



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL
UNIDAD MÉDICA DE ALTA ESPECIALIDAD
HOSPITAL GENERAL "DR. GAUDENCIO GONZALEZ GARZA"
CENTRO MÉDICO NACIONAL LA RAZA**

**PREDICTORES DE RESPUESTA A VOLÚMEN EN EL PACIENTE PEDIÁTRICO
EN ESTADO CRÍTICO**

R – 2016 – 3502 - 8

TESIS

**Para obtener el título de la especialidad en
MEDICINA CRÍTICA PEDIÁTRICA**

PRESENTA:

DR. JESÚS ELÍAS ESTRADA AYALA

COORDINADOR DE TESIS:

DR. ARTURO FERNÁNDEZ CELORIO



México, D.F. 2016



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.

PREDICTORES DE RESPUESTA A VOLÚMEN EN EL PACIENTE PEDIATRICO EN ESTADO CRÍTICO

DRA. LUZ ARCELIA CAMPOS NAVARRO

Directora de Educación e Investigación en Salud

Unidad Médica de Alta Especialidad Hospital General "Dr. Gaudencio González Garza"
Centro Médico Nacional LA RAZA

DR. ARTURO FERNÁNDEZ CELORIO

Profesor Titular del Curso de Especialidad en Medicina Crítica Pediátrica

Unidad Médica de Alta Especialidad Hospital General "Dr. Gaudencio González Garza"
Centro Médico Nacional LA RAZA

DR. ARTURO FERNÁNDEZ CELORIO

Profesor Titular del Curso de Especialidad en Medicina Crítica Pediátrica

Unidad Médica de Alta Especialidad Hospital General "Dr. Gaudencio González Garza"
Centro Médico Nacional LA RAZA
ASESOR DE TESIS

DRA. MARIA MAGDALENA RAMIREZ GONZALEZ

Profesor Adjunto del Curso de Especialidad en Medicina Crítica Pediátrica

Unidad Médica de Alta Especialidad Hospital General "Dr. Gaudencio González Garza"
Centro Médico Nacional LA RAZA

DR. JESUS ELIAS ESTRADA AYALA

Médico Residente de segundo grado de la especialidad en
Medicina Crítica Pediátrica



Dirección de Prestaciones Médicas
Unidad de Educación, Investigación y Políticas de Salud
Coordinación de Investigación en Salud



Dictamen de Autorizado

Comité Local de Investigación y Ética en Investigación en Salud **3502** con número de registro **13 CI 09 002 252** ante COFEPRIS
HOSPITAL GENERAL DR. GAUDENCIO GONZALEZ GARZA, CENTRO MEDICO NACIONAL LA RAZA, D.F. NORTE

FECHA **29/01/2016**

DR. ARTURO FERNANDEZ CELORIO

P R E S E N T E

Tengo el agrado de notificarle, que el protocolo de investigación con título:

PREDICTORES DE RESPUESTA A VOLÚMEN EN EL PACIENTE PEDIATRICO EN ESTADO CRÍTICO.

que sometió a consideración de este Comité Local de Investigación y Ética en Investigación en Salud, de acuerdo con las recomendaciones de sus integrantes y de los revisores, cumple con la calidad metodológica y los requerimientos de Ética y de investigación, por lo que el dictamen es **A U T O R I Z A D O**, con el número de registro institucional:

Núm. de Registro
R-2016-3502-8

ATENTAMENTE

DR.(A). GUILLERMO CAREAGA REYNA

Presidente del Comité Local de Investigación y Ética en Investigación en Salud No. 3502

IMSS

SEGURIDAD Y SOLIDARIDAD SOCIAL

AGRADECIMIENTOS

A mi madre, por cuidar desde el cielo cada uno de mis pasos y levantarme en cada tropiezo, por su amor infinito presente todos los días de mi vida.

A mi padre, por enseñarme siempre con su ejemplo lo correcto, por su cariño y apoyo incondicional para alcanzar cada meta.

A mi hermano, por su inmerecida admiración, que me motiva a ser mejor cada día.

A mis amigos Anaith, Ana María, Criseida, Xia, Joseph, Javal, Miriam y Garde, por compartir mis alegrías, ser consuelo y compañía en los momentos de agonía, por su complicidad y fraternidad.

A mis compañeros Vanessa, Rebeca, Daniel, por su camaradería a lo largo de estos 2 años, en el camino de la Medicina Crítica Pediátrica.

A mis Maestros, por todo lo aprendido, por sus enseñanzas, confianza y apoyo.

A mis profesores Dr. Arturo Fernández, Dra. Magdalena Ramírez, por su apoyo y confianza, depositada en mi persona a lo largo de mi formación como sub especialista.

ÍNDICE

I.	ANTECEDENTES.....	2
II.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
III.	JUSTIFICACIÓN.....	14
IV.	HIPÓTESIS.....	14
V.	OBJETIVOS.....	14
	a. GENERALES.....	14
	b. ESPECÍFICOS.....	14
VI.	MÉTODO.....	15
	a. DISEÑO DEL ESTUDIO	14
	b. UNIVERSO DE TRABAJO Y MUESTRA	14
	i. CRITERIOS DE INCLUSIÓN.....	15
	ii. CRITERIOS DE EXCLUSIÓN	16
	iii. CRITERIOS DE ELIMINACION	16
	iv. MUESTRA.....	16
	c. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	17
	d. DESARROLLO DEL PROYECTO	20
	e. DISEÑO ESTADÍSTICO	21
VII.	CONSIDERACIONES ÉTICAS	22
VIII.	FACTIBILIDAD	22
IX.	RESULTADOS.....	23
X.	ANÁLISIS Y DISCUSION	27
XI.	CONCLUSIONES.....	30
XII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31
XIII.	ANEXOS	34

RESUMEN:

Antecedentes: La monitorización hemodinámica proporciona información del funcionamiento cardiovascular que permite guiar la reposición de volumen y mejorar el pronóstico de los pacientes en situación de insuficiencia circulatoria aguda. A pesar del reconocimiento de los parámetros dinámicos como buenos predictores de respuesta a volumen en el paciente crítico, es mínima la información que se tiene acerca de la utilidad de los mismos en el paciente pediátrico.

Objetivo: Determinar el mejor predictor de respuesta a una carga volumen en el paciente pediátrico en estado crítico.

Material y métodos: Se identificó a los pacientes ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos pediátricos del Centro Médico Nacional La Raza, en quienes se indicó una carga de volumen, con al menos una de las siguientes características: Presión venosa central (PVC) menor o igual a 5mm de Hg y/o delta de presión de pulso (ΔPP) $\geq 13\%$. Se registró los cambios en la cifra de presión arterial posterior a la administración de la carga de volumen; Se clasificó con respuesta positiva a aquellos con un incremento de la presión sistólica igual o mayor al 15%. Se determinó la sensibilidad, valor predictivo positivo (VPP), valor predictivo negativo (VPN), razón de verosimilitud positiva (RVP) y razón de verosimilitud negativa (RVN), para la PVC y el ΔPP .

Resultados: Se identificó un total de 18 pacientes, se registró un total de 48 casos de administración de cargas. Se documentó una respuesta positiva en 43.75%, en 56.25% no se observó respuesta. Se reportó una sensibilidad de 0.38, VPP 0.47, especificidad de 0.66, VPN de 0.58, RVP de 0.04, RVN de 0.93, para la PVC. Se reportó una sensibilidad de 0.85, VPP de 0.69, especificidad de 0.70, VPN 0.90, RVP 2.83, RVN 0.21, para el ΔPP .

Conclusiones: el ΔPP es mejor predictor de respuesta a la administración de fluidos en pacientes pediátricos con inestabilidad hemodinámica y sometidos a ventilación mecánica, comparada con la PVC.

I. ANTECEDENTES

El estudio de la función cardiovascular constituye un aspecto fundamental del cuidado del paciente crítico. La monitorización hemodinámica permite obtener información acerca de la fisiopatología cardiocirculatoria que nos ayude a realizar el diagnóstico y a guiar la terapéutica en las situaciones de inestabilidad hemodinámica. ⁽¹⁾

Un primer paso obligado en la evaluación inicial del paciente crítico es determinar la idoneidad del estado de perfusión de los tejidos. La presencia o persistencia de disoxia celular es un factor fundamental en el desarrollo de lesiones orgánicas, fracaso multiorgánico y la muerte. ⁽²⁾

La monitorización hemodinámica proporciona información esencial del funcionamiento cardiovascular que permite guiar la reposición de volumen y probablemente mejorar el pronóstico de los pacientes en situación de insuficiencia circulatoria aguda. Sin embargo, cada parámetro obtenido tiene que interpretarse teniendo en cuenta sus limitaciones como predictor de respuesta a volumen, así como la situación clínica del paciente. ⁽³⁾

La expansión de volumen constituye la terapia de primera línea en las situaciones de inestabilidad hemodinámica, aunque solo un 50% de los pacientes responden al aporte de fluidos incrementando el volumen sistólico. Además, la expansión de la volemia puede ocasionar efectos deletéreos pulmonares secundarios al aumento de agua extravascular, por lo que se enfatiza la importancia de utilizar parámetros fiables que identifiquen a los pacientes susceptibles de mejoría al aporte de volumen. Los parámetros hemodinámicos propuestos para decidir la administración de volumen deberían identificar a los pacientes que se beneficiarían del aporte de volumen incrementando su volumen sistólico y al mismo tiempo, deberían evitar un tratamiento inútil, potencialmente perjudicial. Además de los parámetros estáticos clásicos, en los últimos años se han desarrollado nuevas tecnologías y nuevos parámetros de carácter dinámico que se han descrito como mejores predictores de respuesta a volumen. ^(3, 4)

La precarga es uno de los determinantes principales del gasto cardiaco, clásicamente se define como el grado de estiramiento máximo o tensión de las fibras miocárdicas antes del inicio de la contracción ventricular y viene determinada por la longitud media de los sarcómeros al final de la diástole. Clínicamente, esta definición es poco práctica y difícilmente aplicable, siendo sustituida con frecuencia por medidas más accesibles de llenado ventricular, como la presiones intracavitarias o los volúmenes telediastólicos. Si bien ninguno de estos parámetros refleja con exactitud la elongación de las fibras musculares cardiacas, representan una aproximación más o menos válida del valor real de precarga, de modo que el volumen telediastólico ventricular se acepta por consenso como sinónimo de esta, y las presiones intracardiacas, en condiciones normales, como sustituto de los volúmenes intracardiacos. ^(3,5)

Según la ley de Frank-Starling, existe una relación positiva entre la precarga y el volumen sistólico, de tal modo que, cuanto mayor es la precarga ventricular y el grado de estiramiento de sus fibras miocárdicas, mayor es el volumen sistólico. Sin embargo, esta relación, como en la mayoría de los fenómenos fisiológicos de nuestro organismo, no es lineal, sino curvilínea. Por lo que, una vez alcanzado un valor concreto de precarga, incrementos posteriores no tienen traducción significativa en el volumen sistólico. ⁽³⁾

La representación gráfica de este comportamiento se denomina curva de Frank-Starling o curva de función ventricular, en la que se pueden delimitar dos zonas: una pendiente, donde cambios mínimos de la precarga originan un marcado incremento del volumen sistólico (zona de precarga dependencia), y otra plana, donde el volumen de eyección apenas varía con las modificaciones de la precarga (zona de precarga independencia). Este comportamiento determina que, para que se produzca un aumento del volumen sistólico izquierdo, ambos ventrículos deben operar en la parte pendiente o zona de precarga dependencia de la curva de Frank-Starling. En caso contrario, cualquier medida terapéutica dirigida a incrementar la precarga ocasionará tan sólo un aumento de las presiones intracardiacas sin beneficio hemodinámico alguno. ⁽³⁾

La relación entre los cambios de precarga y volumen sistólico va a depender de la morfología y el grado de pendiente de la curva de Frank-Starling, estando determinada por la capacidad contráctil del corazón y la post carga ventricular. Por lo que, para un mismo incremento de precarga, se producirá un aumento variable del volumen sistólico dependiendo de la morfología y la zona en la que funcionan ambos ventrículos en la curva de Frank-Starling. La precarga dependencia es la capacidad del corazón de modificar el volumen sistólico ante cambios de la precarga, y dependerá del valor basal de precarga y de la zona de la curva de Frank-Starling en la que operan ambos ventrículos. ⁽³⁾

El manejo de la ventilación mecánica puede afectar profundamente al sistema cardiovascular. Su efecto dependerá, en gran medida, de la situación hemodinámica basal del paciente y de la magnitud de los cambios en la presión intratorácica, interfiriendo, además, de forma compleja y, a veces, difícilmente predecible sobre los parámetros empleados habitualmente para la valoración de la precarga, haciendo más difícil su interpretación y su correcta aplicación en la toma de decisiones para la administración de fluidos. Por este motivo, además de los clásicos parámetros de precarga, recientemente se ha propuesto una evaluación basada en medidas funcionales que cuantifican de forma dinámica el rendimiento cardiovascular, y no en variables fisiológicas estáticas. Ya sea aprovechando los cambios inducidos por la ventilación mecánica o alterando la precarga mediante maniobras posturales, estos parámetros han demostrado ser más eficaces a la hora de decidir qué pacientes se beneficiaran del aporte de volumen, o en los que, por el contrario, sería recomendable el uso de inotrópicos. ⁽⁶⁾

Los parámetros estáticos proporcionan un valor absoluto de precarga, el fracaso de estos parámetros para predecir la respuesta a volumen se ha puesto de manifiesto en multitud de estudios, ha sido objeto de múltiples revisiones y sigue siendo motivo de discusión aún hoy en día. ^(7 y 8)

No se ha encontrado relación significativa entre los pacientes respondedores y los no respondedores a la expansión de volumen y los valores basales de presión venosa central (PVC) o presión de oclusión de arteria

pulmonar (POAP). A pesar de esto, continúan empleándose en la práctica diaria como herramienta habitual, a veces única, a la hora de decidir cuándo administrar volumen a un paciente, especialmente la PVC. ⁽³⁾

La respuesta cardiovascular a la administración de volumen estará determinada no sólo por el valor inicial o la magnitud del incremento de la precarga, sino también por la función ventricular del paciente. Por lo que, para un mismo valor de precarga, se producirá un incremento variable del gasto cardiaco dependiendo de la función ventricular. De tal manera que una medida aislada de precarga, ya sea volumétrica o de presión, independientemente de la exactitud del método empleado para su obtención, no permite predecir de forma fiable la respuesta del gasto cardiaco si previamente se desconoce cuál es su curva de función ventricular y en qué zona de esta se encuentra. ⁽⁹⁾

A diferencia de las medidas estáticas, los parámetros dinámicos de precarga, proporcionan una valoración funcional del rendimiento cardiaco ante modificaciones transitorias de la precarga. Los parámetros dinámicos, por lo tanto, no estiman la precarga ni proporcionan información acerca de la volemia, sino que cuantifican la respuesta cardiaca ante variaciones de la precarga, permitiendo determinar en qué zona de la curva de Frank-Starling operan ambos ventrículos. ⁽³⁾

Sea cual sea el método empleado, los parámetros dinámicos de precarga se caracterizan por ser la expresión transitoria en el gasto cardiaco o el volumen sistólico de un cambio, generalmente reversible y de escasa duración, de la precarga cardiaca. La magnitud de este cambio permite, además, una cuantificación del grado de precarga dependencia; de tal manera que, cuanto mayor sea esta variación, mayor es el grado de precarga dependencia y, por consiguiente, tanto mayor el incremento esperado con la administración de volumen. ⁽³⁾

La ventilación mecánica con presión positiva intermitente induce cambios cíclicos en el volumen sistólico del ventrículo izquierdo. Durante la inspiración, el incremento en la presión intratorácica ocasionado por la insuflación mecánica disminuye la precarga del ventrículo derecho al dificultar el retorno venoso,

originando una disminución en su volumen de eyección. Por otra parte, el volumen sanguíneo contenido en el circuito pulmonar es empujado hacia el ventrículo izquierdo incrementando su precarga y su volumen de eyección durante la fase inspiratoria. Posteriormente, tras completar el tiempo del tránsito pulmonar, la disminución del volumen sistólico del ventrículo derecho se traduce en un descenso en el llenado ventricular izquierdo y en una reducción de su volumen de eyección durante la fase espiratoria. Por lo tanto, la ventilación mecánica con presión positiva produce cambios cíclicos en el volumen sistólico del ventrículo izquierdo caracterizados por un incremento durante la fase inspiratoria y una disminución durante la fase espiratoria. La magnitud de estas oscilaciones es proporcional al grado de precarga dependencia del paciente, de tal modo que, cuanto mayor son estas variaciones, mayor es la susceptibilidad a los cambios de precarga y mayor el incremento esperado en el gasto cardiaco tras la administración de fluidos. Por el contrario, si cualquiera de los ventrículos, funcionan en la parte plana de la curva de Frank-Starling, las variaciones respiratorias del volumen sistólico izquierdo serían mínimas y, por lo tanto, no cabría esperar ningún incremento significativo del gasto cardiaco con el aporte de fluidos. Por este motivo, estas oscilaciones han sido empleadas para predecir la respuesta a la administración de volumen en pacientes en ventilación mecánica y cuya eficacia, superior a la de los parámetros estáticos de precarga dependencia, ha sido confirmada repetidamente en diferentes escenarios y patológicas. ^(10 y 11)

La presión de pulso arterial, se define como la diferencia entre presión sistólica y diastólica, está directamente relacionada con el volumen sistólico izquierdo, asumiendo que la distensibilidad arterial no varía a lo largo de un ciclo respiratorio, los cambios en la presión de pulso arterial durante este espacio de tiempo deberían reflejar exclusivamente las variaciones del volumen sistólico. De tal modo que las diferencias observadas en la onda de presión de pulso arterial durante un ciclo respiratorio deberían poner de manifiesto las variaciones fisiológicas del volumen sistólico originado por la ventilación mecánica, y la magnitud de estas variaciones, el grado de precarga dependencia cardiaca. Tratándose además de una medida directa fácilmente obtenible, la delta de la

presión de pulso arterial ($\Delta PP = PP_{\text{máx}} - PP_{\text{mín}} / PP_{\text{máx}} + PP_{\text{mín}} / 2 \times 100$) podría suponer cierta ventaja técnica como predictor de respuesta a volumen. Así, un valor de $\Delta PP \geq 13\%$ permite discriminar con un alto grado de eficacia la respuesta a volumen en pacientes en ventilación mecánica. ⁽¹¹⁾

Junto a la ΔPP , existe toda una gama de parámetros dinámicos que, aunque comparten una base fisiológica común, se caracterizan en función de la señal biológica estudiada. Los parámetros derivados del análisis de la presión arterial, como la variación respiratoria de la presión arterial sistólica (VSP) con su componente delta Down (PAS en pausa tele espiratoria - PAS mínima) también son útiles, aunque posean menos valor predictivo. ⁽³⁾

Las limitaciones más importantes para el uso de las variables dinámicas como predictores de respuesta a volumen son: la necesidad de ventilación mecánica controlada, sin que exista además actividad respiratoria espontánea por parte del paciente, ya que la presión originada durante la respiración espontánea se solaparía al efecto del respirador, dificultando su interpretación. Las arritmias cardíacas o extrasístoles frecuentes interfieren en el análisis y cálculo de estas medidas y, por lo tanto, estos parámetros no deben emplearse en su presencia. Puesto que es necesaria una modificación significativa en la presión intratorácica para alterar de modo efectivo la precarga cardíaca, se precisa que el paciente esté ventilado con volúmenes tidal > 7 ml/kg de peso ideal, de lo contrario, la sensibilidad de estos parámetros sería menor de lo esperado. En presencia de disfunción ventricular derecha, el incremento de la presión transpulmonar (presión alveolar - presión pleural) y el aumento consiguiente de la poscarga ventricular derecha durante la inspiración puede originar una disminución del volumen de eyección derecho sin relación con la dependencia a la precarga. Puesto que en este caso el ventrículo derecho funcionaría en la zona plana de su curva de función ventricular, los cambios en el volumen sistólico no se deberían a los cambios en su precarga, sino a las variaciones cíclicas en la poscarga ventricular. Esto podría generar falsos positivos en los que la administración de volumen no originaría el efecto hemodinámico esperado. Finalmente, hay que recordar que aunque un paciente responda al aporte de volumen, no significa que requiera

volumen. La necesidad de administración de fluidos será determinada por la presencia de signos de inestabilidad hemodinámica y disfunción orgánica. Si durante la fase inspiratoria de la ventilación mecánica, el incremento de la presión intratorácica reduce el retorno venoso y la precarga del ventrículo derecho, una maniobra de oclusión tele espiratoria (como la empleada para medir la PEEP intrínseca) facilitaría el retorno venoso y aumentaría la precarga, del mismo modo que una pequeña carga de volumen. ^(12, 13 y 14)

La PVC y la POAP reflejan la presión telediastólica de los ventrículos derecho e izquierdo, respectivamente. Debido a la influencia del ciclo respiratorio, se ha acordado medirlos fase tele espiratoria para disminuir al máximo el efecto de la presión intratorácica. ⁽³⁾

En la mayoría de los estudios que han evaluado el valor de PVC antes y después de una expansión de volumen, se ha incluido a pocos pacientes en respiración espontánea. En los estudios que evidenciaron un valor basal inferior en los respondedores que en los no respondedores, los pacientes en respiración espontánea representaban el 6 y el 33%, respectivamente. Además, el solapamiento de los valores individuales no permitió determinar un valor que permita predecir la respuesta a la administración de fluidos. A pesar de esto, se acepta que valores muy bajos (< 5 mmHg) sí podrían considerarse como predictivos de respuesta positiva a la expansión de volumen. ^(3, 15, 16 y 17)

Los parámetros dinámicos derivados de la curva de presión arterial, se han validado únicamente en pacientes en ventilación mecánica y en ritmo sinusal. Aun así, algunas maniobras se han descrito en los últimos años permitiendo valorar la dependencia a la precarga de los pacientes en respiración espontánea o con algún tipo de arritmia. ⁽³⁾

En respiración espontánea, el retorno venoso aumenta debido al aumento de la presión negativa intratorácica. Si el ventrículo derecho es dependiente de precarga, bombea este incremento de flujo a la circulación pulmonar con el consiguiente aumento del llenado y eyección del ventrículo izquierdo. Por lo tanto, la PAD disminuiría con cada esfuerzo inspiratorio con el descenso de la presión

intratorácica. La ausencia de descenso inspiratorio de la PAD indicaría que el corazón está trabajando en la parte plana de la relación presión-volumen ventricular, no dependiente de precarga, y que el aporte de volumen no incrementaría el gasto cardiaco. ⁽³⁾

La variación de la presión arterial con la maniobra de oclusión teleexpiratoria, descrita recientemente por Monnet, predice la respuesta a volumen con un aumento $> 5\%$ en la presión de pulso arterial con sensibilidad del 87% y especificidad del 100%, y sensibilidad del 91% y especificidad de 100% para el índice cardiaco. En los 23 pacientes en respiración espontánea, las curvas ROC obtenidas para evaluar el efecto de la maniobra de oclusión sobre la presión de pulso arterial y sobre el índice cardiaco (0.99; IC del 95%, 0.827- 1; 0.971; IC del 95%, 0.796-0.989) fueron significativamente mayores que las obtenidas con la variación respiratoria de la presión de pulso y el volumen sistólico (0.679; IC del 95%, 0.45-0.88, y 0.571; IC del 95%, 0.34-0.781). ⁽¹⁸⁾

La onda pletismográfica por oximetría de pulso es otro método no invasivo que se ha estudiado para predecir la respuesta a la administración de volumen en pacientes con ventilación mecánica. El estudio de Cannesson, incluyó 22 pacientes, demostró una buena correlación entre una variación de amplitud de la onda del oxímetro de pulso (ΔP_{plet}) $> 15\%$ con una $\Delta PP > 13\%$, con sensibilidad del 87% y especificidad del 100%. En los 23 pacientes que estudió Feissel et al, se encontró una buena correlación entre ΔPP y ΔP_{plet} , pudiendo incluso discriminar entre respondedores y no respondedores con valores previo a la administración de volumen de $\Delta PP > 12\%$ y $\Delta P_{plet} > 14\%$, con una sensibilidad del 100% y una especificidad del 94%, y una sensibilidad del 70% y una especificidad del 80%, respectivamente. ⁽¹⁹⁾

La evaluación de la respuesta a la administración de una determinada cantidad de volumen (reto de volumen), a pesar de no ser realmente un predictor, se ha utilizado durante muchos años en la práctica clínica para evaluar la eficacia y la seguridad de la respuesta a este aporte de volumen. Vincent et al propusieron, en 2006, un algoritmo de administración de volumen basado en la evaluación de la

respuesta precoz a esta expansión de volumen, en los primeros 10 a 20 min. La valoración de la respuesta viene determinada por unos valores preestablecidos de TAM como objetivo y de PVC como seguridad, por lo que, al alcanzar o superar estos límites, se pararía la administración de volumen. Evidentemente, la principal limitación de esta metodología es la falta de reversibilidad, que sería de especial importancia en los pacientes con función miocárdica deprimida, aunque podría ser útil en las situaciones en que los parámetros estáticos o dinámicos no son buenos predictores. ⁽³⁾

El pulso arterial se cuantifica en mmHg, siendo el resultado de la diferencia entre la presión arterial sistólica máxima y mínima en un ciclo ventilatorio, mientras que la variación en la presión sistólica se cuantifica como el porcentaje de cambio en la presión sistólica durante una respiración mecánica dividido entre la presión sistólica media. Esta variación en la presión sistólica puede dividirse en dos componentes: Si la presión sistólica aumenta en relación a los valores apneicos se refiere como Delta-arriba, mientras que la caída de los valores de presión sistólica en relación a los valores apneicos se denomina Delta-abajo. En los pacientes hipovolémicos, el parámetro Δ - abajo es el principal componente de diferencia en la presión sistólica y se correlaciona con la respuesta a la precarga ya que la magnitud de Δ - abajo disminuye con la administración de volumen. Mientras que Δ - abajo es el mejor indicador de la variación en la presión sistólica en los casos de hipovolemia, el componente Δ -arriba es el más importante en falla ventricular e hipervolemia. ⁽²⁰⁾

En pacientes con ventilación mecánica la magnitud en la variación de la presión sistólica y el componente Δ - abajo predicen de manera efectiva los cambios en el índice cardiaco secundarios a la expansión de volumen. ⁽²⁰⁾

La variación en la presión sistólica basal es capaz de estimar la caída del gasto cardiaco en pacientes con ventilación mecánica y hemorragia aguda. Se estima que variaciones en la presión sistólica de 10 mmHg y de 5 mmHg en el Δ -abajo son buenos predictores de incremento de un 15% del volumen latido, en respuesta a la expansión de volumen. ⁽²⁰⁾

La variación en la presión sistólica puede no ser el mejor indicador de variación en el volumen latido, ya que estas variaciones pueden presentarse con cambios de presión dentro de la caja torácica. La presión del pulso, definida como diferencia entre la presión arterial sistólica y diastólica, no está sometida a estos cambios por la presión intratorácica, por lo que en un estudio se demostró que la ΔPP predice de mejor manera el efecto de la administración de volumen en el índice cardiaco que la variación en la presión sistólica en pacientes con choque séptico. Se dice que una ΔPP mayor del 13% identifica a los pacientes respondedores a precarga, aumento en el índice cardiaco mayor al 15%, mientras que niveles por debajo de este porcentaje identifican a los no respondedores. La conjunción de ΔPP y Δ - presión sistólica son superiores a los indicadores estáticos en predecir la respuesta a precarga. ⁽²⁰⁾

La ΔPP es la máxima diferencia en la presión de pulso arterial medida durante el curso del ciclo respiratorio con presión positiva dividida por la media entre las presiones del pulso máxima y mínima; esta ΔPP orienta de mejor manera la administración de volumen, teniendo en cuenta que una ΔPP mayor de 13% identifica a los pacientes respondedores y niveles por debajo de 13% a los no respondedores a volumen. ⁽²¹⁾

Las pruebas o índices dinámicos evalúan la respuesta del sistema cardiocirculatorio a variaciones de precarga controladas y reversibles, que se pueden dividir según Cavallaro en tres grupos de acuerdo con la metodología que se utiliza para obtener dicha variación en la precarga:

- Grupo I. Consiste en los índices basados en las variaciones cíclicas del volumen sistólico o de los parámetros hemodinámicos relacionados con el volumen sistólico, determinados por variaciones en la presión intratorácica determinadas por la ventilación mecánica.
- Grupo II. En este grupo se encuentran los índices basados en variaciones cíclicas de parámetros hemodinámicos no relacionados con el volumen sistólico.

Grupo III. El tercer grupo está compuesto por los índices basados en las maniobras de redistribución de la precarga, diferentes a la ventilación mecánica estándar, por ejemplo, la elevación pasiva de piernas. ⁽²¹⁾

La administración de volumen es parte fundamental del tratamiento en diversas entidades clínicas, sin embargo, su manejo no siempre resulta fácil y su éxito o fracaso depende en mucho de la experiencia del médico y de los marcadores que utilice para guiar la reanimación. Debido a que sólo el 50% de los pacientes graves responden a la administración de volumen, es indispensable tener marcadores confiables que permitan discriminar entre los respondedores y los que no se beneficiaran con la administración de una carga de volumen. ^(3 y 21)

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

La administración de volumen constituye la terapia de primera línea en las situaciones de inestabilidad hemodinámica, sólo un 50% de los pacientes responden al aporte de fluidos incrementando el volumen sistólico. Estos hallazgos enfatizan la importancia de que los parámetros hemodinámicos propuestos para decidir la administración de volumen identifiquen a los pacientes que se beneficiarían del aporte de volumen incrementando su volumen sistólico y al mismo tiempo, identifiquen a aquellos pacientes que no responderán, para evitar un tratamiento inútil y potencialmente perjudicial.

A pesar del reconocimiento de los parámetros dinámicos como buenos predictores de respuesta a volumen en el paciente crítico, es mínima la información que se tiene acerca de la utilidad de los mismos en el paciente pediátrico; No existen estudios controlados en población pediátrica que comparen los diferentes predictores de respuesta a precarga, por lo cual se plantea la siguiente pregunta de investigación:

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.

1. Cuál es el mejor predictor de respuesta a una carga volumen en el paciente pediátrico en estado crítico?

PREGUNTAS SECUNDARIAS.

1. ¿Cuál es la respuesta de la PVC a la carga volumen en el paciente pediátrico en estado crítico?
2. ¿Cuál es la respuesta de la ΔPP a la carga volumen en el paciente pediátrico en estado crítico?.

III. JUSTIFICACION.

La expansión de volumen constituye la terapia de primera línea en las situaciones de inestabilidad hemodinámica, aunque sólo un 50% de los pacientes responden al aporte de fluidos incrementando el volumen sistólico.

Los parámetros tradicionalmente utilizados para decidir la administración de fluidos son los estimadores de precarga denominados parámetros estáticos, entre ellas las presiones de llenado como la PVC y POAP. La PVC y la POAP continúan empleándose en la práctica diaria como herramienta habitual a la hora de decidir cuándo administrar volumen, especialmente la PVC.

Se ha encontrado en múltiples estudios que un valor de $\Delta PP \geq 13\%$ predice la respuesta al aporte de volumen con alta sensibilidad y especificidad en distintas poblaciones de pacientes críticos. Además, se ha demostrado reiteradamente que los parámetros dinámicos son mejores predictores que los estáticos.

IV. HIPOTESIS.

La $\Delta PP \geq$ al 13% es mejor predictor de respuesta a la administración de una carga de volumen en un 40% que una cifra de presión venosa central menor de 5mmHg.

V. OBJETIVOS.

A. OBJETIVO GENERAL.

Determinar el mejor predictor de respuesta a una carga volumen en el paciente pediátrico en estado crítico.

B. OBJETIVOS ESPECIFICOS.

1. Determinar la respuesta de la PVC posterior a la carga de volumen en el paciente pediátrico en estado crítico.
2. Determinar la respuesta de la ΔPP a la carga volumen en el paciente pediátrico en estado crítico

VI. METODO

a. DISEÑO DE ESTUDIO

- Tipo de intervención : Observacional
- Tipo de análisis : Analítico
- Temporalidad : Prospectivo
- Seguimiento: Transversal

b. UNIVERSO DE TRABAJO Y MUESTRA

Pacientes de 1 mes a 16 años de edad, ingresados en la terapia intensiva pediátrica, a quienes por indicación de su médico tratante se administró una carga de volumen, tengan previamente instalado un cateter venoso central para la medicion de la PVC y una linea arterial para el registro de PA invasiva, se incluyó a todos aquellos pacientes en quienes previo a la administracion de la carga se registraron cifras de PVC igual o menor a 5mmHg ó ΔPP igual o mayor al 13%.

i. CRITERIOS DE INCLUSIÓN.

- Sexo masculino o femenino
- Edad comprendida entre 1 mes a 16 años de edad
- Paciente que requiera la administración de una carga de volumen por su medico tratante.
- Paciente que cuente con una línea arterial y un cateter venoso central, con medición de la PA invasiva y la PVC por su médico tratante.
- Paciente bajo ventilación mecánica intermitente, con un volumen tidal de al menos 6 mililitros por kilogramo.

- Paciente con PVC menor o igual a 5 mmHg, a quien se administre una carga de volumen, indicada por su medico tratante.
- Paciente con ΔPP mayor o igual al 13%, a quien se administre una carga de volumen, indicada por su medico tratante.
- Familiar del paciente que autorice participar mediante la firma del consentimiento informado.

ii. CRITERIOS DE EXCLUSION.

- Niños en edad neonatal
- Paciente con presencia de arritmias.
- Pacientes con diagnostico de miocardiopatía previamente establecido.

iii. CRITERIOS DE ELIMINACION

- Pacientes que no cuenten con la medición de la PVC, ΔPP antes y/o después de la administración de la carga de volumen.

iv. MUESTRA

Se calculó el tamaño de la muestra de acuerdo a la prevalencia observada del 40% con punto de corte de efecto del 13% en la hipótesis, se requiere un tamaño de muestra para comparar dos proporciones de 48 pacientes con diferencia esperada del 0.25 y proporción del 0.4.

c. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

i. Variables Independientes

▪ **Edad**

Definición conceptual: años cumplidos que tiene una persona desde la fecha de nacimiento.

Definición operacional: Será dividida en rangos etarios, en lactante, preescolar, escolar y adolescente.

Tipo de variable: cualitativa ordinal.

Categorización: meses

▪ **Género**

Definición Conceptual: condición biológica que distingue a las personas en masculino y femenino.

Definición operacional: Se identificará según se refiera en la nota médica como hombre o mujer.

Tipo de variable: cualitativa dicotómica

Categorización: Femenino, Masculino

▪ **Peso**

Definición conceptual: cuerpo o sustancia por unidad de volumen

Definición operacional: Se identificará según se refiera en la nota médica en kilogramos (kg)

Tipo de variable: cuantitativa nominal

Categorización: kilogramo (kg)

▪ **Talla**

Definición conceptual: estatura o altura de las personas

Definición operacional: Se identificará según se refiera en la nota médica en centímetros.

Tipo de variable: cuantitativa nominal

Categorización: centímetros

- **Índice de masa corporal (IMC)**

Definición conceptual: medida de asociación entre la masa y la talla de un individuo.

Definición operacional: de acuerdo a la formula masa / estatura al cuadrado.

Tipo de variable: cuantitativa nominal.

Categorización: 1.00- 40.00

- **Presion venosa central (PVC)**

Definición Conceptual: Es la presión que se opone al retorno venoso sistémico, medida en la desembocadura de la vena cava superior o en la aurícula derecha, representa la presión de llenado del ventrículo derecho o presión telediastolica del ventrículo derecho.

Definicion operacional: medida en milímetros de mercurio, mediante un catéter situado en la vena cava superior o en auricula derecha, utilizando un transductor para medición de presiones invasivas modelo TruWave de la marca Edwards Lifesciences, previamente calibrado a cero y colocado en la línea media axilar, a nivel del cuarto espacio intercostal.

Tipo de variable: Cuantitativa ordinal.

Categorización: milímetros de mercurio

- **Delta de presión de pulso (ΔPP)**

Definición conceptual: Índice predictivo de respuesta positiva a la expansión de volemia, con un valor umbral de 13%, para identificar pacientes respondedores a la administracion de volumen, con valor predictivo positivo de 94% y valor predictivo negativo del 96%.

Definicion operacional: Se expresa en porcentaje, en el curso de un mismo ciclo respiratorio, en relación a la variabilidad entre la presión de pulso máxima y la presión de pulso minima registradas, en el ciclo ventilatorio en

el paciente con asistencia mecánica ventilatoria, modo controlado, de acuerdo a la siguiente formula: $\Delta PP = (PP_{max} - PP_{min} / [(PP_{max} + PP_{min})/2] 100$

Tipo de variable: cuantitativa, ordinal.

Categorización: porcentaje 1-100.

ii. Variable dependiente.

- **Respuesta a la carga de volumen.**

Definición conceptual: Incremento en el gasto cardíaco, posterior a la administración de fluidos, para optimizar la precarga en el paciente con datos de bajo gasto cardíaco.

Definición operacional: Incremento de la presión sistólica igual o mayor al 15% posterior a la administración de una carga de volumen, con respecto a la cifra basal de presión sistólica.

Tipo de Variable: Cualitativa, dicotómica.

Categorización: Respuesta/ Ausencia de respuesta. Presente ausente

iii. Variables de confusión.

- **Índice de inotrópicos.**

Definición conceptual: Puntaje estandarizado para establecer el grado de soporte cardiovascular inotrópico o presor requerido en un sujeto.

Definición operacional: Calculada con el índice inotrópico de Wernovsky, con la formula: Dosis de dobutamina + dosis de dopamina + dosis de adrenalina x 100 + dosis de noradrenalina x 100 + dosis de milrinona x 15mcg.kg.min.

Tipo de Variable: Cuantitativa

Categorización: microgramos.kilogramo.minuto

- **Volumen tidal.**

Definición conceptual: Es el volumen corriente de aire, que circula entre dos ciclos respiratorios, en un paciente sometido a ventilación mecánica.

Definición operacional: volumen de aire, registrado durante un ciclo ventilatorio y medido por el ventilador expresado en mililitros por kilogramo de peso.

Tipo de Variable: Cuantitativa

Categorización: mililitros por kilogramo

d. DESARROLLO DE PROYECTO

Previa aprobación por el comité de ética y comité local de investigación en salud.

Se identificó a todos los pacientes de 1 mes a 16 años de edad, sexo masculino o femenino, ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos pediátricos del Centro Médico Nacional La Raza, de septiembre a noviembre de 2015, en quienes durante su evolución se indicó por parte de su médico tratante la administración de una carga de volumen de 10 a 20ml por kilogramo de peso; Se incluyó en el estudio a aquellos pacientes quienes previo a la administración de la carga de volumen, cumplieron con al menos una de las siguientes características: PVC menor o igual a 5mm de Hg y/o Δ PP mayor del 13%, se incluyó a aquellos pacientes quienes tuvieron un catéter venoso central para la monitorización de la PVC y una línea arterial para la medición de la presión arterial invasiva; la medición de la PVC y de la presión arterial invasiva se realizó mediante transductores modelo TruWave de la marca Edwards Lifesciences, debidamente calibrados a cero a nivel de la línea axilar media en cuarto espacio intercostal, previo al registro de la PVC y la presión arterial invasiva. El registro de las mediciones se realizó mediante un monitor modelo Dash 4000, de la marca General Electric, debidamente configurado para el registro de la curva de PVC y de la curva de presión arterial invasiva, mediante el registro gráfico de la curva de presión arterial invasiva se midió el Δ PP en porcentaje mediante la fórmula: Δ PP = $(PP_{max} - PP_{min} / [(PP_{max} + PP_{min})/2] 100$; Se registraron las variables tales como diagnóstico del paciente, parámetros de ventilación mecánica como presión positiva al final de la espiración (PEEP), Presión pico (PIP), volumen tidal (Vt),

así como el soporte cardiovascular en el paciente al momento de administrar la carga, para el cálculo del score inotrópico. Se cuantificó la modificación de la PVC y la ΔPP posterior a la carga de volumen; Se registraron los cambios en la cifra de presión arterial posterior a la administración de la carga de volumen; Se clasificó a los pacientes como respondedores a aquellos quienes posterior a la carga de volumen registraron un incremento de la presión sistólica igual o mayor al 15% con respecto a la cifra basal de presión sistólica, Se clasificó a los pacientes como no respondedores a aquellos quienes posterior a la carga de volumen registraron un incremento de la presión sistólica inferior 15% con respecto a la cifra basal de presión sistólica. Se determinó si existió diferencia estadística significativa entre el número de pacientes con PVC menor de 5mmHg clasificados como respondedores a volumen, con el número de pacientes con ΔPP mayor del 13% clasificados como respondedores, Se realizó un análisis inferencial para determinar el mejor predictor de respuesta a volumen con cambios la PVC y ΔPP mediante un análisis de mediciones repetidas de Kruskal Wallis.

e. DISEÑO ESTADISTICO

Se utilizó un programa estadístico SPSS 21.0.

Se utilizó estadística descriptiva, para las variables cuantitativas y cualitativas con medidas de tendencia central y dispersión, se utilizó media, moda, mediana y rango; para las cualitativas los datos se presentaran en gráficos y tablas.

Se calculó la sensibilidad, especificidad, valor predictivo negativo y valor predictivo positivo, así como razones de verosimilitud negativa y positiva para la PVC y ΔPP , para determinar cual es el mejor predictor de respuesta a volumen.

VII. CONSIDERACIONES ÉTICAS

El presente estudio se apegó al Manual de Buenas Prácticas Clínicas y se inscribió dentro de la Normativa en relación a la investigación en seres humanos de la Coordinación de Investigación en Salud, así como a las disposiciones contenidas en el Código Sanitario en materia de Investigación, acordes a la Declaración de Helsinki y a sus adecuaciones posteriores (Hong Kong y Tokio).

De acuerdo al Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud, artículo 17: se considera riesgo mínimo.

Se asegura el anonimato de las pacientes en la búsqueda de los expedientes clínico.

VIII. FACTIBILIDAD.

Recursos humanos: El estudio se realizó por un solo investigador (Médico residente), con el apoyo de recursos humanos tales como director y asesores de tesis, etc.

Recursos materiales: Se contó con todos los recursos materiales disponibles.

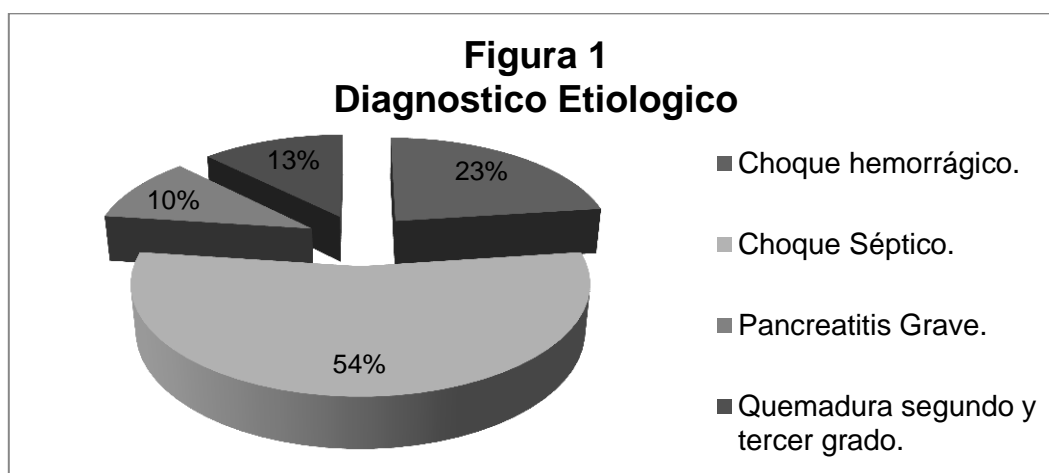
Recursos de financiamiento: No se requirió de financiamiento.

IX. RESULTADOS.

Se identificó un total de 18 pacientes, 9 masculinos y 9 femeninos, en estado de choque, con edades comprendidas entre 1 y 14 años de edad, \bar{X} 7.4 años; Se incluyó a todos aquellos pacientes en quienes se indicó manejo con carga de fluidos y previo a la administración de la misma se registraron cifras de PVC \leq 5mmHg y/ ó Δ PP \geq 13%.

Se registró un total de 48 casos de administración de cargas, en los 18 pacientes incluidos, la media de cargas administradas por paciente fue de \bar{X} 2.66, siendo la mínima de 1 y la máxima de 5.

En relación al diagnóstico etiológico de los pacientes: 11 (23%) presentaron Choque Hemorrágico; 26 (54%) presentaron choque séptico; 5 (10%) Pancreatitis Grave; 6 (13%) quemaduras de segundo y tercer grado (Figura 1).



En cuanto a la clasificación del choque 32 casos (66.7%), fueron clasificados con choque distributivo, mientras que 16 casos (33.3%) fueron clasificados con choque hipovolemico.

Todos los sujetos en los cuales se indicó la administración de carga de volumen estaban sometidos a ventilación mecánica invasiva, en 17 (35.4%) casos se registro ventilación mecánica controlada por presión, mientras que

en 31 (64.6%) casos se registro ventilacion mecanica controlada por volumen. La PEEP minima registrada fue de 3 cm H₂O y la maxima de 5 cm H₂O, \bar{X} 5.25. La PIP minima fue de 12 cmH₂O, la máxima 21cmH₂O, \bar{X} 15.69. El VT minimo registrado fue de 6ml por kg de peso, mientras el maximo registrado fue de 9ml por kilogramo, \bar{X} 7.31 ml por kilogramo. (Tabla 1)

Tabla 1. Parametros ventilatorios en los sujetos de Estudio.

PARAMETRO	Minimo	Maximo	Media
PEEP (CmH ₂ O)	3	5	5.25
PIP (CmH ₂ O)	12	21	15.69
VT (ml.Kg)	6	9	7.31

Se administró soporte con aminos en 10 casos (20.8%), mientras en 38 casos (79.2%) no se administró soporte aminergico, se calculó el score inotropico de Wernovsky, la minima fue de 0 y la maxima fue de 15, \bar{X} 1.56.

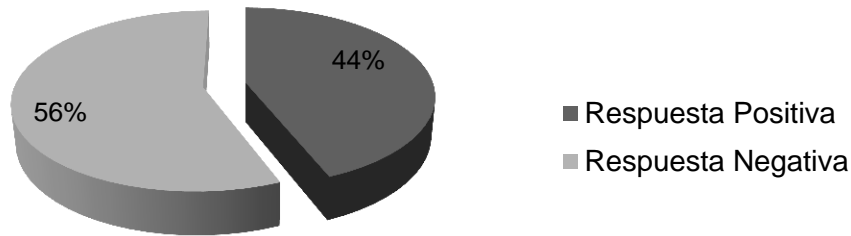
Se determinó la PVC en todos los casos previo a la administración de la carga de fluidos, la PVC minima registrada fue de 2mmHg, la maxima fue de 14mmHg, \bar{X} 6.54 mmHg. Posterior a la administracion de la carga la PVC minima reportada fue de 2mmHg y la máxima de 18 mmHg, \bar{X} 8.9mmHg.

Se calculó el Δ PP previo a la administracion de la carga de volumen, se reportó un minimo de 2% y un Δ PP máximo de 24%, \bar{X} 12.22%. Posterior a la administración de la carga de volumen se reportó un Δ PP minimo de 1%, el máximo reportado fue de 20%, \bar{X} 10.83%.

Se registró el porcentaje de incremento en la TAS posterior a la administración de la carga de volumen, se observó un incremento minimo del 0%, el incremento maximo registado fue del 19% , \bar{X} 10.11%.

Se documentó una respuesta positiva, definida por un incremento de la cifra basal de la TAS \geq 15% posterior a la administración a la carga de fluidos en 21 casos (43.75%), mientras que en 27 casos (56.25%) no se observó respuesta posterior a la administración de volumen (Figura 2).

**Figura 2.
Respuesta a Volumen**



Se observó un total de 17 casos en los cuales se registró una PVC menor de 5mmHg, previo a la administración de la carga de fluidos, en los cuales se esperaba respuesta positiva, de los cuales 8 (47.05%) respondieron a la administración de volumen y 9 (52.94%) no respondieron a la administración de volumen. Se observó un total de 31 casos con PVC mayor a 5mmHg previo a la administración de fluidos, en los que se esperaba respuesta negativa, de los cuales 13 (41.93%) respondieron al aporte de volumen y 18 (58.07%) no respondieron.

Tabla 2. Respuesta de la PVC a la administración de Fluidos.

	Respuesta Positiva	Respuesta Negativa	Total
PVC \leq 5	8	9	17
PVC >5	13	18	31
Total	21	27	48

Se calculó una sensibilidad de 0.38, con un valor predictivo positivo de 0.47, para predecir respuesta a la administración de una carga de volumen con una PVC \leq 5; Se encontró una especificidad de 0.66, con un valor predictivo negativo de 0.58 para predecir respuesta negativa a la administración de volumen, con una PVC > 5.

Se observó un total de 26 casos en los cuales se midió un $\Delta PP \geq 13\%$, previo a la administración de la carga de volumen, en los cuales se esperaba respuesta positiva, de los cuales 18 (69.23%) respondieron a la administración de volumen y 8 (30.76%) no respondieron. Se observó un total de 22 casos con ΔPP menor al 13% previo a la administración de fluidos, en los cuales se esperaba respuesta negativa, de los cuales 3 (13.63%) respondieron al aporte de volumen y 19 (86.36%) no respondieron al aporte de volumen.

Tabla 3. Respuesta del ΔPP a la administración de fluidos.

	Respuesta Positiva	Respuesta Negativa	Total
$\Delta PP \geq 13\%$	18	8	26
$\Delta PP < 13\%$	3	19	22
Total	21	27	48

Se calculó una sensibilidad de 0.85, con un valor predictivo positivo de 0.69, para predecir respuesta a la administración de una carga de volumen con una $\Delta PP \geq 13\%$; Se encontró una especificidad de 0.70, con un valor predictivo negativo de 0.90 para predecir respuesta negativa a la administración de volumen, con una $\Delta PP < 13\%$.

Tabla 4. Comparativo de predictores de Respuesta a Volumen

	PVC	ΔPP
Sensibilidad.	0.38	0.85
Especificidad.	0.66	0.70
Valor Predictivo Positivo	0.47	0.69
Valor predictivo Negativo	0.58	0.90

X. ANALISIS Y DISCUSIÓN

Se describe en la Literatura la expansión de volumen como terapia de primera línea utilizada en las situaciones de inestabilidad hemodinámica. Sabatier C, en su estudio “Valoración de la precarga y respuesta cardiovascular al aporte de volumen” reportó una respuesta al aporte de fluidos en el 50% de los pacientes, los cuales presentaron incremento en el volumen sistólico posterior a la administración de cargas de volumen. ⁽³⁾ En nuestro estudio se registró respuesta positiva, posterior a la administración de una carga de fluidos en el 41.7% de los casos, mientras que en el 58.3% no se observó respuesta.

Michard F, en su estudio “Predicting Fluid Responsiveness in ICU Patients”, y Bendjelid K, en su estudio “Fluid responsiveness in mechanically ventilated patients: a review of indices used in intensive care” reportaron que los parámetros estáticos de precarga dependencia, incluyendo la PVC, mostraron fracaso para predecir la respuesta al volumen en el paciente con inestabilidad hemodinámica. ^(7, 8)

Sabatier C, reportó ausencia de relación significativa entre los valores basales de PVC y el incremento en el volumen sistólico posterior a la administración de carga de volumen, concluyendo que no fue posible determinar un valor de PVC, como punto de corte, que permita predecir la respuesta a la administración de fluidos, así mismo concluyó la baja capacidad de la PVC para predecir la respuesta a la administración de volumen en el paciente crítico. ⁽³⁾

En el presente estudio se observó una sensibilidad del 38%, la cual se considera baja, para predecir una respuesta positiva al aporte de fluidos con una $PVC \leq 5$, la cual se correlacionó con un valor predictivo positivo de 0.47 y una razón de verosimilitud positiva de 0.04, ambos valores bajos para la predicción de respuesta positiva a volumen. Se reportó una especificidad de 66% y un valor predictivo negativo de 0.58, indicativos de mayor utilidad para predecir respuesta negativa a la administración de volumen con un $PVC > 5$, se

reportó un valor de 0.93 para la razón de verosimilitud negativa, la cual traduce una mala función pronóstica, para descartar respuesta a la administración de volumen. Los datos obtenidos en este estudio, guardan relación con los reportados en la literatura internacional, la cual describe una baja capacidad de la PVC para predecir la respuesta a la administración de fluidos.

Sabatier C, describe que a diferencia de las medidas estáticas, los parámetros dinámicos de precarga, proporcionan una valoración funcional del rendimiento cardíaco ante modificaciones transitorias de la precarga y son capaces de cuantificar la respuesta cardíaca ante variaciones de la precarga, permitiendo determinar en qué zona de la curva de Frank-Starling operan ambos ventrículos. ⁽³⁾

Marik P, en un metaanálisis, titulado “Dynamic changes in arterial waveform derived variables and fluid responsiveness in mechanically ventilated patients: a systematic review of the literature” reportó que la ventilación mecánica con presión positiva produjo cambios cíclicos en el volumen sistólico del ventrículo izquierdo y que la magnitud de estas oscilaciones es proporcional al grado de precarga dependencia de paciente. Concluyó que cuanto mayor son estas variaciones, mayor es la susceptibilidad a los cambios de precarga y mayor el incremento esperado en el gasto cardíaco tras la administración de fluidos. Reportó que estas oscilaciones pueden ser empleadas para predecir la respuesta a la administración de volumen en pacientes en ventilación mecánica y que la eficacia de estas pruebas es superior a la de los parámetros estáticos de precarga dependencia. ⁽¹¹⁾

Monnet X, en su estudio “Predicting volumen responsiveness by using the end expiratory oclusion in mechanically ventilated intensive care unit patients” incluyó a 34 pacientes en ventilación mecánica con fracaso circulatorio, aplicó una pausa espiratoria de 15 segundos y evaluó los cambios en el ΔPP , concluyó que un incremento en el $\Delta PP \geq 5\%$ predijo respuesta a volumen con una sensibilidad del 87% y una especificidad del 100%. ⁽¹⁸⁾

La ΔPP ha demostrado ser mal predictor de respuesta a volumen en los pacientes con ventilación espontánea, incluso peores que los índices estáticos. Heennen S, en su estudio “How can the response to volume expansion in patients with spontaneous respiratory movements be predicted” que incluyó 71 pacientes con ventilación mecánica, la ΔPP disminuyó su especificidad al 46%, en pacientes quienes se documentó un modo de respiración espontáneo.⁽²²⁾

Soubrier S, en su estudio “Can Dynamic indicators help the prediction in fluid responsiveness in spontaneously breathing patient critically ill patients” reportó que $\Delta PP > 13\%$ tiene una alta especificidad (92%), pero una baja sensibilidad (63%) para diferenciar a los respondedores, de los no respondedores.⁽²³⁾

En el presente estudio se observó una sensibilidad del 85%, estos valores se relacionan con los valores reportados en la literatura los cuales se reportan entre 80 – 87%, para predecir respuesta positiva a volumen con un $\Delta PP \geq 13\%$. De igual modo se encontró una especificidad calculada en 70%, la cual se observa inferior a la reportada en la literatura, la cual se describe entre 90 – 100%. De igual modo se reportó un valor predictivo positivo de 0.69 y un valor predictivo negativo de 0.90, con una razón de verosimilitud positiva de 2.83 y una razón de verosimilitud negativa de 0.21, los cuales predicen una buena capacidad de predecir la respuesta a la administración de fluidos con $\Delta PP \geq 13$.

Gonzalez – Chon O, en su estudio “Monitoreo hemodinámico basado en la variación de la presión de pulso” y Cavallaro F, en su estudio “Functional hemodynamic monitoring and dynamic indices of fluid responsiveness” describieron que un $\Delta PP \geq 13\%$ es capaz de identificar a los pacientes con diagnóstico de choque hipovolémico que responderán a la administración de volumen, mientras que valores por debajo de este porcentaje predijeron la falta de respuesta a la administración de fluidos.^(20, 21)

En este estudio se observó una buena capacidad del $\Delta PP \geq 13\%$ como punto de corte para predecir respuesta positiva a la administración de fluidos,

asi como una buena capacidad para predecir falta de respuesta a la administraci3n de volumen con $\Delta PP < 13\%$.

XI. CONCLUSIONES

1. Se concluye que la PVC con un valor ≤ 5 mmHg, es un mal predictor de respuesta a la administracion de una carga de volumen.
2. Se concluye que un valor de PVC > 5 mmHg podria ser util en identificar pacientes que no responder3n a la administraci3n de volumen.
3. Se concluy3 que un valor de $\Delta PP \geq 13\%$ es capaz de predecir satisfactoriamente la respuesta a la administracion de volumen.
4. Se concluy3 que valores de $\Delta PP < 13\%$ predicen de forma satisfactoria la respuesta negativa a la administracion de fluidos.
5. Es posible concluir que el ΔPP es mejor predictor de respuesta a la administraci3n de fluidos en pacientes pediatricos con inestabilidad hemodinamica y sometidos a ventilacion mecanica, con respecto a los valores de PVC.

XII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

1. Ochagavía A. Monitorización hemodinámica en el paciente crítico. Recomendaciones del Grupo de Trabajo de Cuidados Intensivos Cardiológicos y RCP de la Sociedad Española de Medicina Intensiva, Crítica y Unidades Coronarias. Med Intensiva. 2013
2. Mesquida J, Borrat X, Lorente J, Masip J, Baigorri F. Objetivos de la reanimación hemodinámica. Med Intensiva 2011; 35: 499-508.
3. Sabatier C, Monge I, Maynar J, Ochagavia A. Valoración de la precarga y la respuesta cardiovascular al aporte de volumen. Med intensiva 2012; 36 (1): 45 - 55.
4. Michard F, Teboul J. Predicting Fluid Responsiveness in ICU Patients. Chest 2002; 121(6): 2000 - 2008.
5. Hall J, Guyton A. Guyton and Hall textbook of medical physiology. 12a ed. Philadelphia: Saunders/Elsevier; 2011.
6. Pinsky M. The hemodynamic consequences of mechanical ventilation: an evolving story. Intensive care med 1997; 23: 493 – 503.
7. Bendjelid K, Romand J. Fluid responsiveness in mechanically ventilated patients: a review of indices used in intensive care. Intensive Care Med 2003;29:352-60.
8. Michard F, Teboul J. Predicting fluid responsiveness in ICU patients: a critical analysis of the evidence. Chest. 2002;121:2000-8.
9. Michard F, Reuter D. Assessing cardiac preload or fluid responsiveness? It depends on the question we want to answer. Intensive Care Med 2003; 29: 1396.

10. Michard F, Teboul J. Using heart-lung interactions to assess fluid responsiveness during mechanical ventilation. *Crit Care*. 2000;4:282-9.
11. Marik P, Cavallazzi R, Vasu T, Hirani A. Dynamic changes in arterial waveform derived variables and fluid responsiveness in mechanically ventilated patients: a systematic review of the literature. *Crit Care Med* 2009;37:2642-7.
12. Monnet X, Teboul J. Volumen responsiveness. *Curr Opin Crit Care* 2007; 13: 549 – 553.
13. De – Backer D, Heenen S, Piagnarelli M, Koch M. Pulse pressure variations to predict fluid responsiveness: influence of tidal volumen. *Intensive Care Med* 2005; 31: 517 – 523.
14. Jardin F, Delorme G, Hardy A, Auvert B, Beauchet A, Bourdarias J. Reevaluation of hemodynamic consequences of positive pressure ventilation: emphasis on cyclic right ventricular afterloading by mechanical lung inflation. *Anesthesiology* 1990; 72: 966 – 970.
15. Reuse C, Vincent J, Pinsky M. Measurements of right ventricular volumes during fluid challenge. *Chest* 1990; 98: 1450 – 1454.
16. Calvin J, Driedger A, Sibbald W. The hemodynamic effect of rapid fluid infussion in critically ill patients. *Surgery* 1981; 90: 61- 76.
17. Wagner J, Leatherman J. Right ventricular end end diastolic volumen as a predictor of the hemodynamic response to a fluid challenge. *Chest* 1998; 113: 1048 – 1053.

18. Monnet X, Osman D, Ridel C, Lamia B, Richard C. Predicting volumen responsiveness by using the end expiratory occlusion in mechanically ventilated intensive care unit patients. *Critic Care Med* 2009; 37: 951 – 956.
19. Feissel M, Teboul J, Merlany P. Plethysmografic dynamic índices predict fluid responsiveness in septic ventilated patients. *Intensive Care Med* 2007; 33: 933 – 939.
20. González-Chon O, Arias-Sánchez E, García-López S, Arriaga-Gracia J. Monitoreo hemodinámico basado en la variación de la presión del pulso: Sustento fisiológico y perspectiva. *Revista de Investigación Médica Sur México* 2008; 15 (2): 112 -118.
21. Cavallaro F, Sandroni C, Antonelli M. Functional hemodynamic monitoring and dynamic indices of fluid responsiveness. *Minerva Anestesiológica*. 2008;74:123-135.
22. Heennen S, De Backer D, Vincent J. How can the response to volume expansion in patients with spontaneous respiratory movements be predicted. *Critical Care*. 2006; 10.
23. Soubrier S, Saulnier F, Hubert H. Can Dynamic indicators help the prediction in fluid responsiveness in spontaneously breathing patient critically ill patients? *Intensive Care Med*. 2007; 33: 117 – 124.

XIII. ANEXOS

i. CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO (FORMATO INSTITUCIONAL 2810 – 009- 013) DIRECCION DE PRESTACIONES MÉDICAS

**HOSPITAL GENERAL UMAE “DR. GAUDENCIO GONZALEZ GARZA”
CENTRO MEDICO NACIONAL “LA RAZA”
CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA LA REALIZACION DE PROTOCOLO DE ESTUDIO**

Este documento, tiene por objeto, formalizar y hacer constar el CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA REALIZAR EL PROTOCOLO DE ESTUDIO, entre el paciente, familiar o tutor, o representante legal y este hospital, por la prestación de servicios de salud encomendados al IMSS, en cumplimiento a los artículos 22, de la Ley del Seguro Social : 6º, 59º, y 64º , del reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Prestaciones de Servicio de Atención Médica: y a los puntos 4.2 y 10.1.1, de la Norma Oficial Mexicana NOM-168-SSA 1-1998, del Expediente Clínico, publicada en el Diario de la Federación el día 30 de Septiembre 1999.

El suscrito (**paciente, o en su caso, familiar, tutor o representante legal**)

Con número de seguridad social (o identificación oficial): _____

En pleno uso de mis facultades y en el ejercicio de mi capacidad legal, DECLARO lo siguiente:

1. Expreso mi libre voluntad para la realización del protocolo de estudio a la unidad de cuidados intensivos pediátricos del Hospital General Centro Médico Nacional La Raza, aceptando con ese objeto, cumplir con la normatividad establecida en la Ley del Seguro Social y sus Reglamentos.
2. Que el médico Dr. Jesus Elias Estrada Ayala, *con matricula 99336985, del servicio de TERAPIA INTENSIVA PEDIATRICA DEL HOSPITAL GENERAL U.M.A.E. “DR. GAUDENCIO GONZALEZ GARZA” DEL CENTRO MEDICO NACIONAL “LA RAZA”*, me ha proporcionado la información completa sobre el protocolo de estudio en el que se incluye a mi paciente, amplia, precisa, y suficiente, en el lenguaje CLARO Y SENCILLO, haciéndome saber las opciones, posibles riesgos y complicaciones.
3. Ante la información proporcionada sobre el protocolo de estudio que se me va a realizar, mediante el presente expreso mi CONSENTIMIENTO LIBRE, ESPONTANEO Y SIN PRESION alguna, para que se realicen los procedimientos requeridos para contribuir a los procesos de investigación del hospital. ACEPTO y AUTORIZO que se incluya a mi familiar en el estudio.
4. En caso de dudas o aclaraciones relacionadas con el estudio podrá dirigirse al investigador responsable: JESUS ELIAS ESTRADA AYALA al servicio de Terapia intensiva pediátrica, del Hospital General Dr. Gaudencio González Garza, Centro Médico Nacional La Raza, con dirección Calzada Vallejo y Paseo de las Jacarandas SN, La Raza, Azcapotzalco 02990, Ciudad de México, D.F. al teléfono 9991786821.
5. En Caso de Dudas o aclaraciones sobre sus derechos como participante podrá dirigirse a: Comisión de Ética de Investigación de la CNIC del IMSS en avenida Cuauhtémoc 330, cuarto piso bloque B, de la unidad de congresos, Colonia Doctores. México, D.F. CP 06720, teléfono (55) 56276900 extensión 21230, correo electrónico: comision.etica@imss.gob.mx

México D. F, a _____ 2016

DR. JESUS ELIAS ESTRADA AYALA

NOMBRE Y FIRMA DEL PARTICIPANTE
TUTOR O REPRESENTANTE LEGAL

NOMBRE Y FIRMA DEL
MEDICO RESPONSABLE QUE OBTIENE EL CONSENTIMIENTO

NOMBRE Y FIRMA DEL TESTIGO
DIRECCION Y RELACION

NOMBRE Y FIRMA DEL TESTIGO
DIRECCION Y RELACION

ii. ANEXO

HOJA DE RECOLECCION DE DATOS

Nombre: _____

Fecha de Nacimiento: _____ Edad (Años y meses) : _____

Peso (kg): _____ Talla (Cm): _____ Peso ideal: _____

IMC (kg/m2): _____ S.C (m2): _____

Diagnosticos: 1. _____

2. _____

3. _____

Modo de Ventilación mecanica : _____

PEEP: _____ PIP: _____ VT: _____

Relajante neuromuscular: SI NO

Soporte cardiovascular (enliste los farmacos vasoactivos utilizados al momento de administrar la carga de volumen y sus dosis): _____

Score Inotropico: _____

	TAS	TAD	TAM	Δ PP	PVC	FC
Antes de carga.						
Despues de carga.						

Porcentaje de incremento en la TAS posterior a la carga: _____

Paciente con respuesta a la carga de volumen: SI NO

PARTICIPANTES:

1. M.C. Jesús Elías Estrada Ayala.

Residente de segundo grado de la especialidad en Medicina Critica Pediátrica.

Sede Laboral: UMAE Hospital General "Dr. Gaudencio González Garza"

Centro Médico Nacional LA RAZA.

Cedula Profesional: 6411803

Cedula Especialidad en Pediatría: 8954001

Correo electrónico: eliasestradaayala@gmail.com

Tel: 9991 786821

2. M. en C. Arturo Fernández Celorio.

Médico Especialista en Medicina Critica Pediátrica.

Profesor titular del curso en Medicina Critica Pediátrica.

Sede Laboral: UMAE Hospital General "Dr. Gaudencio González Garza"

Centro Médico Nacional LA RAZA.

Cedula Profesional: 2606907

Cedula Especialidad en Pediatría: 3872888

Cedula Especialidad en Medicina Critica Pediátrica: 4110563

Correo electrónico: arturo_md1@hotmail.com

TEL: 5554375679