



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

THE AMERICAN BRITISH COWDRAY

MEDICAL CENTER I.A.P.

**“LA PRESION MEDIA DE LLENADO SISTEMICO ANALOGA
PREDICE LA RESPUESTA A RETO DE LIQUIDOS EN PACIENTES
POSTOPERADOS DE CIRUGIA CARDIACA”**

TESIS DE POSGRADO PROPUESTA PARA OBTENER

EL TITULO DE ESPECIALISTA EN

“MEDICINA DEL ENFERMO EN ESTADO CRÍTICO”

PRESENTA: DR. CRISTOBAL MENESES OLGUIN.

TUTORES PRINCIPALES:

DR. JUVENAL FRANCO GRANILLO

DR. ENRIQUE MONARES ZEPEDA

DR. MANUEL POBLANO MORALES



MEXICO D.F. OCTUBRE DEL 2013



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.

DR. JUVENAL FRANCO GRANILLO

Jefe del Departamento de Medicina Crítica

The ABC Medical Center

Profesor Titular del curso de Especialización

Medicina del Enfermo en Estado Crítico

División de Estudios de Postgrado

Facultad de Medicina U. N. A. M.

DR. JOSE HALABE CHEREM

Jefe del Departamento de Enseñanza e Investigación

The ABC Medical Center

División de Estudios de Postgrado

Facultad de Medicina U. N. A. M.

DRA. JANET AGUIRRE SANCHEZ

Profesor adjunto del curso de Medicina del Enfermo en Estado Crítico

Subjefe del Departamento de Medicina Crítica “Dr. Mario Shapiro”

The ABC Medical Center

Profesor adjunto del curso de Especialización

Medicina del Enfermo en Estado Crítico

División de Estudios de Postgrado

Facultad de Medicina U. N. A. M.

DR. GILBERTO CAMARENA ALEJO

Profesor adjunto del curso de Medicina del Enfermo en Estado Crítico

Subjefe del Departamento de Medicina Crítica “Dr. Mario Shapiro” campus Santa Fe

The ABC Medical Center

División de Estudios de Postgrado

Facultad de Medicina U. N. A. M.

DR. ENRIQUE MONARES ZEPEDA

Médico Adscrito al Departamento de Medicina Critica

The ABC Medical Center

Asesor de Tesis

DR. MANUEL POBLANO MORALES

Médico Adscrito al Departamento de Medicina Critica

The ABC Medical Center

Asesor de Tesis

DR. CRISTOBAL MENESES OLGUIN

Médico Residente del Departamento de Medicina Crítica “Dr. Mario Shapiro”

The American British Cowdray Medical Center I.A.P

AGRADECIMIENTOS:

INDICE

Titulo	7
Investigador principal	7
Resumen	7
Antecedentes	9
Marco teórico	11
Justificación	18
Pregunta de investigación	19
Objetivos primario y secundario	19
Hipótesis	19
Clasificación de la Investigación	20
Material y métodos	21
Criterios de Inclusión, exclusión y eliminación	21
Universo de estudio	22
Metodología	23
VARIABLES del estudio	24
Hoja de recolección de información	30
Análisis estadístico e interpretación de los datos.	31
Consideraciones Éticas	32
Cronograma de actividades	33
Resultados	34
Discusión	39
Conclusiones	42
Referencias bibliográficas	43

**TITULO: LA PRESION MEDIA DE LLENADO SISTEMICO
ANALOGA PREDICE LA RESPUESTA A RETO DE LIQUIDOS EN
PACIENTES POSTOPERADOS DE CIRUGIA CARDIACA**

INVESTIGADORES RESPONSABLES

Dr. Cristóbal Meneses Olguín.

Dr. Enrique Monares Zepeda.

Dr. Manuel Poblano Morales.

RESUMEN

La presión media de llenado sistémico, es el mejor método para evaluar la respuesta a estado de volumen y control circulatorio. De acuerdo a principios fisiológicos, es el método ideal para predecir la respuesta a reto de líquidos ya que es la presión de equilibrio del aparato circulatorio, cuando existe ausencia de flujo sanguíneo por lo que es directamente proporcional al volumen intravascular. Recientemente la presión media de llenado sistémico puede ser medida en la cabecera del paciente.

El objetivo del estudio es evaluar la utilidad de la medición de presión media de llenado sistémico por el método análogo como herramienta para predecir la respuesta a un reto de líquidos en pacientes postoperados de cirugía cardiorácica.

Del 01 de enero de 2011 al 14 julio de 2013, se registraron 28 pacientes que ingresaron a la unidad de terapia intensiva Dr. Mario Shapiro. con diagnóstico de postoperados de cirugía cardiotorácica, se realizaron mediciones a través de catéter de termodilución de la arteria pulmonar (Swan Ganz) para gasto cardiaco continuo/volumen diastólico final, Edwards Life Sciences para utilización con monitor Vigilance II, para el monitoreo hemodinámico, se realizaron mediciones de gasto cardiaco (GC), Presión venosa central (PVC), presión arterial media (PAM), presión de oclusión de la arteria pulmonar (POAP), volumen diastólico final del ventrículo derecho (IVDF), aporte de oxígeno (DO₂), consumo de oxígeno (VO₂), antes y después de realizar el reto de líquidos.

El reto de líquidos se realizó hasta obtener un incremento de Presión venosa central de 2mmHg y se consideró a los pacientes como respondedores cuando incrementaban un 20% su gasto cardiaco (GC) otra forma de evaluar la respuesta fue un aumento del 20% en el consumo de oxígeno (VO₂).

Se realizaron mediciones en un total de 28 pacientes de los cuales 15 (46.5%) fueron respondedores, 13 (53.5%) fueron no respondedores, siendo la única diferencia estadísticamente significativa presión media de llenado sistémico análoga.

PALABRAS CLAVE.

Presión media de llenado sistémico análoga, postoperados cirugía cardiotorácica, presión aurícula derecha, gasto cardiaco, retorno venoso.

ANTECEDENTES.

Los estudios de Frank Starling, demostraron que un adecuado control de la precarga (volemia), mejora el volumen de eyección y como consecuencia incrementa el gasto cardiaco (Mecanismo de Frank-Starling) ⁽¹⁾.

El adecuado control de la volemia, constituye la meta terapéutica más importante y la primera que debe ser optimizada en terapia intensiva. Sobre todo en pacientes postoperados de cirugía cardiotorácica. Por otro lado la sobrecarga de volumen puede deteriorar la hemodinámica en pacientes admitidos a unidades de terapia intensiva e incluso se ha demostrado incremento de la mortalidad ⁽²⁾, por lo que el manejo de volumen debe de ser prioritario, rápido y adecuado ⁽³⁾.

Durante la evolución de la terapia intensiva, se han utilizado diversos parámetros de medición hemodinámica; El primer parámetro propuesto fue la presión venosa central (PVC) como subrogado de la presión de la aurícula derecha en 1960. El empleo de la presión venosa central como parámetro hemodinámico de respuesta a líquidos ha demostrado en estudios recientes, pobre correlación entre los pacientes que pueden responder al reto de líquidos para optimizar su estado hemodinámico, por lo que no debe de ser una práctica en abandono ⁽³⁾.

Posteriormente entre 1970 y 1980 con el desarrollo del catéter en la arteria pulmonar se consideró la presión de oclusión de arteria pulmonar (POAP) como el parámetro hemodinámico más representativo del estado de volemia sin embargo la presión de arteria pulmonar no fue útil para predecir la respuesta de volumen debido a diversos factores de confusión e interpretación de mediciones. Desde 1980 otros estudios consideraron el volumen global diastólico final por medio de la tecnología PiCCo como un mejor parámetro de evaluación de precarga si bien estos valores no son de utilidad cuando la fracción de eyección global se encuentra disminuida (4).

Los parámetros hemodinámicos dinámicos como el análisis de variación de volúmenes sistólicos (VVS), o variación de presión de pulso (VPP), son métodos más efectivos para la predicción de respuesta a volumen (5,6). Sin embargo estos métodos requieren de condiciones específicas para su medición y en la práctica clínica de terapia intensiva así como la implementación de protocolos de sedación y estrategias para reducir días de ventilación mecánica, ocasiona que la cantidad de pacientes que cumplan las condiciones para su medición sea limitada(7), así como los resultados de medición pueden ser equívocos, ocasionando errores en la interpretación de los datos y mal empleo de líquidos, vasopresores e inotrópicos.

La presión media de llenado sistémico (Pms), de acuerdo a principios fisiológicos se puede considerar como el método ideal para evaluar el estado de volemia intravascular y por ende para predecir respuesta a un reto de líquidos (8).

MARCO TEÓRICO

A finales del siglo XIX Bayliss y Starling, describieron la función y el control de la circulación venosa, a través de estudios realizados en modelos caninos, a los que se les realizaba simpatectomía y posteriormente se inducía paro cardíaco previa canulación de vena femoral, arteria femoral, vena porta, vena cava inferior y aorta, se observó que las presiones rápidamente se equilibraban y denominaron a ello “*presión media de llenado sistémico (Pms)*”⁽⁸⁾.

Starr⁽⁹⁾, demostró que la presión media de llenado sistémico era el principal determinante para el retorno venoso (RV), realizando mediciones mediante la inserción de una aguja en una vena mayor y posterior a 30 minutos después del paro cardíaco, encontró valores de Pms mayores en pacientes que fallecían por insuficiencia cardíaca, comparado con aquellos que morían por otras causas. Concluyendo que los pacientes con insuficiencia cardíaca, los mecanismos compensatorios, incrementaban los valores de la Pms.

La presión media de llenado sistémico se define como la presión generada por el volumen efectivo (volumen con estrés) que es ejercida sobre el sistema vascular⁽¹⁰⁾. Por lo tanto la Psm depende de las condiciones de volumen y la distensibilidad del circuito circulatorio. Por lo que se define hipotéticamente como “*la presión que se ejerce en el sistema vascular sistémico en ausencia de flujo sanguíneo*”⁽¹¹⁾, se considera el valor normal en humanos de 7 mmHg⁽¹²⁾ y fue descrita desde 1894 por Bayliss⁽⁸⁾. Sin embargo las

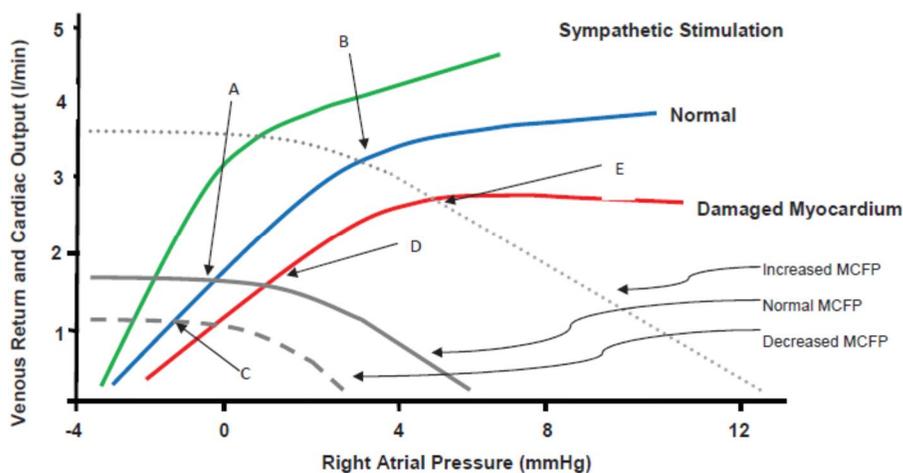
condiciones de ausencia de flujo requeridas para su medición ocasionaron que su uso no fuera generalizado.

Schipke et al ⁽¹³⁾, demostró en pacientes durante fibrilación ventricular, niveles mayores de Psm de 13.5 mmHg, los cuales son niveles 2 veces mayores a los normales y pueden relacionarse a condiciones de hipervolemia secundario a insuficiencia cardiaca crónica.

Recientemente Geerts et al. ⁽⁷⁾ estudio tres métodos para la medición de la Psm, uno de ellos emplea fórmulas para hacer un cálculo sin la necesidad de realizar intervenciones en el paciente críticamente enfermo más que las comúnmente realizadas para su monitoreo como: presión venosa central, presión arterial media (PAM) y el gasto cardiaco (GC) este último incluso de forma mínimamente invasiva ⁽⁷⁾.

Guyton ⁽¹⁾ demostró la relación entre cambios graduales en la presión de la aurícula derecha (Pad) y cambios en el retorno venoso, el cual está determinado por el volumen sanguíneo, tono vasomotor y la distribución del flujo sanguíneo; Por lo que el nivel de precarga y la probabilidad de respuesta a líquidos no son directamente proporcionales con los cambios en el gasto cardiaco. Un paciente puede no mejorar su gasto cardiaco después de una carga de líquidos debido al punto en que se encuentre en la curva de retorno venoso y la curva de función cardiaca por lo que en palabras del **Dr. Pinsky “Precarga no es respuesta a precarga”**.

Este fenómeno se explica con la relación entre la curva de retorno venoso y la función cardiaca (GC). Asumiendo una función cardiaca normal y en presencia de un resistor de Starling, el incremento de la PVC puede mejorar la función cardiaca hasta un punto en el cual el incremento de PVC no mejore el GC, por otra parte en situaciones como deterioro de función cardiaca el mismo incremento en nivel de la PVC mejorara en menor grado GC y por lo tanto el retorno venoso. En ausencia de un resistor de Starling este modelo no es cierto (14).



El retorno venoso está determinado por la presión sistémica media, la presión de la aurícula derecha y la resistencia al flujo venoso (12):

$$[\text{Retorno venoso (Rv)}] = Pms - Pad / \text{resistencia al retorno venoso} \quad (12).$$

La presión de la aurícula derecha ⁽³⁾ no refleja de forma fidedigna la volemia, ya que su valor no depende solamente del llenado, depende de la interacción de 3 factores en forma de índice que son el volumen con estrés de la aurícula derecha (V_{rae}), la Distensibilidad (C_{ra}) de la aurícula derecha y la función ventricular derecha ⁽¹²⁾.

$$PVC = V_{rae} / C_{ra} + P_x$$

$$V_{rae} = V_{ra} - V_{rao}$$

V_{ra} = Volumen total aurícula derecha

V_{rao} = Volumen sin estrés aurícula derecha

C_{ra} = Distensibilidad de la aurícula derecha

P_x = Presión externa a la aurícula derecha

$$V_{ra} = \int (F_{rai} - F_{rao}) dt$$

F_{rai} flujo dentro de la Aurícula derecha, retorno venoso

F_{rao} flujo dentro del ventrículo derecho.

$$PVC = [\int (F_{rai} - F_{rao}) dt - V_{rao}] / C_{ra} + P_x$$

Por lo que el valor de la presión de la aurícula derecha depende de factores ajenos al retorno venoso y por ello no es un método que refleje de forma precisa la precarga ya que no es un indicador independiente de estado de volumen. En un análisis fisiológico la presión venosa central únicamente refleja el estado de volemia en condiciones de paro cardiopulmonar ⁽¹²⁾.

Resistencia al retorno venoso ⁽¹²⁾ es definida por el promedio del contenido circulatorio en retorno al corazón. Este contenido incluye al de las arterias y las venas. La resistencia al retorno venoso está influenciada por las resistencias venosas y arteriales y su disposición volumétrica en relación sus distensibilidades ⁽¹²⁾.

En un modelo de circulación sistémica, donde las capacitancias venosas y arteriales están dispuestas en relación con sus resistencias. Un incremento en la resistencia arterial va a secuestrar volumen sanguíneo en el sistema arterial de baja distensibilidad, elevando la PAM y por lo tanto disminuyendo el gasto cardiaco y la PVC. En contraste un aumento en la resistencia venosa va a secuestrar volumen sanguíneo en el sistema venoso de alta distensibilidad, como consecuencia la PVC y el gasto cardiaco pueden caer. La PAM descenderá tanto como el flujo a través de que la resistencia arterial descienda ⁽¹⁵⁾.

Un incremento de la resistencia del sistema venosa se acompaña de la caída de la presión sanguínea, gasto cardiaco y PVC los cuales son cambios indistinguibles de hipovolemia. Así como la caída de la Pms ⁽¹⁵⁾.

Debido a que estos dos estados coexisten clínicamente: la hipovolemia y la venoconstricción refleja que causan disminución en el diámetro venoso, y teóricamente puede ser demostrado que para cualquier valor de resistencias venosas hay circulación con la misma presión sanguínea, gasto cardiaco y PVC debido al cambio de la Pms ⁽¹⁵⁾.

Los factores que modifican la resistencia al flujo venoso son: *el incremento en el tono vascular, viscosidad y la redistribución del flujo*, de estos la venoconstricción causa un mínimo incremento en la resistencia al flujo venoso, siendo el principal mecanismo la redistribución de la sangre entre diferentes lechos vasculares.

La presión media de llenado sistémico (Pms), es una medición que refleja el volumen efectivo, llamado volumen circulante sanguíneo efectivo que es teóricamente independiente de la función cardíaca.

Parkin ⁽¹²⁾, demostró y validó un método para la medición en forma análoga de la Pms sin la necesidad de inducir paro cardíaco, obteniendo la Pmsa de las variables: PVC, PAM, Gasto cardíaco y medidas antropométricas ⁽¹²⁾.

A este método lo llamo Presión media sistémica análoga (Pmsa) ⁽¹²⁾.

$$P_{msa} = PVC * (X/1+X) + PAM (1+X)/X + GC * R_v * X/(1+X)$$

Obteniendo en forma simplificada la ecuación.

$$P_{msa} = aPVC + bMAP + cCO$$

Dónde:

$$a = 0.96$$

$$b = 0.04$$

$$c = 0.96 \times 1/26 \text{ RVS en reposo, mmHg/L/min.}$$

Donde las constantes “a” y “b” son adimensionales y expresan la relación de las resistencias venosas y arteriales ⁽¹⁵⁾.

La constante “c” tiene la dimensión de resistencia y es determinada por las variables antropométricas (peso, talla y edad) en relación con un gasto cardíaco y resistencias vasculares normales ⁽¹⁵⁾.

La relación entre las resistencias arteriales y venosas asumida como normal es de 24:1, y se obtiene $1/24 = 0.04$ que deriva la constante “a” y el valor de la constante y “b” se obtiene de obtener la unidad $1 - 0.04 = 0.96$.

Por lo tanto el valor de resistencia venosa es $1/26$ de la resistencia venosa sistémica, si la presión arterial media en reposo es de 100 mmHg, la relación de la distensibilidad venoarterial es de 24:1 y la presión sistémica media es de 7.5 ⁽¹⁵⁾. Donde R_v son las resistencias venosas y x es la relación entre las distensibilidades venoarteriales que se asumen es de 25:1 ⁽¹⁵⁾.

La constante “c” varía típicamente entre 0.3 para pacientes jovenes y altos, a 1.2 para pacientes ancianos y pequeños. Para un paciente joven normal el valor promedio es de 0.5 ⁽¹⁵⁾.

$$C = 0.038 (94.17 + 0.193 \times \text{edad}/4.5(0.99^{\text{edad}-15}) 0.007184 (\text{estatura}^{0.725}) (\text{peso}^{0.425})$$

⁽¹⁶⁾

Por lo tanto la presión sistémica media análoga refleja los cambios globales de circulación entre volumen sanguíneo, distensibilidad arterial y venosa, resistencia venosa como cambios en el volumen efectivo intravascular.

JUSTIFICACIÓN:

Debido a que las variables estáticas no han demostrado su utilidad para diferenciar a los pacientes que pueden mejorar su gasto cardiaco con reto de líquidos y las dinámicas tienen serias limitaciones para su uso, es necesario encontrar un parámetro adecuado para diferenciar los pacientes que pueden ser beneficiados con incremento del gasto cardiaco con un reto de líquidos.

La presión media de llenado sistémico debido a que refleja el volumen circulante efectivo en forma independiente de la función cardiaca, es una herramienta útil para guiar la reanimación hídrica evitando la subreanimación y la mortalidad por sobrecarga de volumen.

Esta herramienta debe ser usada para guiar reanimación en pacientes postoperados de cirugía cardiotorácica para predecir la respuesta al reto de líquidos.

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿La presión media de llenado sistémico análoga puede predecir la respuesta al reto de líquidos en los pacientes postoperados de cirugía cardíaca?

OBJETIVOS

PRIMARIO

Evaluar la presión media de llenado sistémico análoga, como herramienta para predecir respuesta a reto de líquidos en pacientes postoperados de cirugía cardíaca mediante incremento del gasto cardíaco.

SECUNDARIOS

Evaluar si la presión media de llenado sistémico análoga predice aumento de consumo de oxígeno con el reto de líquidos.

HIPOTESIS.

HIPÓTESIS ALTERNA

La presión media sistémica análoga, es útil para guiar la respuesta a líquidos en pacientes postoperados de cirugía cardíaca.

H0. HIPÓTESIS NULA.

La presión media de llenado sistémico análoga, no es útil para guiar la respuesta a líquidos en pacientes postoperados de cirugía cardíaca.

CLASIFICACION DE LA INVESTIGACION

DISEÑO DEL ESTUDIO.

TIPO DE ESTUDIO: Prospectivo, observacional.

POBLACION DE ESTUDIO: Pacientes ingresados a terapia intensiva postoperados de cirugía cardíaca, de la unidad de terapia intensiva Dr. Mario Shapiro, del centro médico ABC.

PERIODO DEL ESTUDIO: Del 01 de marzo de 2011 al 14 de julio de 2013.

MUESTREO: Prospectivo, longitudinal.

MATERIAL Y MÉTODOS

CRITERIOS DE INCLUSION.

- Pacientes mayores de 18 años.
- Postoperados de cirugía cardíaca.
- Acepten consentimiento informado.
- Pronostico de vida mayor de 24 horas.

CRITERIOS DE EXCLUSION.

- Pacientes menores de 18 años.
- Embarazadas.
- Pacientes o familiares que no acepten el protocolo.

CRITERIOS DE ELIMINACION.

- Perdida de obtención de datos.
- Inestabilidad hemodinámica que requiera abandonar el protocolo de estudio.
- No se realice el protocolo de reanimación.

UNIVERSO Y MUESTRA DEL ESTUDIO

Estudio realizado en el Departamento de Medicina Crítica “Dr. Mario Shapiro” del Centro Médico ABC postoperados de cirugía cardiotorácica en el periodo del 01 de enero de 2011 al 14 julio de 2013, que contaron con catéter de arteria pulmonar para monitoreo hemodinámico.

En todos los pacientes se determinaron diversos parámetros hemodinámicos a través de la colocación de catéter de arterial pulmonar con monitoreo continuo de la Saturación venosa mixta (SvcO₂) a través del monitoreo con Vigilance II (modelo 774HF75-7.5F, Edwards Lifesciences).

Dentro de estos parámetros se reportaron: saturación venosa mixta (SvcO₂), Gasto cardiaco (GC), Índice cardiaco (IC), presión venosa central (PVC), índice de volumen diastólico final del ventrículo derecho (IVDFVD), presión de oclusión de la arteria pulmonar (POAP), frecuencia cardiaca (FC), resistencias vasculares sistémicas (RVS), presión media de llenado sistémico análoga (P_{msa}), además de otros parámetros demográficos y bioquímicos como niveles de Hemoglobina (Hb), lactato, creatinina; Se determinó la escala Euroscore (escala de gravedad en cirugía cardiaca), dosis de vasoactivos (norepinefrina, vasopresina), inotrópicos (Dobutamina).

La presión sistémica media de llenado análoga fue obtenida por ⁽¹⁵⁾:

$$P_{msa} = \alpha PVC + \beta MAP + \gamma CO$$

Dónde:

$$\alpha = 0.96$$

$$\beta = 0.04$$

$$\gamma = 0.96 \times 1/26 \text{ RVS en reposo, (mmHg/L/min)}$$

GRUPO DE ESTUDIO

Pacientes que ingresaron postoperados de cirugía cardiotorácica en el periodo del 01 de enero de 2011 al 14 de julio 2013 en los que fue posible llevar a cabo monitoreo hemodinámico con catéter de termodilución de la arteria pulmonar a través del monitoreo con Vigilance II.

METODOLOGÍA DEL ESTUDIO.

1. Se midieron datos basales, como género, edad. Se calculó escalas pronosticas como Euroscore.
2. Los pacientes que requirieron liquido de acuerdo al criterio del médico intensivista, y antes de realizar cambios en las dosis de vasoactivos e inotrópicos, se les midió: GC continuo, PVC, PAM. Se calculó VO₂ Y DO₂.
3. Se calculó la presión sistémica media análoga de acuerdo a la fórmula propuesta de Parkin ⁽¹⁵⁾.
4. El líquido se administró mediante bomba de infusión Braun Infusomat® fmS a una velocidad de 999 ml/hr, mediante solución de albumina al 2.5%, hasta incrementar 2 mmHg la presión venosa central de su basal, posterior a ello se realizaron mediciones de gasto cardiaco y nuevamente se calculó la presión media de llenado sistémico análoga.
5. Se consideró un reto de líquidos exitoso cuando se incrementó el gasto cardiaco o un VO₂ un 20% del basal.
6. Se formaron dos grupos:
 - a. Respondedor a volumen
 - b. No Respondedor a volumen
7. Se realizó análisis estadístico.

VARIABLES DEL ESTUDIO:

Edad

Conceptual: Definida como el período de tiempo transcurrido desde el nacimiento, se expresa en años.

Operacional: Edad de un individuo expresada en años.

Tipo de variable: Cuantitativa

Categoría: Nominal

Escala de Medición: Años

Genero

Conceptual: Clasificación en hombre o mujer basada en criterios, como las características anatómicas y cromosómicas.

Operacional: Se define como género masculino o femenino.

Tipo de variable: Cualitativa

Categoría: Nominal

Escala de Medición: Género (masculino/femenino).

Presión Arterial

Conceptual: Fuerza hidrostática que ejerce la sangre sobre las paredes arteriales.

Operacional: Se registraron los valores de la hoja de enfermería.

Tipo de variable: Cuantitativa

Categoría: Ordinal

Escala de Medición: Milímetros de mercurio (mmHg)

Presión Arterial Media

Conceptual: Presión promedio en un ciclo cardiaco.

Operacional: Calculo registrado en las hojas de registro de enfermería.

Tipo de variable: Cuantitativa

Categoría: Ordinal

Escala de Medición: Milímetros de mercurio (mmHg)

Presión Venosa Central

Conceptual: Presión que se genera en la aurícula derecha como efecto del retorno venoso y de la función del ventrículo derecho.

Operacional: Registro de las hojas de registro de enfermería.

Tipo de variable: Cuantitativa

Categoría: Ordinal

Escala de Medición: Milímetros de mercurio (mmHg)

Gasto Cardíaco

Conceptual: Cantidad de sangre que bombea el corazón en un minuto, dependiente de la frecuencia cardíaca, contractibilidad, precarga y postcarga.

Operacional: Registro de Gasto Cardíaco en las hojas de registro de enfermería tomado a través monitor Vigilance II (modelo 774HF75-7.5F, Edwards Lifesciences).

Tipo de variable: Cuantitativa

Categoría: Ordinal

Escala de Medición: Litros por minuto (L/min)

SATURACIÓN VENOSA MIXTA DE O₂

Conceptual: Porcentaje de oxígeno residual que llega al corazón luego de la extracción titular, es medida a través de la extracción de muestra a través de un catéter colocado en la arteria pulmonar.

Operacional: Valor registrado a través de gasometría venosa central.

Tipo de variable: Cuantitativa

Categoría: Ordinal

Escala de Medición: Porcentaje

PRESIÓN SISTÉMICA MEDIA ANÁLOGA

Conceptual: Presión en los vasos sanguíneos determinada por el volumen sin estrés que equivale a la presión generada por la sangre sobre los vasos sanguíneos en ausencia de flujo sanguíneo.

Operacional: Resulta de la formula

$$P_{sma} = aPAD + bPAM + cGC$$

$$a = 0.96$$

$$b = 0.04$$

$$c = 0.96 \times 1/26 \text{ RVS en reposo (mmHg/L/min)}$$

Tipo de variable: Cuantitativa

Categoría: Ordinal

Escala de Medición: Milímetros de mercurio (mmHg)

LACTATO

Conceptual: Metabolito intermedio en el catabolismo de las moléculas de glucosa en condiciones anaerobias, producido al aumentar la concentración de ácido pirúvico en el citoplasma de las células.

Operacional: Valor registrado en la gasometría arterial.

Tipo de variable: Cuantitativa

Categoría: Ordinal

Escala de Medición: Milimoles / litro

RESISTENCIAS VASCULARES SISTÉMICAS

Conceptual: Cálculo de la relación entre la diferencia de la presión arterial media y la presión venosa central y el gasto cardiaco.

Operacional: Se calcula a través de la siguiente fórmula:

$$RVS = (PAM - PVC) / GC$$

PAM=Presión arterial media

PVC=Presión venosa central

GC=Gasto cardiaco

Tipo de variable: Cuantitativa

Categoría: Ordinal

Escala de Medición: Milímetros de mercurio/minuto/litro (mmHg/min/L)

EUROSCORE

Conceptual: Escala de riesgo que permite el cálculo de muerte en pacientes sometidos a cirugía cardiaca.

Operacional: Valor numérico obtenido de la aplicación de la escala Euroscore para identificar riesgo de muerte en cirugía cardiaca.

Tipo de variable: Cuantitativa.

Categoría: Ordinal.

Escala de medición: Numérica.

APORTE DE OXÍGENO

Conceptual: Volumen de oxígeno aportado por la circulación hacia los tejidos periféricos por unidad de tiempo.

Operacional: Se calcula a través de la siguiente fórmula.

$$DO_2 = GC \times CaO_2 \times 10$$

DO₂= Aporte de oxígeno.

GC= Gasto cardiaco.

CaO₂= contenido arterial de oxígeno.

Tipo de variable: Cuantitativa.

Categoría: Ordinal.

Escala de medición: Litros/minuto.

CONSUMO DE OXÍGENO

Conceptual: Volumen de oxígeno consumido por los tejidos periféricos por unidad de tiempo.

Operacional: Se calcula a través de la siguiente fórmula.

$$VO_2 = GC \times D_{av}O_2 \times 10$$

VO₂= Consumo de oxígeno.

GC= Gasto cardiaco.

D_{av}O₂= Diferencia arteriovenosa de oxígeno.

Tipo de variable: Cuantitativa.

Categoría: Ordinal.

Escala de medición: Litros/minuto.

HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Expediente:		
Genero	Femenino	Masculino
Edad:		
Quirúrgico:		
Euroscore		
VARIABLE	INGRESO	POSTERIOR A RETO DE LIQUIDOS
Frecuencia Cardiaca		
Presión Arterial (sistólica/diastólica)		
Presión Arterial Media		
Presión Venosa Central		
Gasto Cardiaco		
Saturación Venosa mixta de O ₂		
Lactato		
Presión sistémica media análoga		
Índice cardiaco		
Hemoglobina		
IVDFVD		
Presión oclusión de arteria pulmonar		
Aporte de oxigeno		
Consumo de oxigeno		
Norepinefrina Sí No	Dosis	
Dopamina Sí No	Dosis	
Dobutamina Sí No	Dosis	

ANÁLISIS ESTADÍSTICO E INTERPRETACION DE LOS DATOS

1. Las variables categóricas se expresaron en frecuencia y porcentaje [n, (%)].
2. Las variables numéricas como media y desviación estándar (M+/- DE)
3. La comparación entre grupos (entre pacientes respondedores y no respondedores) se realizó mediante prueba *t* de Student, para las variable numéricas.
4. Se buscaron los puntos de corte predictores de respuesta a volumen, construyendo curvas ROC, como predictivas.
5. Se consideró estadísticamente significativo el valor de *p* igual o menor a 0.05.
6. Para la realización del análisis se utilizó el paquete estadístico: SPSS V.18.

CONSIDERACIONES ETICAS

Por ser un estudio observacional en el cual solo se realizaron mediciones de los parámetros hemodinámicos en los pacientes de cirugía cardiotorácica.

Se obtuvo el consentimiento informado de ingreso al departamento de medicina crítica ‘‘Dr. Mario Shapiro.’’

Se obtuvo aprobación del comité de ética e investigación hospitalario local.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD	FECHA
Recolección de bibliografía	01 de marzo de 2011 al 01 de abril de 2011
Realización de protocolo	02 de abril de 2011 al 15 de abril de 2011
Presentación del protocolo ante el Comité de Ética local	Abril de 2011
Recolección de datos	01 de mayo de 2011 al 14 de julio de 2013
Análisis de resultados y estadística de los mismos	15 de julio al 19 de julio de 2013
Realización de Informe final	20 de julio al 31 de julio de 2013.
Entrega de Informe final	01 de agosto de 2013.

RESULTADOS

Se realizaron mediciones en 28 pacientes, las características demográficas basales son: 17 pacientes del sexo masculino (61%), media de edad 60 ± 9.5 años, Euroscore 10 ± 5 , la media de Pmsa basal fue de 20.5 ± 4.5 mmHg, la media del volumen infundido fue de $245 \pm 150-500$ ml posterior al reto de líquidos.

El gasto cardiaco basal fue de $4.3 \pm 2.2-6.0$ litros/minuto, la presión oclusión arteria pulmonar fue de $17 \pm 10-27$ mmHg, volumen diastólico final del ventrículo derecho 107 ± 31 ml, aporte de oxígeno (DO_2) 572 ± 129 ml/min, consumo de oxígeno (VO_2) 148 ± 48 ml/min (**tabla1**).

Edad (años)	60	DS ± 9.5
Euroscore (puntos)	10	DS ± 5
Presión arterial media (mmHg)	77.5	DS ± 10
PVC (mmHg)	14.5	DS ± 5
CO (L/min)	4.3	2.2–6.0
POAP (mmHg)	17	10–27
IVDFVD (ml)	107	DS ± 31
Pmsa (mmHg)	20.5	DS ± 4.5
Volumen infundido (ml)	245	150–500
DO_2 (ml/min/m_2)	572	DS ± 129
VO_2 (ml/min/m_2)	148	DS ± 48

Todos los datos se expresan en promedio \pm desviación estándar en la primera columna y rango en la segunda.

Dentro de las características basales de los pacientes entre respondedores y no respondedores de volumen se encuentran (tabla 2):

Tabla 2. Diferencia entre respondedores y no respondedores previo reto de líquidos.

	No respondedores n=15	No respondedores n=15	Valor de p
Edad (años)	67 ±11	66 ±8	0.823
Euroscore (puntos)	9.5 ±4	12 ±6	0.161
MAP (mmHg)	79 ±9.6	75 ±10	0.322
PVC (mmHg)	15 ±4.4	12 ±5.3	0.134
CO (L/min)	4.32 ±0.81	4.2 ±0.98	0.802
Pmsa (mmHg)	21.6 ±3.8	16.7 ±3.7	0.002
DO₂ (ml/min/2)	551 ±125	596 ±133	0.374
VO₂ (ml/min/m₂)	162 ±55	153 ±37	0.605

Todos los datos se expresan en promedio ± desviación estándar en la primera columna y rango en la segunda, Nivel de P tercera columna.

Donde la única diferencia estadísticamente significativa fue el valor de presión media sistémica análoga en el grupo respondedor de 16.7 ±3.7 mmHg vs 21.6 ±3.8 mmHg en el grupo no respondedor, con p=0.002, el resto de las variables estudiadas no presentaron resultados significativos.

Posterior al reto de líquidos y mediciones se obtuvieron 2 grupos 15 (53.5%) pacientes no respondedores y 13 (46.5%) respondedores.

Tabla 3. Diferencia entre respondedores y no respondedores posterior al reto de líquidos.

	No respondedores n=15	No respondedores n=15	Valor de p
Edad (años)	67 ±11	65 ± 8	0.81
Euroscore(puntos)	9.5 ±4	12 ± 5	0.15
MAP (mmHg)	80 ±9.6	73 ± 10	0.31
PVC (mmHg)	14.5 ±4.4	11.5± 5	0.15
CO (L/min)	4.5 (3-6)	4.5 (2.5 -5.5)	0.80
Pmsa (mmHg)	22.5 (11-25)	16.5(10.5-22.0)	0.002
Volumen infundido (ml)	250 (150-400)	250 (150- 500)	0.6
DO₂ (ml/min/ m₂)	534 ±125	617±133	0.002
VO₂ (ml/min/m₂)	146 ±45	167 ±37	0.052

Todos los datos se expresan en promedio ± desviación estándar en la primera columna y rango en la segunda.

Entre los pacientes no respondedores y respondedores en las variables analizadas fueron: Edad de 67 ±11 vs 65 ±8 años p=0.81, Euroscore 9.5 ±4 vs 12 ±5 p=0.15, PAM 80 ±9.5 vs 73±10 mmHg, p=0.31, PVC 14.5 ±4.4 vs 11.5±5 mmHg p= 0.15, Gasto cardiaco 4.5 (3-6) vs 4.5 (2.5-5.5) litros/minuto p=0.80, volumen de infusión 250 (150-400) vs 250 (150-500) ml, p=0.60, no presentaron diferencias estadísticamente significativas.

En cambio la presión sistémica media análoga en los pacientes no respondedores y respondedores fue de 22.5 (11-25) vs 16.5 (10.5-22) p=0.002, el aporte de oxígeno 534 ±125 vs 617 ±133 ml/min/m₂ p= 0.002 y el consumo de oxígeno 146 ±45 vs 167 ±37 ml/min/m₂ p=0.052, respectivamente los cuales fueron estadísticamente significativos.

El análisis de ROC de los pacientes respondedores al reto de líquidos por incremento de 20% del gasto cardiaco, mostro con un corte de presión media de llenado sistémico análoga menor a 20mmHg, una área de predicción de respuesta a volumen de 0.845, con una sensibilidad de 80 % y especificidad de 80% con $p=0.002$ y tuvieron un LR+ de 4 y LR- de 0.25 como lo muestra la curva de ROC (figura1) y tabla 4.

Figura 1.

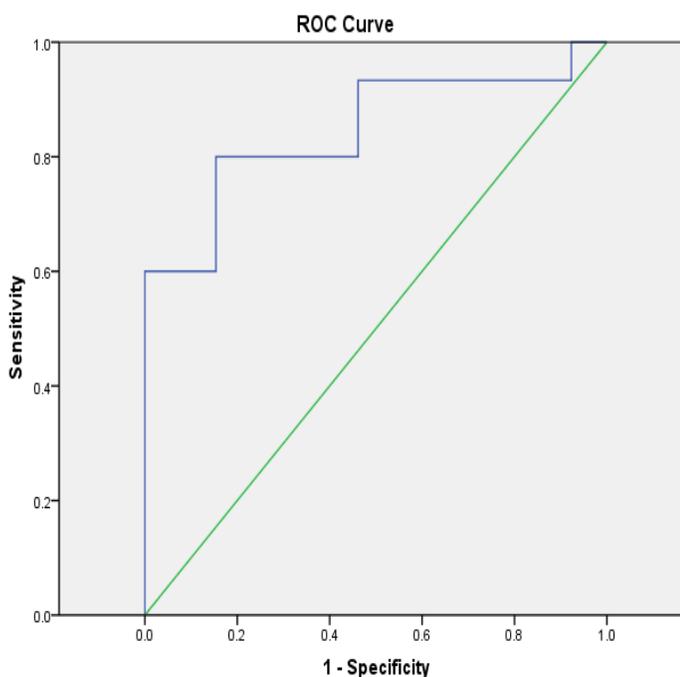


Tabla 4. Análisis ROC de Pmsa de los valores basales como predictor de incremento del 20% del gasto cardiaco posterior al reto de líquidos.								
	AUC	IC 95%	P	Sen %	Esp %	Cut-of	LR+	LR-
Pmsa	0.846	0.696-0.996	0.002	80	80	20 mmHg	4	0.25

El análisis de ROC de los pacientes respondedores al reto de líquidos por incremento de 20% del consumo de oxígeno, con un corte de presión media de llenado sistémico análogo menor a 19 mmHg, mostro una área de predicción de respuesta a volumen de 0.832, con una sensibilidad de 85 % y especificidad de 70% con $p=0.003$ y tuvieron un LR+ de 4 y LR- de 0.20 como lo muestra la curva de ROC (figura 2) y tabla 5

Figura 2.

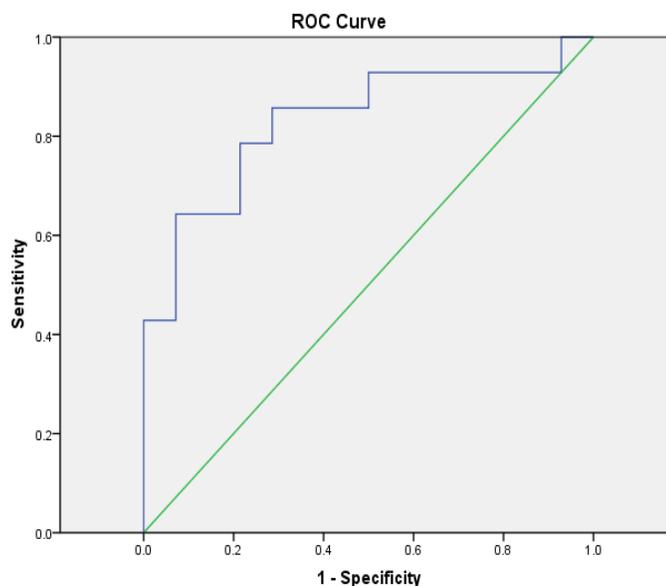


Tabla 5. Análisis ROC de Pmsa de los valores basales como predictor de incremento del 20% del consumo de oxígeno posterior al reto de líquidos.

	AUC	IC 95%	P	Sen %	Esp %	Cut-of	LR+	LR-
Pmsa	0.832	0.673-0.990	0.003	85	70	19 mmHg	4	0.20

DISCUSIÓN.

Este estudio confirma la utilidad del empleo de la Pmsa como herramienta para predicción al reto de líquidos para lograr incremento del gasto cardiaco a diferencia del empleo de otros parámetros estáticos como la PVC (11).

La realización de este estudio demuestra la utilidad de la Pmsa como predictor a incremento de gasto cardiaco y VO₂ con una adecuada sensibilidad por arriba de 80% y especificidad por arriba de 70% para ambos, con resultado significativo $p \Rightarrow 0.005$, lo que concuerda con el estudio de Maas et al (16): Donde comparo tres métodos diferentes de obtención de la presión media sistémica y en todos encontré que tienen correlación con incremento de gasto cardiaco.

Los resultados de nuestro estudio mostraron una ROC para predicción de incremento de gasto cardiaco de 0.846 con un nivel de corte de 20 mmHg, y una ROC 0.832 de predicción de incremento de VO₂ con nivel de corte de 19 mmHg los cuales concuerdan con los resultados de Geerts et al(7): en el cual posterior a la administración de líquido se comparó contra otros métodos de medición dinámicos, encontrando que la presión sistémica media tenía niveles superiores o iguales de predicción de incremento de gasto cardiaco. Dentro de las ventajas de este parámetro es el no requerir de condiciones especiales para su medición más que el monitoreo habitual de terapia intensiva, a pesar de ser métodos de medición diferentes con respecto al estudio de Geerts et al (7): La presión media sistémica análoga (16) correlaciona hacia la obtención de la misma tendencia.

Según el estudio de Ceconi et al (17), donde no se encuentra relación entre la presión media sistémica análoga y los pacientes que responden o no a líquidos y en cambio los resultados del gradiente al retorno venoso sí. Nosotros en nuestro estudio consideramos que probablemente las modificaciones metodológicas que se emplearon en nuestro estudio como incremento de la PVC 2 mmHg para valorar respuesta a volumen, contra un volumen de solución preestablecido, la estandarización de solución a infundir y el considerar un margen mayor de incremento del gasto cardiaco y consumo de oxígeno justifican la diferencia entre los resultados de los estudios.

Este método de respuesta a volumen presenta las ventajas sobre métodos dinámicos como VPP ya que no requiere de ventilación mecánica controlada, es independiente a ritmo cardiaco regular, y no presenta interacción con volúmenes corrientes ni nivel de PEEP(5,6).

La importancia de nuestros resultados favorece el empleo de la Pmsa como parámetro estático de medición para guiar la reanimación hídrica en pacientes postoperados de cirugía cardiotorácica. Por sus características fisiológicas podría ser el parámetro de volemia con estrés ideal y el que puede reflejar la respuesta a volumen intravascular (15).

Dentro de las limitaciones del estudio a considerar son el número de pacientes registrados, por lo que se debe realizarse en mayor número de pacientes, así como otros escenarios clínicos como choque séptico.

Se asumió que la capacidad y resistencia del sistema venoarterial permaneció fija, pero en otros escenarios donde existen cambios en la distensibilidad venoarterial los resultados pueden ser diferentes.

Nuestros resultados muestran que la presión médica sistémica análoga es una herramienta para discriminar a los pacientes que requieren de continuar la reanimación hídrica y los que pueden aun beneficiarse de aporte de volumen con un corte de 20 mmHg.

CONCLUSIONES

La presión media de llenado sistémico análoga (Pmsa) es una herramienta a la cabecera del paciente, efectiva, útil, sensible y específica para determinar pacientes respondedores a un reto de líquidos.

BIBLIOGRAFÍA

- 1- Guyton AC, Determination of cardiac output by equating venous return curves with cardiac response curves. *NEJM* 1955;35:123-129
- 2- Sadaka F, Juarez M, Naydenov S, et al: Fluid resuscitation in septic shock: The effect of increasing fluid balance on mortality. *J Intensive Care* 2013; 02:1-5
- 3- Marik PE, Cavallazzi R. Does the central venous pressure predict fluid responsiveness? An updated meta-analysis and a plea for some common sense. *Crit Care Med* 2013; 41:1774–1781
- 4- Trof RJ, Danad I, Wing-Lun Reilingh W, et al: Cardiac filling volumes versus pressures for predicting fluid responsiveness after cardiovascular surgery: the role of systolic cardiac function. *Crit Care* 2011; 5:R73
- 5- Cannesson M, Aboy M, Hofer CK. Pulse pressure variation: Where are we today? *J Clin Monit Comput* 2010 Feb; 25 (1): 45-56
- 6- De Baker D, Heenen S, Piagnerelli M, et al: Pulse pressure variations to predict fluid responsiveness: Influence of tidal volume. *Crit Care Med* 2005; 31:517-523
- 7- Geerts BF, Maas J, Wilde RP, et al: Arm occlusion pressure is a useful predictor of an increase in cardiac output after fluid loading following cardiac surgery. *Eur J Anaesthesiol* 2011; 28:802–806
- 8- Bayliss WM, Starling EH. Observations on venous pressures and their relationship to capillary pressures. *J Physiol* 1894; 16:159-318

- 9- Starr I. The role of the static blood pressure in abnormal increments of venous pressure, especially in heart failure. Part II; clinical and experimental studies. *Am J Med Sci* 1940; 199:40-55
- 10-Guyton AC, Jones C. Coleman T. Cardiac output and its regulation. In: *Circulatory physiology*. 2 ed Philadelphia: W.B. Saunders; 1973
- 11-Beard D, Feig EO. Understanding Guyton's venous return curves. *Ann J Physiol Heart Circ Physiol*. 2011;301:H629-H633
- 12-Parkin G. Leaning S. Therapeutic control of the circulation. *Journal of clinical monitoring and computing* 2008; 22:391-400
- 13-Magder S, de Varennes B. Clinical death and the measurement of stressed vascular volume. *Crit Care Med* 1998; 26:1061-1064
- 14-Henderson WR, Griesdale DE, Walley KR. Clinical review: Guyton-the role of mean circulatory filling pressure and right atrial pressure in controlling cardiac output. *Critical care* 2010; 14:1-6
- 15-Parkin WG. Volume estate control –A new approach. *Critical care and resuscitation* 1999; 1:311-321
- 16-Mass J, Pinsky MR, Geerts BF. Estimation of mean systemic filling pressure in postoperative cardiac surgery patients with tree methods. *Intensive care med* 2012 Sep; 38(9) :1452-60
- 17-Cecconi M, Aya HD, Geisen M. Changes in the median systemic filling pressure during a fluid challenge in postsurgical intensive care patients. *Intensive care med* 2013; 39: 1299-1305