



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE MEDICINA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
SECRETARIA DE SALUD
INSTITUTO NACIONAL DE PEDIATRÍA**

**“COMPORTAMIENTO CLÍNICO DE LA VARIABILIDAD DE LA
PRESIÓN DE PULSO EN EL PACIENTE PEDIÁTRICO DE 1 A 6
AÑOS DE EDAD”
(REPORTE PRELIMINAR)**

TESIS

**PARA OBTENER EL TITULO DE
ESPECIALISTA EN ANESTESIOLOGIA PEDIATRICA**

PRESENTA:

DRA. BRISA ELVIRA RESENDIZ MOLINA

TUTOR:

DRA. ERIKA LEON ALVAREZ



CIUDAD DE MEXICO.

2019



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.

INDICE

	Pág
RESUMEN.....	1
1.PREGUNTA DE INVESTIGACION	2
2.INTRODUCCION	2
3.ANTECEDENTES	3
4.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
5.JUSTIFICACION	13
6.OBJETIVOS	14
7.HIPOTESIS	14
8.DISEÑO DEL ESTUDIO	14
9.POBLACION	14
10.CRITERIOS DE SELECCIÓN	15
11.PROCEDIMIENTO	16
12.VARIABLES DE ESTUDIO	17
13.DEFINICIONES OPERACIONALES	19
14.TAMAÑO DE LA MUESTRA	19
15.ANALISIS ESTADISTICO	20
16.CONSIDERACIONES ETICAS	20
17.RESULTADOS	21
18.DISCUSION	25
19.CONCLUSIONES	27
20.BIBLIOGRAFIA	28
21.ANEXOS	30

RESUMEN:

INTRODUCCION. La optimización trans-operatoria del estado hemodinámico en el paciente pediátrico, conlleva la implementación de la reanimación por fluidoterapia dirigida a objetivos; lo anterior para evitar complicaciones originadas por la sobrecarga hídrica; la VPP es una variable ampliamente estudiada, aceptada y recomendada dentro del algoritmo para guiar la reanimación con fluidos en el transoperatorio en el paciente adulto; en la población pediátrica no existen valores de corte de dicha variable para la identificación de pacientes respondedores a volumen, a pesar de demostrar que dicho parámetro es útil como guía dentro de la reanimación con fluidos en esta población.

OBJETIVO. Evaluar el comportamiento de los valores de la variabilidad de la presión de pulso (VPP) en los pacientes pediátricos posterior a la administración de una carga de volumen.

MATERIAL Y METODOS. Se realizó un estudio observacional, prospectivo, descriptivo, longitudinal, en niños entre los 1 y los 6 años de edad, bajo anestesia general y ventilación mecánica, en los cuales se realizó la medición de la variabilidad de la presión de pulso de manera basal, posterior a la administración de una carga de solución cristaloides de 10ml/kg y posterior a la inducción anestésica. El análisis estadístico se realizó a través del software SPSS, las variables que presentaban una distribución normal fueron descritas a través de la media y desviación estándar; aquellas variables que no presentaban una distribución normal fueron descritas a través de la mediana y el rango intercuartilico. Se aplicó la prueba T de Student para muestras relacionadas (VPP inicial y después de la carga de volumen).

RESULTADOS. Se observó una disminución estadísticamente significativa (P 0.004) entre los valores de la VPP basal con la VPP posterior a la administración de una carga de volumen de 10 ml/kg peso; correlacionado a la par con una mejoría estadísticamente significativa en la frecuencia cardiaca (P 0.008), observando además una mejoría en las cifras de tensión arterial media, sin que esta sea significativa (P 0.06). No se observó diferencia con respecto a los valores entre la VPP posterior a la administración de una carga de volumen y a los 10 minutos posteriores a la inducción anestésica (P .228).

CONCLUSIONES. Los valores basales de la VPP disminuyen de manera estadísticamente significativa posterior a la administración de una carga de fluidos cristaloides de 10 ml/kg directamente relacionados con una mejoría en la frecuencia cardiaca y tensión arterial media; al tratarse de un reporte preliminar, no se puede establecer un punto de corte, para lo cual se necesita completar el tamaño muestral.

1. PREGUNTA DE INVESTIGACION

¿Existen cambios en los valores de la variabilidad de la presión de pulso (VPP) en el paciente pediátrico posterior a la administración de una carga de volumen de 10 ml/kg?

2. INTRODUCCION

La fluidoterapia intravenosa perioperatoria es una práctica común dentro la anestesiología, los errores en la administración de la misma pueden resultar en complicaciones y resultados negativos; por lo tanto, en el 2016, el Grupo de Trabajo Científico en Anestesia Pediátrica (WAKKA) de la Sociedad Alemana de Anestesiología y Medicina Intensiva (DGAI) publicó recomendaciones en la “Guía para la terapia intravenosa de fluidos perioperatoria en neonatos, infantes y niños pequeños”³, cuyo propósito es contribuir a asegurar una fluidoterapia simple, efectiva y segura, ya que en comparación con los adultos, los pacientes pediátricos tienen un mayor volumen de líquido extracelular (VEC), mayor volumen sanguíneo (VSC) y mayor tasa metabólica en relación con su peso corporal.

En dicha guía se establece que el objetivo de la terapia de infusión intraoperatoria es mantener el estado fisiológico normal (volemia, perfusión tisular, función metabólica, electrolitos séricos y estado ácido-base en parámetros normales a la edad), ya que aquellos casos en los que se subestima la pérdida de volumen, esta es la causa más frecuente de paros cardíacos perioperatorios; por lo tanto, la administración de volumen deben ser cuidadosamente anticipada y gestionada para que la condición del niño permanezca estable y controlada.

3. ANTECEDENTES

PERDIDA DE FLUIDOS PERIOPERATORIOS

Un déficit de fluido perioperatorio puede ser debido a las siguientes causas:

1.- Insuficiencia de suministro:

- a) Tiempo de ayuno prolongado: durante la abstinencia oral preoperatoria.
- b) Deshidratación.

2.- Aumento de las pérdidas:

- a) Evaporación insensible: Aproximadamente dos tercios de este volumen se pierde a través de la piel y el tercio restante por las vías aéreas. Ésta última depende de la humedad del aire inhalado, la ventilación con aire saturado al 100% de agua ocasiona una pérdida cercana a 0.1 ml/kg/hr, mientras que con aire seco se produce una pérdida aproximada de 0.5 ml/kg/hora.
- b) Diuresis: Durante la cirugía se puede apreciar una disminución de la diuresis como consecuencia de la liberación de hormonas de estrés o un aumento de la misma secundario a la hiper-hidratación.
- c) Evaporación de la herida quirúrgica: Depende del tamaño de la incisión y de la exposición de las vísceras al aire ambiente. Una incisión menor y víscera ligeramente exteriorizada, se calcula una pérdida de 2 ml/kg/h. Una incisión moderada y víscera parcialmente exteriorizada, se calcula una pérdida de 8 ml/kg/h. Una incisión mayor y víscera completamente exteriorizada, se calcula una pérdida de hasta 15 ml/kg/h. La pérdida por exteriorización completa de víscera descende en un 50% después de 20 minutos. Si se cubre debidamente la víscera expuesta mediante compresas empapadas con suero se reduce la evaporación en un 87,5%.
- d) Secuestro en el tercer espacio: clásicamente el tercer espacio se ha dividido en anatómico y no anatómico. El secuestro de líquido perioperatorio en el tercer espacio anatómico es considerado un fenómeno fisiológico tras la administración excesiva de soluciones intravenosas. Este volumen junto con el del plasma forman el volumen extracelular "funcional" (VECF). Este líquido contiene pequeñas cantidades de proteína y pequeñas moléculas capaces de atravesar la barrera vascular intacta; es inmediatamente drenado por el sistema linfático sin causar edema intersticial. Si este sistema está sobrepasado por altos volúmenes de fluido puede ser extraído mediante redistribución y aumento de la diuresis, si finalmente este último mecanismo también fracasa se produce acumulación patológica de fluidos.

El llamado tercer espacio no anatómico, por el contrario, ha representado formalmente el término tradicional de tercer espacio cuando no había más especificación; se le ha considerado como parte del espacio extracelular, funcional y anatómicamente separado del espacio intersticial, al no participar en su equilibrio dinámico, por lo que se le ha denominado volumen extracelular no funcional (VECNF); el trauma o la cirugía mayor serían los desencadenantes del secuestro de líquidos en este espacio no localizado.

- e) Hemorragia quirúrgica: La que se produce por el sangrado de la incisión y se puede medir mediante gasas, compresas o contenido aspirado.

Todos los factores anteriores usualmente conllevan a hipovolemia, disminución del volumen sanguíneo circulante, disminución del retorno venoso al corazón, disminución del volumen minuto cardíaco, vasoconstricción periférica y sistémica, inadecuada perfusión aguda sistémica debido a un desequilibrio entre demanda y aporte de oxígeno a los tejidos (hipoperfusión / hipoxia tisular), insuficiencia circulatoria periférica aguda y finalmente a disfunción de órganos vitales; lo anterior usualmente se manifiesta inicialmente con la presencia de taquicardia y disminución de la tensión arterial posterior a la inducción anestésica. Por lo que es importante distinguir entre hipotensión inducida por la anestesia e hipovolemia; la primera está causada por vasodilatación y la hipovolemia está causada por un déficit de fluidos.

Las diferentes fases fisiopatológicas del choque hipovolémico son:

1. Fase I: Vasoconstricción o anoxia isquémica, estrechamiento arteriolar, cierre de esfínter pre y postcapilar, apertura de shunt arteriovenoso y disminución de la presión hidrostática capilar.
2. Fase II: Expresión del espacio vascular, la necesidad de oxígeno celular determina la apertura de los capilares, esto determina menor sangre circulante que lleva a una disminución de la presión venosa central y por ende disminución del gasto cardíaco. El metabolismo celular pasa de aerobio a anaerobio comenzando la acumulación de ácido láctico y potasio en el espacio intersticial.
3. Fase III: La acidez del medio, más el enlentecimiento circulatorio, llevan a un aumento de la viscosidad sanguínea que favorece la coagulación intravascular con consumo de factores de coagulación y liberación de enzimas líticas que llevan a la autólisis.
4. Fase IV: Choque irreversible; en esta etapa se secretan fibrinolisinias que llevan a la necrosis con falla orgánica en relación a la extensión del proceso.

Por todo lo anterior, la presencia de hipovolemia influye en la necesidad de reemplazo de líquidos para mantener la perfusión tisular y evitar la secuencia de complicaciones ya mencionadas. Durante el transoperatorio se administra una infusión continua de soluciones isotónicas, necesaria para satisfacer los requerimientos diarios según la fórmula de Holliday-Segar; sin embargo, en pacientes que presentan inestabilidad circulatoria, la prioridad más alta es restablecer rápidamente el volumen sanguíneo circulante, para mantener en parámetros adecuados el retorno venoso, gasto cardíaco y perfusión tisular; para este fin, se administran bolos de soluciones cristaloides isotónicas en dosis de 10-20 ml/kg hasta que se logre el efecto deseado, tratando de evitar la sobrecarga intersticial.

GLICOCALIX ENDOTELIAL

El endotelio vascular en su porción luminal está cubierto por glicocálix, capa formada por proteoglicanos y glicoproteínas que junto con ciertas proteínas plasmáticas, constituyen una superficie fisiológicamente activa, la cual cumple una función de barrera vascular y tiene un espesor de 1 μm .

Ernest Starling introdujo el modelo fisiológico de la barrera vascular en 1896: en los vasos, tanto la presión hidrostática como la coloidosmótica son mayores que en el espacio intersticial. Una presión coloidosmótica mínima es necesaria en el espacio circulatorio, para proporcionar una fuerza fisiológicamente activa que se oponga al gradiente de presión hidrostática y que module la salida de fluido al espacio intersticial. El glicocálix endotelial parece actuar como un filtro molecular que retiene proteínas del plasma que, por la fuerza hidrostática vascular, estarían abocadas a su salida al espacio intersticial. Esto aumenta la presión oncótica en el glicocálix, estructura desconocida por Starling, que actuaría como verdadero limitante de la pérdida de fluido transcapilar; por lo que sería un glicocálix endotelial intacto, el requisito más importante para la función de barrera vascular.

De acuerdo a este modelo, la infusión de coloides isoosmóticos no cambiaría la presión coloidosmótica intravascular y se mantendrían en el espacio circulatorio; por el contrario, la infusión de soluciones cristaloides, libres de fuerza coloidosmótica no quedarían retenidas por la pared capilar y se distribuirían por los espacios vascular e intersticial. Además, éstas también aumentarían la presión hidrostática intersticial y sobrepasarían la capacidad de drenaje del sistema linfático. Asimismo, la inflamación inducida por la cirugía dificulta la reabsorción y retorno del fluido a la circulación a través del sistema linfático.

De acuerdo con estudios experimentales los mediadores inflamatorios liberados en el estrés quirúrgico, como el factor de necrosis tumoral alfa (TNF- α), lipoproteínas de baja densidad y el péptido natriurético atrial (PNA) tienen la capacidad de degradar el glicocálix endotelial;

aunado a lo anterior, la hipervolemia aguda iatrogénica origina liberación del PNA y por lo tanto mayor degradación del glicocálix.

Hay dos tipos de paso de los fluidos perioperatorios desde el espacio vascular al intersticial:

1. Fisiológico: paso de escaso volumen de fluidos y electrolitos pobre en proteínas y limitado en el tiempo; puede alcanzar cantidades patológicas por dilución de las proteínas del plasma o aumento de la presión hidrostática intravascular, condición que es causada habitualmente por hipervolemia secundaria a la administración de cristaloides. La barrera endotelial no está afectada.
2. Patológico: paso de plasma rico en proteínas en relación a la alteración morfológica de la barrera vascular. Su resolución es más compleja y larga en el tiempo que en el caso anterior.

HIPERVOLEMIA

Consiste en un aumento anormal del volumen plasmático o de la cantidad de líquido extracelular; en el transoperatorio la causa más común es la iatrogénica, secundaria a la administración excesiva de fluidos.

El aumento del volumen plasmático provocara trastornos como retraso en la cicatrización de heridas, recuperación tardía de la función intestinal, cambios en la osmolaridad como hipo/hipernatremia, trastornos del potasio, trastornos del equilibrio acido-base, trastornos primarios respiratorios (acidosis / alcalosis respiratoria), ingurgitación venosa, aumento del gasto cardiaco, daño al glicocalix endotelial (barrera vascular), lo cual conlleva a una serie de eventos como aumento de la permeabilidad vascular, coagulopatías por dilución, edema intersticial, edema periférico, edema agudo de pulmón, disnea, atelectasias, disminución del aporte de oxígeno, neumonía, convulsiones y finalmente falla orgánica múltiple.

MONITORIZACION TRANSOPERATORIA

La medición del balance de fluidos perioperatorios es un factor que se debe tener en cuenta a la hora de pautar la fluidoterapia, para lo que se utilizan desde medidas clásicas hasta otras más agresivas, tal como la monitorización hemodinámica avanzada, que tiene principalmente su papel en la fluidoterapia guiada por objetivos que describiremos posteriormente.

Existen 2 tipos de variables de monitorización transoperatoria, las variables estáticas y las variables dinámicas:

VARIABLES ESTATICAS.

Se basan en una sola observación en el tiempo, estas incluyen a la frecuencia cardiaca (FC), presión arterial no invasiva (PANI), pulsioximetría (SpO₂), capnografía (EtCO₂), Electrocardiograma (ECG), temperatura corporal; esta monitorización básica intraoperatoria es suficiente para procedimientos menores en niños con estado de hidratación normal; en casos especiales, se pueden realizar análisis de gases sanguíneos arteriales y/o venosos, para evaluar el estado ácido-base; dentro de los primeros los valores más importantes a tomar en cuenta son el exceso de base (BE), lactato y pH; lo anterior debido a que una inadecuada perfusión tisular, conlleva cambios en el aporte de energía, cambiando el metabolismo de aeróbico a anaeróbico con la consiguiente disminución del pH y aumento del ácido láctico. En el caso de los gases venosos, la saturación de oxígeno de la sangre venosa (SvO₂) sirve para determinar el balance entre oferta y consumo de oxígeno (extracción de O₂).

La excreción urinaria generalmente disminuye intraoperatoriamente debido, por ejemplo, al aumento relacionado con el estrés en los niveles de hormona antidiurética (HAD) y/o a una disminución de la perfusión renal (por ejemplo, en el caso de procedimientos con neumoperitoneo y aumento de la presión intraabdominal) y por lo tanto no es un parámetro válido para guiar la terapia de infusión de líquidos intraoperatoria.

Desafortunadamente, en los niños, el gasto cardíaco, volumen extracelular (VEC) y volumen sanguíneo circulante (VSC) no se pueden medir directamente usando medios simples, y una presión sanguínea dentro (o cerca del extremo inferior) del rango normal no garantiza suficiente gasto cardiaco, por lo que en caso de procedimientos mayores con riesgo de sangrado o pérdidas de volumen, se recomienda extender la monitorización (colocación de catéter arterial y venoso central) de manera que sea más fácil evaluar la eficacia de la terapia de infusión intraoperatoria, para lo cual se realizan las siguientes mediciones estáticas de presiones de precarga:

1. Monitorización invasiva de la presión arterial (PAI): esta medición se realiza a través de la canulación de una arteria periférica (radial, femoral, braquial o dorsal del pie), la cual se conecta a un transductor de presión; este dispositivo convierte la señal fisiológica obtenida del catéter en una señal eléctrica con referencia de valor numérico y en una onda de presión en el monitor; la curva de presión arterial refleja el volumen de eyección sanguínea y la elasticidad de las paredes arteriales, las contracciones rítmicas del ventrículo izquierdo producen presiones arteriales pulsátiles, la morfología típica de la curva pulsátil, presenta un pico redondeado que corresponde a la sístole y una incisura dicota en su posición descendente que

corresponde al inicio de la diástole. Esta técnica se utiliza con dos propósitos principales, por un lado el control de la tensión arterial de forma continua y por otro realizar toma de gases arteriales de forma frecuente sin necesidad de repetidas punciones. Tiene una confiabilidad y exactitud acreditada, si la transmisión de curva de presiones es correcta; es importante en la evaluación de los pacientes con pérdidas importantes de volumen intravascular y/o función cardiaca limitada; sin embargo, debido a los factores que pueden alterarla como la atenuación de la curva, el largo, diámetro y rigidez de la línea del transductor, así como las variaciones que sufre con el aumento de la presión intratorácica durante la ventilación mecánica con presión positiva, no se considera un parámetro útil en la identificación de pacientes respondedores a volumen.

2. Presión venosa central (PVC): Esta medición se realiza a través de la inserción de un catéter en la vena yugular o subclavia y cuyo extremo más distal debe llegar como mínimo a la última porción de la vena cava o aurícula derecha; es interpretada como la fuerza que ejerce la sangre a nivel de la aurícula derecha, representado la presión de llenado o presión diastólica final del ventrículo derecho; su objetivo era el de conocer de manera aproximada la cantidad de líquido en el organismo, ya que era un reflejo de la precarga ventricular y del equilibrio entre el VSC y la capacidad del corazón para bombear dicho volumen. Su valor normal oscila entre los 6-12 mmHg. Sin embargo, se ha demostrado que el gasto cardiaco no solo depende de la PVC, ya que la capacidad de contracción, relajación, presión intra-torácica y otros factores pueden modificar el mismo, además de no tener correlación con el VSC; por lo que ya no está indicado utilizarla como parámetro aislado para guiar la administración de líquidos, debiendo ser utilizada siempre en conjunto con otras herramientas de monitorización del gasto cardiaco.
3. Presión de oclusión de la arteria pulmonar (POAP): Se realiza mediante la colocación de un catéter en la arteria pulmonar, más conocido como Swan-Ganz; este catéter dispone de un balón en su extremo distal, que una vez inflado permite ser dirigido por el flujo sanguíneo a través de las cavidades cardiacas derechas hasta la arteria pulmonar. Proporciona una medición de la presión al final de la diástole del ventrículo izquierdo, así como las presiones de la arteria pulmonar. Su valor normal oscila entre los 6-12 mmHg; sin embargo debido a su invasividad y a la pericia que se debe tener en la identificación de la morfología de las curvas durante su colocación, no es un parámetro recomendado en el paciente pediátrico.

4. Volumen diastólico final del ventrículo izquierdo (VDFVI): Parámetro obtenido por ecocardiografía del volumen sanguíneo dentro del ventrículo izquierdo al final de la fase de relajación y justo antes del comienzo de la sístole. Utilizado anteriormente como un parámetro de medida de la precarga y por ende de la longitud de la fibra miocárdica; sin embargo, tiene limitaciones en cuanto a curva de aprendizaje, costo del equipamiento e imposibilidad de monitorización continua para largos periodos de tiempo. Además, se ha demostrado que la valoración del VDFVI obtenido por ecocardiografía, no es un buen predictor de la respuesta a fluidos.
5. Volumen global al final de la diástole (VGDF): Obtenido por termodilución transpulmonar, ofrece un método alternativo a la medición intermitente del GC, que utiliza la técnica de la termodilución transpulmonar y a la medida continua del GC basándose en el análisis del contorno de pulso; se utilizaba como medida de la precarga y como variable volumétrica estática. El VGDF es la suma de todos los volúmenes al final de la diástole de la aurícula y el ventrículo, es equivalente al volumen de precarga cardiaca de todo el corazón, por lo que es capaz de reflejar tanto la precarga como la respuesta a los fluidos, sin embargo, al igual que el VDFVI, tiene limitaciones en cuanto a curva de aprendizaje, costo del equipamiento e imposibilidad de monitorización continua para largos periodos de tiempo
6. Medición del gasto cardiaco (GC): La medición continua del GC ayuda a evaluar el estado del volumen y a guiar la reanimación con fluidos en pacientes con disminución de la función cardiaca; las técnicas más utilizadas son el análisis de la onda de contorno de pulso y la medición del flujo por Doppler transesofágico. Sin embargo este parámetro no se utiliza como valor aislado, sino más bien, la respuesta del mismo a la administración de fluidos.

Existen otras medidas realizadas para evaluar la capacidad de respuesta a fluidos, entre ellas, la maniobra de aplicar presión externa calculada al hígado, o la elevación pasiva de extremidades inferiores (aumento del volumen sanguíneo al espacio intra-torácico con aumento de presión arterial y EtCO₂), las cuales, no están indicados en niños.

VARIABLES DINAMICAS.

El principio básico que se utiliza en la medición de la respuesta a los fluidos con las variables dinámicas, es la variación de la precarga inducida por los cambios cíclicos de la presión intratorácica debidos a la ventilación mecánica; la cual impide el flujo sanguíneo de la vena cava durante la inspiración, causando una disminución en el retorno venoso y el flujo sanguíneo de la arteria pulmonar. Esta disminución del retorno venoso es transmitida al

corazón izquierdo con aproximadamente 3 latidos de retraso (tiempo de tránsito pulmonar), lo que resulta en una disminución del volumen diastólico final del ventrículo izquierdo y, en consecuencia, esta variación inducida por la ventilación se observa posteriormente como variación en el flujo sanguíneo aórtico, la presión arterial y la amplitud pletismográfica.

Las variables dinámicas cuantifican esta variación como la diferencia porcentual entre el valor medido máximo y mínimo en una sola respiración, indexado al valor máximo, mínimo o medio.

Dentro de las variables dinámicas se encuentran la variación del volumen sistólico (VVS), variación de la presión de pulso (VPP), el índice de variabilidad de la pletismografía (IVP) y la medida ecocardiográfica del volumen sistólico o velocidad máxima de flujo sanguíneo aórtico (aVpeak).

1. Variación del volumen sistólico (VVS): es un fenómeno en el cual la presión del pulso arterial sube durante la inspiración y cae durante la espiración debido a los cambios en la presión intratorácica secundarios a la ventilación mecánica por presión positiva. Normalmente, se calcula con la siguiente fórmula: $VS_{máx} - VS_{mín} / (VS_{máx} + VS_{mín} / 2)$, medido a lo largo de un ciclo respiratorio. No es un indicador de la precarga real, sino de la capacidad de respuesta a la precarga relativa; tiene una sensibilidad del 79-94% y una especificidad del 85-96% si se le compara con los indicadores tradicionales del estado del volumen (FC, PAM, PVC, PAOP) y su capacidad para determinar la capacidad de respuesta de los fluidos. En adultos valores por encima del 13% identifica a los pacientes respondedores a volumen, en niños no hay valores establecidos.
2. Índice de variabilidad pletismográfica (IVP): Se calcula en base al índice de perfusión (PI); el PI es la proporción entre el flujo de sangre no pulsátil y el pulsátil a través del lecho capilar periférico, con valores que van desde 0.4% (muy baja perfusión) hasta 20% (alta perfusión). El IVP es una medición automática del cambio dinámico en el PI que ocurre durante el ciclo respiratorio; se calcula con la siguiente fórmula: $IVP = (PI_{máx} - PI_{mín} / PI_{máx}) \times 100$. Cuanto mayor sea el IVP, mayor será la probabilidad de que el paciente responda a la administración de fluidos; un valor >14 % anterior a la expansión de volumen significa que un paciente responderá a la administración de fluidos (81 % de sensibilidad), un valor < 14 % anterior a la expansión de volumen significa que un paciente no responderá a la administración de fluidos (100 % de especificidad); sin embargo es una variable que puede ser influenciada por factores como vasoconstricción periférica, cambios de coloración,

luz ambiental, uso de vasopresores, etc.; por lo que en niños aun no existen valores definidos.

3. Velocidad máxima de flujo aórtico (aVpeak): es una medida directa mediante ecocardiografía de las variaciones en el flujo sanguíneo aórtico inducidas por pequeños cambios reversibles en la precarga debido a los cambios inducidos por ventilación en el retorno venoso. A diferencia de las variables basadas en la presión arterial o las medidas pletismográficas, las mediciones de flujo no se ven afectadas por el compliance arterial, es la única variable para predecir con fiabilidad la capacidad de respuesta del fluido en los niños. Esta medida es determinada a través de las ondas de doppler pulsadas del flujo sanguíneo aórtico durante el ciclo respiratorio, se realiza la medición de las velocidades máximas y mínimas de flujo sanguíneo aórtico máximo (Vpeak max y Vpeak min); es calculada con la siguiente formula:

$$\text{aVpeak (\%)} = \frac{(\text{Vpeak max} - \text{Vpeak min})}{[(\text{Vpeak max} + \text{Vpeak min})/2]} \times 100$$

Se toma el valor medio medido durante 3 respiraciones consecutivas; sus valores de corte van de 10 a 20 % en la población adulta, en la población pediátrica se ha determinado un punto de corte de 11% como valor predictivo, con una sensibilidad del 86.7% a 90% y una especificidad del 72.2%, con un área bajo la curva de 0.83.

4. Variabilidad de la presión de pulso (VPP): Se realiza mediante la monitorización invasiva de la presión arterial, tomando en cuenta la presión de pulso arterial cuyo resultado cuantificado en mmHg, es la diferencia entre la presión arterial sistólica/diastólica máxima y mínima en un ciclo ventilatorio. La presión de pulso (PP) se define como la diferencia entre la presión sistólica y diastólica, determinando valores máximos (PPmax) y mínimos (PPmin) durante el mismo ciclo respiratorio; posteriormente se hace el cálculo para determinar la variabilidad de la misma mediante la siguiente formula:

$$\text{VPP (\%)} = \frac{(\text{PP max} - \text{PP min})}{[(\text{PP max} + \text{PP min})/2]} \times 100$$

La presión de pulso no está sometida a los cambios por la presión intratorácica, por lo que la variación en la presión de pulso (VPP) predice de mejor manera el efecto de la administración de volumen en el índice cardiaco que la variación en la presión

sistólica; en los pacientes adultos una VPP mayor a 13% identifica a los pacientes respondedores a administración de volumen (aumento en el índice cardiaco de 15%), mientras que los niveles por debajo de este porcentaje identifica a los pacientes no respondedores, el valor del área bajo la curva de este parámetro es de 0.54.

Los valores bajo la curva ROC de estas variables estáticas y dinámicas están representadas en la siguiente imagen⁸:

Table 3 The area under ROC curve for all variables. ROC, receiver operating characteristic; CI, confidence interval; SAP, systolic arterial pressure; HR, heart rate; CVP, central venous pressure; Δ IVCD, respiratory variation of inferior vena cava diameter; SPV, systolic pressure variation; PPV, pulse pressure variation; Δ Vpeak, respiratory variation of aortic blood flow velocity; PVI, pleth variability index; SVI, stroke volume index. * $P < 0.05$, area under ROC curve > 0.5 . † $P < 0.05$ vs area under the curve of CVP

	Area under the curve	95 %CI
SAP (mm Hg)	0.665	0.474–0.856
HR (beats min ⁻¹)	0.552	0.351–0.752
CVP (mm Hg)	0.469	0.230–0.707
Δ IVCD (%)	0.369	0.156–0.582
SPV (%)	0.578	0.378–0.777
PPV (%)	0.544	0.344–0.745
Δ Down (%)	0.624	0.422–0.825
Δ Up (%)	0.639	0.445–0.834
Δ Vpeak(%)	0.804* [†]	0.643–0.965
PVI (%)	0.767* [†]	0.597–0.936

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El objetivo de la reanimación hemodinámica es lograr un adecuado aporte de oxígeno, mediante el mantenimiento del gasto cardíaco y la presión de perfusión, lo cual de inicio se trata con expansión de volumen intravascular; sin embargo, en los estudios pediátricos que examinan la respuesta de los líquidos, sólo el 40% a 69% de los pacientes pediátricos son respondedores a este régimen.

Debido a que la evaluación clínica del estado hemodinámico del paciente basada en el examen físico y monitoreo hemodinámico de rutina (ECG, SpO₂, PANI) es insuficiente, particularmente en niños; es imperativo realizar la reanimación hídrica dirigida a un objetivo para disminuir comorbilidades, por lo que se considera como un paso crítico el desarrollo de un algoritmo intraoperatorio de manejo de fluidos; el cual debe incluir una variable predictora segura, sensible, específica y confiable que nos permita clasificar al paciente como respondedor o no respondedor a volumen, es decir, si su estado hemodinámico mejorara con la administración de dosis de carga de fluidos o si por el contrario requerirá el uso de fármacos vasopresores.

La VPP es una variable que ha sido ampliamente estudiada, aceptada y recomendada dentro del algoritmo para guiar la reanimación con fluidos en el transoperatorio; en los pacientes adultos se estableció un punto de corte del 13% para la identificación de pacientes respondedores a volumen; sin embargo, los estudios realizados en la población pediátrica a pesar de demostrar que dicho parámetro es útil como guía dentro de la reanimación con fluidos, no han establecido un punto numérico de corte.

5. JUSTIFICACION

Los indicadores estáticos tradicionales de precarga cardíaca han demostrado no ser tan confiables en niños ni adultos al momento de ser utilizados para predecir una respuesta significativa a la administración de fluidos en el incremento del gasto cardíaco.

Los indicadores dinámicos como la VPP, la AV peak y el IVP, toman en cuenta el efecto de la ventilación mecánica en el volumen cardíaco (interacción cardio-pulmonar), con una mayor sensibilidad al momento de predecir respuesta a fluidos en los pacientes ventilados mecánicamente; con diversos puntos de corte en el valor de los mismos; sin embargo en la población pediátrica se han realizado muy pocos estudios para determinar si los puntos de corte definidos para el paciente adulto, corresponderían en la misma manera a la población pediátrica.

Debido a lo anterior, surge la inquietud de realizar este trabajo de investigación, en el cual se describirán los valores basales de la variabilidad de la presión de pulso (VPP) en el paciente pediátrico, así como su comportamiento previa y posteriormente a la administración de una carga de líquidos intravenosos; lo anterior, con el fin de registrar si existen cambios en el valor de la misma con respecto al valor basal registrado y de esta manera abrir nuevas líneas de investigación para determinar un punto de corte para dicho parámetro; todo con el fin de mejorar el manejo transoperatorio de nuestra población, mejorar los resultados finales y disminuir comorbilidades.

6. OBJETIVOS.

6.1. OBJETIVO GENERAL

- Describir el comportamiento de los valores de la VPP posterior a la administración de una carga de fluidos cristaloides de 10 ml/kg.

6.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- Describir si existió algún cambio en el valor de la VPP posterior a la inducción anestésica con respecto al valor basal.

7. HIPOTESIS.

- Existen cambios en el valor de la variabilidad de la presión de pulso después de administrar una carga de fluidos intravenosos de 10 ml/kg posterior a la inducción anestésica.

8. DISEÑO DEL ESTUDIO.

Se realizara un estudio experimental, prospectivo, descriptivo y longitudinal.

9. POBLACION.

- **OBJETIVO:** Pacientes pediátricos de 1 a 6 años de edad, sometidos a cirugía de alto riesgo, en los cuales es obligatorio realizar monitoreo invasivo de la presión arterial.
- **ELEGIBLE:** Niños de 1 a 6 años de edad sometidos a cirugía de alto riesgo en el Instituto Nacional de Pediatría, en el periodo del 01 de abril al 30 de junio del 2018.

10. CRITERIOS DE SELECCIÓN

10.1 CRITERIOS DE INCLUSION

- ASA I, II y III.
- Sometidos a ventilación mecánica.
- Aceptar participar en el estudio y firma de carta de consentimiento informado.

10.2 CRITERIOS DE EXCLUSION

- Enfermedades cardiacas congénitas (shunt izquierda-derecha, PCA, CIV, CIA).
- Alteraciones del ritmo cardiaco (fibrilación auricular, arritmias ventriculares).
- Disfunción ventricular.
- Enfermedad respiratoria agregada (asma, neumonía, atelectasia, EPOC, SDRA, etc.)
- Soporte vasoactivo y/o inotrópico previo a la cirugía.
- Hipertensión abdominal.
- Insuficiencia renal.

10.3 CRITERIOS DE ELIMINACION

- Pacientes cuyo consentimiento informado sea retirado por los mismos.
- Pacientes que a pesar de la administración de carga de fluidos, requieran administración de vasopresores y /o inotrópicos para mantener presión de perfusión.
- Pacientes a los que no se le pueda colocar monitoreo de línea arterial invasiva.

11. PROCEDIMIENTO

Se realizara un estudio prospectivo, observacional, descriptivo y longitudinal, que se basa en la observación del cambio en los valores de la VPP posterior a la inducción anestésica y posterior a la administración de una carga de solución cristaloide a 10 ml/kg, con respecto al valor basal registrado.

Previa selección de los pacientes y firma de consentimiento informado, se recibirá a pacientes en sala de quirófano, se colocara monitoreo inicial con ECG, SpO₂ y PANI, posteriormente se administraran fármacos para proporcionar sedación y se colocara línea arterial (radial o pedia), para monitoreo de la presión arterial invasiva.

Posterior a la colocación de la línea arterial se realizara toma de valor de VPP, considerando esta cifra como el valor basal; posteriormente se administrara una dosis de carga de fluidos cristaloides isotónicos a 10 ml/kg de peso corporal, 5 minutos posteriores a la misma, se registrara el valor de VPP.

Posteriormente se realizara la inducción anestésica con fentanil 4 mcg/kg, lidocaína 2 mg/kg, propofol 3 mg/kg y relajante neuromuscular no despolarizante (elegido por el anesthesiólogo encargado de la sala, se iniciara con la ventilación mecánica en modalidad volumen control, con un VT 7-10 ml/kg, manteniendo un EtCO₂ 30-35 mmHg y una presión pico de la vía aérea máxima de 25 cm H₂O; 10 minutos posteriores se registrará nuevamente el valor de VPP. Cabe mencionar que todas las mediciones serán realizadas por un mismo observador.

Todos los pacientes recibirán terapia hídrica de mantenimiento con soluciones isotónicas (NaCl 0.9%) basándose en la fórmula de Holliday y Segar²² (anexo 4).

Se registrara en la hoja de recolección de datos el grado de hidratación del paciente a su llegada a quirófano, las cifras de presión arterial sistólica, presión arterial diastólica, frecuencia cardiaca, EtCO₂, SpO₂ en los mismos momentos de medición que la VPP; adicionalmente se registrará el valor de la misma en caso de que se presente sangrado >15%.

12. VARIABLES DE ESTUDIO

Variable	Definición conceptual	Tipo de variable	Unidad de medición	Tiempo de registro
Genero	Conjunto de peculiaridades que caracterizan a un individuo, dividiéndolo en masculino o femenino, que hacen posible una reproducción.	Cualitativa Dicotómica	1= Hombre 2= Mujer	Previo a su pase a quirófano.
Edad	Tiempo que ha vivido una persona contando desde su nacimiento.	Númérica Cuantitativa Discontinua	Años	Previo a su pase a quirófano.
Frecuencia cardiaca	Numero de contracciones del corazón por unidad de tiempo	Númérica Cuantitativa Discontinua	Latidos por minuto	A su llegada a quirófano Pre inducción anestésica (posterior a la colocación de línea arterial). 5 minutos posteriores a la carga de líquidos. 10 minutos posteriores a la inducción anestésica.
Tensión arterial media (TAM)	Presión de perfusión de los órganos corporales.	Númérica Cuantitativa Discontinua	Milímetros de mercurio	A su llegada a quirófano Pre inducción anestésica (posterior a la colocación de línea arterial). 5 minutos posteriores a la carga de líquidos. 10 minutos posteriores a la inducción anestésica.
SpO2	Saturación de oxígeno capilar periférica.	Númérica Cuantitativa Discontinua	Porcentaje	A su llegada a quirófano Pre inducción anestésica (posterior a la colocación de línea arterial). 5 minutos posteriores a la carga de líquidos.

				10 minutos posteriores a la inducción anestésica.
Tensión arterial sistólica (TAS)	Valor máximo de la presión arterial durante la sístole.	Numérica Cuantitativa Discontinua	Milímetros de mercurio	A su llegada a quirófano Pre inducción anestésica (posterior a la colocación de línea arterial). 5 minutos posteriores a la carga de líquidos. 10 minutos posteriores a la inducción anestésica.
Tensión arterial diastólica (TAD)	Valor mínimo de la presión arterial durante la diástole.	Numérica Cuantitativa Discontinua	Milímetros de mercurio	A su llegada a quirófano Pre inducción anestésica (posterior a la colocación de línea arterial). 5 minutos posteriores a la carga de líquidos. 10 minutos posteriores a la inducción anestésica.
VPP	Indicador dinámico de volumen intravascular, obtenido a partir de la presión de pulso máxima y mínima durante 3 ciclos respiratorios.	Numérica Cuantitativa Continua	Porcentaje	Pre inducción anestésica (posterior a la colocación de línea arterial). 5 minutos posteriores a la carga de líquidos. 10 minutos posteriores a la inducción anestésica. En caso de una pérdida sanguínea >15%.
Grado de hidratación	Equilibrio osmótico entre los diferentes compartimentos corporales, según la regulación de electrolitos y nivel de agua; > 3% pérdida de agua corporal total se considera deshidratación.	Cualitativa ordinal	Hidratación normal Deshidratación leve Deshidratación moderada Deshidratación severa	Previo a su pase a quirófano.

13. DEFINICIONES OPERACIONALES.

1.- Disfunción ventricular: pérdida de la capacidad contráctil del corazón, que disminuye la fracción de expulsión ventricular y el gasto cardiaco. Se considerará dicho diagnostico si en el expediente clínico se encuentra algún reporte de ecocardiograma realizado por el servicio de cardiología.

2.- Insuficiencia renal: daño transitorio o permanente de los riñones, que tiene como común resultado ña pérdida de la función normal renal. Se considerará dicho diagnostico si en el expediente clínico se encuentra alguna nota de nefrología corroborándolo.

3.- Grado de hidratación: Se definirá de acuerdo a los datos clínicos obtenidos en la exploración física del paciente, si el paciente no se encuentra hidratado, se procederá a clasificarlo en algún grado de deshidratación según la tabla del anexo 2.

14. TAMAÑO DE LA MUESTRA.

El tamaño de muestra requerida fue calculado usando la siguiente fórmula para estudios descriptivos cuya variable principal es de tipo cuantitativo para una población finita ²³ :

$$n = \frac{Z^2 S^2}{d^2 (N-1) + Z^2 S^2}$$

Donde:

n: tamaño de la muestra.

N: tamaño de la población.

Z: valor de Z crítico, nivel de confianza.

S²: varianza de la población en estudio (cuadrado de la desviación estándar del estudio referido)

d: nivel de precisión absoluta; intervalo de confianza deseado en la determinación del valor promedio de la variable en estudio.

Para cada uno de los parámetros de este estudio, otorgamos los siguientes valores:

N: 30

Z: 1.96 (95% nivel de confianza)

S: 9

d: 0.05 (precisión 95%)

Al realizar la sustitución de los valores, se calcula que el tamaño de la muestra (n) requerido es de 29 pacientes.

15. ANALISIS ESTADISTICO.

Los datos fueron codificados y almacenados en el software de Microsoft Excel 2013 y analizados utilizando el software SPSS. La significación estadística se definió como un valor $P < 0,05$.

Se aplicaron las pruebas de normalidad Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk para identificar las variables que presentaban una distribución normal (>0.05), las cuales fueron descritas a través de la media y desviación estándar; mientras aquellas variables que no presentaban una distribución normal (< 0.05), fueron descritas a través de la mediana y el rango intercuartilico.

Se realizó analítica descriptiva para características poblacionales, así como T de Student para muestras relacionadas (VPP inicial y después de la carga de volumen).

16. CONSIDERACIONES ETICAS.

De acuerdo al Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación, a la declaración de la Asamblea Médica de Helsinki, el código de Nuremberg y el informe de Belmont, el presente trabajo no afecta los derechos humanos, ni las normas éticas y de salud en materia de investigación, por lo tanto, no se compromete la integridad física, moral o emocional de las personas ¹⁷.

En el presente estudio no se compromete la integridad física de los participantes ya que el método invasivo de monitoreo de la presión arterial se realiza bajo estándares de seguridad.

En caso de aceptar o no participar en el estudio no tendrá ninguna consecuencia.

17. RESULTADOS

CARACTERISTICAS DE LOS PACIENTES

Entre el 01 de Mayo y el 30 de Junio del 2018, 13 pacientes cumplieron con los criterios de selección marcados en el estudio, de los cuales 3 fueron eliminados debido a que no fue posible la canulación de la línea arterial; por lo cual la muestra final consta de 10 pacientes. La tabla 1 muestra la frecuencia y el porcentaje de acuerdo al género en nuestro grupo de pacientes; podemos observar que la frecuencia del género masculino es de 4 pacientes de un total de 10 y la del género femenino es de 6 pacientes, con una frecuencia del 40 y 60% respectivamente.

Tabla 1. Genero.

	FRECUENCIA	PORCENTAJE
MASCULINO	4	40%
FEMENINO	6	60%

La tabla 2 muestra el grado de hidratación con el que llegaron los pacientes al quirófano, posterior al periodo de ayuno preoperatorio y con soluciones endovenosas calculadas; en ella se aprecia que 9 pacientes presentaban un estado normal de hidratación y solo 1 paciente presentaba signos clínicos de deshidratación leve; lo que se traduce en un porcentaje de 90 y 10% respectivamente.

Tabla 2. Grado de hidratación a la llegada a quirófano.

	FRECUENCIA	PORCENTAJE
MASCULINO	4	40%
FEMENINO	6	60%

La tabla 3 muestra el diagnóstico, frecuencia y porcentaje del mismo, de los pacientes incluidos en el estudio; 30% de los mismos presentan el diagnóstico de craneosinostosis, convirtiéndose este en el más frecuente.

Tabla 3. Diagnósticos.

	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Tumor retroorbitario	1	10%
Rabdomiosarcoma piso pélvico	1	10%
Craneosinostosis	3	30%
Glioma optico	1	10%
Lipomielomeningocele	1	10%
Tumor frontal	1	10%
Atresia esofágica	1	10%
Malformación anorectal	1	10%

Un 70% de los pacientes presentaron sangrado > o igual al 15% de su volumen sanguíneo circulante; por lo que en la tabla 4 se muestra la relación entre dicha variable y la variable género; describiendo esta asociación a través del cálculo de la frecuencia y el porcentaje; pudiendo constatar que el 43% corresponde al género masculino y un 57% al género femenino.

Tabla 4. Pacientes que presentaron sangrado > 15%

	FRECUENCIA	PORCENTAJE
MASCULINO	3	43%
FEMENINO	4	57%

De acuerdo a las pruebas de normalidad Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk, en la tabla 5 se detallan las variables que presentaron una distribución normal: edad, talla, frecuencia cardiaca basal, tensión arterial diastólica basal, tensión arterial media basal, SpO2 basal; tensión arterial sistólica, tensión arterial diastólica y tensión arterial media posterior a la colocación de la línea arterial; frecuencia cardiaca, tensión arterial sistólica, tensión arterial diastólica y tensión arterial media posterior a los 5 minutos de administrada la carga de volumen de 10 ml/kg; frecuencia cardiaca, tensión arterial sistólica, tensión arterial diastólica y tensión arterial media a los 10 minutos posterior a la inducción anestésica; VPP posterior a la colocación de la línea arterial y 5 minutos posteriores a la carga de volumen de 10 ml/kg.

Todas las variables anteriormente mencionadas fueron descritas estadísticamente a través del cálculo de la media y desviación estándar; teniendo así que para la variable edad la media presentada fue de 2.1 años (± 1.59); en el caso de la talla, la media presentada fue de 90.5 cm (± 16.33), detallándose además la descripción estadística de las variables hemodinámicas (frecuencia cardiaca, tensión arterial sistólica, tensión arterial diastólica, tensión arterial media y SpO2) en los diferentes tiempos marcados en el estudio: basal, posterior a la colocación de la línea arterial, 5 minutos posteriores a la administración de la carga de volumen, 10 minutos posteriores a la inducción anestésica y posterior a presentar sangrado > o igual al 15%; así mismo en dicha tabla se observa para la VPP basal una media de 8.9% (± 4.93) y para la VPP 5 minutos posterior a la carga de volumen una media de 2.2 (± 2.04).

Tabla 5. Características demográficas y clínicas basales con distribución normal

	MEDIA	DESVIACION ESTANDAR
Edad	2.1	±1.59
Talla	90.5	±16.33
FC basal	122	±17.39
TAD basal	63	±9.16
TAM basal	80.4	±14.20
SpO2 basal	97	±2.26
TAS posterior a la línea arterial	79.4	±8.57
TAD posterior a la línea arterial	50	±10.3
TAM posterior a la línea arterial	62	±7.02
FC 5 min posterior carga volumen	96.6	±16.56
TAS 5 min posterior carga volumen	83.9	±9.71
TAD 5 min posterior carga volumen	53.1	±12.64
TAM 5 min posterior carga volumen	66.9	±9.42
FC 10 min posterior inducción	100.6	±20.33
TAS 10 min posterior inducción	83.6	±8.48
TAD 10 min posterior inducción	50.1	±9.48
TAM 10 min posterior inducción	63.4	±7.30
VPP basal	8.9	±4.93
VPP 5 min posterior carga volumen	2.2	±2.04
FC sangrado > 15%	113	±13.3
TAS sangrado > 15%	78.8	±14.19
TAD sangrado > 15%	47	±8.00
TAM sangrado > 15%	57.86	±9.89

Los datos son presentados como media y desviación estándar (\pm). FC: frecuencia cardiaca, TAD: tensión arterial diastólica, TAM: tensión arterial media, SpO2: pulsioximetría, TAS: tensión arterial sistólica, VPP: variabilidad presión pulso.

En la tabla 6 se agrupa las variables que no presentaron una distribución normal, según las pruebas de normalidad Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk: peso, tensión arterial sistólica basal; frecuencia cardiaca SpO2 posterior a la colocación de la línea arterial; SpO2 a los 5 minutos posteriores a la administración de la carga de volumen a 10 ml/kg; SpO2 y VPP a los 10 minutos posteriores a la inducción anestésica.

Tabla 6. Características demográficas y clínicas basales con distribución anormal

	MEDIANA	RANGO INTERCUANTIL
Peso	11.5	8-25
TAS basal	98	80-150
FC posterior a la línea arterial	99	82-127
SpO2 posterior a la línea arterial	99	98-100
SpO2 5 min posterior carga volumen	99.4	99-100
SpO2 10 min posterior inducción	99.5	98-100
VPP 10 min posterior inducción	3	0-7
VPP sangrado > 15%	3	0-18
SpO2 sangrado >15%	99	1-99

Los datos son presentados como mediana y rango intercuantil. FC: frecuencia cardiaca, SpO2: pulsioximetría, TAS: tensión arterial sistólica, VPP: variabilidad presión pulso.

Todas las anteriores fueron descritas a través del cálculo de la mediana y el rango intercuantil (valores máximos y mínimos); teniendo así que en el caso del peso la mediana fue de 11.5 kg (25 – 8), para la VPP 10 minutos posterior a la inducción la mediana fue de 3 (0-7), interpretándose como una variable de dispersión amplia.

En la tabla 7 se detalla la significancia estadística encontrada al hacer la comparación de la VPP basal con la VPP posterior a la administración de una carga de volumen de 10 ml/kg peso; se puede observar un valor de P de 0.004 (IC 95%, 2.69, 10.70), lo cual se interpreta como una diferencia estadísticamente significativa entre ambos valores; es decir, que dicho valor si presenta una respuesta a favor (disminución) posterior a la carga de volumen administrada.

Tabla 7. Análisis estadístico de la intervención (prueba de muestras emparejadas)

	Media	DS	T student	P
VPP posterior línea arterial – VPP 5 min posterior carga de volumen	6.7	±5.59	3.78	.004

Los datos son presentados como media, DS: desviación estándar, P: significancia estadística y VPP: variabilidad presión pulso.

En la tabla 8 se detalla la significancia estadística encontrada al hacer la comparación de la VPP posterior a la administración de una carga de volumen de 10 ml/kg peso con la VPP a los 10 minutos posteriores a la inducción anestésica, obteniendo un valor de P de .228 (IC -3.30, 0.90), es decir que una vez administrada la carga de volumen, no existió variación con la inducción anestésica en el valor de la VPP.

Tabla 8. Análisis estadístico de la intervención (prueba de muestras emparejadas)

	Media	DS	T student	P
VPP 5 min posterior carga de volumen – VPP 10 min posterior inducción	-1.2	±2.93	-1.29	.228

Los datos son presentados como media, DS: desviación estándar, P: significancia estadística y VPP: variabilidad presión pulso.

En la tabla 9 se realiza la correlación entre el grado de hidratación y el valor basal de la VPP, en la cual se puede observar, que el valor de la VPP que más frecuencia presenta en el estado de hidratación normal es el de 8% y en el grado de deshidratación leve el valor de mayor frecuencia es el de 11%.

Tabla 9. Correlación grado de hidratación y valor VPP basal.

		VPP BASAL (%)						
		0	3	8	10	11	12	18
Grado de hidratación	Normal (n)	1	1	3	1	1	1	1
	DH leve (n)	0	0	0	0	1	0	0

Los datos son presentados como media, DS: desviación estándar, P: significancia estadística y VPP: variabilidad presión pulso.

Finalmente en la tabla 10 se detalla la significancia estadística encontrada al hacer la comparación entre la frecuencia cardíaca y la tensión arterial media de manera basal y a los 5 minutos posteriores a la administración de la carga de volumen; en dicha tabla se puede observar una P de .008 (IC 95% 8.29, 42.5) cuando se realiza el análisis de los valores de la frecuencia cardíaca basales y posterior a la administración de la carga de volumen, lo cual se traduce a que existe una mejoría en los valores de la misma con la intervención realizada.

En el caso de los valores de la tensión arterial media de manera basal y posterior a la administración de la carga de volumen se obtuvo una P de 0.60 (IC 95% -0.71, 27.71), lo cual se traduce en que a pesar de haber mejoría en los valores de la misma con la intervención realizada, esta no es estadísticamente significativa.

Tabla 10. Análisis estadístico de la intervención (prueba de muestras emparejadas)

	Media	DS	T student	P
FC basal – FC 5 minutos posterior carga volumen	25.4	23.90	3.36	.008
TAM basal – TAM 5 minutos posterior carga volumen	13.5	19.87	2.14	.060

Los datos son presentados como media, DS: desviación estándar, FC: frecuencia cardíaca, TAM: tensión arterial media y P: significancia estadística.

18. DISCUSION

Como ya se ha mencionado anteriormente existen muy pocos estudios en la población pediátrica donde se pretende identificar a los pacientes que serán respondedores a volumen, los cuales son poco concluyentes y además no establecen un valor de punto de corte para la VPP.

Con respecto al objetivo principal de este estudio encontramos que si existe diferencia y mejoría (disminución) estadísticamente significativa entre los valores basales de la VPP y los valores de la misma posterior a la administración de fluidoterapia; estos datos coinciden parcialmente con el estudio realizado por Pereira et al.¹⁸, en el cual se incluye un grupo etario entre los 0 y los 6 años de edad, a diferencia del nuestro ellos determinaron si la Avpeak, VPP, y el VPI eran capaces de reconocer pacientes respondedores a volumen; posterior a la administración de 20 ml/kg de solución cristalóide; al igual que nosotros realizaron la medición de las variables de tensión arterial sistólica, tensión arterial diastólica, tensión arterial media y frecuencia cardíaca; la diferencia más grande entre ambos estudios radica en la toma por ecocardiografía del porcentaje de incremento en la velocidad integral aórtica como parámetro de correlación (respondedores valor > 15%), debido al cual ellos establecen un punto de corte de 13% para identificar a los pacientes respondedores, sin

recomendar dicha variable para guiar la terapia hídrica ya que no obtuvieron valores significativos; sin embargo en ambos estudios se observa una mejoría en las variables hemodinámicas posterior a la administración de la carga de volumen.

En la literatura no se encontraron más reportes de estudios parecidos, entre los más relevantes con respecto al tema se encuentra el de Feldman et al ²⁴, cuyo objetivo fue determinar si el índice de variabilidad de la pletismografía (VPI) era un sustituto de la variabilidad de la presión de pulso en el reconocimiento de este grupo de pacientes, ya que ellos ya consideraban esta variable como adecuada para guiar la reanimación hídrica en este grupo poblacional; sin embargo su estudio fue realizado en pacientes de 11 a 17 años de edad, un grupo de edad en el que se considera el punto de corte de la VPP similar al del paciente adulto.

Otro estudio relacionado reportado en la literatura es el de Byon et al ⁸, el cual incluye pacientes de 6 meses a 9 años de edad, a los cuales se les administro una carga de 10 ml/kg de soluciones coloides, realizándose posteriormente la medición de los valores de VPI, VPS, VPP, Avpeak y diámetro de vena cava inferior; tomando como respondedores a volumen aquellos pacientes que después de administrada la carga presentaban un aumento del 10% en el índice de volumen sistólico (IVS), encontrando que los valores que se modificaban de manera estadísticamente significativa eran los de las variables de VPI y Avpeak, el resto a pesar de presentar modificaciones a favor, estas no eran significativas; las diferencias con nuestro estudio es que realizamos la carga de volumen con soluciones cristaloides y a diferencia de ellos, encontramos diferencia entre valores basales de VPP y posteriores a la carga con un valor de $P < 0.05$.

19. CONCLUSIONES

Con el presente estudio se puede concluir que los valores basales de la VPP disminuyen de manera estadísticamente significativa posterior a la administración de una carga de fluidos cristaloides de 10 ml/kg, lo cual también está relacionado con una mejoría estadísticamente significativa en las variables hemodinámicas como son frecuencia cardiaca y tensión arterial media.

Con respecto a los cambios observados en el valor de la VPP posterior a la inducción anestésica se concluye que dichos valores no varían con respecto a los valores de la VPP posterior a la administración de una carga de volumen, esto probablemente debido a que el paciente se encontraba con una volemia adecuada secundaria a la carga de volumen, en el momento de realizar la inducción anestésica, por lo cual tampoco se observó diferencia en las variables hemodinámicas (FC, TAS, TAD, TAM, SPO2) entre ambos momentos de medición.

Con respecto a los valores de la VPP posterior a un sangrado > 15%, tampoco se observó variación en la misma, esto debido a que dicho sangrado se presentó de forma gradual y no de forma aguda, de manera que las variables hemodinámicas tampoco se vieron alteradas; ya que se realizó una reposición adecuada de la volemia paralela al volumen de sangrado.

El presente estudio tiene la limitación del tamaño muestral, mismo que estuvo condicionado por el límite de tiempo; lo cual no nos permite establecer un valor basal común de la VPP relacionado al estado de hidratación del paciente en el cual las variables FC y TAM se encuentren dentro de los rangos normales para el grupo de edad estudiado; tampoco nos permite realizar la comparación entre el porcentaje de mejoría de las mismas y los valores de VPP posterior a la administración de la carga de volumen, lo cual se traduciría en el establecimiento de un punto de corte, ya que en la fase de este reporte preliminar el tamaño de muestra es escaso.

Así mismo se recomienda abrir una línea de investigación futura en la cual el valor de corte establecido al termino del presente estudio, se correlacione con los valores (11%) del estándar de oro (Avpeak), para poder asignarle mayor poder estadístico al presente estudio.

20. BIBLIOGRAFIA.

1. Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud. Diario Oficial de la Federación. 2011.
2. Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos 59^a Asamblea General. Seúl, Corea. 2008.
3. Sumpelmann R et al. Perioperative intravenous fluid therapy in children: guidelines from the Association of the Scientific Medical Societies in Germany. *Pediatric Anesthesia*, 2017; 27(1):10–18
4. Gan H MBBCh, Cannesson M MD. Predicting Fluid Responsiveness in Children: A Systematic Review. *Anesthesia-analgesia*. 2013; 117 (6): 1380-92.
5. Murat I MD. Perioperative fluid therapy in pediatrics. *Pediatric Anesthesia*. 2008; 18: 363–70.
6. Mande S et al. Effects of a restrictive fluid regimen in pediatric patients undergoing major abdominal surgery. *Pediatric Anesthesia*. 2015; 25(5):530-7.
7. Snaith R, Peutrell J, Ellois D. An audit of intravenous fluid prescribing and plasma electrolyte monitoring; a comparison with guidelines from the National Patient Safety Agency. *Pediatric Anesthesia*. 2008, 18(10): 940–6.
8. Byon H.-J., Lim C.-W. Prediction of fluid responsiveness in mechanically ventilated children undergoing neurosurgery. *British Journal of Anaesthesia*. 2013; 110(4): 586–91.
9. F.-P. Desgranges et al. Respiratory variation in aortic blood flow peak velocity to predict fluid responsiveness in mechanically ventilated children: a systematic review and meta-analysis. *Pediatric Anesthesia* 2016; (26):37-47.
10. Durand P. Chevret L. Respiratory variations in aortic blood flow predict fluid responsiveness in ventilated children. *Intensive Care Med*. 2008; 34(5):888–94.
11. Weber T, Wagner T. Low Predictability of Three Different Noninvasive Methods to Determine Fluid Responsiveness in Critically Ill Children. *Pediatr Crit Care Med* 2015; 16(3):e89–e94.
12. Pizov R et al. Arterial and Plethysmographic Waveform Analysis in Anesthetized Patients with Hypovolemia. *Anesthesiology*. 2010; 113(1):83–91.
13. Baker AK, Partridge RJ. Assessment of the plethysmographic variability index as a predictor of fluid responsiveness in critically ill patients: a pilot study. *Anaesth Intensive Care* 2013; 41(6): 736-41.

14. Monnet X. Pleth variability index is a weak predictor of fluid responsiveness in patients receiving norepinephrine. *British Journal of Anaesthesia*. 2013; 110(2): 207–13.
15. Cannesson M. Pleth variability index to monitor the respiratory variations in the pulse oximeter plethysmographic waveform amplitude and predict fluid responsiveness in the operating theatre. *British Journal of Anaesthesia*. 2008; 101(2): 200–6.
16. Chandler J.R. Pulse oximeter plethysmograph variation and its relationship to the arterial waveform in mechanically ventilated children. *J Clin Monit Comput*. 2012; 26(3):145–51.
17. Yeon J. The Ability of Stroke Volume Variation Measured by a Noninvasive Cardiac Output Monitor to Predict Fluid Responsiveness in Mechanically Ventilated Children. *Pediatr Cardiol*. 2014; 35(2):289–94.
18. Pereira E. Predicting fluid responsiveness in mechanically ventilated children under general anaesthesia using dynamic parameters and transthoracic echocardiography. *British Journal of Anaesthesia*. 2011; 106(6): 856–64.
19. Toledo J S. Correlación entre la variabilidad de la presión de pulso y la presión de oclusión de la arteria pulmonar. *Revista de la Asociación mexicana de medicina crítica y terapia intensiva*. 2011; 22(2): 58-65.
20. Renner J. Non-invasive prediction of fluid responsiveness in infants using pleth variability index. *Anaesthesia*. 2011; 66(7): 582–89.
21. O'Brien F, Walker IA. Fluid homeostasis in the neonate. *Paediatr anaesth*. 2014; 24(1):49-59
22. Holliday MG , Segar WE. The maintenance need for wáter in parenteral fluid therapy. *Pediatrics*. 1957; 19:823-832.
23. Aguilar-Barojas S. Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. *Redalyc.org*. 2005; 11 (enero-agosto).
24. Feldman et al. Is the pleth variability index a surrogate for pulse pressure variation in a pediatric population undergoing spine fusion?. *Pediatric Anesthesia* 22 (2012) 250–255.

21. ANEXOS.

ANEXO 1

CLASIFICACIÓN DE LA ASA	
I	Sano, sin afectación orgánica, fisiológica, bioquímica o psiquiátrica
II	Enfermedad Sistémica leve o moderada
III	Enfermedad sistémica grave que amenaza de la vida
IV	Paciente con enfermedad sistémica grave, que amenaza continuamente su vida
V	Paciente moribundo, cuyo fallecimiento es previsible, con o sin intervención quirúrgica, en las primeras 24 horas.
VI	Paciente para procuración de órganos.

ANEXO 2

FASES Y SIGNOS DE LA DESHIDRATACION				
		GRADO DE LA DESHIDRATACION		
		LEVE	MODERADA	SEVERA
SIGNOS CLINICOS	PERDIDA DE PESO			
	➤ Lactantes	5%	10%	15%
	➤ Niños mayores	3%	6%	9%
	PULSO	Normal	Ligeramente incrementado	Muy incrementado
	TENSION ARTERIAL	Normal	Normal o baja	Normal o baja
	LLENADO CAPILAR	< 2 Segundos	3-5 segundos	>6 segundos
	FONTANELA ANTERIOR	Normal	Ligeramente deprimida	Muy deprimida
	TONO OCULAR	Normal	Ligeramente disminuido	Muy disminuido
	LAGRIMAS	Presentes	Disminuidas	Ausentes
	MUCOSA ORAL	Hidratada o saliva filante	Seca	Muy seca
	SED	Leve	Moderada	No puede beber
	TURGENCIA DE LA PIEL	Normal	Disminuida	Sin turgencia
ESTADO NEUROLOGICO	Alerta o ligeramente irritable	Irritable	Letárgico	
GASTO URINARIO	Normal	Disminuido	Anuria	

Fuente: Deshidratación en niños, Botas SI et al. An Med (Mex) 2011; 56 (3): 146-155.

ANEXO 3

HOJA DE RECOLECCION DE DATOS			
1)EXPEDIENTE	2)GENERO	3)EDAD	FECHA
4)NOMBRE:			
5)GRADO HIDRATACION AL LLEGAR AL QUIROFANO:		Hidratación normal	
		Deshidratación leve	
		Deshidratación moderada	
		Deshidratación severa.	

	FRECUENCIA CARDIACA (LPM)	TENSION ARTERIAL SISTOLICA (mmHg)	TENSION ARTERIAL DIASTOLIC A (mmHg)	TENSIO N ARTERI AL MEDIA (mmHg)	SpO2
Llegada a quirófano					
Posterior a colocación línea arterial					
5 min posteriores a carga de líquidos					
10 min posteriores a inducción anestésica					

	Posterior a colocación de línea arterial	5 minutos posteriores a carga de líquidos	10 min posteriores a inducción anestésica	Sangrado >15%
VPP (%)				

ANEXO 4.

PESO (KG)	Kcal/día o ml/día	Kcal/hr o ml/hr.
0 a 10 kg	100/kg por día	4/kg por hora
11 a 20 kg	1000 + (50/kg por día)*	40 + (2/kg por hora)*
> 20 kg	1500 + (20/kg por día)&	60 + (1/kg por hora)&

* Por cada kg >10.
& Por cada kg > 20.
Holliday MG, Segar WE. The maintenance need for wáter in parenteral fluid therapy. Pediatrics. 1957; 19:823-832

INSTITUTO NACIONAL DE PEDIATRÍA

“Comportamiento clínico de la variabilidad de la presión de pulso en el paciente pediátrico de 1 a 6 años de edad”

Investigadora Principal	Dra. Erika León Álvarez
Institución	Instituto Nacional de Pediatría
Unidad de Adscripción	Anestesia pediátrica
Domicilio	Insurgentes Sur 3700-C Colonia Insurgentes Cuicuilco Delegación Coyoacán, CP 04530. Ciudad de México
Teléfono	5510840900 ext. 1276 y1286

El servicio de anestesiología pediátrica del Instituto nacional de Pediatría le invita a usted y a su hijo (a) a participar de manera voluntaria en este estudio de investigación. Por favor, tómese el tiempo necesario para decidir si desea participar o no. Puede discutir su decisión con sus amigos, familiares o una persona de su total confianza. También puede discutirlo con el equipo médico que atiende a su hijo (a).

En este formato de consentimiento, nos referiremos como responsable a usted o al representante legal del niño(a) y cualquier duda que usted tenga acerca de este estudio la Dra. Erika León Álvarez como investigadora principal y la Dra. Brisa Elvira Resendiz Molina residente de anestesia pediátrica investigadora asociada, se tomarán el tiempo necesario para explicárselo, usted puede preguntar a la firma de este consentimiento o durante el desarrollo de este estudio.

¿Propósito del estudio?

Realizar un monitoreo invasivo de la presión arterial a través de la canulación de una arteria (radial, pedia) de su hijo(a), como parte de la vigilancia del estado hemodinámico durante la cirugía a la que será sometido y se registraran los valores de la variabilidad de la presión de pulso durante momentos específicos de la cirugía; lo anterior con la finalidad de describir los valores normales que se presentan en la población pediátrica.

¿En qué consiste el estudio?

El estudio se llevará a cabo en el Instituto Nacional de Pediatría y consistirá en canalizar una arteria (radial, pedia) de su hijo(a) a su llegada a quirófano bajo efectos de sedación profunda, previo al inicio de la cirugía, posteriormente se registrara el valor de la variación del pulso arterial antes de la inducción anestésica, posterior a la misma y posterior a una carga de solución cristaloides de 10 ml/kg peso corporal.

¿Quiénes pueden participar en el estudio?

Pacientes que acepten participar en el estudio y firmen la carta de consentimiento informado. Para participar se elegirán a pacientes entre 1 a 6 años de edad, programados para cirugía mayor. Se excluirán a los pacientes en los cuales no se pueda canalizar la vía arterial, que padezcan de enfermedades cardíacas congénitas, que tengan alteraciones del ritmo cardíaco (fibrilación auricular, arritmias ventriculares), que tengan algún grado de disfunción ventricular, con enfermedad respiratoria agregada (asma, neumonía, atelectasia, EPOC, SDRA, etc.) y niños que estén participando en otro estudio de Investigación.

Participación voluntaria.

Si decide no participar en el estudio no habrá alteraciones en el cuidado médico rutinario de su hijo(a). En caso de tener alguna inquietud o duda acerca del estudio los investigadores estarán en todo momento para contestar y resolver sus dudas.

¿Qué beneficios puede tener mi hijo (a) al participar?

Este estudio tiene como beneficios mejorar la vigilancia de los signos vitales de su hijo (a) durante la cirugía, así como predecir de manera oportuna los cambios que sufrirá en dichos parámetros y a su vez brindar un manejo adecuado y eficaz ante las variaciones presentadas, así mismo la vigilancia de la presión arterial invasiva nos llevara a la administración racional de soluciones intravenosas durante la cirugía, disminuyendo así las complicaciones como edema pulmonar, edema facial y falla cardiaca por sobrecarga de volumen.

¿Qué riesgos puede tener mi hijo?

Formación de hematoma en los sitios de punción arterial, lesión de estructuras nerviosas vecinas a la arteria canalizada, disminución de flujo sanguíneo de la arteria canalizada.

Incentivos

Este estudio se realiza con la finalidad de mejorar la vigilancia de los parámetros hemodinámicos de los pacientes pediátricos durante la cirugía y reducir el riesgo de complicaciones transoperatorias y postquirúrgicas derivados de la administración excesiva de soluciones intravenosas; si acepta participar será de forma gratuita sin ningún pago por parte de los investigadores.

¿Quién cubrirá los gastos de mi hijo(a)?

Los gastos de la cirugía así como los derivados de la posible hospitalización serán los gastos rutinarios ya destinados para el tipo de cirugía a realizar.

Confidencialidad

Si usted firma este formato de consentimiento, le está concediendo autorización al Instituto Nacional de Pediatría, para usar y divulgar (compartir) la información de salud de su hijo(a), pero no habrá forma de identificar a su paciente, porque se usará un código de identificación únicamente para los propósitos de este estudio. Las leyes de nuestro país, estipulan que la información generada para este estudio estará en el expediente médico de su hijo(a) bajo resguardo del Instituto Nacional de Pediatría. El médico o el personal del estudio, le avisarán en caso de que el uso de sus datos se modifique.

La información de su hijo(a) será manejada confidencialmente. Usted tiene la libertad, en cualquier momento, de limitar al Instituto Nacional de Pediatría para usar y compartir la información de salud de su hijo(a), sin castigos u otras consecuencias. De acuerdo con las normas mexicanas de la “Ley de Protección de Datos Personales en Posesión de Particulares”, usted tiene el derecho de controlar el uso y divulgación de la información médica de su hijo(a). También usted tiene el derecho de solicitar acceso, corrección o cancelación de la información personal de su hijo(a) escribiendo sus motivos al médico del estudio.

¿Puedo negarme o mi hijo(a) puede negarse a participar en este estudio?

Si Ud. o su hijo(a) no desea participar en el estudio, no perderán ninguno de sus derechos como paciente ni la atención de sus doctores. Cabe mencionar que la atención médica será de la misma calidad, acepte o no participar en el estudio.

A quién contactar.

En caso de dudas puede comunicarse con la Dra. Erika León Álvarez o con la Dra. Brisa Elvira Resendiz Molina; teléfono de contacto: 10840900 ext. 1276 y 1286. En caso de dudas sobre los derechos de los niños como pacientes del Instituto Nacional de Pediatría, comunicarse con la Dra. Matilde Ruíz García, Presidenta del Comité de Ética del Instituto Nacional de Pediatría al teléfono 10840900 ext. 1581.

Ciudad de México a _____ de _____ de 201_.

Entiendo que se me entregará un duplicado de todas las hojas de este formato después de ser firmado y fechado. Lo he leído o me lo han leído. Entiendo la información y mis dudas han sido resueltas. Acepto voluntariamente que mi hijo(a) participe en este estudio de investigación y autorizo al Instituto Nacional de Pediatría para usar, divulgar (compartir) y transferir la información de salud mi hijo(a) como se describió en este Formato de Consentimiento Informado.

Nombre del padre: _____ Firma del padre: _____

Nombre de la madre: _____ Firma de la madre: _____

He sido testigo de la lectura exacta del documento de consentimiento para el potencial participante y el individuo ha tenido la oportunidad de hacer preguntas. Confirmando que el individuo ha dado consentimiento libremente.

Nombre del testigo 1: _____ Firma del testigo: _____

Dirección: _____

Relación con el participante: _____

Nombre del testigo 2: _____ Firma del testigo: _____

Dirección: _____

Relación con el participante: _____

Nombre del investigador o quien recoge el consentimiento informado:

_____ Firma: _____

Ha sido proporcionada al participante una copia de este documento de consentimiento informado _____ (iniciales del investigador).