

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA



UNIDAD MÉDICA DE ALTA ESPECIALIDAD
HOSPITAL DE PEDIATRIA
INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL
CENTRO MÉDICO NACIONAL DE OCCIDENTE
DEPARTAMENTO DE CARDIOLOGÍA PEDIÁTRICA.

Título de Tesis

Evaluación de la geometría y función biventricular mediante ecocardiografía transtorácica en pacientes pediátricos con insuficiencia renal crónica previo al trasplante renal

*TESIS DE POSTGRADO PARA OBTENER EL DIPLOMA DE LA
SUB - ESPECIALIDAD EN CARDIOLOGÍA PEDIÁTRICA*

Tesista

Dr. Juan Carlos Tirado Alderete
Residente de Cardiología Pediátrica

Director de Tesis

Dra. Paola Leticia Castro Santiago
Médico Cardióloga Peditra

Asesor Metodológico:

Dr. Juan Carlos Barrera De León
Médico Neonatólogo Peditra, Maestro en Ciencias Médicas

Guadalajara, Jalisco; Febrero del 2018



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

IDENTIFICACIÓN DE AUTORES

Tesista:

Dr. Juan Carlos Tirado Alderete, Residente de Subspecialidad en Cardiología Pediátrica. Instituto Mexicano del Seguro Social. Unidad Médica de Alta Especialidad. Hospital de Pediatría. Centro Médico Nacional de Occidente. Matrícula: 98251826. Tel 7444856956 Correo electrónico: jc5_tirado@hotmail.com

Director de Tesis

Dra. Paola Leticia Castro Santiago, Médico Cardiólogo Pediatra adscrito al servicio de Cardiología Pediátrica, UMAE Hospital de Pediatría, CMNO, del Instituto Mexicano del Seguro Social. Matrícula: 991414459. Tel 3312550418 Correo electrónico paos_c@yahoo.com

Asesor Metodológico:

Dr. Juan Carlos Barrera de León. Médico pediatra neonatólogo. Matrícula 10147039. Educación e Investigación en salud. UMAE hospital de pediatría CMNO: Belisario Domínguez 735 col Independencia. Tel 3331378280



Dirección de Prestaciones Médicas
Unidad de Educación, Investigación y Políticas de Salud
Coordinación de Investigación en Salud



Dictamen de Autorizado

Comité Local de Investigación y Ética en Investigación en Salud **1302** con número de registro **17 CI 14 039 045** ante COFEPRIS
HOSPITAL DE PEDIATRÍA, CENTRO MEDICO NACIONAL DE OCCIDENTE LIC. IGNACIO GARCIA TELLEZ, GUADALAJARA JALISCO,
JALISCO

FECHA **13/09/2017**

DR. PAOLA LETICIA CASTRO SANTIAGO

P R E S E N T E

Tengo el agrado de notificarle, que el protocolo de investigación con título:

Evaluación de la geometría y función biventricular mediante ecocardiografía transtorácica en pacientes pediátricos con insuficiencia renal crónica previo al trasplante renal.

que sometió a consideración de este Comité Local de Investigación y Ética en Investigación en Salud, de acuerdo con las recomendaciones de sus integrantes y de los revisores, cumple con la calidad metodológica y los requerimientos de Ética y de investigación, por lo que el dictamen es **A U T O R I Z A D O**, con el número de registro institucional:

Núm. de Registro
R-2017-1302-131

ATENTAMENTE

DR.(A). MARTHA ORTIZ ARANDA

Presidente del Comité Local de Investigación y Ética en Investigación en Salud No. 1302

IMSS

SEGURIDAD Y SOLIDARIDAD SOCIAL



DIRECCIÓN DE PRESTACIONES MÉDICAS
UNIDAD DE ATENCIÓN MÉDICA
COORDINACIÓN DE UNIDADES MÉDICAS DE ALTA ESPECIALIDAD
U.M.A.E. PEDIATRÍA, CENTRO MÉDICO NACIONAL DE OCCIDENTE
GUADALAJARA JALISCO

DIRECCIÓN DE EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN EN SALUD

AUTORIZACIÓN

COMITÉ LOCAL DE INVESTIGACIÓN Y ÉTICA EN INVESTIGACION EN SALUD

2017 – 1302 – 131

En virtud de haber terminado de manera satisfactoria su tesis y contar con el aval de su director de tesis para obtener el grado de especialista en:

CARDIOLOGÍA PEDIÁTRICA

SE AUTORIZA LA IMPRESIÓN DE TESIS DEL ALUMNO

JUAN CARLOS TIRADO ALDERETE

**“EVALUACIÓN DE LA GEOMETRÍA Y FUNCION BIVENTRICULAR MEDIANTE
ECOCARDIOGRAFÍA TRANSTORÁCICA EN PACIENTES PEDIÁTRICOS CON INSUFICIENCIA
RENAL CRÓNICA PREVIO AL TRANSPLANTE RENAL”**

DIRECTOR DE TESIS

DRA. PAOLA LETICIA CASTRO SANTIAGO

DIRECTOR DE EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN EN SALUD

DR. JUAN CARLOS BARRERA DE LEÓN

Guadalajara, Jalisco, México 21 de Febrero de 2018

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

Dedico este trabajo a mis padres, que son las personas que siempre están a mi lado, me han apoyado en mis decisiones, mis metas, triunfos, fracasos y me han enseñado a salir adelante en cada objetivo propuesto a pesar de las adversidades. Dedico también este trabajo a la persona que desde su nacimiento ha sido un impulso y motivación en mi persona para hacer cada día mejor, mi hija Sofía.

ÍNDICE

	PÁGINA
I. ABREVIATURAS	1
II. RESUMEN	2
III. INTRODUCCIÓN	3
IV. MARCO TEÓRICO	4
Enfermedad renal cronica	4
Complicaciones cardiovasculares	7
Factores de riesgo cardiovascular	8
Mecanismo adaptativos cardiovasculares	9
Manejo sustitutivo en enfermedad renal cronica	12
Ecocardiografía en el paciente con enfermedad renal.....	12
Hipertrofia del ventrículo izquierdo	14
Función diastólica del ventrículo izquierdo	15
Función sistólica del ventrículo izquierdo	16
Evaluación de la función ventricular global	16
Fracción de acortamiento del ventrículo izquierdo	17
Fracción de eyección del ventrículo izquierdo	18
Masa ventricular izquierda	19
Parámetros doppler de la función ventricular	20
Índice de rendimiento miocárdico	20
Evaluación de a función ventricular sistólica regional	21
Evaluación de la función ventricular diastólica	22
Imagen por doppler tisular	28
Volumen auricular izquierdo	29
Función sistólica del ventrículo derecho	29
Función diastólica del ventrículo derecho	31
V. ANTECEDENTES	32
VI. JUSTIFICACIÓN	35
Magnitud	35

Factibilidad	35
Trascendencia	36
Vulnerabilidad	36
Pregunta de investigación	36
Hipótesis	36
VII.OBJETIVOS	37
VIII. MATERIAL Y MÉTODOS	38
Diseño.....	38
Universo de trabajo	38
Población del estudio	38
Criterios de inclusión	38
Criterios de no inclusión	38
Tamaño de muestra.....	39
Operacionalización de las variables.....	40
Descripción y desarrollo del trabajo	46
Análisis estadístico	46
Recursos humanos	47
Recursos financieros	47
Recursos materiales	48
Aspectos éticos	48
IX. RESULTADOS	49
X. DISCUSIÓN	65
XI. CONCLUSIONES	69
XII. RECOMENDACIONES	70
XIII. BIBLIOGRAFÍA	71
XIV. ANEXOS	77
Hoja de recolección de datos	78
Carta de consentimiento informado	79

ABREVIATURAS

CMNO.- Centro Médico Nacional de Occidente
CIBO.- Centro de Investigación Biomédica de Occidente
DTDVI.- Diámetro Telediastólico del Ventrículo Izquierdo
DTSVI.- Diámetro Telesistólico del Ventrículo Izquierdo
ERC.- Enfermedad Renal Crónica
FA.- Fracción de Acortamiento
FEVI.- Fracción de Eyección del ventrículo Izquierdo
FG.- Filtrado glomerular
HVI.- Hipertrofia Ventricular Izquierda
InRM.- Índice de Rendimiento Miocárdico
IT.- Insuficiencia Tricuspídea
KDIGO.- Kidney Disease Improving Global Outcomes
K/DOQI.- Kidney Disease Outcome Quality Initiative
ppmp.- pacientes por millón de población pediátrica
RE- PIR II.- Registro Español Pediátrico de ERC no terminal
SLG.- Strain Longitudinal Global
TAPSE.- Tricuspid Annular Systolic Displacement
TCI.- Tiempo de Contracción Isovolumétrica
TE.- Tiempo de Eyección
TRI.- Tiempo de Relajación Isovolumétrica
TSVI.- Tracto de Salida del Ventrículo Izquierdo
UMAE.- Unidad Médica de Alta Especialidad
VAI.- Volumen Auricular Izquierdo
VD.- Ventrículo Derecho
VI.- Ventrículo Izquierdo
VTDVI.- Volumen Telediastólico del Ventrículo Izquierdo
VTSVI.- Volumen Telesistólico del Ventrículo Izquierdo

RESUMEN

Introducción: La enfermedad renal crónica (ERC) es un problema de salud mundial, con detección temprana en el paciente pediátrico. Las complicaciones cardiovasculares presentan una incidencia del 24 al 37% en niños con ERC en estadio V, estas complicaciones cardiovasculares, son la principal causa de muerte en pacientes jóvenes con ERC de inicio de la infancia. El método no invasivo más aceptado y aplicable para evaluar estos cambios geométricos y de función ventricular en estos pacientes es la ecocardiografía transtorácica.

Objetivo: Determinar la función y geometría biventricular en el paciente pediátrico con ERC previo al trasplante renal, con ecocardiografía transtorácica.

Material y métodos: Estudio transversal analítico en pacientes pediátricos con enfermedad renal crónica, en protocolo quirúrgico de trasplante renal en el Hospital de pediatría del Centro Médico Nacional de Occidente de septiembre del 2017 a enero del 2018. Se incluyeron datos clínicos y sociodemográficos, además ecocardiografía transtorácica en modo M, bidimensional, color, imagen por doppler tisular y Strain Longitudinal Global (SLG).

Resultados: Se incluyó un total de 23 pacientes, 56% varones y 44% mujeres, con media de edad 12 años, el estadio V se encontró en un 100%, con una clase funcional I en 52%, el principal tratamiento sustitutivo fue la diálisis peritoneal con un 56%. La geometría ventricular fue anormal en 74%, se encontró disfunción sistólica del ventrículo izquierdo en 34% y un SLG anormal en 44%, Disfunción sistólica y diastólica ventricular derecha en 13%. Se compararon los principales factores geométricos y funcionales cardíacos por grupo de edad, tipo y tiempo del tratamiento sustitutivo. Además de un análisis estadístico de los principales parámetros ecocardiográficos. Se realizó un análisis entre la fracción de eyección del ventrículo izquierdo y el SLG ($p = 0.03$) con una correlación de 0.73.

Conclusiones: Es necesario realizar una evaluación clínica y ecocardiográfica transtorácica completa en el paciente con ERC pediátrico para establecer el cambio de geometría y función ventricular para iniciar una terapia cardiovascular adecuada y programar el trasplante renal en tiempo adecuado con las menores complicaciones cardiovasculares posibles.

INTRODUCCIÓN

Actualmente la enfermedad renal crónica es un problema de salud mundial, cada vez más frecuente su detección temprana en el paciente pediátrico. En México no contamos con un registro único de enfermedades renales para determinar la incidencia de la enfermedad, pero se estima que en nuestro país existen entre 3000 a 6000 niños con este problema, tomando la incidencia en países desarrollados que es del 20 al 25%. Esta patología cuenta con múltiples complicaciones a nivel sistémico, pero sin duda una de las más importantes son las complicaciones cardiovasculares, que presentan una incidencia de entre el 24 al 37% en niños con ERC en estadio 5, y estas complicaciones cardiovasculares, son la principal causa de muerte en pacientes jóvenes con enfermedad renal crónica de inicio de la infancia.

En el paciente adulto con ERC se han documentado cambios en la geometría ventricular y posterior a la realización de un trasplante renal, algunos de estos cambios disminuyen o desaparecen pero en algunas ocasiones se mantienen. Sin embargo existen pocos estudios realizados en el paciente pediátrico que evalúen estos cambios ventriculares. El método no invasivo más aceptado y aplicable para evaluar estos cambios geométricos y de función ventricular previos y posterior al manejo definitivo con trasplante renal en el paciente con ERC es la ecocardiografía transtorácica.

MARCO TEÓRICO Y ANTECEDENTES

ENFERMEDAD RENAL CRONICA

La enfermedad renal crónica (ERC), es una pérdida irreversible de función renal que produce una disminución progresiva del filtrado glomerular.¹⁻²

Según las guías K/DOQI del 2002, la ERC se define como un daño renal, ya sea estructural o funcional, que permanece por tres o más meses, con o sin disminución de la velocidad de la filtración glomerular y alguno de los siguientes hallazgos: 1) alteración en la analítica de sangre u orina, 2) alteración en los estudios de imagen o 3) alteración estructural en la biopsia renal o aquellos pacientes que tengan una velocidad de filtración glomerular $< 60 \text{ ml/min/1.73m}^2$ SC, con o sin los otros signos de daño previamente descritos.¹⁻²

La ERC se clasifica en distintos estadios según el grado de deterioro del filtrado glomerular.

En las últimas guías del KDIGO del año 2012 para poder diagnosticar una ERC, un paciente debe cumplir los siguientes criterios durante un periodo >3 meses: 1) Filtrado glomerular (FG) disminuido ($\text{FG} < 60 \text{ ml/min/1,73 m}^2$). 2) Y/o presencia de marcadores de daño renal (uno o varios): A) Albuminuria aumentada. B) Anomalías del sedimento urinario. C) Anomalías electrolíticas u otras anomalías debidas a trastornos tubulares. D) Anomalías detectadas histológicamente. E) Anomalías estructurales detectadas con pruebas de imagen. F) Historia de trasplante renal.³

Según las mismas guías, esta definición sería válida tanto para adultos como para niños, pero en la edad pediátrica habría que tener en cuenta estos aspectos:

- En neonatos o lactantes menores de tres meses con anomalías estructurales claras, el diagnóstico puede hacerse sin tener que esperar tres meses.³

- En los niños menores de dos años, el criterio de $FG < 60 \text{ ml/min/1,73 m}^2$ no es aplicable, ya que el FG al nacimiento es más bajo e irá aumentando durante los primeros dos años de vida. En estos niños, la ERC se diagnosticará cuando el FG esté por debajo de los valores de referencia para la edad.³
- La definición de albuminuria elevada debe referirse al valor normal para la edad. En menores de dos años, será válida tanto la proteinuria (índice proteína/creatinina) como la albuminuria.³
- Todas las anomalías electrolíticas deben definirse según los valores de normalidad para la edad.³

En estas últimas guías, se establecen nuevos estadios que tienen en cuenta tanto el FG como la albuminuria con valor pronóstico del paciente ante la ERC.³

Esta clasificación sería válida para adultos y para niños mayores de dos años. Pero debido a que no hay suficientes datos en la actualidad para establecer un pronóstico asociado a los niveles de proteinuria o microalbuminuria elevada y persistente en el paciente pediátrico comparado como en el paciente adulto, hoy por hoy no hay un consenso sobre el uso de esta nueva clasificación en pediatría.³

Por lo tanto en pacientes pediátricos mayores a dos años se clasifica la ERC según las guías del K/DOQI del 2002 y en niños menores de dos años, se establece una disminución moderada de FG cuando este se encuentre entre -1 y -2 desviaciones estándar (DE) del FG y disminución grave cuando los valores sean $< -2 \text{ DE}$ para el valor normal para la edad.³

Existen pocos datos sobre la incidencia de ERC en la edad pediátrica y posiblemente se subestiman los valores reales. Los registros europeos muestran incidencias alrededor de 10-12 pacientes por millón de población pediátrica (ppmp) y prevalencia alrededor de 59-74 ppmp . El Registro Español Pediátrico de ERC no terminal (RE- PIR II), que recoge desde 2007 datos de niños < 18 años con $FG < 90 \text{ ml/min/1,73 m}^2$, en su análisis de 2011, encontró una prevalencia

bastante mayor, de 128 pmpp, posiblemente por ser prácticamente el único registro que incluye los estadios más precoces. ³ La ERC es más frecuente en varones (63,3% RE-PIR II); en cuanto a la raza, en Norteamérica la incidencia es de dos a tres veces mayor en niños de raza afroamericana. ³⁻⁴

En México no contamos con un registro único de enfermedades renales, por lo que se desconoce la verdadera prevalencia de la enfermedad renal crónica, aunque se estima que uno de cada 9 adultos padece enfermedad renal. ²

Recientemente se realizó un estudio, siguiendo el protocolo de la National Kidney Foundation, para detectar enfermedad renal en individuos de alto riesgo (con diabetes, hipertensión arterial o bien, historia familiar de diabetes, hipertensión o enfermedad renal crónica) y la prevalencia de enfermedad renal crónica resultó de 22% en adultos del Distrito Federal y de 33% en adultos de Jalisco. ²

Tomando en consideración que la proporción de niños con enfermedad renal crónica en países desarrollados es de aproximadamente 20 a 25% se puede deducir que existen en nuestro país de 3 000 a 6 000 niños con este problema y llama mucho la atención que 35% de las muertes en la población pediátrica se debieron a enfermedad renal crónica, más frecuente en el grupo de 10 a 14 años.²

La etiología de la ERC en el paciente pediátrico, es variada. En España, la Asociación Española de Pediatría (AEP) ha encontrado que las anomalías estructurales son la causa de más de la mitad de los casos de ERC en la infancia (57%) seguidas de las enfermedades renales quísticas y hereditarias (16%), las enfermedades vasculares (9,4%) y las glomerulopatías primarias o secundarias (5,1%), mismos datos que son tomados del RE-PIR II. ³

En México mientras que las principales causas de ERC en adultos es la diabetes y la HAS, en la edad pediátrica no puede realizarse un diagnóstico preciso de la etiología debido a que los pacientes no acuden en busca de atención médica de forma oportuna. Las principales causas conocidas son las malformaciones

congénitas (displasia, hipoplasia, malformaciones urinarias) seguidas de las glomerulopatías.²

El trabajo de Ríos-Moreno y Patiño-García realizado en el servicio de Nefrología del Hospital de Pediatría, Centro Médico Nacional de Occidente, de enero de 2007 a junio de 2009 reportó las características del síndrome nefrótico fuera de edades habituales, y se encontró que el síndrome nefrótico representa 6.1% de las consultas de un hospital pediátrico de tercer nivel y es la tercera causa de hospitalización en el servicio de Nefrología.⁴

COMPLICACIONES CARDIOVASCULARES EN EL PACIENTE PEDIÁTRICO CON ENFERMEDAD RENAL CRÓNICA.

En adultos con ERC, las complicaciones como la insuficiencia cardíaca congestiva y el infarto de miocardio son las dos principales causas de muerte. Por el contrario, en los niños con ERC avanzada, el paro cardíaco es la principal causa de muerte relacionada con las enfermedades cardiovasculares.^{1-3,6}

La incidencia de complicaciones cardiovasculares en pacientes con ERC en estadio 5 se ha reportado como 24,3%, 24,5%, 23,9% y 36,9% en niños de 0-4 años, 5-9 años, 10-14 años y 15-19 años, respectivamente.⁶

Las complicaciones cardíacas más frecuentes incluyeron arritmias (19,6%), cardiopatía valvular (11,7%), cardiomiopatía (9,6%) e infarto cardíaco agudo (2,8%), con eventos múltiples en algunos niños.⁶

En un análisis separado, la enfermedad cardiovascular y muerte por falla cardíaca representaron el 40% y el 20%, respectivamente, de todas las muertes en pacientes pediátricos en manejo de diálisis peritoneal.⁶

En otro estudio realizado en México, Fernández-Cantón y colaboradores, sobre la mortalidad por enfermedades renales en pacientes menores de 15 años durante el

periodo de 1998 a 2009, mostró que 42% de los fallecimientos se debieron a una insuficiencia renal aguda. ⁵ A pesar de esto se conoce que las enfermedades cardiovasculares son la principal causa de muerte en pacientes jóvenes con enfermedad renal crónica de inicio de la infancia. ⁶

FACTORES DE RIESGO DE ENFERMEDAD CARDIOVASCULAR EN PACIENTES CON ENFERMEDAD RENAL CRONICA.

En los pacientes pediátricos con ERC, varios factores hemodinámicos y no hemodinámicos trabajan de forma sinérgica para alterar el gasto cardiaco, la función vascular y la estructura cardíaca. Estos factores principales son la obesidad, dislipidemias, sedentarismo, hipertensión arterial, anemia, sobrecarga de volumen, alteración en el metabolismo de la glucosa, y un factor de riesgo clave para la enfermedad vascular particularmente en los niños, es la desregulación en el metabolismo mineral que comienza desde los primeros estadios de la ERC y se asocia con anomalías en los niveles de vitamina D y el factor de crecimiento de fibroblastos de la hormona fosfórica. ⁶

Los factores de riesgo cardiovascular en niños con ERC incluyen los clásicos de la arteriosclerosis y los inherentes al estado urémico, entre ellos los mas importantes son la hipertensión, dislipidemia, anemia, hiperparatiroidismo, hiperhomocisteinemia, hipoalbuminemia, proteinuria y aumento de Proteína C Reactiva (PCR) como reflejo de estado inflamatorio crónico. ⁶

Algunos de estos factores están presentes desde estadios precoces de la ERC como la HTA. ⁶

MECANISMOS ADAPTATIVOS CARDIOVASCULARES EN EL PACIENTE PEDIÁTRICO CON ENFERMEDAD RENAL CRÓNICA.

La enfermedad cardíaca y vascular comienza en la infancia temprana. ⁶ Las alteraciones en la estructura y la función cardíaca están presentes en las primeras etapas de la ERC y durante el progreso de la misma. ^{1-3,6}

Numerosos factores hemodinámicos y no hemodinámicos se han asociado con el desarrollo de Hipertrofia del ventrículo izquierdo (HVI), esta adaptación ventricular izquierda se produce a través de dos patrones de remodelación geométrica distintos: geometría concéntrica y excéntrica. ^{7,8}

La remodelación concéntrica del ventrículo izquierdo se caracteriza por la adición paralela de sarcómeros, secundaria principalmente a la sobrecarga de presión, produciendo un aumento en el grosor de la pared del ventrículo izquierdo que condiciona una desproporción con el tamaño de la cavidad ventricular izquierda. ^{7,8}

La remodelación excéntrica se caracteriza por la adición en serie de sarcómeros, secundaria a la sobrecarga de volumen y resulta en un aumento simétrico entre el grosor de la pared y el tamaño de la cavidad ventricular izquierda. ^{7,8}

Ambos patrones geométricos se observan en pacientes con ERC fase 2-4, lo que sugiere que los trastornos de volumen y los trastornos de presión están presentes en los niños antes del manejo con terapias sustitutivas de la enfermedad renal. ^{7,8}

La HVI es un mecanismo compensatorio para mantener la función cardíaca. La hipertensión es un fuerte predictor independiente de HVI en niños con ERC en estadio 2-4, Sin embargo, la relación entre la presión arterial y el desarrollo de HVI no siempre es consistente. Otros factores que influyen en el desarrollo de la HVI son la anemia y el hiperparatiroidismo. ⁷⁻⁹

La hipertrofia ventricular izquierda se asocia con la morbilidad y mortalidad cardiovascular a largo plazo. La HVI se desarrolla tempranamente en el curso de la ERC, mantiene la función cardíaca y reduce el estrés de la pared ventricular

izquierda durante los aumentos de precarga y poscarga asociados a los cambios en la ERC. ⁷⁻⁹

En niños con ERC en estadio 2-4, la prevalencia de HVI ha sido reportada como 20-30%, aumentando a 85% en pacientes con diálisis peritoneal. La HVI también persiste después del trasplante renal, afectando hasta el 50% de los pacientes. ⁷⁻⁹

Estos mecanismos adaptativos se agotan rápidamente durante la enfermedad renal terminal y por el tratamiento de diálisis, lo que conduce a insuficiencia cardíaca progresiva y calcificación acelerada. ⁶

Los pacientes pediátricos con hemodiálisis crónica presentan reducciones agudas en el flujo sanguíneo miocárdico global y segmentario, con una reducción del acortamiento del miocardio denominado aturdimiento miocárdico. Esta observación sugiere que el aumento de la contractilidad y la posterior disminución de la carga producida por la alteración de la estructura ventricular izquierda temprana en la ERC podría producir limitaciones funcionales considerables en los pacientes pediátricos con enfermedad renal terminal. ^{10, 11}

En cuanto a la función diastólica, la imagen con Doppler tisular ha demostrado un deterioro del llenado ventricular izquierdo en pacientes con ERC pediátrica. La prevalencia de disfunción diastólica aumenta en casi el 50% de los pacientes sometidos a diálisis crónica. ^{10, 11}

La esclerosis de Mönckeberg es un tipo particular de calcificación arterial que se observa en pacientes con ERC. Esta forma de esclerosis implica la calcificación de la túnica media, pero no implica la túnica íntima. ¹²

Además, los pacientes con ERC pueden desarrollar enfermedad vascular aterosclerótica, donde se observa una calcificación de la capa íntima. ¹³ La calcificación de la capa media y la íntima pueden coexistir, pero la calcificación de la capa media predomina en niños pequeños y en aquellos con prediálisis en estadio 4 o 5 CKD. ^{12, 13}

Las manifestaciones clínicas de la calcificación está determinada por su ubicación dentro de la pared del vaso. ¹² La calcificación de la capa íntima se asocia con una mayor incidencia de mortalidad que la calcificación de la túnica media. ^{12, 13} Los estudios pediátricos han demostrado una asociación considerable y consistente entre el tiempo de diálisis y las medidas de deterioro de la función vascular. ^{12 - 15}

El espesamiento y la rigidez de la pared del vaso se han asociado con niveles anormales de hormona de calcio, fosfato y paratiroides, así como dosis terapéuticas de ligantes de fosfato basados en calcio y compuestos de vitamina D. ^{16, 17}

De los pacientes pediátricos en diálisis crónica, el 15-30% tienen evidencia directa de calcificación en los vasos coronarios. Sin embargo, a pesar de los amplios cambios vasculares y la calcificación coronaria, los niños rara vez tienen una enfermedad vascular coronaria manifiesta. ^{12 - 15}

La hipertrofia ventricular izquierda, el aumento del grosor íntima-media de la arteria carótida y la calcificación cardíaca son las anomalías cardiovasculares tempranas más frecuentes en niños con ERC. ⁶

MANEJO SUSTITUTIVO EN EL PACIENTE CON ENFERMEDAD RENAL CRONICA Y PATOLOGÍA CARDIOVASCULAR SECUNDARIA.

La supervivencia de los pacientes es menor que la de la población de su misma edad y sexo, de tal manera que la esperanza de vida en un niño en diálisis es 40-60 años menos que en un niño transplantado, y este tiene 20-25 años menos de esperanza de vida que un niño de su misma edad sano y su principal causa de muerte es por isquemia cardíaca y/o cardiomiopatía dilatada. ⁶

La prevención de importantes factores de riesgo modificables, sobre todo la sobrecarga de líquidos, la hipertensión y la desregulación mineral mediante el trasplante renal o la hemodiálisis intensificada son claves para la reducción de la morbimortalidad cardiovascular en esta cohorte. ⁶

Tras la realización de un trasplante renal, con la mejoría del filtrado glomerular muchos de estos factores disminuyen o desaparecen pero otros pueden incluso incrementarse. ^{6, 18, 19}

El trasplante exitoso puede eliminar o mejorar considerablemente los factores de riesgo relacionados con la uremia y aumenta la esperanza de vida en 20-30 años en comparación con la diálisis a largo plazo, por lo que los esfuerzos deben dirigirse a la preparación del niño para un trasplante renal preventivo siempre que sea factible. ^{36 1- 3, 6, 18, 19}

ECOCARDIOGRAFÍA EN LA PATOLOGÍA CARDIOVASCULAR DEL PACIENTE CON ENFERMEDAD RENAL CRONICA

Las anomalías cardíacas, especialmente la geometría y funciones anormales del ventrículo izquierdo, secundarias a ERC, ha demostrado que están correlacionadas con una alta mortalidad cardiovascular, y estas anomalías se detectan de forma precoz por ecocardiografía. ^{1- 3, 6, 20}

En la actualidad, de todas las modalidades de imagen no invasivas, la resonancia magnética cardíaca (IRMc) es el estándar de referencia aceptado para evaluar la morfología cardíaca (por ejemplo, el volumen y masa del VI) y la función (por ejemplo, la fracción de eyección y el gasto cardíaco).²¹ A pesar de esto la IRMc tiene varias limitaciones para la práctica diaria, tales como sus altos costos, la no portabilidad y tener poca o ninguna evidencia pronóstica en varias enfermedades cardiovasculares.^{22,23} Estos factores limitan su aplicación clínica. Además, aunque el riesgo de toxicidad por gadolinio en los pacientes con ERC avanzados es raro, la complicación grave de la fibrosis sistémica nefrogénica sigue siendo la principal preocupación.²⁴

La ecocardiografía es otra opción para evaluar la geometría y las funciones cardíacas. Aunque la ecocardiografía es dependiente del operador, en los últimos años se ha demostrado que la exactitud de las mediciones ecocardiográficas está estrechamente correlacionada con los hallazgos histológicos y también ha sido bien validada en estudios epidemiológicos.²⁵ Por lo tanto, el estudio ecocardiográfico puede jugar un papel crítico en la evaluación de las funciones cardíacas, la estratificación de los factores de riesgo pronóstico y la evaluación del efecto de las intervenciones terapéuticas.²⁶

Tradicionalmente, la ecocardiografía bidimensional (2DE) y la imagen en modo M han sido vistas como capaces de evaluar la geometría del VI, cuantificar la masa del VI, cuantificar el volumen telediastólico, volumen telesistólico y la función sistólica.²⁶ Además, la modalidad Doppler pulsado proporciona información directa sobre la relajación ventricular, que indica la función diastólica biventricular.^{26,27}

HIPERTROFIA DEL VENTRÍCULO IZQUIERDO EN EL PACIENTE CON ENFERMEDAD RENAL CRÓNICA

La hipertrofia del VI es una de las anomalías geométricas cardíacas más comunes en los pacientes con ERC.^{28 - 30} También se reconoce como predictor pronóstico independiente, especialmente entre los pacientes en diálisis.^{30 - 32}

El hallazgo de un aumento de la hipertrofia del VI con disminución simultánea de la función renal indica la asociación inversa entre la masa del VI y la etapa de insuficiencia renal.^{28, 33}

La hipertrofia del VI se informa en el 16 a 50% de los pacientes con ERC en estadios tempranos e intermedios (Estadios I-III), 50e70% en los pacientes con estadios 4 y 5) y en hasta 70 a 90% de los pacientes con tratamiento sustitutivo.²⁷⁻³³ Dicha variación entre diferentes informes puede deberse a los diferentes valores de corte de la hipertrofia del ventrículo izquierdo.³⁴ No obstante esta variación, el poder pronóstico de la hipertrofia del VI en los pacientes con ERC está bien reconocido.²⁵

Dado que se reconoce que la masa del VI es proporcional al tamaño del cuerpo, debe ser indexada por la superficie corporal para los estudios clínicos y la práctica diaria. Según las recomendaciones de la Sociedad Americana de Ecocardiografía (ASE) y de la Asociación Europea de Ecocardiografía (EAE), el valor de corte de la hipertrofia del VI en el paciente adulto es mayor a 115 gr/m² para los hombres y > 95 gr/m² para las mujeres.²⁶ Sin embargo, los pacientes de hemodiálisis pueden estar sujetos a grandes variaciones de peso corporal, lo que puede conducir a errores de evaluación por índice de superficie corporal.³⁵ Por lo tanto, algunos expertos recomendaron indexar la masa ventricular por la altura a la potencia de 2,7 y así evaluar con exactitud la masa del VI en pacientes en hemodiálisis.³⁶ Sin embargo, no ha habido hasta la fecha ningún estudio de comparación directa para abordar la cuestión fundamental de si la indexación por altura puede evaluar con mayor precisión la masa del VI que la indexación por superficie corporal en pacientes en hemodiálisis. Por lo tanto, la estandarización de las fórmulas de

masa LV por ecocardiografía deben ser útiles para prevenir las variaciones entre los estudios clínicos del paciente. ³⁶

FUNCIÓN DIASTÓLICA DEL VENTRÍCULO IZQUIERDO EN EL PACIENTE CON ENFERMEDAD RENAL CRÓNICA

Para mantener un adecuado gasto cardíaco, el remodelado ventricular se produce en respuesta a tales alternancias. Sin embargo, dicha remodelación ventricular es patológica y conducirá a dilatación de la cámara, hipertrofia, disfunción sistólica y diastólica del VI. ^{6,25}

La disfunción diastólica del VI es frecuente en los pacientes con ERC. Existe evidencia de que el deterioro de la relajación diastólica del VI se desarrolla junto con la activación del inhibidor circulante del activador del plasminógeno -1. El nivel plasmático del péptido carboxiterminal del pro colágeno tipo I ha sido sugerido como un marcador útil para determinar el nivel de actividad fibrosa y disfunción diastólica. Por lo tanto la fibrosis miocárdica es un determinante principal de la función diastólica. ^{37 - 41} La función diastólica está relacionada con la relajación miocárdica y la relación compliancia/rigidez del VI. La primera está determinada por la carga, la inactivación miocárdica y la asincronía, mientras que la segunda describe la relación entre la presión diastólica y el volumen del VI y está determinada por los cardiomiocitos y la matriz intersticial. ^{6,25} De acuerdo con las pautas ASE / EAE, se debe evaluar la función diastólica completa del VI con varias modalidades, como la 2DE, que puede cuantificar la masa del VI, Doppler de onda pulsada (PW), Imagen de Doppler Tejido (TDI), el volumen de la aurícula izquierda (AI). Por otra parte, el índice de volumen LA es un pronóstico independiente en los pacientes con ERC. ^{25,26}

FUNCIÓN SISTÓLICA DEL VENTRÍCULO IZQUIERDO EN EL PACIENTE CON ENFERMEDAD RENAL CRÓNICA

Aunque la mayoría de los pacientes con ERC conservan la FEVI mayor al 50%, la FEVI reducida es predictora de progresión en pacientes con ERC. La función sistólica del VI generalmente se evalúa usando modo bidimensional con análisis de modo M para evaluar la fracción de acortamiento y la fracción de eyección del ventrículo izquierdo. Estas medidas proporcionan una evaluación semicuantitativa de la función ventricular y no son adecuadas para detectar una falla temprana en la función cardíaca y los cambios tempranos de la morfología en el ventrículo izquierdo.

Entre los avances más importantes en ecocardiografía hay que destacar el desarrollo de la ecocardiografía tridimensional (E3D) y el *speckle tracking* (ST2D), 2 técnicas que aportan varias ventajas e información adicional a la ecocardiografía bidimensional (E2D) en la evaluación de la estructura y de la función cardíacas. Para la obtención de la fracción de eyección y volúmenes ventriculares (VTDVI y VTSVI) de forma rutinaria la técnica ecocardiográfica más ampliamente aceptada es la E2D según el método de Simpson. Según las guías de ecocardiografía actuales este método es el mejor para medir de forma objetiva la fracción de eyección del ventrículo izquierdo, aunque son bien conocidas sus limitaciones: requiere buena visualización de los límites endocárdicos y es muy dependiente de la experiencia del operador.^{6,25,42}

VALORACIÓN ECOCARDIOGRÁFICA EN EL PACIENTE PEDIÁTRICO (MÉTODOS CUANTITATIVOS Y TÉCNICAS BÁSICAS).

EVALUACIÓN DE LA FUNCIÓN VENTRICULAR SISTÓLICA GLOBAL

La función sistólica, se refiere a la capacidad del corazón para expulsar sangre, con el fin de mantener un gasto cardíaco normal, el cual está directamente

relacionado con la capacidad contráctil miocárdica, la frecuencia cardíaca, la precarga, y la poscarga. ⁴³⁻⁴⁴

Su importancia radica en que es el principal marcador pronóstico de miocardiopatías, valvulopatías, cardiopatía isquémica aguda y crónica y cardiopatías congénitas. ⁴³⁻⁴⁴

Para determinar de forma exacta la función ventricular es necesario hacer la determinación de curvas de presión - volumen, que solo se pueden determinar de forma directa por cateterismo cardíaco, y debido a esta circunstancia se requieren métodos no invasivos para la determinación de esta medida. ⁴³⁻⁴⁴

El ecocardiograma es el estudio aislado con mayor utilidad para el diagnóstico y seguimiento de los pacientes con compromiso de la función ventricular izquierda y el más utilizado para medir fracción de eyección. ⁴³⁻⁴⁶

FRACCIÓN DE ACORTAMIENTO DEL VENTRÍCULO IZQUIERDO

El análisis unidimensional del movimiento de la pared, o ecocardiografía en modo M, es uno de los métodos más comúnmente utilizados para medir el grado de acortamiento del VI. ⁴³⁻⁴⁶

La Fracción de Acortamiento (FA) representa el cambio en el diámetro que se produce durante la sístole, y puede medirse de la siguiente manera:

$$FA\% = (DTDVI - DTSVI / DTDVI) \times 100$$

Los valores normales para la FA están entre 28 y 44%. La vista en eje corto al nivel papilar medio es la vista más frecuentemente utilizada para hacer estas mediciones. ⁴³⁻⁴⁶

De forma similar a la FA, otro método de evaluación sistólica del VI es el cambio del área fraccional, el cual se puede medir en eje corto ventricular, y determinación del cambio en el área del VI durante un ciclo cardiaco:

$$\text{Área telediastólica del VI} - \text{Área telesistólica del VI} / \text{Área telediastólica del VI}$$

El valor normal es mayor a 36%. El acortamiento fraccional y el cambio de área fraccional del VI son independientes de los cambios en la frecuencia cardiaca y la edad, pero se ven afectados por los cambios en la precarga y poscarga ventricular. ⁴³⁻⁴⁶

FRACCIÓN DE EYECCIÓN VENTRICULAR IZQUIERDA

La función sistólica evaluada por la fracción de eyección esta determinada por la precarga (volumen al final de la diástole), poscarga (representa la presión aórtica en contra de lo que el ventrículo debe contraer), contractilidad o inotropismo (fuerza intrínseca que genera el ventrículo en cada contracción), frecuencia cardíaca (número de latidos cardíacos en un minuto) y la geometría y distensibilidad ventricular (capacidad que tiene el ventrículo tiene de expandirse y llenarse durante la diástole). ⁴³⁻⁴⁶

La fracción de eyección ventricular izquierda (FEVI) es el parámetro más comúnmente medido de función ventricular. La estimación global de la FEVI se puede determinar de una manera cualitativa y cuantitativa. Dentro de la manera cualitativa se encuentran los métodos en modo M, biplanar, triplanar, y volumétricos para medirla. Los valores normales para la FEVI están entre 56 a 78%. ⁴³⁻⁴⁶

El modelo geométrico más utilizado para medirla es el método biplano de Simpson modificado, utilizando la vista apical cuatro cámaras y dos cámaras del VI, este modelo calcula el volumen telediastólico del VI (VTDVI) y telesistólico del VI (VTSVI). La FEVI se puede calcular como:

$$\text{FEVI (\%)} = ((\text{VTDVI} - \text{VTSVI}) / \text{VTDVI}) \times 100$$

Existen varios métodos para determinar el cálculo exacto del volumen del VI. Uno de ellos es el método “bala”, el cual utiliza el área del eje corto del VI y la longitud del VI del eje largo mayor, tomados en vista cuatro cámaras. ⁴³⁻⁴⁶

$$\text{Volumen del VI} = 5/6 (\text{área eje corto VI}) \times (\text{longitud eje largo VI})$$

La determinación del volumen ventricular y la FE por este método se ha demostrado que se correlacionan bien con los parámetros medidos de forma invasiva de la función ventricular. ⁴³⁻⁴⁶

La detección de bordes automática (DBA) es una función tecnológica en algunos sistemas ecocardiográficos, que funciona como un método diferente para determinar la fracción de eyección. Utiliza la cuantificación acústica para diferenciar el miocardio de la acumulación de la sangre y por tanto permite una mejor visualización del borde endocárdico. Reportado con excelente correlación a otras mediciones invasivas y no invasivas de función ventricular, pero carece de datos en pacientes con enfermedad cardíaca congénita con geometría ventricular alterada. ⁴³⁻⁴⁶

MASA VENTRICULAR IZQUIERDA

La masa del VI se puede calcular utilizando varias metodologías ecocardiográficas. El principio unificador detrás de todas estas ediciones es restar el volumen de la cavidad del VI del volumen abarcado por el epicardio del VI, dejando una “cáscara” de volumen de músculo miocárdico que puede ser convertida a la masa del VI por factorización en la gravedad específica de miocardio. ⁴³⁻⁴⁶

Devereux y colegas en 1986 describieron una fórmula en modo M para derivar la masa del VI mediante la dimensión de eje corto del VI:

$$1,04 ((\text{DIVI} + \text{GPP} + \text{GPSI})^3 - \text{DIVI}^3) \times 0,8 + 0,6\text{gr}$$

Donde 1,04 es la gravedad específica del miocardio, DIVI es la dimensión interna del VI, GPP es el grosor de la pared posterior, GPSI es el grosor de la pared septal interventricular y 0,8 es un factor de corrección. ⁴³⁻⁴⁶

Los dos enfoques bidimensionales más comunes incluyen la longitud de área y los métodos elipsoides truncados. Ambas metodologías usan una vista de eje corto del VI a nivel de los músculos papilares y una vista apical de cuatro cámaras para medir la longitud de eje largo. La masa del VI es calculada utilizando las dimensiones del VI y los espesores de pared al final de la diástole. ⁴³⁻⁴⁶

PARÁMETROS DOPPLER DE LA FUNCIÓN SISTÓLICA VENTRICULAR IZQUIERDA

La evaluación ecocardiográfica de la disfunción sistólica está basada principalmente en medidas unidimensionales del acortamiento del VI o medidas bidimensionales de cambio de volumen del VI que a menudo son difíciles de evaluar en pacientes con geometría ventricular distorsionada. Las medidas Doppler de la función ventricular global han sido reportadas que son una medida potencialmente más reproducible y sensible de la función ventricular. ⁴³⁻⁴⁶

ÍNDICE DE RENDIMIENTO MIOCÁRDICO (ÍNDICE TEI)

El índice de rendimiento miocárdico (InRM) es una medida cuantitativa derivada de Doppler de la función ventricular global que incorpora los intervalos de tiempo tanto sistólico como diastólico. ⁴³⁻⁴⁶

El InRM se define como la suma del tiempo de contracción isovolumétrica (TCI) y el tiempo de relajación isovolumétrica (TRI), divididas por el tiempo de eyección (TE):

$$\text{InRM} = (\text{TCI} + \text{TRI})/\text{TE}$$

Los componentes de este índice son medidos a partir de señales Doppler de onda pulsada en la válvula auriculoventricular (AV) y el tracto de salida ventricular ya sea del ventrículo izquierdo o derecho. Para obtener el resultado de la suma de TCI + TRI, se mide el intervalo Doppler entre el cese y el inicio de la señal de entrada de la válvula AV y a este se resta el tiempo de eyección tomado con Doppler pulsado en el tracto de salida ventricular. ⁴³⁻⁴⁶

En adultos los valores normales del InRM del VI y del VD son $0,39 \pm 0,05$ y $0,28 \pm 0,04$ respectivamente. En niños los valores normales normales para el VI y el VD son $0,35 \pm 0,03$ y $0,032 \pm 0,03$ respectivamente. Los valores crecientes del InRM se correlacionan con grados crecientes de disfunción ventricular global. ⁴³⁻⁴⁶

El InRM ha demostrado ser un predictor con sensible de los resultados en pacientes adultos y pediátricos con enfermedad cardíaca adquirida y congénita. ⁴³⁻⁴⁶

Debido a que el InRM incorpora medidas del rendimiento tanto sistólico como diastólico, este índice es una medida temprana más sensible de la disfunción ventricular en la ausencia de otros cambios evidentes en los índices ecocardiográficos sistólicos o diastólicos aislados. ⁴³⁻⁴⁶

El InRM tiene limitaciones significativas. Se ve afectado por cambios en las condiciones de carga y tiene una variación paradójica con alta presión de llenado o regurgitación severa de la válvula semilunar. Además, este índice no consigue discriminar fácilmente entre las anomalías del rendimiento sistólico o diastólico. ⁴³⁻⁴⁶

EVALUACIÓN ECOCARDIOGRÁFICA DE LA FUNCIÓN VENTRICULAR SISTÓLICA REGIONAL.

IMAGENOLÓGÍA BIDIMENSIONAL

La ecocardiografía transtorácica como la transesofágica en modo bidimensional permiten evaluar las anomalías regionales del movimiento de la pared ventricular.

43-46

Este método realiza una evaluación cualitativa, observando el movimiento de la pared, se reporta anormal en caso de observar un engrosamiento sistólico reducido y una excursión del endocardio hacia el interior disminuida en algunos de los segmentos ventriculares. ⁴³⁻⁴⁶

En este método se evalúan los 17 segmentos del ventrículo izquierdo reportados por la Sociedad Americana de ecocardiografía. Se realiza en vista cuatro, tres y dos cámaras apical y en eje corto ventricular medio, apical y basal. En el eje corto ventricular tercio medio y basal se facilita esta evaluación al observar los 6 segmentos principales: anterior, anteroseptal, anterolateral, inferior, inferoseptal e inferolateral. ⁴³⁻⁴⁶

La evaluación cualitativa se describe de forma normal, hipocinético (disminución del engrosamiento sistólico), acinético (ausencia de engrosamiento sistólico) o discinético (adelgazamiento paradójico). ⁴³⁻⁴⁶

EVALUACIÓN DE LA FUNCIÓN DIASTÓLICA EN EL PACIENTE PEDIÁTRICO

Una evaluación completa del desempeño diastólico del ventrículo por Doppler debe incluir el análisis de las señales de flujo a través de la válvula AV y el sistema venoso proximal correspondiente (ya sea venas pulmonares para el VI, o venas sistémicas para el VD). ⁴³⁻⁴⁶

El instrumento de ultrasonido debe fijarse a la frecuencia más baja y con el volumen de muestra más pequeño posible (por Doppler pulsado). Esto maximizará la resolución de la velocidad del flujo lateral y axial. ⁴³⁻⁴⁶

El filtrado de baja velocidad se utiliza para eliminar los artefactos de movimiento del tejido. Estos filtros deben ser de inferiores con Doppler pulsado (200 a 600 Hertz) a diferencia del Doppler continuo (800 a 1200 Hertz). ⁴³⁻⁴⁶

El haz del Doppler debe estar alineado lo más paralelo posible con el flujo percibido, esta alineación es posible con previo mapeo con Doppler de flujo a color. ⁴³⁻⁴⁶

Para la evaluación de la válvula AV, el volumen de muestra de onda pulsada se sitúa entre las puntas de las valvas de la válvula abierta, esto coloca el volumen de la muestra “debajo” del anillo de la válvula AV medida, en un punto dentro del tracto de entrada ventricular proximal. ⁴³⁻⁴⁶

En muchos pacientes, la vista apical en cuatro cámaras no es la mejor toma para grabar la señal de la válvula AV. De hecho, para la válvula mitral la mejor vista para lograr una adecuada alineación es el apical eje largo “dos cámaras”, esto es porque el flujo mitral normal se dirige un poco lateral y posteriormente hacia el ápex cardíaco. Esta dirección de flujo se vuelve mas pronunciada en el corazón dilatado. ⁴³⁻⁴⁶

La válvula tricúspide puede ser mejor evaluada en la vista paraesternal eje largo, rotando el transductor de forma medial y con angulación inferior, aquí se produce una vista de flujo de “entrada tricuspídea”. ⁴³⁻⁴⁶

Las mediciones de flujo venoso central deben hacerse dentro de la vena, no en la unión de la vena y aurícula receptora. ⁴³⁻⁴⁶

La señal de flujo de entrada de la válvula mitral se divide en componentes temprano (onda E) y auricular (onda A) en el punto donde la curva de velocidad de flujo mesodiastólica cambia de una pendiente negativa a una positiva se denomina velocidad E - a - A. ⁴³⁻⁴⁶

La señal de flujo de la vena pulmonar es realizada en el punto donde la curva flujo - velocidad cambia pendiente. Los flujos sistólicos ocurren antes y los flujos diastólicos ocurren después de que la pendiente cambie. ⁴³⁻⁴⁶

La duración de la reversión auricular de la vena pulmonar (RAVP) se mide desde el inicio hasta el cese de flujo invertido que ocurre después de la onda P en el electrocardiograma grabado al mismo tiempo. ⁴³⁻⁴⁶

Los cambios de presión intratorácica asociados con la respiración normal alteran marcadamente el llenado del ventrículo derecho, por tanto se recomienda que la evaluación de los patrones de flujo se hagan al final de la espiración. ⁴³⁻⁴⁶

La respiración tiene menos efecto sobre el llenado del VI, por ello es conveniente promediar tres valores de al menos tres señales consecutivas. ⁴³⁻⁴⁶

El flujo de entrada mitral representa el gradiente de presión diastólica entre la aurícula izquierda y el ventrículo izquierdo. La onda E representa el pico del gradiente de presión de la AI al VI, en el inicio de la diástole. El tiempo de desaceleración de la onda E mitral refleja el período de tiempo necesario para la igualación de la presión de AI y VI. La onda A representa el gradiente de presión máxima en el inicio de la contracción auricular. Lo normal es una onda E dominante, una onda A más pequeña y una proporción de ondas E y A entre 1,0 y 3,0. ⁴³⁻⁴⁶

El Doppler venoso pulmonar combinado con Doppler de flujo de entrada mitral, proporcionan una evaluación más exhaustiva de las presiones del llenado de la AI y del VI. El flujo de entrada venoso pulmonar consiste en tres ondas Doppler distintas: onda sistólica (onda S), onda diastólica (onda D) y onda de inversión con contracción auricular (onda Ar). En adolescentes y adultos el patrón característico normal consiste en onda S dominante con onda D de menor tamaño y onda Ar pequeña de baja velocidad y corta duración. En recién nacidos y niños pequeños, consiste en onda D dominante y onda Ar breve de baja velocidad o ausente. ⁴³⁻⁴⁶

Cuando existe disfunción diastólica del VI la presión del VI aumenta, ocasionado un flujo de avance sistólico de las venas pulmonares a la AI disminuido con flujo de avance diastólico incrementado, resultando en una onda D dominante, y onda Ar con incremento en su velocidad y duración. ⁴³⁻⁴⁶

Un factor predictivo de elevación de la presión del llenado del VI es encontrar una onda Ar mayor de 30 ms de duración comparada con la onda A mitral, o una proporción entre onda Ar pulmonar y onda A mitral mayor a 1,2. ⁴³⁻⁴⁶

Las manifestaciones Doppler de la disfunción diastólica son tomadas como una continuación de patrones de llenado, gradualmente cambiantes, empezando con lo normal y terminando con el patrón restrictivo irreversible. Es posible moverse con el tiempo a un patrón mas o menos severo. La terapia exitosa puede llevar al paciente a mostrar un grado menor de disfunción, y la progresión de la enfermedad a un patrón mas severo. ⁴³⁻⁴⁶

Por lo tanto se pueden identificar cuatro “grados” de disfunción sistólica. El llenado normal puede ser pensado como disfunción grado 0. ⁴³⁻⁴⁶

La disfunción grado 4 (llenado restrictivo irreversible) implica un cambio permanente en la función ventricular. ⁴³⁻⁴⁶

La relajación anormal se considera como grado 1, esta anomalía inicial observada en la mayoría de las formas de enfermedad cardiaca, y la distensibilidad ventricular suele ser todavía normal, esta relajación es común en trastornos que producen hipertrofia miocárdica. ⁴³⁻⁴⁶

La velocidad de la onda E es reducida, y la velocidad de la onda A es dominante, con una relación E/A < 1,0. ⁴³⁻⁴⁶

La relajación ventricular diastólica se hace más lenta, resultando en prolongación de la relajación isovolumétrica, expresado con prolongación en el tiempo de desaceleración de la onda E mitral. ⁴³⁻⁴⁶

La velocidad de la onda D venosa disminuye en paralelo con la onda E, con un ligero aumento de la onda S, la onda Ar permanece generalmente normal. ⁴³⁻⁴⁶

En la disfunción diastólica grado 2, encontramos una transición de la etapa temprana/leve de relajación anormal a una disfunción diastólica más avanzada. La onda E se incrementa debido a la creciente presión auricular, causada por el deterioro de la función diastólica (distensibilidad ventricular reducida), este aumento “restaura” el gradiente de flujo de la válvula AV y crea un patrón de flujo de entrada normal, con una relación E/A normal, lo que conduce a una expresión de “seudonormalización”, que a diferencia de la disfunción grado 0 podemos observar una inversión de flujo auricular en la vena central, expresando una onda Ar grande y larga (velocidad mayor al 95% de límite de confianza y onda Ar con velocidad mayor de 20ms que la onda A de la VM). ⁴³⁻⁴⁶

Esto es asociado con un deterioro diastólico moderado elevación de la presión auricular moderada y aumento de la presión ventricular telediastólica. ⁴³⁻⁴⁶

El grado 4, presenta un llenado restrictivo. Donde se muestra una onda E de alta velocidad con tiempo de desaceleración acortado y un llenado ventricular adicional pequeño con la contracción auricular (onda A pequeña). ⁴³⁻⁴⁶

Los flujos venosos centrales están disminuidos en la sístole debido al aumento de la presión auricular media (onda S pequeña). Las velocidades del flujo diastólico tempranas se incrementan debido al flujo de la presión venosa elevada “precipitándose para cruzar la válvula AV cuando se abra, pero la duración del flujo diastólico es reducida, lo que manifiesta una onda E abreviada y una distensibilidad ventricular reducida. La inversión de la Ar se vuelve mas prominente y mayor que la onda A de la VM (superior a 30 ms). Tanto el grado 3 como el 4 de disfunción diastólica se caracterizan por patrones de llenado restrictivo. La diferencia entre estas etapas está en la reversibilidad. El paciente que tiene un llenado restrictivo y mejora con el tratamiento inicialmente tendría un grado 3, y el que mantiene su estado restrictivo a pesar de todos los tratamientos se clasifica como disfunción grado 4 (restrictivo irreversible). ⁴³⁻⁴⁶

La disfunción diastólica puede preceder a la aparición de disfunción sistólica. Existen limitaciones y desventajas en la evaluación Doppler de la función ventricular diastólica, una de ellas es que en pacientes con ritmos irregulares es difícil analizar ya que se requiere la longitud de ciclo cardíaco “emparejada” cuando se comparan las variables de flujo de la válvula AV y venosa. Los ritmos de la unión o ventriculares hacen a las evaluaciones inválidas que dependen de la contracción auricular. ⁴³⁻⁴⁶

Otra de las desventajas es que este tipo de evaluación está influenciado por la variación de la precarga ventricular, las condiciones de carga de volumen reducido (ayuno, uso de diuréticos) pueden hacer que la disfunción sea menos grave. Como resultado, nosotros sólo podemos establecer que la función diastólica es normal o anormal si las condiciones de carga son normales. Por el contrario, si la carga es anormal (especialmente si hay cargas de volumen aumentadas presentes), entonces solo evaluamos las presiones de llenado diastólico y no la función miocárdica subyacente. ⁴³⁻⁴⁶

Algunos defectos cardíacos congénitos hacen difícil la evaluación diastólica, por ejemplo la estenosis de la válvula AV (sea mitral o tricuspídea) hacen esta evaluación inválida. La regurgitación significativa en las válvulas AV, puede alterar el flujo sistólico de las venas centrales, en estos casos se debe confiar en los patrones de flujo de la válvula AV y reversiones auriculares venosas. Otra patología son los defectos auriculares amplios y con función biventricular ya que se reflejará el ventrículo de mayor cumplimiento. Y por último los pacientes con mala ventana transtorácica que no se pueda obtener señales óptimas, se tendrá que declarar que el estudio no es adecuado para la evaluación de la función diastólica. ⁴³⁻⁴⁶

IMAGEN DE DOPPLER TEJIDO (TDI)

La imagen por TDI es especialmente adecuada para la evaluación cuantitativa de la función diastólica del VI. Las velocidades diastólicas anulares temprana (aT), como tardía (aTa) se pueden obtener fácilmente con este método. ⁴³⁻⁴⁶

Las diferencias en velocidades diastólicas existen entre el subendocardio y subepicardio, desde la base cardiaca hasta el ápice y entre varios segmentos de pared del miocardio. ⁴³⁻⁴⁶

Se han reportado estudios que reportan una excelente correlación entre la velocidad diastólica anular mitral temprana y medidas invasivas simultáneas de la función diastólica por cateterismo cardíaco. Las velocidades diastólicas anulares tempranas, parecen ser menos sensibles a los cambios en la precarga ventricular. ⁴³⁻⁴⁶

Hasta la fecha un número de estudios ecocardiográficos transtorácicos se han realizado en niños para establecer los valores normales de referencia de velocidades Doppler tejido. ⁴³⁻⁴⁶

La propagación del flujo del llenado diastólico temprano desde el anillo mitral a la punta del corazón se puede cuantificar mediante ecocardiografía en modo M a color, que a diferencia del Doppler de flujo de entrada mitral, esta velocidad de propagación ha demostrado ser menos afectada por los cambios en la frecuencia cardíaca, la presión de la AI y las condiciones de carga, y por lo tanto refleja con más precisión los cambios en la relajación miocárdica. Ea/Vp ha demostrado ser un predictor significativo de la falla cardíaca congestiva y resultado en pacientes después de un infarto al miocardio. También este método permite distinguir un patrón normal de flujo de entrada mitral de uno pseudonormalizado. ⁴³⁻⁴⁶

VOLUMEN AURICULAR IZQUIERDO (VAI).

Se ha identificado como un marcador de aumento crónico de la presión de llenado del VI y es un predictor clínicos de resultados cardiovasculares adversos en pacientes con patología cardíaca. ⁴³⁻⁴⁶

Existen varios métodos para medir el VAI, incluyendo el método biplano de área-longitud, método de elipse oblonga, método Simpson biplano, etc. ⁴³⁻⁴⁶

El área máxima de la AI es planimetrada al final de la sístole ventricular, justo antes de la apertura de la válvula mitral en vistas apical cuatro cámaras y dos cámaras. Hay que excluir la confluencia de las venas pulmonares y el apéndice de la AI. La longitud de la AI se mide en cada uno de estos planos ortogonales utilizando una línea perpendicular desde el punto medio del plano del anillo mitral a la cara superior de la pared mitral a la cara superior de la pared libre de la AI. El VAI se calcula como sigue:

$$\text{VAI} = 0,85 ((\text{área de cuatro cámaras de la AI}) \times (\text{área bicameral de la AI})) / \text{Longitud de la AI medida más corta.} \quad ^{43-46}$$

El VAI es más comúnmente referenciado al área de superficie corporal. El rango normal del VAI en adultos es de 22 +/- 6ml/m². ⁴³⁻⁴⁶

EVALUACIÓN DE LA FUNCIÓN VENTRICULAR DERECHA

Función Sistólica del Ventrículo Derecho.

La función sistólica del VD ha sido evaluada usando múltiples métodos, como el TAPSE, el FA del VD en bidimensional, la fracción de eyección (FE) 2D del VD, la FE tridimensional (3D) del VD, la velocidad tisular sistólica lateral del anillo tricuspídeo derivada del Doppler (S'), y la deformación longitudinal (strain), y la velocidad a la cual se produce dicha deformación (strain rate). Entre estos parámetros, la mayoría de estudios han demostrado la validez y utilidad clínica del

IRMVD, el TAPSE, el FA del VD en bidimensional, y la onda S' del anillo tricuspídeo. A pesar de que la FE 3D VD parece ser más fidedigna y con pocos errores de reproducibilidad, hay datos insuficientes a este momento que demuestren su valor clínico.⁴³⁻⁴⁶

El IRMVD brinda un índice de la función global del VD. Un IRMVD mayor a 0.4 por Doppler pulsado y mayor a 0.55 por Doppler tisular indica disfunción del VD. Midiendo el tiempo de contracción isovolumétrica (TCIV), el tiempo de relajación isovolumétrica (TRIV), y el tiempo eyectivo (TE) en el espectro del Doppler tisular pulsado del anillo tricuspídeo lateral, se evitan los errores relacionados a la variabilidad de la frecuencia cardíaca. El IRMVD puede ser falsamente bajo en condiciones asociadas con elevación de la presión en la AD, lo cual va a disminuir el TRIV.⁴³⁻⁴⁶

El TAPSE se obtiene fácilmente y es una medida de la función longitudinal del VD. Un TAPSE menor a 16 mm indica disfunción sistólica del VD en adultos, y en el paciente pediátrico varía por la edad. Se mide a nivel del anillo tricuspídeo lateral. A pesar de que solo mide la función longitudinal, ha mostrado buena correlación con técnicas que estiman la función sistólica global del VD.⁴³⁻⁴⁶

La FAc por bidimensional (expresado como porcentaje) brinda una estimación de la función sistólica del VD. Una FAc menor al 35% indica disfunción sistólica del VD. Es importante asegurarse que la totalidad del VD está en la vista, incluyendo el ápex y la pared lateral, tanto en sístole como en diástole. Se debe tener cuidado de excluir las trabéculas al trazar el área del VD.⁴³⁻⁴⁶

La onda S' es fácil de medir, fiable y reproducible. Si la velocidad de la onda S' es menor a 10 cm/s, hay disfunción sistólica del VD. La velocidad de la onda S' ha demostrado correlacionar bien con otras medidas globales de función sistólica del VD. Es importante tratar de mantener tanto el segmento basal como el anillo alineados con el cursor del Doppler para evitar errores.⁴³⁻⁴⁶

EVALUACIÓN DE LA FUNCIÓN DIASTÓLICA DEL VENTRÍCULO DERECHO

La evaluación de la función diastólica del VD se obtiene por Doppler pulsado del flujo de entrada tricuspídeo, Doppler tisular del anillo tricuspídeo lateral, Doppler pulsado de las venas hepáticas, y mediciones del tamaño y colapsabilidad de la vena cava inferior. Los parámetros de referencia en el paciente pediátrico varían de acuerdo a la edad. Entre ellos, la relación E/A, el tiempo de deceleración, la relación E/e' y el tamaño de la AD son de los recomendados. Es de notar que estos parámetros deben ser obtenidos al final de la espiración, respirando tranquilamente, o con un promedio de 5 o más latidos consecutivos, aunque esto puede no ser tan válido en presencia de regurgitación tricuspídea significativa. ⁴³⁻⁴⁶

CLASIFICACIÓN DE LA FUNCIÓN DIASTÓLICA DEL VD.

Una relación E/A tricuspídea menor a 0.8 sugiere relajación alterada; una relación E/A de 0.8 a 2.1 con una relación E/e' mayor a 6 o flujo diastólico predominante en las venas hepáticas sugiere llenado pseudonormalizado; y una relación E/A mayor a 2.1 con un tiempo de deceleración menor a 120 ms sugiere llenado restrictivo.

⁴³⁻⁴⁶

ANTECEDENTES

La geometría del ventrículo izquierdo y la función biventricular ha sido ampliamente estudiada en pacientes con ERC en adultos, sin embargo es poco conocida en el paciente pediátrico.

En el 2015 en un estudio publicado por Yen - Wen Liu y colaboradores concluyeron que los parámetros ecocardiográficos son predictores de pronóstico en pacientes con ERC, sugiriendo que la ecocardiografía juega un papel fundamental en la evaluación de la morfología y funciones cardíacas en pacientes con ERC. ²⁵

En el 2014 el ISSSTE realizó un estudio en el Hospital Dr. Darío Fernández Fierro donde se invitó a participar a 29 pacientes adultos, 16 pacientes en diálisis peritoneal y 13 pacientes en hemodiálisis. En cuanto a la clase funcional, el 90% de los pacientes en programa de diálisis peritoneal presentaba una clase II de la NYHA, 10% una clase III de la NYHA y los pacientes en programa de hemodiálisis 61.5% presentaba una clase II de NYHA, 23.1% clase III de la NYHA y 15.4% una clase IV de NYHA. En las variables ecocardiográficas los pacientes en diálisis peritoneal tuvieron FEVI media de $65.39\% \pm 7.7$ y masa miocárdica media de $122.3 \text{ g} \pm 44.2$. Los paciente en hemodiálisis tuvieron FEVI media de $61.23\% \pm 14.4$ y una masa miocárdica media de $182.6 \text{ g} \pm 52.2$. ⁴⁷

Un estudio australiano realizó el seguimiento de 129 pacientes con ERC terminal) evidenciando que la velocidad diastólica tisular sumó un valor pronóstico independiente de los parámetros clínicos mostró que la relación E/e' es un índice especialmente interesante para el diagnóstico de la disfunción diastólica avanzada. ⁴⁸

Un estudio con 125 candidatos al trasplante renal demostró que la relación $E/E' > 15$ fue predictor independiente del aumento de la presión diastólica del VI y se asoció a una mayor mortalidad general en este grupo ⁴⁹

Otro estudio, que abordó a 220 individuos con ERC terminal con un seguimiento de cuatro años, concluyó que la relación $E/E' > 15$ fue predictor independiente de mortalidad general y cardiovascular, adicionando más información pronóstica, además de los datos clínicos bioquímicos, masa ventricular y función sistólica.⁵⁰

En el 2012 se realizó un estudio en el Instituto Materno Infantil del Estado de México, 19 pacientes participaron en el estudio, la edad media de los pacientes fue de 13 años con un rango de nueve a 17 años, 50% eran mujeres y 50% hombres. El 41.6% de los pacientes estudiados tenían un tiempo de evolución de uno a dos años y sólo dos pacientes con una evolución mayor de cuatro años. En la función ventricular se encontró alteración en la fracción de eyección en 25% de los pacientes, en la mayoría de los pacientes la función diastólica estaba limítrofe. Se midió la presión sistólica de la arteria pulmonar encontrándose normal en 50%, hipertensión arterial ligera en 16.6%; e hipertensión arterial pulmonar (HAP) severa en 33.4% Se valoró la relación llenado ventricular izquierdo con relación E-A, y sólo en siete pacientes (58%) se encontró alteración en el llenado diastólico. Como hallazgo en tres pacientes (25%) se reportaron cardiopatías congénitas: tipo comunicación interauricular, comunicación interventricular y aorta bivalva. Se encontró hipertrofia ventricular izquierda en el 100% de los pacientes.⁵¹

La hipertrofia del ventrículo izquierdo es un parámetro comúnmente afectado en estos pacientes, encontrándose hasta del 50 al 70% en pacientes en etapas avanzadas.²⁵

En el 2013 en la Universidad de Cambridge se realizó un estudio para evaluar la función diastólica en los pacientes pediátricos con insuficiencia renal crónica, el objetivo del estudio fue Comparar la ecocardiografía convencional y Doppler tisular, para detectar disfunción diastólica del VI, evaluar la reproducibilidad intraobservador de ambos tipos de mediciones e identificar posibles factores de riesgo relacionados con el tratamiento de la disfunción diastólica en niños con enfermedad renal en etapa terminal. Concluyó que hasta la fecha, la relación E/a , medida mediante ecocardiografía convencional, se ha utilizado generalmente para

evaluar la función diastólica del ventrículo izquierdo. Sin embargo, este método tiene varias limitaciones, ya que está directamente influenciado por la presión auricular izquierda y la precarga. Esto es especialmente importante para los pacientes en diálisis debido a su estado de hidratación anormal. Las mediciones de Doppler tisular son relativamente independientes de las condiciones de carga y, por lo tanto, pueden ser superiores a la ecocardiografía convencional para detectar la disfunción diastólica en pacientes con enfermedad renal terminal.⁵²

JUSTIFICACIÓN

MAGNITUD

A nivel mundial se ha observado un aumento significativo en el número de reporte de casos de pacientes pediátricos con enfermedad renal crónica. En México se estima que existen entre 3000 a 6000 niños con este problema, tomando la incidencia en países desarrollados que es del 20 al 25%. Una de las principales complicaciones en estos pacientes son las enfermedades cardiovasculares secundarias que pueden estar presentes en un 24 al 37% en niños con ERC en estadio 5, estas complicaciones cardiovasculares son la principal causa de muerte en pacientes jóvenes con enfermedad renal crónica de inicio de la infancia. En nuestro hospital se realizan un número aproximado de 6 a 8 trasplantes de riñón en el paciente pediátrico con ERC.

FACTIBILIDAD

El estudio fue factible ya que la Unidad Médica de Alta Especialidad (UMAE) Hospital de Pediatría, del Centro Médico Nacional de Occidente (CMNO), cuenta con el servicio de nefrología pediátrica quienes se encargaron de valorar pacientes con ERC, establecer su diagnóstico, clasificar su estadio de acuerdo a su función renal, dieron manejo médico al diagnóstico de base y complicaciones secundarias, y valoraron la necesidad de realizar el tratamiento definitivo con trasplante renal, una vez tomada esta decisión se inició el protocolo de trasplante renal en el cuál se enviaron a valoración de cardiología pediátrica donde se evaluó al paciente de forma clínica y con ecocardiográfica transtorácica.

TRASCENDENCIA

El detectar el estado de la función y geometría ventricular en el paciente pediátrico con enfermedad renal crónica ayuda a iniciar de forma temprana el manejo de protección cardiovascular además de programar al paciente con disfunción ventricular y cambios en la geometría al trasplante renal de forma oportuna y no llevarlos en un estado tardío donde posiblemente el trasplante renal no ayude a mejorar la función biventricular .

VULNERABILIDAD

La valoración previa al trasplante renal estará realizada con diferentes equipos ecocardiográficos como GE Vivid IQ, Siemens Acuson Prime S2000 y Philips iE33, los cuáles por proveedor varían en el resultado del valor del SLG. Además de ser un estudio de corto tiempo para su elaboración por lo que la adquisición de pacientes es baja.

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál es la geometría y función ventricular en el paciente pediátrico con enfermedad renal crónica previo al trasplante renal evaluado por ecocardiografía transtorácica básica?

HIPÓTESIS

Existe una remodelación con disfunción sistólica y/o diastólica ventricular en el paciente pediátrico con enfermedad renal crónica previo al tratamiento definitivo de trasplante renal.

OBJETIVO GENERAL

Determinar la función y geometría ventricular en el paciente pediátrico con enfermedad renal crónica previo al trasplante renal, con ecocardiografía transtorácica básica.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Evaluar la correlación entre los cambios en la geometría ventricular y la función sistólica y/o diastólica ventricular.
2. Evaluar la correlación entre los signos clínicos de insuficiencia cardíaca y la disfunción sistólica y/o diastólica ventricular.
3. Comparar la función ventricular y cambios geométricos de los pacientes con diálisis peritoneal contra pacientes con hemodiálisis.
4. Comparar la función ventricular y cambios geométricos de los pacientes por grupos de edad
5. Comparar la función ventricular y cambios geométricos de los pacientes por tiempo de evolución con el tratamiento sustitutivo renal.
6. Evaluar la correlación entre todos los parámetros ecocardiográficos y la disfunción sistólica y/o diastólica ventricular.

MATERIAL Y MÉTODOS

Diseño de investigación del estudio

Estudio transversal analítico.

Universo de estudio

Pacientes pediátricos de la consulta externa de cardiología pediátrica de la UMAE, Hospital de Pediatría, CMNO

Población de estudio

Pacientes pediátricos con enfermedad renal crónica, en protocolo prequirúrgico de trasplante renal en el Hospital de pediatría del Centro Médico Nacional de Occidente.

CRITERIOS DE SELECCIÓN

Criterios de inclusión:

- Pacientes de 2-18 años con diagnóstico de enfermedad renal crónica en protocolo prequirúrgico de trasplante renal.

Criterios de no inclusión:

- Pacientes pediátricos menores de 2 años de edad en protocolo prequirúrgico de trasplante renal.
- Pacientes mayores de 18 años en protocolo prequirúrgico de trasplante.
- Pacientes con mala ventana transtorácica que imposibilite la realización de mediciones necesarias.

Tamaño de muestra

Fórmula para correlación en un grupo, donde se plantea encontrar correlación alrededor del 0.4, con nivel de significación de 0.05 y poder del 80%.

$$n = 3 + \frac{K}{C^2}$$

$$C^2$$

$$\text{Donde } K = (Z\alpha + Z\beta)^2$$

$$C = 0.5 \ln \frac{(1+r)}{(1-r)}$$

$$(1-r)$$

$$N = 3 + \frac{6.2}{0.424^2} = 3 + \frac{6.2}{0.179} = 3 + 34.5 = 37.5$$

$$0.424^2 \quad 0.179$$

$$N = 38 \text{ pacientes}$$

VARIABLES

VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	TIPO DE VARIABLE	ESCALA	UNIDAD DE MEDICIÓN	ANÁLISIS ESTADÍSTICO
Género	Hombre o mujer	Cualitativa	Nominal	1.- Femenino 2.- Masculino	Frecuencias, porcentajes
Edad	Años cumplidos al momento de la evaluación	Cualitativa	Ordinal	Grupos de edad: 1. entre 2 y 5 años 2. entre 6 y 9 años 3. entre 10 y 14 años 4. entre 15 y 18 años	Frecuencias, porcentajes
ERC K/DOQI V	Daño renal, estructural o funcional, que permanece por tres o más meses Y una velocidad de filtración glomerular < 15 ml/min/1.73m ² SC	Cualitativa	Nominal	1.- Si 2.- No	Frecuencias, porcentajes
Tratamiento sustitutivo	Tratamiento de reemplazo renal	Cualitativa	Nominal	1.- Diálisis Peritoneal 2.- Hemodiálisis	Frecuencias, porcentajes
Transplante Renal	Tratamiento definitivo de la ERC K/DOQI V, con colocación de injerto renal	Cualitativa	Nominal	1.- Si 2.- No	Frecuencias, porcentajes
TAPSE	Medición por modo M del desplazamiento sistólico anular tricuspídeo indexado por la edad del paciente	Cualitativa	Nominal	Valor determinado por z score según la edad y SCT del paciente: 1. Normal 2. Disfunción sistólica el VD	Frecuencias, porcentajes

Velocidad y gradiente de insuficiencia tricuspídea	Medición de la velocidad pico y gradiente de insuficiencia tricuspídea por doppler continuo	Cuantitativa	Continua	Centímetros	Media, desviación estándar
FEVI	Medición volumétrica del ventrículo izquierdo, tomada por método de Simpson biplanar y/o Teicholz en vista eje corto ventricular, obtenido con la siguiente fórmula: (VTDVI - VTSVI) / VTDVI X 100	Cualitativa	Nominal	1. Normal.- 55 - 78% 2. Disfunción.- <55%	Frecuencias, porcentajes
FAC del VI	Medición del diámetro de la ventricular izquierdo, en vista eje corto ventricular, obtenido con la siguiente fórmula: (DTDVI - DTSVI / DTDVI) X 100	Cualitativa	Nominal	1. Normal.- 28 - 44% 2. Disfunción.- <28%	Frecuencias, porcentajes
Acortamiento del área fraccional del vd	Medición del diámetro de la ventricular derecho, en vista eje corto ventricular, obtenido con la siguiente fórmula: (Área TDVD - Área TSVD / Área TDVD) X 100	Cualitativa	Nominal	1. Normal.- 35 - 44% 2. Disfunción.- <35%	Frecuencias, porcentajes
InRM del VI	Medición de los tiempos de contracción isovolumétrica (TCI) y el relajación isovolumétrica (TRI), medido en válvula mitral con PW, divididas por el tiempo de eyección (TE), medido en TSVI con PW, obtenido con fórmula: (TCI + TRI)/TE	Cualitativa	Nominal	1. Normal.- 0,35 ± 0,03% 2. Disfunción.- > 0,38%	Frecuencias, porcentajes

InRM del VD	Medición de los tiempos de contracción isovolumétrica (TCI) y el relajación isovolumétrica (TRI), medido en válvula tricúspide con PW, divididas por el tiempo de eyección (TE), medido en TSVD con PW, obtenido con formula: (TCI + TRI)/TE	Cualitativa	Nominal	1. Normal.- 0,32 ± 0,03% 2. Disfunción.- > 0,35%	Frecuencias, porcentajes
GRP	Grosor relativo de la pared ventricular, con la siguiente formula: (PPVI) 2 / DDVI	Cuantitativa	Continua	Centímetros	Media, desviación estándar
Masa del VI	Calculo de la masa ventricular izquierda por bidimensional o formula de Devereux: 1,04 ((DIVI + GPP + GPSI)3 - DIVI3) X 0,8 + 0,6gr	Cuantitativa	Continua	Centímetros	Media, desviación estándar
Geometría Ventricular	Valoración cuantitativa del GRP (PPVI X 2/ DDVI) y la masa ventricular medida de forma lineal (normal en hombres menor a 115 gr/m2, mujeres menor a 95 gr/m2) o bidimensional (normal en hombres menor a 102 gr/m2, mujeres menor a 88 gr/m2)	Cualitativa	Ordinal	1. Normal (GRP <0.42 + masa normal) 2. Remodelación concentrica (GRP >0.42 + masa normal) 3. Hipertrofia Excéntrica (GRP <0.42 + masa aumentada) 4. Hipertrofia Concéntrica (GRP >0.42 + masa aumentada)	Frecuencias, porcentajes

Movilidad segmentaria del ventrículo izquierdo	Valoración cualitativa del movimiento ventricular por segmentos, en vistas de eje corto ventricular medio, basal y 4 cámaras apical	Cualitativa	Ordinal	<ol style="list-style-type: none"> 1. normal 2. hipocinético (disminución del engrosamiento sistólico) 3. discinético (adelgazamiento paradójico) 4. acinético (ausencia de engrosamiento sistólico) 	Frecuencias, porcentajes
SLG	El promedio de la medición de la deformación subendocárdica en 4 cámaras y 2 cámaras por seguimiento en speckle tracking.	Cuantitativa	Continua	Número	Media, desviación estándar
Velocidad de la onda S' del anillo tricuspideo	Medición de la velocidad pico S' tricuspídeo al doppler tisular	Cualitativa	Nominal	<ol style="list-style-type: none"> 1. Normal.- > 10cm/seg 2. Disfunción sistólica.- < 10cm/seg 	Frecuencias, porcentajes
Función Diastólica del VD	Evaluación cuantitativa de los parámetros de función diastólica y función sistólica	Cualitativa	Nominal	<ol style="list-style-type: none"> 1. Normal. 2. Disfunción sí: <ul style="list-style-type: none"> • Relación E/A VT < a 0.8 • Relación E/A de 0.8 a 2.1 con una relación E/e' mayor a 6 • Relación E/A > a 2.1 con un tiempo de deceleración menor a 120 ms (restrictivo) 	Frecuencias, porcentajes
Velocidad de la onda E	Medición de la onda pico E mitral al doppler pulsado	Cuantitativa	Continua	<ol style="list-style-type: none"> 1. Disfunción sistólica.- < 10cm/seg 	Media, desviación estándar

Velocidad de la onda A	Medición de la onda pico A mitral al doppler pulsado	Cuantitativa	Continua	Centímetros/ segundos	Media, desviación estándar
Velocidad de desaceleración de la onda E	Medición de la velocidad en la pendiente de desaceleración de la onda E mitral al doppler pulsado	Cuantitativa	Continua	Centímetros/ segundos	Media, desviación estándar
Velocidad de la onda e' septal y lateral	Medición de la onda pico e' septal y lateral al doppler tisular	Cuantitativa	Continua	Centímetros/ segundos	Media, desviación estándar
Relación E/A	Índice entre la velocidad de la onda E mitral / onda A mitral al doppler continuo	Cuantitativa	Continua	Número	Media, desviación estándar
Relación E/e'	Índice entre la velocidad de la onda E mitral al doppler continuo/ la relación entre la onda e' septal y lateral al doppler tisular	Cuantitativa	Continua	Número	Media, desviación estándar
VAI	0,85 ((área de cuatro cámaras de la AI) X (área bicameral de la AI))/ Longitud de la AI medida más corta	Cualitativa	Nominal	1. Normal.- 22 ± 6 ml/m ² 2. Disfunción.- > 34 ml/m ²	Frecuencias, porcentajes

Función Diastólica del VI	Evaluación cuantitativa de los parámetros de función diastólica y función sistólica	Cualitativa	Ordinal	<p>1. Normal</p> <p>2. Disfunción diastólica del VI. (Si existe una disfunción sistólica ó Mas de 2 parámetros alterados siguientes):</p> <ul style="list-style-type: none"> • E/e' >14 • Velocidad septal e' < 7 cm/s o velocidad lateral e' <10cm/2 • velocidad de IT >2.8m/2 • VAI indexado >34 ml/m2 	Frecuencias, porcentajes
Mortalidad	Ausencia de signos vitales	Cualitativa	Nominal	<p>Defunción:</p> <p>1.- Si</p> <p>2.- No</p>	Frecuencias, porcentajes

Variable dependiente: Área fraccional del VD, Desplazamiento sistólico del anillo tricuspídeo (TAPSE), Onda S' del VD, Función diastólica del VD, Índice de rendimiento miocárdico del VD (InRM VD), Fracción de acortamiento del VI (FA) Fracción de eyección del Ventrículo izquierdo (FEVI), Índice de rendimiento miocárdico del VI (InRM VI), Geometría del ventrículo izquierdo, Movilidad segmentaria del ventrículo izquierdo, Strain Longitudinal Global (SLG), Volumen de aurícula izquierda (VAI). Función diastólica del VI.

Variable independiente: Estadio de la enfermedad renal cronica, Grupos de edad, Tiempo y Tipo de tratamiento sustitutivo

DESCRIPCIÓN Y DESARROLLO DEL TRABAJO

- Los pacientes fueron seleccionados en el área de consulta de cardiología una vez que fueron enviados por nefrología para inicio de protocolo de trasplante renal y otros fueron seleccionados en el área de hospitalización de nefrología previo a su trasplante renal.
- Se realizó una evaluación clínica completa y se llenó la hoja de autorización del estudio por los familiares de los pacientes.
- Posteriormente se realizó el ecocardiograma transtorácico completo y se llenó la hoja de recolección de datos
- Se vaciaron los resultados de la hoja de captura de datos en una base de datos de Excel y se concluyó con el análisis estadístico en el programa SPSS 22 para Mac

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

- Los resultados se sometieron a un análisis estadístico descriptivo e inferencial.
- **Estadística descriptiva:**
 - **Variables cualitativas:**
 - Frecuencias y proporciones.
 - **Variables cuantitativas:**
 - Medias y desviaciones estándar en caso de ser paramétrica.
 - Medianas y rangos si no son paramétricas.
 - **Correlación entre variables:**
 - Se utilizó Correlación con chi cuadrada para variables cualitativas y t de Student o U de Mann Whitney de acuerdo a la curva de distribución de datos.

- Se determinó la Correlación entre variables con correlación de Spearman o Pearson de acuerdo a la curva de distribución de datos.
- Se consideró una p estadísticamente significativa ≤ 0.05 , con un IC 95%.
- Todos estos cálculos se realizaron con el programa IBM SPSS versión 22 para Mac.

RECURSOS HUMANOS

- Tesista: Dr. Juan Carlos Tirado Alderete, Residente de Subspecialidad en Cardiología Pediátrica. Instituto Mexicano del Seguro Social. Unidad Médica de Alta Especialidad. Hospital de Pediatría. Centro Médico Nacional de Occidente. Matrícula: 98251826. Tel 7444856956 Correo electrónico: jc5_tirado@hotmail.com
- Dra. Paola Leticia Castro Santiago, Médico Cardiólogo Pediatra del servicio de Cardiología Pediátrica, UMAE Hospital de Pediatría, CMNO, del Instituto Mexicano del Seguro Social. Matrícula: 991414459. Tel 3312550418 Correo electrónico paos_c@yahoo.com
- Dr. Juan Carlos Barrera de León. Médico pediatra neonatólogo. Matrícula 10147039. Educación e Investigación en salud. UMAE hospital de pediatría CMNO: Belisario Domínguez 735 col Independencia. Tel 3331378280

RECURSOS FINANCIEROS

- Los gastos generales para realizar este protocolo, se cubrirán por el investigador principal y el tesista. Además se cuenta con los recursos otorgados para el proyecto eje de la investigadora principal, del cual se deriva este, obtenidos en la convocatoria de financiamiento para protocolos de investigación en salud 2015 con número FIS/IMSS/PROT/G15/1475.

RECURSOS MATERIALES

- Computadora, impresora, calculadora, hojas blancas, lápiz, y diverso material de oficina.
- Ecocardiógrafos GE Vivid Q, Siemens Acuson Prime S2000 y Philips iE33, con transductor pediátrico y de adulto según el equipo para realizar ecocardiograma en modalidad bidimensional, unidimensional o modo M, Doppler continuo, Doppler pulsado, Doppler color, Imagen por Doppler Tisular, Speckle Tracking y Strain, disponible en UMAE Hospital de Pediatría CMNO, del departamento de Cardiología Pediátrica.
- Software: Microsoft Office 2016 (Word, Excel), Pages y Numbers. Sistema IOs para Mac. Programa estadístico IBM SPSS versión 22 para Mac.

ASPETOS ÉTICOS

El protocolo se evaluará por el Comité de Investigación de la UMAE Hospital de Pediatría de Centro Médico Nacional de Occidente (CLIES 1302), conforme a los lineamientos de la Ley General de Salud. En correspondencia con el artículo 17, inciso 1, del Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación, el presente estudio se clasifica como una investigación con riesgo mínimo.

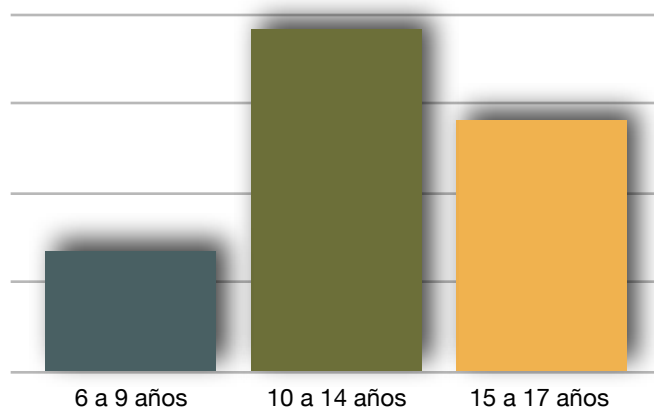
El desarrollo del estudio se llevó a cabo en cumplimiento de los principios de la Declaración de Helsinki de 1975, enmendada en 2013; las leyes y reglamentos del Código de la Ley General de Salud de investigación en seres humanos en México, en sus artículos XVI y XVII; los lineamientos internacionales para las buenas prácticas de la investigación clínica y la normatividad vigente en el Instituto Mexicano del Seguro Social. De igual manera se declaró que se respetaron cabalmente los principios contenidos en el Código de Núremberg, la enmienda de Tokio, el Informe Belmont y el Código de Reglamentos Federales de México (Regla Común).

RESULTADOS

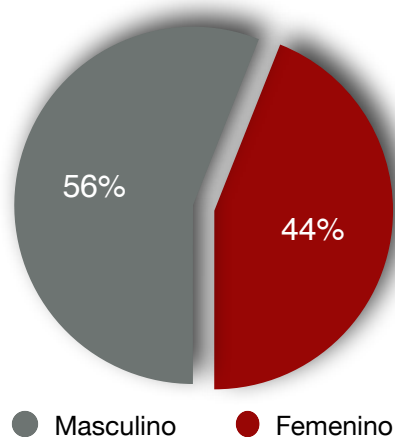
DATOS DE CONTINGENCIA CLÍNICA Y SOCIODEMOGRÁFICOS

Este estudio realizó s adquisición de datos durante los meses de septiembre del 2017 a enero del 2018, donde se incluyeron a 23 pacientes que cumplieron con los criterios de inclusión propuestos. Con rangos de edad entre 6 y 17 años, con una media de 12 años, divididos en grupos de edades de 6 a 9 años (17%), 10 a 14 años (48%) y 15 a 17 años (35%) (Gráfica 1), respecto al sexo, se presentaron 13 masculinos (56%) y 10 femeninos (44%) (Gráfica 2).

Gráfica 1. Distribución por grupos de edad en pacientes con ERC

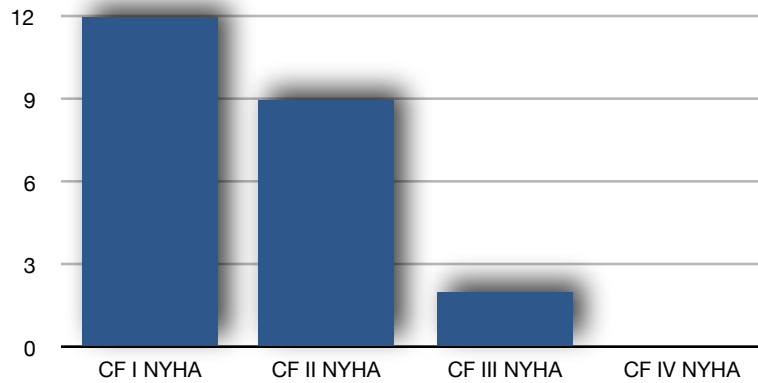


Gráfica 2. Distribución de género en pacientes con ERC



En cuanto a las características clínicas de los pacientes, en 23 (100%) de ellos no se encontró cardiopatía congénita estructural asociada a su patología renal. Los 23 (100%) pacientes se encontraron en un estadio V según la clasificación para la insuficiencia renal crónica por índice de filtración glomerular K/DOQUI. La clase funcional fue dividida según la clasificación para insuficiencia cardíaca de la NYHA, encontrando en clase funcional I a 12 (52%) pacientes, clase funcional II a 9 (39%) pacientes, clase funcional III a 2 (9%) pacientes y sin pacientes de clase funcional IV. (Gráfica 3)

Gráfica 3. Clase funcional en pacientes con ERC



Se realizó una división de los pacientes por tratamiento sustitutivo renal previo al trasplante renal, encontrando 13 (56%) en diálisis peritoneal y 10 (44%) en hemodiálisis y se clasificaron en grupos dependiendo del tiempo de evolución con dicho tratamiento sustitutivo, encontrando 6 (26%) pacientes con menos de 6 meses de evolución, 7 (30%) pacientes con evolución de 6 a 12 meses, 5 (21%) pacientes con evolución de 1 a 2 años y 5 (21%) pacientes con evolución mayor a dos años. (Gráfica 4) (Tabla1).

Gráfica 4. Pacientes divididos por tratamiento y tiempo de terapia sustitutiva

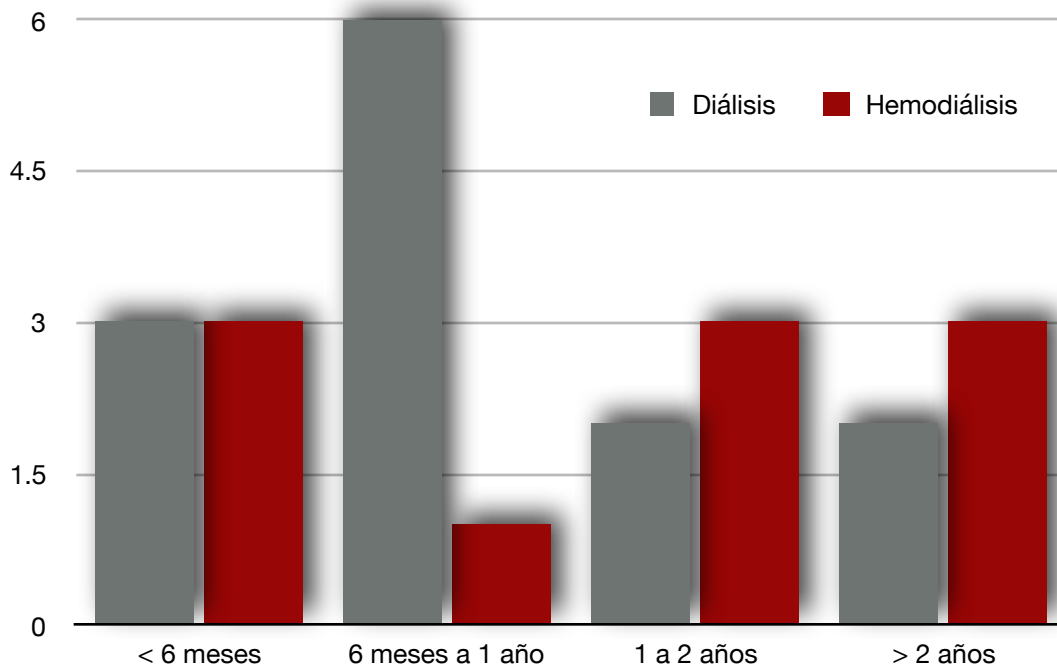


Tabla 1. Valores de contingencia clínica y descripción sociodemográfica en pacientes con ERC previos al trasplante renal, agrupados por tratamiento sustitutivo renal

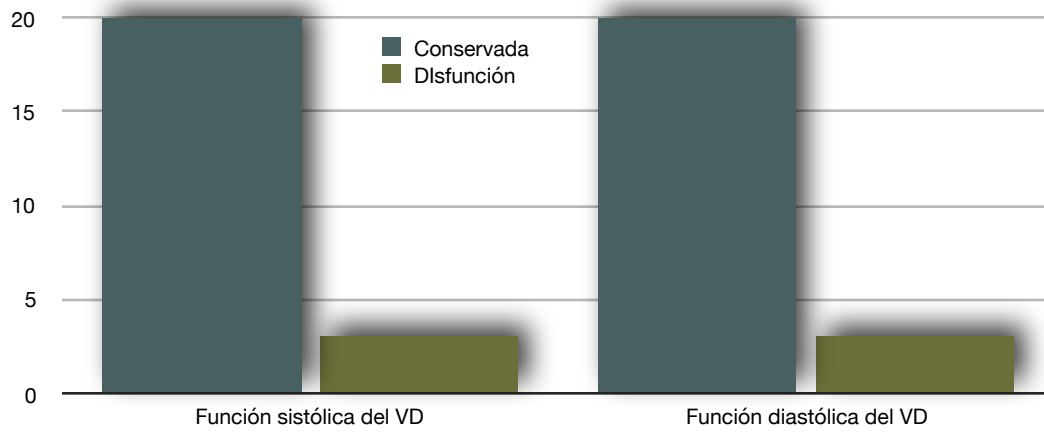
	Diálisis n=13	Hemodiálisis n=10	Valor de p
Edad en años, mediana (rango)	14 (6-17)	11.5 (7-16)	0.08
2-5 años, n (%)	0 (0)	0 (0)	
6-9 años, n (%)	2 (15)	2 (20)	
10-14 años, n (%)	4 (31)	7 (70)	
15-17 años, n (%)	7 (54)	1 (10)	
Sexo	-	-	0.08
Masculino, n (%)	7 (53)	6 (60)	
Femenino, n (%)	6 (47)	4 (40)	
K/DOQUI*	-	-	-
IV, n (%)	0 (0)	0 (0)	
V, n (%)	13 (100)	10 (100)	
Evolución con el tratamiento sustitutivo	-	-	0.30
< 6 meses, n (%)	3 (23)	3 (30)	
6-12 meses, n (%)	6 (47)	1 (10)	
1-2 años, n (%)	2 (15)	3 (30)	
> 2 años, n (%)	2 (15)	3 (30)	
Clase Funcional	-	-	0.09
I, n (%)	9 (69)	3 (30)	
II, n (%)	4 (31)	5 (50)	
III, n (%)	0 (0)	2 (20)	
IV, n (%)	0 (0)	0 (0)	
Cardiopatía Congénita Asociada	-	-	-
Si, n (%)	0 (0)	0 (0)	
No, n (%)	13 (100)	10 (100)	

Comparación de proporciones con chi cuadrada, comparación de medianas con U de mann Whitney.
 * K/DOQUI. Clasificación para la insuficiencia renal crónica por índice de filtración glomerular.
 ** ERC. Enfermedad Renal Crónica.

GEOMETRÍA Y FUNCIÓN VENTRICULAR

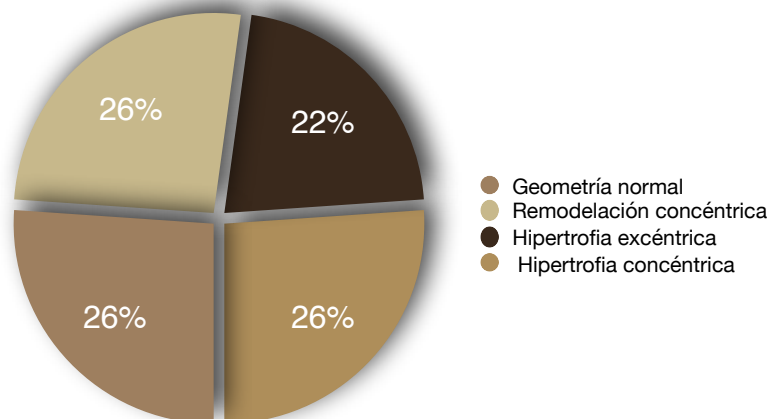
Dentro de la función ventricular derecha se observó una función sistólica normal en 20 (87%) pacientes y solo 3 (13%) pacientes con disfunción sistólica. La función diastólica del ventrículo derecho se encontró normal en 20 (87%) pacientes y 3 (13%) pacientes con disfunción diastólica. (Gráfica 5).

Gráfica 5. Función ventricular derecha en pacientes con ERC

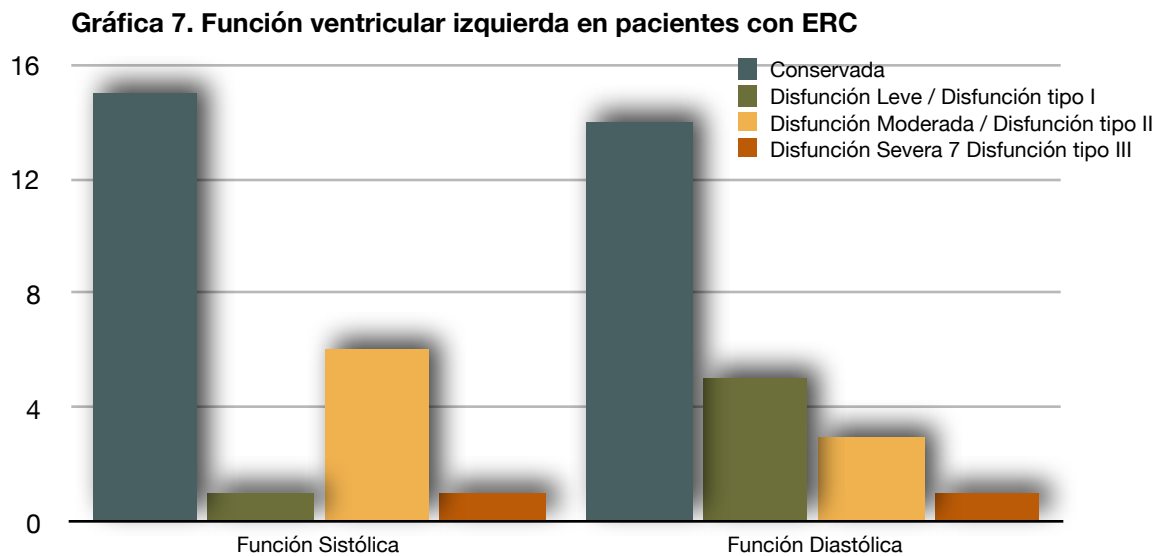


La geometría del ventrículo izquierdo se clasificó de acuerdo a la masa del ventricular y grosor de pared relativo encontrando una geometría normal en 6 (26%) pacientes, remodelación concéntrica en 6 (26%), hipertrofia excéntrica en 5 (22%) pacientes, hipertrofia concéntrica en 6 (26%) pacientes. (Gráfica 6).

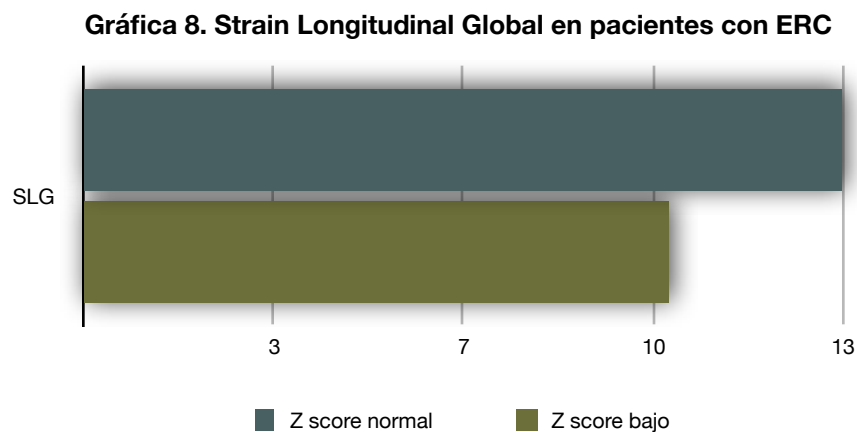
Gráfica 6. Geometría ventricular en pacientes con ERC



La función sistólica del ventrículo izquierdo se encontró normal en 15 (66%) pacientes, disfunción leve en 1 (4%) paciente, disfunción moderada en 6 (26%) y disfunción severa en 1 (4%) paciente. Se encontraron 14 (60%) pacientes con función diastólica del ventrículo izquierdo normal, 5 (22%) pacientes con disfunción tipo I, 3 (13%) pacientes con disfunción tipo II y 1 (4%) paciente con disfunción tipo III. (Gráfica 7)



El strain longitudinal del ventrículo izquierdo se encontró con un Z score normal en 13 (56%) pacientes y con un Z score disminuido en 10 (44%) pacientes. (Gráfica 8)



Se realizó una comparación entre los dos grupos de tratamiento sustitutivo renal previos al trasplante renal (diálisis y hemodiálisis) de los parámetros ecocardiográficos principalmente afectados en estos pacientes, como la geometría del ventrículo izquierdo ($p = 0.18$), función sistólica del ventrículo izquierdo ($p = 0.34$), función diastólica del ventrículo izquierdo ($p = 0.01$), movilidad segmentaria del ventrículo izquierdo ($p = 0.71$). Strain Longitudinal Global ($p = 0.58$), función diastólica del ventrículo derecho ($p = 0.03$), función sistólica del ventrículo derecho ($p = 0.03$) e índice cardíaco ($p = 0.17$). (Tabla 2).

Tabla 2. Tabla comparativa de las principales alteraciones morfológicas y funcionales cardíacas en pacientes con ERC* previos al trasplante renal, divididos por tratamiento

	Diálisis n=13	Hemodiálisis n=10	Valor de p
<i>Geometría del Ventrículo Izquierdo</i>	-	-	0.18
Conservada, n (%)	5 (38)	1 (10)	
Remodelación concéntrica, n (%)	3 (23)	3 (30)	
Hipertrofia excéntrica, n (%)	1 (8)	4 (40)	
Hipertrofia concéntrica, n (%)	4 (31)	2 (20)	
<i>Función Sistólica del Ventrículo Izquierdo</i>	-	-	0.34
Conservada, n (%)	10 (77)	5 (50)	
Disfunción Leve, n (%)	0 (0)	1 (10)	
Disfunción moderada, n (%)	3 (23)	3 (30)	
Disfunción severa, n (%)	0 (0)	1 (10)	
<i>Función Diastólica del Ventrículo Izquierdo</i>	-	-	0.01
Conservada, n (%)	11 (84)	3 (30)	
Disfunción tipo I, n (%)	1 (8)	4 (40)	
Disfunción tipo II, n (%)	0 (0)	3 (30)	
Disfunción tipo III, n (%)	1 (8)	0 (0)	
<i>Movilidad Segmentaria del VI</i>	-	-	0.71
Normal, n (%)	7 (54)	3 (30)	
Hipocinesia Leve-moderada, n (%)	3 (23)	4 (40)	
Hipocinesia severa, n (%)	1 (8)	1 (10)	
Hipocinesia con zonas de acinesia, n (%)	2 (15)	2 (20)	

	Diálisis n=13	Hemodiálisis n=10	Valor de p
SLG** VI	-	-	0.58
Normal, n (%)	8 (62)	5 (50)	
Anormal, n (%)	5 (38)	5 (50)	
Función Sistólica del Ventriculo Derecho	-	-	0.03
Conservada, n (%)	13 (100)	7 (70)	
Disfunción Sistólica, n (%)	0 (0)	3 (30)	
Función Diastólica del Ventriculo Derecho	-	-	0.03
Conservada, n (%)	13 (100)	7 (70)	
Disfunción Sistólica, n (%)	0 (0)	3 (30)	
Indice Cardíaco	-	-	0.17
< 2.6, n (%)	1 (8)	4 (40)	
2.6 - 4.2, n (%)	10 (77)	5 (50)	
> 4.2, n (%)	2 (15)	1 (10)	

Comparación de proporciones con chi cuadrada
* ERC. Enfermedad Renal Cronica.
** SLG. Strain Longitudinal Global

Así mismo se realizó un análisis estadístico comparativo por los grupos de edad, según la geometría ventricular ($p = 0.13$), función sistólica del ventrículo izquierdo ($p = 0.22$), función diastólica del ventrículo izquierdo ($p = 0.32$), movilidad segmentaria del ventrículo izquierdo ($p = 0.03$), strain longitudinal global ($p = 0.63$), función sistólica del ventrículo derecho ($p = 0.15$), función diastólica del ventrículo derecho ($p = 0.15$). (Tabla 3).

Tabla 3. Tabla comparativa de las principales alteraciones morfológicas y funcionales cardíacas en pacientes con ERC* previos al trasplante renal, divididos por tratamiento

	6 a 9 años n = 4	10 a 14 años n = 11	15 a 17 años n = 8	Valor de p
Geometría del Ventriculo Izquierdo	-	-	-	0.13
Normal, n (%)	3 (75)	1 (9)	2 (25)	
Remodelación concéntrica, n (%)	1 (25)	2 (18)	3 (38)	
Hipertrofia excéntrica, n (%)	0 (0)	3 (28)	2 (25)	
Hipertrofia concéntrica, n (%)	0 (0)	5 (45)	1 (12)	

	6 a 9 años n = 4	10 a 14 años n = 11	15 a 17 años n = 8	Valor de p
<i>Función Sistólica del Ventrículo Izquierdo</i>	-	-	-	0.22
Conservada, n (%)	4 (100)	4 (37)	7 (88)	
Disfunción Leve, n (%)	0 (0)	1 (9)	0 (0)	
Disfunción moderada, n (%)	0 (0)	5 (45)	1 (12)	
Disfunción severa, n (%)	0 (0)	1 (9)	0 (0)	
<i>Función Diastólica del Ventrículo Izquierdo</i>	-	-	-	0.32
Conservada, n (%)	3 (75)	4 (37)	7 (88)	
Disfunción tipo I, n (%)	1 (25)	3 (27)	1 (12)	
Disfunción tipo II, n (%)	0 (0)	3 (27)	0 (0)	
Disfunción tipo III, n (%)	0 (0)	1 (9)	0 (0)	
<i>Movilidad Segmentaria del VI</i>	-	-	-	0.03
Normal, n (%)	4 (100)	2 (18)	4 (50)	
Hipocinesia Leve-moderada, n (%)	0 (0)	3 (27)	4 (50)	
Hipocinesia severa, n (%)	0 (0)	2 (18)	0 (0)	
Hipocinesia con zonas de acinesia, n (%)	0 (0)	4 (37)	0 (0)	
<i>SLG** VI</i>	-	-	-	0.63
Z score normal, n (%)	2 (50)	6 (55)	6 (75)	
Z score anormal, n (%)	2 (50)	5 (45)	2 (25)	
<i>Función Sistólica del Ventrículo Derecho</i>	-	-	-	0.15
Conservada, n (%)	4 (100)	8 (72)	8 (100)	
Disfunción Sistólica, n (%)	0 (0)	3 (28)	0 (0)	
<i>Función Diastólica del Ventrículo Derecho</i>	-	-	-	0.15
Conservada, n (%)	4 (100)	8 (72)	8 (100)	
Disfunción Sistólica, n (%)	0 (0)	3 (28)	0 (0)	

Comparación de proporciones con chi cuadrada
* ERC. Enfermedad Renal Crónica.
** SLG. Strain Longitudinal Global

El tiempo de evolución ha sido un factor importante en el desarrollo de cardiopatía secundaria a la patología renal, por tal motivo se realizó una comparación entre el tiempo de evolución con la terapia sustitutiva renal y los principales factores alterados como la clase funcional ($p = 0.00$), la geometría ventricular ($p = 0.00$), función

sistólica del ventrículo izquierdo ($p = 0.01$), función diastólica del ventrículo izquierdo ($p = 0.02$), strain longitudinal global ($p = 0.03$), función sistólica del ventrículo derecho ($p = 0.67$), función diastólica del ventrículo derecho ($p = 0.67$), presión pulmonar ($p = 0.43$), insuficiencia mitral ($p = 0.05$), insuficiencia aórtica ($p = 0.14$) e insuficiencia pulmonar ($p = 0.10$) (Tabla 4).

Tabla 4. Tabla comparativa de las principales alteraciones morfológicas y funcionales cardíacas en pacientes con ERC*, divididos por tiempo de tratamiento sustitutivo renal.

	< 6 meses n = 6	6-12 meses n = 7	1-2 años n = 5	≥ 2 años n = 5	Valor de p
Clase Funcional	-	-	-	-	0.00
I, n (%)	5 (83)	5 (71)	2 (40)	0 (0)	
II, n (%)	1 (17)	2 (29)	1 (20)	5 (100)	
III, n (%)	0 (0)	0 (0)	2 (40)	0 (0)	
IV, n (%)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	
Geometría del Ventrículo Izquierdo	-	-	-	-	0.30
Normal, n (%)	3 (50)	2 (29)	0 (0)	1 (20)	
Anormal, n (%)	3 (50)	5 (71)	5 (100)	4 (80)	
Función Sistólica del Ventrículo Izquierdo	-	-	-	-	0.01
Conservada, n (%)	5 (83)	7 (100)	1 (20)	2 (40)	
Disfunción Sistólica, n (%)	1 (17)	0 (0)	4 (80)	3 (60)	
Función Diastólica del Ventrículo Izquierdo	-	-	-	-	0.02
Conservada, n (%)	4 (66)	7 (100)	1 (20)	2 (40)	
Disfunción Diastólica, n (%)	2 (34)	0 (0)	4 (80)	3 (60)	
SLG** VI	-	-	-	-	0.03
Z score normal, n (%)	3 (50)	7 (100)	1 (20)	2 (40)	
Z score anormal, n (%)	3 (50)	0 (0)	4 (80)	3 (60)	
Función Sistólica del Ventrículo Derecho	-	-	-	-	0.67
Conservada, n (%)	5 (83)	7 (100)	4 (80)	4 (80)	
Disfunción Sistólica, n (%)	1 (17)	0 (0)	1 (20)	1 (20)	
Función Diastólica del Ventrículo Derecho	-	-	-	-	0.67
Conservada, n (%)	5 (83)	7 (100)	4 (80)	4 (80)	
Disfunción Diastólica, n (%)	1 (17)	0 (0)	1 (20)	1 (20)	

	< 6 meses n = 6	6-12 meses n = 7	1-2 años n = 5	≥ 2 años n = 5	Valor de p
Presión Pulmonar	-	-	-	-	0.43
Normal, n (%)	4 (66)	6 (85)	3 (60)	2 (40)	
Hipertensión, n (%)	2 (34)	1 (15)	2 (40)	3 (60)	
Insuficiencia Mitral	-	-	-	-	0.05
Si, n (%)	1 (17)	1 (15)	3 (60)	4 (80)	
No, n (%)	5 (83)	6 (85)	2 (40)	1 (20)	
Insuficiencia Aórtica	-	-	-	-	0.14
Si, n (%)	0 (0)	0 (0)	1 (20)	2 (40)	
No, n (%)	6 (100)	7 (100)	4 (80)	3 (60)	
Insuficiencia Pulmonar	-	-	-	-	0.10
Si, n (%)	1 (17)	0 (0)	2 (40)	3 (60)	
No, n (%)	5 (83)	7 (100)	3 (60)	2 (40)	

Comparación de proporciones con chi cuadrada
* ERC. Enfermedad Renal Crónica.
** SLG. Strain Longitudinal Global

PARÁMETROS ECOCARDIOGRÁFICOS

Una vez concluido el análisis de las variables clínicas y ecocardiográficas tomadas por edad, tipo de tratamiento sustitutivo y tiempo de evolución con el tratamiento se realizó un análisis estadístico de cada uno de los parámetros ecocardiográficos evaluados.

Se hizo una correlación de la función ventricular dividiéndola en conservada con 15 (65%) pacientes y disfunción sistólica con 8 (45%) pacientes, englobando en disfunción los pacientes con disfunción leve, moderada y severa, con las variables cualitativas como geometría ventricular dividiendo solo en normal y anormal ($p = 0.03$) y la función diastólica dividiéndola en conservada y disfunción ($p = 0.00$) la cual incluyó la disfunción tipo I, II y III. También se realizó la comparación con valores numéricos como el índice de esfericidad ($p = 0.08$), FEVI ($p = 0.00$), fracción de acortamiento (0.00), Tiempo de relajación isovolumétrica ($p = 0.01$), IRM ($p = 0.05$), Strain Longitudinal Global ($p = 0.00$), todas agrupadas de acuerdo al Z score. (Tabla 5)

Tabla 5. Comparación de la función sistólica entre los parámetros cualitativos y cuantitativos ecocardiográficos del ventrículo izquierdo.

	Conservada n = 15	Disfunción n = 8	Valor de p
Geometría	-	-	0.03
Normal, n (%)	6 (40)	0 (0)	
Anormal, n (%)	9 (60)	8 (100)	
Índice de Esfericidad, mediana (rango)	(0.47 a 0.68)	(0.58 a 0.77)	0.08
< 0.70, n (%)	15 (100)	6 (75)	
> 0.70, n (%)	0 (0)	2 (25)	
FEVI*, mediana (rango)	(55 a 72%)	(23 a 50%)	0.00
< 53 %, n (%)	0 (0)	8 (100)	
≥ 53 %, n (%)	15 (100)	0 (0)	
Fracción de Acortamiento, mediana (rango)	(22 a 43%)	(16 a 29%)	0.00
< 28 %, n (%)	1 (7)	6 (75)	
≥ 28 %, n (%)	14 (93)	2 (25)	
TRIV**, mediana (rango)	(-0.27 a 3.76)	(2.34 a 5.17)	0.01
< -2, n (%)	0 (0)	0 (0)	
-2 a 2, n (%)	5 (33)	0 (0)	
> 2, n (%)	10 (67)	8 (100)	
IRM***, mediana (rango)	(0.49 a 13.4)	(2.97 a 13.5)	0.05
< -2, n (%)	0 (0)	0 (0)	
-2 a 2, n (%)	6 (40)	0 (0)	
> 2, n (%)	9 (60)	8 (100)	
SLG****, mediana (rango)	(-4.51 a 3.09)	(-7.67 a -1.36)	0.00
< -2, n (%)	2 (13)	7 (87)	
-2 a 2, n (%)	12 (80)	1 (13)	
> 2, n (%)	1 (7)	0 (0)	
Función Diastólica	-	-	0.00
Conservada, n (%)	13 (87)	1 (13)	
Anormal, n (%)	2 (13)	7 (87)	

Comparación de proporciones con chi cuadrada, comparación de medianas con U de mann Whitney.
 * FEVI. Función Sistólica del Ventrículo Izquierdo
 ** TRIV. Tiempo de relajación isovolumétrica
 *** IRM. Índice de rendimiento miocárdico
 **** SLG. Strain Longitudinal Global

La función diastólica del ventrículo izquierdo se dividió en conservada con 14 (60%) pacientes y disfunción con 9 (40%) pacientes, englobando en este grupo a los que presentaban disfunción diastólica tipo I, II y III. Se comparó con variables numéricas como Relación E/A mitral ($p = 0.27$), Onda e' lateral ($p = 0.00$), Onda e' septal ($p = 0.00$), Relación E/e' lateral ($p = 0.00$), Relación E/e' medial ($p = 0.00$), Tiempo de relajación isovolumétrica ($p = 0.00$), Índice de rendimiento miocárdico ($p = 0.00$), Strain Longitudinal Global ($p = 0.00$), todas estas variables agrupadas de acuerdo al Z score. Además de una variable cualitativa como el volumen auricular indexado ($p = 0.10$). (Tabla 6)

Tabla 6. Comparación de la función diastólica entre los parámetros cualitativos y cuantitativos ecocardiográficos del ventrículo izquierdo.

	Conservada n = 14	Disfunción n = 9	Valor de p
Relación E/A, mediana (rango)	(-1.87 a 1.89)	(-2.65 a 0.70)	0.27
< -2, n (%)	14 (0)	2 (22)	
-2 a 2, n (%)	0 (0)	7 (78)	
> 2, n (%)	0 (0)	0 (0)	
Onda e' lateral, mediana (rango)	(-2.26 a 0.70)	(-3.71 a -2.12)	0.00
< -2, n (%)	2 (14)	9 (100)	
-2 a 2, n (%)	12 (86)	0 (0)	
> 2, n (%)	0 (0)	0 (0)	
Onda e' septal, mediana (rango)	(-2.32 a -0.37)	(-4.04 a -1.73)	0.00
< -2, n (%)	2 (14)	8 (89)	
-2 a 2, n (%)	12 (86)	1 (11)	
> 2, n (%)	0 (0)	0 (0)	
Relación E/e' lateral, mediana (rango)	(-1.58 a 2.60)	(1.29 a 7.60)	0.00
< -2, n (%)	0 (0)	0 (0)	
-2 a 2, n (%)	12 (86)	1 (11)	
> 2, n (%)	2 (14)	8 (89)	
Relación E/e' medial, mediana (rango)	(0.13 a 2.51)	(0.66 a 10.11)	0.00
< -2, n (%)	0 (0)	0 (0)	
-2 a 2, n (%)	12 (86)	1 (11)	
> 2, n (%)	2 (14)	8 (89)	

	Conservada n = 14	Disfunción n = 9	Valor de p
TRIV*, mediana (rango)	(-0.27 a 3.20)	(2.34 a 5.17)	0.00
< -2, n (%)	0 (0)	0 (0)	
-2 a 2, n (%)	5 (36)	0 (0)	
> 2, n (%)	9 (64)	9 (100)	
IRM**, mediana (rango)	(0.49 a 13.40)	(3.38 a 13.5)	0.00
< -2, n (%)	0 (0)	0 (0)	
-2 a 2, n (%)	6 (43)	0 (0)	
> 2, n (%)	8 (57)	9 (100)	
Volumen auricular izquierdo indexado	-	-	0.10
< 34 ml/m2, n (%)	12	5	
≥ 34 ml/m2, n (%)	2	4	
SLG***, mediana (rango)	(-5.05 a 3.09)	(-7.67 a -1.36)	0.00
< -2, n (%)	2 (14)	7 (78)	
-2 a 2, n (%)	11 (79)	2 (22)	
> 2, n (%)	1 (7)	0 (0)	
> 2, n (%)	1 (7)	0 (0)	

Comparación de proporciones con chi cuadrada, comparación de medianas con U de mann Whitney.
* TRIV. Tiempo de relajación isovolumétrica
** IRM. Índice de rendimiento miocárdico
*** SLG. Strain Longitudinal Global

La función sistólica del ventrículo derecho fue comparada con variables numéricas como el TAPSE ($p = 0.03$), Acortamiento fraccional del ventrículo derecho ($p = 0.00$), onda s' tricuspídea ($p = 0.00$) y el índice de rendimiento miocárdico ($p = 0.40$) todas estas variables agrupadas de acuerdo al Z score. y la variable cualitativa de función diastólica ($p = 0.00$) (Tabla 7)

Tabla 7. Comparación de la función sistólica entre parámetros cualitativos y cuantitativos ecocardiográficos del ventrículo derecho.

	Normal n = 20	Disfunción n = 3	Valor de p
TAPSE*, mediana (rango)	(-1.87 a 6.89)	(-5.14 a 1.49)	0.03
< -2, n (%)	0 (0)	2 (66)	
-2 a 2, n (%)	18 (90)	1 (34)	
> 2, n (%)	2 (10)	0 (0)	
Acortamiento Fraccional, mediana (rango)	(33 a 56%)	(16 a 36%)	0.00
< 35%, n (%)	1 (5)	2 (66)	
≥ 35%, n (%)	19 (95)	1 (34)	
Onda s', mediana (rango)	(-1.70 a 2.30)	(-2.49 a -1.89)	0.00
< -2, n (%)	0 (0)	2 (66)	
-2 a 2, n (%)	18 (90)	1 (34)	
> 2, n (%)	2 (10)	0 (0)	
IRM**, mediana (rango)	(-0.96 a 5.77)	(1 a 3.98)	0.40
< -2, n (%)	0 (0)	0 (0)	
-2 a 2, n (%)	13 (65)	1 (34)	
> 2, n (%)	7 (35)	2 (66)	
Función Diastólica, mediana (rango)	-	-	0.00
Normal, n (%)	20 (100)	0 (0)	
Anormal, n (%)	0 (0)	3 (100)	

Comparación de proporciones con chi cuadrada, comparación de medianas con U de mann Whitney.
 * TAPSE. Desplazamiento sistólico del anillo tricuspídeo
 ** IRM. Índice de rendimiento miocárdico

La función diastólica del ventrículo derecho fue comparada con la relación E/A tricuspídea ($p = 0.03$), Onda e' tricuspídea ($p = 0.00$), relación E/e' tricuspídea ($p = 0.00$) y el índice de rendimiento miocárdico ($p = 0.40$) todas estas variables agrupadas de acuerdo al Z score. (Tabla 8)

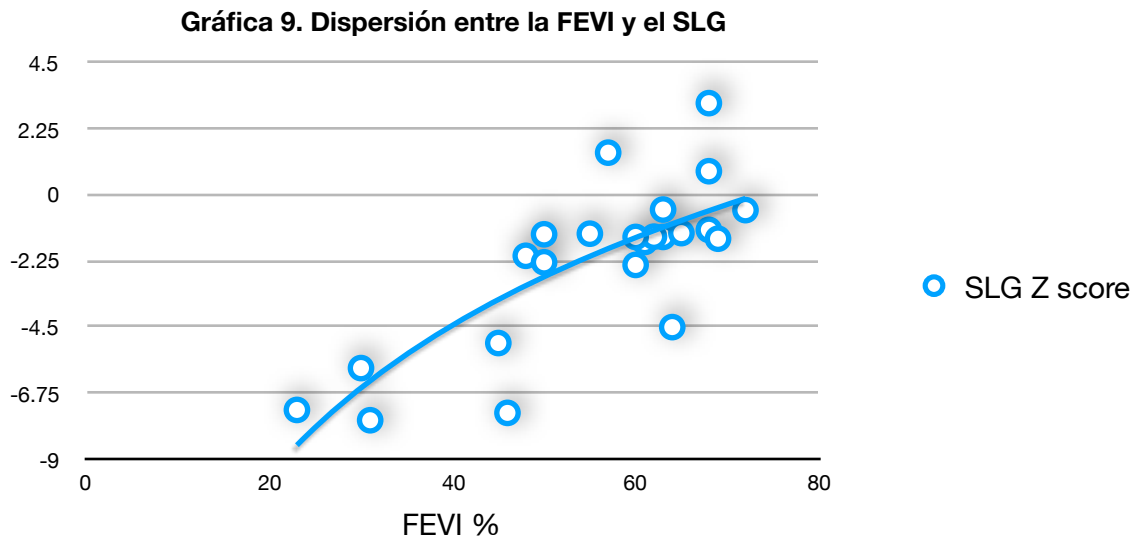
Tabla 8. Comparación de la función diastólica entre parámetros cualitativos y cuantitativos ecocardiográficos del ventrículo derecho.

	Normal n = 20	Disfunción n = 3	Valor de p
Relación E/A, mediana (rango)	(-1.74 a 1.76)	(-2.13 a -0.18)	0.03
< -2, n (%)	0 (0)	2 (66)	
-2 a 2, n (%)	20 (100)	1 (34)	
> 2, n (%)	0 (0)	0 (0)	
Onda e' lateral, mediana (rango)	(-2.75 a 3.39)	(-3.71 a -2.75)	0.00
< -2, n (%)	1 (5)	3 (100)	
-2 a 2, n (%)	18 (90)	0 (0)	
> 2, n (%)	1 (5)	0 (0)	
Relación E/e' lateral, mediana (rango)	(-1.82 a 4.19)	(2.79 a 4.20)	0.00
< -2, n (%)	0 (0)	0 (0)	
-2 a 2, n (%)	19 (95)	0 (0)	
> 2, n (%)	1 (5)	3 (100)	
IRM*, mediana (rango)	(-0.96 a 5.77)	(1.0 a 3.98)	0.40
< -2, n (%)	0 (0)	0 (0)	
-2 a 2, n (%)	13 (65)	1 (34)	
> 2, n (%)	7 (35)	2 (66)	

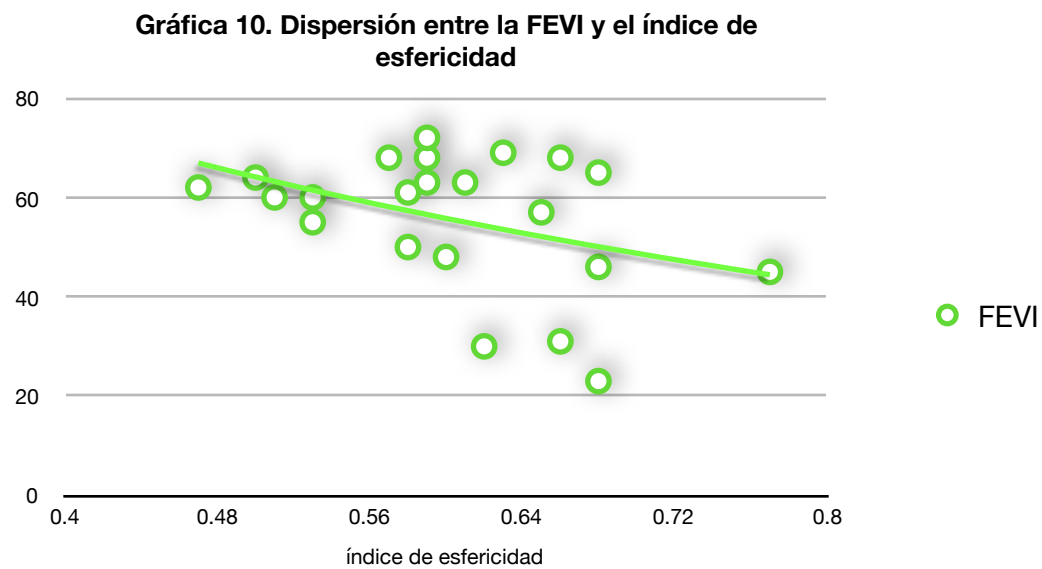
Comparación de proporciones con chi cuadrada, comparación de medianas con U de mann Whitney.

* IRM. Índice de rendimiento miocárdico

Se realizó un análisis entre la Fracción de eyección del ventrículo izquierdo y el Strain longitudinal global ($p = 0.03$) con una correlación de 0.73. (Gráfica 9).



Además se estudió la correlación de la función sistólica del ventrículo izquierdo y el índice de esfericidad ($p = 0.52$) y una correlación de 0.47. (Gráfica 10)



DISCUSIÓN

La geometría del ventrículo izquierdo y la función biventricular ha sido ampliamente estudiada en pacientes con ERC en adultos, sin embargo es poco conocida en el paciente pediátrico, por tal motivo se decidió realizar un análisis de estos pacientes.

En el 2015 en un estudio publicado por Yen - Wen Liu y colaboradores concluyeron que los parámetros ecocardiográficos son predictores de pronóstico en pacientes con ERC, sugiriendo que la ecocardiografía juega un papel fundamental en la evaluación de la morfología y funciones cardíacas en pacientes con ERC.²⁵ En nuestro estudio concordamos en que el estudio ecocardiográfico de los pacientes pediátricos con ERC es indispensable ya que la clínica no suele concordar con la geometría y función ventricular, además de que establece un posible valor pronóstico en estos pacientes.

En el 2014 el ISSSTE realizó un estudio en el Hospital Dr. Darío Fernández Fierro donde se invitó a participar a 29 pacientes adultos, 16 pacientes en diálisis peritoneal y 13 pacientes en hemodiálisis. En cuanto a la clase funcional, el 90% de los pacientes en programa de diálisis peritoneal presentaba una clase II de la NYHA, 10% una clase III de la NYHA y los pacientes en programa de hemodiálisis 61.5% presentaba una clase II de NYHA, 23.1% clase III de la NYHA y 15.4% una clase IV de NYHA. En nuestro estudio sin duda se encontró diferencia, los pacientes pediátricos se encontraron en una clase funcional I de la NYHA en un 52%, clase funcional II en 39% y clase funcional III en 9%, sin tener significancia estadística entre los grupos de diálisis peritoneal y hemodiálisis.

En el paciente adulto dentro de las variables ecocardiográficas los pacientes en diálisis peritoneal tuvieron FEVI media de $65.39\% \pm 7.7$ y masa miocárdica media de $122.3 \text{ g} \pm 44.2$. Los paciente en hemodiálisis tuvieron FEVI media de $61.23\% \pm 14.4$ y una masa miocárdica media de $182.6 \text{ g} \pm 52.2$.⁴⁷ En nuestro estudio se encontró una disfunción sistólica en el 34% de los pacientes con una significancia estadística para tener una disfunción en el grupo de hemodiálisis. La hipertrofia del

ventrículo izquierdo es un parámetro comúnmente afectado en estos pacientes, encontrándose hasta del 50 al 70% en pacientes en etapas avanzadas.²⁵ La geometría ventricular fue clasificada de forma diferente observando una geometría anormal en el 74% de los pacientes.

Un estudio australiano realizó el seguimiento de 129 pacientes con ERC terminal evidenciando que la velocidad diastólica tisular sumó un valor pronóstico independiente de los parámetros clínicos mostró que la relación E/e' es un índice especialmente interesante para el diagnóstico de la disfunción diastólica avanzada.⁴⁸ Un estudio con 125 candidatos al trasplante renal demostró que la relación $E/E' > 15$ fue predictor independiente del aumento de la presión diastólica del VI y se asoció a una mayor mortalidad general en este grupo.⁴⁹ Otro estudio, que abordó a 220 individuos con ERC terminal con un seguimiento de cuatro años, concluyó que la relación $E/E' > 15$ fue predictor independiente de mortalidad general y cardiovascular, adicionando más información pronóstica, además de los datos clínicos bioquímicos, masa ventricular y función sistólica.⁵⁰ Nuestro estudio concuerda con estos tres estudios realizados en el paciente adulto ya que se encontró una significancia estadística importante al comparar la relación E/e' media y lateral entre los pacientes con disfunción diastólica.

En el 2012 se realizó un estudio en el Instituto Materno Infantil del Estado de México, 19 pacientes participaron en el estudio, la edad media de los pacientes fue de 13 años con un rango de nueve a 17 años, 50% eran mujeres y 50% hombres. El 41.6% de los pacientes estudiados tenían un tiempo de evolución de uno a dos años y sólo dos pacientes con una evolución mayor de cuatro años. En la función ventricular se encontró alteración en la fracción de eyección en 25% de los pacientes, en la mayoría de los pacientes la función diastólica estaba limítrofe. Se midió la presión sistólica de la arteria pulmonar encontrándose normal en 50%, hipertensión arterial ligera en 16.6%; e hipertensión arterial pulmonar (HAP) severa en 33.4% Se valoró la relación llenado ventricular izquierdo con relación E-A, y sólo en siete pacientes (58%) se encontró alteración en el llenado diastólico. Como hallazgo en tres pacientes (25%) se reportaron cardiopatías congénitas: tipo

comunicación interauricular, comunicación interventricular y aorta bivalva. Se encontró hipertrofia ventricular izquierda en el 100% de los pacientes.⁵¹ A diferencia de este estudio, el nuestro fue realizado con un número mayor de pacientes, concordamos en que la edad media es de 13 a 14 años y nuestro rango fue de 6 a 17 años, no tuvimos diferencia importante en el porcentaje de sexo, encontramos un mayor número de pacientes con FEVI disminuida del 35% y con disfunción diastólica en un 40%, la hipertensión arterial pulmonar se encontró en el 35% de los pacientes y dentro de los hallazgos el 100% de nuestros pacientes no tuvieron cardiopatía congénita estructural asociada.

En el 2013 en la Universidad de Cambridge se realizó un estudio para evaluar la función diastólica en los pacientes pediátricos con insuficiencia renal crónica, el objetivo del estudio fue Comparar la ecocardiografía convencional y Doppler tisular, para detectar disfunción diastólica del VI, evaluar la reproducibilidad intraobservador de ambos tipos de mediciones e identificar posibles factores de riesgo relacionados con el tratamiento de la disfunción diastólica en niños con enfermedad renal en etapa terminal. Concluyó que hasta la fecha, la relación E / a, medida mediante ecocardiografía convencional, se ha utilizado generalmente para evaluar la función diastólica del ventrículo izquierdo. Sin embargo, este método tiene varias limitaciones, ya que está directamente influenciado por la presión auricular izquierda y la precarga. Esto es especialmente importante para los pacientes en diálisis debido a su estado de hidratación anormal. Las mediciones de Doppler tisular son relativamente independientes de las condiciones de carga y, por lo tanto, pueden ser superiores a la ecocardiografía convencional para detectar la disfunción diastólica en pacientes con enfermedad renal terminal.⁵² Nuestro estudio concuerda en que nuestros pacientes presentaron una mejor correlación entre el Z score de los valores obtenidos por imagen en doppler tisular como la Onda e' lateral, medial y la relación entre la Onda E/e' lateral y medial, sin tener una correlación significativa en la medición de la relación E/A de la válvula mitral.

Para finalizar, correlacionamos los distintos métodos de función sistólica ventricular izquierda con el strain longitudinal, encontrando significancia estadística ($p = 0.03$) y una correlación de 0.73.

La debilidad de nuestro trabajo deriva en que se trata de un estudio de corto plazo donde fue poco el tiempo para adquirir pacientes previos al trasplante renal y en que no solo se ocupó un solo equipo para la realización del Strain Longitudinal Global, variando en el reporte del mismo dependiendo del sistema utilizado.

Dentro de las fortalezas del estudio es que se incluyeron nuevas técnicas para evaluar la función y geometría ventricular poco reportadas en estudios previos sobretodo en el paciente pediátrico, además se hizo un estudio y análisis comparativo de los principales parámetros ecocardiográficos entre la edad, tipo de tratamiento sustitutivo y el tiempo de evolución con el mismo encontrando significancia estadística entre ellos, también se estudió la correlación entre los parámetros medidos y la disfunción biventricular lo cual es poco reportado en el paciente pediátrico.

CONCLUSIONES

- La asociación entre enfermedad renal crónica y cardiopatía congénita estructural es poco frecuente.
- Existe un porcentaje alto de pacientes con ERC y cambio en la geometría ventricular izquierda.
- No existe correlación en la geometría ventricular y el SLG entre el tipo de tratamiento sustitutivo, aunque sí existe correlación entre la disfunción ventricular sistólica del ventrículo izquierdo y disfunción sistólica y diastólica del ventrículo derecho en el tratamiento sustitutivo con hemodiálisis.
- No existe correlación significativa en la función biventricular y el SLG entre los grupos de edad
- No existe correlación entre la geometría ventricular y el tiempo de evolución con el tratamiento sustitutivo renal
- Existe una correlación significativa en la clase funcional, la función ventricular izquierda y el SLG entre el tiempo de evolución con el tratamiento sustitutivo renal
- Existe correlación en la geometría del ventrículo izquierdo, la FEVI, la FA, el TRIV, el IRM, el SLG y la función diastólica, con los pacientes con disfunción sistólica del ventrículo izquierdo
- La función diastólica se tiene que evaluar con imagen por doppler tisular ya que existe correlación entre las mediciones de Onda e' lateral y medial y la relación entre onda E/e' lateral y medial con la disfunción diastólica del ventrículo izquierdo a comparación de los parámetros de onda mitral como la relación E/A mitral y el volumen indexado del ventrículo izquierdo
- Existe correlación significativa del SLG, TRIV e IRM entre la disfunción diastólica

- Existe correlación entre la FEVI y el SLG y no existe correlación entre la FEVI y el índice de esfericidad del ventrículo izquierdo.
- Existe correlación del TAPSE, acortamiento fraccional, Onda S' y disfunción diastólica entre la disfunción sistólica del ventrículo derecho.
- Existe correlación entre la relación E/A tricuspídea, onda e' tricuspídea, relación E/e' tricuspídea y la disfunción diastólica del ventrículo derecho

RECOMENDACIONES

1. Realizar una evaluación clínica y ecocardiográfica de los pacientes antes de ser llevados a trasplante renal
2. Realizar un seguimiento inmediato posterior al trasplante renal y posteriormente de forma semestral para valorar cambios en el patrón clínico y ecocardiográfico.
3. Enviar a todos los pacientes con terapia sustitutiva renal ya sea diálisis o hemodiálisis para realizar una evaluación cardiovascular clínica y ecocardiográfica completa
4. Tomar todos los parámetros ecocardiográficos realizados en este estudio para detallar mejor la función y morfología cardíaca en el paciente con enfermedad renal crónica.

BIBLIOGRAFÍA

1. Zamora I, Sanahuja MJ. Enfermedad renal crónica. Protocolos Diagnóstico Terapéuticos de la Asociación Española de Pediatría. Nefrología Pediátrica. 2008;21:231- 239.
2. Medeiros M, Muñoz R. Enfermedad renal en niños. Un problema de salud pública. Boletín Médico Hospital Infantil de México. 2011;68(4):259-261.
3. Fernández C, Melgosa M. Enfermedad renal crónica en la infancia. Diagnóstico y tratamiento. Protocolo diagnóstico terapéutico pediátrico. 2014;1:385-401.
4. Ríos P, Patiño G. Características del síndrome nefrótico primario en edades no habituales, en un hospital pediátrico de tercer nivel en Guadalajara, Jalisco, México. Bol Med Hosp Infant Mex 2011;68:271-277.
5. Fernandez S, Hernandez A, Viguri R. La mortalidad por enfermedades renales en menores de 15 años, México 1998-2009. Bol Med Hosp Infant Mex 2011;68:328-330.
6. Rukshana S, Donald J, Weaver Jr. Cardiovascular complications in children with chronic kidney disease. Nat. Rev. Nephrology. 2011;7:642-649.
7. Chinali M. Reduced systolic myocardial function in children with chronic renal insufficiency. J. Am. Soc. Nephrol. 2007;18:593–598.
8. Weaver D, Kimball T, Koury P. Cardiac output and associated left ventricular hypertrophy in pediatric chronic kidney disease. Pediatr. Nephrol. 2009;24:565–570.
9. Raimondi F, Weaver Jr. Inappropriate left ventricular mass in children and young adults with chronic renal insufficiency. Pediatr. Nephrol. 2009;24:2015–2022.

10. Weaver D. Subclinical systolic dysfunction in pediatric patients with chronic kidney disease. *J. Pediatr.* 2008;153:565–569.
11. Mitsnefes M. Left ventricular mass and systolic performance in pediatric patients with chronic renal failure. *Circulation* 107;2003:864–868.
12. Civilibal M. Progression of coronary calcification in pediatric chronic kidney disease stage 5. *Pediatr. Nephrol.* 2009;24:555–563.
13. Litwin L. Altered morphologic properties of large arteries in children with chronic renal failure and after renal transplantation. *J. Am. Soc. Nephrol.* 2005;16:1494–1500.
14. Oh J. Advanced coronary and carotid arteriopathy in young adults with childhood onset chronic renal failure. *Circulation.* 2002;106:100–105.
15. Goodman W. Coronary-artery calcification in young adults with end-stage renal disease who are undergoing dialysis. *N. Engl. J. Med.* 2000;342:1478–1483.
16. Shroff R. Mineral metabolism and vascular damage in children on dialysis. *J. Am. Soc. Nephrol.* 2007;18:2996–3003.
17. Mitsnefes M. Cardiac and vascular adaptation in pediatric patients with chronic kidney disease: role of calcium-phosphorus metabolism. *J. Am. Soc. Nephrol.* 2005;16:2796–2803.
18. Hanevold CD, Ho PL, Mitsnefes MM. Obesity and longterm outcome in children and adolescents after renal transplantation: a report of North American Pediatric Renal Transplant Cooperative Study (NAPRTCS). *Pediatrics.* 2005;115:352–356.
19. Chavers BM, Shuling L, Collins AJ. Cardiovascular disease in pediatric chronic dialysis patients. *Kidney Int.* 2002;62:648–653

20. Mitsniefes MM, Barletta GM, Dresner I. Severe left ventricular hypertrophy in longterm dialysis: The Midwest Pediatric Nephrology Consortium Study. *Pediatric Nephrol* 2006;21:1167–1170.
21. Pennell DJ, Sechtem UP, Higgins CB. Clinical indications for cardiovascular magnetic resonance (CMR): consensus Panel report. *Eur Heart J* 2004;25:1940-1965.
22. Flett AS, Westwood MA, Davies LC, Mathur A, Moon JC. The prognostic implications of cardiovascular magnetic resonance. *Circ Cardiovasc Imaging* 2009;2:243-250.
23. Perazella MA. Current status of gadolinium toxicity in patients with kidney disease. *Clin J Am Soc Nephrol* 2009;4:461-469.
24. Bennett CL, Qureshi ZP, Sartor AO. Gadolinium induced nephrogenic systemic fibrosis: the rise and fall of an iatrogenic disease. *Clin Kidney J* 2012;5:82-88.
25. Yen-Wen Liu, Chi-Ting Su, Eing-Ju Song. The role of echocardiographic study in patients with chronic kidney disease. *Journal of the Formosan Medical Association* 2015;114:797-805
26. Lang RM, Bierig M, Devereux RB. Recommendations for chamber quantification: a report from the American Society of Echocardiography's Guidelines and Standards Committee and the Chamber Quantification Writing Group, developed in conjunction with the European Association of Echocardiography, a branch of the European Society of Cardiology. *J Am Soc Echocardiogr* 2005;18:1440-1463.
27. Nagueh SF, Appleton CP, Gillebert TC. Recommendations for the evaluation of left ventricular diastolic function by echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2009;22:107-133.

28. Park M, Hsu CY, Li Y. Associations between kidney function and subclinical cardiac abnormalities in CKD. *J Am Soc Nephrol* 2012;23:1725-1734.
29. Cai QZ, Lu XZ, Lu Y. Longitudinal changes of cardiac structure and function in CKD (CASCADE study). *J Am Soc Nephrol* 2014;25:1599-1608.
30. Parfrey PS, Foley RN. The clinical epidemiology of cardiac disease in chronic renal failure. *J Am Soc Nephrol* 1999;10:1606-1615.
31. Stack AG, Saran R. Clinical correlates and mortality impact of left ventricular hypertrophy among new ESRD patients in the United States. *Am J Kidney Dis* 2002;40:1202-1210.
32. Foley RN, Parfrey PS, Harnett JD. The prognostic importance of left ventricular geometry in uremic cardiomyopathy. *J Am Soc Nephrol* 1995;5:224-231.
33. London GM, Pannier B, Guerin AP. Alterations of left ventricular hypertrophy in and survival of patients receiving hemodialysis: follow-up of an interventional study. *J Am Soc Nephrol* 2001;12:759-767.
34. Liu YW, Su CT, Sung JM. Association of left ventricular longitudinal strain with mortality among stable hemodialysis patients with preserved left ventricular ejection fraction. *Clin J Am Soc Nephrol* 2013;8:1564-1574.
35. Shroff GR, Herzog CA. Echocardiography: providing additional insights into cardiovascular structural and functional abnormalities in advanced CKD. *Clin J Am Soc Nephrol* 2013;8:339-341.
36. Pecoits-Filho R, Barberato SH. Echocardiography in chronic kidney disease: diagnostic and prognostic implications. *Nephron Clin Pract.* 2010;114:242-247.
37. Su CT, Liu YW. Increased procollagen type I C-terminal peptide levels indicate diastolic dysfunction in end stage renal disease patients undergoing

maintenance dialysis therapy. *J Am Soc Echocardiogr* 2012;25:895-901.

38. Roongsritong C, Sadhu A, Pierce M. Plasma carboxyterminal peptide of procollagen type I is an independent predictor of diastolic function in patients with advanced systolic heart failure. *Congest Heart Fail* 2008;14:302-306.
39. Querejeta R, Varo N, López B. Serum carboxyterminal propeptide of procollagen type I is a marker of myocardial fibrosis in hypertensive heart disease. *Circulation* 2000;101:29-35.
40. Maceira AM, Barba J, Varo N. Ultrasonic backscatter and serum marker of cardiac fibrosis in hypertensives. *Hypertension* 2002;39:923-928.
41. Ho CY, López B, Coelho-Filho OR. Myocardial fibrosis as an early manifestation of hypertrophic cardiomyopathy. *N Engl J Med* 2010;363:552-563.
42. Wang AY, Lam CW, Wang M. Diagnostic potential of serum biomarkers for left ventricular abnormalities in chronic peritoneal dialysis patients. *Nephrol Dial Transplant* 2009;24:62-69.
43. Eidem B, Cetta Frank, Patrick W. *Ecocardiografía en enfermedad cardiaca congénita pediátrica y de adultos*, editorial Wolters Kluwer, 1era edición, EE. UU., 2014, páginas 10 - 48.
44. Feigenbaum H, Armstrong W. *Ecocardiografía*, editorial panamericana, 6ta edición, Buenos Aires, Argentina, 2007, páginas 138 - 185.
45. Lewin M, Stout K. *Echocardiography in congenital heart disease*, Editorial Elsevier, Philadelphia, 2012, páginas 12 -19
46. Wyman W, Luc M. *Echocardiography in pediatric and congenital heart disease from fetus to adult*, Editorial Wiley Blackwell, 2da edición, EU. 2016, páginas 73 - 132.

47. Cárdenas E, Villaseñor S, Reynoso M. Efecto de la hemodiálisis en la función ventricular. *Rev Esp Med Quir* 2014;19:163-168.
48. Rakhit DJ, Zhang XH, Leano R, Armstrong KA, Isbel NM, Marwick TH. Prognostic role of subclinical left ventricular abnormalities and impact of transplantation in chronic kidney disease. *Am Heart J*. 2007; 153: 656-64.
49. Sharma R, Pellerin D, Gaze DC, Mehta RL, Gregson H, Streather CP, et al. Mitral peak Doppler E-wave to peak mitral annulus velocity ratio is an accurate estimate of left ventricular filling pressure and predicts mortality in end-stage renal disease. *J Am Soc Echocardiogr*. 2006; 19: 266-73.
50. Wang AY, Wang M, Lam CW, Chan IH, Zhang Y, Sanderson JE. Left ventricular filling pressure by Doppler echocardiography in patients with end-stage renal disease. *Hypertension*. 2008; 52: 107-14.
51. Méndez J, Ávila L, López M. Función ventricular sistólica y diastólica de pacientes pediátricos con insuficiencia renal crónica terminal en tratamiento sustitutivo con diálisis peritoneal. *Arch Inv Mat Inf* 2012;IV(1):27-32
52. Schoenmaker N, Kuipers I, Van der Lee J, Tromp W, Van Dyck M. Diastolic dysfunction measured by tissue Doppler imaging in children with end-stage renal disease: a report of the RICH-Q study *Cardiology in the Young* (2014), 24, 236–244.

ANEXOS

Anexo 1. Estadio de enfermedad renal cronica por filtrado glomerular.

Estadio	Filtrado glomerular
1	FG >90 ml/min/1,73 m ² , pero con daño en parénquima renal
2	FG 60-90 ml/min/1,73 m ²
3	FG 30-60 ml/min/1,73 m ²
4	15-30 ml/min/1,73 m ²
5	<15 ml/min/1,73 m ²

Anexo 2.- Hoja de recolección de datos.



INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL
 UNIDAD MEDICA DE ALTA ESPECIALIDAD
 HOSPITAL DE PEDIATRIA
 CENTRO MEDICO NACIONAL DE OCCIDENTE
 CARDIOLOGÍA PEDIÁTRICA.

Evaluación de la geometría y función biventricular mediante ecocardiografía transtorácica en pacientes pediátricos con insuficiencia renal crónica previo al trasplante renal

Nombre: _____ NSS: _____ Edad: _____ Sexo: _____
 Peso: _____ Talla: _____ CF: _____ FC: _____ Teléfono: _____
 K/DOQUI: _____ Tiempo de evolución de ERC: _____
 TTO sustitutivo actual: _____ Tiempo de evolución con TTO sustitutivo actual: _____
 TTO sustitutivo previo: _____ Tiempo de evolución con TTO sustitutivo previo: _____

Mediciones.

Diámetros Intracardiacos

Sitio
VCI
colapso de VCI
AD
VT
AI diámetro
AI área
VM
VD diámetros
VD área
VI diámetros
VI masa
TSVI
IVT del TSVI
TAPSE
DDVD
SIVd
SIVs
DDVI
DSVI
PPVId
PPVIs
Anillo Aórtico
Raíz Aórtica
Anillo Pulmonar
Anillo Mitral
Anillo Tricuspídeo
Atrio Izquierdo

Velocidades de flujo y anulares (VM)

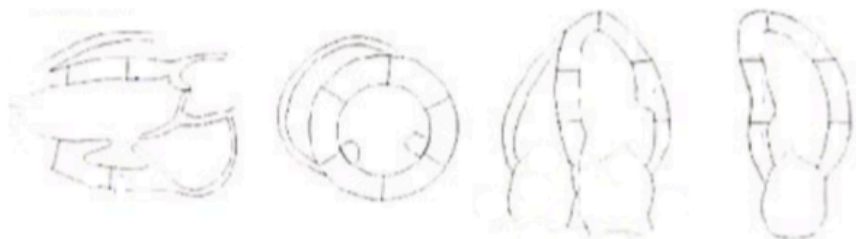
Parámetro	Valor
Onda E	
Onda A	
TD	
Relación E/A	
Onda e' lateral	
Onda a' lateral	
Onda s' lateral	
Onda e' septal	
Onda a' septal	
Onda s' septal	
Relación E/e' lateral	
Relación E/e' septal	
TRIV	
MCOT	
TE	
IRM	

Velocidades de flujo y anulares (VT)

Parámetro	Valor
Onda E	
Onda A	
TD	
Relación E/A	
Onda e'	
Onda a'	
Onda s'	
Relación E/e'	
TCOT	
TE	
IRM	

Cálculos Ecocardiográficos

Parámetro	Valor
FEVI (Simpson biplanar)	
FA (Teicholz)	
SLG eje largo	
SLG 4 cámaras	
SLG 2 cámaras	
Strain Longitudinal Global	



Anexo 3.- Carta de consentimiento informado

	INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL UNIDAD DE EDUCACIÓN, INVESTIGACIÓN Y POLITICAS DE SALUD COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN EN SALUD		
	CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO (NIÑOS Y PERSONAS CON DISCAPACIDAD)		
CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPACIÓN EN PROTOCOLOS DE INVESTIGACIÓN			
Nombre del estudio:	Evaluación de la geometría y función biventricular mediante ecocardiografía transtorácica en pacientes pediátricos con insuficiencia renal crónica previo al trasplante renal		
Lugar y fecha:	Guadalajara, Jalisco	a	/ / 2017
Número de registro:	_____		
Justificación y objetivo del estudio:	Determinar la geometría y función ventricular en el paciente pediátrico con insuficiencia renal crónica previo al trasplante renal con ecocardiograma transtorácico		
Procedimientos:	Ecocardiograma transtorácico		
Posibles riesgos y molestias:	Dolor esternal por presión del transductor		
Posibles beneficios que recibirá al participar en el estudio:	Determinar la geometría y función ventricular previo a su trasplante renal		
Información sobre resultados y alternativas de tratamiento:	Se realizaran conclusiones sobre datos requeridos y se anexará a expediente médico para valoración por servicio tratante		
Participación o retiro:	_____		
Privacidad y confidencialidad:	Datos adquiridos solo se reportaran en expediente médico y protocolo en estudio		
Beneficios al término del estudio:	Establecer la geometría y función ventricular previo a su trasplante renal		
En caso de dudas o aclaraciones relacionadas con el estudio podrá dirigirse a:			
Investigador Responsable:	Dra. Paola Leticia Castro Santiago		
Colaboradores:	Dr Juan Carlos Tirado Alderete, Dr Juan Carlos Barrera De León		
En caso de dudas o aclaraciones sobre sus derechos como participante podrá dirigirse a: Comisión de Ética de Investigación de la CNIC del IMSS: Avenida Cuauhtémoc 330 4° piso Bloque "B" de la Unidad de Congresos, Colonia Doctores. México, D.F., CP 06720. Teléfono (55) 56 27 69 00 extensión 21230, Correo electrónico: comision.etica@imss.gob.mx			
Nombre y firma de ambos padres o tutores o representante legal		Nombre y firma de quien obtiene el consentimiento	
Testigo 1		Testigo 2	
Nombre, dirección, relación y firma		Nombre, dirección, relación y firma	
Este formato constituye una guía que deberá completarse de acuerdo con las características propias de cada protocolo de investigación, sin omitir información relevante del estudio.			
Clave: 2810-009-013			