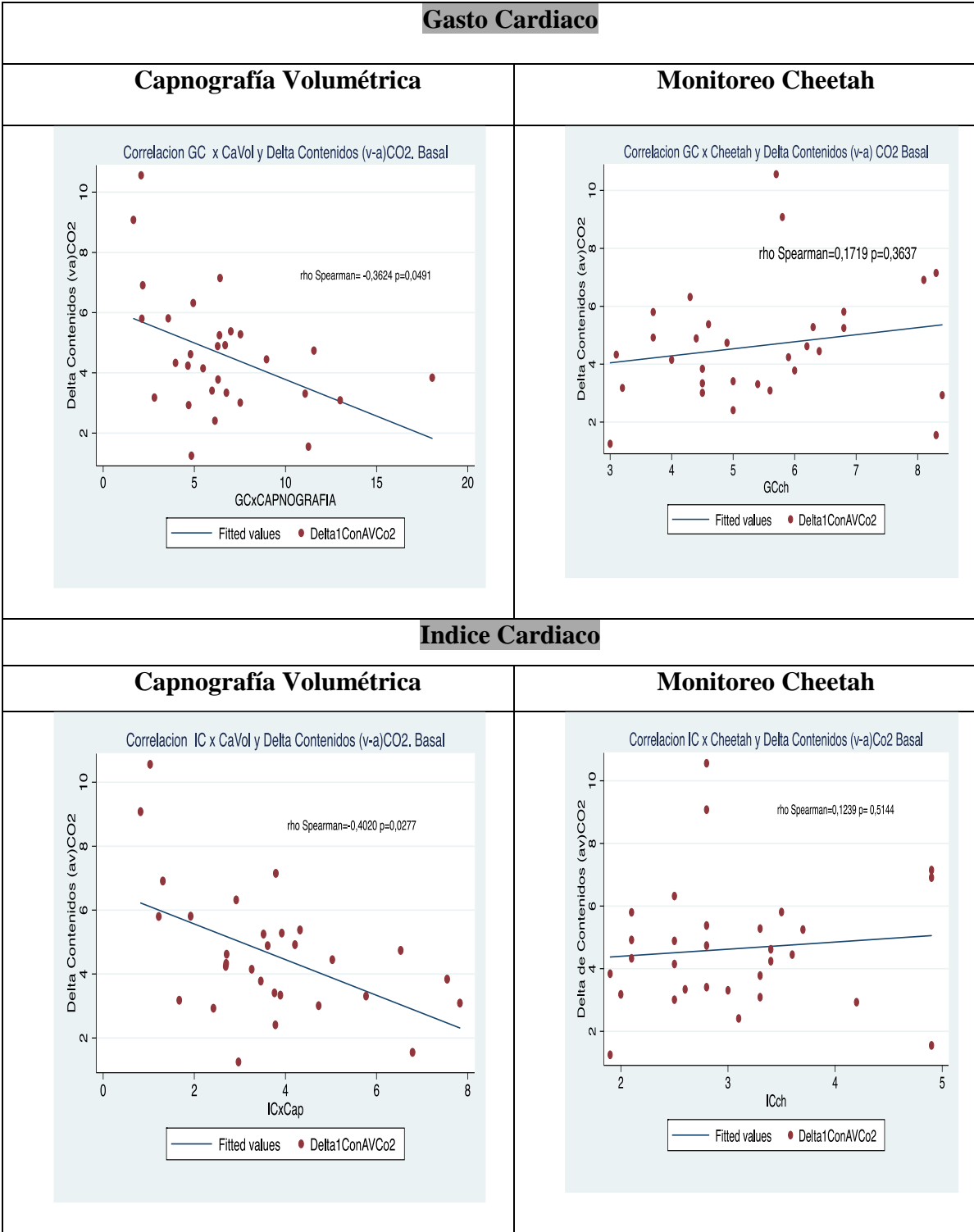
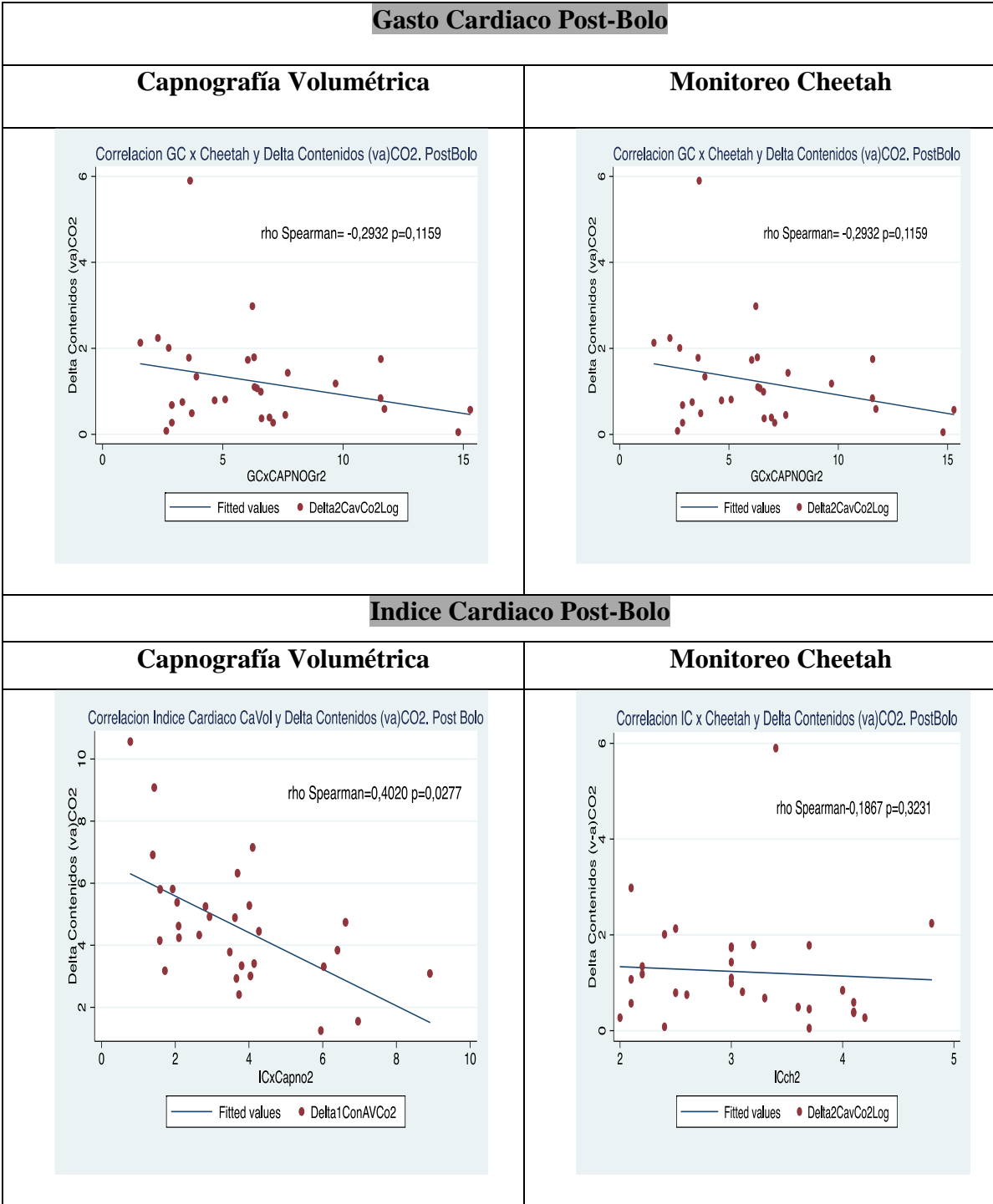


Grafico No. 6 Correlación Gasto e Índice Cardíaco Post-Bolo y Delta C(v-a)CO₂



Correlacion Gasto e Indices cardíacos y Delta Presiones Venó-arterial de CO2

Nuestro siguiente objetivo, fue describir el grado de correlacion entre el delta de presiones venó-arteriales de CO2 y los valores de GC e IC antes y despues de la terapia volumetrica, medidos con los dos monitores evaluados. Seguimos igual metodología que la evaluación del delta de contenidos. Los valores de correlación fueron negativos débiles antes y después del bolo para la CaVol con significancia estadística en los valores basales y en IC post bolo. Para el monitoreo Cheetah los valores de correlación fueron muy débiles positivos con excepción del IC basal. No hubo diferencias significativas en los diferentes momentos y parametros evaluados para este monitor. Todos estos hallazgos seran motivo de discusión. Ver Tabla No. 9 y Graficos No. 7 y 8

Tabla No. 9. Correlación CaVol Cheetah y Delta de Presiones (v-a) de CO2

		Coeficiente Correlación Spearman (rho)			
		CaVol.	Valor p	Cheetah	Valor p
Basal	Gasto Cardiaco	-0,3692	0,0477	0,0197	0,9177
	Indice Cardiaco	-0,3970	0,0298	-0,0396	0,8355
Post-Bolo	Gasto Cardiaco	-0,3108	0,0946	0,1806	0,3394
	Indice Cardiaco	-0,3615	0,0497	0,1380	0,4671

Grafico No. 7 Correlación Gasto e Índice Cardíaco basal, postbolo y Delta P(v-a)CO₂

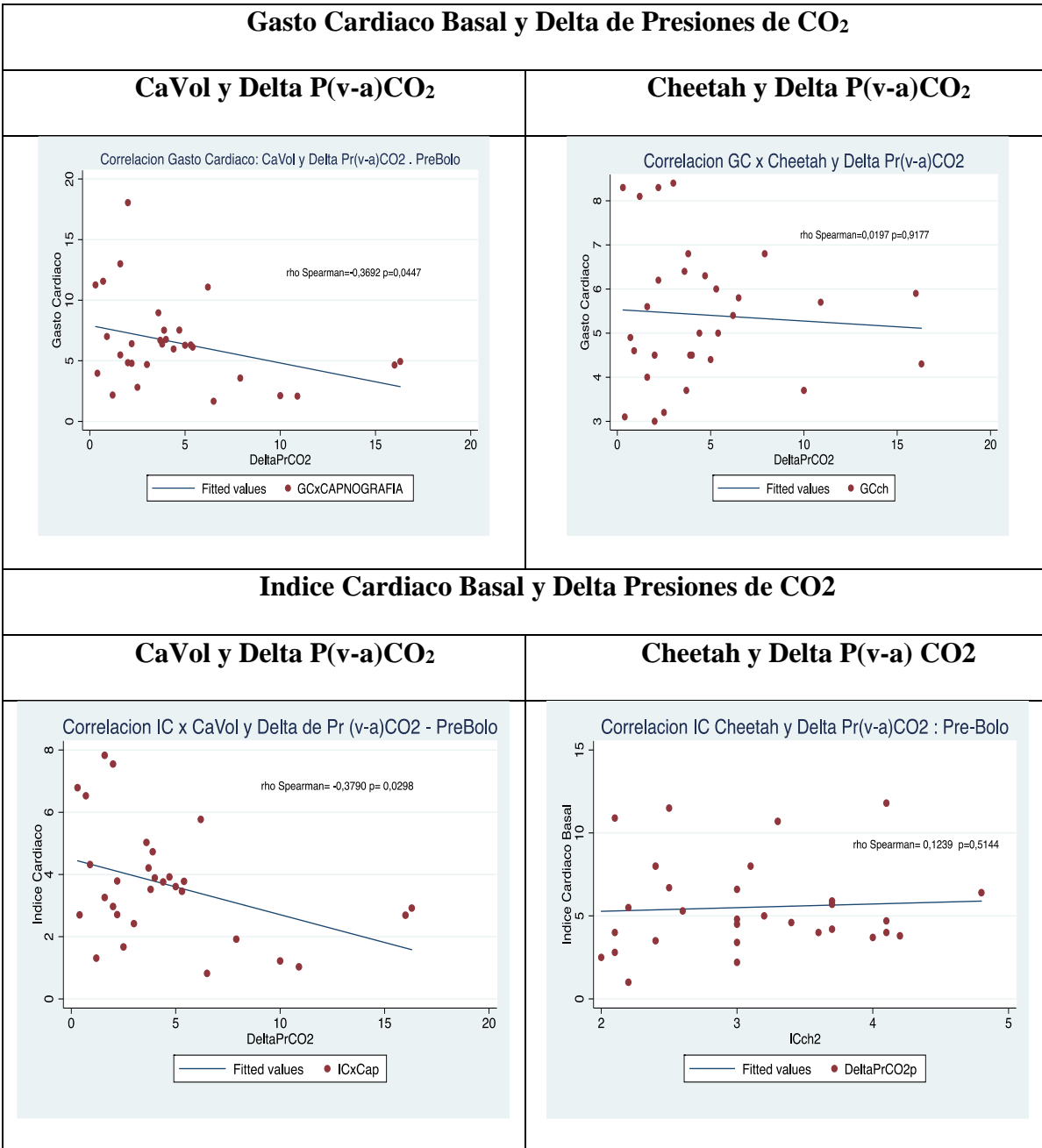
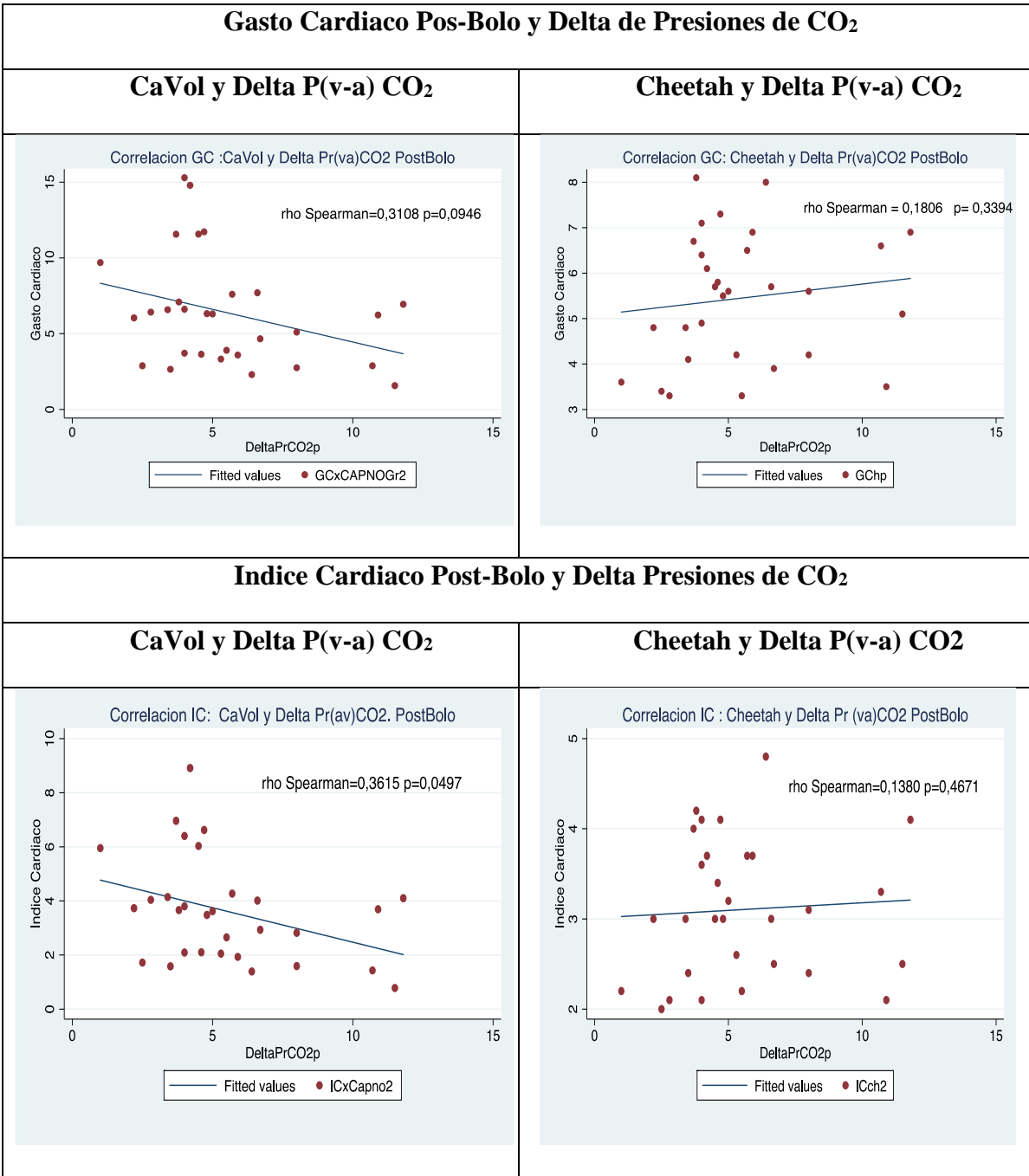


Grafico No.8 Correlación Gasto e Índice Cardíaco postbolo y Delta P(v-a) CO₂



Fase II : Respuesta y mediciones Post-Bolo según VVS y VPP

La evaluación de respuesta a la carga volumétrica de 7 ml/Kg de peso, se realizó tomando como referente no solo los valores basales de GC e IC, sino los índices de variabilidad de volumen sistólico (VVS) y la variabilidad de presión de pulso (VPP), los cuales nos clasificaban los pacientes como respondedores o no respondedores. Los valores promedio de VVS y VPP estuvieron en el rango superior considerado como respondedor. La VVS y la VPP disminuyeron al rango de normalidad en porcentaje mayor y significativo para la VPP. Los cambios en la RVS e IRVS fueron mínimos y no significativos. Ver Tabla No. 10

Tabla No. 10 Variables Hemodinámicas dadas por Monitoreo Cheetah

	Basal	Post-Bolo			
	Media	Media	Variación	%	Valor p
IVS	32.20	32.9	0.70	+2.12%	0.576
VVS	15.47	15.27	-0.20	-1.29%	0.516
VPP	15.17	11.03	- 4.14	-27.29%	<u>0.0001</u>
RVS	1363	1374	10.57	+ 0.77%	0.857
IRVS	2307	2412	104.17	+ 4.31%	0.197

Gasto Cardíaco e Índice cardíaco Post-Bolo en pacientes con VPP aumentada

Considerando que la respuesta adecuada a una carga de fluidos se interpreta como un aumento en el Gasto Cardíaco de un 10%, nosotros evaluamos los cambios en las variables GC e IC según las mediciones obtenidas en el monitor Cheetah. Obtuvimos aumento del GC e IC, sin que estos valores hayan sido significativos. Resultados que serán motivos de discusión. Ver Tabla No. 11.

Tabla No. 11 Gasto cardíaco e Índice cardíaco según Cheetah

	Basal	Post-Bolo	%	
	Media (DS)	Media (DS)	Variación	Valor p
Gasto Cardíaco	5.41 (1.6)	5.45 (1.42)	+ 1.07%	0.7431
Índice Cardíaco	3.04 (0.8)	3.10 (0.77)	+1.97%	0.7991

DISCUSIÓN

Nuestro estudio se realizó siguiendo los lineamientos establecidos para la evaluación de dispositivos médicos y la concordancia de las mediciones, se desarrolló según la metodología de Bland-Altman (12). Nosotros no utilizamos el catéter de Swan-Ganz considerado como el “Gold Standar” para la evaluación de monitores que realizan mediciones de gasto Cardíaco como referente (13), y pudiésemos considerarlo como una debilidad. En nuestro caso decidimos tomar como patrón de referencia la Biorreactancia Torácica, que está avalado para medición de GC. Pero nuestro propósito fue evaluar los monitores disponibles en la institución: Capnografía Volumétrica y la Biorreactancia Torácica (Cheetah), equipos médicos avalados por el Instituto de Evaluación

de Tecnologías en Salud (IETS) y el INVIMA, y que nos ofrecen la oportunidad de estimar el gasto cardiaco en pacientes críticos.

No obtuvimos adecuada concordancia en las mediciones de GC e IC antes y después de terapia volumétrica, con los dos dispositivos y creemos que a pesar de que la literatura le da rendimientos a la Biorreactancia entre 0,7 y 0,9 al compararlo con termodilucion(14), su concordancia con la CaVol aún no se había reportado y somos los primeros en hacerlo, lo cual nos deja dudas si es la misma Biorreactancia o es la CaVol el monitor que menos confiabilidad pudiese tener y esto solo nos lo dará un nuevo estudio donde podamos comparar CaVol con termodilución (TD).

Utilizando TD como estándar, Rocco y col. en 2003, con 36 pacientes, encontró para la capnografía volumétrica un coeficiente de correlación de 0.62, una concordancia moderada y un sesgo de 1.2 más o menos 1.5 Lt/min(15). Raval en 2008 para Biorreactancia en 111 mediciones observó un coeficiente de correlación de 0.78 pero con $p < 0.001$ y muy buena concordancia(14). De otro lado Jacquet-Lagrèze (2016) y Peyton (2018) destacan la buena concordancia de la capnografía volumétrica como monitor de gasto cardiaco utilizando como referencia el doppler esofágico con carga hídrica el primero, y TD en pre y post Bypass cardiaco el segundo (16,17).

Igualmente Doherty en 2017, pero utilizando doppler esofágico, observó buena concordancia con Biorreactancia, con un error del 26% en 35 maternas de alto riesgo (18); al igual que Keren (2017) en cirugía cardiaca con un coeficiente de correlación de 0.9(11). Sin embargo, Teboul y colaboradores en 2013 llamó la atención sobre la pobre concordancia de la Biorreactancia con TD (error de 82%) en pacientes críticos sometidos a reto de elevación de las piernas (19), lo cual nos hace repensar en su confiabilidad como monitor no invasivo de GC.

Finalmente es importante resaltar el meta-análisis de Joosten y colaboradores en el 2017, con 37 estudios y 1543 pacientes, en el cuál analiza varios métodos de medición de gasto cardiaco pero para nuestros efectos enfatizamos los valores de error en concordancia para biorreactancia entre 36 % y 38.1 % y para capnografía volumétrica entre 29.6 % y 55.3 % (20). Estos reportes muy diferentes a los nuestros, lo cual nos induce a pensar que la CaVol fuese un monitor mas exacto, dado que maneja variables metabólicas y de oxigenación dependientes todas ellas del GC (21) y que debemos seguir realizando evaluaciones del mismo.

Nuestra hipótesis de correlación entre GC y el cálculo de la diferencia entre los contenidos arterio venosos de oxígeno y veno arteriales de dióxido de carbono y el delta de presiones veno-arteriales de CO₂, se basó en la explicación fisiopatológica mencionada en el marco teorico y que podriamos resumir en: “a mayor diferencia del delta de contenidos y de presiones” menor sera el GC, lo cual nos postula una correlación negativa. Nosotros evaluamos la correlación con coeficiente de spearman (ρ_s), dado la distribucion no normal de la muestra. Obtuvimos valores de correlación negativa, pero no fuerte, sino moderada y débil; prebolo ($\rho_s = -0,36$) y postbolo ($\rho_s = -0,29$), Los valores de ρ_s para el monitoreo Cheetah tambien fueron negativos, pero muy débiles. Este tipo de correlacion ya ha sido reportada (4,5,22).

Iguales hallazgos encontramos en la correlacion entre la diferencia de presiones venos arteriales de CO₂ y la valoracion del GC e IC por los dos monitores, hallazgos que fueron mas consistentes cuando se evaluo la CaVol. El ρ_s entre -0,36 y -0,39 vs -0,0396 y 0,1806. Esta correlacion no esta reportada en la literatiura y creemos que una gran serie de mediciones y un referente tipo

PiCCo o Swan-Ganz podría darle mayor asertividad a nuestra hipótesis, la cual no pudimos confirmarla mediante un rhoS fuerte negativo.

A pesar de no encontrar buena concordancia ni correlación adecuada, no consideramos prudente afirmar que los dos monitores “no sirven”, esta aseveración solo la podríamos refrendar con una muestra mayor, pues dado el tipo de estudio nosotros no pudimos recolectar más pacientes, pues la decisión del uso o no del monitor cheetah (costo por paciente aproximado de \$700.000,00) era discrecional del intensivista y no de los investigadores. Por eso nuestro tamaño de muestra y número de mediciones no fue mayor. Se requieren más estudios complementarios y seguramente con más mediciones por paciente; sobre todo a la luz de nuevos dispositivos que permiten registrar valores continuos derivados de los valores de la capnografía (15,17).

Se advierte la gran cantidad de investigaciones al respecto, buscando explorar dispositivos y métodos especialmente de naturaleza no invasiva y continua que facilite el manejo de pacientes en las unidades de cuidado crítico y urgencias (23), en lo referente a la capnografía volumétrica y la biorreactancia torácica existen varias publicaciones a favor y en contra de su utilidad.

Finalmente pudimos observar que los pacientes catalogados como respondedores según la variabilidad de presión de pulso (VPP) (24), la mayoría respondieron a carga volumétrica, disminuyendo su porcentaje de VPP, pero no en todos se obtuvo aumentos del GC superiores al 10% en cualquiera de los dos monitores. Sin embargo, consideramos que la muestra es muy pequeña para sacar alguna conclusión.

Lo anterior demuestra que la era del monitoreo no invasivo del gasto cardiaco apenas empieza, es importante involucrarnos en la capacitación y aprendizaje sobre su calibración y buen uso, ya que es una herramienta valiosa, con la que contamos en muchas unidades de la región y del país; y es nuestra obligación como académicos emprender proyectos de investigación cada vez mejores para contribuir a la generación de conocimiento sobre este importantísimo tema.

Recordar de todas maneras, que ningún monitor es malo, lo importante es saberlo aprovechar y sobre todo valorar su evolución durante el tiempo que monitorizamos a nuestros pacientes; como menciona el Dr. Jean-Louis Vincent: el mayor impacto en el resultado radica en el seguimiento adecuado que se haga al enfermo crítico más que en el tipo de monitor (25).

CONCLUSIONES

No hay una buena concordancia en la medición del Gasto Cardíaco entre Biorreactancia Torácica y Capnografía Volumétrica. Se requieren mas estudios, con mayor numero de pacientes, mas mediciones y utilizacion del Swanz Ganz como gold estandar

Las correlaciones entre el delta de contenidos veno arterial de CO₂ (DCvaCO₂), el delta de presiones veno arterial de CO₂ (DPvaCO₂) y Gasto Cardíaco e Índice Cardíaco son negativas pero debiles, seguramente una mayor potencia del estudio nos dara una luz, pues esta correlacion es biologicamente plausible, pues debe ser inversamente proporcional.

ANEXOS

CONSENTIMIENTO INFORMADO

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BUCARAMANGA

FACULTAD DE SALUD

PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN MEDICINA CRÍTICA Y CUIDADO INTENSIVO DEL ADULTO

Título del Trabajo: “Concordancia entre Capnografía Volumétrica y Biorrectancia Torácica en medición de Gasto Cardíaco en pacientes en Choque Séptico sometidos a carga volumétrica”.

Resumen del proyecto:

El presente trabajo tiene por objetivo determinar la utilidad de la Capnografía volumétrica como monitor hemodinámico y predictor de la respuesta a cargas hídricas en pacientes adultos con choque séptico.

Este trabajo consta de 2 aspectos operacionales:

1. Obtener datos demográficos y clínicos de la historia clínica de su familiar y/ó amigo(a).
2. Obtener datos de la monitoría que recibe el paciente en la Unidad de cuidado intensivo.

Acorde a la legislación colombiana sobre ética en investigación, Resolución N°. 008430 DE 1993 (4 /10 /1993), el presente estudio se cataloga como de bajo riesgo, teniendo en cuenta que se emplearán registros de la historia clínica y del expamen físico, así como exámenes diagnósticos rutinarios de monitoría que no intervienen de forma intencional sobre el paciente.

Este trabajo se realizará con el fin de evaluar la correlación existente entre la capnografía

volúmetrica, los hallazgos del monitor por biorreactancia y la variabilidad de la presión de pulso, que tienen gran utilidad en pacientes críticos, como es el caso de su familiar ó amigo(a).

De antemano le garantizamos que la información personal brindada por usted (en calidad de acudiente) y la derivada del historial médico será manejada solamente por los investigadores a cargo de este estudio y para fines exclusivamente académicos, manteniéndose en todo momento la confidencialidad de sus datos personales, los cuáles se manejarán bajo los lineamientos estipulados en la Ley Estatutaria 1581 del 2012.

También deseamos explicarle que su participación es absolutamente voluntaria y que su rechazo para participar en la misma no implicará dificultad alguna para que su familiar y/ó amigo(a) continúe con su proceso de atención, ni traerá consecuencias negativas para él (ó ella).

Yo _____ en calidad de acudiente del paciente _____, con parentesco ó relación de _____, identificado con cédula de ciudadanía _____ declaro estar de acuerdo en que mi familiar y/ó amigo(a) participe en el estudio **“Concordancia entre Capnografía Volumétrica y Biorrectancia Torácica en medición de Gasto Cardíaco en pacientes en Choque Séptico sometidos a carga volumétrica”**.

Certifico que he sido informado(a), de forma clara sobre el objetivo de dicha investigación, que mi proceder para colaborar con la misma es voluntaria y que los datos por mí proporcionados, así como los derivados de la consulta de la historia clínica que corresponde al paciente _____ (quien se encuentra intubado y no puede decidir por sí mismo en este momento), serán tratados de forma ética, bajo los principios de confidencialidad e intimidad, siendo utilizados solo para fines académicos de esta investigación.

Igualmente certifico que he entendido y comprendido la naturaleza de este estudio.

Si tiene alguna duda referente a los aspectos éticos inherentes al presente estudio, puede comunicarse con el comité de ética en investigación científica de la Universidad Autónoma de Bucaramanga, cuya función es velar por el cumplimiento de los aspectos éticos en la investigación e investigar situaciones de mala práctica.

Firma participante: _____

Fecha: _____ Hora: _____

Firma Investigador Responsable: _____

Saúl Alvarez Robles o Rafael Serrano Vásquez

Tel: 3158708120

salvarezbuc@yahoo.com; rafaser@hotmail.com

Anexo instrumento de recolección

“Concordancia entre Capnografía Volumétrica y Biorrectancia Torácica en medición de Gasto Cardíaco en pacientes en Choque Séptico sometidos a carga volumétrica”

CAPVOL-SEPSIS				Día		M		A	2017	Consecutivo	
Unidad de Cuidados Intensivos Adultos											
HC		Edad: Años		Peso: Kg		Talla : Mts		Sexo		M	F
Dx :	Choque Séptico	Foco:			Md	Qx	Trauma	Cx:			
Comorbilidad	Cardiópata		Neumopatía		Nefropatía		Diabetes		HTA		Otra
Disfunción presente	Ventilación Mx		Cardiovascular			Neurológica			Hemodiálisis		
HEMODINAMICA BASAL Capnografía Volumétrica y Cheetah Basal						HEMODINAMICA POST-CARGA Capnografía Volumétrica y Cheetah Post-Carga					
TASI		PETCO2			TASI		PETCO2				
TADI		VCO2			TADI		VCO2				
TAMI		Ph			TAMI		Ph				
FrC		PaO2			FrC		PaO2				
PVC		PaCo2			PVC		PaCo2				
IVS		SaO2			IVS		SaO2				
VVS		SvO2			VVS		SVo2				
VPP		CaO2			VPP		CaO2				
RPT		CvO2			RPT		CvO2				
IRPT		Delta Co2			IRPT		Delta Co2				
CFT		Tasa Ext.			CFT		Tasa Ext.				
DO2		VO2			DO2		VO2				
GC		IC			GC		IC				
Soporte Hemodinámico Basal					Soporte Hemodinámico Post-Carga						
				mcgKmin						mcgKmin	
Noradrenalina						Noradrenalina					
Vasopresina						Vasopresina					

BIBLIOGRAFÍA

1. Brian K Walsh, David N Crotwell, and Ruben D Restrepo. Capnography/Capnometry During Mechanical Ventilation: 2011. *Respiratory Care*, April 2011, Vol 56, No. 4; 503 – 9.
2. Alisha Young, Paul E. Marik, Steven Sibole, David Grooms, and Alex Levitov. Changes in End-Tidal Carbon Dioxide and Volumetric Carbon Dioxide as Predictors of Volume Responsiveness in Hemodynamically Unstable Patients. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*, Vol 27, No 4 (August), 2013: pp 681- 4.
3. Pedro Marsé Milla, Mónica Diez Poch y Joan M^a Raurich Puigdevall. Calorimetría: aplicaciones y manejo. *Nutr Clin Med*, Diciembre 2008, Vol. II - Número 3, pp. 155-166.
4. Gustavo A. Ospina–Tascón. The PCO₂ Gaps. En: Michael R. Pinsky, Jean-Louis Teboul, Jean-Louis Vincent Editors. *Hemodynamic Monitoring. European Society of Intensive Care Medicine 2019*. Pag: 173-190.
5. van Beest PA, Lont MC, Holman ND, Loef B, Kuiper MA, Boerma EC. Central venous-arterial pCO₂ difference as a tool in resuscitation of septic patients. *Intensive Care Med*. 2013;39(6):1034–9.
6. Maurizio Cecconi, Daniel De Backer, Massimo Antonelli, Richard Beale, Jan Bakker, Christoph Hofer, Roman Jaeschke, Alexandre Mebazaa, Michael R. Pinsky, Jean Louis Teboul, Jean Louis Vincent, Andrew Rhodes. Consensus on circulatory shock and hemodynamic monitoring. Task force of the European Society of Intensive Care Medicine. *Intensive Care Med* (2014) 40:1795–1815.
7. Paul E. Marik. Noninvasive Cardiac Output Monitors: A State-of the-Art Review. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*, Vol 27, No 1 (February), 2013: 121-134.
8. Bernd Saugel, Moritz Flick, Karim Bendjelid, Lester A. H. Critchley, Simon T. Vistisen, Thomas W. L. Scheeren. Journal of clinical monitoring and computing end of year summary 2018: hemodynamic monitoring and management. *Journal of Clinical Monitoring and Computing* (2019) 33:211–222.
9. Pierre Squara, Dominique Denjean, Philippe Estagnasie, Alain Brusset, JeanClaude Dib and Claude Dubois. Noninvasive cardiac output monitoring (NICOM): a clinical validation. *Intensive Care Med* (2007) 33:1191– 4.
10. Sakka SG. Hemodynamic monitoring in the critically ill patient – current status and perspective. *Frontiers in Medicine*. 2015, Vol 2, Article 44.

11. Hanan Keren,¹ Daniel Burkhoff,² and Pierre Squara, et al. Evaluation of a noninvasive continuous cardiac output monitoring system based on thoracic bioimpedance. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 293: H583–H589, 2007. DOI :10.1152/ajpheart.00195.2007.
12. L. J. Montenij, W. F. Buhre, J. R. Jansen, C. L. Kruitwagen and E. E. De Waal. Methodology of method comparison studies evaluating the validity of cardiac output monitors: a stepwise approach and checklist. *British Journal of Anaesthesia*, 116 (6): 750–8 (2016).
13. Jeff Kobe, Nitasha Mishra, Virendra K Arya, Waiel Al-Moustadi, Wayne Nates, Bhupesh Kumar. Cardiac Output Monitoring: Technology and Choice. *Annals of Cardiac Anaesthesia*, Volume 22, Issue 1, January-March 2019: 6 – 17.
14. Nirav Y. Raval, MD, Pierre Squara, MD, Michael Cleman, MD, et al. Multicenter evaluation of noninvasive cardiac output measurement by bioimpedance technique. *Journal of Clinical Monitoring and Computing* (2008) 22:113–119. DOI: 10.1007/s10877-008-9112-5
15. Monica Rocco, Gustavo Spadetta, Andrea Morelli, et al. A comparative evaluation of thermodilution and partial CO₂ rebreathing techniques for cardiac output assessment in critically ill patients during assisted ventilation, *Intensive Care Med* (2004) 30:82–87. DOI 10.1007/s00134-003-2069-4.
16. Jacquet-Lagrèze, Florent Baudin, Jean Stéphane David et al. End-tidal carbon dioxide variation after a 100- and a 500-ml fluid challenge to assess fluid responsiveness *Ann. Intensive Care* (2016) 6:37 DOI: 10.1186/s13613-016-0141-9.
17. Philip J. Peyton¹, Mats Wallin, Magnus Hallbäck, New generation continuous cardiac output monitoring from carbon dioxide elimination, *BMC Anesthesiology* (2019) 19:28. DOI: 10.1186/s12871-019-0699-5.
18. A. Doherty, A. EL-Khuffash, C. Monteith, et al. Comparison of bioimpedance and echocardiographic non-invasive cardiac output monitoring and myocardial function assessment in primigravida women. *British Journal of Anaesthesia*, 118 (4): 527–32 (2017) DOI: 10.1093/bja/aex045.
19. E. Kuperszych-Hagege, J.-L. Teboul, A. Artigas, et al. Bioimpedance is not reliable for estimating cardiac output and the effects of passive leg raising in critically ill patients. *British Journal of Anaesthesia* 111 (6): 961–6 (2013) Advance Access publication 28 August 2013 . doi:10.1093/bja/aet282.
20. A. Joosten¹, O. Desebbe, K. Suehiro, et al. Accuracy and precision of non-invasive cardiac output monitoring devices in perioperative medicine: a systematic review and meta-analysis. *British Journal of Anaesthesia*, 118 (3): 298–310 (2017). DOI: 10.1093/bja/aew461.

21. Sara Verscheure, Paul B. Massion, Franck Verschuren, Pierre Damas and Sheldon Magder. Volumetric capnography: lessons from the past and current clinical applications. *Critical Care* (2016) 20:184.
22. Ospina-Tascon GA, Cordioli RL, Vincent JL. What type of monitoring has been shown to improve outcomes in acutely ill patients? *Intensive Care Med* (2008) 34:800–20. doi:10.1007/s00134-007-0967-6
23. D. McGregor, S. Sharma, S. Gupta, S. Ahmad, T. Godec and Tim Harris. Emergency department non-invasive cardiac output study (EDNICO): a feasibility and repeatability study. *Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine* (2019) 27:30.
24. Xiaobo Yang and Bin Du. Does pulse pressure variation predict fluid responsiveness in critically ill patients? A systematic review and meta-analysis. *Critical Care* 2014, 18:650.
25. Jean-Louis Vincent. Assessing the Adequacy of Cardiac Output. En: Michael R. Pinsky, Jean-Louis Teboul, Jean-Louis Vincent Editors. *Hemodynamic Monitoring*. European Society of Intensive Care Medicine 2019. Pag: 21-26.