



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

FACULTAD DE MEDICINA  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

UNIDAD MÉDICA DE ALTA ESPECIALIDAD HOSPITAL DE  
ESPECIALIDADES "DR. ANTONIO FRAGA MOURET" CENTRO  
MÉDICO NACIONAL "LA RAZA"

**"CORRELACIÓN ENTRE ÍNDICE DE COLAPSABILIDAD DE VENA CAVA  
INFERIOR CON VOLUMEN DE ULTRAFILTRADO ALCANZADO EN  
PACIENTES SOMETIDOS A HEMODIÁLISIS INTERMITENTE".**

**TESIS:**

PARA OBTENER EL GRADO DE ESPECIALISTA EN  
MEDICINA INTERNA

**PRESENTA:**

DR. ALEJANDRO ESTEBAN PRADO

**ASESOR:**

DRA. GABRIELA MEDINA GARCÍA



CIUDAD DE MÉXICO, NOVIEMBRE DEL 2023



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

---

Dr. Jesús Arenas Osuna  
Jefe de la División De Educación en Salud  
U.M.A.E Hospital de especialidades “Dr. Antonio Fraga Mouret” del Centro Médico  
Nacional “La Raza” del IMSS

---

Dra. Olga Lidia Vera Lastra  
Profesor Titular del curso de Medicina Interna / Jefe de Servicio de Medicina Interna  
U.M.A.E Hospital de especialidades “Dr. Antonio Fraga Mouret” del Centro Médico  
Nacional “La Raza” del IMSS

---

Dra. Gabriela Medina García  
Unidad de Investigación en Medicina traslacional en enfermedades hematooncológicas  
Profesor adjunto al curso de especialidad de Medicina Interna  
U.M.A.E Hospital de especialidades “Dr. Antonio Fraga Mouret” del Centro Médico  
Nacional “La Raza” del IMSS

---

Dr. Alejandro Esteban Prado  
Médico residente de cuarto año de la especialidad de Medicina Interna  
U.M.A.E Hospital de especialidades “Dr. Antonio Fraga Mouret” del Centro Médico  
Nacional “La Raza” del IMSS

Número de registro CLIS R-2022-3501-184



INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL  
DIRECCIÓN DE PRESTACIONES MÉDICAS



**Dictamen de Aprobado**

Comité Local de Investigación en Salud **3501**.  
HOSPITAL DE ESPECIALIDADES CENTRO MEDICO NACIONAL LA RAZA.

Registro COFEPRIS **17 CI 09 002 047**  
Registro CONBIOÉTICA **CONBIOETICA 09 CEI 033 2017121**

FECHA **Viernes, 23 de diciembre de 2022**

**M.C. Gabriela Medina García**

**P R E S E N T E**

Tengo el agrado de notificarle, que el protocolo de investigación con título **Correlación entre índice de colapsabilidad de vena cava inferior con volumen de ultrafiltrado alcanzado en pacientes sometidos a hemodiálisis intermitente**, que sometió a consideración para evaluación de este Comité, de acuerdo con las recomendaciones de sus integrantes y de los revisores, cumple con la calidad metodológica y los requerimientos de ética y de investigación, por lo que el dictamen es **A P R O B A D O**:

Número de Registro Institucional  
R-2022-3501-184

De acuerdo a la normativa vigente, deberá presentar en junio de cada año un informe de seguimiento técnico acerca del desarrollo del protocolo a su cargo. Este dictamen tiene vigencia de un año, por lo que en caso de ser necesario, requerirá solicitar la reaprobación del Comité de Ética en Investigación, al término de la vigencia del mismo.

ATENTAMENTE

**Dr. Jose Arturo Velazquez Garcia**  
Presidente del Comité Local de Investigación en Salud No. 3501

Imprimir

**IMSS**  
SEGURIDAD Y SOLIDARIDAD SOCIAL

## ÍNDICE

1.1 RESUMEN	4
1.2 ABSTRACT	5
2. INTRODUCCIÓN	6
3. MATERIAL Y MÉTODO	11
4. RESULTADOS	14
5. DISCUSIÓN	17
6. CONCLUSIÓN	19
7. BIBLIOGRAFÍA	20

## 1.1 RESUMEN

**TÍTULO:** Correlación entre índice de colapsabilidad de vena cava inferior con volumen de ultrafiltrado alcanzado en pacientes sometidos a hemodiálisis intermitente.

**MATERIAL Y MÉTODO:** Se trata de un estudio transversal y observacional que incluyó a pacientes hospitalizados y ambulatorios con diagnóstico de enfermedad renal crónica KDIGO G5 que tuvieron una sesión de hemodiálisis en el Hospital de Especialidades del Centro Médico Nacional La Raza. Se realizó la medición con un ultrasonido portátil Butterfly iQ+, mientras que para el análisis de resultados se utilizó el software SPSS mediante estadística descriptiva con tabla de frecuencias, medida de tendencia central de acuerdo a la distribución de los datos aplicando la prueba de Shapiro-Wilk. Para el análisis de correlación se utilizó R de Spearman tomando un valor de  $p < 0.05$  como significativo.

**RESULTADOS:** Se reunieron 33 pacientes que constituyeron la muestra del estudio, con una edad de 41 años (30-52.5); el 54% de ellos del sexo femenino con un índice de colapsabilidad de 26.82 (18.71) y un ultrafiltrado en mililitros de 2000 (750-2500) con un índice de correlación entre las variables de estudio de -0.507 con  $p = 0.002$

**CONCLUSIONES:** Existe una correlación inversa y moderada entre el índice de colapsabilidad de vena cava inferior y el ultrafiltrado obtenido en los pacientes sometidos a hemodiálisis intermitente

**PALABRAS CLAVE:** INDICE DE COLAPSABILIDAD, VENA CAVA INFERIOR, ULTRAFILTRADO, CORRELACIÓN

## 1.2 ABSTRACT

**TITLE:** Correlation between inferior vena cava collapsability index and ultrafiltration achieved after and intermitent hemodialysis session.

**MATERIALS AND METHODS:** This is an observational and cross-sectional study that included ambulatory and hospitalized patients with a diagnosis of Chronic Kidney Disease KDIGO S5 that were into an hemodialysis session at Hospital de Especialidades del Centro Médico Nacional La Raza. Measurements were made with a portatil ultrasound model Butterfly iQ+. For the statistical analysis we used the software named SPSS with descriptive statistics using frequency tables, and central tendency measures according to data distribution using Shapiro-Wilk's test. For the correlation analysis we used Spearman correlation coefficient, considering significant a p value of <0.05.

**RESULTS:** The study sample was of thirty-three patients with an age of 41 years (30-52.5); 54% were women with an inferior vena cava collapsability of 26.82 (18.71) and an ultrafiltration of 2000 milliliters (750-2500) with a correlation index between variables of the study of -0.507 with  $p=0.002$ .

**CONCLUSIONS:** There's an inverse and moderate correlation between the inferior vena cava and collapsability index and the ultrafiltration achieved after an intermitent hemodialysis session.

**KEY WORDS:** COLLAPSABILITY INDEX, INFERIOR VENA CAVA  
ULTRAFILTRATION, CORRELATION.

## 2. INTRODUCCIÓN

La Enfermedad Renal Crónica (ERC) se define como una reducción en la función renal expresada en la reducción de la tasa de filtrado glomerular estimada (TFGe) por debajo de 60 ml/min por 1.73 m<sup>2</sup> o marcadores de daño renal como albuminuria, hematuria o anormalidades detectadas por imagenología y que están presentes por al menos 3 meses<sup>1</sup>. En México se estima una incidencia de ERC de 377 por millón de habitantes y una prevalencia de 1 142 casos por millón de habitantes, siendo la causa más frecuente la diabetes tipo 2 con hasta el 50% de los casos, seguida en frecuencia por hipertensión arterial sistémica y en tercer lugar las glomerulonefritis de diversas etiologías<sup>2</sup>. Esto significa un problema de salud pública ya que el 11% de la población general padece algún grado de enfermedad renal crónica con un ingreso de pacientes a terapia de sustitución de la función renal (TSFR) del 6% anual, siendo el mayor ingreso en los últimos 10 años a la de tipo hemodiálisis y teniendo el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) al 50% del total de los pacientes en terapias dialíticas en México.

Según datos recolectados de 2008 a 2018, la edad promedio de los pacientes en TSFR es de 63 años, con mayor prevalencia de 60 a 69 años, siendo la mayoría pensionados y con el 56% de ellos en modalidad diálisis peritoneal mientras que 44% en modalidad tipo hemodiálisis. Asimismo, se estima que el costo de las terapias dialíticas para el IMSS es de 5.5 mil millones de pesos de forma directa, mientras que una cantidad similar se estima que se destina de forma indirecta.<sup>3</sup> En el caso de la hemodiálisis que gestiona el IMSS el 70% son subrogadas a unidades privadas y el 30% se realizan en unidades propias de la institución con un costo anual por paciente entre \$223,183 y \$257,000 pesos y un total para los 24,455 pacientes en dicho tratamiento de forma anual entre \$5,457,945,631 y \$6,284,931,338 pesos, correspondiendo al 1.47% del gasto total del seguro de enfermedad y maternidad en 2019<sup>4</sup>. Estos datos nos demuestran la magnitud e importancia de esta población para el instituto y con ello la relevancia de brindarles una atención de calidad a la vez que se optimiza el aspecto económico.

Una de las complicaciones más frecuentes en hemodiálisis son los episodios de hipotensión intradialítica con una frecuencia que va de 20% hasta 60% de las sesiones y que estos están directamente relacionados a mayor morbilidad y menor tasa de supervivencia en estos pacientes<sup>5</sup>.

En situaciones normales la presión arterial se mantiene como el resultado del gasto cardíaco y la resistencia vascular periférica, siendo el primero determinado por el volumen latido y frecuencia cardíaca que dependen de la precarga, postcarga y contractilidad. Estas variables están bajo el control del sistema nervioso simpático, el sistema renina angiotensina aldosterona y los niveles de vasopresina que son regulados de forma estrecha para mantener la normotensión. En cambio en el paciente en hemodiálisis, la mayoría de los pacientes experimentan una disminución de la presión arterial de 28 a 40 mmHg debido principalmente al ultrafiltrado de volumen intravascular, disminución de osmolaridad plasmática y deterioro de mecanismos compensatorios ya que un tercio de los pacientes en hemodiálisis padecen insuficiencia cardíaca crónica y suelen estar bajo tratamiento con medicamentos inotrópicos negativos como betabloqueadores. La Fundación Nacional del Riñón define la hipotensión intradialítica como una disminución de la presión arterial sistólica en 20 mmHg o más de forma aislada o bien de 10 mmHg asociado a síntomas o necesidad de realizar intervención como administración de soluciones, reducción de ultrafiltrado o flujo sanguíneo<sup>6</sup>.

Los episodios de hipotensión intradialítica están ocasionados en gran parte por la cantidad de ultrafiltrado realizado durante las sesiones. Dentro del manejo de los pacientes en hemodiálisis es crucial determinar de la forma más exacta posible el estado de volumen intravascular y con ello un ultrafiltrado óptimo que disminuya efectos adversos y a la vez contribuya a disminuir la congestión intravascular. Existen estrategias a fin de determinar la volemia de forma no invasiva, sin embargo está demostrado que solo la exploración física es poco sensible identificando la hipovolemia o hipervolemia, convirtiéndose en una valoración subjetiva<sup>7</sup> por lo que es deseable contar con métodos no invasivos de estimación de estado de volemia y con ello el peso seco, que se define como el peso menor tolerado posterior a sesión de hemodiálisis con mínimos síntomas y signos de hipovolemia como lo son mareo, edema y/o hipotensión intradialítica. Dentro de los recursos disponibles están biomarcadores cuantificables en sangre como el péptido natriurético auricular y el péptido natriurético tipo B); mediciones realizadas con ultrasonido, ya sea de vasos como la vena cava inferior o la vena yugular interna, así como de parámetros a nivel pulmonar; y bioimpedancia, siendo este último de los más

usados en los últimos años, pero que requiere de equipo especial y costoso para su realización.

El diámetro de la vena cava inferior se traduce en una estimación no invasiva de la presión venosa central y con ello del volumen de sangre circulante, sin embargo está influido por alteraciones de circulación del corazón derecho, por ejemplo por presencia de hipertensión pulmonal o insuficiencia tricuspídea, así como por factores que alteran la presión intraabdominal como el embarazo. Se ha propuesto que el diámetro promedio de vena cava inferior en pacientes en hemodiálisis es de 14.9+/-0.4 mm antes de la sesión y 8.2+/-0.3 mm después de la sesión. Se ha demostrado que el diámetro de la vena cava inferior está relacionado con estado de volumen intravascular, sin embargo sin relación con hipotensión durante hemodiálisis<sup>8</sup>.

Por otro lado, también se ha demostrado una relación entre la presión auricular derecha, el volumen intravascular y el índice de colapsabilidad de vena cava inferior en cual se realiza midiendo el tamaño de este vaso en espiración e inspiración y calculado con la fórmula de Índice de colapsabilidad de vena cava inferior (ICVCI): (diámetro máximo-diámetro mínimo)/diámetro máximo\*100, determinando como puntos de corte los siguientes: 1) Hipovolemia con diámetro de vena cava inferior (VCI) menor a 8 mm/m<sup>2</sup> e ICVCI mayor a 75%, 2) Euvolemia con diámetro de VCI igual o mayor a 8 e igual o menor a 11.5 mm/m<sup>2</sup> e ICVCI con valor entre igual o mayor a 40% así como igual o mayor a 75% 3) Hipervolemia con diámetro de VCI mayor a 11.5 mm/m<sup>2</sup> e ICVCI menor a 40% como se resume en la siguiente tabla:

<b>Tabla 1: Puntos de corte de diámetro de vena cava inferior indexado a superficie (VCDi) corporal e índice de colapsabilidad de vena cava inferior (IVCCI) acorde a estado de volemia<sup>9</sup></b>		
	<b>IVCDi (mm/m<sup>2</sup>)</b>	<b>IVCCI (%)</b>
<b>Hipovolemia</b>	<8	>75
<b>Euvolemia</b>	≥8 y ≤11.5	≥40 y ≤75
<b>Hipervolemia</b>	>11.5	<40

Por lo que el ultrasonido de vena cava inferior ofrece una opción asequible, sencilla y que se puede realizar en múltiples ocasiones en tiempo real a fin de estimar la volemia de forma objetiva y reproducible y con ello determinar cuáles pacientes están en mayor riesgo de hipotensión durante la sesión de hemodiálisis<sup>9</sup>.

En este sentido, se ha demostrado previamente que existe una relación entre el índice de colapsabilidad de la vena cava con el ultrafiltrado realizado en los pacientes con hemodiálisis mediante regresión lineal con una  $R^2$  de 0.87 a 0.64 respecto al ultrafiltrado en litros y dicho índice en pacientes críticamente enfermos<sup>10</sup>. También se ha demostrado una correlación significativa entre el diámetro de vena cava y el índice de colapsabilidad de vena cava con el ultrafiltrado obtenido, esto en base a una estimación de peso seco<sup>11</sup>.

Sin embargo, no todo es tan positivo ya que está la limitante del entrenamiento que se necesita a fin de realizar una medición adecuada del diámetro de vena cava inferior, ya que en nuestro medio no todos los hospitales cuentan con equipo de ultrasonido o personal capacitado para utilizarlo. Se ha puesto a prueba la fiabilidad de esta medición en médicos no cardiólogos sin formación formal en ecocardiografía. Por ejemplo, en un estudio<sup>9</sup> se realizó la medición utilizando un equipo portátil por parte de residentes con un curso formal de 4 horas y con 20 mediciones de vena cava inferior supervisadas por un experto, habiéndose demostrado adecuadas y siendo realizadas en un promedio de 3 a 5 minutos sin interferir en la atención al paciente. En este estudio también se observó que el 92% de los pacientes que tuvieron un episodio adverso relacionado a hemodiálisis en forma de hipotensión (presión arterial sistólica menor a 100 mmHg, calambres musculares o dolor torácico) tuvieron hipovolemia definida por mediciones de vena cava inferior<sup>9</sup>. Se ha demostrado por otros autores que el entrenamiento en ultrasonido para el estudio de vena cava inferior con 25 repeticiones es suficiente para obtener imágenes de adecuada calidad, esto en concordancia con las recomendaciones del Colegio Americano de Médicos de Emergencias (ACEP)<sup>12</sup> lo que convierte en dicha medición en una alternativa viable en nuestro medio para determinar el estado de volemia de dichos pacientes y servir de guía en programación de ultrafiltrado y evitar los episodios de hipotensión intradialítica.

Por todo lo anterior hacemos énfasis en que la enfermedad renal crónica es un padecimiento frecuente y costoso en nuestra población, por lo que necesitamos una herramienta para estimar el estado de volemia de estos pacientes previo a la sesión de hemodiálisis, ya que solamente los datos clínicos no son suficientes para hacer dicha estimación, esto a fin de evitar efectos adversos como hipotensión intradialítica que terminan por aumentar la morbimortalidad de esta población. Es por ello que en este estudio se buscó comprobar si existe una correlación entre el índice de colapsabilidad de la vena cava inferior y el ultrafiltrado logrado en hemodiálisis intermitente, así como evaluar el estado de la volemia de los pacientes previo a dicha sesión y si ocurren episodios de hipotensión durante la misma.

### 3. MATERIAL Y MÉTODO

Se trata de un estudio transversal y observacional que incluyó a pacientes hospitalizados y ambulatorios sometidos a hemodiálisis intermitente, donde se buscó la correlación entre las variables ya mencionadas. Se incluyeron a los pacientes con diagnóstico de enfermedad renal crónica KDIGO G5 que tuvieron una sesión de hemodiálisis en el Hospital de Especialidades del Centro Médico Nacional La Raza (HECMNR). Debido a los múltiples factores que afectan el diámetro de la vena cava inferior<sup>8</sup>, se excluyeron pacientes bajo ventilación mecánica, con infusión de vasopresor, embarazadas, aquellos con derrame pericárdico, angioacceso disfuncional<sup>13</sup>, en los casos con imposibilidad de obtener ventana acústica adecuada para la medición<sup>14</sup> y los pacientes no pudieron otorgar consentimiento informado.

Se realizó un cálculo de tamaño de la muestra acorde a la siguiente fórmula:

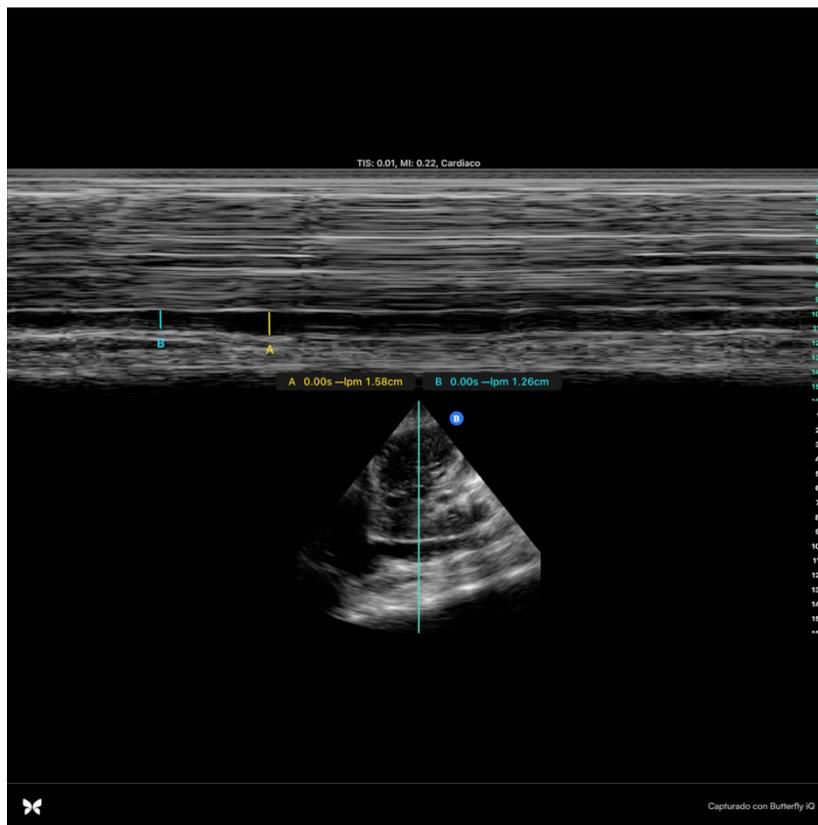
$$N = \left[ \frac{(Z\alpha + Z\beta)}{0.5 \ln[(1+r)/(1-r)]} \right]^2 + 3$$

Se decidió utilizar un valor de r de 0.5, esto al considerar que podría tratarse de una correlación intermedia y a que no existe un protocolo de investigación con la misma metodología previamente publicado para tomarse como referencia. Se obtuvo un valor de N de 29 pacientes, agregándose un 10% extra por probable pérdida de datos con un total de N=33.

El protocolo fue aprobado tanto por los revisores asignados al mismo como por el comité de Ética del HECMNR y se obtuvo consentimiento informado firmado por escrito de cada uno de los participantes previo a la inclusión al protocolo, esto acorde a Declaración de Helsinki, lineamientos locales del comité de ética del HECMNR y la Ley General de Salud en materia de investigación para la salud en artículos 17, 100, 102, 113, 116, 117 y 118<sup>15</sup>.

## Medición de la vena cava inferior y cálculo del índice de colapsabilidad

Las mediciones se realizaron tanto en piso de sala general del hospital como en el servicio de Hemodiálisis del HECMNR durante los turnos matutino y vespertino en los meses de febrero y septiembre del 2023, esto horas o minutos previo a la sesión de hemodiálisis. Para ello, se utilizó un ultrasonido portátil modelo Butterfly iQ+ Inc en modalidad 2D y modo M conectado a una tablet tipo iPad Air 4 con la aplicación Butterfly iQ - Ultrasound versión 2.3. Los pacientes participantes se colocaron en posición de decúbito supino y se utilizó una ventana subxifoidea, realizando la medición en modo M a 3 mm de la unión cavoatrial tanto en inspiración como espiración, tal como que se muestra en la imagen a continuación:



Vista subxifoidea de medición de vena cava inferior (IVC) en diámetro máximo y mínimo mediante ultrasonido en modo M. A: inspiración y B: espiración

*Fuente: Medición del autor.*

Posterior a la medición se calculó el índice de colapsabilidad utilizando la fórmula descrita a continuación con ayuda del programa Excel<sup>11</sup>:

$$IC = \frac{(\text{Diámetro mayor de vena cava inferior} - \text{Diámetro menor de vena cava inferior})}{\text{Diámetro mayor de vena cava inferior}} \times 100$$

De la misma manera se capturaron variables demográficas y de somatometría como sexo, edad, si se contaba con diagnóstico de hipertensión arterial sistémica, peso y talla; así como valores de exámenes de laboratorio de interés incluidos creatinina sérica, potasio, sodio y hemoglobina además de cifras de presión arterial sistémica sistólica y diastólica antes de iniciar la sesión.

Al final de dicha sesión se corroboró el ultrafiltrado obtenido en mililitros y si había ocurrido hipotensión durante la sesión.

### **Control de calidad**

Con el fin de garantizar la precisión de las mediciones y evaluar su grado de acuerdo se utilizó el índice kappa (k) en el 10% de los pacientes con un resultado de  $p=1$  para las categorías por volemia ya mencionada<sup>16</sup>.

### **Análisis estadístico**

Los registros se capturaron en una hoja de cálculo de Excel y posteriormente se importaron y se analizaron con el programa estadístico SPSS versión 25. Se describieron los datos obtenidos mediante estadística descriptiva con tabla de frecuencias, medida de tendencia central de acuerdo a la distribución de los datos aplicando la prueba de Shapiro-Wilk, derivado de ello se emplearon media aritmética, desviación estándar, o mediana con rango Intercuartílico. En cuanto al análisis de correlación, debido a distribución no normal de datos de ultrafiltrado obtenido, se utilizó fórmula de R de Spearman para el análisis de correlación. Se consideró un valor de  $p < 0.05$ , como valor significativamente estadístico.

## 4. RESULTADOS

### Descripción de la muestra del estudio

Se reunieron 33 pacientes a quienes se realizó medición de vena cava inferior previo a sesión de hemodiálisis. De estos con una mediana de edad mayor a 40 años, siendo la mayoría mujeres y teniendo casi tres cuartos de los participantes el diagnóstico de hipertensión arterial sistémica con promedios de cifras de presión arterial correspondientes al grado 1 de la clasificación de la European Society of Cardiology (ESC)<sup>17</sup>.

Respecto a las características bioquímicas, sobresale la creatinina con valores muy por encima de lo normal, correspondiente a enfermedad renal crónica, así como nivel de hemoglobina con una media correspondiente a anemia grado II acorde a la clasificación de la OMS, con un valor apropiado para esta población de pacientes<sup>18</sup>. Por otro lado, el nivel de electrolitos séricos sodio y potasio, se encontraron con mediana y media en rangos normales.

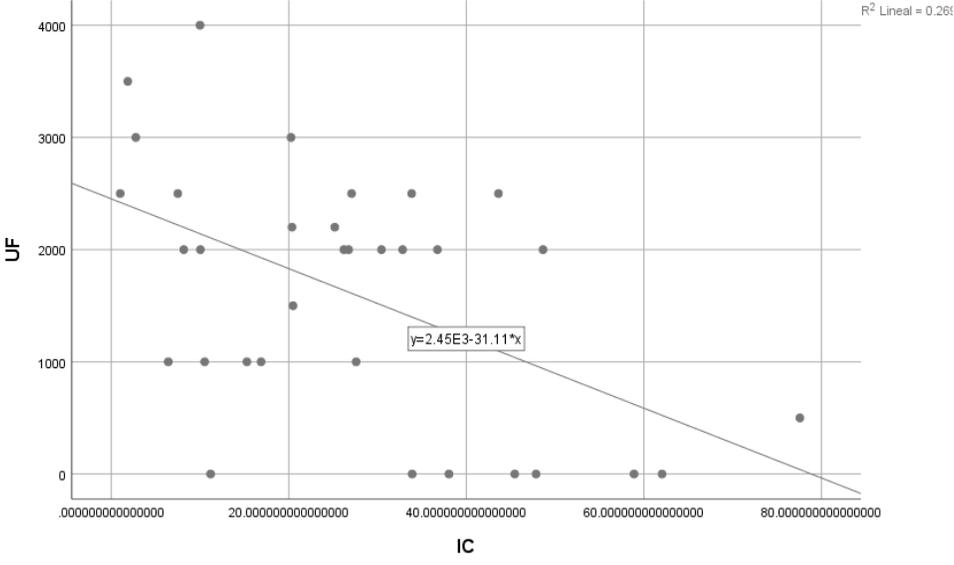
En cuanto a el diámetro de vena cava inferior, la media de la medición en milímetros fue ligeramente menor a 180 mm. La media del índice de colapsabilidad correspondió a hipervolemia, estando más de tres cuartos de los participantes en dicha categoría acorde a puntos de corte de índice de colapsabilidad para volemia.

El resumen de los resultados con variables demográficas, bioquímicas, ultrasonográficas y ultrafiltrado se muestra en la siguiente Tabla 2:

<b>Tabla 2: Variables sociodemográficas, bioquímicas, ultrasonográficas y ultrafiltrado.</b>	
<b>Característica</b>	<b>N=33</b>
Edad (años)	41 (30-52.5)
Sexo- Mujeres	18 (54%)
Peso (kg)	63 (53-75)
Hipertensión arterial sistémica	24 (73%)
Presión arterial sistólica (mmHg)	144 (25.25)
Presión arterial diastólica (mmHg)	80 (15.21)
Presión arterial media (mmHg)	101 (16.70)
Creatinina (mg/dl)	9.4 (5.25-12.23)
Sodio sérico (meq/l)	139 (135-140.5)
Potasio (meq/l)	4.96 (1.31)
Hemoglobina (gr/dl)	9.3 (1.80)
Diámetro mayor de vena cava inferior (mm)	179.58 (58.80)
Diámetro menor de vena cava inferior (mm)	134.88 (65.02)
Diámetro de vena cava inferior indexado (mm)	112.4 (35.89)
Índice de colapsabilidad	26.82 (18.71)
Categoría de volemia (%)	
- Hipervolemia	26 (79%)
- Euvolemia	6 (18%)
- Hipovolemia	1 (3%)
Ultrafiltrado (ml)	2000 (750-2500)
Hipotensión durante sesión de hemodiálisis	0

Al realizar el análisis de correlación con el índice de correlación de Spearman se obtuvo una correlación inversa de -0.507 con un valor de  $p=0.002$  como se demuestra a continuación en el Gráfico 1.

**Gráfico 1: Correlación entre ultrafiltrado e índice de colapsabilidad**



## 5. DISCUSIÓN

En este estudio se encontró una correlación estadísticamente significativa e inversa moderada entre el índice de colapsabilidad de vena cava inferior y ultrafiltrado, esto sin ningún episodio de hipotensión durante la sesión con una duración de 3 horas. Se ha visto que el diámetro e índice de colapsabilidad de la vena cava inferior se correlaciona con la presión venosa central y el volumen intravascular, ya que esta vena alberga hasta el  $\frac{2}{3}$  del volumen del retorno venoso, por lo que pareciera una opción a la hora de objetivar el estado de volumen y con ello la congestión intravascular ya que la estimación de dicho estado de forma clínica mediante signos como la distensión venosa yugular, tercer ruido cardíaco, estertores o edema periférico tiene como limitante una baja sensibilidad para detectar sobrecarga de volumen y está sujeta a subjetividad entre médicos<sup>19</sup>. En pacientes sometidos a hemodiálisis es esencial estimar el peso seco a fin de evitar tanto sobrecarga de fluidos como hipotensión durante y/o posterior a la hemodiálisis. Anteriormente ya se había demostrado que mediante el uso de ultrasonido pulmonar y el índice de colapsabilidad de la vena cava inferior se puede adecuar el peso seco de forma fiable, evitando síntomas de sobrecarga hídrica y llevando a los pacientes a peso seco<sup>20</sup>.

En este estudio la mediana del peso de los pacientes fue de 63 kg, lo cual es importante a fin de calcular la tasa de ultrafiltrado, tomando en cuenta que todas las sesiones registradas fueron de 3 horas. Respecto de las variables de estudio, la media del índice de colapsabilidad fue menor a 40%, lo que acorde a los puntos de corte mencionados del valor de índice de colapsabilidad refleja que los pacientes se encontraban con hipervolemia, mientras que la mediana de ultrafiltrado fue 2000 ml, que al calcular tasa de ultrafiltrado se obtiene 10.58 ml/kg/hr que es lo que habitualmente está descrito en la bibliografía que es utilizado<sup>21</sup>.

La mayoría de los pacientes contaban con el diagnóstico de hipertensión arterial sistémica y es importante mencionar que de la totalidad de pacientes en quienes se realizó la medición, en ninguno de ellos se presentó algún episodio de hipotensión, siendo discordante a lo mencionado en la literatura, donde se describe como una de las complicaciones más frecuentes durante las sesiones de hemodiálisis.

Estos resultados nos muestran que el ultrasonido de vena cava inferior es un método no invasivo y fácil de obtener de forma rápida y dinámica, ya estando establecidos puntos de corte tanto de diámetro, como de índice de colapsabilidad que indican euvolemia, hipovolemia e hipervolemia<sup>22</sup>. Sin embargo, esta medición también cuenta con múltiples desventajas y limitaciones. Una de las principales limitaciones de este método es que el ultrasonido es operador dependiente y las mediciones de este estudio no se realizaron por un experto si no por un médico residente, habiéndose demostrado que la fiabilidad de las mediciones de la vena cava realizadas por médicos residentes es moderada<sup>23</sup>. Por otro lado el diámetro de la vena cava está influido por factores que pueden aumentarlo falsamente como en los casos de actividad física extenuante, obesidad, aumento de la presión intraabdominal, embarazo, presencia de falla cardíaca derecha o derrame pericárdico, así como verse modificada en casos de enfermedad hepática crónica<sup>24</sup>.

Sin duda el ultrasonido al pie de cama es una excelente herramienta para mejorar la sensibilidad de la exploración física, específicamente en cuanto a los estados de congestión intra o extravascular y que si bien, la medición de vena cava por modo M no es perfecta para este fin, existen otras modalidades en ultrasonido como el ultrasonido pulmonar o el uso de doppler venoso en las venas hepáticas, porta y renales mediante el protocolo VexUs que en combinación con el juicio clínico nos ayudan a tomar decisiones clínicas mediante la estimación del estado de volumen de los pacientes.

## **6. CONCLUSIÓN**

Existe una correlación inversa y moderada entre el índice de colapsabilidad de la vena cava inferior y el ultrafiltrado alcanzado en los pacientes sometidos a hemodiálisis intermitente, resultando una opción fácil y rápida para estimar el ultrafiltrado que se programará a los pacientes en hemodiálisis intermitente. Esta correlación se ve influida por factores tanto del paciente (presión intraabdominal, presencia de falla cardíaca derecha, esfuerzo respiratorio) como externos y propios de la medición (equipo de ultrasonido utilizado y experiencia de quien realiza la medición) por lo que su uso combinado a otras modalidades de ultrasonido como el doppler venoso y el ultrasonido pulmonar nos podría aportar más información del estado de volumen de los pacientes.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

1. Kalantar-Zadeh K, Jafar TH, Nitsch D, Neuen BL, Perkovic V. Chronic kidney disease. *Lancet*. 2021;398(10302):786–802. Disponible en: [http://dx.doi.org/10.1016/s0140-6736\(21\)00519-5](http://dx.doi.org/10.1016/s0140-6736(21)00519-5)
2. Sánchez-Cedillo A, Cruz-Santiago J, Mariño-Rojas FB, Hernández-Estrada S, García-Ramírez C. Carga de la enfermedad: insuficiencia renal, diálisis-hemodiálisis y trasplante renal en México. Costo de la enfermedad. *Rev Mex Traspl*. 2020;9(1):15-25. doi:10.35366/94025.
3. Méndez-Durán A. Evolución del tratamiento sustitutivo de la función renal en México en los últimos 10 años. *Nefrol (Engl Ed)*. 2021;41(1):82–3. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.nefro.2020.02.004>
4. Villarreal-Ríos E, Palacios-Mateos AF, Galicia-Rodríguez L, Vargas-Daza ER, Baca-Moreno C, Lugo-Rodríguez A. Institutional cost of the patient with chronic kidney disease managed with hemodialysis. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc*. 2020;58(6):698–708. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.24875/RMIMSS.M20000103>
5. Furaz-Czerpak, Karina. Estrategias Para El Control de La Hipotensión En Hemodiálisis. *NefroPlus*. 2014;6(1):1-14. DOI:10.3265/NefroPlus.pre2014.Sep.12730.
6. Reeves PB, Mc Causland FR. Mechanisms, clinical implications, and treatment of intradialytic hypotension. *Clin J Am Soc Nephrol*. 2018;13(8):1297–303. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2215/cjn.12141017>
7. McGee, Steven. “Is This Patient Hypovolemic?” *JAMA*, 1999;281:(11):1022-1029. DOI:10.1001/jama.281.11.1022.

8. Shibata E, Nagai K, Ueda S, Ono H, Nishimura K, Inagaki T, et al. The utility and limitation of inferior vena cava diameter as a dry weight marker. *J Med Invest.* 2019;66(1.2):172–7. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2152/jmi.66.172>
9. Brennan JM, Ronan A, Goonewardena S, Blair JEA, Hammes M, Shah D, et al. Handcarried ultrasound measurement of the inferior vena cava for assessment of intravascular volume status in the outpatient hemodialysis clinic. *Clin J Am Soc Nephrol.* 2006;1(4):749–53. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2215/CJN.00310106>.
10. Kaptein, Matthew, et al. Relationship of Inferior Vena Cava Collapsibility to Ultrafiltration Volume Achieved in Critically Ill Hemodialysis Patients. *Int J Nephrol Renovasc Dis.* 2018;11(1):195–209. DOI:10.2147/ijnrd.s165744.
11. Hafiz MAEH, Mohamed EA, Mohamed MAEN, Ahmed MAES. Inferior vena cava diameter and collapsibility index as a marker of fluid status in regular hemodialysis patients. *Egypt J Intern Med.* 2021;33(1):1-6. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1186/s43162-021-00072-x>
12. Gómez Betancourt M, Moreno-Montoya J, Barragán González A-M, Ovalle JC, Bustos Martínez YF. Learning process and improvement of point-of-care ultrasound technique for subxiphoid visualization of the inferior vena cava. *Crit Ultrasound J.* 2016;8(1):1-5. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1186/s13089-016-0040-1>
13. Griffiths RI, Newsome BB, Block GA, Herbert RJ, Danese MD. Patterns of hemodialysis catheter dysfunction defined according to national kidney foundation guidelines as blood flow <300 mL/min. *Int J Nephrol.* 2011;2011:(1):1-7. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4061/2011/891259>.

14. Finnerty NM, Panchal AR, Boulger C, Vira A, Bischof JJ, Amick C, Way DP, Bahner DP. Inferior Vena Cava Measurement with Ultrasound: What Is the Best View and Best Mode? *West J Emerg Med.* 2017;18(3):496-501. doi: 10.5811/westjem.2016.12.32489
15. Cámara de diputados del H. congreso de la unión. Reglamento de la ley general de salud en materia de investigación para la salud. Diario oficial de la federación. 2014. Disponible en: [https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg\\_LGS\\_MIS.pdf](https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGS_MIS.pdf)
16. Abaira V. El índice kappa. *Semergen.* 2001;27(5):247–9. Disponible en: [http://dx.doi.org/10.1016/s1138-3593\(01\)73955-x](http://dx.doi.org/10.1016/s1138-3593(01)73955-x)
17. Mancia, G., Kreutz, R., Brunström, M., Burnier, M., Grassi, G., Januszewicz, A., Muiesan, M. L., Tsioufis, K., Agabiti-Rosei, E., Algharably, E. A. E., Azizi, M., Benetos, A., Borghi, C., Hitij, J. B., Cifkova, R., Coca, A., Cornelissen, V., Cruickshank, J. K., Cunha, P. G., ... Kjeldsen, S. E. (2023). 2023 ESH Guidelines for the management of arterial hypertension The Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Hypertension: Endorsed by the International Society of Hypertension (ISH) and the European Renal Association (ERA). *Journal of Hypertension*, 41(12), 1874–2071. Disponible en: <https://doi.org/10.1097/hjh.0000000000003480>
18. Instituto Mexicano del Seguro Social. Dirección de prestaciones médicas. Prevención, Diagnóstico y Tratamiento de la Enfermedad Renal Crónica. Guía de Evidencias y Recomendaciones: Guía de Práctica Clínica. México, CENETEC; (2019). Disponible en: <http://imss.gob.mx/profesionales-salud/gpc>.
19. Argaiz ER, Koratala A, Reisinger N. Comprehensive assessment of fluid status by point-of-care ultrasonography. *Kidney360.* 2021;2(8):1326–38. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.34067/kid.0006482020>

20. Arun Thomas ET, Mohandas MK, George J. Comparison between clinical judgment and integrated lung and inferior vena cava ultrasonography for dry weight estimation in hemodialysis patients. *Hemodial Int.* 2019;23(4):494–503. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1111/hdi.12762>
21. Assimon, M. M., Wenger, J. B., Wang, L., & Flythe, J. E. Ultrafiltration rate and mortality in maintenance hemodialysis patients. *American Journal of Kidney Diseases: The Official Journal of the National Kidney Foundation*, 2016;68(6):911–922. Disponible en: <https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2016.06.020>.
22. Spiliotaki E, Saranteas T, Moschovaki N, Panagouli K, Pistioli E, Kitsinelis V, et al. Inferior vena cava ultrasonography in the assessment of intravascular volume status and fluid responsiveness in the emergency department and intensive care unit: A critical analysis review. *J Clin Ultrasound.* 2022;50(5):733–44. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1002/jcu.23194>
23. Akkaya A, Yesilaras M, Aksay E, Sever M, Atilla OD. The interrater reliability of ultrasound imaging of the inferior vena cava performed by emergency residents. *Am J Emerg Med.* 2013;31(10):1509–11. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ajem.2013.07.006>
24. Pierpaolo DN, Tavazzi G, Nannoni L, Corradi F. Inferior Vena Cava Ultrasonography for Volume Status Evaluation: An Intriguing Promise Never Fulfilled. *J Clin Med.* 2023; 12(6):2217. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/jcm12062217>