



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO  
FACULTAD DE MEDICINA  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
[HOSPITAL GENERAL DE MEXICO]**

**CORRELACIÓN GASOMÉTRICA DEL  
BICARBONATO SÉRICO PRE Y POST  
HEMODIÁLISIS DE 4  
HORAS EN PACIENTES  
CRÍTICAMENTE ENFERMOS.**

**|**

**[TESIS)**

QUE PARA OBTENER EL:  
**[MEDICINAD EL ENFERMO EN ESTADO CRÍTICO]**

PRESENTA:  
**JHON ESTIVEN MARTINEZ ALCALÁ**

TUTOR-DIRECTOR DE TESIS Y/O  
ASESOR(ES) PRINCIPAL(ES)  
ALFONSO CHAVEZ MORALES

CIUDAD DE MEXICO, 2022



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.

# Correlación gasométrica del Bicarbonato Sérico Pre y Post Hemodiálisis de 4 horas en pacientes críticamente enfermos.

Palabras Clave: **Gasometría, Bicarboanto, Hemodialisis.**

MEU, Jhon Estiven Martínez Alcalá, MASS, MEMC. Alfonso Chávez Morales; MASS, MEMC.

**INTRODUCCION:** El daño renal agudo es un trastorno frecuente que a menudo afecta a pacientes que necesitan tratamiento por problemas no relacionados con la salud renal. Con frecuencia, la salud renal deteriorada provoca más ácido que el normal en la sangre (acidosis), lo que se considera que causa daños.

## Objetivos:

Establecer si el cambio en el Bicarbonato Sérico pre y post procedimiento tiene una influencia sobre el pronóstico de los pacientes críticamente enfermos sometidos a hemodiálisis de 4 horas.

## Material y Métodos:

Observacional, Cohorte, Unicéntrico, Retrospectivo en que se evaluaron las mediciones de Bicarbonato, Sodio, Lactato, uso de Vasopresores, Inotropicos en los expedientes de 30 pacientes hospitalizados críticamente enfermos con Hemodiálisis de 4 horas con 1500 ml de UFC con control gasométrico pre y posthemodiálisis divididos en dos grupos 1) Cambio de  $\text{HCO}_3 > 1 \text{ mEq/h}$ ; 2) Cambio de  $\text{HCO}_3 < 1 \text{ mEq/h}$ . Todas las variables se calcularon con SPSS medianas, rangos intercuartiles y correlación no paramétrica adicionalmente se obtuvo sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo, valor predictivo negativo, coeficiente positivo, coeficiente negativo, índice de Youden y Razón de Momios.

**Resultados:** Se recabaron los datos de un total de 30 expedientes de pacientes hospitalizados críticamente enfermos con Hemodiálisis de 4 horas con 1500 ml de UF con control gasométrico pre y posthemodiálisis, divididos en dos grupos de 15 pacientes: 1) Grupo  $\text{HCO}_3 > 1 \text{ mEq/h}$ ; 2) Grupo  $\text{HCO}_3 < 1 \text{ mEq/h}$ , de los cuales 19 (63%) fueron femeninos y 11 fueron masculinos (37%) *figura 1*. Con una edad media de 55.62 años con un rango IQ (52.25-72.0). En nuestro estudio encontramos que a los pacientes a los cuales se les mantuvo un ultrafiltrado de 1500 ml para 4 horas el grupo I 8 de 15 pacientes requirieron el uso de norepinefrina con una media de utilización 0.07 mcgkgmin mientras que el grupo II fueron 13 de 15 pacientes que requirieron el uso de vasopresina con una media de 0.15 mcgkgmin con un aumento de norepinefrina en el grupo I 3 de 15 (25%) mientras que en el grupo II 9 de 15 (75%). Esto se traduce la necesidad de uso de norepinefrina en el episodio de hipotensión intradialítica que requiere de medicamentos que aumenten el tono simpático durante el ultrafiltrado. En pacientes con cambios  $< 1 \text{ mEq/L}$  se han asociado menos episodios de hipotensión y con ello mas apoyo vasopresor en cambio los pacientes con cambios  $> 1 \text{ mEq/L}$  presentan mayores cambios hemodinámicos asociados a esta, corroborado por U Mann de Whitney con  $p=0.018$

## Discusión:

Puede ocurrir una reducción del gasto cardiaco asociado a la propia capacidad contractil del ventriculo izquierdo provocado por disturbios electroliticos, situación que puede acaecer tanto en las dialisis agudas como en las cronicas. La explicacion a este fenomeno se redirecciona hacia las perturbaciones del equilibrio acido-base y de electrolitos. La composicion del baño de dializado puede ser un factor de prolongación del complejo QT. Se describe primero el reflejo de Bezold Jarisch caracterizado por un episodio inicial de sobreestimulación simpáticas seguido por una inhibición de este, reflejada en bradicardia y vasodilatación.

Durante el ultrafiltrado se establece un desajuste del volumen intravascular que el sistema simpático se debe de compensar para no generar hipotensión mediante un aumento de la frecuencia cardiaca y la función sistólica y de forma concomitantemente reclutando las venas principales. Es así como aumentos inadecuados de la resistencia vascular periférica causan una reducción adicional del retorno venoso y del volumen telediastólico.

## Conclusiones:

En resumen, la individualización de la prescripción de sodio de la solución de diálisis de acuerdo al sodio sérico del paciente confiere beneficios que sugieren que en el futuro será la práctica a seguir, tanto para evitar que el paciente reciba una sobrecarga de sodio que incremente su concentración sérica de sodio y provoque sed intensa en el periodo postdiálisis e hipertensión arterial, como para evitar que a algunos pacientes se les extraiga sodio de más, lo que favorecería la sintomatología transdiálisis resultado de la intolerancia hemodinámica a la ultrafiltración.

Se observaron mayores cambios hemodinámicos en pacientes con hemodiálisis y cambios de  $\text{HCO}_3 > 1$  que en aquellos con cambios de  $\text{HCO}_3 < 1$ . Dichos pacientes requirieron en mayor medida el uso de norepinefrina durante el episodio intradialisis, aumento del vasopresor e incluso la adición de un segundo vasopresor para lograr el término del UF 1500 ml durante las 4 horas de la hemodiálisis.

# Correlación gasométrica del Bicarbonato Sérico Pre y Post Hemodiálisis de 4 horas en pacientes críticamente enfermos.

## Serum Bicarbonate Gas Correlation Before and After 4 hour dialysis in critically ill Patients

### 1. ANTECEDENTES

La lesión renal aguda (LRA) es un síndrome de deterioro de la función renal asociado con una supervivencia reducida y una mayor morbilidad. Se desarrollaron criterios de consenso internacional basados en los cambios en la creatinina sérica y la diuresis. Con base en estas definiciones, los estudios epidemiológicos han mostrado fuertes asociaciones con los resultados clínicos, incluida la muerte y la diálisis<sup>1</sup>.

La International Acute Dialysis Quality Initiative (ADQI) definió el IRA como una disminución brusca de la función renal, pero no se limita a la oliguria ni a la anuria. El grupo ADQI enfatiza que LRA se define mejor como un daño renal continuo, el forma más grave requiere alguna forma de terapia de sustitución renal (TSR). De hecho, como síndrome, puede incluir pacientes con índices renales tradicionalmente “normales” pero con deterioro funcional en relación con la demanda fisiológica<sup>2</sup>

La IRA complica el curso de muchos pacientes en estado crítico y se asocia con una mayor morbilidad y mortalidad<sup>3,4</sup>. El tratamiento del IRA se basa tanto en medidas conservadoras como en el uso oportuno de terapia de reemplazo renal (TRS). La hemodiálisis intermitente (IHD) y la TRR continua (CRRT) con hemofiltración son las dos modalidades principales en la unidad de cuidados intensivos (UCI). Existe controversia sobre cuál es el óptimo en este entorno<sup>5,6,7</sup>. De hecho, CRRT permite una eliminación de líquidos más lenta, lo que puede garantizar una mejor estabilidad hemodinámica y un control más lento de la concentración de solutos que la IHD (lo que minimiza el cambio de líquidos). Esta es la razón por la que muchos médicos de cuidados intensivos favorecen la CRRT, al menos en la etapa inicial de la estancia en la UCI<sup>8</sup>

Las anomalías en la concentración de bicarbonatos sanguíneos ( $\text{HCO}_3^-$ ) son un problema común en pacientes con lesión renal, especialmente en el período terminal, debido al balance ácido positivo. La respuesta del cuerpo a esto es multifactorial y puede conducir a complicaciones tales como hipercatabolismo, inflamación sistémica, atrofia muscular, reducción de la densidad ósea, osteopenia/osteoporosis, aumento del riesgo de fracturas, trastornos cardiovasculares, respiratorios, inmunológicos y hormonales (p. ej., resistencia a la insulina). También contribuye a la progresión de la enfermedad y al aumento de la mortalidad de los pacientes.<sup>9</sup>

La propiedad dializante del bicarbonato se fija según la prescripción de diálisis particular utilizada. El gradiente de concentración transmembrana para este anión se establece al comienzo del tratamiento por la tasa interdiálisis de producción de ácido endógeno, que determina la magnitud de la disminución del  $\text{HCO}_3^-$  sérico desde su vértice al final de la última diálisis hasta el comienzo de la presente.

La complejidad surge porque la cantidad de álcali añadido durante el tratamiento de diálisis depende de la tasa simultánea de aumento del  $\text{HCO}_3^-$  sérico. La rapidez y el grado en que aumenta el  $\text{HCO}_3^-$  sérico en respuesta a la adición rápida de álcali está determinado por la respuesta inmediata del tampón y la medida en que aumenta la producción de ácido orgánico. Las contribuciones específicas de estos procesos a la disposición del álcali añadido durante la diálisis no están definidas y parecen variar mucho de un paciente a otro<sup>10</sup>. Los estudios en pacientes de diálisis estables y por lo demás sanos han demostrado que el  $\text{HCO}_3^-$  sérico aumenta rápidamente en las primeras 2 horas del tratamiento de diálisis y luego cambia muy poco durante el resto del tratamiento. Se desconoce si esto se debe a un aumento tardío en la producción de ácidos orgánicos, a un cambio en la propiedad dializante del bicarbonato a otros factores. Sin embargo, con la solución de baño más utilizada ( $\text{HCO}_3^- = 35 \text{ mEq/L}$ ), el  $\text{HCO}_3^-$  sérico promedia aproximadamente 27-30 mEq/L al final del tratamiento<sup>9,10</sup>.

En el intervalo entre tratamientos, el  $\text{HCO}_3^-$  sérico disminuye gradualmente, tanto por la producción de ácidos endógenos como por la retención de líquidos. La retención de líquidos sin álcali añadido diluye el álcali existente y, por lo tanto, reduce el  $\text{HCO}_3^-$  sérico. Al conocer la tasa de disminución del  $\text{HCO}_3^-$  sérico y la cantidad de líquido retenido en el intervalo entre tratamientos, se puede obtener una estimación confiable de la producción de ácido endógeno. A pesar de la complejidad de los eventos que ocurren durante la hemodiálisis, es relativamente fácil aumentar el nadir de  $\text{HCO}_3^-$  sérico antes de la diálisis<sup>11</sup>.

Los pacientes en hemodiálisis requieren un suministro de bicarbonato en exceso durante cada tratamiento para proporcionarles un equilibrio ácido-base relativo entre las diálisis. De acuerdo con las recomendaciones estadounidenses (K/DOQI-2015)<sup>12</sup>, la concentración esperada de bicarbonato en sangre antes del tratamiento de hemodiálisis a mitad de semana no debe ser inferior a 22 mmol/L y una nueva recomendación (opinión) de K/DOQI para nutrición (2020) indica que es razonable mantener niveles de bicarbonato sérico entre 24 y 26 mmol/L en pacientes con ERC 3-5 D<sup>13</sup>. Las recomendaciones europeas (EBPG) sugieren que el bicarbonato en sangre antes de la misma hemodiálisis deberían estar entre 20 y 22 mmol/L<sup>14</sup>. En la actualidad, los líquidos de diálisis con alto contenido de  $\text{HCO}_3^-$  (media de 32 a 35 mmol/L (en EE. UU. de 38 a 40 mmol/L)) se utilizan para proporcionar a los pacientes suficiente bicarbonato para el período entre hemodiálisis<sup>10,15</sup>. La alta concentración de bicarbonatos en el dializado y la administración de bases pueden conducir a una rápida alcalinización durante la hemodiálisis y alcalosis después de ella, y ésta puede causar arritmias resultantes de hipopotasemia, hipocalcemia o prolongación del intervalo QT, vasodilatación e hipotensión, supresión de la ventilación minuto y calcificación vascular acelerada<sup>16,17</sup>. Tanto la acidosis como la alcalosis se asocian con un mayor riesgo de mortalidad en pacientes que reciben hemodiálisis, y la atención se ha dirigido no solo a los

bicarbonatos séricos sino también a la concentración de bicarbonato en el dializado. En un gran estudio de cohorte realizado por DOPPS, un tampón de dializado alto se asoció con peores resultados (todas las causas y hospitalizaciones cardiovasculares)<sup>18</sup>. Algunos de los estudios encontraron que la concentración de bicarbonato de dializado no tuvo efecto sobre los bicarbonatos séricos prediálisis, pero tuvo un impacto significativo en la alcalosis intradiálisis y posdiálisis de acuerdo con el  $\text{HCO}_3^-$  dializado elevado (30–32, 33–34, 35–36, y 37–40 mEq/L)<sup>19,20</sup>. Se ha sugerido que, además del  $\text{HCO}_3^-$  sérico, también debe medirse el pH. Por lo tanto, la medición del pH se considera un factor importante para determinar la morbilidad y la mortalidad en pacientes en hemodiálisis.

El tratamiento de hemodiálisis convencional puede no ser suficiente para el control adecuado de la acidosis en pacientes con LRA, y es posible que se requieran intervenciones complementarias. La elevación de la concentración de bicarbonato en el dializado sería una alternativa aceptable para un mejor manejo de la acidosis metabólica en este contexto, pero conlleva un aumento potencial del riesgo de mortalidad<sup>18,21,22</sup>. Además, la personalización de la composición del dializado no es factible de forma rutinaria en muchos centros de diálisis. La otra opción, la suplementación con bicarbonato oral, puede representar una carga adicional para los pacientes con ERT ya expuestos a la polifarmacia, además de representar un riesgo adicional de sobrecarga de sodio<sup>22</sup>.

La comprensión detallada del equilibrio ácido-base en los períodos intra e interdiálisis es esencial para el manejo de los trastornos ácido-base en pacientes en hemodiálisis.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Desde los orígenes de la hemodiálisis hasta la actualidad existe un acuerdo general en que la composición del líquido de diálisis debe ser similar a la de la composición del líquido intersticial. La composición del líquido de hemodiálisis debe de tener las concentraciones de las siguientes sustancias: sodio, potasio, magnesio, calcio, cloro y glucosa con un amortiguador como el acetato o el bicarbonato.

El primer amortiguador usado en el líquido de diálisis fue el bicarbonato, pero este provocaba la precipitación de carbonato de calcio al tratarse de un medio alcalino. Esta inducía una ganancia neta de bicarbonato al paciente, sin embargo, por razones de estabilización bioquímica pronto fue reemplazado por el acetato<sup>10</sup>.

El acetato fue sustituido por el bicarbonato en la hemodiálisis ya que el bicarbonato sérico sale del organismo a través del dializador debido a un gradiente químico, ya que existe una dializancia similar a la de la urea y una entrada de acetato hacia el paciente. También durante la hemodiálisis convencional la alta transferencia de masa puede resultar en una infusión excesiva de acetato esto hace que la conversión equimolar inmediata de acetato a bicarbonato no ocurra<sup>11</sup>.

El acetato transferido al paciente es metabolizado en el organismo con rapidez generando nuevo bicarbonato compensando así la pérdida del bicarbonato plasmático. Durante la sesión de hemodiálisis el aporte de acetato al paciente es superior a la pérdida del bicarbonato y se acerca a los límites máximos metabolizables. Esta salida de bicarbonato y entrada de acetato hacen que durante la sesión de hemodiálisis y las horas siguientes esta se produzca un aumento progresivo del bicarbonato sanguíneo. El 90 a 100% del acetato se convierte en bicarbonato a razón de 2.5 a 5 mmoles/min cubriendo sobradamente las necesidades de álcali en estos pacientes calculados en 240 mmol/hemodiálisis siendo posible que parte del acetato sea metabolizado por otras vías distintas a la producción del bicarbonato metabolizándose a lactato o incorporándose al hígado, a los lípidos.

La sintomatología observada durante la hemodiálisis con acetato principalmente es la siguiente: náusea, vómitos, cefalea, vértigo, malestar general, confusión y debilidad al finalizar la sesión. Esta sintomatología disminuye en forma significativa cuando se emplea bicarbonato como amortiguador del dializado; incluso la mayor parte de los pacientes refieren una hemodiálisis más confortable. La acidosis metabólica es corregida mejor con bicarbonato que con acetato. Se ha observado un descenso del fósforo sérico al cambiar el bicarbonato y pueda prevenir eficazmente la aparición de hiperparatiroidismo secundario<sup>15</sup>.

En suma, la incidencia de morbimortalidad en la hemodiálisis es alta cuando se utiliza otro dializante en relación al bicarbonato es un adecuado dializante y es mejor tolerado. Hoy en día el bicarbonato es

utilizado en la mayoría de las hemodiálisis del país ya que disminuya los efectos colaterales que ocasionaba el acetato.

### **3. JUSTIFICACION.**

#### **Magnitud**

La progresiva implantación de la hemodiálisis de alta eficacia junto a las innovaciones tecnológicas en los diseños de los nuevos monitores ha permitido la instauración de baños de hemodiálisis con bicarbonato como fuente de base, El problema de la solubilidad de los baños de bicarbonato se ha solucionado con la separación de los cationes divalentes y del bicarbonato en dos soluciones de almacenamiento independiente. Además en la solución acida que contiene los cationes divalentes se ha añadido una pequeña cantidad de ácido acético con objeto de que en el implemento de la unión de ambas soluciones se genere acetato y CO<sub>2</sub> que disminuya el pH del medio.

#### **Factibilidad**

Las pequeñas cantidades de acetato añadido constituyen una fuente de base nada despreciable. En nuestros estudios hemos podido comprobar que la ganancia de acetato supera a la del bicarbonato de tal manera que el papel fundamente el bicarbonato sería evitar las pérdidas de este anión.

#### **Vulnerabilidad**

Durante la hemodiálisis existe una transferencia de bicarbonato de baño a la sangre. Esta transferencia de bicarbonato será mayor durante la primera hora de hemodiálisis e ira descendiendo progresivamente. Esto se debe a que el gradiente difusivo de bicarbonato sangre-baño se va haciendo progresivamente menor como consecuencia de la ganancia de este anión. A la hora siguiente a la finalización de la sesión se produce un incremento de todos los parámetros al cesar las pérdidas de bicarbonato a través del dializador y como secuencia del metabólico del acetato que regenere nuevo bicarbonato.

#### **Trascendencia**

En hemodiálisis con bicarbonato los valores de pH se mantienen estables a lo largo de la sesión de hemodiálisis. Los niveles de bicarbonato y la pCO<sub>2</sub> tienden a descender como consecuencia de la perdida de estos a través del dializador. Esta perdida simultanea de bicarbonato y pCO<sub>2</sub> hace que el pH se mantenga estable. En la hemodiálisis con bicarbonato a diferencia de la de acetato se aprecia una elevación significativa a lo largo de la sesión en el pH y el bicarbonato. Estos parámetros se mantienen estables durante toda la sesión y hasta una hora después de haberla finalizado motivo por el cual la modificaciones de la concentración de diferentes aniones orgánicos genera una línea de investigación en los pacientes con insuficiencia renal aguda sometidos a la hemodiálisis.

#### 4. HIPOTESIS

H0: Los pacientes críticamente enfermos con sometidos a hemodiálisis de 4 horas con Bicarbonato >1 mEq/hora tienen mejor pronóstico posthemodialisis

H1: Los pacientes críticamente enfermos con sometidos a hemodiálisis de 4 horas con Bicarbonato <1 mEq/hora tienen mejor pronóstico posthemodialisis

#### 5. OBJETIVOS

##### Objetivos:

Establecer si el cambio en el Bicarbonato Sérico pre y post procedimiento tiene una influencia sobre el pronóstico de los pacientes críticamente enfermos sometidos a hemodiálisis de 4 horas.

##### Objetivos Específicos:

- Determinar las diferencias en diagnósticos de los pacientes hospitalizados críticamente enfermos sometidos a hemodiálisis de 4 horas con cambios de Bicarbonato Sérico tanto >1mEq/hora como <1 mEq/hora.
- Identificar las diferencias en escala de APACHE II de los pacientes hospitalizados críticamente enfermos sometidos a hemodiálisis de 4 horas con cambios de Bicarbonato Sérico >1mEq/hora como en <1 mEq/hora.
- Establecer las diferencias en uso de vasopresores asociado a los pacientes hospitalizados críticamente enfermos sometidos a hemodiálisis de 4 horas con cambios en el Bicarbonato Sérico >1mEq/hora como en <1 mEq/hora.

#### 6. METODOLOGIA

**6.1 Tipo y Diseño de Estudio:** Observacional, Cohorte, Unicéntrico, Retrospectivo

##### 6.2 Población y Tamaño de Muestra

Población y Tamaño de la Muestra:

Se encuentra un Universo (N) Auditable 65 pacientes hospitalizados con hemodiálisis y UFC 1500 ml en un mes, con Riesgo de Control (p) 0.50, Porc. De Certeza (Z) 95%, Error Tolerable (e)  $\pm 5\%$  con un tamaño ajustado (n') 30 expedientes de pacientes hospitalizados críticamente enfermos con Hemodiálisis de 4 horas con 1500 ml de UFC con control gasométrico pre y posthemodiálisis divididos en dos grupos 1) Cambio de HCO<sub>3</sub> >1mEq/h; 2) Cambio de HCO<sub>3</sub> <1mEq/h

$$n = \frac{Nz^2pq}{(N-1)e^2 + z^2pq}$$

Formula:

### 6.3 Criterios de Inclusión, Exclusión y Eliminación

#### A) CRITERIOS DE INCLUSION

- a) Expedientes de Pacientes de 18-75 años
- b) Expedientes de Hombres y Mujeres
- c) Expedientes de Pacientes hospitalizados que requieran el uso de hemodiálisis con catéter yugular interno de 4 horas críticamente enfermos
- d) Expedientes de Pacientes hospitalizados críticamente enfermos con hemodiálisis y Ultrafiltrado de 1500 ml
- e) Expedientes de Pacientes con control adecuado gasométrico pre y post hemodiálisis.
- f) Expedientes de Pacientes con cambios de  $\text{HCO}_3 >1$  mEq/h durante hemodiálisis
- g) Expedientes Pacientes con cambios de  $\text{HCO}_3 <1$  mEq/h durante hemodiálisis.

#### B) CRITERIOS DE EXCLUSION

- a) Expedientes de Pacientes que no contaron con expediente completo
- b) Expedientes de Pacientes a los cuales no se les haya obtenido control gasométrico pre y post hemodiálisis
- c) Expedientes de Pacientes los cuales no concluyan las 4 horas de hemodiálisis o los 1500 ml de UFC

### 6.4 Operalización de las Variables

Definición de las Variables.

OPERALIZACION DE LAS VARIABLES						
Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Tipo de Variable	Escala de Medición	Análisis Estadístico	
<b>Variables Dependientes</b>						
Bicarbonato Sérico Inicial	Cantidad de Bicarbonato presente al inicio de la Hemodiálisis	Miliequivalentes/Litro (mEq/L)	Cuantitativa Discreta	De Razón	Estadística Paramétrica/U Whitney	No Mann
Bicarbonato Sérico 4 h	Cantidad de Bicarbonato Presente a las 4 h de iniciada la Hemodiálisis	Miliequivalentes/Litro (mEq/L)	Cuantitativa Discreta	De Razón	Estadística Paramétrica/U Whitney	No Mann
Sodio Inicial	Cantidad de Sodio presente al inicio de Hemodiálisis	Miliequivalentes/Litro (mEq/L)	Cuantitativa Discreta	De Razón	Estadística Paramétrica/U Whitney	No Mann
Potasio Inicial	Cantidad de Potasio presente al inicio de Hemodiálisis	Miliequivalentes/Litro (mEq/L)	Cuantitativa Discreta	De Razón	Estadística Paramétrica/U Whitney	No Mann
pH	Cantidad de pH obtenido al inicio de la Hemodiálisis	Unidades (UI)	Cuantitativas Discretas	De Razón	Estadística Paramétrica/U Whitney	No Mann
Lactato Sérico	Cantidad de Lactato obtenido al inicio de Hemodiálisis	Mili moles/Litro (mmol/L)	Cuantitativa Discreta	De Razón	Estadística Paramétrica/U Whitney	No Mann

APACHE II	Puntaje obtenido de APACHE II al inicio de la Hemodiálisis	Puntos	Cuantitativa Discreta	De Razón	Estadística Paramétrica/U Whitney	No Mann
<b>Variables Epidemiológicas</b>						
Edad	Numero de Años cumplidos al momento del estudio	Numero de años cumplidos (años)	Cuantitativa Discreta	De Razón	Estadística Paramétrica/U Whitney	No Mann
Género	Características Sexuales del Hombre o Mujer	0: Mujer 1: Hombre	Cualitativa Dicotómica	Nominal	Estadística Paramétrica/U Whitney	No Mann
Diagnóstico	Patología por la cual el paciente se realiza la hemodiálisis	1: Choque Séptico 2: Enfermedad Renal Crónica Agudizada 3: Sobrecarga Hídrica 4: Acidosis Metabólica refractaria a Tratamiento	Cualitativa Politómica	Nominal	Estadística Paramétrica/U Whitney	No Mann
Tipo de Aminas Vasopresoras Inicial	Tipo de Amina vasopresora presente durante le hemodiálisis	0: Epinefrina: 1: Norepinefrina 2: Vasopresina 3: Dobutamina	Cualitativa Politómica	Nominal	Estadística Paramétrica/U Whitney	No Mann
Cantidad de Norepinefrina inicial	Cantidad de amina presente al inicio de HD	Microgramos/ Kilogramo/ Minuto	Cuantitativa Discreta	De Razón	Estadística Paramétrica/U Whitney	No Mann
Cantidad de Vasopresina Inicial	Cantidad de amina presente al inicio de HD	Microgramos/ Kilogramo/ Minuto	Cuantitativa Discreta	De Razón	Estadística Paramétrica/U Whitney	No Mann
Cantidad de Dobutamina Inicial	Cantidad de amina presente al inicio de HD	Microgramos/ Kilogramo/ Minuto	Cuantitativa Discreta	De Razón	Estadística Paramétrica/U Whitney	No Mann
Tipo de Amina Vasopresora Final	Tipo de Amina vasopresora presente durante le hemodiálisis	0: Epinefrina: 1: Norepinefrina 2: Vasopresina 3: Dobutamina	Cualitativa Politómica	Nominal	Estadística Paramétrica/U Whitney	No Mann
Cantidad de Norepinefrina final	Cantidad de amina presente al final de HD	Microgramos/ Kilogramo/ Minuto	Cuantitativa Discreta	De Razón	Estadística Paramétrica/U Whitney	No Mann
Cantidad de Vasopresina final	Cantidad de amina presente al final de HD	Microgramos/ Kilogramo/ Minuto	Cuantitativa Discreta	De Razón	Estadística Paramétrica/U Whitney	No Mann
Cantidad de Dobutamina final	Cantidad de amina presente al final de HD	Microgramos/ Kilogramo/ Minuto	Cuantitativa Discreta	De Razón	Estadística Paramétrica/U Whitney	No Mann
<b>Variables Independientes</b>						
Paciente con Cambios HCO <sub>3</sub> >1 mEq/h	Cantidad de pacientes que presentan cambios en el HCO <sub>3</sub> >1mEq/L	Numero de mEq/hr	Cuantitativa Discreta	De Razón	Estadística Paramétrica/U Whitney	No Mann
Pacientes con Cambios HCO <sub>3</sub> <1mEq/h	Cantidad de pacientes que presentan cambios en el HCO <sub>3</sub> z1mEq/L	Numero de mEq/hr	Cuantitativa Discreta	De Razón	Estadística Paramétrica/U Whitney	No Mann

## 6.5 Procedimiento

### Procedimiento:

Se realiza estudio observacional, cohorte, unicéntrico y retrospectivo. Se revisarán los expedientes de hemodiálisis comprendidos entre 1º de Mayo 2022 y 1º de Julio del 2022 de acuerdo a los criterios de ingreso antes mencionados. Se recabarán 30 expedientes de pacientes hospitalizados críticamente enfermos con Hemodiálisis de 4 horas con 1500 ml de UF con control gasométrico pre y posthemodiálisis, divididos en dos grupos de 15 pacientes: 1) Grupo HCO<sub>3</sub> >1mEq/h; 2) Grupo HCO<sub>3</sub> <1mEq/h.

En dichos expedientes se recabarán los datos epidemiológicos directamente de la historia clínica y la medición de las variables de gasometría arterial en los registros de la unidad de hemodiálisis. En dichos registros se recabarán pH, Sodio inicial, Potasio Inicial, Lactato Inicial, Bicarbonato Sérico (Inicial), Bicarbonato Sérico a las 4h (final), presencia de aminas Vasopresoras al inicio de hemodiálisis así como presencia de aminas Vasopresoras al final de la hemodiálisis, porcentaje de cambio entre aminas e inotrópicos. Asimismo se registrará el puntaje de APACHE II a su ingreso a la unidad de hemodiálisis.

## 6.6 Análisis Estadístico

### Análisis Estadístico

Los datos demográficos se obtienen de la historia clínica y las variables gasométricas de los registros obtenidos en la unidad de hemodiálisis, se calculan mediante medianas, rangos mínimos-máximos, estadística no paramétrica con el programa, análisis de sensibilidad/especificidad, valor predictivo positivo/valor predictivo negativo y Razón de Momios con Epi Info 10.2 y se programa statsm o bien e Software estadístico G Power versión 3.1.9.2 para MAC de acuerdo a *Faul F, Erdfelder E, Lang A-G Buchner A. G\*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral and biomedical sciences, Behav Res Methods 2007 May;39(2):175-191*

### a) Cronograma de Actividades

Actividades por Meses 2022-2023	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero
Marco Teórico	XXX			
Protocolo	XXX			
Presentación de Protocolo	XXX			
Recabar Datos		XXX		
Análisis Estadístico			XXX	
Redacción y Presentación Final				XXX

### b) Aspectos Éticos y de Bioseguridad.

De acuerdo con el Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación, Título Segundo, Capítulo I Artículo 17, Fracción II, esta investigación se considera como de "Riesgo menor al mínimo ya que requiere de revisión de expedientes clínicos.

El estudio cumple con los lineamientos de la Declaración de Helsinki – Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos, de la 64ª Asamblea General de la Asociación Médica Mundial, Octubre 2013

Se preservará la confidencialidad de la información de los participantes en todo momento, los datos obtenidos se conservaran en registro aparte por el investigador principal y el investigador asociado, de igual forma al difundir los resultados no se expondrá información que pudiera ayudar a identificar a los participantes.

La elaboración de este protocolo de investigación está realizada conforme la normatividad vigente que a continuidad se enuncia:

1. Declaración universal de los Derechos Humanos (ONU, 1948)
2. Código de Nuremberg (1947)
3. Declaración de Helsinki (2010)
4. Código Internacional de Ética Médica (Sidney 1968)
5. Declaración de Ginebra Relativa al Juramento de Fidelidad Profesional del Médico (Sidney 1968)
6. Declaración sobre los Derechos del Paciente (Bali 1995)
7. Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigaciones en Salud de México (1983-1988 en el Plan nacional de Desarrollo)

### **c) Relevancia y Expectativas**

Se espera que la información de esta investigación permita inicialmente contribuir con el conocimiento sobre el tratamiento de los pacientes con hemodiálisis, mismo que sirva de guía para orientar acerca de la utilización de las variables que predigan la respuesta a la hemodiálisis con los cambios asociados del bicarbonato. Este estudio permitirá la elaboración de una tesis para obtener el grado de subespecialista de Medicina en el Enfermo en Estado Crítico, a futuro de espera que la investigación pueda ser divulgada en revistas indexadas, nacionales e internacionales y así una nueva línea de investigación en el país.

### **d) Recursos Disponibles (Humanos, Materiales y Financieros)**

#### **A) Recursos Materiales.**

- Computadora para realizar cálculos
- Hojas de Recolección de Datos
- Expedientes físicos de los pacientes de hemodiálisis
- Todo el material y personal requerido para esta investigación utilizará insumos propios del Hospital General de México.

#### **b) Recursos Humanos**

- 30 expedientes de pacientes sometidos a Hemodiálisis por diferentes etiologías con expediente clínico completo. Expedientes obtenidos del servicio de Hemodiálisis

El Hospital General de México “Dr. Eduardo Liceaga” es referente a nivel nacional en la atención de pacientes críticos hospitalizados en Terapia Intensiva, por lo que se cuenta con las instalaciones y poblaciones necesarias para el estudio.

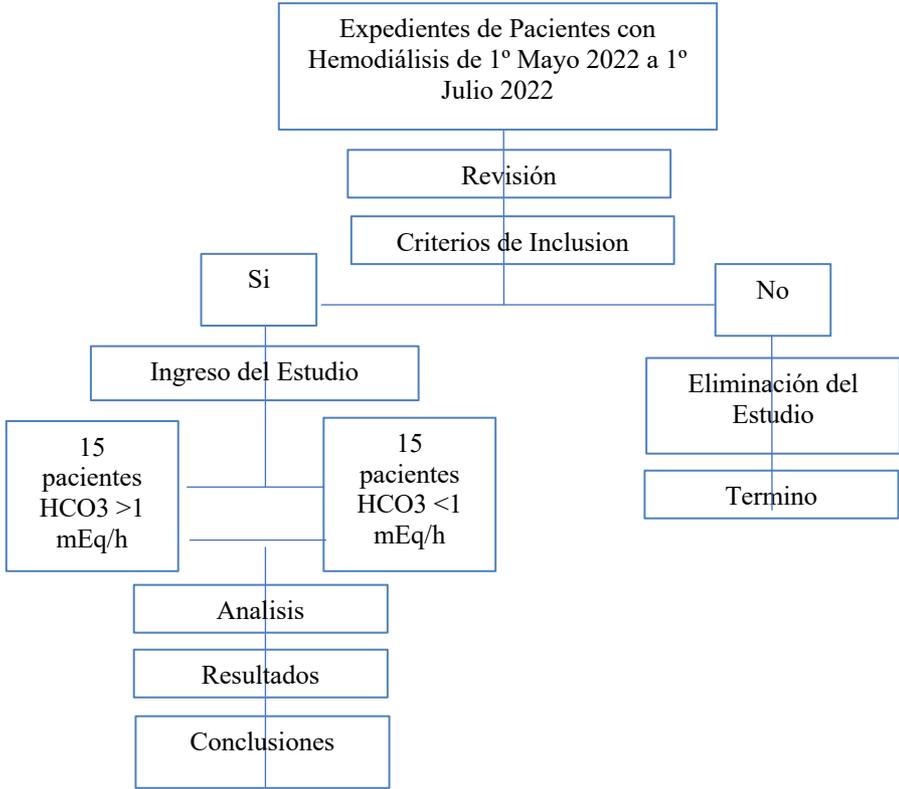
**e) Recursos Necesarios**

Para la elaboración de esta investigación solo se ocupará base de datos de pacientes en unidad de hemodiálisis y los expedientes clínicos elegibles para el estudio, tablas de Excel y un equipo de cómputo para el análisis de datos.

Financiamiento: No se solicitará porque se cuenta con los recursos necesarios para realizar el estudio.

**g) Anexos**

1) diagrama de Flujo de Recolección de Información

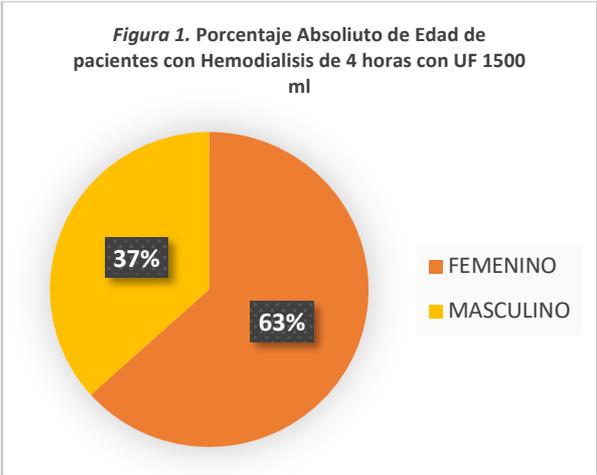


## 2) Hoja de Recolección de Datos

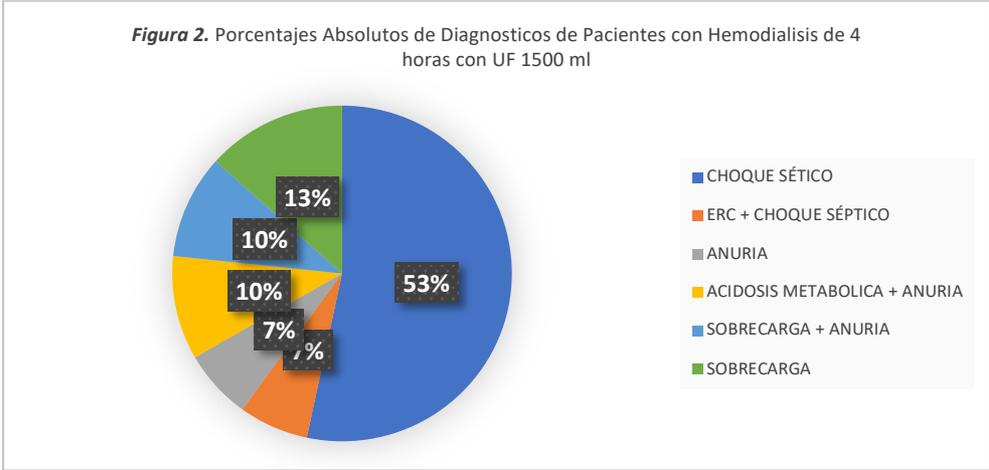
Hoja de recolección de datos					
Nombre:				Edad:	
ECU:				Sexo:	Masculino
Diagnóstico:					Femenino
Parámetros de laboratorio					
HCO3 mmol/L		K inicio HD mmol/L			
HCO3 Inicio HD		Na inicio HD mmol/L			
HCO3 a las 3 hrs HD		Lactato inicio HD mmol/L			
HCO3 a las 6 hrs HD		pH inicio HD			
APACHE II		Duración de la HD hrs			
Uso de aminas:	SI:	NO:			
Tipo de aminas:					

**RESULTADOS:**

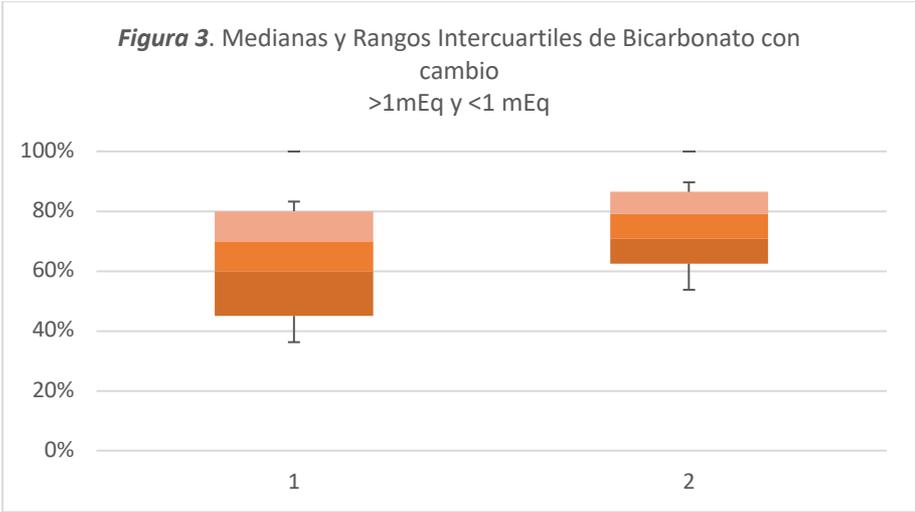
Se recabaron los datos de un total de 30 expedientes de pacientes hospitalizados críticamente enfermos con Hemodiálisis de 4 horas con 1500 ml de UF con control gasométrico pre y posthemodiálisis, divididos en | dos grupos de 15 pacientes: 1) Grupo HCO3 >1mEq/h; 2) Grupo HCO3 <1mEq/h, de los cuales 19 (63%) fueron femeninos y 11 fueron masculinos (37%) *figura 1*. Con una edad media de 55.62 años con un rango IQ (52.25-72.0).



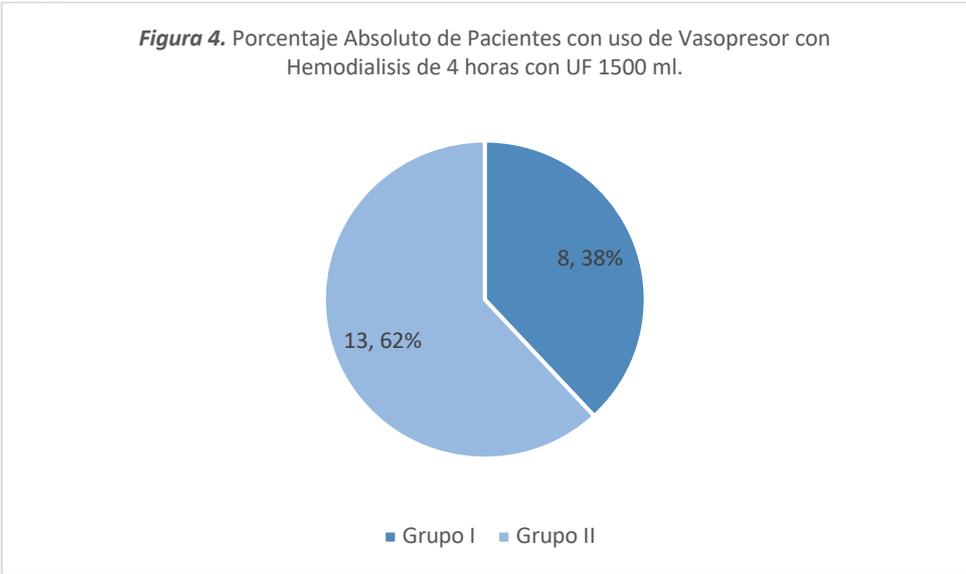
De la muestra general se encuentra con una edad media de 55.62 años con un IQR (53.25-72.0); Dentro de los diagnósticos podemos encontrar la siguiente distribución de porcentajes: 1) Choque Séptico con 16 pacientes (53%), 2) Enfermedad Renal Crónica + Choque Séptico 2 pacientes (7%), 3) Anuria 2 pacientes (7%), 4) Acidosis Metabólica Refractaria 3 pacientes (10%), 5) Sobrecarga de Volumen + Anuria 3 pacientes (10%) y 6) Sobrecarga de Volumen 4 pacientes (13%) *figura 2*.



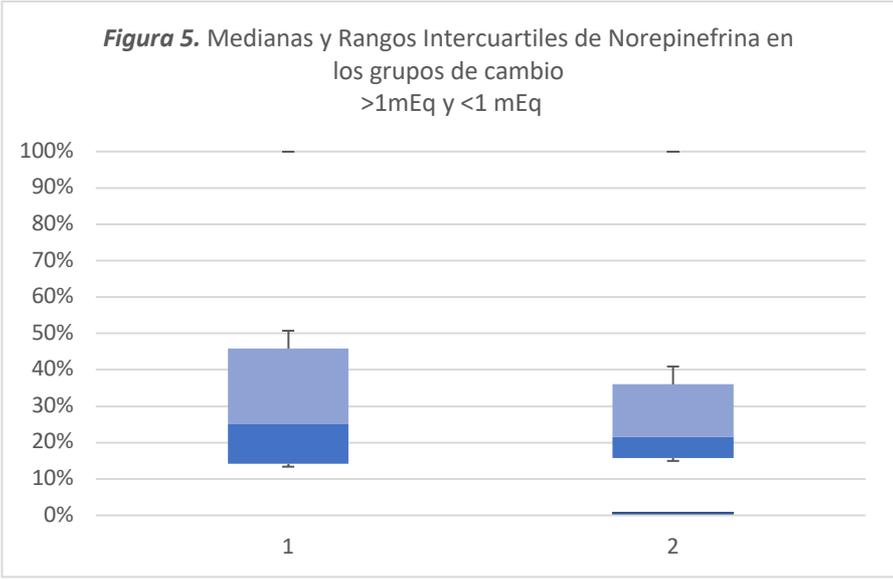
Se encontró una mediana general de Sodio Sérico (Na) de los pacientes críticamente enfermos sometidos a hemodialis de 4 horas con UF 1500 ml de 133 mEq con IQR (130-140 mEq). En el caso de potasio sérico (K) fue de 4.41 con IQR (3.85-6.60 mEq); Con una mediana de pH de 7.40 con IQR (7.19-7.37); Mediana de Lactato 2.15 con IQR (1.40-4.0); El APACHE 16 puntos con IQR (10-26 puntos). Al realizar el estudio de cohorte se encuentra una mediana de 14 HCO<sub>3</sub> para el grupo 1 con IQR (12-20 mEq) y 19 para el grupo 2 con IQR (17-24 mEq) *figura 3*.



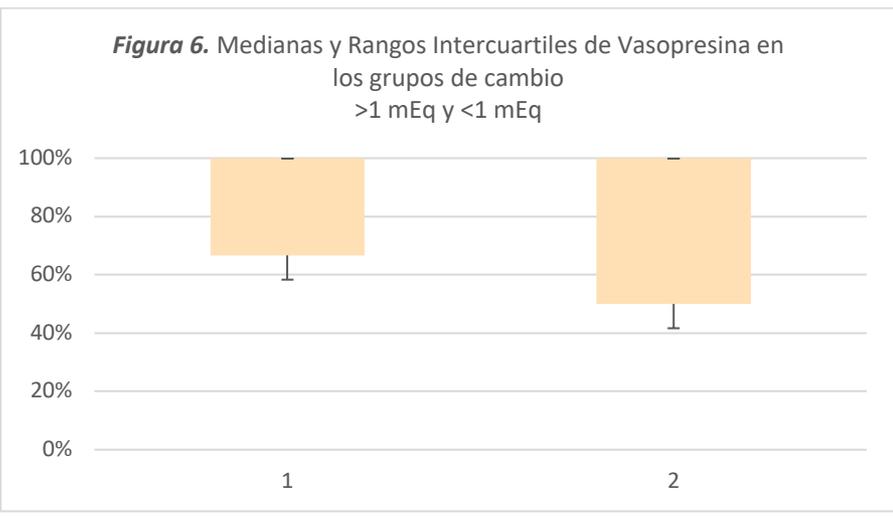
Tras realizarse la hemodiálisis de 4 horas con 1500 UF encontramos lo siguiente: Para el grupo I se encuentra una media de utilización de aminas en 8 de 15 pacientes (38%) y para el grupo II 13 de 15 pacientes (62%) *figura 4*.



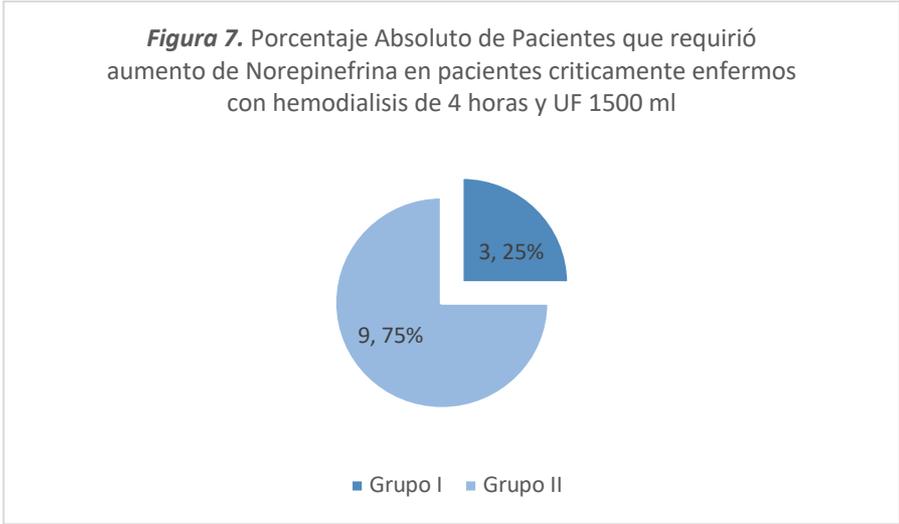
En los pacientes críticamente enfermos con hemodiálisis de 4 horas con UF de 1500 ml encontramos que para el grupo I: La mediana de norepinefrina fue 0.07 mcgkgmin con IQR (0.085-0.60 mcgkgmin) mientras que para el grupo II fue una mediana de norepinefrina de 0.06 mcgkgmin con IQR (0.01-0.64 mcgkgmin) *figura 5.*



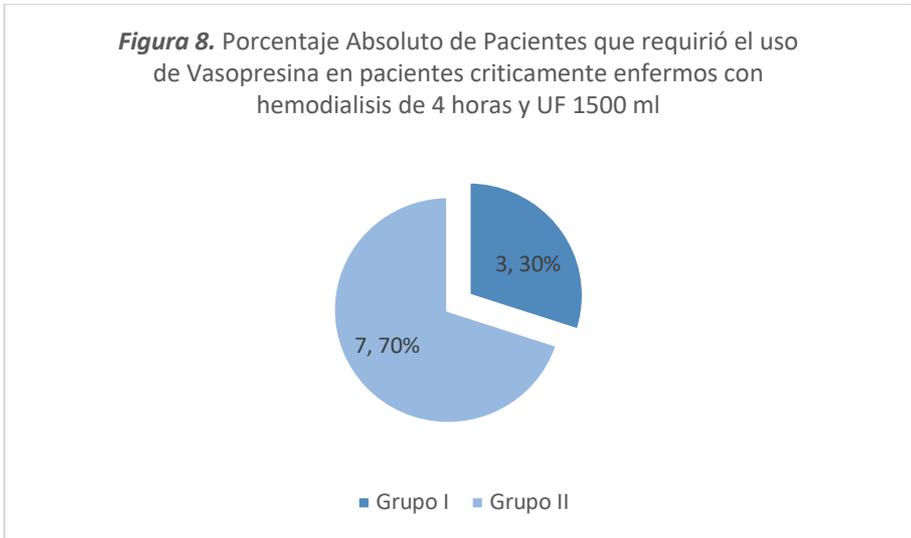
Asimismo, se encontró para los pacientes críticamente enfermos sometidos a hemodiálisis de 4 horas con UF 1500 ml: Para el grupo I una mediana de 0.01 UI/min con IQR (0-0.06 UI/min) mientras que para el grupo II una mediana de 0.02 UI/min con IQR (0-0.08 UI/min) *figura 6.*



Dentro del análisis de los pacientes críticamente enfermos con hemodiálisis de 4 horas con UF 1500 ml encontramos que en el grupo I únicamente se tuvieron que aumentar en 3 de 15 pacientes la cantidad de vasopresor (25%) mientras que para el grupo II fueron en total 9 de 15 pacientes en quienes se tuvo que aumentar la dosis de norepinefrina (75%) *figura 7*.



Y en relación con el aumento agudo del vasopresor se establece el número de pacientes que requirieron el uso de Vasopresina, en el grupo I fue de únicamente 3 de 15 pacientes (30%) mientras que para el grupo II fue de 7 de 15 pacientes (70%) *figura 8*.



## DISCUSION:

Se recabaron los resultados de los expedientes de 30 pacientes críticamente enfermos sometidos a hemodiálisis de 4 horas con UF de 1500 ml. En dichos pacientes encontramos una media de edad de 55.63 años con un rango mínimo de 52.25 a 72 años dentro de los cuales la enfermedad mas predominante para la realización de dicha hemodiálisis fue: Choque Séptico seguido de Sobrecarga de Volumen.

Según la encuesta 2020 de ENSANUT podemos encontrar que de acuerdo a la pirámide edades en México existe una mediana poblacional de 35 años de edad; En nuestro estudio encontramos que la edad mínima fue de 52.25 años de edad, la cual se encuentra muy por encima de la media poblacional por el momento; Sin embargo, al hablar de adultos mayores la media poblacional en México se encuentran 60 años de edad por lo cual es altamente relevante nuestro estudio.

En dicha encuesta de salud encontramos que 3.3% de los adultos mayores han tenido un infarto, 16.8% tienen diabetes, 1.4% tienen cáncer, 33.5% tienen hipertensión arterial 4.5% de los pacientes tienen algún otro padecimiento cardiaco, quedando únicamente 24.5% de los pacientes sanos encuestados. En la población estudiada que sufre de hemodiálisis de 4 horas de evolución con 1500 ml de UF podemos encontrar que la sepsis es el principal diagnóstico intrahospitalario por el cual los pacientes requieren de dicho procedimiento. Realizando un subanálisis de la base de datos recabada previamente para nuestro estudio podemos encontrar que la diabetes mellitus se encontraba preponderante en un 52%, hipertensión arterial 35%, cáncer 5%, hipotiroidismo 7% y 1% sanos previamente a su internamiento como antecedentes personales patológicos.

Adicionalmente encontramos que los pacientes que sufren Choque Séptico se les realiza reanimación agresiva a 30 ml/kg según las actuales guías del Surviving sepsis Campaign por lo cual los pacientes bajo la pauta de administración de cristaloides de forma libre, presentan con mayor frecuencia y porcentaje sobrecarga de volumen siendo la segunda causa de hemodiálisis en nuestra unidad.

La sobrecarga de fluidos definida como un balance positivo acumulado o una redistribución aguda de líquidos representa el núcleo precipitante de los mecanismos de descompensación aguda de los pacientes críticamente enfermos y está asociada con el agravamiento de los síntomas durante el internamiento, la hospitalización y muerte. Determinar el balance hídrico es complejo y depende en gran medida de la fisiopatología subyacente; sin embargo, además del balance simple (entradas menos salidas) los nuevos biomarcadores son de suma importancia para la identificación de sujetos en riesgo de padecer sobrecarga de volumen.

El acumulo de líquido es un trastorno progresivo que se produce en respuesta a un desencadenante agudo (infección, infarto, sobrecarga de presión/volumen del ventrículo izquierdo, miocardiopatía familiar) que daña el musculo cardiaco. Esto se traduce en perdida de miocitos cardiacos funcionales

y/o interrupción de la contractilidad miocárdica normal. Esta disminución activa mecanismos de compensación que modulan y/o restauran temporalmente la función ventricular izquierda, pero con el tiempo se convierten en maladaptativas. Estos cambios maladaptativos contribuyen al acumulo de fluidos y a los síntomas clínicos.

El aumento de la presión telediastólica, la dilatación VI y la hipoperfusión relativa órgano-terminal activan el sistema nervioso simpático (SNS), el eje renina angiotensina aldosterona (SRAA) y estimulan la liberación no osmótica de arginina vasopresina. Estos contribuyen directamente y empeoran la acumulación de líquido preexistente por la ávida retención de sodio y deterioro de la excreción de agua libre para preservar el gasto cardiaco.

La sobrecarga de presión/volumen telediastólica contribuye a la hipoperfusión coronaria e isquemia subendocárdica. Además, se ha observado un aumento de la expresión de las citoquinas inflamatorias. Juntos estos mecanismos compensatorios, contribuyen al remodelado vi, dilatación miocárdica, regurgitación valvular y finalmente deterioro de la función VI. Estos mecanismos también predisponen al fracaso renal agudo y pueden conducir a la insuficiencia renal crónica, como es el caso de la tercera causa por la cual los pacientes requirieron de hemodiálisis en nuestro estudio: sobrecarga de volumen con anuria.

La disminución de la tasa de filtrado glomerular es un importante factor de agravamiento, reduciendo más la capacidad del paciente para administrar la homeostasis de los fluidos, disminuyendo la capacidad de respuesta a las terapias claves (diuréticos de asa) y contribuyendo a la acumulación de fluidos. Existen síntomas clínicos como historia de fatiga, disnea, ortopnea con disnea paroxística nocturna y aumento de peso con respecto al ingreso que apuntan a la acumulación de fluidos y posterior decompensación.

Los pacientes que pasan a hemodiálisis se encuentran con evidencia de estertores pulmonares, distension venosa yugular, tercer ruido cardiaco (S3), derrame pleural, ascitis, edema periférico y congestión venosa pulmonar por lo cual la hemodiálisis resulta esencial para el manejo de estos pacientes.

En enfermedades críticas como el shock y la inflamación sistémica contribuyen a una menor circulación efectiva, a una reducción del gradiente de presión oncótica (hipoalbuminemia) y alteraciones de la permeabilidad capilar que contribuyen a un aumento activo de las entradas (reanimación, medicamentos vía intravenosa) y a una fuga considerable desde el compartimiento vascular. Datos recientes también han demostrado que el fracaso renal agudo puede contribuir a una inflamación sistémica y conducir a la disfunción.

La hiponatremia definida como una concentración plasmática de sodio inferior a 135 mmol/L es una situación frecuente con elevada morbimortalidad en los pacientes bajo hemodiálisis. En los pacientes que presentan compromiso de la función renal como consecuencia de la acumulación de desechos nitrogenados, se eleva la osmolaridad del plasma sin embargo a pesar de que la urea presenta actividad osmótica en el suero, no se establece un gradiente sostenido debido a que con facilidad difunde a través de las membranas de las células.

De entre las modalidades para sustituir la función renal una de ellas, la hemodiálisis representa la posibilidad de extraer el exceso de sodio fundamentalmente por medio del método de convección. Por ello se reconoce que se obtiene una mayor extracción de sodio del organismo por medio de ultrafiltración, incluso en mayor proporción que la extracción de sodio que se alcanza al reducir la concentración de sodio de la solución de diálisis con respecto al sodio sérico (NaS). En el caso de nuestro estudio y como se hace evidente se puede encontrar una hiponatremia de 133 mEq con un IQR con sodio mínimo de 130 y máximo de 140 mEq.

Los cambios de concentración de sodio de la solución de diálisis (NaD) muestra que cuando la concentración de sodio (NaD) de esta solución es mayor que la concentración del NaS es decir cuando  $NaD > NaS$  se incrementa la NaS posterior a la sesión de hemodiálisis, con el consiguiente aumento de sed y tono simpático que lleva a la expansión de volumen e hipertensión arterial en el paciente; mientras que cuando  $NaD < NaS$ , la NaS se diluye y baja lo que origina una caída de la osmolalidad sérica con la consiguiente alteración de la vasoconstricción e incremento de la prostaglandina E2 que favorece intolerancia hemodinámica a la ultrafiltración, un incremento en la frecuencia de episodios de hipotensión arterial transdiálisis y aparición de isquemia cerebral, miocárdica e intestinal.

La hiperpotasemia en paciente con hemodiálisis se entiende como la sobreabundancia de potasio en el compartimento extracelular de estos individuos. Se determina por definición como la concentración sérica de potasio mayor de 5.5 M. Dentro de los pacientes en diálisis la mortalidad debida a hiperpotasemia ha sido estimada entre 3.1 por 1000 pacientes por año. La mayoría del cambio de potasio ocurre al inicio cuando el gradiente de potasio entre la sangre y el baño es alto. La concentración de potasio bajo aumenta el cambio de potasio por el aumento de los gradientes de potasio entre la sangre y el baño. El uso del baño de potasio bajo puede ser expuesto en los pacientes con efectos secundarios cardiacos potenciales. Se ha demostrado que un baño de 2K provoca arritmias ventriculares complejas durante la diálisis en algunos pacientes que frecuentemente resuelve de una vez incrementos con K baño de 3.5 . En el caso de estos pacientes se encuentra una mediana de potasio de 4.41 con un IQR que va de 3.85 a 6.60 mEq por lo cual resulta relevante el estudio para el manejo de los pacientes con hiperkalemias y sobrecargas de volumen asi como en los pacientes que presentan anuria y sobrecarga de volumen.

El Score de APACHE II es un score que estima la mortalidad de los pacientes que ingresan a las áreas críticas, inicialmente fue validado en Pancreatitis Aguda, resultando útil para estratificar el riesgo de mortalidad. Permite establecer pronóstico al ingreso del paciente a la unidad ya que el cálculo debe realizarse en las primeras 24 horas del ingreso. Si bien pueden actualizarse conforme varían los parámetros calculados, esta validado como un parámetro estático al ingreso a la unidad.

Las variables evaluadas son: historia de insuficiencia orgánica severa o inmunocompromiso (distinguiendo manejo médico o quirúrgico de urgencia vs quirúrgico electivo), edad, temperatura rectal media, PAM, frecuencia cardiaca, frecuencia respiratoria, oxigenación (evaluada como PaFi o gradiente alveolo-arterial), pH, Na sérico, K sérico, Creatinina sérica, hematocrito, Leucocitosis y Escala de Glasgow. En el caso de nuestro estudio se encuentra APACHE de 16 puntos con IQR mínimo 12 y máximo 20 puntos.

El agravamiento de los pacientes con hemodialisis radica en el fenómeno de hipotensión intradialítica que se encuentra hasta en el 70% de las hemodialisis. Su asociación con la mortalidad es un desenlace relevante en la atención de los pacientes críticos. La disrupción de la autorregulación de flujo sanguíneo renal es una de las consecuencias más importantes. En los casos descritos de necrosis tubular aguda los episodios de hipotensión se asocian con mayor necrosis tubular y disminución en el filtrado glomerular. Algunos factores que se asocian con la hipotensión intradialítica son el volumen de ultrafiltrado, edad avanzada, sexo femenino, diabetes mellitus, etnicidad hispanica, índice de masa corporal elevada, presión sistólica baja predialisis y temperatura de dializado altas.

En nuestro estudio encontramos que a los pacientes a los cuales se les mantuvo un ultrafiltrado de 1500 ml para 4 horas el grupo I 8 de 15 pacientes requirieron el uso de norepinefrina con una media de utilización 0.07 mcg/kg/min mientras que el grupo II fueron 13 de 15 pacientes que requirieron el uso de vasopresina con una media de 0.15 mcg/kg/min con un aumento de norepinefrina en el grupo I 3 de 15 (25%) mientras que en el grupo II 9 de 15 (75%). Esto se traduce la necesidad de uso de norepinefrina en el episodio de hipotensión intradialítica que requiere de medicamentos que aumenten el tono simpático durante el ultrafiltrado. En pacientes con cambios  $<1$  mEq/L se han asociado menos episodios de hipotensión y con ello más apoyo vasopresor en cambio los pacientes con cambios  $>1$  mEq/L presentan mayores cambios hemodinámicos asociados a esta, corroborado por U Mann de Whitney con  $p=0.018$

El movimiento de líquidos desde y hacia la intravascular enmarca los factores determinantes de la hipotensión intradialítica:

1. Derivados del procedimiento: Volumen y tasa de ultrafiltrado, cambios en la osmolaridad plasmática, composición y temperatura del dializado.
2. Derivados del paciente: Hipovolemia, disfunción cardíaca y/o autonómica y vasodilatación.

Puede ocurrir una reducción del gasto cardiaco asociado a la propia capacidad contractil del ventrículo izquierdo provocado por disturbios electrolíticos, situación que puede acaecer tanto en las diálisis agudas como en las crónicas. La explicación a este fenómeno se redirecciona hacia las perturbaciones del equilibrio ácido-base y de electrolitos. La composición del baño de dializado puede ser un factor de prolongación del complejo QT. Se describe primero el reflejo de Bezold Jarisch caracterizado por un episodio inicial de sobreestimulación simpática seguido por una inhibición de este, reflejada en bradicardia y vasodilatación.

En referencia a la capacidad de bomba cardiaca el proceso fisiopatológico se ubica en alteraciones de la expresión y sensibilidad de receptores betaadrenérgicos que a medida que el proceso dialítico se hace más frecuente la desensibilización de vías adrenérgicas se instaura cada vez con más intensidad.

Desde otra perspectiva se puede observar los pacientes que requirieron de vasopresina durante la hemodiálisis. Los pacientes del grupo I únicamente requirieron 3 de 15 pacientes (30%) mientras que los pacientes del grupo II requirieron 7 de 15 pacientes (70%) del segundo apoyo vasopresor. Esto apoya lo observado con los pacientes y el uso de norepinefrina a los cuales presentan episodios de hipotensión aquellos con cambios de  $\text{HCO}_3^- > 1$  mEq por hora que aquellos cuyo cambio de  $\text{HCO}_3^- < 1$ /hora corroborada por U Mann de Whitney con  $p=0.020$

Durante el ultrafiltrado se establece un desajuste del volumen intravascular que el sistema simpático se debe compensar para no generar hipotensión mediante un aumento de la frecuencia cardiaca y la función sistólica y de forma concomitantemente reclutando las venas principales. Es así como aumentos inadecuados de la resistencia vascular periférica causan una reducción adicional del retorno venoso y del volumen telediastólico.

## CONCLUSIONES

La alta variabilidad de la presión arterial condicionada por la HD dificulta fijar objetivos de control de la presión arterial. Usualmente la presión arterial tiende a estar más elevada en los periodos predialisis, desciende durante la diálisis para volver ascender en el nuevo periodo interdialisis. Esta variabilidad es mas marcada en los pacientes con pautas convencionales (< 3 sesiones semanales) ya que aquellos con pautas de diálisis más intensivas de la hemodiálisis diaria.

En resumen, la individualización de la prescripción de sodio de la solución de diálisis de acuerdo al sodio sérico del paciente confiere beneficios que sugieren que en el futuro será la práctica a seguir, tanto para evitar que el paciente reciba una sobrecarga de sodio que incremente su concentración sérica de sodio y provoque sed intensa en el periodo postdiálisis e hipertensión arterial, como para evitar que a algunos pacientes se les extraiga sodio de más, lo que favorecería la sintomatología transdiálisis resultado de la intolerancia hemodinámica a la ultrafiltración.

Se observaron mayores cambios hemodinámicos en pacientes con hemodiálisis y cambios de  $\text{HCO}_3^- > 1$  que en aquellos con cambios de  $\text{HCO}_3^- < 1$ . Dichos pacientes requirieron en mayor medida el uso de norepinefrina durante el episodio intradialisis, aumento del vasopresor e incluso la adición de un segundo vasopresor para lograr el término del UF 1500 ml durante las 4 horas de la hemodiálisis.

Los artículos publicados a la fecha presentan resultados estadísticamente significativos similares y concordantes en la línea de pensamiento de este trabajo. Es necesaria una estandarización de la monitorización mediante ensayos clínicos controlados que unifiquen los valores de referencia de los pacientes a los cuales se les realiza hemodiálisis,

El aumento en el uso de los vasopresores condiciona un aumento de la morbimortalidad de los pacientes a 28 días sin embargo se considera que es necesario amplificar dicha investigación con otros proyectos similares dentro de la unidad de hemodiálisis para evaluar los factores de riesgo determinantes de la alta mortalidad encontrada.

## BIBLIOGRAFIAS.

1. Verma S, Kellum JA. Defining Acute Kidney Injury. *Crit Care Clin.* 2021 Apr;37(2):251-266. doi: 10.1016/j.ccc.2020.11.001. PMID: 33752854.
2. Chawla LS, Bellomo R, Bihorac A, et al. Enfermedad renal aguda y recuperación renal: informe de consenso de la Iniciativa de calidad de enfermedades agudas (ADQI) 16 Grupo de trabajo. *Nat Rev Nephrol* 2017; 13: 241-57.
3. Hoste EAJ, Bagshaw SM, Bellomo R, Cely CM, Colman R, Cruz DN, et al. Epidemiology of acute kidney injury in critically ill patients: the multinational AKI-EPI study. *Intensive Care Med.* 2015;41(8):1411-23.
4. Ronco C, Bellomo R, Kellum JA. Acute kidney injury. *Lancet.* 2019;394(10212):1949-64.
5. Bagshaw SM, Darmon M, Ostermann M, Finkelstein FO, Wald R, Tolwani AJ, et al. Current state of the art for renal replacement therapy in critically ill patients with acute kidney injury. *Intensive Care Med.* 2017;43(6):841-54.
6. Truche A-S, Darmon M, Bailly S, Clec'h C, Dupuis C, Misset B, et al. Continuous renal replacement therapy versus intermittent hemodialysis in intensive care patients: impact on mortality and renal recovery. *Intensive Care Med.* 2016;42(9):1408-17.
7. Schneider AG, Bellomo R, Bagshaw SM, Glassford NJ, Lo S, Jun M, et al. Choice of renal replacement therapy modality and dialysis dependence after acute kidney injury: a systematic review and meta-analysis. *Intensive Care Med.* 2013;39(6):987-97.
8. Legrand M, Darmon M, Joannidis M, Payen D. Management of renal replacement therapy in ICU patients: an international survey. *Intensive Care Med.* 2013;39(1):101-8.
9. Lugon JR, Pereira GRM, Strogoff-de-Matos JP, Peixoto AJ. Kinetics of acid-base parameters in conventional hemodialysis. *Braz J Med Biol Res.* 2018 Dec 10;52(1):e7974.
10. Quesada J, Velasco P, Ila A. PLAN DE CUIDADOS DEL PACIENTE EN HEMODIÁLISIS [Internet]. Complejo Hospitalario. Jaén. 2018 [citado 22 September 2018]. Disponible en: <http://www.seden.org/files/235a.pdf>
11. Marano M, Marano S, Gennari FJ. Beyond bicarbonate: complete acid-base assessment in patients receiving intermittent hemodialysis. *Nephrol Dial Transplant.* 2017 Mar 1;32(3):528-533.
12. Tian JH, Ma B, Yang K, Liu Y, Tan J, Liu TX. Soluciones tamponadas con bicarbonato versus lactato para hemodiafiltración o hemofiltración continua aguda. *Cochrane Database Syst Rev.* 2015 5 de marzo;(3):CD006819.
13. National Kidney Foundation. KDOQI Clinical Practice Guideline for Hemodialysis Adequacy: 2015 update. *Am J Kidney Dis.* 2015 Nov;66(5):884-930. Erratum in: *Am J Kidney Dis.* 2016 Mar;67(3):534.
14. Ikizler TA, Burrowes JD, Byham-Gray LD, Campbell KL, Carrero JJ, Chan W, Fouque D, Friedman AN, Ghaddar S, Goldstein-Fuchs DJ, Kaysen GA, Kopple JD, Teta D, Yee-Moon Wang A, Cuppari L. KDOQI Clinical Practice Guideline for Nutrition in CKD: 2020 Update. *Am J Kidney Dis.* 2020 Sep;76(3 Suppl 1):S1-S107.
15. Fouque D, Vennegoor M, ter Wee P, Wanner C, Basci A, Canaud B, Haage P, Konner K, Kooman J, Martin-Malo A, Pedrini L, Pizzarelli F, Tattersall J, Tordoir J, Vanholder R. EBPG guideline on nutrition. *Nephrol Dial Transplant.* 2007 May;22 Suppl 2:ii45-87.

16. Gennari JF. Acid-base assessment of patients receiving hemodialysis. What are our management goals? *Semin Dial.* 2018;31(4):382–386
17. Gennari FJ, Sargent JA. Acetate metabolism, organic acid production, and the independent effects of bicarbonate and acetate as alkalinizing agents in dialysis bath solutions. *Semin Dial.* 2019;32(3):274–275
18. Bozikas A, Kiriakoutzik I, Petrou I. Aiming for the optimal bicarbonate prescription for maintenance hemodialysis therapy in end-stage renal disease. *Hemodialysis Int.* 2019;23(2):173–180.
19. Tentori F, Karaboyas A, Robinson BM, et al. Association of dialysate bicarbonate concentration with mortality in the Dialysis Outcomes and Practice Pattern Study (DOPPS). *Am J Kidney Dis.* 2013;62(4):738–746.
20. Panesar M, Shah N, Vaqar S, et al. Changes in serum bicarbonate levels caused by acetate-containing bicarbonate buffered hemodialysis solution: an observational prospective cohort study. *Ther Apher Dial.* 2017;21(2):157–165.
21. Basile C, Rossi L, Lomonte C. Dialysate bicarbonate concentration: too much of a good thing? *Semin Dial.* 2018;31(6):576–582.
22. Saikumar JH, Kovesdy CP. Bicarbonate Therapy in End-Stage Renal Disease: Current Practice Trends and Implications. *Semin Dial.* 2015 Jul-Aug;28(4):370-6.
23. Wieliczko M, Małyszko J. Acid-base balance in hemodialysis patients in everyday practice. *Ren Fail.* 2022 Dec;44(1):1090-1097.