



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO E INVESTIGACIÓN

PETRÓLEOS MEXICANOS
SUBDIRECCIÓN DE SERVICIOS DE SALUD

HOSPITAL CENTRAL SUR DE ALTA ESPECIALIDAD
SERVICIO DE NEFROLOGÍA

**CAMBIO DEL VOLUMEN LATIDO TRANSDIÁLISIS A LARGO
PLAZO, MEDIDO POR BIOIMPEDANCIA ELECTRICA EN LOS
PACIENTES SOMETIDOS A HEMODIÁLISIS CRÓNICA DEL
HOSPITAL CENTRAL SUR DE ALTA ESPECIALIDAD PEMEX**

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
E S P E C I A L I S T A E N N E F R O L O G Í A

P R E S E N T A:

DR. LUIS RAÚL LÓPEZ Y LÓPEZ

T U T O R

DR. MICHAEL WASSUNG DE LAY

A S E S O R

DR. MARCO ANTONIO CARMONA ESCAMILLA

MÉXICO D.F., JULIO 2019





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.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO E INVESTIGACIÓN

HOSPITAL CENTRAL SUR DE ALTA ESPECIALIDAD

SERVICIO DE NEFROLOGÍA

**CAMBIO DEL VOLUMEN LATIDO TRANSDIÁLISIS A LARGO PLAZO, MEDIDO POR
BIOIMPEDANCIA ELÉCTRICA EN LOS PACIENTES SOMETIDOS A HEMODIÁLISIS CRÓNICA DEL
HOSPITAL CENTRAL SUR DE ALTA ESPECIALIDAD PEMEX**

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE ESPECIALISTA EN NEFROLOGÍA

DR. LUIS RAÚL LÓPEZ Y LÓPEZ

TUTOR

DR. MICHAEL WASUNG DE LAY

ASESOR DE TESIS

DR. MARCO ANTONIO CARMONA ESCAMILLA

MÉXICO, D.F. JULIO 2019

1

DR. CÉSAR ALEJANDRO ARCE SALINAS

Director

DR. JESÚS REYNA FIGUEROA

Jefe del Departamento de Enseñanza e Investigación

DR. MARIO ALBERTO SEBASTIÁN

Jefe del Servicio y Profesor Titular del Curso

DR. MICHAEL WASUNG DE LAY

Tutor de Tesis

DR. MARCO ANTONIO CARMONA ESCAMILLA

Asesor de Tesis

DR. MICHAEL WASUNG DE LAY

Asesor Estadístico Especialista en M. Interna y Nefrología

PETRÓLEOS MEXICANOS
SUBDIRECCIÓN DE SERVICIOS DE SALUD
HOSPITAL CENTRAL SUR DE ALTA ESPECIALIDAD
SERVICIO DE NEFROLOGÍA

Tabla de contenido

ÍNDICE	4
TÍTULO	6
INTRODUCCIÓN	6
ANTECEDENTES	6
MARCO TEÓRICO	9
DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	15
JUSTIFICACIÓN	15
PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	15
HIPÓTESIS	15
OBJETIVO GENERAL	16
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
TIPO DE ESTUDIO	16
DISEÑO	17
DEFINICIÓN DEL UNIVERSO	17
CRITERIOS DE INCLUSIÓN, EXCLUSIÓN Y ELIMINACIÓN	18
MÉTODOS DE SELECCIÓN DE MUESTRA	19

DEFINICIÓN DE VARIABLES.....	20
MATERIAL Y MÉTODOS.....	24
RECURSOS Y LOGÍSTICA	27
CONSIDERACIONES ÉTICAS	28
RESULTADOS.....	27
DISCUSIÓN	45
CONCLUSIONES	47
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
ANEXOS	54

TÍTULO

Cambio del volumen latido transdiálisis a largo plazo, medido por bioimpedancia eléctrica en los pacientes sometidos a hemodiálisis crónica del Hospital Central Sur De Alta Especialidad PEMEX Picacho

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

Las enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT) representan 70% de todas las muertes a nivel global. (1) Siendo la primera causa las cardiovasculares, la enfermedad renal crónica juega un papel determinante ya que ha sido asociado con un incremento de 8 a 10 veces en la mortalidad cardiovascular, incrementando el riesgo cuando asocia diabetes e hipertensión.

Un desenlace de dicha enfermedad renal crónica es la enfermedad renal terminal, que requiere remplazo renal, una posibilidad es en la forma de diálisis; la cual tiene un crecimiento anual en los programas de diálisis entre 6 al 12% en las últimas 2 décadas y continúa creciendo, en especial en países en desarrollo. (2)

Desafortunadamente en México no existe un registro nacional centralizado de casos de padecimientos renales, para determinar la incidencia y prevalencia (3), aunque se sabe que la enfermedad renal crónica es la segunda causa de años de vida perdidos actualmente. (4)

Sin embargo, de acuerdo a la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (Ensanut 2016), la diabetes mellitus estaba presente en 9.4% (6.4 millones) de la población total del país de 20 y más años de edad (69 millones). El 4.7% de los diabéticos reportó medición de microalbuminuria en el último año y el 46.4% de los diabéticos no realiza medidas preventivas para evitar o retrasar las complicaciones de la enfermedad. (5) Siendo esta la causa más frecuente de enfermedad renal crónica.

De acuerdo a la experiencia llevada a cabo en un centro hospitalario en Morelia-Michoacán, la prevalencia de enfermedad renal crónica con tasa de filtrado glomerular (TFG) < 15 mL/min fue de 1,142 por millón de habitantes (pmh), en tanto que la TFG <60 mL/min fue de 80,788 pmh.(6)

En otro estudio realizado en Jalisco (muestra 2020 personas) y la ciudad de México (muestra 1519 personas) la prevalencia de enfermedad renal crónica fue de 33% y 22% respectivamente (7)

En México existen alrededor de 52,000 pacientes en terapias sustitutivas, y de acuerdo a un estudio que incluyó a 31.712 pacientes de 127 hospitales generales de 21 estados de la República Mexicana, 20.702 (66%) estaban en tratamiento de diálisis peritoneal (DP) y 11.010 en hemodiálisis (34%). En el grupo de hemodiálisis (HD), el grupo de edad más prevalente fue el de 60 a 69 años (26,2%). Las principales causas de morbilidad fueron síndrome anémico 45%, infección del acceso vascular 34%, descontrol hipertensivo 28%, retención hídrica 12%, insuficiencia cardíaca 9% e hiperfosfatemia severa 7%; (8)

Los pacientes en HD tienen una mortalidad 10 a 30 veces mayor que la población general; como primera causa de mortalidad están las cardiovasculares (54%), seguido de causas infecciosas (37%).(8,9)

La sobrecarga de volumen de forma crónica es una complicación de la enfermedad renal crónica que ocurre debido a la incapacidad de responder a la ingesta de sodio, la cual se asocia directamente con la hipertensión, aumento de la rigidez arterial, hipertrofia ventricular izquierda, insuficiencia cardíaca, aumento de mortalidad. (10,11)

Sin embargo, se ha demostrado que solo la mitad de los pacientes en estadio 3 a 5 de la enfermedad renal crónica se encuentran euvolémicos, y que cerca del 20% de los pacientes con sobrecarga de volumen no presentan edema clínicamente detectable. (12) Ver Anexo 1

Algunos de los pacientes que están sobrecargados de volumen no tienen ganancia interdialítica elevada. (13) Esta ganancia se ha demostrado que aumenta la mortalidad con un riesgo relativo de 2.1 cuando dicha sobrecarga de volumen es mayor al 15%. (14) Ver Anexo 2

Ningún estudio hasta la fecha ha demostrado que los límites de ultrafiltración prevengan las reducciones en la perfusión miocárdica u otros resultados cardiovasculares durante hemodiálisis (15)

Las variaciones hemodinámicas intradialíticas ocurren frecuentemente durante las sesiones de hemodiálisis, siendo la hipotensión intradialítica la que más ocurre con diferente grado de hipotensión. (16)

Aunque no existe una definición de consenso. La National Kidney Foundation's KidneyDisease Outcomes Quality Initiative (KDOQI) definen hipotensión intradialítica (IDH) como una disminución en la presión sistólica (SBP) > 20mmHg o > 10 mmHg en la presión arterial media (10 mmHg) asociado a síntomas como calambres, dolor de cabeza, mareo, vómitos o dolor en el pecho durante la HD; (17)La cual se asocia hipovolemia intravascular con ineficaz redistribución de la sangre por una capacitancia venosa alterada, diabetes mellitus, disminución de la resistencia periférica total inducida en parte por disfunción autonómica, temperatura del dializado, alteraciones estructurales cardíacas que pueden causar

un llenado diastólico inadecuado, disminución de la contractilidad cardiaca; (17,18)
Que conlleva a un incremento de la mortalidad de esta población.(19,20)

La prevalencia de disfunción sistólica de los pacientes en hemodiálisis es del 15 al 28%, la causa es generalmente incluye factores como cardiopatía isquémica, sobrecarga de volumen, anemia. (21)

A pesar de los avances en hemodiálisis en las últimas décadas, la incidencia de hipotensión intradialítica permanece siendo elevada. (22)

Así mismo en la enfermedad renal crónica se produce deterioro de la calidad de vida de los pacientes, que está relacionada con factores demográficos (edad, sexo, nivel de educación, situación económica), con las complicaciones de la enfermedad renal crónica (anemia, malnutrición), con las enfermedades que la causan (hipertensión, diabetes, etc.) o con el propio deterioro de la función renal, mismas que se pueden medir a través de la escala Kidney Disease Quality of Life (KDQOL SF 36) que evalúa adecuadamente la calidad de vida, tanto en hemodiálisis como diálisis peritoneal.(23)

MARCO TEÓRICO

En la actualidad no hay un solo estudio que pueda diagnosticar o descartar la sobrecarga de volumen. (24)

Los métodos que se han utilizado son los siguientes:

- Desde el punto de vista clínico los hallazgos como edema, ingurgitación yugular, reflejo hepatoyugular, estertores pulmonares, s4 cardiaco, son usado comúnmente para diagnosticar hipervolemia, sin tener una adecuada correlación ya que intervienen múltiples factores como permeabilidad vascular, índice de masa corporal, edad, estasis venosa, hipertrofia del ventrículo izquierdo, disfunción autonómica o fármacos vasodilatadores. (24)
- Otro marcador clínico usado frecuentemente es el peso seco (DW), definido como el menor peso postdiálisis que un paciente puede tolerar sin la presencia de síntomas durante la diálisis e hipotensión en la ausencia de sobrecarga de volumen con una presión arterial cercana a lo normal. (25) siendo la medición del peso y la presión arterial los métodos más usados para ajustar el peso seco actualmente; El peso por sí mismo no es un método objetivo ya que se basa en medidas antropométricas que se diseñaron en sujetos sanos y jóvenes, así como el hecho de poder ser modificados por ingesta calórica y composición corporal (masa magra y grasa); La presión arterial aunque es altamente subjetiva tomando en cuenta que grandes cambios de volumen provocan pequeños cambios en la presión arterial (26) y que otros factores como fármacos, función cardíaca, alteraciones del sistema nervioso autónomo, ansiedad de la bata blanca modifican el valor de esta; De forma importante es de mencionar que actualmente no existe un nivel de presión arterial aceptado como normal y que las mediciones de la presión arterial pueden solamente valorar el exceso de volumen (27), haciendo difícil su control en un tercio de los pacientes (particularmente para aquellos con baja reserva cardíaca/insuficiencia cardíaca) o incluso perjudicial, llevando al aturdimiento cardíaco y aumentos sostenidos en los niveles péptido natriurético cerebral (BNP traducido como daño miocárdico) (19,20)
- Existen otros métodos de valoración de la volemia como los biomarcadores péptido natriurético auricular (ANP), péptido natriurético cerebral (BNP, Pro-BNP) cuyos valores incrementan con presiones de llenado ventricular elevadas, sin embargo no son específicos ya que también se elevan en síndromes coronarios agudos, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, tromboembolia pulmonar, hipertensión pulmonar, eventos vasculares cerebrales, sepsis, anemia, cirrosis, tipo de membrana de filtros de hemodiálisis, enfermedad renal crónica. (27)

- La ultrasonografía con la medición del diámetro de la vena cava inferior siendo esta uno de los reservorios de sangre mayores dentro de los vasos sanguíneos, por lo tanto, cambios en su diámetro correlacionan en alguna medida con el estado de volemia, sin embargo, puede ser modificada por la respiración, función cardíaca derecha, presión intrabdominal, intratorácica, además de ser operador dependiente especialmente cuando las variaciones son pequeñas (12,27)
- Otro método ultrasonográfico es a nivel pulmonar para estimar la cantidad de agua extravascular denominadas líneas B, el cual tiene una buena correlación con mortalidad, eventos cardiovasculares y hospitalizaciones, sin embargo, es difícil su valoración cuando existe lesión pulmonar como fibrosis, pneumectomía, derrame pleural, obesidad mórbida, enfisema subcutáneo. (27)
- El flujo de arteria carótida corregido por la frecuencia cardíaca medido por ultrasonido Doppler correlaciona con el volumen intravascular, incluso cuando no hay cambios en la presión arterial media o la frecuencia cardíaca, así mismo al usar la elevación pasiva de las piernas que provee de una reserva de sangre de 300 mililitros se puede valorar la respuesta a líquidos, sin embargo, aún no se determinan los valores normales y puntos de corte. (27)
- Existen sensores integrados en máquinas de diálisis las cuales son capaces de seguir la concentración de varios componentes de la sangre, como el hematocrito, con alta precisión y resolución para obtener los cambios en el volumen relativo de la sangre (VRS). Esta es una medida incompleta del volumen absoluto de sangre (VAS). Ambas mediciones son discutibles en el entorno clínico y los estudios no han demostrado mejorar el tratamiento en pacientes con hemodiálisis crónica. La técnica de referencia (estándar de oro) para la medición del VAS se basa en la dilución de un trazador radioactivo para los dos componentes de la sangre (glóbulos rojos y plasma). Desafortunadamente, esta técnica es invasiva, costosa y poco práctica para la atención habitual de los pacientes en HD crónica. (27–29)
- Ecocardiograma: Los parámetros hemodinámicos que mide como el volumen sistólico (VS) y el gasto cardíaco (GC) son componentes esenciales para el manejo de los líquidos en los pacientes críticos, utilizando la velocidad de flujo de la arteria pulmonar y aórtica, su inconveniente es que es operador dependiente y su medición óptima requiere ser transesofágica. (27,29,30)
- La cateterización de Swan-Ganz de la arteria pulmonar (CAP) con técnica de termodilución es considerada el estándar de oro para medir los parámetros hemodinámicos. (29)

Estos cambios hemodinámicos no han sido sistemáticamente estudiados debido en parte a que muchos de estas mediciones son invasivas y costosas. (16)

Por lo tanto, existe una necesidad importante para una técnica no invasiva, barata, confiable y práctica para la medición de parámetros hemodinámicos en HD.

Existe controversia sobre si estos eventos de hipotensión se pueden atribuir en gran medida a un cambio en el volumen latido (SV), definida como la diferencia entre los volúmenes telediastólicos y telesistólicos; es el volumen expulsado con cada latido del corazón. El rango normal es de 50 a 100 ml (31), o un cambio en la resistencia periférica, que permita conocer más acerca de los mecanismos fisiopatológicos en los cambios de presión arterial durante la hemodiálisis, así como prevenir episodios de hipotensión durante la misma. (18)

Ningún estudio hasta la fecha ha demostrado que Los límites UFR mitigan las reducciones en la perfusión miocárdica u otros resultados cardiovasculares durante hemodiálisis. (13)

La bioimpedancia eléctrica cumple con estas características, se basa en el principio de que los tejidos corporales se caracterizan por diferentes valores de resistencia eléctrica o impedancia (ley de Ohm), se les aplica una corriente eléctrica alternante sinusoidal con frecuencia de (30 kHz) de baja amplitud (1.4 mA) a través de 2 electrodos (electrodos de corriente) y medido en otros 2 electrodos (electrodos de voltaje) en total 4 electrodos (modalidad tetrapolar), la resistencia se calcula de la impedancia de los tejidos de esta forma determinando la composición corporal; por ejemplo, el tejido adiposo, pulmonar, hueso, músculos tienen poca conductividad eléctrica, mientras que la sangre es un buen conductor. (32) Ver Anexo 3

Una de los métodos usados por la bioimpedancia es la bioimpedancia eléctrica cardiográfica que calcula los cambios de volumen sanguíneo transtorácico al medir los cambios de impedancia eléctrica transtorácica, es decir durante la sístole ventricular, la sangre se expulsa a la aorta y arteria pulmonar, lo que aumenta su volumen en esas regiones, esto a su vez se traduce en una reducción de la impedancia local, los parámetros hemodinámicos se calculan a partir de variaciones de impedancia registradas, mismos que está condicionada por el ritmo cardiaco, circulación sanguínea, volumen de sangre en la región transtorácica, composición biológica torácica (impedancia de base), respiración. (32,33)

Actualmente existen 3 tecnologías que aplican el principio de impedancia cardiográfica:

- La impedancia cardiográfica torácica (Patterson et al 1964, Kubicek et al 1966, 1974) usando de 4 a 8 electrodos en el tórax
- La impedancia cardiográfica corporal total (Tischenko 1973, Koobi et al 1999) usando 4 pares de electrodos, un par en cada extremidad
- La impedancia cardiográfica regional, dicha tecnología es usada por NiCAS (NI Medical; Hod-Hasharon, Israel), en esta tecnología que se utilizan solo 2 pares de electrodos en las extremidades; teniendo mejor precisión cuando

se utiliza uno en la muñeca y el otro en el tobillo contralateral (Cohen et al 1998, Cotter et al 2004, Torre-Amione et al 2004). (34,35)

En el caso de la impedancia regional, se asume que para cada pulso de presión producido como consecuencia al flujo sanguíneo a través de una arteria con un volumen V y un área de sección transversal área A , una cantidad extra de sangre con un cambio de volumen de ΔV entra en esa extremidad al aumentar el volumen de la extremidad de V a $V + \Delta V$ y en consecuencia se produce un cambio de impedancia. (32,36)

La impedancia cardiográfica también puede medir variables hemodinámicas de forma directa, mientras que otros son calculados. (37)

Lo hace a través del análisis de la forma de onda dada por la relación entre el volumen latido y el área subyacente. (38,39)

La forma de onda de la impedancia cardiográfica es bidimensional y puede ser descrito por ecuaciones diferenciales parciales. Los cambios en la bioimpedancia durante el ciclo cardíaco generalmente se describen mediante dos formas de onda derivadas de tales ecuaciones:

La primera forma de onda derivada (ΔZ), que describe la velocidad del fluido, es una onda suave que se corresponde con la sístole, y se denomina onda S de velocidad. (39,40)

La pendiente de la parte inicial de esta onda S se correlaciona con la contractilidad cardíaca y la altura y el ancho de la onda con el volumen sistólico. Una variedad de índices, como el índice de Heather (índice en bioimpedancia que determina el gasto cardíaco con la siguiente fórmula: $(dZ/dt)_{max}/RZ$, el período de pre eyección, el tiempo de eyección del ventrículo izquierdo, la relación de tiempo sistólica, el índice de velocidad, el índice de aceleración, el índice de trabajo cardíaco izquierdo, se puede derivar de esta forma de onda para monitorizar de forma no invasiva el gasto cardíaco, la contractilidad. (40)

La segunda forma de onda derivada (dZ / dt), que describe la aceleración del fluido, es una forma de onda más detallada que contiene varios puntos de referencia. El pico de la primera forma de onda derivada corresponde con la línea de base de la segunda forma de onda derivada. Numerosos estudios electrocardiográficos, fonocardiográficos y ecocardiográficos han demostrado que los otros puntos de referencia se corresponden con eventos del ciclo cardíaco. Cuatro puntos de referencia (a, b, c y x) se asocian con la sístole auricular y ventricular, y uno con la diástole temprana. (40,41)

El punto a coincide, después de un ligero retraso electromecánico, con la onda P en el ECG y marca el comienzo de la onda de llenado diastólica tardía. La onda A solo está presente si hay una contracción auricular y es redonda y lisa con su

extremo claramente separado del comienzo de la onda S; su pico corresponde a la onda A del ecocardiograma Doppler.

La impedancia de línea de base está marcada por el punto b, que se aproxima a la apertura de la válvula aórtica. El punto c marca la aceleración máxima de la sangre de ambos ventrículos. La pendiente del ascenso desde el punto b hacia el punto c se asocia con la contractilidad: cuanto más empinada es la pendiente ascendente, cuanto mayor sea la contractilidad cardíaca.

Después de alcanzar el punto c, hay una desaceleración rápida para el punto x, un nadir por debajo de la impedancia de referencia, que es el punto de inversión de fluido intratorácico y corresponde aproximadamente al cierre de la válvula aórtica. No es posible detectar el final preciso de la eyección del ventrículo izquierdo por ICG. Sin embargo, está estrechamente relacionado con el punto de inversión de aceleración de líquido intratorácico (es decir, x punto), de modo que el tiempo de inversión de fluido torácico (TFIT) se puede utilizar como un sustituto del tiempo de eyección ventricular izquierdo. Cuanto más largo sea el TFIT, corregido por frecuencia cardíaca, mejor será la función ventricular.

Después del nadir del punto x, la forma de onda vuelve a su línea base y comienza a formar una forma de onda diastólica temprana asociado con la apertura de la válvula mitral denominada onda O. La abertura más ancha de la válvula mitral está representada por el pico de la onda O (es decir, el punto o), que corresponde al pico de la onda E transmitral detectada por ecocardiografía doppler. Ver Anexo 4

La relación entre la altura de la onda O y la onda S tiene una correlación lineal directa con la presión de cuña capilar pulmonar (PCWP), una relación de 0.5 correspondiente a un PCWP de 10 mm Hg. (39)

La bioimpedancia por NiCAS mide o calcula parámetros en cuatro categorías fisiológicas:

- Cardíaco
 - Frecuencia cardíaca
 - Índice de Derrame cerebral / Índice de apoplejía
 - Gasto cardíaco / índice cardíaco
 - Índice de Poder Cardíaco
 - Índice Granov-Goor
- Vascular
 - Resistencia Periférica Total / Índice de Resistencia Periférica Total
- Líquidos
 - Agua corporal total (% y Kg)
- Respiratorio
 - Frecuencia respiratoria

Los parámetros medidos son frecuencia cardíaca, resistencia basal, cambio de resistencia y frecuencia respiratoria.

El valor mostrado de cada parámetro se basa en el promedio del intervalo de datos seleccionado por el usuario

La bioimpedancia se ha utilizado desde 1977 en hemodiálisis (41), la bioimpedancia cardiográfica regional (NiCaS) ha sido validado para medir el agua corporal total (42,43), correlaciona con el gasto cardiaco determinado por cateterismo de arteria pulmonar y con información derivada de ecocardiograma(14,29,44); Es más preciso que la bioimpedancia torácica. (45,46) Su uso en monitorización pacientes que requieren cuidados intensivos ha sido reportado. (47–49) La variación del volumen latido valora la respuesta ventricular a la precarga y puede ser un indicador de los cambios de volumen transdiálisis. (18,50) Ver anexo 5, 6.

Además, existen otros parámetros hemodinámicos que se pueden medir por medio de la impedancia como el índice de poder cardiaco que es la energía hidráulica requerida por el corazón para proporcionar suficiente flujo de sangre a la circulación sistémica. El poder cardiaco medido en el ejercicio refleja el máximo rendimiento cardiaco alcanzable por el corazón. Comparando el máximo poder cardiaco de salida con el poder cardiaco en reposo, representa la reserva cardiaca del corazón. (50, 51)

Se ha demostrado en varios estudios que el poder cardiaco los pacientes con insuficiencia cardiaca con mayor reserva cardiaca, tienen mejores tasas de supervivencia, así mismo correlaciona con mortalidad en choque cardiogénico. (52, 53, 54)

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

- Los pacientes en hemodiálisis presenten sobrecarga de volúmen y de forma frecuente variaciones hemodinámicas intradiálíticas que se asocian a mortalidad.
- No existe una medición hemodinámica continua de los pacientes.
- Pocos estudios señalan esta medición de forma sistemática
- La bioimpedancia regional es un método no invasivo, para medir las variables hemodinámicas durante la hemodiálisis de forma sistemática
- La variación del volumen latido valora la respuesta ventricular a la precarga y puede ser un indicador de los cambios de volumen transdiálisis

¿Es posible conocer la variación del volúmen latido transdiálisis de forma continua en una forma sistemática y no invasiva?

JUSTIFICACIÓN

- La enfermedad renal crónica se asocia a un incremento de 8 a 10 veces en la mortalidad cardiovascular en especial con hipotensión intradiálisis
- La incidencia de hipotensión intradiálítica permanece siendo elevada
- Existe controversia sobre si estos eventos de hipotensión se pueden atribuir en gran medida a un cambio en el volúmen latido (SV), o un cambio en la resistencia periférica.
- La bioimpedancia regional es un método no invasivo, para medir las variables hemodinámicas durante la hemodiálisis de forma sistemática, que permita conocer más acerca de los mecanismos fisiopatológicos en los cambios de presión arterial durante la hemodiálisis.

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Es posible conocer la variación del volúmen latido transdiálisis de forma continua en una forma sistemática y no invasiva?

HIPÓTESIS

Si la hemodiálisis disminuye el agua corporal total, y el volumen latido está determinado por la precarga, entonces existe un porcentaje de cambio del volumen latido intradiálisis.

OBJETIVO GENERAL

Describir el porcentaje de cambio de volúmen latido transdiálisis, medidos con el monitor no invasivo de bioimpedancia eléctrica (NiCAS), en los pacientes en hemodiálisis

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Describir todas las variables hemodinámicas medidas por bioimpedancia eléctrica antes, durante y después de la sesión de hemodiálisis

Describir las variables clínicas y de laboratorio previo a la medición

TIPO DE ESTUDIO

Es un estudio:

- No experimental
- Analítico
- Prospectivo
- Longitudinal

DISEÑO

DEFINICIÓN DEL UNIVERSO

Hospital Central Sur de Alta Especialidad PEMEX

Pacientes mayores de 18 años, de ambos sexos en programa de hemodiálisis crónica

CRITERIOS DE INCLUSIÓN, EXCLUSIÓN Y ELIMINACIÓN

CRITERIOS DE INCLUSIÓN.

Pacientes mayores de 18 años

Con enfermedad renal crónica avanzada sometidos a hemodiálisis crónica

CRITERIOS DE EXCLUSIÓN.

Antecedente de regurgitación valvular aórtica grave y / o estenosis aórtica documentado

Antecedente de aneurisma aórtico documentado

Antecedente de malformaciones cardiacas congénitas documentado

Antecedente de fibrilación y flutter auricular

Amputación de extremidades

Proceso infeccioso activo al momento de la medición

Lesiones en piel en zona de colocación de electrodo

No cooperador

Apoyo mecánico ventilatorio

Apoyo aminérgico

Alergia conocida a compuestos del gel conductor: propilenglicol

CRITERIOS DE ELIMINACIÓN.

Que no finalice sesión de hemodiálisis

Que el paciente desee retirarse del proyecto.

Que no se logren completar los estudios hemodinámicos

Mucha interferencia en la medición por bioimpedancia eléctrica

MÉTODOS DE SELECCIÓN DE MUESTRA

Cálculo de muestra: 372

Tamaño de la población: 11010

Nivel de confianza (%): 95

Margen de error (%): 5

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

Muestreo no probabilístico:

Por conveniencia: 43 pacientes

DEFINICIÓN DE VARIABLES

Variable Principal	
Variable	Escala (intervalo, ordinal, nominal)
Volúmen latido	Intervalo: mililitros
Índice volúmen latido	Intervalo: mililitros/metro ²

Variables Generales	
Variable	Escala (intervalo, ordinal, nominal)
Género	Nominal: masculino, femenino
Edad	Intervalo: años
Peso seco	Intervalo: Kilogramos
Estatura	Intervalo: centímetros
Índice de masa corporal	Intervalo: kilogramos/metro ²
Ganancia interdialítica	Intervalo: Kilogramos
Agua corporal total	Intervalo: porcentaje
Comorbilidades	
Diabetes	Nominal: Si, No
Hipertensión	Nominal: Si, No
Laboratorio	
Fosforo	Intervalo: miliequivalentes/litro
Calcio	Intervalo: miliequivalentes/litro
Albúmina	Intervalo: gramos/decilitro
Hemoglobina	Intervalo: gramos/decilitro
Hemodiálisis	
Acceso vascular	Nominal: Catéter temporal, catéter permanente, fístula arteriovenosa
Flujo sanguíneo	Intervalo: mililitros/minuto
Ultrafiltración total	Intervalo: mililitros
Tasa de Ultrafiltración	Intervalo: mililitros/minuto
Uresis residual	Intervalo: mililitros/día
Temperatura dializante	Intervalo: grados centígrados
Sodio del líquido dializante	Intervalo: miliequivalentes/litro
Potasio del líquido dializante	Intervalo: miliequivalentes/litro

DESCRIPCIÓN DE CADA VARIABLE

Variable Principal			
Variable	Categoría	Unidad de análisis	Definición conceptual
Volúmen latido	Cuantitativa	Mililitros	Cantidad de sangre bombeada por el ventrículo izquierdo con cada latido del corazón
Índice volúmen latido	Cuantitativa	Mililitros/metro ²	Volumen latido normalizado por área de superficial corporal

VARIABLES GENERALES			
Variable	Categoría	Unidad de análisis	Definición conceptual
Género	Cualitativa	Dicotómica (H/M)	Las características biológicas y fisiológicas que definen a hombres y mujeres
Edad	Cuantitativa	Años	Tiempo que ha vivido una persona u otro ser vivo contando desde su nacimiento
Peso seco	Cuantitativa	Kilogramos	El menor peso postdiálisis que un paciente puede tolerar sin la presencia de síntomas durante la diálisis e hipotensión en la ausencia de sobrecarga de volumen con una presión arterial cercana a lo normal
Estatura	Cuantitativa	Metros	Medida de una persona desde los pies a la cabeza
Índice de masa corporal	Cuantitativa	kilogramos/metro ²	Razón matemática que asocia la masa y la talla de un individuo
Ganancia interdialítica	Cuantitativa	Kilogramos	La ganancia de sodio y agua que se produce durante el período interdialítico
Agua corporal total	Cuantitativa	Porcentaje	Cantidad de líquido extracelular
Diabetes	Cualitativa	Dicotómica (Si/No)	Conjunto de trastornos metabólicos, cuya característica común principal es la presencia de concentraciones elevadas de

			glucosa en la sangre de manera persistente o crónica
Hipertensión	Cualitativa	Dicotómica (Si/No)	Trastorno en el que los vasos sanguíneos tienen una tensión persistentemente alta
Fosforo	Cuantitativa	Miliequivalentes/litro	Elemento químico número 15 en forma de anión que mantiene el metabolismo celular y forma parte de las moléculas de ácido desoxirribonucleico
Calcio	Cuantitativa	Miliequivalentes/litro	Elemento químico número 20 en forma de catión que mantiene el metabolismo celular, función en la construcción y mantenimiento de huesos y dientes
Albúmina	Cuantitativa	Gramos/decilitro	Proteína hidrosoluble sintetizada en el hígado con capacidad de transporte y efecto oncótico en la sangre
Hemoglobina	Cuantitativa	Gramos/decilitro	Proteína de estructura cuaternaria que transporta el oxígeno (O ₂), desde los órganos respiratorios hasta los tejidos, el dióxido de carbono (CO ₂) desde los tejidos hasta los pulmones
Acceso vascular	Cualitativa	Nominal	Un medio a través del cual se hace llegar la sangre del paciente al circuito extracorpóreo de hemodiálisis, existiendo 3 tipos: <ul style="list-style-type: none"> • Fístula arteriovenosa • Catéter temporal • Catéter permanente
Flujo sanguíneo	Cuantitativa	Mililitros/minuto	La cantidad de sangre que atraviesa la sección de un punto dado de la circulación en un período determinado
Ultrafiltración total	Cuantitativa	Mililitros	Un tipo de filtración por membrana en la cual la presión hidrostática ejercida en un compartimento contra

			una membrana semipermeable, provoca que el agua atraviese la membrana y sea extraída del paciente
Tasa de Ultrafiltración	Cuantitativa	Mililitros / Hora	La cantidad de ultrafiltrado que es extraída del paciente en un tiempo determinado
Uresis residual	Cuantitativa	Mililitros	La uresis que mantienen los pacientes con enfermedad renal crónica una vez que son incluidos en programa de hemodiálisis o diálisis peritoneal
Temperatura dializante	Cuantitativa	Grados centígrados	Magnitud física que refleja la cantidad de calor del líquido dializante
Sodio del líquido dializante	Cuantitativa	Miliequivalentes/litro	Concentración molar de sodio en el líquido dializante
Potasio del líquido dializante	Cuantitativa	Miliequivalentes/litro	Concentración molar de potasio en el líquido dializante

MATERIAL Y MÉTODOS

Responsable	Actividad	Descripción
Residente Luis Raúl López y López	Proposición de entrar al estudio	A los pacientes en la unidad de hemodiálisis del Hospital Central Sur de PEMEX se explicará de forma amplia y sencilla el protocolo de estudio y se propondrá participar en dicho estudio
Residente Luis Raúl López y López	Medición de variables hemodinámicas por Bioimpedancia	<p>Los pacientes que hayan aceptado entrar al estudio se aplicará la medición por bioimpedancia de la siguiente forma:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conectar a fuente eléctrica la computadora y encenderla • Conectar el panel conector a la computadora a través del cable de información • Conectar los cables de los electrodos al panel conector <p>Conectar los electrodos al paciente</p> <ul style="list-style-type: none"> • Un electrodo se conecta en la muñeca del paciente • El otro electrodo se conecta en el tobillo contralateral <p>Iniciar el programa operativo NiCaS en la computadora</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dar doble clic en el icono de NiCaS • En la pantalla del programa se pondrán los siguientes datos: Nombre del paciente, número de identificación del paciente, género, fecha de nacimiento, altura, peso, hematocrito, sodio sérico, presión sistólica, presión diastólica, posición de electrodos, posición del paciente

		<ul style="list-style-type: none"> • Dar clic en botón que dice iniciar medición 5 minutos antes de iniciar sesión de hemodiálisis • Medición cada 20 segundos de las variables hemodinámicas por bioimpedancia • Dar clic en botón que dice terminar medición 10 minutos después de terminar sesión de hemodiálisis • Se realizarán 2 mediciones con 2 semana de diferencia entre una medición y la siguiente con la misma población de pacientes en hemodiálisis
Residente Luis Raúl López y López	Recopilación de variables bioquímicas y demográficas	<p>A través del sistema electrónico de PEMEX se recabará las variables bioquímicas, antecedentes médicos y demográficas de los pacientes.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se recolectarán los datos en una hoja de Excel
Residente Luis Raúl López y López	Análisis de datos	<ul style="list-style-type: none"> • Se realizará usando el software SPSS v22.0; siendo descriptivo: • Se realizará la comparación de los 2 grupos con una prueba para valores paramétricos de variables cuantitativas: T-student con valor de p significativa ≤ 0.05 para la diferencia estadística entre ambos grupos • Las variables continuas se mostrarán con promedios \pm desviación estándar (DS) cuando presenten una distribución normal. • Las variables continuas con distribución no normal se presentarán con medianas + rangos intercuartil (RIC).

		<ul style="list-style-type: none"> Las variables categóricas serán presentadas como frecuencia y porcentajes Se obtendrán tablas y gráficas para determinar los resultados basados en el objetivo general y específico
--	--	--

Variable Principal		Antes	Durante	Después
Volúmen latido	Mililitros			
Índice volúmen latido	Mililitros/metro ²			

Variables Generales		
Género	Masculino = 0, femenino = 1	
Edad	Años	
Peso seco	Kilogramos	
Estatura	Centímetros	
Índice de masa corporal	Kilogramos/metro ²	
Ganancia interdialítica	Kilogramos	
Agua corporal total	Porcentaje	
Comorbilidades		
Diabetes	No = 0, Sí = 1	
Hipertensión	No = 0, Sí = 1	
Laboratorio		
Fosforo	Miliequivalentes/litro	
Calcio	Miliequivalentes/litro	
Albúmina	Gramos/decilitro	
Hemoglobina	Gramos/decilitro	
Hemodiálisis		
Acceso vascular	Catéter = 0, fístula arteriovenosa = 1	
Flujo sanguíneo	Mililitros/minuto	
Ultrafiltración total	Mililitros	
Tasa de Ultrafiltración	Mililitros/minuto	
Uresis residual	Mililitros/día	
Temperatura dializante	Grados centígrados	
Sodio del líquido dializante	Miliequivalentes/litro	
Potasio del líquido dializante	Miliequivalentes/litro	

RECURSOS Y LOGÍSTICA

RECURSOS

RECURSOS QUE SE REQUIERE ADQUIRIR	
Sistema de medición Bioimpedancia (NiCaS)	
Proveedor	Empresa NiCaS
Costo	
Un par de electrodos	150 pesos
Total de parches	40 pesos
Costo total	6000 pesos
Sistema electrónico hospital PEMEX	
RECURSOS CON LOS QUE SE CUENTA	
Proveedor	PEMEX
Costo	cero
Hoja de Excel	
Proveedor	PEMEX
Costo	cero

CALENDARIO

Obtención de la información (Tiempo)	3 meses
Procesamiento y análisis de los datos (tiempo que invertirá)	1 mes
Elaboración del informe técnico final (tiempo que invertirá)	1 mes
Divulgación de los resultados (tiempo que invertirá)	6 meses

Fecha de inicio	15 de junio 2019
Fecha de terminación	10 de Julio 2019

CONSIDERACIONES ÉTICAS

Título segundo, capítulo I, Artículo 17, Sección II, investigación con riesgo mínimo, se anexa hoja de consentimiento informado

De acuerdo al informe Belmont creado en 1979 se aplicarán:

Respeto por las personas

Beneficencia: Al ser un estudio observacional prospectivo no causará ningún daño a los pacientes

De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-012-SSA3-2012:

De acuerdo al punto 11.7 para la protección de los datos del sujeto de investigación se tomarán las siguientes medidas:

La hoja de captura de datos no tendrá datos personales

Todos los pacientes se codificarán por número de expediente

Solo el investigador principal tendrá acceso a la hoja de captura de datos y a los medios electrónicos y ambos estarán resguardados en la oficina del jefe del Servicio de Nefrología quien tendrá acceso a dicha información será: Dr. Luis Raúl López y López. Dr. Michael Wasung de Lay, Dr. Mario Alberto Sebastián Díaz, Dr. Marco Antonio Carmona Escamilla, bajo llave o en su defecto con una contraseña.

Declaramos que no hay conflicto de intereses, que no se pagara al paciente y que no se falsearán los resultados.

"Todos los procedimientos estarán de acuerdo con lo estipulado en el Reglamento de la ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud.

RESULTADOS

PRIMERA MEDICIÓN

Se reclutaron a 36 pacientes para realizar el estudio de medición por bioimpedancia eléctrica, se excluyeron a 3 pacientes: 2 por presentar criterios de exclusión para el estudio, 1 paciente por presentar criterio de eliminación, las características basales de los 33 pacientes que presentaron de forma demográfica indican que la mayoría de los pacientes son hombres (18, 54.5%), el promedio de edad es de 64.3 ± 14.8 años, su peso en kilogramos es de 64.1 ± 12 , su índice de masa corporal (IMC) es de 25 ± 4.1 , 27 pacientes (81%) presenta Diabetes Mellitus (DM), 17 pacientes (51.5%) presenta Hipertensión Arterial sistémica (HAS), cuatro pacientes (12%) presentó Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica, 12 pacientes (36.3%) presentaron Enfermedad Vascular Periférica (EVP), menos de la mitad (16, 48.4%) presentaron uresis residual. Tabla 1

Parámetro	Todos (n = 33)
Hombre, n (%)	18 (54.5%)
Edad (años), media \pm DE	64.3 ± 14.8
Peso (Kg), media \pm DE	64.1 ± 12
IMC, media \pm DE	25 ± 4.1
Diabetes, n (%)	27 (81)
Hipertensión, n (%)	17 (51.5)
EPOC, n (%)	4 (12)
Insuficiencia cardiaca, n (%)	12 (36.3)
EVP, n (%)	13 (39.3)
Uresis residual, n (%)	16 (48.4)

La etiología de su enfermedad renal crónica en su mayoría se debe a Nefropatía Diabética (24 pacientes, 72.73%), seguido de nefroangioesclerosis en 2 pacientes (6.06%), etiología desconocida en 2 pacientes (6.06%), glomerulonefritis lúpica en 1 paciente (3.03%), uropatía Obstructiva en 1 pacientes (3.03%), glomerulopatía Membranosa en 1 paciente (3.03%), enfermedad renal poliquística en 1 paciente (3.03%), glomerulopatía por amiloidosis en 1 paciente (3.03%). Tabla 2

Causa de la enfermedad renal crónica	Número (porcentaje)
Glomerulopatía Membranosa	1 (3.03%)
Nefropatía Diabética	24 (72.73%)
Enfermedad Renal Poliquística	1 (3.03%)
Nefroangioesclerosis	2 (6.06%)
Glomerulonefritis lúpica	1 (3.03%)
Desconocido	2 (6.06%)
Uropatía Obstructiva	1 (3.03%)
Amiloidosis	1 (3.03%)

Los parámetros de laboratorio de los pacientes antes de iniciar la sesión de hemodiálisis el promedio de calcio fue de 8.37 mg/dl \pm 0.65, el promedio de albúmina de 4.9 g/dL \pm 1.67, el promedio de fósforo fue de 4.9 mg/dl \pm 1.67, el promedio de sodio fue de 137.33 mEq/L \pm 4.02, el promedio de paratohormona fue de 258.03 pg/ml \pm 275.82, el nivel promedio de hemoglobina fue de 10.47 g/dl \pm 1.49. Tabla 3

Parámetros de laboratorio prehemodiálisis	
Calcio (mg/dl) media \pm DE	8.37 \pm 0.65
Fósforo (mg/dl) media \pm DE	4.9 \pm 1.67
Paratohormona (pg/ml) media \pm DE	258.03 \pm 275.82
Sodio (mEq/L) media \pm DE	137.33 \pm 4.02
Albumina (g/dL) media \pm DE	4 \pm 0.58
Hemoglobina (g/dl) media \pm DE	10.47 \pm 1.49

A los pacientes recibieron sesiones de hemodiálisis de forma crónica 3 veces por semana con 3 horas de duración, usando un filtro de polietersulfona de alto flujo y eficacia, con una tasa de Flujo sanguíneo de 351.36 ml/min \pm DE 19.74, los pacientes presentaron una ganancia interdialítica de 1.65 Kg \pm DE 1.33, con una tasa de ultrafiltrado 0.50 ml/kg/hora \pm DE 0.37, con un volumen de ultrafiltrado total de 1.53 L \pm DE 1.14, el número de episodios de hipotensión fue de 5 entre los 33 pacientes durante la sesión de hemodiálisis. Tabla 4

Datos de tratamiento de diálisis	
Tratamiento de diálisis	
Ganancia Interdialítica (Kg) media \pm DE	1.65 \pm 1.33
Tasa de Flujo sanguíneo (ml/min) media \pm DE	351.36 \pm 19.74
Tasa de Ultrafiltrado (ml/kg/hora) media \pm DE	0.50 \pm 0.37
Volúmen de Ultrafiltrado (L) media \pm DE	1.53 \pm 1.14
Numero de episodios de hipotensión	5

Las variables hemodinámicas que presentaron los 40 pacientes antes de iniciar la hemodiálisis permiten clasificar a los pacientes en 5 perfiles hemodinámicos, de acuerdo a estos valores:

- El perfil 1 presenta valores en rangos normales
- El perfil 2 con alto índice de resistencia periférica total (IRPT) y presión arterial media alta (PAM)
- El perfil 3 con índice de poder cardíaco bajo (IPC)
- El perfil 4 con presión arterial media elevado e índice de poder cardiaco alto
- El perfil 5 con un índice de resistencias periféricas totales bajo

Ver tabla 5

Características hemodinámicas de los pacientes con perfiles hemodinámicos							
Tiempo	Parámetro	Todos (n = 33)	Perfil hemodinámico 1 [n = 4 (12 %)]	Perfil hemodinámico 2 [n = 11 (33 %)]	Perfil hemodinámico 3 [n = 10 (30 %)]	Perfil hemodinámico 4 [n = 6 (18 %)]	Perfil hemodinámico 5 [n = 2 (6 %)]
Antes HD	Presión arterial media (PAM) media ± DS	100.76 ± 10.9	90.08 ± 10.6	106.82 ± 8.8	91.69 ± 15.2	116.22 ± 20.7	99 ± 12.72
	Frecuencia cardíaca (LPM) media ± DS	77.55 ± 2.88	77.25 ± 15.9	74.27 ± 8.59	76.58 ± 20.08	82.17 ± 9.83	77.5 ± 12.02
	Índice latido (ml/m ²) (35-65) media ± DS	29.77 ± 6.97	32.75 ± 10.78	26 ± 6.32	26.58 ± 8.21	40.5 ± 8.43	23 ± 7.07
	Índice cardíaco (L/min/m ²) (2.5-4) media ± DS	2.27 ± 0.64	2.45 ± 0.52	1.91 ± 0.44	1.99 ± 0.72	3.32 ± 0.76	1.7 ± 0.28
	Índice de Poder Cardíaco (w/m ²) (0.45-0.85) media ± DS	0.52 ± 0.2	0.53 ± 0.12	0.46 ± 0.15	0.38 ± 0.09	0.86 ± 0.13	0.355 ± 0.04
	Índice de Granove Groove (<10 o ≥ 10) media ± DS	8.88 ± 2.47	9.3 ± 1.93	7.84 ± 2.07	7.65 ± 2.59	12.95 ± 3.46	6.65 ± 1.20
	Índice de Resistencia Periférica Total (dn*s/cm ⁵ *m ²) (1600-3000) media ± DS	3938.47 ± 676.55	3396.5 ± 637.35	47723 ± 1461.66	4110.75 ± 1862.21	3096.33 ± 1128.83	4365.5 ± 943.98
	Agua Corporal Total (%) media ± DS	55.77 ± 1.26	54.67 ± 5.71	56.58 ± 7.39	56.61 ± 11.74	56.85 ± 7.01	54.15 ± 14.07

Dentro del perfil 1 (valores dentro de rangos normales) encontramos a 4 pacientes (12%) siendo la mitad hombres (2, 50%), con una media de edad de 51.2 años, 2 pacientes con Diabetes (50%), 2 pacientes con Hipertensión (50%), tres pacientes con enfermedad vascular periférica (75%), ningún paciente tuvo uresis residual, el nivel promedio de calcio fue de 8.7 mg/dl \pm 0.66, el valor promedio de fósforo fue de 5.1 mg/dl \pm 1.67, el nivel de paratohormona fue de 337.12 pg/ml \pm 276.57, el nivel de sodio fue de 139 mEq/L \pm 1.29, el nivel de albumina promedio fue de 4.3 g/dL \pm 0.41, el nivel de hemoglobina promedio fue de 10.1 g/dl \pm 0.93.

En el grupo con perfil 2 (pacientes con alto índice de resistencia periférica total y presión arterial media alta), encontramos a 11 pacientes (33%), con una media de edad de 67 años, en su mayoría hombres (7 pacientes, 64 %), 10 pacientes con Diabetes (91%), 5 pacientes con Hipertensión (45%), cuatro paciente con enfermedad vascular periférica (36%), 7 pacientes presentaron uresis residual (64%), el nivel promedio de calcio fue de 7.51 mg/dl \pm 0.49, el valor promedio de fósforo fue de 5.1 mg/dl \pm 2.26, el nivel de paratohormona fue de 241.63 pg/ml \pm 299.25, el nivel de sodio fue de 136.2 mEq/L \pm 4.56, el nivel de albumina promedio fue de 3.8 g/dL \pm 0.47, el nivel de hemoglobina promedio fue de 9.9 g/dl \pm 1.71.

En el grupo con perfil 3 (pacientes con índice de poder cardíaco bajo), encontramos a 10 pacientes (30%), con una media de edad de 68.5 años, en su mayoría hombres (6 pacientes, 60 %), 10 pacientes con Diabetes (100%), 4 pacientes con Hipertensión (40%), 5 pacientes con insuficiencia cardiaca (50%), cinco pacientes con enfermedad vascular periférica (50%), 6 pacientes presentaron uresis residual (60%), el nivel promedio de calcio fue de 8.53 mg/dl \pm 0.80, el valor promedio de fósforo fue de 5.01 mg/dl \pm 0.99, el nivel de paratohormona fue de 332.63 pg/ml \pm 270.72, el nivel de sodio fue de 139 mEq/L \pm 3.94, el nivel de albumina promedio fue de 3.75 g/dL \pm 0.47, el nivel de hemoglobina promedio fue de 10.8 g/dl \pm 1.38.

En el grupo con perfil 4 (pacientes con presión arterial media elevado e índice de poder cardíaco alto), encontramos a 6 pacientes (18%), con una media de edad de 62.6 años, la mitad son hombres (3 pacientes, 50 %), 5 pacientes con Diabetes (83%), todos con Hipertensión (100%), un paciente con enfermedad vascular periférica (17%), 3 pacientes presentaron uresis residual (50%), el nivel promedio de calcio fue de 8.15 mg/dl \pm 0.64, el valor promedio de fósforo fue de 4.46 mg/dl \pm 1.32, el nivel de paratohormona fue de 262.3 pg/ml \pm 182.18, el nivel de sodio fue de 135.16 mEq/L \pm 3.66, el nivel de albumina promedio fue de 4.15 g/dL \pm 1.32, el nivel de hemoglobina promedio fue de 10.96 g/dl \pm 1.15. Tabla 6

En el grupo con perfil 5 (pacientes con un índice de resistencias periféricas totales bajo), encontramos a 2 pacientes (6%), con una media de edad de 60 años, siendo 2 mujeres (100 %), 1 pacientes con Diabetes (50%), ninguno con Hipertensión, un paciente con enfermedad vascular periférica (50%), 1 paciente

presentó uresis residual (50%), el nivel promedio de calcio fue de 9.3 mg/dl \pm 0.14, el valor promedio de fósforo fue de 3.2 mg/dl \pm 1.41, el nivel de paratohormona fue de 62 pg/ml \pm 39.59, el nivel de sodio fue de 141 mEq/L \pm 2.82, el nivel de albumina promedio fue de 2.7 g/dL \pm 1.27, el nivel de hemoglobina promedio fue de 9.65 g/dl \pm 2.23. Tabla 6

Características demográficas de los pacientes con perfiles hemodinámicos					
Parámetro	Perfil hemodinámico 1 [n = 4 (12 %)]	Perfil hemodinámico 2 [n = 11 (33 %)]	Perfil hemodinámico 3 [n = 10 (30 %)]	Perfil hemodinámico 4 [n = 6 (18 %)]	Perfil hemodinámico 5 [n = 2 (6 %)]
Hombre, n (%)	2 (50%)	7 (64%)	6 (60%)	3 (50%)	0
Edad (años), media \pm DE	51.2 \pm 19.75	67 \pm 11.47	68.5 \pm 14.53	62.6 \pm 17.70	60 \pm 9.89
Peso (Kg), media \pm DE	68.6 \pm 7.59	67.8 \pm 14.77	61.5 \pm 9.01	61.9 \pm 10.88	54.5 \pm 20.5
IMC, media \pm DE	25.4 \pm 1.70	25.8 \pm 4.83	24.72 \pm 4.01	24.4 \pm 3.31	23.5 \pm 9.47
Diabetes, n (%)	2 (50%)	10 (91%)	10 (100%)	5 (83%)	1 (50%)
Hipertensión, n (%)	2 (50%)	5 (45%)	4 (40%)	6 (100%)	0
EPOC, n (%)	0	2 (18%)	0	0	0
Insuficiencia cardíaca, n (%)	0	5 (45%)	5 (50%)	2 (33%)	0
EVP, n (%)	3 (75%)	4 (36%)	5 (50%)	1 (17%)	1 (50%)
Uresis residual, n (%)	0	7 (64%)	6 (60%)	3 (50%)	1 (50%)
Calcio (mg/dl) media \pm DE	8.7 \pm 0.66	7.51 \pm 0.49	8.53 \pm 0.80	8.15 \pm 0.64	9.3 \pm 0.14
Fósforo (mg/dl) media \pm DE	5.1 \pm 1.67	5.1 \pm 2.26	5.01 \pm 0.99	4.46 \pm 1.32	3.2 \pm 1.41
Paratohormona (pg/ml) media \pm DE	337.12 \pm 276.57	241.63 \pm 299.25	332.63 \pm 270.72	262.3 \pm 182.18	62 \pm 39.59
Sodio (mEq/L) media \pm DE	139 \pm 1.29	136.2 \pm 4.56	139 \pm 3.94	135.16 \pm 3.66	141 \pm 2.82
Albumina (g/dL) media \pm DE	4.3 \pm 0.41	3.8 \pm 0.47	3.75 \pm 0.47	4.15 \pm 1.32	2.7 \pm 1.27
Hemoglobina (g/dl) media \pm DE	10.1 \pm 0.93	9.9 \pm 1.71	10.8 \pm 1.38	10.96 \pm 1.15	9.65 \pm 2.33

El comportamiento del índice latido transdiálisis fue de la siguiente manera:

De forma inicial los 33 pacientes presentaron un índice latido promedio de 27.48 ml/m² ± 8.39, de estos pacientes:

A la mitad de la sesión:

Quince de ellos (15/33 pacientes, 45.45%) aumentaron su índice latido a la mitad de la sesión (29.71 ml/m² ± 9.49)

Dieciocho de ellos (18/33 pacientes, 54.54%) disminuyeron su índice latido a la mitad de la sesión (25.57 ml/m² ± 7.38)

Sin encontrar diferencia significativa entre ambos grupos (p= 0.7189)

Al final de la sesión:

De los quince pacientes que aumentaron su índice latido a la mitad de la sesión:

- cinco de ellos (5/15 pacientes, 33.4%) aumentaron su índice latido al finalizar la sesión (35.80 ml/m² ± 9.98)
- Diez de ellos (10/15 pacientes, 66.6%) disminuyeron su índice latido al finalizar la sesión (22.07 ml/m² ± 4.33)

Sin encontrar diferencia significativa entre ambos grupos (p= 0.125)

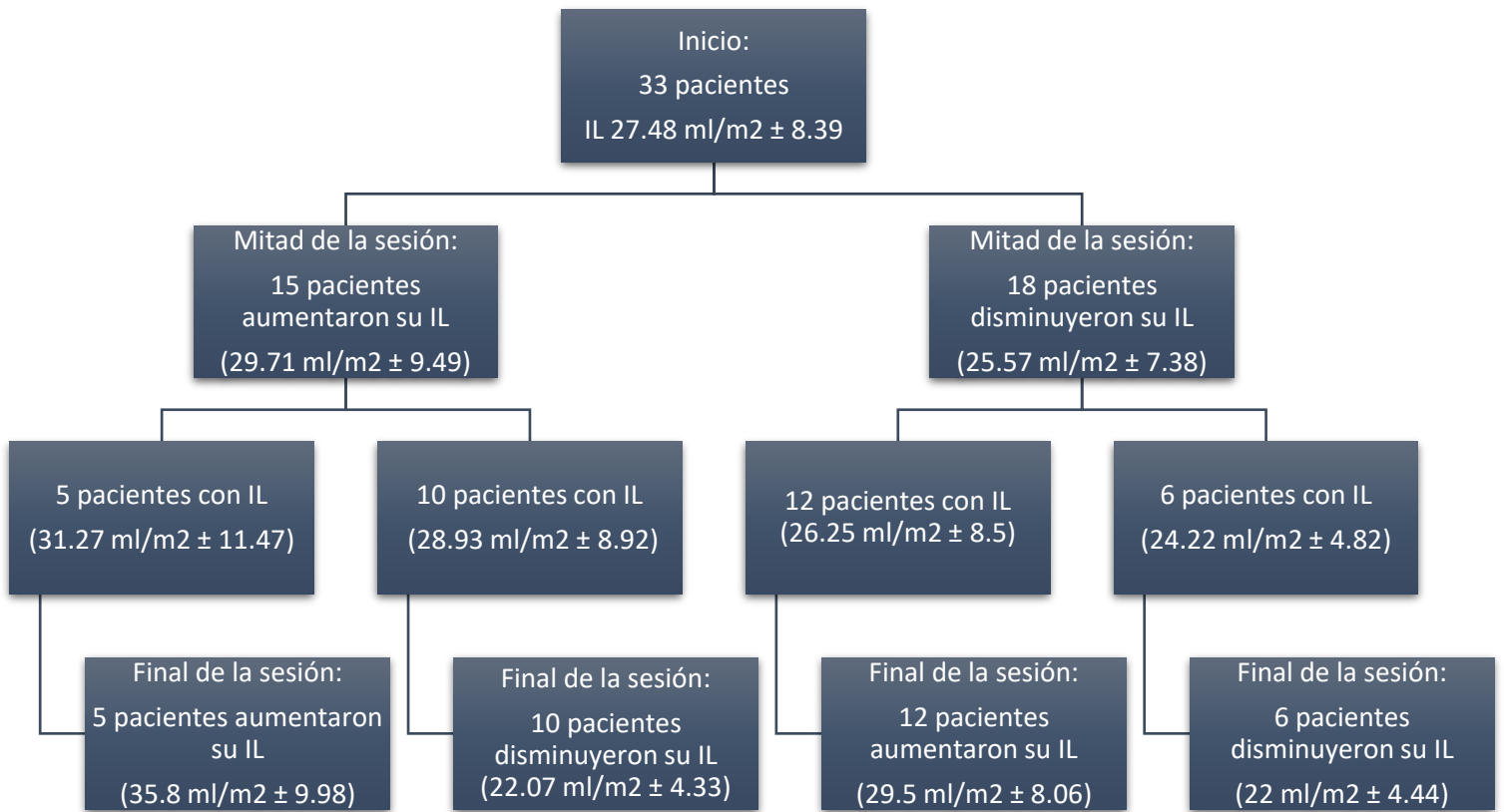
De los dieciocho pacientes que disminuyeron su índice latido a la mitad de la sesión:

- Doce de ellos (12/18 pacientes, 66.6%) aumentaron su índice latido al finalizar la sesión (29.5 ml/m² ± 8.06)
- Seis de ellos (6/18 pacientes, 33.4%) disminuyeron otra vez su índice latido al finalizar la sesión (22 ml/m² ± 4.44) Tabla 7

Sin encontrar diferencia significativa entre ambos grupos (p= 0.125)

La correlación entre índice latido y ultrafiltrado total tuvo una r = 0.2420 con una p = 0.1748

Ver figura 1



SEGUNDA MEDICIÓN

Se reclutaron a 42 pacientes para realizar el estudio de medición por bioimpedancia eléctrica, se excluyeron a 2 pacientes: los 2 por presentar criterios de exclusión para el estudio, las características basales de los 40 pacientes que presentaron de forma demográfica indican que la mayoría de los pacientes son hombres (27, 67.5%), el promedio de edad es de 62.05 ± 16.03 años, su peso en kilogramos es de $65.72 \pm DE 16.12$, su índice de masa corporal (IMC) es de $24.53 \pm DE 6.81$, 29 pacientes (72.5%) presenta Diabetes Mellitus (DM), 24 pacientes (60%) presenta Hipertensión Arterial sistémica (HAS), un solo paciente (2.5%) presentó Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica, 9 pacientes (22.5%) presentaron Enfermedad Vasular Periférica (EVP), cerca de la mitad (23, 57.5%) presentan uresis residual. Tabla 7

Parámetro	Todos N= 40
Hombre, n (%)	27 (67.5%)
Edad (años), media \pm DE	62.05 ± 16.03
Peso (Kg), media \pm DE	65.72 ± 16.12
IMC, media \pm DE	24.53 ± 6.81
Diabetes, n (%)	29 (72.5%)
Hipertensión, n (%)	24 (60%)
EPOC, n (%)	1 (2.5%)
Insuficiencia cardiaca, n (%)	0
EVP, n (%)	9 (22.5%)
Uresis residual, n (%)	23 (57.5%)

La etiología de su enfermedad renal crónica en su mayoría se debe a Nefropatía Diabética (25 pacientes, 62.5%), seguido de etiología desconocida en 4 pacientes (10%), nefroangioesclerosis en 3 pacientes (7.5%), glomerulonefritis lúpica en 2 pacientes (5%), uropatía Obstructiva en 2 pacientes (5%), glomerulopatía Membranosa en 1 paciente (2.5%), enfermedad renal poliquística en 1 paciente (2.5%), glomerulopatía tubulointersticial en 1 paciente (2.5%), asociado a síndrome cardiorenal en 1 paciente (2.5%). Tabla 8

Causa de la enfermedad renal crónica	Número (porcentaje)
Glomerulopatía Membranosa	1 (2.5%)
Nefropatía Diabética	25 (62.5%)
Enfermedad Renal Poliquística	1 (2.5%)
Nefroangioesclerosis	3 (7.5%)
Glomerulonefritis lúpica	2 (5%)
Desconocido	4 (10%)
Uropatía Obstructiva	2 (5%)
Glomerulopatía Tubulointersticial	1 (2.5%)
Síndrome Cardiorrenal	1 (2.5%)

Los parámetros de laboratorio de los 40 pacientes antes de iniciar la sesión de hemodiálisis el promedio de calcio fue de 8.59 mg/dl \pm DE 0.81, el promedio de albúmina de 4.05 g/dL \pm 0.52, el promedio de fósforo fue de 4.82 mg/dl \pm 2.03, el promedio de sodio fue de 141.07 mEq/L \pm 7.41, el promedio de paratohormona fue de 868.69 pg/ml \pm 637.83, el nivel promedio de hemoglobina fue de 10.91 g/dl \pm 1.44. Tabla 9

Parámetros de laboratorio prehemodiálisis	
Calcio (mg/dl) media \pm DE	8.59 \pm 0.81
Fósforo (mg/dl) media \pm DE	4.82 \pm 2.03
Paratohormona (pg/ml) media \pm DE	868.69 \pm 637.83
Sodio (mEq/L) media \pm DE	141.07 \pm 7.41
Albumina (g/dL) media \pm DE	4.05 \pm 0.52
Hemoglobina (g/dl) media \pm DE	10.91 \pm 1.44

A los 40 pacientes recibieron sesiones de hemodiálisis de forma crónica 3 veces por semana con 3 horas de duración, usando un filtro de polietersulfona de alto flujo y eficacia, con una tasa de Flujo sanguíneo de 356.25 ml/min \pm DE 16.74, los pacientes presentaron una ganancia interdialítica de 0.7 Kg \pm DE 8.7, con una tasa de ultrafiltrado 0.61 ml/kg/hora \pm DE 0.32, con un volumen de ultrafiltrado total de 1.8 L \pm DE 0.98, el número de episodios de hipotensión fue de 10 entre los 40 pacientes durante la sesión de hemodiálisis. Tabla 10

Datos de tratamiento de diálisis	
Tratamiento de diálisis	
Ganancia Interdialítica (Kg) media \pm DE	0.7 \pm 8.7
Tasa de Flujo sanguíneo (ml/min) media \pm DE	356.25 \pm 16.74
Tasa de Ultrafiltrado (ml/kg/hora) media \pm DE	0.61 \pm 0.32
Volumen de Ultrafiltrado (L) media \pm DE	1.8 \pm 0.98
Numero de episodios de hipotensión	10

Las variables hemodinámicas que presentaron los 40 pacientes antes de iniciar la hemodiálisis permiten clasificar a los pacientes en 5 perfiles hemodinámicos, de acuerdo a estos valores:

- El perfil 1 presenta valores en rangos normales
- El perfil 2 con alto índice de resistencia periférica total (IRPT) y presión arterial media alta (PAM)
- El perfil 3 con índice de poder cardíaco bajo (IPC)
- El perfil 4 con presión arterial media elevado e índice de poder cardiaco alto
- El perfil 5 con un índice de resistencias periféricas totales bajo

Ver tabla 11

Características hemodinámicas de los pacientes con perfiles hemodinámicos						
Tiempo	Parámetro	Perfil hemodinámico 1 [n = 12 (30 %)]	Perfil hemodinámico 2 [n = 16 (40 %)]	Perfil hemodinámico 3 [n = 9 (22.5 %)]	Perfil hemodinámico 4 [n = 3 (7.5 %)]	Perfil hemodinámico 5 [n = 0 (0 %)]
Antes HD	Presión arterial media (PAM) media ± DE	98.77 ± 14.69	115.62 ± 11.3	82.27 ± 10.32	120.33 ± 10.01	0
	Frecuencia cardiaca (LPM) media ± DE	80.64 ± 8.99	78.09 ± 9.5	73.96 ± 14.85	85.22 ± 15.86	0
	Índice latido (ml/m ²) (35-65) media ± DE	34.95 ± 8.26	31.3 ± 6.17	27.24 ± 10.9	43 ± 14.11	0
	Índice cardiaco (L/min/m ²) (2.5-4) media ± DE	2.84 ± 0.71	2.472 ± 0.53	2 ± 0.85	3.81 ± 1.79	0
	Índice de Poder Cardíaco (w/m ²) (0.45-0.85) media ± DE	0.62 ± 0.17	0.63 ± 0.14	0.35 ± 0.12	1.01 ± 0.45	0
	Índice de Granove Groove (<10 o ≥ 10) media ± DE	10.67 ± 3.08	10.34 ± 2.11	8.35 ± 3.32	13.91 ± 3.94	0
	Índice de Resistencia Periférica Total (dn*s/cm ⁵ *m ²) (1600-3000) media ± DE	3064.86 ± 865.10	4020.93 ± 959.04	4013.25 ± 2068.29	3168.55 ± 1761.37	0

Dentro del perfil 1 (valores dentro de rangos normales) encontramos a 12 pacientes (30%) siendo en su mayoría hombres (8, 66.6%), con una media de edad de 60.1 años, 9 pacientes con Diabetes (75%), 7 pacientes con Hipertensión (58.3%), un paciente con enfermedad vascular periférica (8.3%), 7 pacientes presentaron uresis residual (58.3%), el nivel promedio de calcio fue de 8.37 mg/dl \pm 0.92, el valor promedio de fósforo fue de 5.72 mg/dl \pm 2.22, el nivel de paratohormona fue de 834.81 pg/ml \pm 618.55, el nivel de sodio fue de 140.5 mEq/L \pm 8.78, el nivel de albumina promedio fue de 3.97 g/dL \pm 0.67, el nivel de hemoglobina promedio fue de 10.67 g/dl \pm 1.54.

En el grupo con perfil 2 (pacientes con alto índice de resistencia periférica total y presión arterial media alta), encontramos a 16 pacientes (40%), con una media de edad de 64 años, en su mayoría hombres (12 pacientes, 75 %), 12 pacientes con Diabetes (75%), 11 pacientes con Hipertensión (68.75%), dos paciente con enfermedad vascular periférica (12.5%), 9 pacientes presentaron uresis residual (56.25%), el nivel promedio de calcio fue de 8.49 mg/dl \pm 0.67, el valor promedio de fósforo fue de 3.85 mg/dl \pm 1.29, el nivel de paratohormona fue de 708.91 pg/ml \pm 410.88, el nivel de sodio fue de 142.75 mEq/L \pm 8.01, el nivel de albumina promedio fue de 4.11 g/dL \pm 0.45, el nivel de hemoglobina promedio fue de 10.93 g/dl \pm 1.41.

En el grupo con perfil 3 (pacientes con índice de poder cardíaco bajo), encontramos a 9 pacientes (22.5%), con una media de edad de 58.4 años, en su mayoría hombres (5 pacientes, 55.5 %), 4 pacientes con Diabetes (44.4%), 2 pacientes con Hipertensión (22.2%), un paciente con enfermedad pulmonar obstructiva crónica, cinco pacientes con enfermedad vascular periférica (55.5%), 4 pacientes presentaron uresis residual (44.4%), el nivel promedio de calcio fue de 8.91 mg/dl \pm 0.91, el valor promedio de fósforo fue de 5.58 mg/dl \pm 2.47, el nivel de paratohormona fue de 1174.96 pg/ml \pm 944.56, el nivel de sodio fue de 139.88 mEq/L \pm 5.51, el nivel de albumina promedio fue de 4.03 g/dL \pm 0.5, el nivel de hemoglobina promedio fue de 10.76 g/dl \pm 1.55.

En el grupo con perfil 4 (pacientes con presión arterial media elevado e índice de poder cardíaco alto), encontramos a 3 pacientes (7.5%), con una media de edad de 69.66 años, en su mayoría hombres (2 pacientes, 66.6 %), los 3 pacientes con Diabetes (100%), así como con Hipertensión (100%), un paciente con enfermedad vascular periférica (33.3%), 2 pacientes presentaron uresis residual (66.6%), el nivel promedio de calcio fue de 8.97 mg/dl \pm 0.65, el valor promedio de fósforo fue de 4.06 mg/dl \pm 0.9, el nivel de paratohormona fue de 873 pg/ml \pm 460.65, el nivel de sodio fue de 138 mEq/L \pm 1, el nivel de albumina promedio fue de 4.03 g/dL \pm 0.5, el nivel de hemoglobina promedio fue de 12.1 g/dl \pm 0.41.

No hubo pacientes en el grupo 5 (pacientes con un índice de resistencias periféricas totales bajo). Tabla 12

Características demográficas de los pacientes con perfiles hemodinámicos

Parámetro	Perfil hemodinámico 1 [n = 12 (30 %)]	Perfil hemodinámico 2 [n = 16 (40 %)]	Perfil hemodinámico 3 [n = 9 (22.5 %)]	Perfil hemodinámico 4 [n = 3 (7.5 %)]	Perfil hemodinámico 5 [n = 0 (0 %)]
Hombre, n (%)	8 (66.6%)	12 (75%)	5 (55.5%)	2 (66.6%)	0
Edad (años), media ± DE	60.16 ± 14.30	64.06 ± 17.03	58.44 ± 19.43	69.66 ± 1.52	0
Peso (Kg), media ± DE	71.76 ± 27.09	64.725 ± 6.91	56.68 ± 26.48	67.93 ± 9.88	0
IMC, media ± DE	16.81 ± 4.46	24.64 ± 2.96	23.41 ± 11.24	24.54 ± 3.46	0
Diabetes, n (%)	9 (75%)	12 (75%)	4 (44.4%)	3 (100%)	0
Hipertensión, n (%)	7 (58.3%)	11 (68.75%)	2 (22.2%)	3 (100%)	0
EPOC, n (%)	0	0	1 (11.1%)	0	0
Insuficiencia cardiaca, n (%)	0	0	0	0	0
EVP, n (%)	1 (8.3%)	2 (12.5%)	5 (55.5%)	1 (33.3%)	0
Uresis residual, n (%)	7 (58.3%)	9 (56.25%)	4 (44.4%)	2 (66.6%)	0
Calcio (mg/dl) media ± DE	8.37 ± 0.92	8.49 ± 0.67	8.91 ± 0.91	8.97 ± 0.65	0
Fósforo (mg/dl) media ± DE	5.72 ± 2.22	3.85 ± 1.29	5.58 ± 2.47	4.06 ± 0.9	0
Paratohormona (pg/ml) media ± DS	834.81 ± 618.55	708.91 ± 410.88	1174.96 ± 944.56	873 ± 460.65	0
Sodio (mEq/L) media ± DE	140.5 ± 8.78	142.75 ± 8.01	139.88 ± 5.51	138 ± 1	0
Albumina (g/dL) media ± DE	3.97 ± 0.67	4.11 ± 0.45	4.033 ± 0.5	4.03 ± 0.5	0
Hemoglobina (g/dl) media ± DE	10.67 ± 1.54	10.93 ± 1.41	10.76 ± 1.55	12.13 ± 0.41	0

El comportamiento del índice latido transdiálisis fue de la siguiente manera:

De forma inicial los 40 pacientes presentaron un índice latido promedio de 32.36 ml/m² ± 9.26, de estos pacientes:

A la mitad de la sesión:

Once de ellos (11/40 pacientes, 27.5%) aumentaron su índice latido a la mitad de la sesión (38.58 ml/m² ± 24.04)

Veintinueve de ellos (29/40 pacientes, 72.5%) disminuyeron su índice latido a la mitad de la sesión (27.74 ml/m² ± 6.44)

Sin encontrar diferencia significativa entre ambos grupos (p= 0.3116)

Al final de la sesión:

De los once pacientes que aumentaron su índice latido a la mitad de la sesión:

- Cuatro de ellos (4/11 pacientes, 36.3%) aumentaron su índice latido al finalizar la sesión (27.17 ml/m² ± 7.93)
- Siete de ellos (7/11 pacientes, 63.6%) disminuyeron su índice latido al finalizar la sesión (37.24 ml/m² ± 21.43)

Sin encontrar diferencia significativa entre ambos grupos (p= 0.5024)

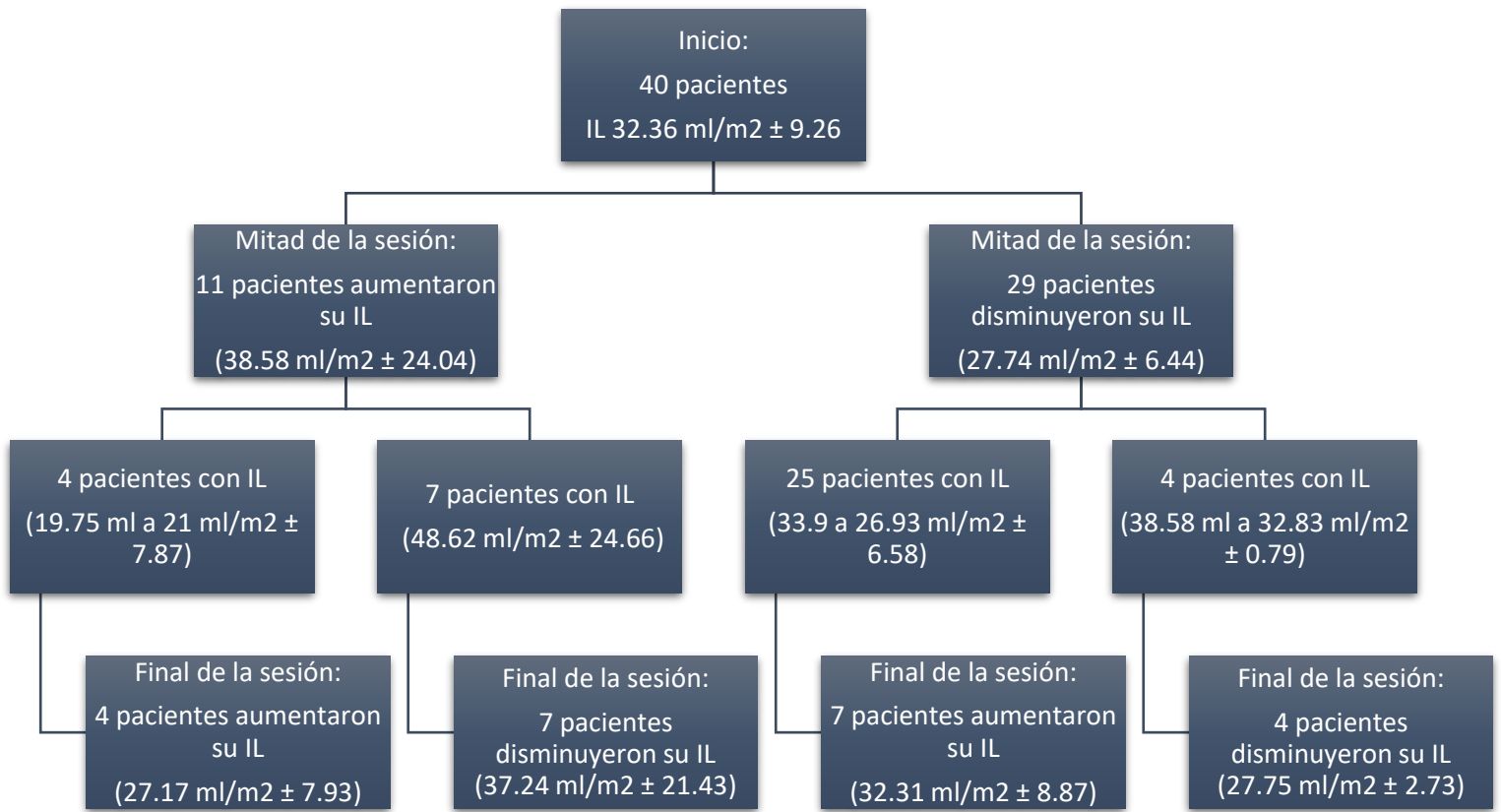
De los veintinueve pacientes que disminuyeron su índice latido a la mitad de la sesión:

- Veinticinco de ellos (25/29 pacientes, 86.2%) aumentaron su índice latido al finalizar la sesión (32.31 ml/m² ± 8.87)
- Cuatro de ellos (4/29 pacientes, 13.7%) disminuyeron otra vez su índice latido al finalizar la sesión (27.75 ml/m² ± 2.73) Tabla 7

Sin encontrar diferencia significativa entre ambos grupos (p= 0.0518)

La correlación entre índice latido y ultrafiltrado total tuvo una r = 0.1019 con una p = 0.5315

Ver figura 2



DISCUSIÓN

En este estudio se observa que, en la mayoría de los pacientes, el índice latido presenta una disminución hacia la mitad de la sesión (primera medición en 18/33 pacientes, 54.5%; segunda medición en 29/40 pacientes, 72.5%). Sin encontrar diferencia estadística significativa.

Lo que se explica debido que existe un ultrafiltrado del volumen sanguíneo con una consecuente disminución del volumen circulante, disminución del retorno venoso y menor volumen sanguíneo telediastólico (precarga). Dicho fenómeno se ha reportado en otros estudios que miden el índice latido por otros métodos durante las sesiones de hemodiálisis de forma continua.(56)

En aquellos pacientes que presentaron un aumento del índice latido hacia la mitad de la sesión (primera medición en 15/33 pacientes, 45.5%; segunda medición en 11/40 pacientes, 27.5%), una explicación a esto es una compensación hemodinámica del paciente que aún no ha llegado a su peso seco y que por tanto tiene sobrecarga de volumen, que le permite tener precarga suficiente para mejorar su índice latido, así como aumento de su frecuencia cardíaca ante una disminución del volumen circulante por ultrafiltración.

Al final de la sesión de hemodiálisis, de aquellos pacientes que disminuyeron el índice latido, la mayoría presentó aumento de su índice latido (primera medición en 12/18 pacientes, 66.6%; segunda medición en 25/29 pacientes, 86.2%). Sin encontrar diferencia estadística significativa.

Esto se puede explicar a que, de forma inicial, existe un equilibrio en las fuerzas de Starling transcapilares (presión sanguínea hidrostática, presión sanguínea oncótica, presión intersticial hidrostática y presión intersticial oncótica), donde los pacientes se presentan con una sobrecarga de volumen. Al iniciar la sesión de hemodiálisis, en el plasma existe una remoción de exceso de líquido a través de un proceso de ultrafiltración, como consecuencia, existe a nivel intravascular una menor presión hidrostática y un incremento paulatino de la presión oncótica, permitiendo el paso de líquido del intersticio al espacio intravascular; este proceso se denomina tasa de relleno plasmático, dicho fenómeno tiene una mayor velocidad de relleno al inicio de la hemodiálisis, pero que va disminuyendo de forma progresiva conforme va disminuyendo el porcentaje de agua corporal en el cuerpo, esto en estudios previos ha presentado una correlación con una r de -0.7 ; $p < 0.01$. De forma que funciona como mecanismo de protección contra una pérdida de volumen sanguíneo elevada y prevenir un estado de hipovolemia con crisis de hipotensión.(57)

Se ha sugerido que una razón de porque la tasa de relleno es más elevada al inicio de la diálisis es debido a que existe de forma inicial, niveles elevados de hormonas vasodilatadoras como el péptido natriurético auricular, monofosfato de guanil cíclico, y posteriormente van disminuyendo durante la sesión; dichas

hormonas, favorecen una alta conductividad hidráulica capilar por área de superficie, hasta que se alcanza un punto de equilibrio, esto se acompaña de un incremento de las resistencias vasculares periféricas y un mejor control del volumen sanguíneo central y de la presión arterial.

Otro factor que puede modificar dicha tasa de relleno es el cambio con reducción de la presión hidrostática intersticial que se presenta cuando la sobrecarga de volumen de los pacientes disminuye durante el proceso de ultrafiltración. (57)

Este proceso lleva a un aumento del retorno venoso que llega al corazón, con consecuente aumento de volumen telediastólico, que favorece un aumento del índice latido, lo cual tiene el potencial de permitir una adecuada perfusión cerebral, miocárdica y esplácnica.

En los pacientes con disminución del índice latido a la mitad de la sesión y que volvieron a disminuir su índice latido al finalizar la sesión, se caracterizaron por presentar un índice de poder cardíaco bajo, lo que refleja una baja reserva miocárdica y por tanto incapacidad para compensar hemodinámicamente el proceso de ultrafiltración. (52, 53)

Otro factor que está asociado a esto es la gran disminución en el volumen de plasma (ocasionado por tasas de ultrafiltración de >15 ml/kg/hora o ultrafiltrado elevado con acortamiento del tiempo de diálisis), la precarga se ve afectada por esta reducción del retorno venoso, isquemia miocárdica, sensibilidad reducida a catecolaminas (debido a un menor aclaramiento de catecolaminas circulantes) ocasionando una inadecuada compensación en la frecuencia cardíaca, generando inestabilidad hemodinámica, tasa de relleno plasmático tardío, en conjunto esto se refleja en un índice latido reducido con hipoperfusión sistémica y miocárdica.(59)

Algo que llama la atención es el índice de poder cardíaco que en aquellos que presentaban valores debajo del rango esperado eran aquellos que no incrementaba su índice latido, posiblemente este grupo de pacientes son los que tienen más riesgo de presentar eventos de hipotensión arterial e hipoperfusión miocárdica; sería interesante correlacionar estos pacientes mediante ecocardiograma.

Dentro de las limitaciones de este estudio está el hecho de no tener un mayor número de pacientes para obtener mayor poder estadístico, posiblemente con lo cual la tendencia en el aumento o disminución del índice latido se presentaría de forma significativa, al ser un estudio no experimental, no es posible establecer asociaciones entre las variables hemodinámicas y datos demográficos o de tratamiento.

CONCLUSIONES

Este es el primer estudio de tipo exploratorio de las variables hemodinámicas durante la sesión de hemodiálisis de forma continua en el hospital que nos permitirá conocer el comportamiento hemodinámico de nuestros pacientes, y en un segundo estudio poder realizar intervenciones durante las sesiones de hemodiálisis con la finalidad de disminuir el número de episodios de hipotensión, si bien los valores no mostraron diferencia estadísticamente significativa, existen otras variables a estudiar que también se relacionan con cambios hemodinámicos intradialíticos que será interesante investigar y correlacionar con estudios no invasivos como ecocardiograma. mejorar la mortalidad en hemodiálisis que sigue siendo muy alta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Forouzanfar MH, Afshin A, Alexander LT, Biryukov S, Brauer M, Cercy K, et al. Global, regional, and national comparative risk assessment of 79 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks, 1990–2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015. *Lancet*. 2016;388(10053):1659–724.
2. Couser WG, Remuzzi G, Mendis S, Tonelli M. The contribution of chronic kidney disease to the global burden of major noncommunicable diseases. *Kidney Int [Internet]*. 2011;80(12):1258–70. Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/ki.2011.368>
3. Tamayo JA, Orozco H, Lastiri S. La enfermedad renal crónica en México. México: ANMM; [cited 2016]. 98p. Available from: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwit5Lbsp4fcAhUKw4MKHXnOCMYQFggrMAA&url=https%3A%2F%2Fwww.anmm.org.mx%2Fpublicaciones%2Fultimas_publicaciones%2FENF-RENAL.pdf&usg=AOvVaw1-1kITf9JfQKrSlpGFNhb7
4. Naghavi M, Abajobir AA, Abbafati C, Abbas KM, Abd-Allah F, Abera SF, et al. Global, regional, and national age-sex specific mortality for 264 causes of death, 1980-2016: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *Lancet*. 2017;390(10100):1151–210.
5. Rojas-Martínez R, Basto-Abreu A, Aguilar-Salinas CA, Zárate-Rojas E, Villalpando S, Barrientos-Gutiérrez T. Prevalencia de diabetes por diagnóstico médico previo en México. *Salud Publica Mex [Internet]*. 2017;60(3). Available from: <http://www.saludpublica.mx/index.php/spm/article/view/8566>
6. Amato D, Alvarez-Aguilar C, Castañeda-Limones R, Rodriguez E, Avila-Diaz M, Arreola F, et al. Prevalence of chronic kidney disease in an urban Mexican population. 2005;68(97):11–7.
7. Obrador GT, García-García G, Villa AR, Rubilar X, Olvera N, Ferreira E, et al. Prevalence of chronic kidney disease in the Kidney Early Evaluation Program (KEEP) México and comparison with KEEP US. *Kidney Int [Internet]*. 2010;77: S2–8. Available from: <http://www.nature.com/doifinder/10.1038/ki.2009.540>
8. N HGR, Federal D, Federal D, Federal D, N HGR, Federal D, et al. Diálisis y Trasplante. 2010;31(1):7–11.
9. Sarnak MJ, Levey AS, Schoolwerth AC, Coresh J, Culleton B, Hamm LL, et al. Kidney Disease as a Risk Factor for Development of Cardiovascular Disease: A Statement from the American Heart Association

Councils on Kidney in Cardiovascular Disease, High Blood Pressure Research, Clinical Cardiology, and Epidemiology and Prevention. Hypertension. 2003;42(5):1050–65.

10. Onofriescu M, Hogas S, Voroneanu L, Apetrii M, Nistor I, Kanbay M, et al. Bioimpedance-guided fluid management in maintenance hemodialysis: A pilot randomized controlled trial. Am J Kidney Dis [Internet]. 2014;64(1):111–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1053/j.ajkd.2014.01.420>

11. Okazaki M, Inaguma D, Imaizumi T, Kada A, Yaomura T, Tsuboi N, et al. Unfavorable effects of history of volume overload and late referral to a nephrologist on mortality in patients initiating dialysis: A multicenter prospective cohort study in Japan. BMC Nephrol. 2018;19(1):1–10.

12. Hung S-C, Kuo K-L, Peng C-H, Wu C-H, Lien Y-C, Wang Y-C, et al. Volume overload correlates with cardiovascular risk factors in patients with chronic kidney disease. Kidney Int [Internet]. 2014;85(3):703–9. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0085253815562224>

13. Kramer H, Yee J, Weiner DE, Bansal V, Choi MJ, Brereton L, et al. Ultrafiltration Rate Thresholds in Maintenance Hemodialysis: An NKF-KDOQI Controversies Report. Am J Kidney Dis [Internet]. 2016;68(4):523–32. Available from: <http://dx.doi.org/10.1053/j.ajkd.2016.06.010>

14. Wizemann V, Wabel P, Chamney P, Zaluska W, Moissl U, Rode C, et al. The mortality risk of overhydration in haemodialysis patients. Nephrol Dial Transplant. 2009;24(5):1574–9.

15. Hecking M, Karaboyas A, Antlanger M, Saran R, Wizemann V, Chazot C, et al. Significance of interdialytic weight gain versus chronic volume overload: Consensus opinion. Am J Nephrol. 2013;38(1):78–90.

16. Santos SFF, Peixoto AJ, Perazella MA. How Should We Manage Adverse Intradialytic Blood Pressure Changes? Adv Chronic Kidney Dis [Internet]. 2012;19(3):158–65. Available from: <http://dx.doi.org/10.1053/j.ackd.2012.03.003>

17. Assessment HE. K/DOQI Clinical Practice Guidelines for Cardiovascular Disease in Dialysis Patients. Am J Kidney Dis [Internet]. 2005;45(4):16–153. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0272638605000922>

18. Boon D, Van Montfrans GA, Koopman MG, Krediet RT, Bos WJW. Blood pressure response to uncomplicated hemodialysis: The importance of changes in stroke volume. Nephron - Clin Pract. 2004;96(3):82–8.

19. Flythe JE, Kimmel SE, Brunelli SM. Rapid fluid removal during dialysis is associated with cardiovascular morbidity and mortality. *Kidney Int* [Internet]. 2011;79(2):250–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/ki.2010.383>
20. Daugirdas JT. Measuring Intradialytic Hypotension to Improve Quality of Care. *J Am Soc Nephrol* [Internet]. 2015;26(3):512–4. Available from: <http://www.jasn.org/cgi/doi/10.1681/ASN.2014090860>
21. Chiu DYY, Green D, Abidin N, Sinha S, Kalra PA. Echocardiography in Hemodialysis patients: Uses and challenges. *Am J Kidney Dis* [Internet]. 2014;64(5):804–16. Available from: <http://dx.doi.org/10.1053/j.ajkd.2014.01.450>
22. Reilly RF. Attending rounds: A patient with intradialytic hypotension. *Clin J Am Soc Nephrol*. 2014;9(4):798–803.
23. López Y López LR, Baca-Córdova A, Guzmán-Ramírez PM, et al. Calidad de vida en hemodiálisis y diálisis peritoneal tras cuatro años de tratamiento. *Med Interna Mex*. 2017;33(2):177-184.
24. Agarwal R, Andersen MJ, Pratt JH. On the importance of pedal edema in hemodialysis patients. *Clin J Am Soc Nephrol*. 2008;3(1):153–8.
25. Basile C, Libutti P, Lisi P, Rossi L, Lomonte C. Probing the dry weight by bioimpedance: the resistance stabilization test. *J Nephrol*. 2015;28(4):517–20.
26. Mark PE. Hemodynamic parameters to guide fluid therapy **MARIK HEMODYNAMIC PARAMETERS TO GUIDE FLUID THERAPY**. *Transfus Altern Transfus Med* [Internet]. 2010;11(3):102–12. Available from: 10.1111/j.1778-428X.2010.01133.x%5Cnhttp://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=54908168&lang=es&site=ehost-live
27. Ekinci C, Karabork M, Siroopol Di, Dincer N, Covic A, Kanbay M. Effects of Volume Overload and Current Techniques for the Assessment of Fluid Status in Patients with Renal Disease. *Blood Purif*. 2018;46(1):34–47.
28. Reddan DN. Intradialytic Blood Volume Monitoring in Ambulatory Hemodialysis Patients: A Randomized Trial. *J Am Soc Nephrol* [Internet]. 2005;16(7):2162–9. Available from: <http://www.jasn.org/cgi/doi/10.1681/ASN.2004121053>
29. Germain MJ, Joubert J, O’Grady D, Nathanson BH, Chait Y, Levin NW. Comparison of stroke volume measurements during hemodialysis using bioimpedance cardiography and echocardiography. *Hemodial Int*. 2018;22(2):201–8.

30. Lee AJ, Cohn JH, Ranasinghe JS. Cardiac output assessed by invasive and minimally invasive techniques. *Anesthesiol Res Pract*. 2011;2011.
31. Zipes DP, Libby P, Bonow RO, Mann DL, Tomaselli G, Braunwald E. *Braunwald's heart disease: A textbook of cardiovascular medicine*. Eleventh edition. Philadelphia, PA: Elsevier/Saunders; 2018. 887
32. Bera TK. Bioelectrical impedance methods for noninvasive health monitoring: A review. *J Med Eng*. 2014;2014.
33. Siedlecka J, Siedlecki P, Bortkiewicz A. Impedance cardiography – Old method, new opportunities. Part I Clinical applications. *Int J Occup Med Environ Health*. 2015;28(1):27–33.
34. Cotter G, Schachner A, Sasson L, Dekel H, Moshkovitz Y. Impedance cardiography revisited. *Physiol Meas*. 2006;27(9):817–27.
35. Cotter G, Moshkovitz Y, Kaluski E, Cohen AJ, Miller H, Goor D, et al. Accurate, noninvasive continuous monitoring of cardiac output by whole-body electrical bioimpedance. *Chest*. 2004;125(4):1431–40.
36. Paredes OL, Shite J, Shinke T, Watanabe S, Otake H, Matsumoto D, et al. Impedance cardiography for cardiac output estimation: reliability of wrist-to-ankle electrode configuration. *Circ J [Internet]*. 2006;70(9):1164–8. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16936430>
37. Bayram M, Yancy CW. Transthoracic Impedance Cardiography: A Noninvasive Method of Hemodynamic Assessment. *Heart Fail Clin*. 2009;5(2):161–8.
38. Charloux A, Lonsdorfer-Wolf E, Richard R, Lampert E, Oswald-Mammosser M, Mettauer B, et al. A new impedance cardiograph device for the non-invasive evaluation of cardiac output at rest and during exercise: comparison with the “direct” Fick method. *Eur J Appl Physiol [Internet]*. 2000 Jul;82(4):313–20. Available from: <https://doi.org/10.1007/s004210000226>
38. Bour J, Kellett J. Impedance cardiography - A rapid and cost-effective screening tool for cardiac disease. *Eur J Intern Med*. 2008;19(6):399–405.
40. Linde M, Ohnhaus EE, Kirch W. The “Heather index” in impedance cardiography. *Int J Cardiol*. 1988;19(3):387–8.
41. Handt A, Farber MO, Szwed JJ. Intradialytic measurement of cardiac output by thermodilution and impedance cardiography. *Clin Nephrol [Internet]*. 1977;7(2):61–64. Available from: <http://europepmc.org/abstract/MED/844226>

42. Kushner RF, Schoeller D a, Carla R Fjeld and LD. Is the impedance index (ht^2 / R) predicting total body water? 13 and. Am J Clin Nutr [Internet]. 1992;56(April):835–9. Available from: <http://ajcn.nutrition.org/content/56/5/835.full.pdf+html>
43. Boos CJ, Holdsworth DA, Hall DP, Mellor A, O'Hara J, Woods DR. Comparison of two methods of assessing total body water at sea level and increasing high altitude. Clin Physiol Funct Imaging. 2014;34(6):478–84.
44. Taniguchi Y, Emoto N, Miyagawa K, Nakayama K, Kinutani H, Tanaka H, et al. Noninvasive and Simple Assessment of Cardiac Output and Pulmonary Vascular Resistance With Whole-Body Impedance Cardiography Is Useful for Monitoring Patients With Pulmonary Hypertension. Circ J [Internet]. 2013;77(9):2383–9. Available from: <http://jlc.jst.go.jp/DN/JST.JSTAGE/circj/CJ-13-0172?lang=en&from=CrossRef&type=abstract>
45. Rozenman Y, Rotzak R, Patterson RP. Detection of left ventricular systolic dysfunction using a newly developed, laptop based, impedance cardiographic index. Int J Cardiol [Internet]. 2011;149(2):248–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijcard.2011.02.029>
46. Dou Y, Zhu F, Kotanko P. Assessment of Extracellular Fluid Volume and Fluid Status in Hemodialysis Patients: Current Status and Technical Advances. Semin Dial. 2012;25(4):377–87.
47. Turcott RG, Witteles RM, Wang JJ, Vagelos RH, Fowler MB, Ashley EA. Measurement precision in the optimization of cardiac therapy resynchronization. Circ Hear Fail. 2010;3(3):395–404.
48. Tanino Y, Shite J, Paredes OL, Shinke T, Ogasawara D, Sawada T, et al. Whole body bioimpedance monitoring for outpatient chronic heart failure follow up. Circ J [Internet]. 2009;73(6):1074–9. Available from: <http://eutils.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/eutils/elink.fcgi?dbfrom=pubmed&id=19372625&retmode=ref&cmd=prlinks%5Cnpapers2://publication/uuid/678D1680-72FE-4678-8768-6FC060650D28>
49. Pellicori P, Wright E, Costanzo P, Smith S, Rimmer S, Hobkirk J, et al. Non invasive measurements of Cardiac Output (CO) and Cardiac Power Index (CPI) by whole body bio impedance in patients with heart failure. A report from SICA- HF study (FP7 / 2007-2013 / 241558). 2013;241558.
50. Yoshihara F, Kishida M, Ogawa K, Nishigaki T, Nakasaki H, Ishizuka A, et al. High Stroke Volume Variation Is an Independent Predictor for Decreased Blood Pressure During Hemodialysis. Ther Apher Dial. 2017;21(2):166–72.

51. Hall SG, Garcia J, Larson DF, Smith R. Cardiac power index: Staging heart failure for mechanical circulatory support. *Perfus (United Kingdom)*. 2012;27(6):456–61.
52. Role P, Cardiac OF, Index P, Patients A, Advanced W, Failure H. Prognostic Role of Cardiac Power Index in. 2016;17(7):689–96.
53. Fincke R, Hochman JS, Lowe AM, Menon V, Slater JN, Webb JG, et al. Cardiac power is the strongest hemodynamic correlate of mortality in cardiogenic shock: A report from the SHOCK trial registry. *J Am Coll Cardiol*. 2004;44(2):340–8.
54. Williams SG, Cooke GA, Wright DJ, Parsons WJ, Riley RL, Marshall P, et al. Peak exercise cardiac power output: A direct indicator of cardiac function strongly predictive of prognosis in chronic heart failure. *Eur Heart J*. 2001;22(16):1496–503.
55. Cohen-Solal A, Tabet JY, Logeart D, Bourgoin P, Tokmakova M, Dahan M. A non-invasively determined surrogate of cardiac power ('circulatory power') at peak exercise is a powerful prognostic factor in chronic heart failure. *Eur Heart J*. 2002;23(10):806–14.
56. Buchanan C, Mohammed A, Cox E, Köhler K, Canaud B, Taal MW, et al. Intradialytic Cardiac Magnetic Resonance Imaging to Assess Cardiovascular Responses in a Short-Term Trial of Hemodiafiltration and Hemodialysis. 2017;28(4):1269–77.
57. Pietribiasi M, Katzarski K, Galach M, Stachowska-Piętka J, Schneditz D, Lindholm B, et al. Kinetics of plasma refilling during hemodialysis sessions with different initial fluid status. *ASAIO J*. 2015;61(3):350–6.
58. Iimura O, Tabei K, Nagashima H, Asano Y. A study on regulating factors of plasma refilling during hemodialysis. *Nephron*. 1996;74(1):19–25.
59. McGuire S, Horton EJ, Renshaw D, Jimenez A, Krishnan N, McGregor G. Hemodynamic Instability during Dialysis: The Potential Role of Intradialytic Exercise. 2018;2018.

ANEXOS

Anexo 1

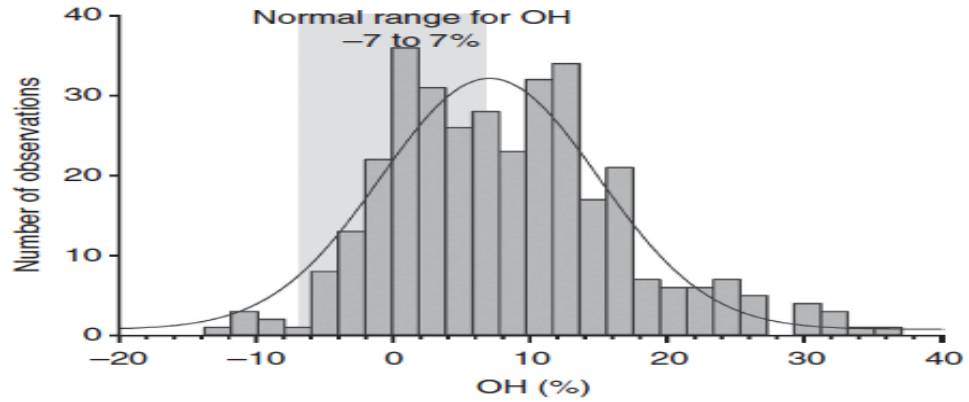


Figure 1 | Distribution of overhydration (OH) in 338 chronic kidney disease patients, ranging between -13.8% and 37.1% ($8.3 \pm 8.6\%$; median 7.4%). The normal range for OH (-7 to 7%), corresponding to the 10th to 90th percentiles of the OH values, is derived from the normal population.

Anexo 2

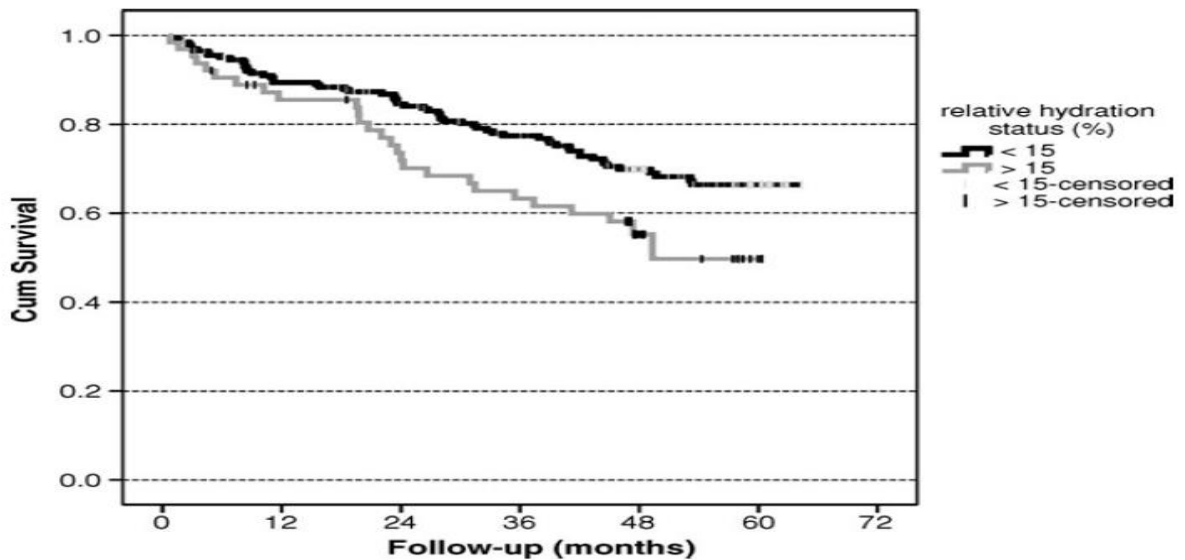


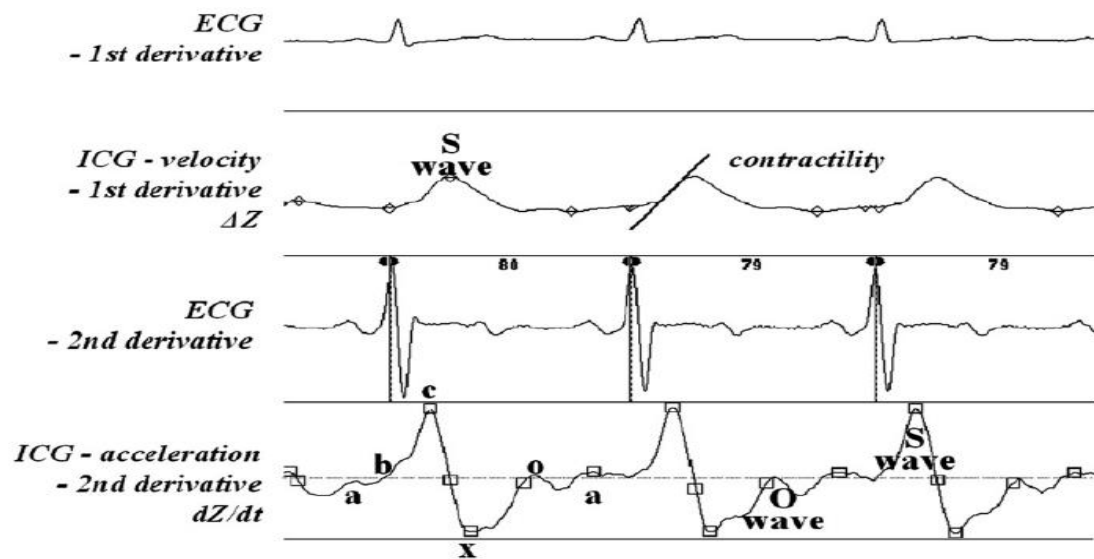
Fig. 1. Kaplan–Meier curve separating the patients for the relative hydration status ($\Delta HS > 15\%$).

Anexo 3



Fig 1. Schema of Non-Invasive Cardiac System, showing the impedance box, which is connected to the patient via proprietary electrodes and the computer that interprets the collected data. Three electrodes are applied to patient's chest for the ECG monitor. One pair of impedance electrodes is applied to the left wrist and another pair to the right ankle (tetra polar mode).

Anexo 4



Anexo 5

$r = 0.83$; 95% CI: 0.79–0.87

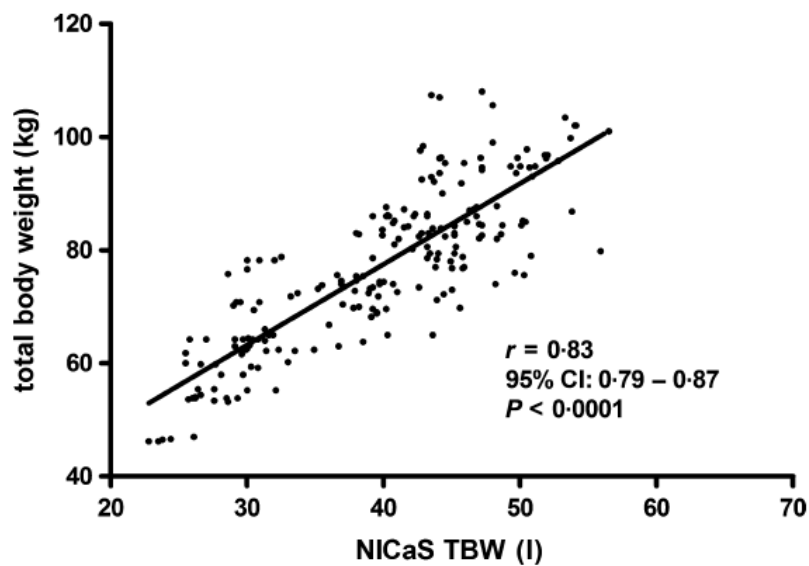
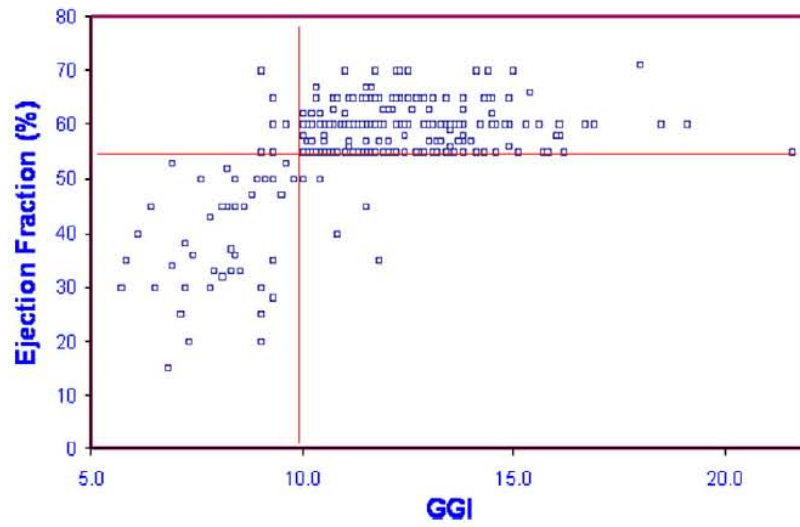


Figure 6 Correlations between total body water using the NICaS and total body weight across all study points.

Anexo 6



. Scatter plot of EF vs. GGI demonstrating the diagnostic power GGI (with cutoff value of 10) to detect LVSD (EF<55%) (data from the entire cohort, n=301).