

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LÉON

FACULTAD DE MEDICINA



“RELACIÓN ENTRE DISTENSIBILIDAD DE LA VENA
CAVA INFERIOR E INDICE DE SOBRECARGA HÍDRICA
EN PACIENTES HOSPITALIZADOS EN LA UNIDAD DE
CUIDADOS INTENSIVOS PEDIÁTRICOS”

POR

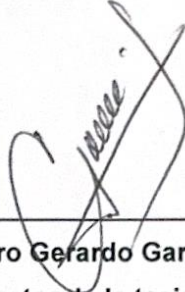
DR. JESÚS MONTANA MELÉNDEZ

COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE:
ESPECIALISTA EN MEDICINA CRÍTICA PEDIÁTRICA

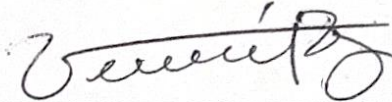
ENERO 2025

**"RELACIÓN ENTRE DISTENSIBILIDAD DE LA VENA CAVA INFERIOR E INDICE DE SOBRECARGA
HÍDRICA EN PACIENTES HOSPITALIZADOS EN LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS
PEDIÁTRICOS"**

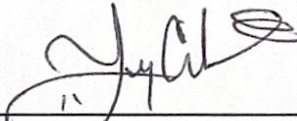
Aprobación de la tesis:



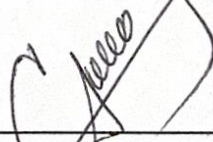
Dr. med. Arturo Gerardo Garza Alatorre
Director de la tesis



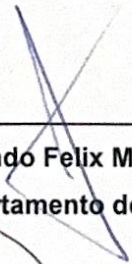
Dra. Verónica Rodríguez Martínez
Coordinador de Enseñanza



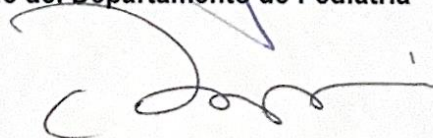
Dra. Yanyn Ameyaly Cabrera Antonio
Coordinador de Investigación



Dr. med. Arturo Gerardo Garza Alatorre
Jefe de Servicio de Medicina Crítica Pediátrica



Dr. med. Fernando Felix Montes Tapia
Jefe del Departamento de Pediatría



Dr. med. Felipe Arturo Morales Martínez
Subdirector de Estudios de Posgrado

DEDICATORIA:

A mis padres, mi hermana y amigos, por apoyarme siempre en momentos difíciles y creer en mí.

AGRADECIMIENTOS:

Al personal de enfermería, inhaloterapia y al equipo médico de la unidad de cuidados intensivos pediátricos, a mis maestros, por enseñarme perseverancia, carácter y dedicación por esta tan hermosa profesión, a mis ahora hermanos, Juan, Vale y Rebe, de quienes aprendí el valor de la amistad, el trabajo duro y siempre me daban motivos para sonreír.

Contenido

DEDICATORIA:	3
AGRADECIMIENTOS:	4
RESUMEN:	6
MARCO TEÓRICO	8
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	14
JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	15
PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.	16
HIPÓTESIS.	16
OBJETIVO PRINCIPAL:	16
OBJETIVOS ESPECIFICOS:	16
MATERIALES Y MÉTODOS	17
PLAN DE ANALISIS ESTADÍSTICO	22
CONSIDERACIONES ÉTICAS	23
RESULTADOS	25
DISCUSIÓN	34
CONCLUSIONES	36
RECOMENDACIONES PARA ESTUDIOS POSTERIORES	36
LIMITACIONES DEL ESTUDIO	37
BIBLIOGRAFÍA:	38

RESUMEN:

El contenido de agua corporal varía según la edad y se distribuye entre los compartimentos intravascular y extravascular. El balance de líquidos se regula por factores como la presión, y diversos sistemas (nervioso, endocrino, renal) participan en este proceso. En pacientes críticos, las alteraciones metabólicas y la fuga capilar pueden generar sobrecarga hídrica (SH), lo que afecta la función cardiaca y pulmonar, empeorando la oxigenación y ventilación y el pronóstico de los pacientes. El manejo de líquidos es desafiante, especialmente en pacientes con ventilación mecánica o sepsis. El uso del ultrasonido en cuidados intensivos ayuda a evaluar el estado de los líquidos y guiar el tratamiento adecuado, por lo que continuamente se buscan medidas no invasivas para guiar el tratamiento y medidas terapéuticas, como la distensibilidad de la vena cava, la cual es un protocolo ya estudiado en adultos, aun no estandarizado en pacientes pediátricos.

Materiales y métodos. Estudio observacional, ambispectivo, analítico y longitudinal, realizado en la Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos, el cual incluye pacientes pediátricos críticamente enfermos de 1 mes a 15 años hospitalizados, bajo ventilación mecánica, con control de líquidos estricto desde el ingreso en quienes se analizó la relación entre el índice de sobrecarga hídrica calculada durante las primeras 72 horas de su estancia y variables como la distensibilidad de la vena cava inferior.

Resultados. Se analizaron un total de 89 pacientes, de los cuales se recabó información acerca de la función renal y presión oncótica, teniendo incrementos en la mayoría a las 72 horas de la creatinina sérica, y de manera seriada se tomó la información sobre la distensibilidad de la vena cava, no se encontró una relación estadísticamente significativa

entre el índice de sobrecarga hídrica calculado y las variables independientes con la distensibilidad de la cava inferior, se calculó una especificidad para la prueba de 68% y 35% de sensibilidad con un AUC de 0.45.

Conclusiones. La distensibilidad de la vena cava inferior medida por ultrasonido no es estadísticamente confiable para diagnosticar sobrecarga hídrica en pacientes críticamente enfermos, con un área bajo la curva de 0.45. Aunque más específica que sensible, la prueba podría ser útil como parte de un protocolo diagnóstico más amplio, pero no se correlaciona con variables clave.

MARCO TEÓRICO

El contenido corporal de agua en relación con el peso total del individuo varía de acuerdo con su edad, siendo alrededor de un 60% en adultos, en lactantes 70% y en recién nacidos y pretérmino puede ser tan alta como 80%; tal contenido tiene una distribución que no es igualitaria entre el compartimento intravascular y el extravascular, representando el 45% en este último. El balance entre los diferentes espacios es determinado por factores que mantienen la presión conservada en algún compartimento particular para que no haya desplazamiento del líquido a otros espacios, además de que hay un proceso de retroalimentación que involucra diversos sistemas, como el nervioso, el endocrino y el renal.

Sin embargo, las condiciones clínicas de los pacientes suelen alterar la distribución hídrica entre los diferentes compartimentos, incluso generando desplazamiento de líquido al denominado, tercer espacio. El principio fundamental para el movimiento del líquido es influenciado por componentes como el glucocálix, cuya función es la de una membrana semipermeable y, más allá de depender de gradientes de presión, establece la presión oncótica y es el mayor determinante del flujo transcapilar.¹ El concepto de fluidos de mantenimiento en base a los requerimientos de los pacientes data de fechas antiguas, hasta de 1950 cuando Holliday y Segar calcularon las necesidades calóricas en el paciente promedio hospitalizado, a partir de esto, se extrapolan los requerimientos mínimos de un paciente sin contar los factores agregados como el estado de gravedad o el incremento en las pérdidas insensibles, uno de los mayores problemas es que representan cálculos que no permiten la individualización del tratamiento a los pacientes y dificultan la correcta dosificación de líquidos.²

Los estados críticos de los pacientes usualmente conllevan fuga capilar y anasarca asociadas a la respuesta inflamatoria sistémica y diversas alteraciones metabólicas, entonces, algunos presentan hipoalbuminemia que puede condicionar fuga capilar a los tejidos, y otros requieren el uso de nutrición parenteral que incrementa la cantidad de líquidos intravenosos administrados. Junto a la reanimación que suele ser agresiva al inicio de la atención de los pacientes, es frecuente que se observen estados de hipervolemia que pueden generar sobrecarga hídrica. De tal manera, lo que implica la sobrecarga hídrica no sólo es una inadecuada distribución del líquido intravascular, si no que puede empeorar la función cardiaca, alterando la compliancia ventricular que puede afectar la función global cardiaca, el gasto cardiaco y a su vez, la perfusión tisular.

A nivel pulmonar se observa que los estados de sobrecarga se asocian a edema alveolar e intersticial, que de manera secundaria afectan la función respiratoria, empeorando el edema, disminuyendo la relación de ventilación/ perfusión (V/Q) y a su vez, afectando tanto la oxigenación como la ventilación. ³

El factor de la sobrecarga hídrica (SH) como predictor en el incremento en la morbilidad y la mortalidad fue inicialmente descrito en pacientes con insuficiencia renal que se encontraban bajo terapias de reemplazo renal (TRR), en un principio se caracterizaba a la SH como un balance hídrico positivo que conllevaba a empeoramiento global del paciente, así como descenso en oxigenación, mayor necesidad de tiempo bajo ventilación mecánica, y en general incremento en los días de estancia intrahospitalaria. Incluso previo al advenimiento de las tecnologías médicas y las diferentes técnicas al lado de la cama del paciente (bedside) se habían probado estrategias médicas como la restricción de fluidos en pacientes adultos con cuadros como síndrome de distress

respiratorio agudo (SDRA) probando que mejoraban la mortalidad, los días de estancia y de dependencia de ventilación mecánica. Uno de los principales problemas para el manejo de la SH siempre ha sido la etiología multifactorial, ya que contribuye no solo el factor orgánico como lesión renal, hipoalbuminemia u oliguria, también el factor médico como la dosificación de los fluidos y el tipo de fluidos administrados.⁴

En el estudio de Alobaidi Rashid, et al. en 2020, se definió el concepto de porcentaje de sobrecarga hídrica como la relación resultante entre el peso al ingreso de la hospitalización y los ingresos y egresos de líquidos del paciente, dicho porcentaje era valorado al día 10 de la estancia intrahospitalaria, además de su asociación con la duración de la ventilación mecánica y el desarrollo de la lesión renal, y un incremento de 1% del porcentaje de SH se relacionaba con un 6% de incremento de mortalidad

Una de las dificultades más importantes para estadificar y cuantificar la SH en los pacientes es que los métodos calculados en base al balance de líquidos no cuantifican la totalidad de los factores que influyen, no tienen en cuenta las pérdidas insensibles en general, y en escenarios específicos como un paciente polipneico con fiebre y lactante en quien las pérdidas están muy incrementadas y los factores modificables deben ser tomados en cuenta, generan un margen de error bastante amplio que puede alterar la estimación del estado de sobrecarga.⁵

El manejo correcto de los fluidos intravenosos es un desafío siempre presente al tratar pacientes hospitalizados, frecuentemente, la manera de dictaminar la cantidad de fluidos a administrar viene de los conocimientos acerca del gasto basal en reposo, así como de las pérdidas insensibles que se pueden incrementar en situaciones diversas, como la fiebre, taquipnea o estados de choque en donde el metabolismo se encuentra en

hiperactividad. Particularmente, en pacientes que se encuentran mecánicamente ventilados, el manejo de los líquidos se entorpece ya que los mecanismos de regulación normal como la evaporación o las pérdidas insensibles son disminuidos al encontrarse la vía respiratoria en un circuito cerrado.

Además, clínicamente al contar con ventilación mecánica, los mecanismos reguladores de los pacientes se encuentran alterados ya que los receptores osmóticos, no osmóticos y anti diuréticos no se encuentran íntegros y puede contribuir a la retención hídrica adicional; en contraste los métodos de cuantificación de egresos pueden ser inadecuados para realizar balances hídricos adecuados, esto de manera terminal puede afectar la función orgánica individual a través del incremento del edema intersticial, así como de disminución en la perfusión, en el caso pulmonar como ya se ha comentado, frecuentemente requiere de incremento en los parámetros de ventilación como PEEP, la fuga capilar causan edema pulmonar hidrostático además de microalbuminuria.⁶

En el contexto particular de los pacientes con sepsis, escenario relativamente frecuente en la unidad de cuidados intensivos pediátricos, además de empeorar el cuadro por la alteración de la función orgánica global, también puede causar el incremento en la producción de citocinas inflamatorias y activación endotelial que finalmente genera lesión de la glucocálix y a su vez, alteración en la permeabilidad vascular.⁷ Claramente existe un factor de sesgo asociado al cuadro ya que la permeabilidad vascular incrementada repercute de igual manera en la contractilidad miocárdica y puede empeorar la de por sí existente miocarditis séptica de éstos pacientes.⁸ Contrario a lo que podríamos encontrar en pacientes con lesiones traumáticas encefálicas en las cuales, si bien, existen múltiples factores que pueden incrementar el riesgo de morbilidad mortalidad y secuelas, la

sobrecarga hídrica no suele ser un determinante definitivo para el incremento de éstas según lo visto por Stulce et. Al. ⁹

En la práctica médica antigua se utilizaban parámetros clínicos como el edema en zonas declive o el incremento ponderal, como signos clínicos tardíos se podía observar hepatomegalia o datos de congestión en radiografía de tórax, así como ingurgitación yugular.¹⁰ En la actualidad, el avance de las tecnologías médicas ha permitido el incorporar a la práctica diaria técnicas como el ultrasonido, previamente utilizado por radiólogos únicamente, al cuidado al lado de la cama de los pacientes, particularmente en el ámbito de un paciente críticamente enfermo esto es de suma importancia ya que permite la toma de decisiones inmediatas para cambiar o mejorar el curso clínico del paciente.¹¹

El uso del ultrasonido POCUS (Point Of Care Ultrasound) ha influido significativamente en la manera de manejar a los pacientes críticamente enfermos, ya que las mediciones que permite no se limitan únicamente al compartimento intravascular, permite visualizar de manera indirecta otros sitios donde impacta la sobrecarga hídrica.¹² Y en el caso contrario, los pacientes que tienen algún déficit intravascular de líquidos también pueden ser analizados para valorar su respuesta clínica a la administración de fluidos, sobre todo en el contexto de un paciente que se encuentra con fuga extravascular de líquido.¹³

La vena cava inferior representa un reservorio de sangre desoxigenada importante para el cuerpo, teniendo la capacidad de distensión importante por sus características físicas, las cuales incluyen paredes delgadas y una gran complianza, por lo que su estado de dilatación o contracción física representa una oportunidad importante para la valoración del estado del volumen intravascular de los pacientes críticamente enfermos. ¹⁴ Una de

las mediciones críticas en ultrasonido para valorar el estado intravascular de fluido es la vena cava inferior (VCI), la cual se ha documentado en pacientes adultos que tanto su diámetro, como su colapsabilidad y distensibilidad se relacionan de manera directa con el volumen intravascular del paciente, previamente la PVC (Presión Venosa Central) se utilizaba como predictor del estado hídrico intravascular, sin embargo, tanto la PVC como las mediciones de la VCI es que no representan de manera correcta ni completa el estado de la precarga del ventrículo izquierdo, además son susceptibles a cambios en sus mediciones por condiciones sistémicas como hipertensión pulmonar, o enfermedades como valvulopatías.¹⁵ Y en mayor medida, el inconveniente principal del ultrasonido en estas partes es que no se valora de manera correcta la congestión en otros órganos vitales como pulmones, hígado, intestino y riñones.¹⁶

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Los protocolos pediátricos usualmente resultan de derivaciones de los ya aprobados en pacientes adultos, en donde se encuentra ya firmemente establecido en el tratamiento manejo y diagnóstico de sobrecarga hídrica en pacientes críticos. Las mediciones no son extrapolables ya que no toman en consideración las diferentes características fisiológicas, anatómicas y los factores de crecimiento relacionados a edad y peso. Es imperativo el relacionar dicho protocolo con las medidas de atención actual a los pacientes pediátricos ya que las ventajas del uso del ultrasonido pediátrico al lado de la cama permiten realizar diagnósticos establecer tratamientos y valorar en tiempo real y de manera oportuna y rápida las repercusiones del manejo sobre el padecimiento. La valoración ultrasonográfica permite tener más datos que valorar y tener en consideración no solamente la perfusión de los órganos importantes como hígado y riñón, si no valorar los vasos de reserva grandes como la cava inferior y así incidir en la limitación o continuación del manejo hídrico intravenoso.

JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

A pesar de que el ultrasonido es una herramienta útil para la valoración del paciente pediátrico críticamente enfermo, existen mediciones y protocolos que no se encuentran completamente adaptados a la población en cuestión, esto asociado a la variabilidad de peso, talla y características fisionómicas de los pacientes hace difícil establecer medidas estandarizadas para todas las valoraciones realizadas.

Clínicamente los datos de sobrecarga hídrica se encuentran establecidos, pero es difícil realizar mediciones objetivas acerca del grado de esta, así como su asociación con complicaciones como la mortalidad, de manera que, la tendencia actual nos obliga a encontrar maneras para estadificar la sobrecarga, y encontrar datos objetivos para poder adecuar las medidas terapéuticas necesarias y así incidir en el resultado clínico del paciente.

En la actualidad, no existen medidas indexadas por peso o por edad para los pacientes pediátricos en cuanto al diámetro de la Vena Cava inferior o su comparación con el índice de sobrecarga hídrica (ISH) para el diagnóstico de la sobrecarga de volumen intravascular dentro de la población estudiada. Las mediciones realizadas servirán para establecer planes terapéuticos, así como para adecuar las medidas a realizar en los pacientes con la finalidad de mejorar el resultado de la enfermedad, así como disminuir factores de riesgo asociados a la sobrecarga intravascular de líquidos.

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.

¿Cuál es la relación entre la distensibilidad de la vena cava inferior y el índice de sobrecarga hídrica en los pacientes hospitalizados en la unidad de cuidados intensivos pediátricos?

HIPÓTESIS.

Hipótesis Alternativa. Existe una relación positiva entre la presencia de sobrecarga hídrica intravascular calculada por el índice de sobrecarga hídrica y la cuantificada por medio de ultrasonido de la distensibilidad de vena cava inferior.

Hipótesis Nula. No existe una asociación positiva entre la presencia de sobrecarga hídrica intravascular calculada por el índice de sobrecarga hídrica y la cuantificada por medio de ultrasonido de la distensibilidad de vena cava inferior.

OBJETIVO PRINCIPAL:

Identificar a pacientes con sobrecarga hídrica intravascular diagnosticada mediante el índice de sobrecarga hídrica y comparar su relación con las medidas ultrasonográficas de la distensibilidad de la vena cava inferior.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

Obtener mediciones de la vena cava inferior (medición del diámetro, de la distensibilidad y de la colapsabilidad) agrupadas por edad y/o peso.

Establecer las medidas de congestión venosa en pacientes antes de alcanzar el corte del índice de sobrecarga hídrica asociada a complicaciones.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño del estudio:

- Estudio observacional, ambispectivo, analítico y longitudinal

Lugar del estudio:

- Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos, del Hospital Universitario “Dr. José Eleuterio González”

Duración:

- Enero 2025 a mayo 2025

Criterios de Inclusión:

- Pacientes pediátricos críticamente enfermos de 1 mes a 15 años hospitalizados en la unidad
- Pacientes bajo ventilación mecánica
- Pacientes con control de líquidos estricto desde el ingreso
- Expedientes clínicos que contengan toda la información completa

Criterios de exclusión:

- Pacientes con patología cardíaca, o pulmonar que condicionen alteraciones en mediciones por ultrasonido
- Pacientes sin cuantificación de líquidos desde el ingreso

- Pacientes con alteraciones anatómicas hepáticas, renales o vasculares ya conocidas
- Pacientes con lesión renal crónica
- Pacientes con información incompleta en expediente clínico

Criterios de eliminación:

- Pacientes que fallezcan durante las primeras 24 horas de hospitalización en la unidad
- Pacientes en quienes se deshabitúa de la ventilación mecánica antes de las 72 horas de hospitalización
- Expedientes clínicos que no contengan información clara o que falten datos.

Metodología:

Durante el tiempo estimado, se realizará la revisión de expedientes clínicos de pacientes que cumplan con los criterios de inclusión y que hayan cursado su internamiento en la Unidad de Terapia Intensiva Pediátrica del Hospital Universitario Dr. José Eleuterio González durante los años 2023 y 2024 para extraer datos (reporte del diámetro de la vena cava inferior y el valor del índice de sobrecarga hídrica) que serán incluidos en la base de datos.

Los pacientes que estén cursando su internamiento en febrero 2025 a abril 2025 en la unidad, se recabará la información de las mediciones con ultrasonografía de rutina que se les realizan. Se les tomarán los diámetros máximos y mínimos de la vena cava inferior al ingreso, a las 24 horas, y 72 horas de estancia en la unidad.

También se obtendrán los datos pertinentes en cuanto a los líquidos administrados indexados por superficie corporal, y se realizará el cálculo del índice de sobrecarga hídrica (%) para las horas seleccionadas las cuales se anexarán en la base de datos del estudio.

Cálculo del tamaño de la muestra:

ESTIMACIÓN DE UNA PROPORCIÓN EN UNA POBLACIÓN INFINITA					
$N = \frac{(Z\alpha)^2 (p)(q)}{\delta^2}$					
		al cuadrado			
valor Z	1.96	3.8416			
valor p	0.63			n=	89.547696
valor q	0.37				
valor δ	0.10	0.01			

Se utilizó la fórmula de estimación de una proporción en una población infinita con el objetivo primario de: Identificar a pacientes con sobrecarga hídrica intravascular diagnosticada mediante el índice de sobrecarga hídrica y comprar su relación con las medidas ultrasonográficas por el sistema VExUS y la distensibilidad de la vena cava inferior.

Esperando una prevalencia de 63% de pacientes pediátricos que desarrollen sobrecarga hídrica intravascular, con una significancia bilateral de 5% y un poder del 97.5% se necesitan al menos 90 pacientes. Los parámetros fueron establecidos con base en el estudio realizado por Samaddar y colaboradores (<https://www.indianpediatrics.net/nov2018/957.pdf>)

VARIABLES

Variable	Definición	Tipo de variable	Unidades de medida
Edad	Tiempo que ha pasado desde el nacimiento de una persona hasta determinada fecha.	Numérica discreta	Años
Género	Conceptos sociales de las funciones, comportamientos, actividades y atributos que cada sociedad considera apropiados para los hombres y las mujeres.	Catagórica nominal	Masculino Femenino
Peso	Peso del paciente en kilogramos	Numérica continua	Kg
Talla	Talla del paciente en metros	Numérica continua	Cm
Diagnóstico	Enfermedad que padece al ingreso	Catagórica nominal	Nombre de la enfermedad

Diagnóstico nutricional	Condición física en la que se encuentra un individuo en relación con la utilización e ingesta de nutrientes esenciales para el cuerpo	Categoría nominal	Desnutrición Eutrofia Sobrepeso Obesidad
Diámetro de la Vena Cava Inferior	Distancia medida entre ambos extremos de la vena cava inferior inmediatamente posterior a la salida de la vena hepática en las diferentes fases del ciclo respiratorio	Numérica Continua	Mm
Índice de sobrecarga Hídrica	Relación entre el peso al ingreso de la hospitalización y los ingresos y egresos de líquidos del paciente.	Numérica Continua	%
Líquidos proyectados	Cantidad de líquidos endovenosos recibidos por el paciente en un momento dado proyectado para un periodo de 24 horas indexada por peso en Kg.	Numérica Continua	ml/Kg

PLAN DE ANALISIS ESTADÍSTICO

En la estadística descriptiva se reportarán frecuencias y porcentajes para variables categóricas. Para las variables numéricas se reportarán medidas de tendencia central y dispersión (media/mediana; desviación estándar/rango intercuartil). En la estadística inferencial se evaluará la distribución de la muestra por medio de la prueba de Shapiro-Wilk.

Se compararán variables categóricas independientes por medio de la prueba de χ^2 de Pearson o prueba exacta de Fisher. Para comparar variables numéricas entre grupos independientes se utilizarán las pruebas de t-Student y/o U de Mann Whitney. Se utilizarán modelos de regresión logística para determinar factores de riesgo.

Se considerará un valor de $p \leq 0.05$ y un intervalo de confianza al 95% como estadísticamente significativo. Se utilizará el paquete IBM SPSS Versión 25 para la realización del análisis.

CONSIDERACIONES ÉTICAS

De acuerdo con los principios establecidos en la declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial adoptada por 52va Asamblea General, en Edimburgo, Escocia en el año 2000 en su artículo 11, considerando también el artículo 13, el 15 y las últimas enmiendas de la declaración; que señalan que la investigación debe basarse en un conocimiento cuidadosos del campo científico, se revisó detalladamente la bibliografía para redactar los antecedentes y la metodología del proyecto.

Esta investigación de acuerdo con el “Reglamento de la Ley General de la Salud en Materia de Investigación para la Salud” en su Título 2do, Capítulo 1ro, Artículo 17, Fracción II, se considera como investigación con riesgo mínimo.

El presente proyecto será evaluado y aprobado por el Comité de Ética en Investigación del Hospital Universitario “José E. González.

Mecanismos de confidencialidad:

La información de los pacientes será utilizada y revelada sólo para las actividades y operaciones que estén relacionadas con el protocolo de investigación, así como en circunstancias limitadas, como cuando sea requerido por ley. El uso y revelación de datos sobre los pacientes se limitará al estándar del "mínimo necesario" y será utilizada solo por los investigadores relacionados con el protocolo de investigación. Para proteger la información de las personas vulnerables, no se incluirán datos personales del paciente en la base de datos; se utilizará un código identificador único para la identificación de cada paciente. Solo tendrán acceso a la base de datos los miembros del equipo de investigación.

RESULTADOS

Se analizó de manera ambispectiva 89 casos de pacientes pediátricos que ingresaron a la Unidad de Terapia Intensiva Pediátrica (UTIP) del Hospital Universitario “Dr. José Eleuterio González” durante un periodo de 2 años (enero 2023 a diciembre 2024). **(Tabla 1)**

Tabla 1. Características clínicas	
	Total N=89
Género, n (%)	
<i>Femenino</i>	33 (37.1)
<i>Masculino</i>	56 (62.9)
Edad, mediana en años (rango)	3 (0.8 – 15)
Somatometría, mediana (rango)	
<i>Peso (kg)</i>	15 (2.6 - 100)
<i>Talla (cm)</i>	100 (49 - 187)
Estado nutricional, n (%)	
<i>Eutrófico</i>	53 (59.6)
<i>Desnutrición</i>	28 (31.5)
<i>Sobrepeso</i>	2 (2.2)
<i>Obesidad</i>	6 (6.7)
Diagnósticos, n (%)	
<i>Neumonía</i>	11 (12.4)
<i>Rickettsiosis</i>	5 (5.6)
<i>TCE severo</i>	14 (15.7)
<i>Politraumatismo</i>	7 (7.9)
<i>Tumores solidos de SNC</i>	8 (9)
<i>Enfermedades Hemato-oncológicas</i>	7 (7.9)
<i>Neurocríticos no quirúrgicos</i>	14 (15.7)
<i>Quemaduras</i>	2 (2.2)
<i>Epilepsia</i>	1 (1.1)
<i>Choque séptico</i>	4 (4.5)
<i>Choque hipovolémico</i>	5 (5.6)
<i>Patología quirúrgica abdominal</i>	1 (1.1)
<i>Atresia Esofágica</i>	3 (3.4)
<i>Aspiración de cuerpo extraño</i>	2 (2.2)
<i>Neoplasias solidas</i>	2 (2.2)
<i>Laringomalacia /traqueomalacia</i>	2 (2.2)
<i>Ingesta de cáusticos</i>	1 (1.1)

Abreviaturas: TCE, Traumatismo craneoencefálico; SNC, Sistema nervioso central.

El 62.9% (n=56) fueron pertenecientes al género masculino y 37.1% (n=33) femenino.

(Figura 1).

La mediana de edad fue de 3 años (rango de 0.8 – 15 años), la mayoría entre el mes de edad y los 3 años, de los cuales predominan los pacientes menores de 1 año, siendo 23 pacientes (25%), en segundo lugar pacientes de 1 año de edad, con 17 pacientes (19%), y en tercer lugar los pacientes en edad adolescente, siendo mayoría los de 15 años, 13 pacientes(14.4%) **(Figura 2)**

Los principales diagnósticos al ingreso de la UTIP fueron; traumatismo craneoencefálico severo y padecimientos neurocríticos no quirurgicos (15.7%, cada uno), seguido de neumonía (12.4), politraumatismo (7.9%) y enfermedades hemato-oncologicas (7.9%).

(Figura 3 y Tabla 2)

Cincuenta y tres pacientes (59.6%) se encontraban en adecuado estado nutricional, 28 tenían desnutrición (31.5%), 2 sobrepeso (2.2%), y 6 obesidad (6.7%). **(Figura 4)**

La mediana de peso fue de 15 kg (rango, 2.6 - 100) y talla de 100 cm (rango, 49 - 187).

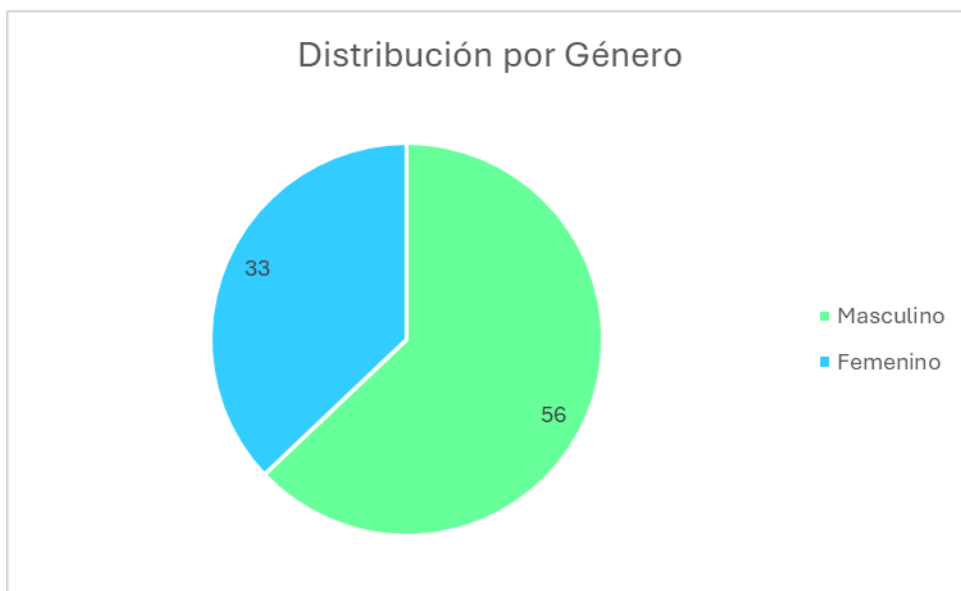


Figura 1. Distribución porcentual por género de los pacientes incluidos en el protocolo.

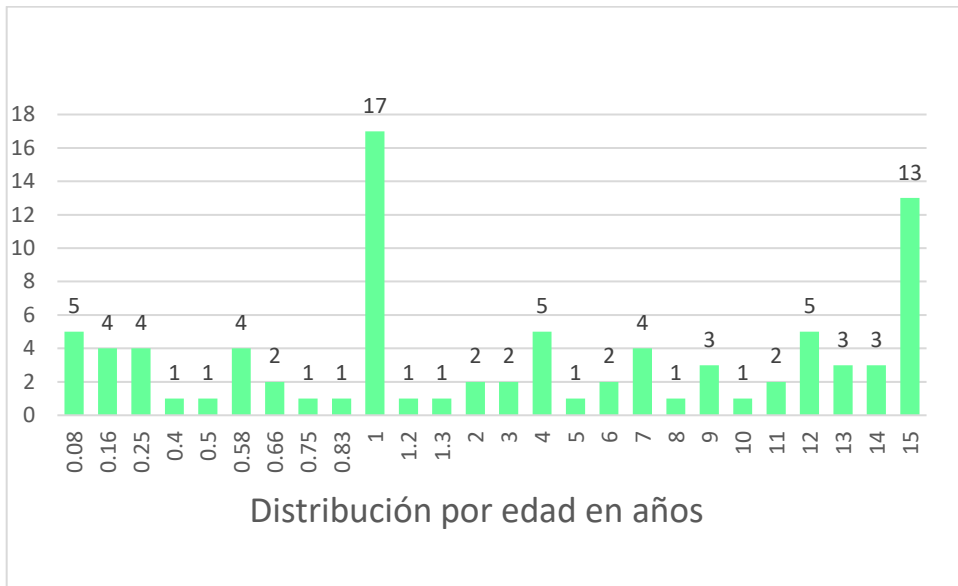


Figura 2. Distribución por edad en años.

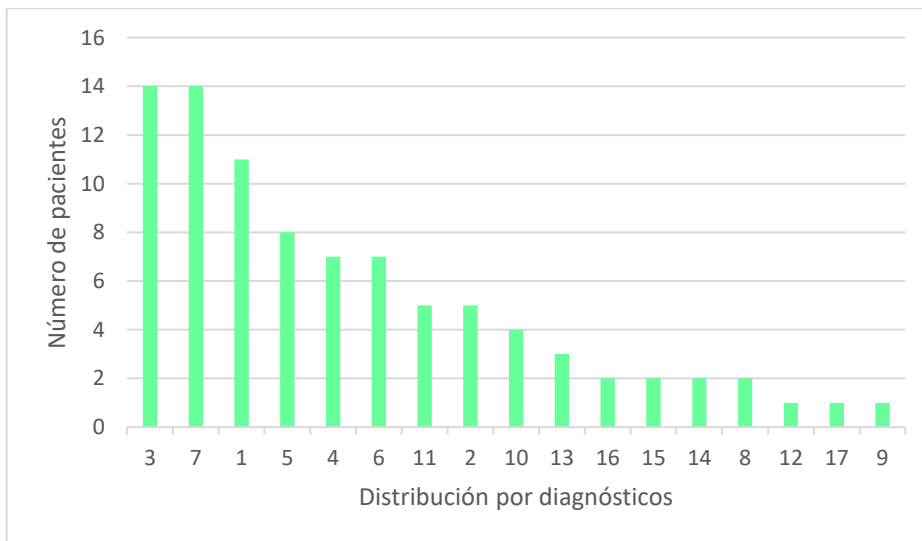


Figura 3. Representación gráfica de diagnósticos agrupados

Número	Diagnóstico
1	NEUMONÍA
2	RICKETTSIOSIS
3	TCE SEVERO
4	POLITRAUMATISMO
5	TUMORES SÓLIDOS DE SNC
6	ENFERMEDADES HEMATOONCOLÓGICAS
7	NEUROCRÍTICOS NO QUIRURGICOS
8	QUEMADURAS

9	EPILEPSIA
10	CHOQUE SEPTICO
11	CHOQUE HIPOVOLEMICO
12	PATOLOGÍA QUIRURGICA ABDOMINAL
13	ATRESIA ESOFÁGICA
14	ASPIRACION DE CUERPO EXTRAÑO
15	NEOPLASIAS SOLIDAS
16	LARINGOMALACIA / TRAQUEOMALACIA
17	INGESTA DE CAUSTICOS

Tabla 2. Nomenclatura utilizada para diagnósticos presentados en los pacientes incluidos.

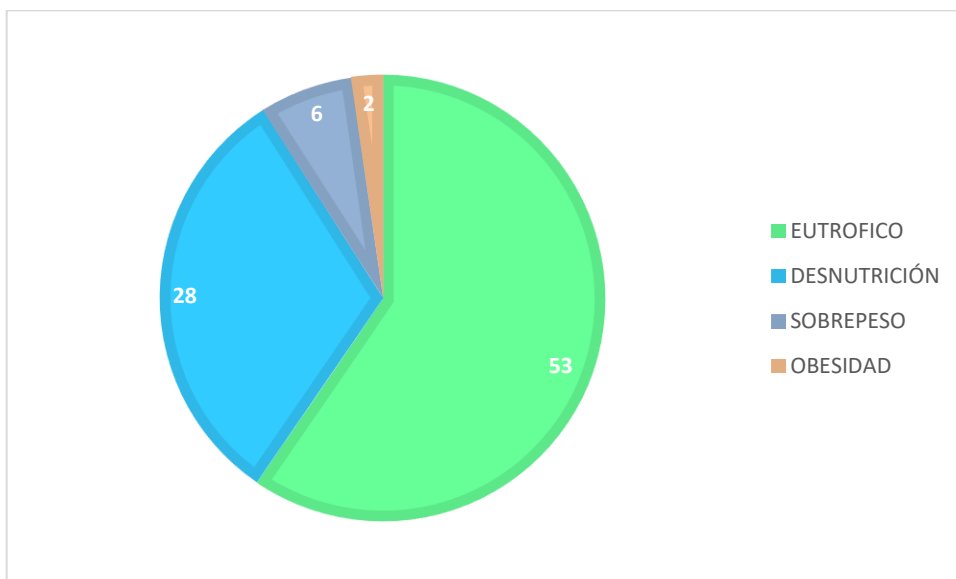


Figura 4. Distribución por estado nutricional de acuerdo con percentiles para la edad.

Función renal

Al ingreso, el 60.6% (n=54) de los pacientes presentaron una función renal conservada y el 39.3% (n=35) una función renal disminuida, de los cuales 5 (14%) ingresaron por patologías neuro críticas no quirúrgicas, 5 (14%) por traumatismo craneoencefálico, 4 (11.4%) politraumatismo, 4 algún tipo de neumonía (11.4%), 3 (8.5%) choque séptico, 3 (8.5%) choque hipovolémico, 3 (8.5%) rickettsiosis, 2 (5.7%) tumores sólidos de SNC, 2 (5.7%) enfermedades hemato-oncológicas, 2 (5.7%) aspiración de cuerpo extraño, 1 (2.8%) neoplasias sólidas, y 1 (2.8%) por patología quirúrgica abdominal, ($p= 0.41$). Desde el punto de vista nutricional, 54.2% (n=19) pacientes tenían un adecuado estado nutricional, 34.2% (n=12) tenían desnutrición, y 11.4% (n=4) obesidad, ($p=0.30$).

A las 24 y 72 horas se elevó el número de pacientes con función renal disminuida (51.7% y 48.3%, respectivamente), con una diferencia estadísticamente significativa con respecto al ingreso ($p<0.001$). **(Tabla 3)**.

Sobrecarga hídrica

Al ingreso, 40.4% de los pacientes (n=36) presentaron algún grado de sobrecarga hídrica, con una media de media ISH de 1.04 (rango 0-7%), El 44.4% de estos pacientes (n=16) tenían una función renal disminuida. Posterior a las 72 horas, el 100% de los pacientes (n=89) presentaron sobrecarga hídrica (media de 9.13%, rango 2 – 37%), $p<0.001$. De los cuales, el 50.6% (n=45) de los casos presentaba un ISH >10% **(Tabla 3)**

Tabla 3. Evolución de los pacientes ingresados a la terapia intensiva en 72 horas				
	Ingreso	24 horas	72 horas	p
Función renal, n (%)				<0.001
<i>Conservada</i>	54 (60.7)	43 (48.3)	46 (51.7)	
<i>Disminuida</i>	35 (39.3)	46 (51.7)	43 (48.3)	
PO, mediana (rango)	17 (10-26)	17 (11.5 – 26)	16 (11.7 – 26)	
ISH, mediana (rango)	0 (0-7)	5 (1-27)	10 (2-37)	<0.001
Clasificación de ISH, n(%)				0.04
<10%	89 (100)	79 (88.8)	44 (49.4)	
>10%	0 (0)	10 (11.2)	45 (50.6)	
LT proyectados, mediana (rango)	1800 (1078-3780)	1720 (1000-3780)	1500 (800-3150)	

Abreviaturas. PO Presión oncótica, ISH índice de sobrecarga Hídrica, LT Líquidos Totales

Índices de distensibilidad de la vena cava inferior

La estadística descriptiva como media y DE, mediana, mínimo, máximo de todas las mediciones ecográficas a las 72 horas de estancia en la UTIP, se analizó mediante la

Tabla 4. Índice de distensibilidad de vena cava inferior por grupo de peso					
	Grupo 1 <5 kg (n=17)	Grupo 2 6 a 10 kg (n=17)	Grupo 3 11 a 20 kg (n=22)	Grupo 4 20 a 40 kg (n=14)	Grupo 5 >40 kg (n=20)
VCI-DMax					
<i>Media, DE,</i>	0.58, ±0.19,	0.73, ±0.16, 0.74	1.14, ±0.25, 1.13	1.52, ±0.25, 1.57	2.10, ±0.26, 2.07
<i>mediana (rango)</i>	0.55 (0.35 – 1.24)	(0.48 – 1.05)	(0.51 – 1.68)	(1.08 – 1.93)	(1.73 – 2.55)
VCI-DMin					
<i>Media, DE,</i>		0.63, ±0.15, 0.60	1.02, ±0.31, 0.97	1.34, ±0.24, 1.30	1.83, ±0.25, 1.86
<i>mediana (rango)</i>	0.46, ±0.18, 0.42 (0.24- 1.05)	(0.45 – 0.98)	(0.37 – 1.8)	(1.00 – 1.93)	(1.14 – 2.46)
dVCI					
<i>Media, DE,</i>		15.6, ±14.6, 11	18.5 , ±11.9, 16.1	14.09, ±9.63, 13.35	15.05, ±16.23,
<i>mediana (rango)</i>	20, ±7.1, 18 (8 – 39)	(6 – 59)	(0 – 46)	(0-35)	12.25 (0 – 75)

Abreviaturas: VCI-DMax, Diámetro máximo de la vena cava inferior; VCI-Dmin, Diámetro mínimo de la vena cava inferior; dVCI, distensibilidad de la vena cava inferior.

clasificación por grupos de peso. **(Tabla 4)**

Correlación ISH – dVCI

El área bajo la curva ROC de la dVCI fue de 0.45 (IC 95% 0.33 – 0.57), con un punto de corte medido por el índice de Youden de menor a 13.6% de dVCI para detectar sobrecarga hídrica. **(figura 5)** La prevalencia de sobrecarga hídrica (ISH >10%) en este estudio fue de 50.6%, el rendimiento de la prueba dVCI obtuvo una sensibilidad de 35%, especificidad de 68%, razón de verisimilitud positiva (LR+) de 1.12, y razón de verisimilitud negativa (LR-) de 0.95. **(Tabla 5)**

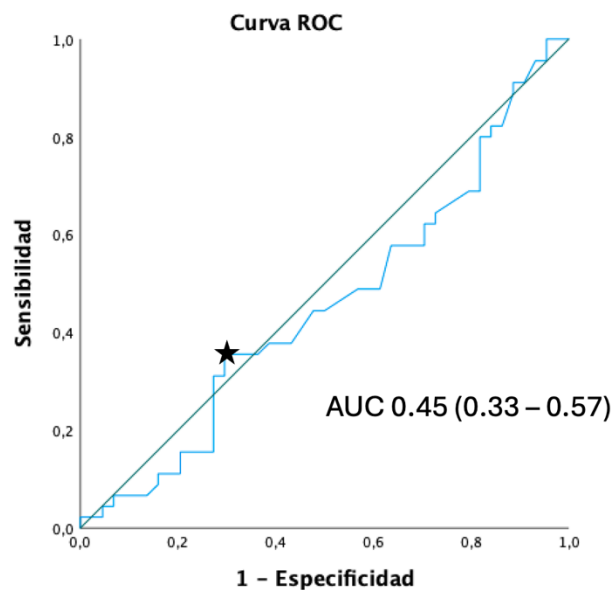


Figura 5. Curva ROC (Característica Operativa del Receptor)

Tabla 5. Medidas de precisión diagnóstica del dVCI	
Sensibilidad	35%
Especificidad	68%
LR+	1.12
LR-	0.95

Abreviaturas: LR+, razón de verisimilitud positiva; LR-, razón de verisimilitud negativa.

DISCUSIÓN

Las mediciones del diámetro de la vena cava inferior e índice de distensibilidad representan herramientas auxiliares importantes para la evaluación del estado hídrico intravascular de los pacientes críticamente enfermos. Continúan siendo mediciones de fácil acceso, de rápido procedimiento y sin exposición a riesgos al paciente. Sin embargo, se debe recordar que es una valoración auxiliar dentro del abordaje completo que conlleva el tratamiento de un paciente críticamente enfermo y en ningún momento deberán ser tomados como absolutos para la dirección del tratamiento y cambios en las indicaciones de manejo en los pacientes.

Es importante resaltar que dentro de las condiciones que pueden afectar dichas mediciones se encuentran los factores anatómicos como primer lugar, los cuales pueden confundir la toma de índices como el de distensibilidad de la vena cava, además, los factores clínicos y fisiológicos de los pacientes también tienen influencia sobre dichas mediciones, como es la presión oncótica, función renal, así como el índice de sobrecarga hídrica, que en conjunto tienen gran importancia sobre el diámetro de la vena cava inferior.

Los padecimientos que son más frecuentes dentro de la hospitalización en la unidad de cuidados intensivos, como el choque séptico, hipovolémico y distributivo pueden afectar de manera negativa y generar confusión al momento del cálculo de la distensibilidad de la vena cava.

Por último, es difícil establecer criterios de corte entre las diferentes edades y pesos de la población pediátrica, al contrario que en la población adulta, en los cuales el punto de corte es claramente establecido para el abordaje como el protocolo VExUS, en la

población pediátrica existen interposiciones entre peso de las medidas, y la variación es importante como para establecer un punto de corte y partir de ahí para evaluar el estado intravascular.

En el presente estudio se encontraron las ya mencionadas interposiciones entre diámetros de la vena cava entre grupos de peso, e incluso en condiciones de normovolemia se encuentran variaciones importantes del mismo, pudiendo encontrar valores inferiores a las encontradas por el grupo de peso, sin que esto represente una alteración clara del estado hídrico intravascular.

CONCLUSIONES

Tras la valoración estadística se concluye que, para la población estudiada, la distensibilidad de la vena cava inferior medida por ultrasonido no es una prueba estadísticamente confiable para la determinación de la sobrecarga hídrica en pacientes críticamente enfermos, a pesar de encontrar un área bajo la curva de 0.45, las razones de verosimilitud analizadas posteriormente revelan que la prueba tiene una baja utilidad como medición absoluta al momento de diagnosticar el índice de sobrecarga.

Sin embargo, la prueba de sensibilidad y especificidad determinan que las mediciones son más específicas (68%) para la determinación de la sobrecarga hídrica que sensibles, de igual manera, el estudio actual sirve para tener referencia acerca del valor de inclusión de dicha prueba para protocolos diagnósticos posteriores ya que confiere medidas agrupadas por peso de la vena cava inferior, y en caso de ser considerado, pudiera ser incluido como parte de un protocolo más completo.

En cuanto a la asociación con variables independientes, se encontró que a pesar de mostrar variación tanto en la presión oncótica, como la función renal durante las 72 horas de estancia intrahospitalaria valoradas, las mediciones no se correlacionaban de manera positiva con estas.

RECOMENDACIONES PARA ESTUDIOS POSTERIORES

Ampliar criterios de inclusión asociados al estado nutricional para descartar las alteraciones de este como un factor confusor en la toma de las medidas mediante el ultrasonido.

Considerar los estados de choque que afectan la volemia como factor importante de la variación del estado intravascular, posible vasoplegia y alteración en motilidad vascular que puedan sesgar los resultados medidos.

LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Dentro de las limitaciones encontradas, el primer factor es el tamaño de la muestra, ya que es necesario ampliarlo para generar un consenso más amplio y una visión panorámica de las variaciones en diámetro de la vena cava inferior para realizar mediciones confiables y toma de decisiones terapéuticas prudentes.

Se debe de considerar el estado nutricio del paciente previo al ingreso como un factor fundamental, ya que, dentro del estudio, las variaciones entre pacientes con desnutrición y obesidad representan los extremos del espectro de las mediciones sin que representen de manera definitiva una alteración hemodinámica en la condición del paciente.

BIBLIOGRAFÍA:

1. Ker GL, Gangadharan S. Management of Fluid Overload in the Pediatric ICU. En: Mastropietro CW, Valentine KM, editores. *Pediatric Critical Care: Current Controversies* [Internet]. Cham: Springer International Publishing; 2019. p. 193–209. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-3-319-96499-7_11
2. Fuhrman D, Crowley K, Vetterly C, Hoshitsuki K, Koval A, Carcillo J. Medication Use as a Contributor to Fluid Overload in the PICU: A Prospective Observational Study. *J Pediatr Intensive Care*. el 26 de julio de 2017;7.
3. Al-Lawati ZH, Sur M, Kennedy CE, Akcan Arkan A. Profile of Fluid Exposure and Recognition of Fluid Overload in Critically Ill Children. *Pediatric Critical Care Medicine*. el 3 de agosto de 2020;21(8):760–6.
4. de Oliveira FSV, Freitas FGR, Ferreira EM, de Castro I, Bafi AT, de Azevedo LCP, et al. Positive fluid balance as a prognostic factor for mortality and acute kidney injury in severe sepsis and septic shock. *J Crit Care* [Internet]. 2015;30(1):97–101. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0883944114003487>
5. Alobaidi R, Basu R, DeCaen A, Joffe A, Lequier L, Pannu N, et al. Fluid Accumulation in Critically Ill Children. *Crit Care Med*. julio de 2020;48(7):1034–41.
6. SUKLA SAMADDAR JSSKKARL. Association of Fluid Overload with Mortality in Critically-ill Mechanically Ventilated Children. *Indian Pediatr*. el 15 de noviembre de 2018;11(55):957–61.
7. Fernandez-Sarmiento J, Sierra M, González M, Lucena N, Lanzotti V, Agudelo S. Association between fluid overload and mortality in children with sepsis: a systematic review and meta-analysis. *BMJ Paediatr Open*. el 21 de noviembre de 2023;7:8.
8. Stulce C, Reisner A, Kane JM, Shin HS, McCracken C, Williamson J, et al. Fluid

- Overload in Pediatric Severe Traumatic Brain Injury*. *Pediatric Critical Care Medicine* [Internet]. 2020;21(2). Disponible en: https://journals.lww.com/pccmjjournal/fulltext/2020/02000/fluid_overload_in_pediatric_severe_traumatic_brain.8.aspx
9. El-Nawawy A, Moustafa AA, Antonios MAM, Atta MM. Clinical Outcomes Associated with Fluid Overload in Critically Ill Pediatric Patients. *J Trop Pediatr* [Internet]. el 1 de abril de 2020;66(2):152–62. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/tropej/fmz045>
 10. Di Nicolò P, Tavazzi G, Nannoni L, Corradi F. Inferior Vena Cava Ultrasonography for Volume Status Evaluation: An Intriguing Promise Never Fulfilled. *J Clin Med*. el 13 de marzo de 2023;12(6):2217.
 11. Kathuria N, Ng L, Saul T, Lewiss RE. The baseline diameter of the inferior vena cava measured by sonography increases with age in normovolemic children. *Journal of Ultrasound in Medicine*. el 1 de junio de 2015;34(6):1091–6.
 12. De Souza TH, Giatti MP, Nogueira RJN, Pereira RM, Soub ACS, Brandão MB. Inferior Vena Cava Ultrasound in Children: Comparing Two Common Assessment Methods. *Pediatric Critical Care Medicine*. el 1 de abril de 2020;21(4):E186–91.
 13. Kaptein EM, Kaptein MJ. Inferior vena cava ultrasound and other techniques for assessment of intravascular and extravascular volume: an update. *Clin Kidney J* [Internet]. el 1 de noviembre de 2023;16(11):1861–77. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/ckj/sfad156>
 14. Özkan EA, Kılıç M, Çalışkan F, Baydın A. Evaluation of the Inferior Vena Cava Diameter in Dehydrated Children Using Bedside Ultrasonography. *Emerg Med Int* [Internet]. el 1 de enero de 2022;2022(1):6395474. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2022/6395474>

15. Octavius GS, Imanuelly M, Wibowo J, Heryadi NK, Widjaja M. Inferior vena cava to aorta ratio in dehydrated pediatric patients: a systematic review and meta-analysis. *Clin Exp Pediatr* [Internet]. el 14 de junio de 2023;66(11):477–84. Disponible en: <https://doi.org/10.3345/cep.2022.01445>
16. Yamaguchi Y, Moharir A, Kim SS, Wakimoto M, Burrier C, Shafy SZ, et al. Ultrasound assessment of the inferior vena cava in children: A comparison of sub-xiphoid and right lateral coronal views. *Journal of Clinical Ultrasound* [Internet]. el 1 de mayo de 2022;50(4):575–80. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/jcu.23061>

