

REPOSITORIO ACADÉMICO DIGITAL INSTITUCIONAL

“CAMBIOS EN LA FUINCIÓN DIASTÓLICA EVALUADA MEDIANTE RESONANCIA MAGNÉTICA CARDIACA EN PACIENTES CON ENFERMEDA RENAL CRÓNICA INDUCIDOS POR UNA SESIÓN DE HEMODIÁLISIS”

Autor: Martínez Hernández Sandra Sofia

**Tesis presentada para obtener el título de:
Licenciada en Medicina**

**Nombre del asesor:
Morelos Guzmán Martha / Arellano Martínez Jesús / García Cerrillo Diana**

Este documento está disponible para su consulta en el Repositorio Académico Digital Institucional de la Universidad Vasco de Quiroga, cuyo objetivo es integrar organizar, almacenar, preservar y difundir en formato digital la producción intelectual resultante de la actividad académica, científica e investigadora de los diferentes campus de la universidad, para beneficio de la comunidad universitaria.

Esta iniciativa está a cargo del Centro de Información y Documentación “Dr. Silvio Zavala” que lleva adelante las tareas de gestión y coordinación para la concreción de los objetivos planteados.

Esta Tesis se publica bajo licencia Creative Commons de tipo “Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada”, se permite su consulta siempre y cuando se mantenga el reconocimiento de sus autores, no se haga uso comercial de las obras derivadas.





UNIVERSIDAD VASCO DE QUIROGA

ESCUELA DE MEDICINA

SECRETARÍA DE SALUD DE MICHOACÁN

HOSPITAL GENERAL DE MORELIA

“DR. MIGUEL SILVA”



**Hospital General
de Morelia "Dr. Miguel Silva"**

TESIS

**CAMBIOS EN LA FUNCIÓN DIASTÓLICA EVALUADA MEDIANTE RESONANCIA
MAGNÉTICA CARDIACA EN PACIENTES CON ENFERMEDAD RENAL CRÓNICA
INDUCIDOS POR UNA SESIÓN DE HEMODIÁLISIS**

**PARA OBTENER EL GRADO DE:
LICENCIADO EN MEDICINA GENERAL**

PRESENTA:

MPSS. SANDRA SOFIA MARTINEZ HERNANDEZ

ASESORES DE TESIS:

DRA. MARTHA MORELOS GUZMÁN

DR. JESÚS ARELLANO MARTÍNEZ

MC. DIANA GARCÍA CERRILLO

CLAVE: 16PSU0181N

ACUERDO: LIC170213

MORELIA, MICHOACÁN

2025-2026

AUTORIZACIÓN DE TESIS

El siguiente comité revisor de examen designado por la Dirección de la Escuela de Medicina y la Coordinación Técnica de Investigación, aprobó la tesis para ser presentada para su defensa por la C. Sandra Sofia Martinez Hernandez, con matrícula de 17010021, bajo la dirección de: Dra. Martha Morelos Gúzman, Dr. Jesús Arellano Martínez, Mc. Diana García Cerrillo. Titulada. “Cambios en la función diastólica evaluada mediante resonancia magnética cardiaca en pacientes con enfermedad renal crónica inducidos por una sesión de hemodiálisis”.

Dra. Blanca de Jesús Martínez Chagolla
PRESIDENTE

Dra. Ariel Guillermina López Melgoza
SECRETARIA

Dra. María de los Ángeles Loth Cortés
VOCAL

SECRETARIO DE SALUD DE MICHOACÁN
DR. ELÍAS IBARRA TORRES

SUBDIRECTORA DE CALIDAD Y ENSEÑANZA
DRA. EVA JENNIFER VILLAFAN VIDALES

**JEFE DEL DEPARTAMENTO DE CAPACITACIÓN Y FORMACIÓN EN
RECURSOS HUMANOS**
LIC. JULIO VASQUEZ PEÑALOSA

DIRECTOR DEL HOSPITAL GENERAL “DR. MIGUEL SILVA”
DR. RAFAEL GERMAN GARCÍA RAMOS

JEFA DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN
DRA. CLAUDIA AGUSTINA RAMOS OLMOS

JEFA DEL SERVICIO DE CARDIOIMAGEN
DRA. MARTHA MORELOS GUZMÁN

ASESOR DE TESIS
DR. JESÚS ARELLANO MARTÍNEZ

ASESORA METODOLÓGICA
M.C. DIANA GARCÍA CERRILLO

DEDICATORIA

Primeramente, dedico este trabajo a Dios por guiar mis pasos para llegar hasta este momento de mi vida, por darme la fortaleza necesaria para superar cada obstáculo y por acompañarme durante todo este camino lleno de aprendizajes, retos y crecimiento personal.

A mis padres, Juan Pablo y Sandra, gracias por ser mi apoyo incondicional en cada etapa de mi vida. Gracias por su amor, sus sacrificios, su paciencia y por nunca dejar de creer en mí, incluso cuando yo misma dudaba. Gracias por impulsarme siempre a ser mejor, por enseñarme a levantarme después de cada caída y por darme la confianza que necesitaba para seguir adelante. Este logro también es suyo. A mi hermana, María José, gracias por acompañarme en este camino, por tu cariño, comprensión y por estar presente incluso en los momentos más difíciles.

A mi novio, Angel, gracias por acompañarme durante todo este proceso y por convertirme en uno de mis mayores apoyos a lo largo de esta etapa tan importante de mi vida. Gracias por permanecer a mi lado incluso en los días más difíciles, por escucharme en cada momento de estrés, cansancio y duda, y por siempre encontrar la manera de sacarme una sonrisa cuando más lo necesitaba. Gracias por impulsarme constantemente a creer más en mí misma, por motivarme a seguir adelante cuando sentía que no podía más y por recordarme, incluso en mis peores momentos, todo lo que era capaz de lograr. Tu amor, paciencia, comprensión y confianza en mí fueron fundamentales para llegar hasta aquí. Gracias por celebrar conmigo cada pequeño avance, por acompañarme en cada sacrificio y por ser parte tan importante de este logro y de mi crecimiento tanto personal como profesional.

A mi familia y amigos, gracias por todo el amor, apoyo y motivación que me brindaron durante mi formación. Cada palabra de aliento y cada gesto de cariño fueron fundamentales para llegar hasta aquí.

A lo largo de esta carrera existieron momentos de cansancio, estrés, dudas y sacrificios. Hubo días de desvelo, lágrimas e incertidumbre en los que llegué a preguntarme si era suficiente para lograrlo. Sin embargo, cada obstáculo me permitió crecer y fortalecerme. Hoy comprendo que todo esfuerzo, cada sacrificio y cada momento difícil valieron la pena.

Finalmente, este logro no es solamente mío, sino también de todas las personas que estuvieron a mi lado, apoyándome, creyendo en mí y acompañándome en cada paso de este camino. Gracias por formar parte de este sueño hecho realidad.

AGRADECIMIENTOS

A mi tutora, la Dra. Martha Morelos, a mi asesor de tesis, el Dr. Jesús Arellano, y a mi asesora metodológica, MC. Diana García, les agradezco profundamente por su paciencia, dedicación, enseñanzas y confianza en mí durante la realización de este trabajo. Gracias por compartir sus conocimientos y por contribuir de manera significativa a mi formación profesional y personal.

A la Universidad Vasco de Quiroga, al Hospital General de Morelia “Dr. Miguel Silva” y al área de enseñanza e investigación del Hospital General “Dr. Miguel Silva”, gracias por brindarme las herramientas, oportunidades y experiencias necesarias para mi desarrollo académico y profesional.

De igual manera, agradezco al director de la Universidad Vasco de Quiroga, J. Jesús Salgado H., y a la Dra. Julieta de la Vega, encargada del área de investigación de la universidad, por su apoyo y compromiso con la formación académica y la investigación.

Por último, a los miembros del jurado y sinodales, expreso mi más sincero agradecimiento por el tiempo dedicado a la revisión de este trabajo, así como por sus valiosas observaciones, comentarios y aportaciones. Su experiencia y perspectiva académica contribuyen al fortalecimiento de esta investigación y representan una parte importante de mi formación profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTOS	4
GLOSARIO DE ABREVIATURAS	7
ABSTRACT	10
INTRODUCCIÓN	11
DESARROLLO.....	11
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	12
JUSTIFICACIÓN	12
OBJETIVO GENERAL.....	13
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
MARCO TEÓRICO	14
ENFERMEDAD RENAL CRÓNICA	14
ENFERMEDAD RENAL CRÓNICA Y CAMBIOS CARDIOVASCULARES.....	16
DIÁSTOLE VENTRICULAR NORMAL.....	18
PRO-BNP	18
DISFUNCIÓN DIASTÓLICA EN ERC.....	19
RESONANCIA MAGNÉTICA CARDIACA	20
MAPEO T1 Y T2.....	22
MATERIALES Y MÉTODOS	23
DISEÑO DEL ESTUDIO	23
DEFINICIÓN DE LAS UNIDADES DE OBSERVACIÓN	23
UNIVERSO O POBLACIÓN	23
MUESTRA.....	23
CRITERIOS DE INCLUSIÓN	23
CRITERIOS DE EXCLUSIÓN	23
CRITERIOS DE ELIMINACIÓN.....	24
HIPÓTESIS.....	24
LA FUNCIÓN DIASTÓLICA EN PACIENTES CON ERC MEJORA AL REALIZARSE UNA SESIÓN DE HD.....	24
HIPÓTESIS NULA	24
ANÁLISIS ESTADÍSTICO	24
ASPECTOS ÉTICOS.....	24
RESULTADOS	27
<i>Tabla 1. Variables clínicas de la población estudiada.</i>	27
<i>Tabla 2. Variables clínicas y bioquímicas Pre y Post HD de la población estudiada.</i>	28
<i>Tabla 3. Parámetros de RMC Pre y Post HD.</i>	29
<i>Tabla 4. Parámetros de la función AI y la función diastólica.</i>	30
<i>Tabla 5. Grados de disfunción diastólica Pre y Post HD</i>	31
<i>Tabla 6. Correlaciones entre pro-BNP pre HD, parámetros de la función de la AI y la función diastólica pre HD.</i>	33
<i>Tabla 7. Correlaciones entre pro-BNP post HD, parámetros de la función de la AI y la función diastólica post HD</i>	33
DISCUSIÓN	34
CONCLUSIONES	37

ÍNDICE DE TABLAS, FIGURAS Y ANEXOS

FIGURA 1. SECUENCIAS UTILIZADAS PARA CLASIFICAR LA DISFUNCIÓN DIASTÓLICA (36).	22
TABLA 1. VARIABLES CLÍNICAS DE LA POBLACIÓN ESTUDIADA.	27
TABLA 2. VARIABLES CLÍNICAS Y BIOQUÍMICAS PRE Y POST HD DE LA POBLACIÓN ESTUDIADA.....	28
TABLA 3. PARÁMETROS DE RMC PRE Y POST HD	29
TABLA 4. PARÁMETROS DE LA FUNCIÓN AI Y LA FUNCIÓN DIASTÓLICA.....	30
TABLA 5. GRADOS DE DISFUNCIÓN DIASTÓLICA PRE Y POST HD.....	31
FIGURA 2. GRADOS DE FUNCIÓN DIASTÓLICA, GRÁFICA DE PASTEL	31
.....	31
FIGURA 3. GRADO DE FUNCIÓN DIASTÓLICA, GRÁFICA SANKEY	32
TABLA 6. CORRELACIONES ENTRE PRO-BNP PRE HD, PARÁMETROS DE LA FUNCIÓN DE LA AI Y LA FUNCIÓN DIASTÓLICA PRE HD	33
TABLA 7. CORRELACIONES ENTRE PRO-BNP POST HD, PARÁMETROS DE LA FUNCIÓN DE LA AI Y LA FUNCIÓN DIASTÓLICA POST HD	33
FIGURA 4. CORRELACIONES DE PRO-BNP CON PARÁMETROS CARDÍACOS SIGNIFICATIVOS PRE Y POST HD	34
ANEXO 1: HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	43
ANEXO 2: HOJA DE AUTORIZACIÓN DEL USO DE IMÁGENES Y EXPEDIENTE CLÍNICO.	45
ANEXO 3: HOJA DE ACEPTACIÓN POR COMITÉ DE ETICA EN INVESTIGACIÓN Y DE INVESTIGACIÓN DEL HOSPITAL GENERAL “DR. MIGUEL SILVA”	46
ANEXO 4: HOJA DE APROBACIÓN DEL PROYECTO POR EL COMITÉ DE BIOÉTICA DE LA ESCUELA DE MEDICINA UNIVERSIDAD VASCO DE QUIROGA	47

GLOSARIO DE ABREVIATURAS

A: Onda A

AI: Aurícula Izquierda

AIV: Volumen de Aurícula Izquierda

AIV Index: Volumen Indexado de Aurícula Izquierda

AIVol Max: Volumen Máximo de Aurícula Izquierda

AIVol Min: Volumen Mínimo de Aurícula Izquierda

Ap: Onda A pulmonar

DD: Disfunción Diastólica

Dp: Onda D pulmonar

E: Onda E

E/A: Relación E/A

e': Onda e'

END: Enfermedad por Nefropatía Diabética

EOI: Enfermedad de Origen Indeterminado

ERC: Enfermedad Renal Crónica

ERCT: Enfermedad Renal Crónica Terminal

E/e': Relación E/e'

FEAI: Fracción de Eyección de Aurícula Izquierda

FEVD: Fracción de Eyección de Ventrículo Derecho

FEVI: Fracción de Eyección del Ventrículo Izquierdo

GC: Gasto Cardíaco

HD: Hemodiálisis

HVI: Hipertrofia del Ventrículo Izquierdo

IC: Insuficiencia Cardíaca

IMC: Índice de Masa Corporal

Kg: Kilogramo

LDL: Lipoproteínas de Baja Densidad

MVD Index: Masa de Ventrículo Derecho Indexada

MVI Index: Masa de Ventrículo Izquierdo Indexada

PFR: Tasa Máxima de Llenado Ventricular

RMC: Resonancia Magnética Cardíaca

S/D: Relación S/D

S/Dp: Relación S/D pulmonar

TD: Tiempo de Desaceleración de la Onda E

TFGe: Tasa de Filtración Glomerular Estimada

VD: Ventrículo Derecho

VI: Ventrículo Izquierdo

VS: Volumen Sistólico

VTD VD: Volumen Telediastólico de Ventrículo Derecho

VTD VD Indexado: Volumen Telediastólico de Ventrículo Derecho Indexado

VTD VI: Volumen Telediastólico de Ventrículo Izquierdo

VTD VI Index: Volumen Telediastólico de Ventrículo Izquierdo Indexado

VTs VD: Volumen Telesistólico de Ventrículo Derecho

VTs VD Index: Volumen Telesistólico de Ventrículo Derecho Indexado

VTs VI: Volumen Telesistólico de Ventrículo Izquierdo

VTs VI Index: Volumen Telesistólico de Ventrículo Izquierdo Indexado

RESUMEN

Introducción: La enfermedad renal crónica (ERC) se asocia con una elevada carga de enfermedad cardiovascular, la disfunción diastólica una de las alteraciones más frecuentes. Durante la hemodiálisis ocurren cambios agudos en la precarga y poscarga que pueden modificar la función cardíaca, por lo que su evaluación mediante resonancia magnética cardíaca (RMC) puede aportar información relevante. **Objetivo:** Identificar los cambios de la función diastólica evaluada mediante RMC en pacientes con ERC avanzada inducidos por una sesión de HD. **Metodología:** Estudio retrospectivo, observacional y analítico. Se revisaron expedientes clínicos y estudios de RMC realizados antes y después de una sesión de HD en pacientes con ERC atendidos en el Hospital General “Dr. Miguel Silva” de Morelia entre agosto de 2024 y agosto de 2025. Se analizaron variables clínicas, bioquímicas y de imagen cardiovascular mediante SPSS versión 25. Se utilizaron las pruebas Shapiro-Wilk, t de Student, Wilcoxon, Mann-Whitney y Spearman. Se consideró estadísticamente significativa una $p < 0.05$. **Resultados:** Se incluyeron 29 pacientes con una edad promedio de 42 ± 14 años, de los cuales 19 pacientes (65.5%) fueron hombres. El tiempo medio de evolución de la ERC fue de 50.4 ± 48.0 meses y el tiempo promedio en tratamiento con HD fue de 30.6 ± 27.5 meses. Posterior a la HD se observó disminución significativa del Pro-BNP 23038 [179662-35135] vs 16603 [12245-32000] pg/ml, $p < 0.001$, sin diferencias en los valores de troponina y CK-MB. Asimismo, se identificó reducción de los volúmenes ventriculares y auriculares, incremento de la fracción de eyección ventricular izquierda (FEVI). Previo al tratamiento, los pacientes se distribuían principalmente en los grados de disfunción diastólica moderada a severa (grado 2-3). Posterior a la HD, hubo un predominio de disfunción diastólica leve (de 34.5% a 55.2%), con un solo caso clasificado en disfunción diastólica severa. **Conclusión:** Una única sesión de HD se asoció con mejoría aguda de la función diastólica evaluada mediante RMC, reflejada por disminución de las presiones de llenado, reducción de los volúmenes cardíacos y menor severidad de la disfunción diastólica. Estos hallazgos destacan la importancia del control del volumen intravascular en pacientes con ERC.

ABSTRACT

Introduction: Chronic kidney disease (CKD) is associated with a high burden of cardiovascular disease, with diastolic dysfunction being one of the most frequent abnormalities. During HD, acute changes in preload and afterload occur, which may modify cardiac function; therefore, assessment by cardiovascular magnetic resonance imaging (CMR) may provide relevant information. **Objective:** To identify changes in diastolic function evaluated by cardiovascular magnetic resonance imaging (CMR) in patients with advanced CKD induced by a single HD session. **Methods:** This was a retrospective, observational, and analytical study. Clinical records and CMR studies performed before and after a HD session were reviewed in patients with CKD treated at the Hospital General “Dr. Miguel Silva” in Morelia between August 2024 and August 2025. Clinical, biochemical, and cardiovascular imaging variables were analyzed using SPSS version 25. The Shapiro–Wilk, Student’s t-test, Wilcoxon, Mann–Whitney, and Spearman correlation tests were used. A p-value <0.05 was considered statistically significant. **Results:** A total of 29 patients were included, with a mean age of 42 ± 14 years; 19 patients were male (65.5%). The mean duration of CKD was 50.4 ± 48.0 months, and the mean time on HD therapy was 30.6 ± 27.5 months. After HD, a significant decrease in Pro-BNP levels was observed, from 23,038 [179,662–35,135] to 16,603 [12,245–32,000] pg/mL, $p < 0.001$, with no significant differences in troponin or CK-MB levels. Likewise, reductions in ventricular and atrial volumes were identified, along with an increase in left ventricular ejection fraction. Before treatment, patients were mainly classified as having moderate to severe diastolic dysfunction, corresponding to grades 2–3. After HD, mild diastolic dysfunction predominated, increasing from 34.5% to 55.2%, with only one case classified as severe diastolic dysfunction. **Conclusion:** A single HD session was associated with an acute improvement in diastolic function assessed by cardiovascular magnetic resonance imaging, reflected by decreased filling pressures, reduced cardiac volumes, and lower severity of diastolic dysfunction. These findings highlight the importance of intravascular volume control in patients with chronic kidney disease.

INTRODUCCIÓN

La ERC representa un grave problema de salud pública a nivel mundial y en México (1). Las complicaciones cardiovasculares son la principal causa de morbilidad y mortalidad en estos pacientes debido a la persistencia de un estado inflamatorio, junto con la sobrecarga de volumen y el remodelado cardíaco (2), siendo de las más importantes y con mayor prevalencia la Hipertrofia del Ventrículo Izquierdo (HVI) que suele presentarse desde etapas tempranas de la enfermedad y se intensifica a medida que avanza, lo que conlleva a una disfunción diastólica con el paso del tiempo (3).

En el transcurso de una sesión de HD, debido a la extracción rápida de líquidos a través del ultrafiltrado, se producen modificaciones agudas en la pre y poscarga que afectan directamente la función diastólica. En algunos pacientes estos cambios pueden desencadenar isquemia miocárdica silente, hipotensión intradialítica o deterioro transitorio diastólico (5).

La ecocardiografía se ha utilizado para evaluar la función diastólica, no obstante, presenta limitaciones en sensibilidad y especificidad. En contraste, la RMC es el estándar de oro para la caracterización estructural y funcionamiento cardíaco, lo que permite detectar con mayor precisión los cambios agudos de la función diastólica (6).

DESARROLLO

Planteamiento del problema

La ERC constituye un importante problema de salud pública debido a su elevada prevalencia y al incremento sostenido de su incidencia y mortalidad (15). Las enfermedades cardiovasculares representan la principal causa de morbilidad y mortalidad en los pacientes con ERC (2). La hipertrofia ventricular izquierda (HVI) y la disfunción diastólica (DD) son alteraciones frecuentes en estos pacientes como consecuencia de la sobrecarga de volumen, inflamación crónica, hipertensión arterial y otras alteraciones metabólicas asociadas a esta enfermedad (3).

Durante la sesión de HD ocurren cambios agudos en la precarga y poscarga que pueden modificar la función cardíaca y función diastólica (28). Estos cambios han sido evaluados principalmente mediante ecocardiografía; sin embargo, esta técnica presenta limitaciones relacionadas con la dependencia del operador, la variabilidad interobservador y una menor capacidad para la caracterización estructural y funcional cardíaca (36). Por otra parte, la RMC ofrece una elevada resolución espacial y de contraste, además de ser considerada el método de referencia para la evaluación de los volúmenes, la masa y la función ventricular (36). No obstante, existe información limitada acerca de los cambios agudos de la función diastólica inducidos por una sesión de HD evaluados mediante RMC.

En el Hospital General “Dr. Miguel Silva” existe una línea de investigación enfocada en la evaluación cardiovascular mediante RMC. Sin embargo, se desconoce el impacto

inmediato de una sesión de HD sobre los parámetros de función diastólica evaluados mediante esta técnica en pacientes con ERC

Pregunta de Investigación

¿Cuáles son los cambios en la función diastólica evaluada mediante RMC en pacientes con ERC avanzada inducidos por una sesión de HD en el Hospital “Dr. Miguel Silva”?

Justificación

Magnitud: En México, la ERC representa un desafío de salud pública en constante crecimiento. Se estima que aproximadamente el 12% de la población adulta presenta algún grado de deterioro renal. La hipertensión arterial y la diabetes mellitus continúan siendo sus principales causas. Las proyecciones epidemiológicas para los próximos años indican un incremento sostenido en la demanda de terapia sustitutiva renal, como diálisis y HD, lo que genera un impacto significativo en el sistema de salud debido al aumento de los costos y a las complicaciones cardiovasculares asociadas.

Entre estas complicaciones, una de las más frecuentes es la disfunción diastólica (DD), cuya prevalencia oscila entre 40% y 75%, dependiendo del estadio de la ERC. Diversos estudios han demostrado que los cambios agudos en el volumen intravascular inducidos por la sesión de HD pueden modificar la función diastólica.

Trascendencia: La importancia clínica de estudiar los cambios en la función diastólica inducidos por una sesión de HD se encuentra en que dichas variaciones pueden aportar al deterioro estructural y funcional del miocardio, esto favoreciendo a la aparición de eventos cardiovasculares adversos. La detección de alteraciones reversibles o persistentes en la función diastólica permitirá ajustar y mejorar parámetros, los cuales podrían ayudar a la mejora de la calidad de vida y mortalidad de los pacientes.

El uso de la RMC da una ventaja para evaluar la función diastólica, ya que proporciona mediciones consistentes y sin restricciones significativas en comparación de la ecocardiografía. Estudios recientes han demostrado que la RMC permite detectar alteraciones de la relajación ventricular y deformación miocárdica en dichos pacientes.

Vulnerabilidad: Si bien la recopilación de datos clínicos desde los expedientes podría verse limitada por información faltante o registros incompletos, se cuenta con la ventaja de que las imágenes de RMC ya registradas en la estación de trabajo y están íntegramente disponibles, correctamente catalogadas y con la calidad necesaria para su revisión. Esto proporciona un respaldo sólido para el análisis de las imágenes y favorece significativamente el desarrollo y conclusión del estudio.

Aportación del proyecto: Esta investigación aportará evidencia directa sobre si la HD mejora o contribuye al deterioro del funcionamiento diastólico en pacientes con ERC. Evaluar estos cambios antes y después de una sesión de HD permitirá determinar si dicho procedimiento corrige, estabiliza o agrava las alteraciones diastólicas.

Factibilidad: El Hospital General “Dr. Miguel Silva” atiende de manera habitual a pacientes con diagnóstico de ERC de nefrología. Aunque actualmente la institución no dispone de ecocardiografía transtorácica como parte de su oferta diagnóstica, la RMC constituye la herramienta de imagen de elección para la valoración cardíaca.

El hospital cuenta con un servicio de cardioimagen, equipado con un resonador de 1.5 Tesla, así como con las secuencias especializadas y el software necesarios para la obtención y análisis de este tipo de estudios. Además, el departamento cuenta con personal médico con experiencia en imagen cardiovascular, lo que garantiza la adecuada interpretación de las imágenes. Desde hace varios años, en esta área se realizan de forma sistematizada estudios de RMC para pacientes con sospecha de diversas patologías cardíacas. Entre estos se encuentran los estudios correspondientes a una línea vigente de investigación enfocada en cambios cardiovasculares agudos generados por la sesión de HD en pacientes con ERC evaluados mediante cardiorresonancia.

Dado que las imágenes y la información de estos pacientes ya se encuentran archivadas en el sistema, el presente proyecto de carácter retrospectivo no implica costos adicionales para el hospital ni para los pacientes y dispone del material necesario para su desarrollo sin requerir nuevos procedimientos diagnósticos.

Objetivo general

Identificar los cambios de la función diastólica inducidos por una sesión de HD evaluada mediante RMC en pacientes con ERC avanzada.

Objetivos específicos

- Describir las características clínicas y bioquímicas de los pacientes con ERC antes y después de una sesión de HD.
- Determinar alteraciones en la estructura en la aurícula izquierda mediante RMC en pacientes con ERC antes y después de una sesión de HD.
- Cuantificar la función de la aurícula izquierda mediante RMC en pacientes con ERC antes y después de una sesión de HD.
- Evaluar la función diastólica del ventrículo izquierdo mediante RMC en ERC antes y después de una sesión de HD.
- Identificar si existe relación entre variables clínicas y bioquímicas con la función diastólica evaluada mediante RMC en ERC después de una sesión de HD.
- Determinar si existe relación entre parámetros funcionales de RMC y función diastólica en ERC después de una sesión de HD.

MARCO TEÓRICO

Enfermedad renal crónica

La ERC es una patología progresiva que afecta a más del 10% de la población mundial, esto representa más de 800 millones de personas. Tiene tendencia hacia personas de la tercera edad, sexo femenino, minorías raciales y patologías crónico-degenerativas como diabetes mellitus e hipertensión. Constituye un desafío significativo para los países de ingresos bajos y medios, de los cuales muchas veces no logran acceder al tratamiento óptimo (7).

La ERC es caracterizada por una lesión renal o por una tasa de filtración glomerular estimada (TFGe) menor a 60 ml/min/1,73 m², que persiste durante al menos tres meses. Esta condición refleja una pérdida progresiva de la función renal, que en muchos casos conduce a la necesidad de terapias de reemplazo renal como la diálisis, la HD o el trasplante renal (8). La tasa de filtración glomerular abarca el flujo de plasma desde el glomérulo hasta el espacio de Bowman, y es uno de los principales indicadores de la función renal. La tasa de filtración glomerular es de 120 ml por minuto aproximadamente (9).

La clasificación KDIGO de la ERC del año 2024 valora la causa y la cataloga en 6 estadios de progresión y 3 estadios de proteinuria, según la tasa de filtración glomerular y los niveles de albuminuria (8).

La albúmina es una proteína plasmática que ayuda a mantener la presión oncótica y transporta moléculas. En condiciones fisiológicas, poca cantidad de albúmina atraviesa la barrera de filtración glomerular por su tamaño y carga negativa, lo demás se reabsorbe en los túbulos proximales. La presencia anormal de albúmina en cantidades mayores en la orina (>30 mg/ g), es conocida como albuminuria, lo cual es un indicador clave de disfunción glomerular o daño tubular (10).

La creatinina sérica es un componente endógeno que se produce a partir de la conversión no enzimática de la creatina y la fosfocreatina, es un producto de desecho formado por el metabolismo muscular, es una molécula neutra de bajo peso molecular. La creatinina se filtra a través del glomérulo y una pequeña porción por los túbulos renales. Los niveles anormales de creatinina sérica en mujeres son >1.1 mg/ dL y en hombres >1.3 mg/ dL, lo que sugiere la posibilidad de daño renal (11).

En Estados Unidos, la incidencia de ERC en la población menor de 20 años se mantuvo estable entre 1990 y 2012, con valores que oscilaron entre 13.9 y 13.1 casos por millón de habitantes. En contraste, la prevalencia dentro de este grupo aumentó

de 60.4 a 83.1 casos por millón en el mismo periodo, mientras que la mortalidad reportada en un estudio realizado en 2023 fue de 64.2 por cada 100,000 habitantes en Ciudad de México (1). Actualmente 37 millones de adultos viven con ERC y aproximadamente el 90% no sabe que cuentan con ella (1).

En América Latina el número de casos nuevos de ERC varía entre 2.8 y 15.8 por cada millón de habitantes menores a 15 años, el 1-3% de los pacientes presentan manifestaciones físicas las cuales alteran considerablemente su vida (12).

Según la investigación del autor Argaiz *et al* (13), el 13.8% de la población padecía de ERC en 2019, sin embargo, no se cuenta con datos actuales sobre la incidencia de ERC (13). De acuerdo con la investigación de la autora Romero (14), actualmente la incidencia en México de dicha enfermedad es de aproximadamente 12% de la población adulta, equivalente a 13 millones de personas adultas (14), lo que se traduce en un incremento de la mortalidad y el alto costo asociados al tratamiento sustitutivo (15).

Así mismo, se encontró una relación entre las muertes y la ERC. En 2019 se estimó la prevalencia de la ERC en 13.8%, lo que constituye la tercera causa de muerte en la población mexicana. (16)

Los primeros antecedentes de la ERC fueron descritos por el médico Richard Bright en el año 1827, que describió la asociación entre el incremento de la presión arterial y la presencia de albuminuria y posteriormente con un aumento de la resistencia vascular, favoreciendo el desarrollo de hipertrofia cardíaca y posteriormente la denominó como “Enfermedad de Bright”. Más adelante Frederick Akbar Mahomed observó que los pacientes con albuminuria presentaban elevación de la presión arterial. En esa época los tratamientos eran limitados e incluían baños calientes, compuestos de mercurio, opio, diuréticos, laxantes y una dieta libre de bebidas alcohólicas, lácteos y carnes rojas (17).

La ERC ha presentado un incremento significativo en las últimas décadas debido a dos enfermedades con gran importancia en México mencionadas anteriormente, la hipertensión arterial sistémica y diabetes mellitus; estas enfermedades ocasionan un descontrol metabólico al igual que alteraciones sistémicas que hacen propensos a los pacientes a desarrollar ERC, por lo que es de crucial importancia su detección e inicio de tratamiento oportuno (18).

Dicha enfermedad cuenta con la clasificación KDIGO de 6 estadios de acuerdo con la disminución de la tasa de filtración glomerular. Un punto de suma importancia es la prevención de la progresión del estadio 1 al 5 (19). Al estadio 5 se le conoce como

ERC avanzada o terminal (ERCT), que hace referencia a la condición de los pacientes que manifiestan una lesión renal definitiva, los cuales son sometidos a tratamientos sustitutivos por medio de diálisis (20). Dicho tratamiento conlleva a una respuesta inflamatoria asociada a los fenómenos de biocompatibilidad y el descenso de la perfusión renal, consecuente por la ultrafiltración y episodios de hipotensión, los que contribuyen al deterioro progresivo de la función renal. La interrupción de la diálisis es contraindicada debido al aumento de mortalidad (21).

La tasa de hospitalización y mortalidad de los pacientes con esta enfermedad son altas debido a la relación con las alteraciones cardíacas (22). Más de la mitad de las muertes entre estos pacientes son causadas por enfermedades cardiovasculares, en especial las arritmias y paro cardíaco (23). La tasa de supervivencia es de aproximadamente 2 años más corta al inicio de la HD (24) y el riesgo es 9 veces mayor a la población general (25).

Enfermedad renal crónica y cambios cardiovasculares

La disfunción renal primaria conlleva al deterioro gradual del corazón, lo cual es conocido como síndrome cardio-renal, que se define como el acrecentamiento de disfunción cardiovascular como consecuencia de la ERC (26). El riesgo cardiovascular incrementa la morbi-mortalidad hasta alrededor del 50% (27), aumentado a esto la terapia de reemplazo (en este caso la HD) desencadena lesión miocárdica isquémica por la alteración hemodinámica que causa esta.

Los cambios hemodinámicos cardiovasculares disminuyen durante la sesión de HD; entre estos cambios existe la disminución brusca de volumen sanguíneo, lo que reduce el retorno venoso y a precarga miocárdica, lo que provoca una afección a nivel del gasto cardíaco (28). Hallazgos comunes en pacientes con ERCT en terapia de HD es la dilatación de la cavidad ventricular izquierda, fibrosis de células inter miocárdicas y daño capilar (27).

Aproximadamente el 74% de los pacientes con ERCT presentan hipertrofia ventricular izquierda y disfunción sistólica del ventrículo izquierdo (VI) al iniciar la terapia de diálisis, esta es debida a la remodelación macro y microscópica cardíaca por la sobrecarga de volúmenes, inflamación crónica, la alteración electrolítica, la hipertensión y la anemia, las cuales son las causas primarias (25). Asimismo, la hipertrofia auricular izquierda (AI) podría ser una reacción a la remodelación adaptativa de la sobrecarga de volumen o presión al paso del tiempo (24).

La hipertrofia ventricular izquierda (HVI) es tomada como un factor de riesgo independiente de eventos cardiovasculares y mortalidad en dichos pacientes. La HVI

tiende a influir en la densidad capilar al igual que en la reserva coronaria afectando la perfusión subendocárdica y causando un deterioro, además incrementa la necesidad de oxígeno por lo que como consecuencia hay una fibrosis o muerte miocárdica (30).

Dentro de estos cambios cardiacos también existe la disfunción diastólica del VI, la cual es un factor importante debido a su predisposición de desarrollo además de su aparición previamente al inicio de la diálisis, esta se puede presentar aun sin obtener cambios sistólicos. Su etiopatogenia se debe a la hipertrofia del VI y la fibrosis intersticial miocárdica, causando una rigidez miocárdica la cual atañe a una disfunción diastólica (25). Los corazones que presentan hipertrofia tienden a presentar una reserva de flujo sanguíneo coronario disminuido, lo que aumenta el riesgo de desarrollar isquemia miocárdica (26).

Con frecuencia estos pacientes presentan cambios estructurales y funcionales a nivel miocárdico, esto conocido como cardiomiopatía urémica. Su aparición se ha relacionado con la exposición de sobrecarga de volumen y presión. Estas modificaciones cardiovasculares contribuyen a una elevada morbilidad y menor expectativa de vida en comparación con la población general (22).

No obstante, entre los pacientes con ERCT que inician tratamiento con diálisis, un 40% presentaba cardiopatía coronaria y hasta un 75% o más mostraban HVI. Que estos hallazgos se reporten al inicio del programa de diálisis resalta la relevancia de las alteraciones cardiovasculares que ocurren antes de que el paciente tenga acceso a este procedimiento (22).

Tanto la aterosclerosis como la arteriosclerosis son alteraciones vasculares frecuentes en pacientes con uremia. La primera se identifica por la formación de placas en arterias de mediano calibre, mientras que la segunda se aúna a calcificación difusa y dilatación de la capa media de la aorta y de sus principales ramas. En el contexto de la ERC, el hiperparatiroidismo secundario derivado de desequilibrios en la regulación del calcio, el fosfato, el factor de crecimiento de fibroblastos y la vitamina D, favorece el engrosamiento de la pared vascular. A ello se suma la hipertensión arterial como factor que potencia la vasculopatía (23).

De igual manera, la anemia contribuye al daño vascular al reducir la producción de óxido nítrico y favorecer la oxidación de lipoproteínas de baja densidad (LDL), proceso clave en el desarrollo de la placa aterosclerótica. Como consecuencia, la calcificación y los cambios ateroscleróticos en la vasculatura coronaria tienden a originar isquemia miocárdica crónica más que síndromes coronarios agudos, lo cual podría justificar la menor incidencia de infarto agudo de miocardio en esta población (23).

Diástole ventricular normal

La diástole ventricular es la fase del ciclo cardíaco en el que ocurre el llenado de los ventrículos de sangre proveniente de las aurículas y se prepara para la contracción. La sístole se extiende desde la aparición del primer ruido cardíaco hasta el inicio del segundo, y la diástole el intervalo previo a la aparición del siguiente primer ruido. La diástole comienza al finalizar la contracción miocárdica y periodo de eyección, en el momento del cierre de la válvula aórtica y termina en el cierre de las válvulas auriculoventriculares, cuando ocurre el llenado ventricular (31).

La relajación cardíaca no sólo depende de la disponibilidad de energía, sino también de la cantidad de iones de Ca^{++} en el citoplasma; esta relajación de las fibras musculares cardíacas provoca una disminución brusca de la presión en el VI (32).

Los ventrículos poseen la capacidad de incrementar el volumen de las cámaras en el momento en que la sangre llega de las aurículas. Cualquier anomalía que ocurra durante estos mecanismos debe clasificarse como disfunción diastólica (33).

Podemos dividir en tres comportamientos estrechamente relacionados a la diástole ventricular: el proceso elástico, la relajación activa y el llenado diastólico pasivo; tras la contracción cardíaca, mientras ocurre la reacción elástica, el cardiomiocito recupera su estado físico de reposo. El tamaño de la retracción elástica depende de la deformación sistólica de la pared, la cual es conocida en conjunto de la mecánica ventricular global. Esta se mide mediante técnicas de imagen cardiovascular como la ecocardiografía tridimensional o la RMC (33).

El proceso elástico comienza cuando el corazón termina su contracción y la válvula aórtica se cierra, aquí comienza la relajación ventricular, sin embargo, no hay cambios en el volumen debido a que permanece el cierre de las válvulas, lo que es conocido como relajación isovolumétrica. En esta fase, la presión intraventricular es elevada por lo que es necesario su descenso hasta asimilarse con la presión AI, en este punto ocurre la apertura de la válvula mitral y comienza el llenado ventricular. La velocidad de esta disminución es un indicador de la relajación, puede medirse mediante el cálculo de la constante de tiempo de relajación ventricular (33).

Pro-BNP

El pro-BNP es un péptido natriurético generado por cardiomiocitos ventriculares en respuesta al aumento de la tensión de la pared cardíaca secundaria sobrecarga de volumen. Al liberarse esta proteína favorece la natriuresis y diuresis, induce la vasodilatación e inhibe el eje renina-angiotensina-aldosterona. Esto ayuda a regular el volumen intravascular y la presión arterial (34).

Es un biomarcador cardíaco útil para la evaluación de insuficiencia cardíaca (IC) descompensada debido a la sobrecarga de volumen. Valores superiores a 450 pg/ mL en menores de 50 años y valores mayores a 900 pg/ mL en mayores a 50 años indican sospecha de IC. En los pacientes con ERC los niveles de pro-BNP suelen estar aumentados debido a la falla cardíaca que presentan, además esta sustancia es eliminada principalmente por vía renal, dado que en estos pacientes su depuración se encuentra disminuida o incluso ausente, lo que favorece a su acumulación (34, 35).

Disfunción diastólica en ERC

La disfunción diastólica (DD) es clásica en pacientes con ERC debido a la relación entre los cambios hemodinámicos y neurohormonales que ocurren en dichos pacientes. La DD afecta en la poscarga auricular, el ensanchamiento y estrés de la pared, lo que produce fibrosis y dilatación auricular, con consecuente aumento del riesgo a desarrollar fibrilación auricular. Es caracterizada por la relajación miocárdica retardada, relajación anormal del VI además del llenado deteriorado del VI (36).

El corazón se llena mediante dos mecanismos: en la diástole temprana, a través de la relajación hay un llenado del VI, en la diástole tardía ingresa la sangre total al ventrículo debido a la contracción de la aurícula izquierda (AI), lo que contribuye al volumen telediastólico (33).

Más específicamente en la DD, la relajación isovolumétrica se prolonga por la disminución de velocidad de la presión del VI. Debido a que la sangre no pasa correctamente al VI, este se vuelve más dependiente a la contracción y aumento de la presión auricular, sobre todo de la aurícula izquierda, lo que provoca una menor eficiencia en el flujo mitral en la diástole temprana y a su vez un incremento en la velocidad del flujo durante la diástole tardía (37).

La tasa máxima de llenado ventricular (PFR) progresivamente disminuye, y por el otro lado incrementa el tiempo de llenado máximo. Además, la rigidez anormal del VI hace que ocurra un incremento en la pendiente de la relación presión-volumen, generando un desplazamiento de la curva hacia la izquierda y a niveles más altos de presión (37).

La DD es responsable en la mayoría de los casos de pacientes con síntomas clásicos de insuficiencia cardíaca que cuentan con una FEVI normal. Esta patología en presentación aislada es común en pacientes de edad avanzada mayores a 65 años. Se ha demostrado que pacientes con tratamiento de HD presentan una alteración en el llenado transmitral, lo que comparándolos con la población general se ve una susceptibilidad en los cambios de volumen intravascular (29).

El método de elección para la medición de la función diastólica es la ecocardiografía, sin embargo, esta cuenta con limitaciones como lo es la resolución espacial subóptima, deficiencia de ventanas acústicas, sujeción de las habilidades del operador, entre otras. No obstante, las mediciones con RMC son sobresalientes para esta medición, esto convirtiéndola en una clase de imagen valiosa para la función diastólica (36).

Los investigadores Salgueira, Milan y Moreno Alba realizaron un estudio en 2005 donde se estudió a 74 pacientes con presencia de ERC, donde únicamente se identificaron dos pacientes con función diastólica normal, 25 pacientes evidenciaban un patrón de alargamiento en la fase de relajación isovolumétrica, 47 pacientes manifestaban un patrón anormal de la relajación miocárdica (30).

Resonancia Magnética Cardíaca

La ecocardiografía se utiliza de forma habitual para la evaluación de la masa ventricular izquierda, sobre todo en pacientes con hipertrofia ventricular. Aunque es una herramienta accesible y ampliamente disponible, sus mediciones presentan limitaciones, ya que algunos cálculos dependen de supuestos geométricos sobre la forma del ventrículo izquierdo, lo que puede generar errores cuando existe alteración de la morfología ventricular. La ecocardiografía bidimensional permite una valoración más directa de las estructuras cardíacas, sin embargo su precisión puede verse afectada por la necesidad de delimitar adecuadamente los bordes endocárdicos y epicárdicos, lo cual no siempre es posible debido a la calidad de la ventana acústica (38).

En contraste, la resonancia magnética cardíaca permite una cuantificación más precisa de la masa ventricular izquierda, al obtener cortes consecutivos del miocardio desde la base hasta el ápex, sin depender de modelos geométricos preestablecidos, por lo que se considera una herramienta más anatómica y reproducible para esta medición. La ecocardiografía también se ha utilizado para valorar la función diastólica; no obstante, puede presentar limitaciones relacionadas con la dependencia del operador, la variabilidad interobservador y la calidad de las ventanas acústicas (38).

Por su parte, la RMC es considerada el método de referencia para la evaluación de volúmenes, masa y función ventricular, ya que ofrece mediciones más reproducibles y aporta información adicional sobre caracterización tisular, como la presencia de cicatriz miocárdica, fibrosis intersticial, perfusión y alteraciones estructurales del músculo cardíaco. Esto permite una valoración más integral de los cambios cardíacos, incluyendo aquellos relacionados con la función diastólica en pacientes con ERC (6, 39).

Entre las principales fortalezas de la RMC se encuentran su alta resolución de contraste, adecuada resolución espacial y temporal, amplio campo de visión y capacidad para caracterizar tejidos. Estas ventajas permiten identificar posibles mecanismos asociados a la DD, así como contribuir a la estratificación pronóstica y de riesgo cardiovascular en esta población (37).

La RMC con realce tardío de gadolinio aporta datos relevantes para la detección y cuantificación de la fibrosis miocárdica, pero el uso de contraste está contraindicado en pacientes con ERC. Sin embargo, el método de mapping T1 y T2 supera las deficiencias de una resonancia magnética sin método de contraste, ya que este método permite apreciar la fibrosis, depósito amiloide, edema y volúmenes (27).

El mapping T1 es una técnica que permite estimar el tiempo de relajación longitudinal del tejido miocárdico, reflejando alteraciones del compartimiento intra y extracelular. Estos tiempos pueden afectarse por diferentes procesos como la fibrosis por acumulación de colágeno, la presencia de edema, el depósito de hierro y el almacenamiento de lípidos. Su aplicación ha sido importante en la evaluación de pacientes con ERC (40).

Los avances en la RMC han permitido ampliar su papel en la evaluación de la función diastólica mediante parámetros cuantitativos objetivos, tradicionalmente valorados por ecocardiografía. La secuencia de contraste de fase bidimensional (PC-2D) codificada por velocidad es la técnica más utilizada para este fin y permite analizar de manera integrada el llenado ventricular izquierdo, la relajación miocárdica y las presiones de llenado (37).

La función diastólica se caracteriza a partir del flujo de entrada mitral, el movimiento del anillo mitral y el flujo de las venas pulmonares. El análisis del flujo transmitral permite identificar las ondas de llenado temprano y tardío (E y A), así como el tiempo de desaceleración de la onda E, parámetros que reflejan la relajación ventricular, la rigidez miocárdica y el gradiente de presión aurícula y ventrículo izquierdos. El movimiento del anillo mitral, evaluado mediante las velocidades miocárdicas e' y a' , aporta información directa sobre la relajación miocárdica y permite distinguir patrones pseudonormales. La relación E/e' integra ambos componentes y constituye un estimador confiable de la presión de llenado del ventrículo izquierdo (41).

El flujo de las venas pulmonares complementa esta evaluación al reflejar la presión AI y la compliancia ventricular, mientras que las imágenes cine permiten identificar cambios estructurales asociados, como el aumento del tamaño y la alteración de la función de la aurícula izquierda y el incremento de la masa del ventrículo izquierdo. En conjunto, estos parámetros cuentan con valores de referencia y puntos de corte definidos en la literatura, lo que permite clasificar la función diastólica en términos de normalidad o disfunción (42).

Las secuencias utilizadas para medir los grados de disfunción diastólica serán explicadas en la siguiente tabla:

Figura 1. Secuencias utilizadas para clasificar la Disfunción Diastólica (36).

VARIABLE	GRADO 0	GRADO 1	GRADO 2	GRADO 3	GRADO 4
Categoría	Normal	Desgaste de la relajación	Aparentemente Normal	Patrón de llenado restrictivo con reversibilidad	Patrón de llenado restrictivo sin reversibilidad
Relación E/A	≥ 0.8	< 0.8	≥ 0.8	≥ 2	≥ 2
Desaceleración de la onda E mitral	150-240 ms	> 240 ms	150-200 ms	< 150 ms	< 150 ms
Velocidad tisular del anillo mitral: e'	≥ 8 cm/s	< 8 cm/s	< 8 cm/s	$\lll 8$ cm/s	$\lll 8$ cm/s
Relación E/e'	< 8	< 8	8-15	$\gg 15$	$\gg 15$
Flujo de entrada de sangre en las Venas pulmonares	S>D Onda A pequeña (Avp < Am)	S>D pero D < normal Onda A pequeña (Avp < Am)	S<D Onda A grande (Avp > Am)	S<<D Onda A grande (Avp > Am)	S<<D Onda A grande (Avp > Am)
Presión telediastólica del VI	Normal	Normal o ligeramente elevados	Ligeramente elevados	Moderadamente aumentado	Severamente aumentado
Relajación ventricular izquierda	Normal	Ligeramente disminuida	Ligeramente disminuida	Ligeramente disminuida	Ligeramente disminuida
Presión auricular izquierda	Normal	Normal o ligeramente elevados	Ligeramente elevados	Moderadamente aumentado	Severamente aumentado

Mapeo T1 y T2

El mapeo T1 y T2 son técnicas de RMC que permiten la cuantificación del tejido miocárdico mediante valores numéricos ya que ayuda a caracterizar el tejido.

El mapeo T1 mide el tiempo de relajación longitudinal, depende de la velocidad con la que los protones recuperan su estado de equilibrio después de ser estimulados por un pulso de radiofrecuencia (43). Esta técnica puede utilizarse sin contraste por lo que es una opción segura para los pacientes con ERC. Puede utilizarse para ver cambios en la masa miocárdica y volúmenes ventriculares, para estimar los cambios estructurales, función cardíaca, edema y fibrosis miocárdica pre-clínica (44).

Por otra parte, el mapeo T2 cuantifica la relajación transversal o relajación espín-espín. Se obtiene una apnea en una misma fase del ciclo cardíaco durante diferentes latidos. Las imágenes son procesadas para generar mapas paramétricos codificados por colores. Esta secuencia es utilizada para observar edema, inflamación miocárdica, útil para diagnosticar procesos agudos o inflamatorios (43).

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño del estudio

Estudio cuantitativo observacional, analítico y retrospectivo, transversal.

Definición de las unidades de observación

Expediente clínico: Conjunto de documentos y datos con información sobre pacientes con ERC en tratamiento de HD atendidos en el Hospital General “Dr. Miguel Silva”.

Resultados de estudios de RMC: Es un método de imagen avanzado y no invasivo que permite visualizar con gran detalle el corazón y los principales vasos sanguíneos sin emplear radiación ionizante. Esta herramienta es útil para analizar la anatomía y el funcionamiento cardíaco, así como para identificar diversas patologías, entre ellas cardiomiopatías, isquemia del miocardio o alteraciones vasculares.

Resultados de biomarcadores séricos: Se trata de proteínas originadas en el tejido cardíaco que se liberan a la circulación cuando existe daño o estrés del miocardio. Su medición en sangre contribuye al apoyo diagnóstico y al seguimiento de múltiples condiciones que afectan al corazón.

Universo o población

Expedientes y resultados de imagen cardíaca de pacientes con ERC en tratamiento de HD en el Hospital “Dr. Miguel Silva” de Morelia, Michoacán.

Muestra

Se empleó un muestreo no probabilístico por conveniencia. El tamaño de la muestra fue determinado por la totalidad de estudios de RMC disponibles en la estación de trabajo del Hospital General “Dr. Miguel Silva” realizados entre el 1 de agosto del 2024 al 31 de agosto del 2025, que cumplieran los criterios de inclusión y no presentaran criterios de exclusión.

El tamaño de la muestra no se calculó previamente, ya que por tratarse de un estudio retrospectivo se incluyeron todos los estudios disponibles que cumplieron con los criterios de inclusión durante el periodo establecido.

Criterios de inclusión

- Expedientes clínicos y de imagen por RMC de pacientes de sexo biológico masculino y femenino con diagnóstico de ERC tratados con HD en el servicio de nefrología del Hospital General “Dr. Miguel Silva”.
- Mayores de 18 años.

Criterios de exclusión

- Estudios de RMC incompletos definidos como ausencia de imágenes pre o post HD.
- Expedientes incompletos.

Criterios de eliminación

- Imágenes archivadas en la estación con presencia de artefactos.

Hipótesis

La función diastólica en pacientes con ERC mejora al realizarse una sesión de HD.

Hipótesis nula

La función diastólica en pacientes enfermos renales crónicos no mejora al realizarse una sesión de HD.

Análisis Estadístico

Los datos se evaluaron mediante el programa SPSS versión 25. Se evaluó la distribución de las variables cuantitativas mediante la prueba de Shapiro-Wilk debido a que permite determinar si los datos siguen una distribución normal, especialmente en muestras pequeñas. Las variables con distribución normal se describieron utilizando media y desviación estándar, en aquellas que no mostraron una distribución normal se expresaron como mediana y rango intercuartílico.

Para comparar los parámetros de función diastólica antes y después de la HD se empleó la prueba t de Student para muestras relacionadas en las variables con distribución normal ya que las mediciones correspondían a dos evaluaciones realizadas en los mismos pacientes; en las variables que no cumplieron criterios de normalidad se utilizó la prueba de rangos con signo de Wilcoxon ya que se trataba de la alternativa no paramétrica para muestras pareadas.

Para las variables clínicas y la presencia de disfunción diastólica, los pacientes se clasificaron en dos grupos (con y sin disfunción diastólica). Las variables categóricas se compararon mediante la prueba de Chi cuadrada para evaluar la asociación entre variables cualitativas, mientras que las variables continuas se analizaron mediante t de Student o U de Mann-Whitney de acuerdo con su distribución para comparar las diferencias entre grupos independientes. Además, para las correlaciones se utilizó el coeficiente de Spearman para evaluar la asociación entre los niveles de pro-BNP y los parámetros de función diastólica y remodelado cardíaco ya que permite analizar la relación entre variables con distribución normal o de naturaleza ordinal. En todos los análisis se consideró estadísticamente significativo un valor de p menor de 0.05.

Aspectos éticos

Dado que el presente proyecto se trata de un estudio retrospectivo y observacional se considera una investigación **sin riesgo**, de acuerdo con el artículo 17 del Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud (45). La información utilizada fue utilizada con el único propósito descrito en la investigación. Esta información fue almacenada en dispositivos con código de acceso. Se tomaron medidas para garantizar la confidencialidad de los datos apegándonos a los siguientes artículos:

Artículo 14: La investigación que se realice en seres humanos deberá desarrollarse bajo las siguientes bases

1. Se ajustará a principios científicos y éticos que la justifiquen.
2. Se fundamentará en la experimentación previa realizada en animales, en laboratorios o en otros hechos científicos.
3. Se deberá realizar solo cuando el conocimiento que se pretenda producir no pueda obtenerse por otro medio idóneo.
4. Deberán prevalecer siempre las probabilidades de los beneficios esperados sobre los riesgos predecibles.
5. Contará con el consentimiento informado y por escrito del sujeto de investigación o su representante legal, con las excepciones que este reglamento señale.
6. Deberá ser realizada por profesionales de la salud a que se refiere el artículo 114 de este reglamento, con conocimiento y experiencia para cuidar la integridad del ser humano, bajo la responsabilidad de una institución de atención a la salud que actúe bajo la supervisión de las autoridades sanitarias competentes y que cuente con los recursos humanos y materiales necesarios que garanticen el bienestar del sujeto de investigación.
7. Contará con el dictamen favorable de las comisiones de investigación, ética y de bioseguridad en su caso.
8. Se llevará a cabo cuando se tenga la autorización del titular de la institución de atención a la salud y en su caso, de la secretaría.

Artículo 17: Se considera como riesgo de la investigación a la probabilidad de que el sujeto de investigación sufra algún daño como consecuencia inmediata o tardía del estudio.

I.- Investigación sin riesgo: Son estudios que emplean técnicas y métodos de investigación documental retrospectivos y aquéllos en los que no se realizó ninguna intervención o modificación intencionada en las variables fisiológicas, psicológicas y sociales de los individuos que participan en el estudio, entre los que se consideran: cuestionarios, entrevistas, revisión de expedientes clínicos y otros, en los que no se le identifique ni se traten aspectos sensitivos de su conducta;

De acuerdo con la clasificación de riesgo que menciona el artículo 17, la presente investigación se considera sin riesgo.

Declaración de Helsinki (46)

Es la misión del médico velar por la Salud de las personas. Los propósitos de la investigación biomédica que involucra a seres humanos deben ser mejorar los procedimientos diagnósticos, terapéuticos y profilácticos, y entender la etiología y patogénesis de la enfermedad. El avance de la ciencia médica se fundamenta en la investigación que en última instancia debe descansar, en parte, en la experimentación con seres humanos.

En el campo de la Investigación biomédica debe reconocerse una diferencia fundamental entre la investigación médica en que la meta principal es el diagnóstico o la terapéutica, y aquella en el que el objetivo esencial es puramente científico. La

Asociación Médica Mundial recomienda como guía para Investigación biomédica que involucre a seres humanos.

- Debe sujetarse a principios científicos aceptados y deberá estar basada en experimentaciones adecuadas, así como en el conocimiento de la literatura científica.
- El diseño y ejecución de cada procedimiento experimental deberá estar claramente formulado en un protocolo, el cual será enviado a un comité independiente para su consideración y guía.
- Debe ser conducida solo por personas científicamente calificadas y bajo la supervisión de un médico clínico competente.
- No debe ser llevada a cabo a menos que la importancia del objetivo este en proporción de los riesgos inherentes.
- Debe respetar el derecho de cada sujeto a salvaguardar su integridad.
- En la publicación de los resultados el médico está obligado a preservar la veracidad de estos.
- Cada sujeto potencial de ser informado de los objetivos, métodos, beneficios anticipados peligros potenciales y molestias que el estudio pueda provocar. El medio obtendrá el consentimiento informado por escrito.

RESULTADOS

Para este estudio se contaban con imágenes correspondientes a 31 pacientes con ERC en terapia de HD, de los cuales 2 cumplieron con criterios de exclusión por presencia de artefactos, por lo que la muestra final se conformó de 29 expedientes.

Las características basales de población estudiada se muestran en la **Tabla 1**, con una edad promedio de 42 ± 14 años, de los cuales 19 pacientes (66%) fueron hombres. El tiempo medio de evolución de la ERC fue de 50.4 ± 48.0 meses y el tiempo promedio en tratamiento con HD fue de 30.6 ± 27.5 meses.

En cuanto a las comorbilidades, la más frecuente fue la hipertensión arterial en 18 pacientes (62.1%), la diabetes mellitus tipo 2 en 9 pacientes (31%) y tabaquismo positivo en 6 pacientes (20.7%).

La etiología de la enfermedad con mayor número de pacientes fue la de origen indeterminado en 19 pacientes (65%), seguida de nefropatía diabética en 6 pacientes (21%).

El Índice de Masa Corporal promedio fue de 21.9 ± 4.6 kg/m².

Tabla 1. Variables clínicas de la población estudiada.

Variable	
Edad (años)	42.1 ± 14
Sexo (masculino) n (%)	19 (66)
Talla (cm)	164.4 ± 10.2
Peso (kg)	63.2 ± 16.5
IMC (kg/m ²)	21.9 ± 4.6
Diabetes Mellitus n (%)	9 (31)
Hipertensión arterial n (%)	18 (62.1)
Dislipidemia n (%)	6 (20.7)
Tabaquismo n (%)	6 (20.7)
Etiología de la ERC n (%)	
No determinada	19 (65)
Nefropatía diabética	6 (21)
Otras causas	4 (14)
Tiempo de diagnóstico de ERC	50.4 ± 48.0
Tiempo en hemodiálisis	30.6 ± 27.5
Los datos se expresaron como media, desviación estándar, frecuencia absoluta y relativa.	

Los parámetros bioquímicos y hemodinámicos obtenidos antes y después de la sesión de HD se presentan en la **Tabla 2**.

Posterior a la HD se observó una disminución significativa del peso corporal (63.2 ± 16.5 vs 60.6 ± 16.3 kg; $p < 0.001$), así como de la presión arterial sistólica (152 ± 26 vs 143 ± 30 mmHg; $p=0.020$) y diastólica (87 ± 15 vs 85 ± 20 mmHg; $p=0.301$).

De igual manera, disminuyeron significativamente los niveles de creatinina sérica (9.0 ± 3.0 vs 4.8 ± 3.0 mg/ dL; $p < 0.001$), BUN (71 ± 24 vs 32 ± 19 mg/ dL; $p < 0.001$),

potasio sérico (4.9 ± 0.9 vs 3.7 ± 0.6 mmol/ L; $p < 0.001$) y fósforo sérico (5.8 ± 1.8 vs 3.4 ± 1.3 mg/ dL; $p < 0.001$).

Los niveles de pro-BNP también mostraron una reducción tras la HD con una mediana de 23038 [179662-35135] vs 16603 [12245-32000] pg/ml, $p < 0.001$.

No se mostraron cambios significativos en los niveles de presión arterial diastólica, frecuencia cardíaca, troponina ni CK-MB.

Tabla 2. Variables clínicas y bioquímicas Pre y Post HD de la población estudiada

Variable	Pre Hemodiálisis	Post Hemodiálisis	p
Peso (Kg)	63.2 ± 16.5	60.6 ± 16.3	< 0.001
Presión arterial sistólica (mmHg)	152 ± 26	143 ± 30	0.02
Presión arterial diastólica (mmHg)	87 ± 15	85 ± 20	0.301
Frecuencia cardíaca (Lpm)	77 ± 13	81 ± 16	0.05
Creatinina (mg/ dL)	9.0 ± 3.0	4.8 ± 3.0	< 0.001
BUN (mg/ dL)	71 ± 24	32 ± 19	< 0.001
Potasio (mmol/ L)	4.9 ± 0.9	3.7 ± 0.6	< 0.001
Fosforo (mg/ dL)	5.8 ± 1.8	3.4 ± 1.3	< 0.001
Pro-BNP (pg/ ml)	23038 [179662-35135]	16603 [12245-32000]	< 0.001
Troponina (ng/ L)	0.02 ± 0.01	0.02 ± 0.01	0.06
CK-MB (ng/ ml)	1.8 ± 1.4	1.9 ± 1.4	0.610
Los datos se expresaron como media, desviación estándar en variables con distribución normal, mediana y rango intercuartílico en variables con distribución no paramétrica.			

Por otra parte, los parámetros funcionales evaluados mediante RMC Pre y Post HD se resumen en la **Tabla 3**. Se identificó una disminución significativa en el volumen telesistólico indexado del ventrículo izquierdo con una mediana de 63.8 [38.3-90.2] vs 46.7 [28.7-80.7] mL/ m², respectivamente; $p = 0.006$. De manera concordante, la FEVI mostró un incremento de $44.4 \pm 11.9\%$ a $48.0 \pm 13.7\%$, $p = 0.002$, al igual que el volumen telediastólico indexado del ventrículo izquierdo de 68.9 [52.8-109] mL/ m² a 73.9 [34.5-100.88] mL/m², $p = 0.0072$.

Del mismo modo, los volúmenes telesistólico y telediastólico indexados del ventrículo derecho presentaron una disminución posterior a la HD, de 29.6 [25.9-46.5] a 29.7 [16.3-43.2] mL/ m², $p = 0.031$ y de 65.7 [47.4-76.1] a 53.7 [40.9-64.5] mL/m², $p < 0.001$, respectivamente, sin cambios significativos en la fracción de eyección del ventrículo derecho. Finalmente, el volumen AI indexado mostró una reducción de 43.6 [31.8-59.5] a 34.8 [27.5-52.7] mL/m², $p = 0.002$ tras la sesión de HD, mientras que no obtuvieron diferencias significativas en la masa indexada de ambos ventrículos.

Tabla 3. Parámetros de RMC Pre y Post HD

Variable	Pre hemodiálisis	Post hemodiálisis	p
VS (ml)	69.8 ± 29.7	63.7 ± 31.4	0.08
GC (L/ min)	4.9 [3.9-6.8]	4.4 [3.55-5.68]	0.04
VTS VI (ml)	63.8 [38.3-90.2]	46.7 [28.70- 80.7]	0.006
VTS VI Index (ml/ m ²)	40.9 [23.6- 63.50]	34.7 [16.40- 57.48]	0.0056
VTD VI (ml)	123.4 ± 55.3	108.6 ± 62.6	0.003
VTD VI Index (ml/ m ²)	68.9 [52.8-109]	73.9 [34.5- 100.9]	0.007
FEVI (%)	43.4 ± 11.9	48.0 ± 13.7	0.002
MVI Index (g/m ²)	89.5 ± 28.2	82.8 ± 38.2	0.097
VTS VD (ml)	64.9 ± 47.5	56.7 ± 41.5	0.105
VTS VD Index (ml/ m ²)	29.6 [25.9-46.5]	29.7 [16.3-43.2]	0.031
VTD VD (ml)	112.9 ± 63.9	98.3 ± 54.1	<0.001
VTD VD Index (ml/ m ²)	65.7 [47.4-76.1]	53.7 [40.9-64.5]	<0.001
FEVD (%)	43.6 ± 13.4	46.4 ± 15.3	0.217
MVD Index (g/ m ²)	32.5 ± 17.6	29.1 ± 12.8	0.175
AIVol (ml)	82.9 ± 33.5	67.7 ± 35.0	<0.001
AIVol Index (ml/m ²)	43.6 [31.8-59.5]	34.8 [27.5-52.7]	0.002
Abreviaturas: VS: Volumen Sistólico, GC: Gasto Cardíaco, VTS VI: Volumen Tele sistólico Ventrículo Izquierdo, VTS VI Index: Volumen Tele sistólico Ventrículo Izquierdo Indexado, VTD VI: Volumen Tele Diastólico Ventrículo Izquierdo, VTD VI Index: Volumen Tele Diastólico Ventrículo Izquierdo Indexado, FEVI: Fracción de Eyección del Ventrículo Izquierdo, MVI Index: Masa Ventrículo Izquierdo Indexado, MVD Index: Masa Ventrículo Derecho Indexado, VTS VD : Volumen Tele sistólico Ventrículo Derecho, VTS VD Index: Volumen Tele sistólico Ventrículo Derecho Indexado, VTD VD : Volumen Tele Diastólico Ventrículo Derecho, VTD VD Indexado: Volumen Tele Diastólico Ventrículo Derecho Indexado, FEVD: Fracción de Eyección del Ventrículo Derecho, AIV: Volumen de Aurícula Izquierda, AIV Index: Volumen Indexado Aurícula Izquierda.			
Los datos se expresaron como media, desviación estándar en variables con distribución normal, mediana y rango intercuartílico en variables con distribución no paramétrica y una p estadísticamente significativa <0.05.			

Los parámetros utilizados para evaluar la función AI y la función diastólica mediante RMC se presentan en la **Tabla 4**. El volumen máximo de la aurícula izquierda disminuyó significativamente de 82.9 ± 33.5 a 67.7 ± 35.0 mL, p=< 0.001, al igual que el volumen mínimo AI, que se redujo de 49.6 ± 24.6 a 39.6 ± 25.1 mL, p=< 0.001.

Respecto a los parámetros del flujo mitral, se evidenció una disminución de la velocidad de la onda E, de 0.9 ± 0.3 a 0.8 ± 0.3 cm/s, $p=0.019$, así mismo la relación E/A pasando de 1.4 [0.6-1.9] a 1.3 [0.4-1.9], $p=0.037$ y el TD de 194.8 ± 43.4 a 209.9 ± 47.4 , $p=0.011$, mientras que la onda A no presentó cambios estadísticamente significativos.

La relación E/e' mostró una diferencia entre los grupos con un valor de 11.7 ± 5.5 a 10.1 ± 4.8 , $p=0.012$, por el contrario de los parámetros del flujo venoso pulmonar la relación Sp, Sp/Dp, así como las velocidades Dp y Ap, las cuales no alcanzaron significancia estadística tras la HD.

Tabla 4. Parámetros de la función AI y la función diastólica

Variable	Pre (Media $\pm$ DE)	Post (Media $\pm$ DE)	p
AIVol Max (mL)	82.9 ± 33.5	67.7 ± 35.0	< 0.001
AIVol Min (mL)	49.6 ± 24.6	39.6 ± 25.1	< 0.001
FEAI (%)	40.3 ± 11.7	42.6 ± 14.1	0.188
E (cm/s)	0.9 ± 0.3	0.8 ± 0.3	0.019
A (cm/s)	22.3 16.5-37.1	21.3 [12.8-35.1]	0.062
E/A	1.4 [0.6-1.9]	1.3 [0.4-1.9]	0.037
TD (ms)	194.8 ± 43.4	209.9 ± 47.4	0.011
e' (cm/s)	0.09 ± 0.03	0.09 ± 0.03	0.463
E/e'	11.7 ± 5.5	10.1 ± 4.8	0.012
Sp	14.4 [4.9-29.8]	15.9 [6.7-26.6]	0.284
DP (cm/s)	0.4 [0.3-0.54]	0.4 [0.3-0.5]	0.071
Sp/Dp	0.9 [0.4-1.9]	1.0 [0.4-1.7]	0.524
Ap (cm/s)	11.2 [5.6-16.3]	8.9 [6.3-12.6]	0.051
Abreviaturas: AIVol Max: Volumen Aurícula Izquierda, AIVol Min: Volumen mínimo de la Aurícula Izquierda, FEAI: Fracción de Eyección Aurícula Izquierda, E: Onda E, A: Onda A, E/A: Relación E/A, TD: Tiempo de Desaceleración de onda E, e': Onda e', E/e': Relación E/e', S/Dp: Relación S/D pulmonar, Dp: Onda D pulmonar, S/D: Relación S/D, Ap: Onda A pulmonar.			
Los datos se expresaron como media, desviación estándar y mediana y rango intercuartílico.			

Por otra parte, la DD estuvo presente en 28 pacientes o el 96.6% de la muestra. Además, la clasificación de la función diastólica mostró un patrón de cambio notable tras la sesión de HD, como se muestra en la **Tabla 5**.

Previo al tratamiento, los pacientes se distribuían principalmente en los grados de disfunción diastólica moderada a severa (grado 2-3). Posterior a la HD, hubo un predominio de disfunción diastólica leve (de 34.5% a 55.2%), con un solo caso clasificado en disfunción diastólica severa.

Tabla 5. Grados de disfunción diastólica Pre y Post HD

Disfunción diastólica	Pre Hemodiálisis n (%)	Post Hemodiálisis n (%)	Valor p
Grado 0	1 (3)	1 (3.4)	0.001
Grado 1	10 (35)	16 (55)	
Grado 2	12 (41)	11 (38)	
Grado 3	6 (21)	1 (3)	
Los datos se expresaron con prueba de Wilcoxon; w=55; p=0.001			

Estos cambios se visualizan claramente en la **Figuras 2 y 3** donde se aprecia un desplazamiento general hacia grados de menor severidad de disfunción diastólica, principalmente por la ausencia de disfunción diastólica severa. Se aplicó el test de wilcoxon (w=55; p=0.001*) para comparar la función diastólica pre y post HD, en donde se evidenció diferencia significativa, esto nos habla de una reducción del grado de disfunción.

Figura 2. Grados de Función Diastólica, gráfica de pastel

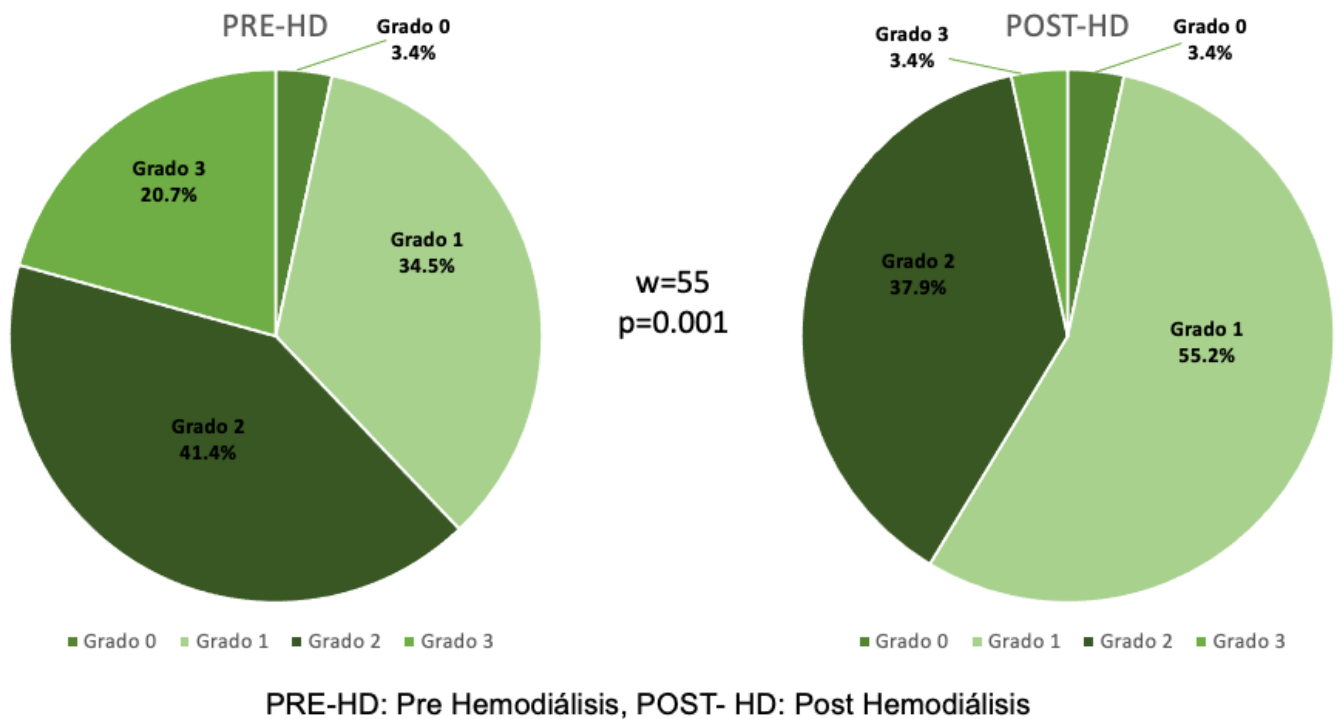
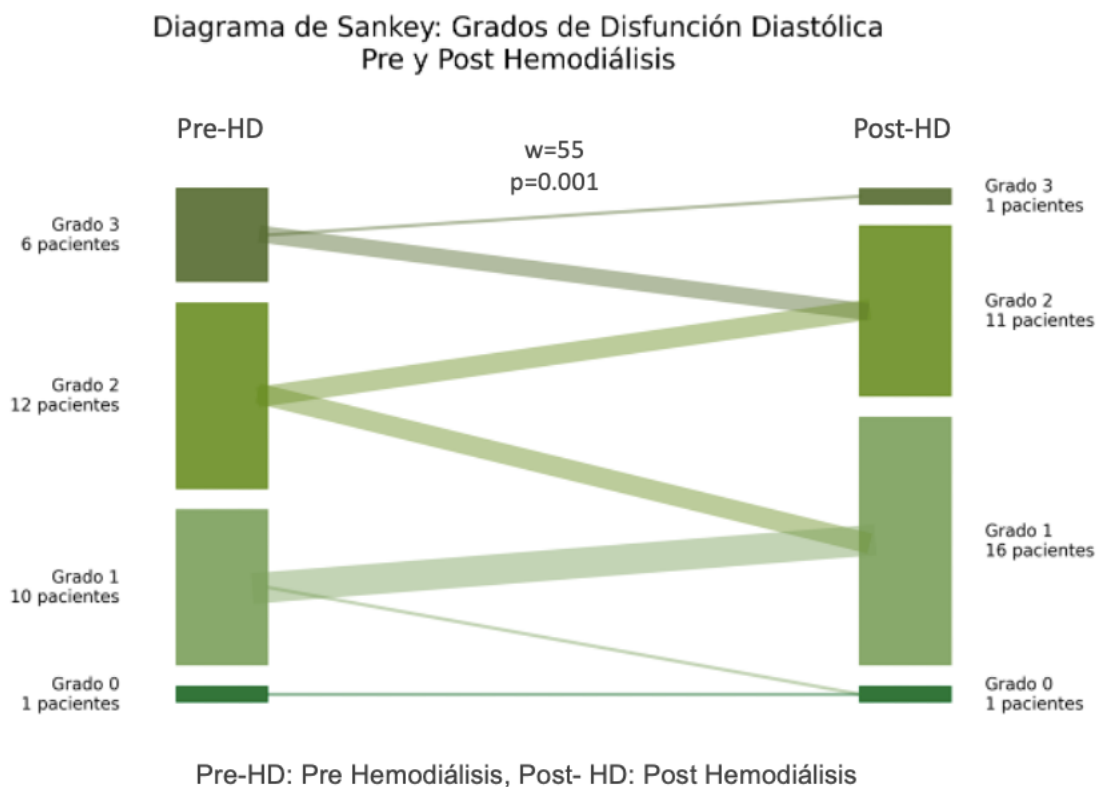


Figura 3. Grado de función diastólica, gráfica Sankey



Por otra parte, los coeficientes de correlación entre los niveles de pro-BNP pre HD, los parámetros de la función AI y de la función diastólica pre HD fueron determinados mediante el test de Spearman, como se muestran en la **Tabla 6** y **Figura 4**.

Primero con los niveles de pro-BNP pre HD que presentaron una correlación positiva con el volumen máximo de la AI ($\rho = 0.386$, $p = 0.039^*$), con el volumen indexado de la aurícula izquierda ($\rho = 0.479$, $p = 0.009^*$), así como con el volumen telediastólico del ventrículo izquierdo ($\rho = 0.401$, $p = 0.031^*$).

Tabla 6. Correlaciones entre pro-BNP pre HD, parámetros de la función de la AI y la función diastólica pre HD

Variables	rho	p
AIVol MAX	0.386	0.039*
AIVol Index	0.479	0.009*
AIVol MIN	0.244	0.202
FEAI	0.055	0.778
E	-0.116	0.549
E/e'	-0.304	0.109
FEVI	-0.080	0.680
VTD VI	0.401	0.031*
Abreviaturas: AIVol MAX: Volumen de la Aurícula Izquierda Máximo, AIVol Index: Volumen de la Aurícula Izquierda Indexado, AIVol MIN: Volumen de la Aurícula Izquierda Mínimo, FEAI: Fracción de Eyección de la Aurícula Izquierda, E: Onda E, E/e': Relación E/e', FEVI: Fracción de Eyección del Ventrículo Izquierdo, VTD VI: Volumen Tele diastólico del Ventrículo Izquierdo		
Los datos se expresaron como coeficiente de correlación con Spearman		

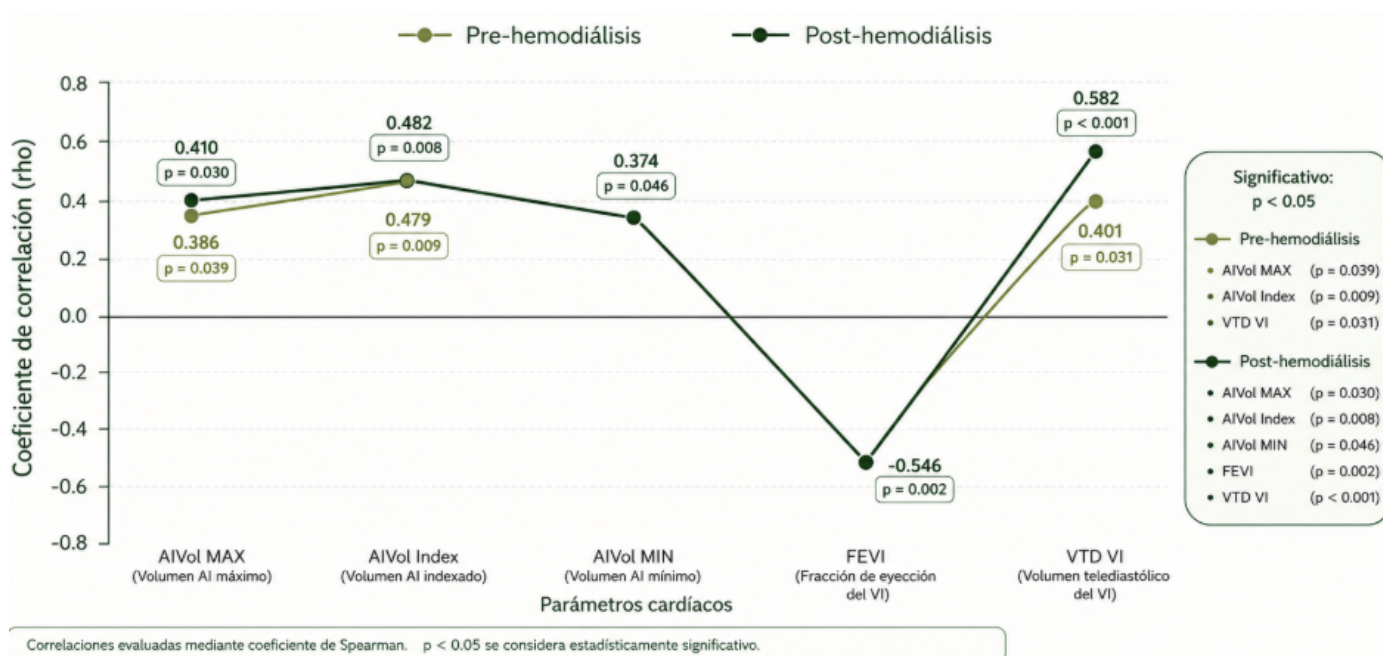
Igualmente se obtuvieron coeficientes de correlación entre los niveles de pro-BNP post HD, los parámetros de la función AI y de la función diastólica post HD fueron determinados mediante el test de Spearman, como se muestran en la **Tabla 7** y **Figura 4**, donde se encontraron cambios significativos en los volúmenes máximo y mínimo de la aurícula izquierda ($\rho = 0.410$, $p = 0.030^*$) y ($\rho = 0.374$, $p = 0.046^*$), además de volumen indexado de la aurícula izquierda ($\rho = 0.482$, $p = 0.008^*$).

Sumado a ello se obtuvieron cambios en la FEVI ($\rho = -0.546$, $p = 0.002^*$) y volumen telediastólico del ventrículo izquierdo ($\rho = 0.582$, $p = <0.001^*$).

Tabla 7. Correlaciones entre pro-BNP post HD, parámetros de la función de la AI y la función diastólica post HD

Variables	rho	p
AIVol MAX	0.410	0.030*
AIVol Index	0.482	0.008*
AIVol MIN	0.374	0.046*
FEAI	-0.005	0.978
E	0.057	0.768
E/e'	-0.170	0.379
FEVI	-0.546	0.002*
VTD VI	0.582	< 0.001*
Abreviaturas: AIVol MAX: Volumen de la Aurícula Izquierda Máximo, AIVol Index: Volumen de la Aurícula Izquierda Indexado, AIVol MIN: Volumen de la Aurícula Izquierda Mínimo, FEAI: Fracción de Eyección de la Aurícula Izquierda, E: Onda E, E/e': Relación E/e', FEVI: Fracción de Eyección del Ventrículo Izquierdo, VTD VI: Volumen Tele diastólico del Ventrículo Izquierdo		
Los datos se expresaron como coeficiente de correlación con Spearman		

Figura 4. Correlaciones de pro-BNP con parámetros cardíacos significativos Pre y Post HD



DISCUSIÓN

En el presente estudio se evaluaron los efectos de una sola sesión de HD sobre la función diastólica del VI mediante RMC en pacientes con ERC en terapia de HD. Se observó que la HD produjo cambios en los parámetros funcionales cardíacos, principalmente en los volúmenes ventriculares y auriculares, así como en la clasificación de la DD, lo que sugiere una mejoría aguda de la función diastólica evaluada por RMC.

En cuanto a los biomarcadores séricos cardíacos, la disminución del pro-BNP posterior a la HD refleja una reducción de la sobrecarga de volumen y del estrés de la pared miocárdica. Esto coincide con Wang et al. (47), quienes concluyeron que el pro-BNP es un predictor útil para detectar sobrecarga de volumen en pacientes en HD, independientemente de la FEVI. Esta similitud puede explicarse porque el pro-BNP, además de estar influido por la función renal, también responde al estado de volumen y a las presiones de llenado cardíaco; por ello, su reducción posterior a la HD probablemente refleja el efecto de la ultrafiltración. En contraste, la ausencia de cambios significativos en troponina y CK-MB sugiere que una sola sesión de HD no se asoció con lesión miocárdica aguda detectable.

La reducción del peso corporal y de los volúmenes ventriculares y auriculares izquierdos posterior a la HD refleja el efecto directo de la ultrafiltración y la disminución del volumen intravascular. Esto condiciona una reducción de la precarga, lo que explica la disminución de los volúmenes telediastólicos del VI y del VD observada en este estudio. Hallazgos similares fueron reportados por Kotecha T et al. (27) y McGuire S et al. (28), quienes

sugieren que la acumulación de líquido entre sesiones de HD puede producir edema miocárdico, y que su eliminación durante la HD favorece una redistribución hacia el compartimento intravascular. A diferencia del resto de los volúmenes, el volumen telediastólico indexado del VI presentó un incremento, hallazgo que podría estar influido por la corrección de la sobrecarga de volumen y los cambios en la función ventricular. La similitud con estos estudios puede deberse a que todos evaluaron cambios inmediatos antes y después de la HD, por lo que los resultados reflejan principalmente el efecto agudo de la ultrafiltración. Sin embargo, las diferencias en algunos parámetros indexados podrían relacionarse con el tamaño de muestra, el momento de la medición posterior a la HD y la variación del peso corporal después de la sesión.

A pesar de la reducción de los volúmenes ventriculares, se observó un incremento en la FEVI posterior a la HD. Este hallazgo puede interpretarse como un efecto hemodinámico agudo relacionado con la disminución de la pre y poscarga, más que como una mejoría intrínseca de la contractilidad miocárdica. Chirakarnjanakorn S et al. (26) y Kotecha T et al. (27) han descrito este fenómeno como una respuesta compensatoria aguda tras la ultrafiltración, sin que implique necesariamente una mejoría sostenida de la función sistólica.

En relación con la función de la AI, se observó una reducción de los volúmenes máximo, mínimo e indexado de la aurícula izquierda, así como un incremento en la fracción de eyección de la AI posterior a la HD. Debido a que el volumen auricular izquierdo se relaciona con las presiones de llenado del VI y con la carga crónica de volumen, estos hallazgos sugieren una disminución aguda de dichas presiones tras la HD, atribuible a la reducción del volumen intravascular. Resultados similares fueron publicados por Sarafidis et al (25), quienes demostraron alteraciones de la función diastólica y del desempeño auricular asociadas al volumen de ultrafiltración durante la HD. Esto puede explicarse porque la aurícula izquierda funciona como un marcador indirecto de las presiones de llenado del VI y de la exposición crónica a sobrecarga de volumen.

Los parámetros de flujo transmitral evaluados mediante RMC mostraron disminución de la onda E ($p = 0.019^*$), de la relación E/e' ($p = 0.012^*$), de la relación E/A ($p = 0.037^*$) y del TD (0.011^*) posterior a la HD; no se evidenciaron cambios en la onda A ni en la velocidad e'. Este patrón sugiere una reducción de la presión auriculoventricular y del llenado ventricular izquierdo, principalmente relacionada con la disminución de la precarga secundaria a la ultrafiltración, más que con cambios estructurales en la relajación miocárdica. Salgueira M et al. (30), en un estudio basado en ecocardiografía, describieron la alta dependencia de estos parámetros respecto al estado de volumen en pacientes sometidos a HD, hallazgos similares a los de nuestro estudio. Además, la disminución de los volúmenes máximo y mínimo de la AI respalda que la carga de volumen tiene un efecto inmediato sobre la remodelación y función auricular.

Se observó una alta frecuencia de DD, ya que el 96.6% de la muestra presentó algún grado de alteración. Este hallazgo coincide con Farshid et al. (50), quienes identificaron DD en el 85% de sus pacientes. La similitud entre ambos resultados refuerza que la DD es frecuente en esta población, incluso sin manifestaciones clínicas evidentes, y probablemente refleja el impacto cardiovascular crónico de la ERC. El mayor porcentaje observado en nuestro

estudio podría explicarse por la inclusión de pacientes con ERC avanzada en HD, con mayor exposición a sobrecarga de volumen y cambios hemodinámicos repetidos; además, el tamaño reducido de la muestra pudo influir en la magnitud del porcentaje.

La mejoría de la función diastólica se reflejó en la disminución de los grados de DD: 5 pacientes pasaron de disfunción diastólica severa a moderada, 6 de moderada a ligera y los pacientes con disfunción ligera se mantuvieron en el mismo grado. Esto sugiere un efecto benéfico agudo de la ultrafiltración sobre la función diastólica. Estos hallazgos son similares a los descritos por Sanjay G. et al, quienes observaron mejoría de la función diastólica tras una sesión de HD (48). Este resultado puede explicarse por la reducción de la sobrecarga de volumen y de las presiones de llenado ventricular, lo que mejora la dinámica de llenado del VI en pacientes con ERC avanzada. La disminución de la precarga tras la HD favorece grados menos severos de DD aun en presencia de rigidez miocárdica, lo que indica una importante dependencia del estado de volumen en esta población. Estos hallazgos respaldan la hipótesis de investigación al mostrar que una sesión de HD produce una mejoría de la función diastólica evaluada mediante RMC en pacientes con ERC.

Por otra parte, la utilidad de la RMC radica en que permite una cuantificación precisa y reproducible de los parámetros de función diastólica, superando algunas limitaciones de la ecocardiografía, como la dependencia del operador y las variaciones en las ventanas acústicas. Esto es especialmente importante en pacientes con ERC, en quienes los cambios agudos de volumen pueden modificar de forma importante los parámetros diastólicos. Sin embargo, Méndez-Durán et al. (48) menciona que el efecto a largo plazo de la HD sobre la función diastólica del VI no está claro, ya que en su estudio no se modificó la función diastólica biventricular en un periodo relativamente largo. Esta diferencia puede entenderse por el tiempo de evaluación, ya que nuestro estudio analiza el efecto inmediato de una sesión de HD, mientras que Méndez-Durán et al. (49) evaluaron cambios en un periodo más prolongado.

Finalmente, entre las limitaciones del estudio se encuentran el tamaño muestral reducido, el diseño unicéntrico y la evaluación restringida a los efectos agudos de una única sesión de HD, lo que limita la extrapolación de los resultados a largo plazo. No obstante, el carácter prospectivo del estudio y la evaluación pre y post HD en un mismo sujeto constituyen fortalezas relevantes, ya que permiten analizar cambios intrapersonales y disminuir la influencia de factores de confusión.

CONCLUSIONES

La HD produjo cambios clínicos, bioquímicos y cardiovasculares significativos. Se observó disminución del peso corporal, presión arterial sistólica, creatinina, BUN, potasio, fósforo y pro-BNP, sugiriendo adecuada eliminación de volumen y mejoría metabólica.

En la evaluación cardíaca se obtuvo reducción de los volúmenes ventriculares y auriculares, así como mejoría de la FEVI, indicando menor sobrecarga de volumen y mejor adaptación hemodinámica.

En la función diastólica, mejoraron la onda E, la relación E/e' y el tiempo de desaceleración, lo que sugiere disminución de las presiones de llenado y mejor relajación ventricular. Inicialmente predominaban los grados moderado-severo de disfunción diastólica (2–3); posterior a la HD predominó la disfunción leve (34.5% vs 55.2%), con un solo caso de disfunción severa.

Por tanto, en pacientes con ERC, una única sesión de HD se asocia con una mejoría de la función diastólica evaluada mediante RMC, caracterizada por la reducción de los volúmenes ventriculares y auriculares y la reclasificación de la disfunción diastólica hacia grados de menor severidad. La RMC permitió detectar cambios funcionales que podrían pasar por desapercibidos por otras técnicas en este contexto, y los resultados subrayan la importancia del manejo adecuado del volumen en la preservación de la función cardíaca diastólica en esta población.

BIBLIOGRAFÍA

1. Obrador GT, Álvarez-Estévez G, Bellorín E, Bonanno-Hidalgo C, Clavero R, Correa-Rotter R, et al. Documento de consenso sobre nuevas terapias para retrasar la progresión de la enfermedad renal crónica con énfasis en los iSGLT-2: implicaciones para Latinoamérica. *Nefro Latinoam.* 2024;21(Supl. 2):1-18. doi:10.24875/NEFRO.M24000037
2. Schuett K, Marx N, Lehrke M. The cardio-kidney patient: epidemiology, clinical characteristics and therapy. *Circ Res.* 2023;132(10):1453-1467. doi:10.1161/CIRCRESAHA.122.321748.
3. Marx-Schütt K, Cherney DZI, Jankowski J, Matsushita K, Nardone M, Marx N. Cardiovascular disease in chronic kidney disease. *Eur Heart J.* 2025;46(23):2148-2160. doi:10.1093/eurheartj/ehaf167.
4. Bardají A, Martínez-Vea A. Enfermedad renal crónica y corazón. Un continuo evolutivo. *Rev Esp Cardiol.* 2008;61(Supl 2):41-51.
5. Flythe JE, Kimmel SE, Brunelli SM. Rapid fluid removal during dialysis is associated with cardiovascular morbidity and mortality. *Kidney Int.* 2011;79(2):250-257. doi:10.1038/ki.2010.383.
6. Mathew RC, Bourque JM, Salerno M, Kramer CM. Cardiovascular imaging techniques to assess microvascular dysfunction. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2020;13(7):1577-1590. doi:10.1016/j.jcmg.2019.09.006.
7. Rangaswami J, Bhalla V, Blair JEA, Chang TI, Costa S, Lentine KL, et al. Cardiorenal syndrome: classification, pathophysiology, diagnosis, and treatment strategies: a scientific statement from the American Heart Association. *Kidney Int Suppl.* 2022;12(1):1-43. doi:10.1016/j.kisu.2021.11.003.
8. Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) CKD Work Group. KDIGO 2024 clinical practice guideline for the evaluation and management of chronic kidney disease. *Kidney Int.* 2024;105(4 Suppl):S117-S314. doi:10.1016/j.kint.2023.10.018.
9. Kaufman DP, Basit H, Knoch SJ. Physiology, Glomerular Filtration Rate [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 [cited 2026 May 13]. Available from: NCBI Bookshelf. PMID: 29763208.
10. Beernink JM, van Mil D, Laverman GD, Heerspink HJL, Gansevoort RT. Developments in albuminuria testing: A key biomarker for detection, prognosis and surveillance of

- kidney and cardiovascular disease—A practical update for clinicians. *Diabetes Obes Metab.* 2025;27:15. doi:10.1111/dom.16359.
11. Lameire N, Van Biesen W, Vanholder R. Acute kidney injury. *J Thorac Dis.* 2016;8(4):E328-E336. doi:10.21037/jtd.2016.03.62.
 12. Esparza-Aguilar M, Ochoa-Esquivel RC, Barajas-González A, Ávila-Rosas H. Mortalidad en México por enfermedad renal crónica en menores de 20 años de edad, 2000-2014. *Rev Mex Pediatr.* 2019;86(2):58-64.
 13. Argáiz ER, Morales-Juárez L, Razo C, Ong L, Rafferty Q, Rincón-Pedrero R, et al. La carga de enfermedad renal crónica en México. Análisis de datos basado en el estudio Global Burden of Disease 2021. *Gac Med Mex.* 2023;159(6):501-508. doi:10.24875/GMM.23000393.
 14. Romero Mireles LL. Casi 12 % de la población sufre enfermedad renal crónica en México [Internet]. *Gaceta UNAM.* 2025 Mar 13 [citado 2026 May 11]. Disponible en: <https://www.gaceta.unam.mx/casi-12-de-la-poblacion-sufre-enfermedad-renal-cronica-en-mexico/>
 15. González Martínez DA. Relación entre enfermedad renal crónica y alteraciones cardiovasculares en pacientes en hemodiálisis [tesis de especialidad en Internet]. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México; 2023 [citado 2026 May 11]. Disponible en: <https://tesiunamdocumentos.dgb.unam.mx/ptd2023/septiembre/0847717/Index.html>
 16. De Francisco ALM, Piñera C. Challenges and future of renal replacement therapy. *Nefrología.* 2010;30 Suppl 1:3-10. doi:10.1016/S1886-2845(10)70004-7
 17. Otero González A. Historia de la enfermedad renal crónica [Internet]. En: Lorenzo V, López Gómez JM, editores. *Nefrología al día.* Madrid: Sociedad Española de Nefrología; 2025 [citado 2026 May 11]. Disponible en: <https://www.nefrologiaaldia.org/es-articulo-historia-de-la-enfermedad-renal-cronica-670>
 18. Tuot DS, Zhu Y, Velasquez A, Espinoza J, Mendez CD, Banerjee T, et al. Variation in patients' awareness of CKD according to how they are asked. *Clin J Am Soc Nephrol.* 2016;11(9):1566-1573. doi:10.2215/CJN.00490116.
 19. Fuentes-González N, Díaz-Fernández JK. Significado de la hemodiálisis para la persona con enfermedad renal crónica. *Enferm Nefrol.* 2023;26(1):41-47. doi:10.37551/S2254-28842023005.
 20. Macía M. Insuficiencia renal crónica terminal: una expresión poco “adecuada”. *Nefrología.* 2002;22(3):296-297.

21. Fernández-Lucas M, Teruel-Briones JL, Gomis A, Fernández-Rodríguez J, Ruiz-Roso G, Fernández-Rodríguez F, et al. Recuperación de la función renal en enfermos tratados con hemodiálisis. *Nefrología*. 2012;32(2):166-171. doi:10.3265/Nefrologia.pre2011.Dec.11194.
22. Alprecht-Quiroz P, Zúñiga-Pineda B, Lara-Terán JJ, Cáceres-Vinueza SV, Duarte-Vera YC. Síndrome cardiorrenal: aspectos clínicos y ecocardiográficos. *Arch Cardiol Mex*. 2020;90(4):503-510. doi:10.24875/ACM.20000087.
23. Ahmadmehrabi S, Tang WHW. Hemodialysis-induced cardiovascular disease. *Semin Dial*. 2018;31(3):258-267. doi:10.1111/sdi.12694.
24. Kim BJ, Bae SH, Kim SJ, Im SI, Kim H, Heo JH, et al. Pre- and post-hemodialysis differences in heart failure diagnosis by current heart failure guidelines in patients with end-stage renal disease. *J Cardiovasc Imaging*. 2024;32(1):6. doi:10.1186/s44348-024-00003-8.
25. Sarafidis PA, Kamperidis V, Loutradis C, Tsilonis K, Mpoutsiouki F, Saratzis A, et al. Haemodialysis acutely deteriorates left and right diastolic function and myocardial performance: an effect related to high ultrafiltration volumes? *Nephrol Dial Transplant*. 2017;32(8):1402-1409. doi:10.1093/ndt/gfw345.
26. Chirakarnjanakorn S, Navaneethan SD, Francis GS, Tang WHW. Cardiovascular impact in patients undergoing maintenance hemodialysis: clinical management considerations. *Int J Cardiol*. 2017;232:12-23. doi:10.1016/j.ijcard.2017.01.015.
27. Kotecha T, Martinez-Naharro A, Yoowannakul S, Lambe T, Rezk T, Knight DS, et al. Acute changes in cardiac structural and tissue characterisation parameters following haemodialysis measured using cardiovascular magnetic resonance. *Sci Rep*. 2019;9(1):1388. doi:10.1038/s41598-018-37845-4.
28. McGuire S, Horton EJ, Renshaw D, Chan K, Jimenez A, Maddock H, et al. Cardiac stunning during haemodialysis: the therapeutic effect of intra-dialytic exercise. *Clin Kidney J*. 2021;14(5):1335-1344. doi:10.1093/ckj/sfz159.
29. Filler G, Huang SHS, Yasin A. The usefulness of cystatin C and related formulas in pediatrics. *Sci Rep*. 2019;9(1):19. doi:10.1038/s41598-018-37845-4.
30. Salgueira M, Milán JA, Moreno Alba R, Amor J, Aresté N, Jiménez E, et al. Insuficiencia cardíaca y disfunción diastólica en pacientes en hemodiálisis: factores asociados. *Nefrología*. 2005;25(6):668-677.

31. Donato M, Gelpi RJ. Nuevos conceptos (y otros antiguos reconsiderados) en la fisiopatología de la diástole. *Rev Argent Cardiol.* 2000;68(1). doi:10.7775/rac.v68i1.3010.
32. García MJ. Diagnóstico y guía terapéutica de la insuficiencia cardíaca diastólica. *Rev Esp Cardiol.* 2003;56(4):396-406. doi:10.1157/13045656.
33. De Simone G, Mancusi C. Diastolic function in chronic kidney disease. *Clin Kidney J.* 2023;16(11):1925-1935. doi: 10.1093/ckj/sfad.177.
34. Michael L. Novack, Muhammad Zubair. Prueba del péptido natriurético tipo B [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2026 Jan– [actualizado 2025 Ago 2; citado 2026 May 19]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK556136/>
35. M. Turégano-Yedro, A. Ruiz-García, M.J. Castillo-Moraga, et al. Los péptidos natriuréticos en el diagnóstico de la insuficiencia cardíaca en atención primaria. *Med Fam SEMERGEN.* 2022;48(7):101812. doi:10.1016/j.semerg.2022.101812.
36. Ibrahim EH, Dennison J, Frank L, Stojanovska J. Diastolic cardiac function by MRI: imaging capabilities and clinical applications. *Tomography.* 2021;7(4):893-914. doi:10.3390/tomography7040075.
37. Rajiah PS, Moore A, Broncano J, Anand V, Kolluri N, Shah DJ, et al. Diastology with cardiac MRI: a practical guide. *Radiographics.* 2023;43(9):e220144. doi:10.1148/rg.220144.
38. Nazir MS, Okafor J, Murphy T, Andres MS, Ramalingham S, Rosen SD, et al. Echocardiography versus Cardiac MRI for Measurement of Left Ventricular Ejection Fraction in Individuals with Cancer and Suspected Cardiotoxicity. *Radiol Cardiothorac Imaging.* 2024;6(1):e230048. doi:10.1148/ryct.230048
39. Kott J, Reichel N, Butler J, Arbeit L, Mallipattu SK. Cardiac imaging in dialysis patients. *Kidney Med.* 2020;2(5):629-638. doi:10.1016/j.xkme.2020.05.010.
40. Rankin AJ, Mangion K, Lees JS, Rutherford E, Gillis KA, Edy E, et al. Myocardial changes on 3T cardiovascular magnetic resonance imaging in response to haemodialysis with fluid removal. *J Cardiovasc Magn Reson.* 2021;23(1):125. doi:10.1186/s12968-021-00822-4.
41. Chamsi-Pasha MA, Zhan Y, Debs D, Shah DJ. CMR in the evaluation of diastolic dysfunction and phenotyping of HFpEF: current role and future perspectives. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2020;13(1 Pt 2):283-296. doi:10.1016/j.jcmg.2019.02.031.

42. Caudron J, Fares J, Bauer F, Dacher JN. Evaluation of left ventricular diastolic function with cardiac MR imaging. *Radiographics*. 2011;31(1):239-259. doi:10.1148/rg.311105049.
43. Arcari L, Camastra G, Ciolina F, Danti M, Cacciotti L. T1 and T2 Mapping in Uremic Cardiomyopathy: An Update. *Card Fail Rev*. 2022;8:e02. doi:10.15420/cfr.2021.19
44. Jia X, Han X, Wang Y, He F, Zhou X, Zheng Y, et al. Cardiac magnetic resonance imaging parameters show association between myocardial abnormalities and severity of chronic kidney disease. *Front Cardiovasc Med*. 2022;9:1053122. doi:10.3389/fcvm.2022.1053122
45. Secretaría de Salud. Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud. Última reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación el 2 de abril de 2014. Ciudad de México: Diario Oficial de la Federación; 2014.
46. World Medical Association. World Medical Association Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects. *JAMA*. 2013;310(20):2191-2194. doi:10.1001/jama.2013.281053
47. Wang X, Hong J, Zhang T, Xu D. Changes in left ventricular and atrial mechanics and function after dialysis in patients with end-stage renal disease. *Quantitative Imaging in Medicine and Surgery*. 2021;11(5):1899-1908. doi:10.21037/qims-20-961.
48. Gupta S, Dev V, Kumar MV, Dash SC. Left ventricular diastolic function in end-stage renal disease and the impact of hemodialysis. *Am J Cardiol*. 1993 Jun 15;71(16):1427-1430. doi:10.1016/0002-9149(93)90604-B.
49. Méndez-Durán A. Evolución del tratamiento sustitutivo de la función renal en México en los últimos 10 años. *Nefrología*. 2021;41(1):82-83. doi:10.1016/j.nefro.2020.02.004.
50. Farshid A, Pathak R, Shadbolt B, Arnold LF, Talaulikar G. Diastolic function is a strong predictor of mortality in patients with chronic kidney disease. *BMC Nephrol*. 2013;14:280. doi:10.1186/1471-2369-14-280.

Anexos

Anexo 1: Hoja de Recolección de datos

RECOLECCIÓN DE DATOS		
Nombre:		
No. Expediente:		
Antecedentes patológicos (Hipertensión arterial, diabetes mellitus, dislipidemia):		
Tabaquismo:		
Tiempo en tratamiento de hemodiálisis:		
FACTORES DE RIESGO CARDIOVASCULARES		
Edad		
Sexo		
Peso		
Talla		
Superficie corporal		
SIGNOS VITALES		
Frecuencia Cardíaca		
Presión arterial sistólica		
Presión arterial diastólica		
CUADRO CLÍNICO		
	Pre- hemodiálisis	Post-hemodiálisis
Dolor precordial		
Disnea		
Palpitaciones		
Edema miembros pélvicos		
BIOMARCADORES		
	Pre-hemodiálisis	Post-hemodiálisis
Hemoglobina		
Creatinina sérica		
Nitrógeno de urea		
Albúmina		
Ácido úrico		
Sodio		
Potasio		
Fosforo		
Calcio		
Troponina T		

Pro-BNP										
CK-MB										
IMAGEN CARDIACA (Resonancia Magnética Cardíaca)										
Estudios cardíacos previos:										
Reporte Pre-hemodiálisis:										
Reporte Post-hemodiálisis:										
AURÍCULA IZQUIERDA										
DL index AI 2C (cm/m ²)	DT index AI 2C (cm/m ²)	Área index AI 2C (cm ² /m ²)	DL index AI 4C (cm/m ²)	DT index AI 4C (cm/m ²)	Área index AI 2C (cm ² /m ²)	DAP index AI 3C (cm/m ²)	Volumen AI (ml/m ²)		FEVI AI (%)	DT inde x AI 2C (cm/ m ²)
VENTRÍCULO IZQUIERDO										
E/A		TD (ms)	E' (cm/s)		E/e'		Flujograma venas pulmonares		Func ión diast ólica	

Anexo 2: Hoja de autorización del uso de imágenes y expediente clínico.



Estimado Dr. Alfonso Martinez Ortiz

Jefe de Área de Imagen

Por medio de la presente, reciba un cordial saludo.

Me permito dirigirme a usted con el fin de solicitar de la manera más atenta su autorización para contar con acceso al sistema PACS del área de imagen, con el propósito de poder evaluar y analizar los estudios de Resonancia Magnética Cardíaca correspondientes a mi proyecto de investigación en pacientes con enfermedad renal crónica en terapia de hemodiálisis.

El acceso a dichas imágenes resulta fundamental para el adecuado desarrollo metodológico del estudio, ya que permitirá una valoración detallada y sistemática de los parámetros de interés, contribuyendo así a la calidad científica y validez de los resultados obtenidos.

Asimismo, deseo manifestar de manera explícita mi compromiso absoluto con el resguardo, manejo ético y confidencial de la información de los pacientes. Me comprometo a utilizar los datos e imágenes única y exclusivamente con fines académicos y de investigación, respetando en todo momento los principios de confidencialidad, anonimización y protección de datos personales, conforme a la normativa institucional vigente y a los lineamientos éticos correspondientes.

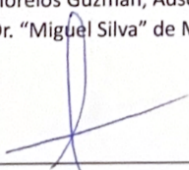
Agradezco de antemano la atención brindada a la presente solicitud y quedo a su disposición para proporcionar cualquier información adicional que considere necesaria, así como para cumplir con los requisitos administrativos que se requieran para dicho acceso.

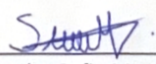
Sin otro particular, le reitero mi agradecimiento y le envío un cordial saludo.

Atentamente:

Sandra Sofia Martinez Hernandez, Medico Pasante del Servicio Social en Investigación en el Hospital General Dr. "Miguel Silva" de Morelia.

Martha Morelos Guzman, Adscrita de Cardiología, jefa del servicio de Cardioimagen en el Hospital General Dr. "Miguel Silva" de Morelia.


Dra. Martha Morelos Guzman


Dra. Sandra Sofia Martinez Hernandez


Dr. Alfonso Martinez Ortiz

Anexo 3: Hoja de aceptación por comité de etica en investigación y de investigación del Hospital General "Dr. Miguel Silva"



Dependencia SECRETARIA DE SALUD DE MICHOACAN
Sub-dependencia HOSPITAL GENERAL "DR. MIGUEL SILVA"
Oficina COMITÉ DE ETICA EN INVESTIGACION Y DE INVESTIGACION
No. de oficio 5009/2026/015
Expediente
Asunto: APROBACION

"2026, Año de Margarita Maza Parada"

Morelia, Michoacán, 17 de abril de 2026

C. DRA. MARTHA MORELOS GUZMAN
INVESTIGADORA PRINCIPAL
MPSS. SANDRA SOFIA MARTINEZ HERNANDEZ
P R E S E N T E.

Por este conducto le informamos, que el Comité de Ética en Investigación con número de Registro CONBIOÉTICA-16-CEI-004-20161212 con inicio de vigencia 14 de diciembre de 2025 y el Comité de Investigación con número de Registro COFEPRIS-17-CI-16053153 con fecha de expedición 11 de noviembre del 2017 del Hospital General "Dr. Miguel Silva", revisaron y APROBARON su proyecto de investigación con número de registro 830/02/25 titulado:

"CAMBIOS EN LA FUNCIÓN DIASTÓLICA EVALUADA MEDIANTE RESONANCIA MAGNÉTICA CARDIACA EN PACIENTES CON ENFERMEDAD RENAL CRÓNICA INDUCIDOS POR UNA SESIÓN DE HEMODIÁLISIS.

No omitimos mencionarle que deberá presentar a estos comités los resultados finales (TESIS), así como cualquier enmienda que se pretenda realizar en el transcurso de la investigación de acuerdo con la norma oficial mexicana que establece los criterios para la ejecución de proyectos de investigación para la salud en seres humanos y a la Guía Nacional Para la Integración y funcionamiento de los comités de Ética en Investigación.

Sin más por el momento, le enviamos un cordial saludo.

ATENTAMENTE

DR. ABRAHAM FLORES VARGAS
DIRECTOR DEL HOSPITAL GENERAL
"DR. MIGUEL SILVA"

DR. JOSE FRANCISCO LÓPEZ BELTRÁN
PRESIDENTE DEL COMITÉ DE ETICA EN
INVESTIGACION DEL HOSPITAL GENERAL
DR. MIGUEL SILVA
**COMITE DE ETICA EN
INVESTIGACION**
C.c.p. Dra. Claudia Agustina Ramos Olmos - Jefa de Enseñanza e Investigación - Hospital General "Dr. Miguel Silva".
C.c.p. [illegible]
HOSPITAL GENERAL "DR. MIGUEL SILVA"
SECRETARIA DE SALUD DE MICHOACÁN

DR. ALVARO RODRIGUEZ BARRÓN
PRESIDENTE DEL COMITÉ DE INVESTIGACION
DEL HOSPITAL GENERAL "DR. MIGUEL SILVA".
COMITE DE INVESTIGACION
HOSPITAL GENERAL "DR. MIGUEL SILVA"
SECRETARIA DE SALUD DE MICHOACÁN

Anexo 4: Hoja de aprobación del proyecto por el comité de bioética de la escuela de medicina Universidad Vasco de Quiroga



Fecha: 16/03/2026
Morelia, Michoacán

**PRESIDENTE DEL COMITÉ DE BIOÉTICA
DE LA ESCUELA DE MEDICINA**

Por medio de la presente, quienes suscriben, hacen de su conocimiento el dictamen del proyecto de investigación con título y número de folio siguientes

Título del trabajo	"Cambios en la función diastólica evaluada mediante Resonancia Magnética Cardíaca en pacientes con Enfermedad Renal Crónica inducidos por una sesión de hemodiálisis"
Autor(a)	Sandra Sofía Martínez Hernández
No. De folio del trabajo	

Después de deliberar los miembros del comité encargados de la revisión de dicho proyecto, se acordó otorgar el siguiente dictamen:

APROBADO: (X)	NO APROBADO: ()
-----------------	------------------

Se anexan a este documento las observaciones por escrito de cada revisor.

ATENTAMENTE

MCS Luisa
Estefanía García
Rojas Vázquez

Dr. Israel Roberto Serafin
Zuñiga

Dr. Alfredo Villarreal Amaro

c.c.p. Dra. Julieta de la Vega Calderón. Coordinación Técnica de Investigación de la Escuela de Medicina
c.c.p. Comisión de seguimiento y vigilancia de proyectos de investigación

**Comité de Bioética de la Escuela de Medicina
Universidad Vasco de Quiroga**