



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
CARRERA DE FISIOTERAPIA**

**Ejercicio físico sobre los biomarcadores de pacientes con
enfermedad renal**

**Trabajo de Titulación para optar al título de Licenciado en
Fisioterapia**

Autor:

Gusqui Tierra Ever Santiago

Tutor:

Phd. Ustáriz Fajardo Francisco Javier

Riobamba, Ecuador. 2026

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, Ever Santiago Gusqui Tierra, con cédula de ciudadanía 0706203841, autor (a) (s) del trabajo de investigación titulado: ejercicio físico sobre los biomarcadores de pacientes con enfermedad renal, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 26 de mayo de 2026




Ever Santiago Gusqui Tierra

C.I: 0706203841

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

Quien suscribe, Phd. Francisco Javier Ustáriz Fajardo catedrático adscrito a la Facultad de Ciencias de la Salud por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación: ejercicio físico sobre los biomarcadores de pacientes con enfermedad renal, bajo la autoría de Ever Santiago Gusqui Tierra; por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

Es todo cuanto informar en honor a la verdad; en Riobamba, a los 26 días del mes de mayo de 2026



, Phd. Francisco Javier Ustáriz Fajardo

C.I:1759279407

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

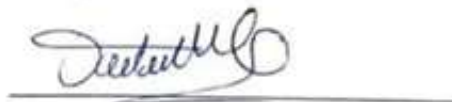
Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación ejercicio físico sobre los biomarcadores de pacientes con enfermedad renal presentado por Ever Santiago Gusqui Tierra con cedula de identidad número 0706203841, bajo la tutoría de Phd. Francisco Javier Ustáriz Fajardo; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor, no teniendo nada más que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 26 de mayo de 2026.

Dr. Yanco Danilo Ocaña Villacrés
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



Mgs. Shirley Mireya Ortiz Pérez
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Mgs. David Marcelo Guevara Hernández
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO





Dirección
Académica
VICERRECTORADO ACADÉMICO

en movimiento



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD
UNACH-RGF-01-04-08.17
VERSIÓN 01: 06-09-2021

CERTIFICACIÓN

Que, **GUSQUI TIERRA EVER SANTIAGO** con CC: **0706203841**, estudiante de la Carrera **FISIOTERAPIA**, Facultad de **Ciencias de la salud**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado **"EJERCICIO FÍSICO SOBRE LOS BIOMARCADORES DE PACIENTES CON ENFERMEDAD RENAL"**, cumple con el N **11%**, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **COMPILATIO**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente, autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 15 de mayo de 2026

PhD. Ustariz Fajardo Francisco Javier
TUTOR(A)

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación está dedicado, en primer lugar, a Dios, por ser mi guía constante y la fortaleza que sostuvo cada uno de mis pasos durante este camino.

A mi padre, Luis Gusqui, a mi madre, Teresa Tierra, quienes, con su amor incondicional, sacrificio y ejemplo de vida me enseñaron que los sueños se alcanzan con esfuerzo y perseverancia. Este triunfo es el reflejo de todo lo que han sembrado en mí.

A mis hermanos y a toda mi familia, por su apoyo constante, por sus palabras de aliento y por creer en mí incluso cuando el camino parecía difícil.

Este logro no es solo mío, es de todos quienes caminaron a mi lado y me impulsaron a nunca rendirme.

Ever Santiago Gusqui Tierra

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios por ser mi guía y fortaleza durante todo el proceso de mi carrera, por darme sabiduría y la perseverancia para culminar esta etapa tan importante de mi vida, por sostenerme en los momentos difíciles y permitirme alcanzar este sueño que hoy se convierte en realidad, y por ayudarme a ser una mejor persona llena de empatía y respecto hacia quienes más lo necesiten.

A mi padre, Luis Gusqui, a mi madre, Teresa Tierra, quienes han sido mi inspiración y motor que impulsa cada uno de mis pasos, por su amor incondicional, por sus sacrificios, por los valores inculcados y por enseñarme que con esfuerzo y disciplina todo es posible, sin ustedes nada de esto sería posible, este logro también les pertenece.

A mis hermanos Ing. Eddy Gusqui, Ing. Priscila Gusqui e Ing. Elvis Gusqui, por su apoyo constante y por creer en mí en cada momento. Sin olvidar a mis tíos y primos, por sus palabras de aliento, por acompañarme a la distancia con cariño y constancia, y por siempre estar ahí para darme ánimos y seguir esforzándome hasta alcanzar lo que más he anhelado.

Expreso mi sincero agradecimiento al PhD. Ustáriz Fajardo Francisco Javier por su valiosa orientación, paciencia y compromiso durante esta investigación, su disposición, sus observaciones oportunas y su exigencia académica fueron pilares fundamentales para garantizar la calidad y el rigor científico de este trabajo. Gracias a su guía fue fundamental para culminar con éxito esta investigación, sino también consolidar en mí una visión crítica, ética y responsable de la Fisioterapia basada en evidencia.

Mis sinceros agradecimientos a las instituciones que me abrieron sus puertas para la realización mis practicas preprofesionales en la ciudad de Riobamba: Renacer, Fundación de Protección y Descanso (FUNPRODE), Centro de Salud Santa Rosa Tipo “B”; así como en la ciudad de Quito, al Hospital General del Sur de Quito, por brindarme la oportunidad de fortalecer mis conocimientos, adquirir experiencia y consolidar mi formación profesional en Fisioterapia.

Finalmente, agradezco a la Universidad Nacional de Chimborazo y a cada uno de mis docentes por la enseñanza recibida durante estos 5 años de formación, por

contribuir a mi crecimiento académico permitiéndome convertirme en un profesional comprometido con la salud y el bienestar de la sociedad.

Ever Santiago Gusqui Tierra

ÍNDICE GENERAL

DERECHOS DE AUTORÍA

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DE TRIBUNAL

CERTIFICADO TUTOR

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

REUMEN

ABSTRACT

CAPÍTULO I. INTRODUCCION.....	16
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	19
2.1 Anatomía renal.....	19
2.1.1 Forma, situación, y dimensiones.....	19
2.1.2 Estructuras macroscópicas: corteza, médula y pelvis renal.	19
2.1.3 Estructuras microscópicas: anatomía de la nefrona	19
2.2 Fisiología renal	20
2.2.1 Filtración glomerular.....	20
2.2.2 Reabsorción tubular.	20
2.2.3 Secreción tubular.....	21
2.3 Fisiopatología.....	21
2.4 Etapas de la enfermedad renal crónica.....	22
2.4.1 Estadio I y II.....	22
2.4.2 Estadio III.....	22
2.4.3 Estadio IV y V.....	22
2.5 Epidemiología.....	22
2.6 Etiología.....	23
2.7 Manifestaciones clínicas de la enfermedad renal crónica.....	24

2.7.1	Alteraciones cardio-pulmonares.....	24
2.7.1.1	Hipertensión arterial.	24
2.7.1.2	Edema generalizado.	24
2.7.1.3	Arritmias.	24
2.7.2	Anemia.	24
2.7.3	Alteraciones hidroeléctricas y trastorno ácido-base.....	24
2.7.4	Aumento de urea y otras sustancias nitrogenadas no proteicas.	25
2.7.5	Trastorno mineral y óseo asociado a la enfermedad renal crónica.	25
2.7.6	Alteraciones gastro intestinales.....	25
2.7.7	Alteraciones del sistema nervioso.....	26
2.8	Biomarcadores en la enfermedad renal crónica.....	26
2.8.1	Concepto de biomarcador.....	26
2.8.2	Biomarcadores de función renal.....	26
2.8.3	Biomarcadores de daño renal.	27
2.8.4	Biomarcadores inflamatorios y estrés oxidativo.	27
2.9	Actividad física y ejercicio físico 27	27
2.9.1	Diferencias en actividad física y ejercicio físico.....	27
2.9.2	Ejercicio físico: cardiovascular vs. resistencia.....	27
2.10	Ejercicio físico en la enfermedad renal crónica.....	28
2.10.1	Beneficios del ejercicio en pacientes con enfermedad renal crónica.	28
2.10.2	Capacidad funcional y tolerancia al esfuerzo.....	28
2.10.3	Fuerza muscular y masa muscular.....	28
2.10.4	Ejercicio intradiálisis.	29
2.10.5	Ejercicio extradiálisis.	29
2.10.6	Consideraciones generales de seguridad.	30
2.11	Efectos del ejercicio físico sobre los biomarcadores en la ERC.....	30
2.11.1	Cambios en biomarcadores de función renal.....	30

2.11.2	Cambios en biomarcadores inflamatorios y de estrés oxidativo.	30
2.11.3	Cambios en biomarcadores de daño tubular.....	31
2.11.4	Mecanismos fisiológicos que explican estos cambios.....	31
CAPÍTULO III METODOLOGÍA.....		33
3.1	Diseño de Investigación.....	33
3.2	Tipo de Investigación.....	33
3.3	Nivel de la investigación.....	33
3.4	Método de investigación.....	33
3.5	Según la cronología de la investigación	34
3.6	Población	34
3.7	Muestra	34
3.8	Criterios de inclusión	34
3.9	Criterios de exclusión	34
3.10	Técnica de recolección de datos	35
3.11	Método de análisis y procesamiento de datos.....	35
3.12	Interpretación de la tabla 1.....	40
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		41
4.1	Resultados.....	41
4.2	Interpretación de la tabla 2.....	65
5.2	Discusión	66
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		70
6.1	Conclusiones.....	70
6.2	Recomendaciones	70
BIBLIOGRAFÍA.....		72
ANEXOS.....		79

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Análisis de artículos valorados metodológicamente mediante la escala <i>Physiotherapy Evidence Database</i> (PEDro).....	37
Tabla 2. Síntesis de los resultados a partir de los Estudios Controlados Aleatorizados (ECA's) seleccionados	41

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Diagrama de flujo <i>PRISMA</i> del proceso de selección de los artículos.	36
Figura 2. Anatomía Interna de los riñones (Vista anterior de la disección del riñón derecho).	79
Figura 3. Anatomía Interna de los riñones (Vista posterior de la disección del riñón izquierdo).....	80
Figura 4. Ejercicio de resistencia de flexión de cadera en sedestación.	81
Figura 5. Trabajo de ejercicio cardiovascular.	82

RESUMEN

La enfermedad renal crónica representa un problema de salud pública mundial por su alta prevalencia y morbimortalidad. Los biomarcadores permiten evaluar la función renal, el estado inflamatorio y el estrés oxidativo, mientras que el ejercicio físico ha emergido como una estrategia terapéutica no farmacológica con efectos beneficiosos en estos pacientes.

Objetivo: Analizar los beneficios del ejercicio físico sobre los biomarcadores en pacientes con enfermedad renal crónica para evidenciar el impacto en el control del estado inflamatorio y funcional.

Estudio documental - bibliográfico, descriptivo y retrospectivo basado en ensayos controlados aleatorizados en las bases de datos Medline, SciELO, ScienceDirect, MediGraphic y Dialnet publicados entre 2015 – 2025. Se aplicó el protocolo *Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) y la escala *Physiotherapy Evidence Database* (PEDro) (≥ 6).

Se seleccionaron 20 estudios donde el ejercicio físico cardiovascular y resistencia supervisado durante la intradiálisis, no mostró cambios significativos en biomarcadores clásicos de función renal. Sin embargo, se evidenciaron reducciones en biomarcadores inflamatorios y de estrés oxidativo. Además, mejoró la capacidad funcional, fuerza muscular y calidad de vida.

El ejercicio físico es una intervención segura y beneficiosa mejora biomarcadores inflamatorios y el estrés oxidativo, optimiza la capacidad funcional, sin comprometer la función renal y contribuye al manejo integral de la enfermedad renal crónica.

Palabras claves: enfermedad renal crónica; ejercicio físico; biomarcadores; renales; inflamatorios; estrés oxidativo; fisioterapia.

ABSTRACT

Chronic kidney disease represents a global public health problem due to its high prevalence, morbidity, and mortality. Biomarkers allow the evaluation of renal function, inflammatory status, and oxidative stress, while physical exercise has emerged as a non-pharmacological therapeutic strategy with beneficial effects in these patients.

Objective: To analyze the benefits of physical exercise on biomarkers in patients with chronic kidney disease to demonstrate its impact on inflammatory and functional status control.

A documentary, bibliographic, descriptive, and retrospective study based on randomized controlled trials from the Medline, SciELO, ScienceDirect, MediGraphic, and Dialnet databases published between 2015 and 2025. The Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) protocol and the Physiotherapy Evidence Database (PEDro) scale (≥ 6) were applied.

Twenty studies were selected in which supervised cardiovascular and resistance exercise during intradialysis did not show significant changes in classical renal function biomarkers. However, reductions in inflammatory and oxidative stress biomarkers were evidenced. In addition, improvements in functional capacity, muscle strength, and quality of life were observed.

Physical exercise is a safe and beneficial intervention that improves inflammatory biomarkers and oxidative stress, optimizes functional capacity without compromising renal function, and contributes to the comprehensive management of chronic kidney disease.

Keywords: chronic kidney disease; physical exercise; biomarkers; renal; inflammatory; oxidative stress; physiotherapy.



Reviewed by:

Ms.C. Ana Maldonado León

ENGLISH PROFESSOR

C.I.0601975980

CAPÍTULO I. INTRODUCCION

La enfermedad renal es una patología donde los riñones dejan de cumplir adecuadamente su función de eliminar las toxinas y de regular el medio interno de la sangre, Además, constituye un importante problema de salud pública a nivel mundial, con alta prevalencia y mortalidad (1). Son diversas las causas que pueden originan el daño renal; entre las más comunes y bien estudiadas son la diabetes mellitus, la hipertensión arterial y la glomerulonefritis. Alterando el funcionamiento normal de los riñones, provocando el daño de los vasos sanguíneos renales y dificultan la función de filtración del riñón (2). Así mismo, las enfermedades de origen inmunológico que lentamente destruyen el riñón (1).

La insuficiencia renal aguda (IRA) también conocida como lesión renal aguda (LRA) se define como un aumento superior al 50% en los niveles de creatinina sérica que ocurre en un periodo de siete días, o bien por un incremento de 0,3mg/dL en dos días. Es una condición prevalente que afecta al 10 – 20% de todos los pacientes hospitalizados y está asociada con altas tasa de morbilidad, mortalidad y gastos médicos. En los sobrevivientes de LRA, tiene mayor probabilidad el desarrollo de la enfermedad renal crónica, enfermedades cardíacas y otras comorbilidades (3).

La Enfermedad Renal Crónica (ERC) según las guías *Kidney Disease Outcomes Quality Initiative* (KDOQI) de la *National Kidney Foundation* (NKF) se define como una disminución de la Tasa de Filtración Glomerular Estimada (eGFR) ($< 60 \text{ ml/min/1,73 m}^2$) o marcadores de lesión renal, como proteinuria, hematuria o anomalías detectadas mediante biopsia renal o imágenes que estén persistente durante más de tres meses (2,4).

Los biomarcadores son indicadores medibles del organismo, como proteínas, hormonas o moléculas, producidas a partir de procesos biológicos normales o patológicos, que, por su carácter y concentración, permiten identificar alteraciones funcionales, predecir la progresión de la enfermedad renal y valorar la respuesta a intervenciones terapéuticas. Asimismo, pueden clasificarse, según su localización anatómica, relevancia fisiológica, en tres principales: a) biomarcadores que reflejan la función y la lesión glomerular y tubular (túbulo proximal, asa medular y túbulo distal) b) marcadores inflamatorios; c) marcadores asociados con la reparación y la fibrosis (3) .

La ERC afecta alrededor de 850 millones de personas, un poco más del 10% de la población mundial. Según la *Organización Mundial de la Salud* (OMS), estima que su prevalencia sigue aumentando, impulsado por factores como el envejecimiento, el género, el sedentarismo y la alta incidencia de enfermedades metabólicas (5).

En América latina con una población aproximadamente de 659 millones de habitantes distribuidos en 31 países, presenta una esperanza de vida promedio de 72 años y un crecimiento poblacional anual del 0,7%. Según la *Sociedad Internacional de Nefrología* (ISN), la prevalencia media de ERC en la región alcanza el 10,2%, con una marcada desigualdad en el diagnóstico precoz y tratamiento oportuno, representando una mayor carga de enfermedad y mortalidad prematura (6).

Referente a Ecuador representa un problema de alta prioridad de acuerdo con registros del *Ministerio de Salud Pública* (MSP) en el año 2015 registró 16.278.844 habitantes aproximadamente, 11.460 padecían ERC, con una tasa de mortalidad de 6 a 7%; además, esta enfermedad también ocasionó un costo por diálisis de 168.342.720 dólares. La ERC también es la cuarta causa de mortalidad general y la quinta de mortalidad prematura en el país y produce el 1,44 de discapacidad (7).

Aunque existen tratamientos farmacológicos y terapias de sustitución renal, si bien prolongan la vida del paciente, no logran revertir la progresión del daño ni las alteraciones sistémicas derivadas del deterioro renal. Asimismo, estudios evalúan intervenciones no farmacológicas como el ejercicio físico parte del tratamiento multidisciplinario.

Según la *American College of Sports Medicine* (ACSM) el ejercicio puede clasificarse en cardiovascular, resistencia, flexibilidad y neuromotor (8). De acuerdo con la OMS está comprobado que el ejercicio físico regular ayuda a prevenir y manejar enfermedades no transmisibles como enfermedades cardíacas, accidentes cerebrovasculares, diabetes y varios tipos de cáncer. Además, ayuda a prevenir la hipertensión, contribuye a un peso corporal saludable y mejora la salud mental, la calidad de vida y el bienestar (9).

El ejercicio físico emerge como una estrategia terapéutica complementaria de bajo costo, capaz de modular los biomarcadores fisiológicos y metabólicos en pacientes con enfermedad renal. Asimismo, el ejercicio físico regular favorece la función endotelial, reduce la inflamación sistémica, mejora la capacidad cardiorrespiratoria y promueve la regulación de

biomarcadores como la presión arterial, la glucemia, y los niveles de lípidos plasmáticos. Así, su incorporación en los programas de tratamiento renal constituye una alternativa variable para mejorar la calidad de vida y disminuir las complicaciones asociadas a la enfermedad (8).

La relevancia científica, clínica y social de la investigación se justifica en tres ejes principales: En primer lugar, desde un ámbito científico, aporta al conocimiento sobre los mecanismo fisiológicos y metabólicos mediante los cuales el ejercicio físico influye sobre biomarcadores asociados a la función renal y al estado inflamatorio, brindando una comprensión más integral para estrategias terapéuticas (3).

En segundo lugar, desde un ámbito clínico, su relevancia radica en el potencial del ejercicio físico como estrategia no farmacológica capaz de mejorar la capacidad funcional, reducir la inflamación y optimizar los biomarcadores de los pacientes con enfermedad renal crónica, favoreciendo una mejor calidad de vida (3,9).

En tercer lugar, desde una perspectiva social y económica, la incorporación de programas de ejercicio físico representa una alternativa sostenible que contribuye a disminuir los costos del tratamiento y promueve hábitos saludables que impactan positivamente en la salud pública (7).

El objetivo de este estudio consiste en analizar los beneficios de la influencia del ejercicio físico sobre la mejora de los biomarcadores en pacientes con enfermedad renal crónica para evidenciar el impacto en el control del estado inflamatorio y funcional.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Anatomía renal

2.1.1 Forma, situación, y dimensiones.

Los riñones son órganos pares, de color marrón rojizo y forma de grano de frijol, situado en la región retroperitoneal, entre el nivel de la doceava vertebra torácica y la tercera vertebra lumbar, donde están protegidos en forma parcial por undécima y duodécima costilla, el riñón derecho se sitúa ligeramente más abajo que el izquierdo, debido a la presencia del hígado. En un adulto promedio mide entre 10 a 14cm de longitud, entre 5 y 7cm de ancho y 3cm de espesor, su peso es de 150 a 170g. En su borde medial cóncavo se encuentra el hilio renal, una hendidura vertical por donde ingresan y emergen los vasos sanguíneos, los linfáticos, los nervios y el uréter, estructura encargada de conducir la orina hacia la vejiga (10)

2.1.2 Estructuras macroscópicas: corteza, médula y pelvis renal.

En un corte sagital en el parénquima renal presenta tres zonas bien delimitadas: la corteza renal, de color amarillento y granular, se sitúa por debajo de la cápsula de tejido conectivo y se dispone en forma de arco alrededor de la medula. Esta región recibe más del 90% del flujo sanguíneo que llega al riñón y cumplen funciones fundamentales de filtración y reabsorción de sangre (10) (Figura 2,3).

Por debajo de la corteza se encuentra la médula renal, de color rojizo, es el lugar donde se produce la orina, se dispone en la parte profunda de la corteza y presenta estructuras llamadas pirámides renales o de Malpighi, con forma de conos invertidos. Los vértices de cada pirámide, llamados papilas renales, desembocan en una formación denominada cáliz menor. Asu vez, todos los cálices menores en cantidad de 8-18, convergen en 2-3 cálices mayores, los cuales vacían en la pelvis renal. (10) (Figura 2,3).

La pelvis renal es una cavidad con forma de embudo que recoge toda la orina formada de los cálices mayores y conduce hacia los uréteres (10) (Figura 2,3).

2.1.3 Estructuras microscópicas: anatomía de la nefrona

A nivel microscópico, la nefrona constituye la unidad estructural y funcional del riñón. Cada riñón contiene alrededor de 800.000 a 1.000.000 nefronas, que se distribuyen principalmente en la corteza renal. Cada nefrona se organiza en dos componentes principales: el corpúsculo renal o de Malpighi, formado por el glomérulo y la cápsula de Bowman, y, por otro, el túbulo

renal, que incluye el túbulo contorneado proximal, el asa de Henle, el túbulo contorneado distal y los conductos colectores. En la porción final del segmento grueso del asa ascendente se localiza la mácula densa, un conjunto de células especializadas con funciones reguladoras. Además, las nefronas desempeñan funciones secundarias que regulan tres áreas: la presión arterial, la producción de glóbulos rojos y la absorción de calcio (10).

2.2 Fisiología renal

2.2.1 Filtración glomerular.

El filtrado glomerular tiene lugar en el corpúsculo renal, donde la sangre que ingresa por la arteriola aferente atraviesa una barrera formada por el endotelio capilar fenestrado, la membrana basal glomerular y los podocitos. Esta barrera permite el paso de agua y solutos pequeños, pero retiene células sanguíneas y la mayor parte de las proteínas plasmáticas, originando un ultrafiltrado similar al plasma, pero prácticamente desprovisto de proteínas (11).

La magnitud de la filtración está determinada por el equilibrio entre las presiones hidrostáticas y oncóticas de los capilares glomerulares y del espacio de Bowman, dando lugar a la tasa de filtración glomerular. En adultos sanos los riñones, la tasa de filtración glomerular es de aproximadamente 125ml/min, lo que corresponde a 150 l/d en mujeres y 180 l/d en hombres, pero más del 99% es volumen es reabsorbido en los túbulos renales, de manera que solo 1 a 2 litros se excretan como orina (11).

2.2.2 Reabsorción tubular.

Las células epiteliales del sistema tubular renal cumplen un papel fundamental en la recuperación de las sustancias útiles que escaparon por filtración glomerular. Con respecto a este proceso, la reabsorción tubular ocurre a lo largo de todo el sistema tubular, es decir, en los túbulos contorneados proximal y distal, en el asa de Henle y los túbulos colectores (11).

De este modo el organismo conserva los elementos indispensables para el equilibrio interno, la reabsorción puede producirse mediante transporte activo, dado que en este caso las sustancias se movilizan contra su gradiente de concentración, o por difusión simple, es decir, cuando el desplazamiento ocurre de manera natural. En consecuencia, cuando la cantidad de

sustancias a reabsorberse sobrepasan la capacidad de reabsorción de los túbulos, son eliminadas por la orina (11).

2.2.3 Secreción tubular.

Las células que forman el epitelio tubular no solo recuperan, mediante el proceso de reabsorción, las sustancias útiles, sino que, además, intervienen en el paso de sustancia hacia la luz de los túbulos. En este sentido, la secreción tubular comprende el traslado de distintos componentes desde los capilares peritubulares hacia los túbulos; este proceso se lleva a cabo tanto por transporte activo como por difusión simple. Entre las principales sustancias secretadas se encuentran los hidrogeniones, el amoníaco y el ion amonio (10).

2.3 Fisiopatología

El riñón recibe un flujo sanguíneo muy elevado, cercano a 400ml/100g/ de tejido por min, lo que incrementa su exposición a agentes nocivos y favorece el riesgo de lesión tisular. Además, la filtración glomerular depende de presiones intra y transglomerulares elevadas incluso en condiciones normales, por lo que hipertensión e hiperfiltración aceleran el daño estructural y la progresión de la Enfermedad Renal Crónica (ERC) (12).

La pérdida de la barrera electrostática del filtrado glomerular permite el paso anormal de proteínas al ultrafiltrado, lo que conduce al desarrollo de proteinuria y a la exposición del epitelio tubular a un filtrado potencialmente tóxico. En estas condiciones, las células epiteliales se ven sometidos a un microambiente alterado que promueve la activación de mecanismos inflamatorios y la posterior instauración de fibrosis intersticial (12).

A diferencia de un daño localizado, la continuidad funcional y estructural existente entre el glomérulo, el túbulo y la microvasculatura peritubular permite que la lesión inicial se propague a lo largo de los distintos comportamientos de la nefrona. Debido a esta interrelación, el daño glomerular no solo se limita al sitio de origen, sino que se extiende al comportamiento tubulointersticial, contribuyendo de manera progresiva al deterioro de la función global de la nefrona (12).

En conjunto, factores hemodinámicos, inmunológicos, hipoxia tisular, agentes tóxicos y alteraciones metabólicas como la hiperglucemia contribuyen al deterioro progresivo del riñón en la ERC (12).

2.4 Etapas de la enfermedad renal crónica

2.4.1 Estadio I y II.

En los estadios I y II de la ERC la mayoría de los pacientes son asintomáticos y en muchas ocasiones, se genera incertidumbre respecto al diagnóstico debido a que su tasa de filtración suele encontrarse en los rangos normales. Sin embargo, estas personas suelen presentar albuminuria, hematuria microscópica u otras alteraciones del sedentarismo y la densidad urinaria e incluso llegan a presentar filtrado glomerular elevado. La evolución puede acelerarse cuando aparecen enfermedades intercurrentes, el uso de agentes nefrotóxicos, un mal control dietético-metabólico, un inadecuado control de la hipertensión arterial y la superposición de injuria renal aguda, cuadro que actualmente se considera comparable, en relevancia clínica, a una cardiopatía isquémica tipo infarto agudo de miocardio (13).

2.4.2 Estadio III.

Los pacientes con ERC en estadio III tienden a presentar una disminución progresiva del filtrado glomerular cuando su condición se asocia a incremento de la albuminuria. En esta fase comienzan a manifestarse alteraciones sistémicas secundarias derivadas de la ERC como los trastornos del metabolismo calcio-fósforo (13).

2.4.3 Estadio IV y V.

La ERC se hacen más evidentes las manifestaciones clínicas como consecuencia del mayor deterioro de la función renal, como la anemia, la hipertensión arterial y la sobrecarga de volumen, cuyo concepto extremo se denomina como síndrome urémico. Los pacientes en estadio V que no han fallecido por las complicaciones cardiovasculares se los ha llegado a considerar como “sobrevivientes” (13).

A lo largo de la evolución, frecuentemente se encuentran en un estado de intercambio de terapias, es decir de hemodiálisis a diálisis peritoneal o trasplante renal y viceversa hasta agotar todas las opciones de sustitución renal. Pese a ello, presentan un deterioro clínico y progresivo hasta terminar falleciendo como consecuencia de las complicaciones cardiovasculares e infecciosas (13).

2.5 Epidemiología

En el año 2015 Ecuador registro una población de 16.278.844 habitantes, se estima que 11.460 padecían ERC, con una mortalidad que oscila entre 6 y el 7%; además, esta

enfermedad también ocasionó un costo por diálisis de 168.342.720 dólares. La ERC también es la cuarta causa de mortalidad general y la quinta de mortalidad prematura en el país y produce el 1,44 de discapacidad. Las estimaciones de *la Sociedad Latinoamericana de Nefrología e Hipertensión* (SLANH) y los datos de la Tercera Encuesta de Salud y Nutrición, se estima que en Ecuador cerca del 45% de los pacientes con ERC en estadios IV y V podrían fallecer antes de iniciar el tratamiento con diálisis (7,13).

2.6 Etiología

La ERC puede originarse por múltiples patologías que, de manera progresiva, reducen el número de nefronas funcionales hasta la etapa de enfermedad renal terminal, en la que el paciente requiere diálisis o trasplante. Entre los factores de riesgo modificables destacan la diabetes mellitus y la hipertensión arterial, ya que estas dos patologías son causantes de aproximadamente dos tercios de los casos de ERC (14).

Además, se asocian a un incremento principal del riesgo cardiovascular, siendo este un importante factor a tener en cuenta pues constituye la principal causa de morbimortalidad en pacientes bajo hemodiálisis. En la diabetes la hiperglucemia mantenida favorece la hiperfiltración y la hipertrofia glomerular, acelerando el daño renal, en la hipertensión, las elevadas cifras tensionales lesionan de forma crónica la microvasculatura renal y contribuyen a la progresión de la enfermedad (14).

Entre los factores de riesgo no modificables se incluyen la edad > a 60 años, el sexo predomina en pacientes masculinos, la raza determinados grupos radicales especialmente población afrodescendiente, factores materno-fetales y la predisposición genética. El envejecimiento se asocia con una masa renal disminuida y un elevado porcentaje de glomérulos esclerosados; el sexo masculino se ha vinculado con un mayor deterioro de la filtración glomerular y un peor pronóstico clínico en comparación con las mujeres (14).

Asimismo, un bajo peso al nacer y la oligonefrina aumentan la susceptibilidad al desarrollar ERC en la vida adulta. Finalmente, la variedad de polimorfismos de múltiples genes que sintetizan moléculas, entre ellos los componentes relacionados con el sistema renina-angiotensina-aldosterona, el Factor de Necrosis Tumoral Alfa (TNF- α), y múltiples citoquinas, se han asociado con una mayor vulnerabilidad al daño renal y con una progresión más acelerada de la enfermedad (14).

2.7 Manifestaciones clínicas de la enfermedad renal crónica

2.7.1 Alteraciones cardio-pulmonares.

2.7.1.1 Hipertensión arterial.

En la ERC la regulación de la presión arterial se altera por la retención de sodio, agua y por la activación del sistema renina-angiotensina-aldosterona. Como resultado, aumenta de forma crónica la presión arterial, lo que a su vez acelera el deterioro de la función renal y eleva el riesgo cardiovascular (14).

2.7.1.2 Edema generalizado.

La disminución de la capacidad de excreción de sodio y agua favorece la expansión del volumen extracelular, la aparición de edema periférico y anasarca. En situaciones más graves, esta sobrecarga de volumen puede desencadenar edema agudo de pulmón e insuficiencia cardíaca (14).

2.7.1.3 Arritmias.

Estas manifestaciones se relacionan tanto con las oscilaciones en las concentraciones séricas de potasio como las alteraciones derivadas del trastorno mineral-óseo que presentan estos pacientes (14).

2.7.2 Anemia.

La anemia de la ERC se debe a la disminución de la producción renal de eritropoyetina, necesaria para estimular la eritropoyesis medular. A este mecanismo se añaden otros factores, como la deficiencia de hierro, folatos, vitamina B12, reduciendo la vida de los eritrocitos y la inhibición de la médula ósea debido al estado urémico, contribuyendo al cansancio, la intolerancia al esfuerzo, y la disminución de la capacidad funcional (14).

2.7.3 Alteraciones hidroeléctricas y trastorno ácido-base.

El deterioro de la función renal limita la capacidad para reabsorber bicarbonato y excretar ácidos, lo que favorece la aparición de acidosis metabólica. Esta se asocia a desmineralización ósea, aumento del fósforo sérico, hipercalcemia y contribuye a la osteodistrofia renal. Además, la acidosis y los trastornos de potasio denominado hiperpotasemia se relacionan con debilidad y atrofia muscular, así como un mayor riesgo de arritmias y alteraciones en la sensibilidad a la insulina (14).

2.7.4 Aumento de urea y otras sustancias nitrogenadas no proteicas.

Las principales sustancias nitrogenadas no proteicas son la urea, el ácido úrico y la creatinina. Son resultados del metabolismo proteico y su eliminación es necesaria para garantizar un buen metabolismo proteico de las células. Sin embargo, en la ERC la capacidad de excreción renal se encuentra disminuida, por lo que se acumula la carga de estos compuestos en el organismo, produciéndose así un aumento significativo de sus niveles (14).

2.7.5 Trastorno mineral y óseo asociado a la enfermedad renal crónica.

El concepto de trastorno mineral y óseo asociado a la ERC ha permitido integrar, bajo un marco fisiopatológico, el conjunto de alteraciones sistémicas que afectan al metabolismo mineral óseo en estos pacientes. Este síndrome engloba no solo anomalías en los niveles de calcio, fósforo, hormona paratiroidea y vitamina D, sino también los cambios en la estructura y el remodelado óseo, así como la presencia de calcificaciones vasculares y tejidos blandos (14).

A medida que progresa el deterioro de la función renal, se produce una reducción de la síntesis de calcitriol junto con una retención progresiva de fósforo. Esta situación altera la homeostasis mineral y favorece el desarrollo de hiperparatiroidismo secundario, aumento del recambio óseo y desmineralización óseo, facilitando fracturas y deformidades (14).

A su vez, la combinación de hipocalcemia, hiperfosfatemia y calcificación vascular se relaciona estrechamente con el elevado riesgo cardiovascular y la mayor mortalidad en estos pacientes (14).

2.7.6 Alteraciones gastro intestinales.

Las alteraciones digestivas en la ERC se deben, en gran mayoría, al estado urémico e incluyen náuseas, vómitos, y trastornos orofaríngeos, entre los que destacan la estomatitis y gingivitis. A nivel gástrico es frecuente la gastroparesia, relacionada con neuropatía autonómica, estrechamente vinculada a la desnutrición y, a su vez, al desarrollo posterior de sarcopenia. A nivel intestinal podemos destacar una alteración del microbiota, que puede manifestarse con diarrea, también puede aparecer estreñimiento por la inactividad y la limitación en la ingesta de líquidos (14).

2.7.7 Alteraciones del sistema nervioso.

La acumulación de toxinas urémicas, alteraciones metabólicas y hemodinámicas afecta tanto al sistema nervioso central y periférico. Cabe destacar, factores como el estrés oxidativo, la inflamación y el deterioro de la barrera hematoencefálica favorecen las complicaciones neurológicas en los pacientes con ERC. De la misma forma, las manifestaciones más frecuentes se encuentran las neuropatías periféricas, el deterioro cognitivo, las encefalopatías y las crisis epilépticas. Además, la hiperactividad simpática se relaciona con hipertrofia ventricular izquierda, aumento de la rigidez arterial y mayor riesgo de arritmias. En conjunto, estos pacientes presentan síntomas como astenia, náuseas, vómitos, prurito y calambres, disnea, anorexia y sarcopenia, sin olvidar el impacto psicológico, con elevada frecuencia de depresión y ansiedad (14).

2.8 Biomarcadores en la enfermedad renal crónica

2.8.1 Concepto de biomarcador.

El *National Institutes Health* (NIH) estableció la definición de biomarcador como un indicador biológico, bioquímico, antropométrico y fisiológico objetivamente medible que proporciona información sobre procesos fisiológicos normales, procesos patológicos o respuestas a una intervención terapéutica (15). En el ámbito de la ERC, los biomarcadores son parámetros que permiten la detección temprana de la alteración renal y contribuyen a estimar la gravedad del daño y el pronóstico de paciente (16).

2.8.2 Biomarcadores de función renal.

La evolución de la ERC se basa principalmente en biomarcadores como la creatinina sérica y el nitrógeno ureico en sangre (BUN) a partir de los cuales permiten la Tasa de Filtración Glomerular Estimada (eGFR); sin embargo, la utilidad de estos indicadores presenta limitaciones relevantes, particularmente en los estadios iniciales de la enfermedad, debido a la influencia de factores extrarrenales como la masa muscular, la dieta y el estado de hidratación (16).

Por ello, se han incorporado biomarcadores emergentes que permitan una evaluación específica como la cistatina C, capaz de estimar la función renal con mayor sensibilidad y menor dependencia de variables fisiológicas, especialmente útil en adultos mayores. Asimismo, la utilización de estos biomarcadores ha demostrado mejorar el diagnóstico y seguimiento clínico al obtener una visión más completa de la función renal (16).

2.8.3 Biomarcadores de daño renal.

La identificación del daño renal estructural constituye un componente fundamental en la evolución de la ERC, para lo cual emplean biomarcadores tanto glomerulares como tubulares. Entre los marcadores glomerulares, la albuminuria es indicador más utilizado y se relaciona directamente con progresión de la ERC y riesgos de eventos cardiovasculares (16).

En el daño tubular, ha cobrado creciente relevancia en la comprensión del deterioro renal, destacándose biomarcadores como la Molécula de Lesión Renal-1 (KIM-1), Lipocalina Asociada a la Gelatinasa de Neutrófilos (NGAL) y beta-2 microglobulina. Estos biomarcadores son indicativos de lesión epitelial y riesgo de deterioro renal acelerado. En conjunto, su incorporación permite destacar alteraciones antes que la eGFR muestre cambios significativos, lo que favorece intervenciones tempranas y un mejor pronósticos (16).

2.8.4 Biomarcadores inflamatorios y estrés oxidativo.

La ERC se relaciona con un estado inflamación crónica y con un aumento de estrés oxidativo. Algunos biomarcadores, como la Interleucina-6 (IL-6) y el Factor de Necrosis Tumoral Alfa (TNF- α), se asocian con procesos inflamatorios vinculados al avance de la enfermedad. Por otro lado, el Factor de Crecimiento Transformante Beta-1 (TGF- β 1) y las fibras de colágeno están relacionadas con el desarrollo de fibrosis renal, considerada una de las etapas finales de varias nefropatías. A nivel oxidativo, Malondialdehído (MDA) y la medición de la capacidad antioxidante total permiten valorar el desequilibrio celular, su medición conjunta aporta información fisiopatológica clave y orienta estrategias terapéuticas dirigidas a modular estos procesos (16).

2.9 Actividad física y ejercicio físico

2.9.1 Diferencias en actividad física y ejercicio físico.

El término actividad física se refiere a cualquier movimiento corporal por la contracción de los músculos esqueléticos que aumentan el gasto energético en comparación con el valor basal. En cambio, el ejercicio físico es una forma planificada, estructurada y repetitiva destinada a mejorar o mantener la condición física (17).

2.9.2 Ejercicio físico: cardiovascular vs. resistencia.

El consenso de la *Sociedad Italiana de Nefrología* (SIN) desatacan el ejercicio cardiovascular, junto con el ejercicio de resistencia como un componente esencial de la

rehabilitación renal. En pacientes con ERC, resistencia contribuye de forma decisiva a prevenir la sarcopenia y la debilidad muscular, mejora la capacidad funcional, la calidad de vida y apoyar el control cardio metabólico global (17).

Las guías del *American College of Sports Medicine* (ACSM) define al ejercicio cardiovascular como actividades dinámicas y continuas, aumentan la frecuencia cardíaca y requieren que el cuerpo use oxígeno para producir energía, fortaleciendo el corazón y mejorando la resistencia. De este modo, ambas modalidades se integran dentro del principio FITT (frecuencia, intensidad, tiempo y tipo de ejercicio), conformando una estrategia de ejercicio estructurado clave en el abordaje integral de la ERC (8).

2.10 Ejercicio físico en la enfermedad renal crónica

2.10.1 Beneficios del ejercicio en pacientes con enfermedad renal crónica.

La ERC se asocia con sedentarismo, disminución de la capacidad funcional, sarcopenia y factores de riesgo cardiovascular, lo que repercute en la autonomía y la calidad de vida del paciente. El ejercicio físico se ha consolidado como una intervención no farmacológica fundamental dentro del abordaje integral de la ERC. La evidencia ha demostrado que los programas de ejercicio estructurado mejoran la capacidad funcional, fuerza muscular, la calidad de vida relacionada con la salud y parámetros asociados al riesgo cardiovascular (18).

2.10.2 Capacidad funcional y tolerancia al esfuerzo.

Los pacientes presentan con frecuencia baja tolerancia al ejercicio y disminución de la capacidad cardiovascular, en relación con anemia, las alteraciones cardiorrespiratorias y la pérdida de masa muscular propias del estado urémico. Diversos estudios han demostrado que el entrenamiento cardiovascular de intensidad moderada, realizado mediante caminata supervisada o cicloergómetro, puede mejorar el consumo máximo de oxígeno (VO_{2peak}), aumentar la distancia recorrida en pruebas de marcha y favorece la tolerancia al esfuerzo durante las actividades diarias. Como resultado, se observa una mejoría general del rendimiento funcional (19).

2.10.3 Fuerza muscular y masa muscular.

La sarcopenia y la disminución de la fuerza muscular son frecuentes en pacientes con ERC. Estas alteraciones pueden estar relacionadas con la desnutrición, la inflamación crónica, la

acidosis metabólica y el sedentarismo. En este contexto el entrenamiento de fuerza mediante ejercicio con resistencia progresivas como bandas elásticas, pesas o maquinas ayuda a mejorar la fuerza de los grandes grupos musculares y contribuye a preservar o aumentar la masa muscular, lo que se traduce en disminución de la fragilidad y mejor desempeño en actividades funcionales (17).

2.10.4 Ejercicio intradiálisis.

El ejercicio intradiálisis puede realizarse durante la primera mitad de la sesión de hemodiálisis, suele consistir en ejercicio cardiovascular de baja a moderada intensidad, al que pueden añadirse ejercicios de resistencia de los miembros inferiores (MMII) con ligeras, bajo supervisión y monitorización para vigilar posibles efectos secundarios; en este contexto, se ha descrito que puede efectuarse de forma segura sin reportar eventos adversos graves y con mejoras en el rendimiento funcional en los pacientes (20) (Figura 4,5) .

Además, la evidencia sintetizada en un metaanálisis de mantenimiento indica que el ejercicio combinado puede mejorar parámetros relacionados con la adecuación de la diálisis y dominios de calidad de vida como salud mental y funcionamiento social, sin que necesariamente se observen cambios significativos en todos los indicadores de función física (21) (Figura 4,5) .

2.10.5 Ejercicio extradiálisis.

El ejercicio extradiálisis se realiza los días no dialíticos o fuera del horario de hemodiálisis, y puede implementarse en domicilio u otros entornos e incluye principalmente ejercicios combinados. Además, esta modalidad permite mayor libertad en la organización y progresión del programa, aunque requiere una adecuada educación del paciente y un seguimiento periódico por parte del equipo de salud para garantizar la adherencia y la seguridad (17).

La evidencia sintetizada en revisiones indica que los programas combinados, se ha asociado con mejoras en parámetros clínicos como la depuración de urea y dominios de calidad de vida, aunque los efectos sobre algunos componentes de función física pueden ser variables (21,22).

2.10.6 Consideraciones generales de seguridad.

Antes de iniciar cualquier programa de ejercicio en pacientes con ERC o en hemodiálisis, es imprescindible realizar una valoración clínica integral y funcional para individualizar la prescripción, recopilando información sobre comorbilidades y mediciones, es necesaria la participación de un equipo multidisciplinario para ajustar el programa. Asimismo, es prudente posponer el ejercicio cuando haya situaciones clínicas inestables o problemas que impidan realizarlo con seguridad (17,21).

2.11 Efectos del ejercicio físico sobre los biomarcadores en la ERC

2.11.1 Cambios en biomarcadores de función renal.

Ensayos Controlados Aleatorizados (ECAs) en pacientes con Enfermedad Renal Crónica (ERC) en prediálisis, los programas de ejercicio físico cardiovascular y de resistencia no muestran diferencias significativas en la Tasa de Filtración Glomerular Estimada (eGFR) ni en la proteinuria frente a controles, por lo que el ejercicio no parece tener un impacto negativo sobre la función renal; algunos estudios reportaron incluso menor deterioro de la eGFR (19).

En adultos mayores sedentarios del ensayo *Lifestyle Interventions For Elders* (LIFE), la aleatorización a una intervención estructurada de actividad física y ejercicio no mostró cambios significativos en los biomarcadores de salud renal; sin embargo, mayores recuentos de pasos se asociaron con mejoras en dominios de salud renal. Además, el mismo grupo reporta en un estudio previo que la intervención se asoció con un declive más lento de la eGFR por cistatina C y que quienes alcanzaron mayores niveles de actividad obtuvieron mayor beneficio en la preservación de la eGFR por cistatina C, independiente de cambios en presión arterial o peso corporal (23).

2.11.2 Cambios en biomarcadores inflamatorios y de estrés oxidativo.

La ERC se caracteriza por un estado de inflamación crónica de bajo grado y por un incremento del estrés oxidativo, que contribuyen de manera relevante a la progresión del daño renal y al aumento riesgo cardiovascular. El ejercicio ha demostrado ejercer un efecto antiinflamatorio y antioxidante en pacientes con ERC. Una revisión sistemática y metaanálisis demostró que los programas de ejercicio, se asocian con reducciones significativas de proteína C reactiva (CRP) y Factor de Necrosis Tumoral Alfa (TNF- α), y

con cambios favorables en Interleucina-6 (IL-6). Al analizar los tipos de intervención, el entrenamiento de resistencia mostró los mayores efectos antiinflamatorios, mientras que el ejercicio cardiovascular se asoció principalmente con la reducción de la IL-6 (24).

Una revisión sistemática y metaanálisis con análisis secuencial de ensayos en pacientes con ERC en relación con el estrés oxidativo evidenció que el ejercicio cardiovascular reduce los niveles de Malondialdehído (MDA), marcador de peroxidación lipídica, y aumenta la actividad de enzimas antioxidantes como el superóxido dismutasa, lo que sugiere una mejora de la capacidad antioxidante endógena. Además, se observaron reducciones en otros marcadores de estrés oxidativo como productos avanzados de oxidación proteica y F2-isoprostanos; en cambio, la capacidad antioxidante total no mostró cambios significativos (25).

Un ensayo clínico aleatorizado doble ciego mostró que 12 semanas de entrenamiento concurrente intradiálisis se asociaron con mejoras en el estado antioxidante; evidenciadas por aumentos de glutatión reducido y tioles totales. Además, cuando el programa se combinó con suplementación nocturna con melatonina, se observaron cambios adicionales, con disminución de MDA y CRP, junto con aumento de la capacidad antioxidante medida mediante Poder Reductor Férrico del Plasma (FRAP), lo que sugiere un mayor beneficio sobre el balance oxidante-antioxidante y la inflamación sistémica (26).

2.11.3 Cambios en biomarcadores de daño tubular.

Los biomarcadores de daño tubular como KIM-1, NGAL, aportan información adicional sobre la integridad del epitelio tubular y la presencia de lesión renal subclínica, Aunque la evidencia clínica en pacientes con ERC es limitada, estudios recientes han evaluado el impacto del ejercicio sobre este tipo de marcadores. En un ensayo clínico realizado en adultos mayores con factores de riesgo renal, mayores niveles de actividad física se asociaron con mejoras en biomarcadores de lesión glomerular, tubular y de reparación tubulointersticial, sin observarse un empeoramiento del perfil de daño tubular (23).

2.11.4 Mecanismos fisiológicos que explican estos cambios

Los cambios observados en los biomarcadores con la práctica de ejercicio físico en la ERC pueden explicarse por la interacción de varios mecanismos fisiológicos. En primer lugar, el ejercicio mejora el perfil hemodinámico y vascular, reduciendo la presión arterial, la rigidez

arterial y la función endotelial, lo que favorece una mejor perfusión renal y podría contribuir a preservar la GFR y a disminuir el daño glomerular (19).

En segundo lugar, el ejercicio ejerce un potente efecto antiinflamatorio y antioxidante. La contracción muscular repetida induce a la liberación de miocinas con acción inmunorreguladora, mientras que el entrenamiento regular incrementa la capacidad antioxidante endógena y atenúa el estrés oxidativo. Estos mecanismos se reflejan en las reducciones en marcadores inflamatorios como la CRP, TNF- α , IL-6, junto con incrementos en citocinas antiinflamatorias como IL-10, según el metaanálisis más reciente en ERC, esta modulación inflamatoria podría contribuir a disminuir la activación de vías profibróticas y, en consecuencia, atenuar el daño vascular y tubular asociado a la progresión de la enfermedad (24).

En tercer lugar, el ejercicio contribuye a mejorar el perfil metabólico y corporal aumenta la sensibilidad a la insulina, favorece el control glucémico, ayuda a reducir el tejido adiposo visceral y mejora la masa y la fuerza muscular. Estos efectos han sido descritos tanto en metaanálisis que muestran reducciones del Índice de Masa Corporal (IMC), así como aumentos de la fuerza y del volumen muscular en pacientes con ERC. Las comorbilidades como diabetes y síndrome metabólico, estas adaptaciones adquieren especial relevancia, ya que descontrol metabólico acelera la progresión del daño renal y empeora los biomarcadores de función y lesión renal (27).

Finalmente, se ha propuesto que el ejercicio modula la actividad del sistema nervioso simpático y del sistema renina-angiotensina-aldosterona, disminuyendo la sobrecarga hemodinámica crónica sobre el riñón y reduciendo la proteinuria. En conjunto, la suma de los efectos hemodinámicos, antiinflamatorios, antioxidantes, metabólicos y sobre la composición corporal descritos en los metaanálisis puede explicar por qué los programas de ejercicio estructurados son capaces de mejorar o, al menos, estabilizar biomarcadores de función renal e inflamación y mostrar señales favorables sobre el estrés oxidativo y el daño tubular, apoyando su inclusión como componente clave en el abordaje multidisciplinar de la ERC (22).

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1 Diseño de Investigación

El diseño de la investigación fue de diseño documental, porque se realizó una lectura y análisis detallado de varios artículos de bases científicas como fuente primaria de información centró en la recopilación de datos provenientes de fuentes documentales como libros y artículos científicos como fuente primaria de información. Mediante la elección de este diseño documental permitió explorar aspectos fundamentales como ejercicio físico sobre los biomarcadores de pacientes con enfermedad renal.

3.2 Tipo de Investigación

Esta investigación fue de tipo bibliográfica, caracterizada por la recopilación, análisis y síntesis de información extraídas de fuentes secundarias incluidos artículos científicos, libros, tesis y otros documentos académicos especializados en la literatura en ciencias de la salud, con el objetivo de identificar y seleccionar materiales relevantes según el tema de estudio propuesto.

3.3 Nivel de la investigación

La investigación fue de nivel descriptivo, debido a que se realiza una descripción detallada de la enfermedad renal y de los efectos del ejercicio físico sobre los distintos biomarcadores en pacientes con esta patología. Además, este nivel de investigación resulta fundamental porque permite recopilar, analizar y sintetizar la evidencia científica disponible acerca de los cambios fisiológicos y bioquímicos asociados a la práctica de ejercicio físico, ofreciendo una visión clara y ordenada de sus posibles beneficios y consideraciones clínicas en esta población.

3.4 Método de investigación

Se empleó un método inductivo, porque parte del análisis de estudios y casos particulares para llegar a conclusiones generales sobre sus efectos. A través de la observación y revisión de diferentes investigaciones que evalúan cambios en biomarcadores, es posible comprender mejor como el ejercicio físico puede beneficiar a esta población. De esta manera, se contribuye al desarrollo de una práctica clínica basada en evidencia, orientada a la prescripción segura y eficaz del ejercicio en personas con enfermedad renal.

3.5 Según la cronología de la investigación

La investigación se enmarcó dentro de un enfoque retrospectivo, dado que se fundamenta en la revisión y análisis de estudios, ensayos clínicos y otras investigaciones previamente realizadas sobre los efectos del ejercicio físico en los biomarcadores de pacientes con enfermedad renal. Este enfoque retrospectivo permite examinar resultados históricos relacionados con biomarcadores, con el propósito de identificar patrones y tendencias en la respuesta a distintas modalidades de ejercicio físico. De esta manera, se contribuye a la construcción de sustento científico que favorezca la prescripción del ejercicio físico en esta población, basado en la evidencia existente.

3.6 Población

El estudio se inició con 75 artículos que abordaron la relación entre el ejercicio físico y los biomarcadores de pacientes con enfermedad renal, seleccionados mediante una búsqueda exhaustiva para lo cual se utilizó la base *Physiotherapy Evidence Database* (PEDro), siendo esta una base de datos de fisioterapia basada en la evidencia y el método *Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses* (PRISMA).

3.7 Muestra

Finalmente, se seleccionaron un total de 40 artículos que cumplieran con los criterios establecidos para la investigación. De estos, 20 correspondían a *ensayos controlados aleatorizados* (ECA's), los cuales fueron evaluados utilizando la base de datos PEDro.

3.8 Criterios de inclusión

- Artículos científicos *ensayos controlados aleatorizados* (ECA's) que contemplen las variables de estudio.
- Artículos científicos de libre acceso.
- Artículos científicos en inglés y español.
- Artículos científicos publicados en el período 2015 – 2025.
- Artículos científicos que cumplan con la calificación (≥ 6) en la escala de PEDro.

3.9 Criterios de exclusión

- Artículos científicos como revisiones sistemáticas y metaanálisis.
- Artículos científicos con acceso restringido.
- Artículos científicos de difícil comprensión.

3.10 Técnica de recolección de datos

Para la elaboración del estudio se utilizó la revisión bibliográfica mediante un proceso sistemático de búsqueda, selección y análisis de la literatura existente en artículos científicos relacionados con el tema anteriormente mencionado. Para la recolección de datos en esta investigación fueron bases de datos científicas en línea como Medline, SciELO, ScienceDirect, MediGraphic y Dialnet. Además, se definieron criterios de búsqueda como “exercise training”, “physical exercise”, “chronic kidney disease”, “end-stage renal disease”, “renal biomarkers”, “inflammatory biomarkes”, “oxidative stress”. Asimismo, se emplearon operadores booleanos “AND” y “OR” con el fin de optimizar y delimitar la estrategia de búsqueda.

3.11 Método de análisis y procesamiento de datos

El análisis de los artículos se llevó a cabo con base en el protocolo PRISMA de acuerdo al título, las diferentes variables, teniendo en cuenta los diferentes criterios de inclusión y exclusión, tomando en cuenta artículos publicados desde el año 2015 – 2025 para obtener más información y fortalecer la base científica de la investigación, a continuación, el proceso de selección se resume en un diagrama de flujo.

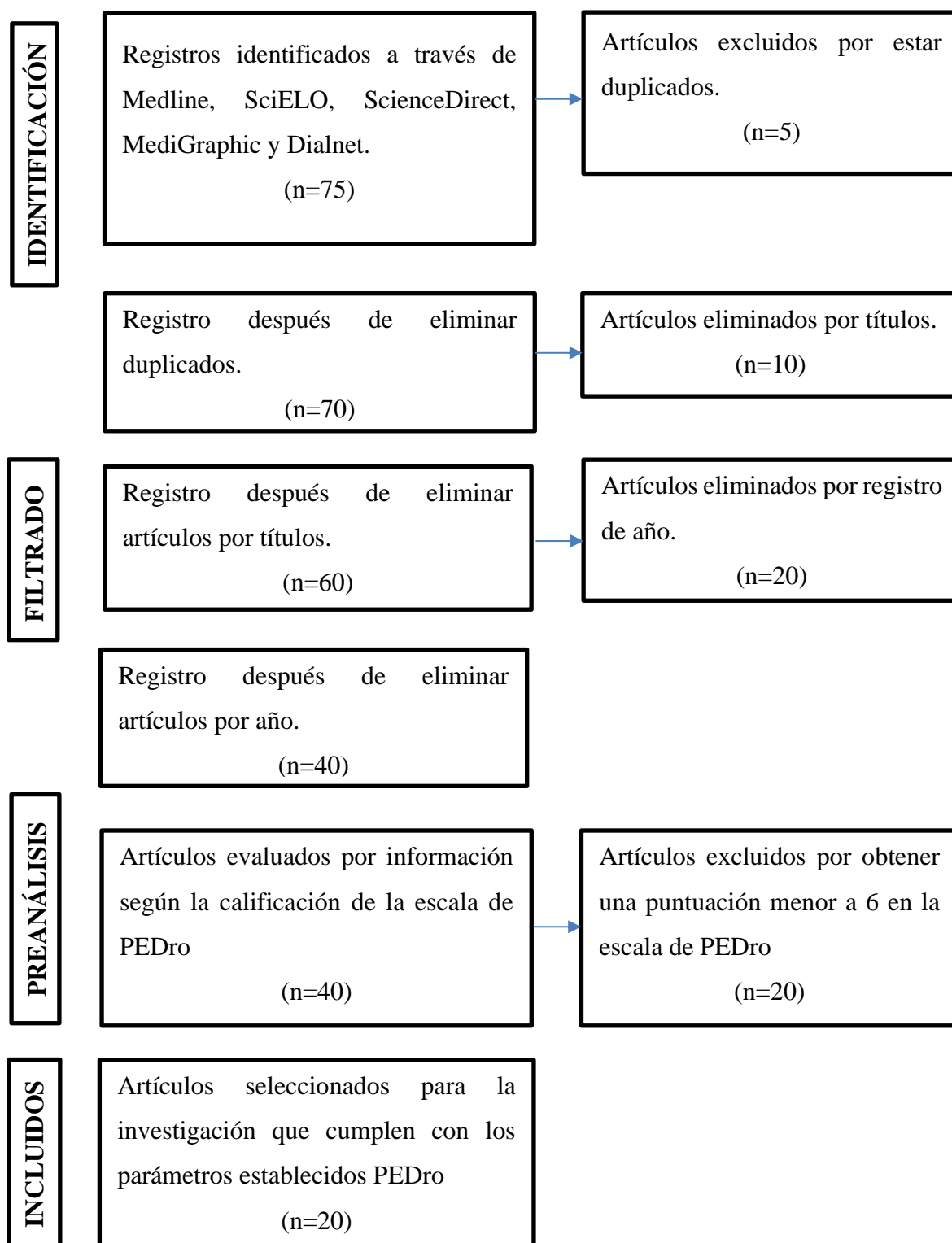


Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA del proceso de selección de los artículos.

*Adaptado de: Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Moher D. The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *Systematic reviews*. 2021; 10(1): 1-11.

Tabla 1 Análisis de artículos valorados metodológicamente mediante la escala *Physiotherapy Evidence Database (PEDro)*

Nº	Autor	Título original	Título en español	Base científica	PEDro
1	Feng 2025 (28)	The impact of intradialytic elastic band exercise on physical and cognitive abilities in patients on maintenance hemodialysis: a randomized controlled trial.	El impacto del ejercicio con bandas elásticas durante la diálisis en las capacidades físicas y cognitivas de pacientes en hemodiálisis de mantenimiento: un ensayo controlado aleatorizado.	Medline	6/10
2	Nakoui 2025 (29)	Comparison of the effect of aerobic and resistance training on fatigue, quality of life and biochemical factors in hemodialysis patients.	Comparación del efecto del entrenamiento aeróbico y de resistencia sobre la fatiga, la calidad de vida y los factores bioquímicos en pacientes en hemodiálisis.	Medline	6/10
3	Tabibi 2023 (30)	The effect of intradialytic exercise on dialysis patient survival: a randomized controlled trial.	El efecto del ejercicio intradialítico en la supervivencia de pacientes en diálisis: un ensayo controlado aleatorizado.	Medline	8/10
4	Araújo 2023 (31)	The effects of home-based progressive resistance training in chronic kidney disease patients.	Los efectos del entrenamiento de resistencia progresiva en casa en pacientes con enfermedad renal crónica.	ScienceDirect	7/10
5	Tabibi 2023 (32)	The effect of intradialytic exercise on calcium, phosphorus and parathyroid hormone: a randomized controlled trial.	El efecto del ejercicio intradialítico sobre el calcio, el fósforo y la hormona paratiroidea: un ensayo controlado aleatorizado	Medline	8/10
6	Meléndez 2022	Effect of an aerobic and strength exercise combined program on	Efecto de un programa combinado de ejercicio aeróbico y de fuerza sobre el	Medline	6/10

	(33)	oxidative stress and inflammatory biomarkers in patients undergoing hemodialysis: a single blind randomized controlled trial.	estrés oxidativo y los biomarcadores inflamatorios en pacientes sometidos a hemodiálisis: un ensayo controlado aleatorizado simple ciego.		
7	Abdelbasset 2022 (34)	Effect of twelve-week concurrent aerobic and resisted exercise training in non-dialysis day on functional capacity and quality of life in chronic kidney disease patients.	Efecto de un entrenamiento concurrente de ejercicios aeróbicos y de resistencia de doce semanas en días sin diálisis sobre la capacidad funcional y la calidad de vida en pacientes con enfermedad renal crónica.	Medline	6/10
8	Thompson 2022 (35)	Physical Activity in Renal Disease and the Effect on Hypertension: A Randomized Controlled Trial.	Actividad física en la enfermedad renal y el efecto sobre la hipertensión: un ensayo controlado aleatorizado.	Medline	7/10
9	Kim 2022 (36)	An intradialytic aerobic exercise program ameliorates frailty and improves dialysis adequacy and quality of life among hemodialysis patients: a randomized controlled trial.	Un programa de ejercicio aeróbico intradialítico mejora la fragilidad y la adecuación de la diálisis, así como la calidad de vida en pacientes en hemodiálisis: un ensayo controlado aleatorizado.	Medline	6/10
10	Uchiyama 2021 (37)	Home-based aerobic exercise and resistance training for severe chronic kidney disease: a randomized controlled trial.	Ejercicio aeróbico y entrenamiento de resistencia en casa para enfermedad renal crónica grave: un ensayo controlado aleatorizado.	Medline	7/10
11	Zhou 2020 (38)	Twelve months of exercise training did not halt abdominal aortic calcification in patients with CKD–	Doce meses de entrenamiento físico no detuvieron la calcificación de la aorta abdominal en pacientes con ERC: un	Medline	6/10

		a sub-study of RENEXC-a randomized controlled trial.	subestudio de RENEXC, un ensayo controlado aleatorizado.		
12	Oliveira 2019 (39)	Aerobic Exercise Training and Nontraditional Cardiovascular Risk Factors in Hemodialysis Patients: Results from a Prospective Randomized Trial.	Entrenamiento de Ejercicio Aeróbico y Factores de Riesgo Cardiovascular No Tradicionales en Pacientes en Hemodiálisis: Resultados de un Ensayo Aleatorizado Prospectivo	Medline	7/10
13	Cruz 2018 (40)	Intradialytic aerobic training improves inflammatory markers in patients with chronic kidney disease: a randomized clinical trial.	El entrenamiento aeróbico intradialítico mejora los marcadores inflamatorios en pacientes con enfermedad renal crónica: un ensayo clínico aleatorizado.	SciELO	6/10
14	Figueiredo 2018 (41)	Effects of the inspiratory muscle training and aerobic training on respiratory and functional parameters, inflammatory biomarkers, redox status and quality of life in hemodialysis patients: A randomized clinical trial.	Efectos del entrenamiento de los músculos inspiratorios y del entrenamiento aeróbico sobre los parámetros respiratorios y funcionales, biomarcadores inflamatorios, estado redox y calidad de vida en pacientes en hemodiálisis: un ensayo clínico aleatorizado.	Medline	8/10
15	Gurgel 2018 (42)	Effects of respiratory muscle training on endothelium and oxidative stress biomarkers in hemodialysis patients: A randomized clinical trial.	Efectos del entrenamiento de los músculos respiratorios sobre el endotelio y los biomarcadores de estrés oxidativo en pacientes en hemodiálisis: Un ensayo clínico aleatorizado.	ScienceDirect	6/10

16	Barcellos 2018 (43)	Exercise in patients with hypertension and chronic kidney disease: a randomized controlled trial.	Ejercicio en pacientes con hipertensión y enfermedad renal crónica: un ensayo controlado aleatorizado.	Medline	7/10
17	Ikizler 2017 (44)	Metabolic Effects of Diet and Exercise in Patients with Moderate to Severe CKD: A Randomized Clinical Trial.	Efectos metabólicos de la dieta y el ejercicio en pacientes con ERC moderada a grave: un ensayo clínico aleatorizado.	Medline	6/10
18	Leehey 2016 (45)	Structured Exercise in Obese Diabetic Patients with Chronic Kidney Disease: A Randomized Controlled Trial.	Ejercicio Estructurado en Pacientes Diabéticos Obesos con Enfermedad Renal Crónica: Un Ensayo Controlado Aleatorizado.	Medline	6/10
19	Peres 2015 (46)	Effects of intradialytic exercise on systemic cytokine in patients with chronic kidney disease.	Efectos del ejercicio intradiálisis sobre las citocinas sistémicas en pacientes con enfermedad renal crónica	Medline	6/10
20	Van Craenenbroeck 2015 (47)	Effect of Moderate Aerobic Exercise Training on Endothelial Function and Arterial Stiffness in CKD Stages 3-4: A Randomized Controlled Trial	Efecto del Entrenamiento Aeróbico Moderado sobre la Función Endotelial y la Rigidez Arterial en Estadios 3-4 de la Enfermedad Renal Crónica: Un Ensayo Controlado Aleatorizado	Medline	6/10

3.12 Interpretación de la tabla 1

La tabla 1, detalla la valoración de la calidad metodológica de los 20 *ensayos controlados aleatorizados* (ECA's) evaluados mediante la escala *Physiotherapy Evidence Database* (PEDro) muestra que la calidad de los artículos es (≥ 6). Esto indica que los estudios incluidos poseen una validez aceptable, lo que respalda su fiabilidad en la interpretación de los resultados.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

Tabla 2. Síntesis de los resultados a partir de los Estudios Controlados Aleatorizados (ECA's) seleccionados

Nº	Autor/Año	Participantes	Intervención	Variables	Resultados
1	Feng 2025 (28)	Reclutados: n=60 pacientes en programa de hemodiálisis ≥ 3 meses, ≥ 18 años, asignados aleatoriamente. Se incluyeron pacientes estables con fuerza muscular ≥ 3 . Se excluyeron casos con inestabilidad hemodinámica y enfermedad cardiopulmonar grave. G1: n=30 G2: n=30	G1: realizó un programa de ejercicio intradiálisis con bandas elásticas de intensidad baja a moderada, utilizando una percepción del esfuerzo entre 11 – 13 en la escala de Borg. G2: atención habitual sin realizar ejercicio físico.	Función física fue medida mediante la Batería Corta de Entrenamiento Físico (SPPB), mientras que la Función cognitiva se valoró con la Evaluación Cognitiva de Montreal (MoCA). Además, la fatiga se evaluó utilizando la Escala de Fatiga de 14 ítems (FS-14) y la calidad del sueño mediante el Índice	Tras 12 semanas de ejercicio intradiálisis con bandas elásticas, el G1 mostró una mejora significativa en la función física evaluada mediante SPPB, observándose mayor equilibrio, velocidad de la marcha y fuerza en MMII. Asimismo, se observó un incremento significativo en la función cognitiva evaluando mediante MoCA indicando un beneficio adicional sobre el rendimiento neurocognitivo. La fatiga evaluada mediante la escala Fs-14 disminuyó de forma significativa, tanto en su componente físico como en la percepción global del cansancio. Los síntomas depresivos evaluada mediante la escala HAMD mostró una disminución en comparación con el G2. No obstante, aunque la calidad de sueño evaluada mediante PSQI y los síntomas ansiedad evaluada mediante la escala HAMA, mejoraron únicamente a nivel intragrupal en el G1, sin diferencias estadísticamente significativas entre grupos. En cuanto a la seguridad, la intervención presentó alta adherencia 94%, ausencia de eventos

			del Sueño de Pittsburgh (PSQI). En el aspecto psicológico se analizaron síntomas de ansiedad y depresión a través de la escala de Hamilton (HAMA y HAMD)	adversos relevantes y elevada aceptación por parte de los pacientes. En conclusión, el ejercicio con bandas elásticas se asoció con mejoras en la función física, cognitiva, la fatiga y los síntomas demostrando ser una intervención segura en pacientes en hemodiálisis de mantenimiento.	
2	Nakoui 2025 (29)	Reclutados: n=51pacientes entre los 30 – 55 años asignados aleatoriamente. Se excluyeron pacientes con patología cardiovascular o pulmonar y limitaciones físicas para el ejercicio. G1: n=17 G2: n=17	G1: realizó durante las primeras 2 horas de diálisis un programa de 8 semanas, 3 días por semana, 10min de calentamiento, 30 de resistencia y 10min enfriamiento. G2: misma duración de semanas, 20min cicloergómetro, 5min de calentamiento y	Parámetros hematológicos y bioquímicos como hemoglobina y sodio sérico. También se evaluaron biomarcadores inflamatorios, entre ellos la proteína C reactiva (CRP), y marcadores de vida mediante el	Después de 8 semanas de intervención, tanto el G1 como el G2 mostraron una disminución significativa de la fatiga en comparación con el G3. En relación con los parámetros bioquímicos, ambos grupos de ejercicio presentaron una reducción significativa de la relación urea/creatinina frente al grupo control (p=0,001), lo que podría indicar una mejor eliminación de desechos. Asimismo, el G2 evidenció un aumento significativo de sodio sérico respecto a los otros grupos (p=0,01). Por otro lado, no se observaron cambios importantes en los niveles de hemoglobina ni de CRP entre grupos. En cuanto a la seguridad, no se reportaron eventos adversos relacionados con el

		G3: n=17	5min vuelta a la cama, a 60%-70% de la reserva de FC. G3: atención habitual, sin ejercicio.	cuestionario KDQOL-SF y el nivel de fatiga utilizando la Escala de Severidad de Fatiga (FSS).	programa de ejercicio durante el periodo de intervención. En conclusión, el entrenamiento cardiovascular y de resistencia fueron intervenciones seguras y eficaces para reducir la fatiga, con efectos metabólicos parciales en pacientes con hemodiálisis.
3	Tabibi 2023 (30)	Reclutados: n=74 pacientes en hemodiálisis, asignados aleatoriamente. Se excluyeron casos con inestabilidad cardiovascular o incapacidad para ejercicio. G1: n=37 G2: n=37	G1: realizó ejercicio intradiálisis supervisado durante 6 meses, 3 veces por semana en la segunda hora de cada hemodiálisis, con una duración progresiva de 30-60min por sesión, mediante un programa combinado incluyó calentamiento, ejercicio cardiovascular con movimientos rítmicos, entrenamiento de	Variables hematológicas: hemoglobina, hematocrito, glóbulos rojos. Variables bioquímicas: albúmina sérica, calcio sérico, fosforó sérico, hormona paratiroidea. Variable funcional: Test de Marcha de 6 Minutos (6MWT). Variable nutricional: Índice	El ejercicio intradiálisis supervisado durante 6 meses mostró efectos favorables en el G1 en comparación con el G2, acompañado de incremento en parámetros hematológico. De igual forma, se observó un aumento significativo de la albúmina sérica, hemoglobina, hematocrito y recuento de glóbulos rojos y calcio sérico, mientras el fósforo y la hormona paratiroidea disminuyeron de forma significativa. Asimismo, respecto a la capacidad funcional el G1 evidencio una mejoría en el test 6MWT reflejando mayor tolerancia al esfuerzo y mejoría en el estado nutricional evaluada mediante el índice GNRI, mientras que el G2 tendió a mantenerse sin cambios relevantes. En conclusión, el ejercicio intradiálisis fue una intervención segura y eficaz, asociado a mayor supervivencia y mejoras significativas en parámetros hematológicos, metabólicos y funcionales.

		resistencia con peso corporal, bandas elásticas. Mancuernas, pesas y estiramientos. G2: atención habitual, sin ejercicio.	de Riesgo Geriátrico (GNRI).		
4	Araújo 2023 (31)	Reclutados: n=31 pacientes con ERC en estadios II, asignados aleatoriamente. 12 mujeres 38.7% posmenopáusicas. Sin diferencias basales en IMC, edad o masa corporal. G1: n=16 G2: n=15	G1: realizó 22 semanas de entrenamiento de resistencia progresivo, domiciliario y supervisado, usando bandas elásticas y peso corporal, regulado por OMNI-RES, frecuencia de 3 días/semana. G2: atención habitual sin ejercicio.	Rendimiento físico y funcional: Test Timed Up and Go (TUG), Test de Marcha 6 Minutos (6MWT) Biomarcador endotelial: Dimetilarginina Asimétrica (ADMA) biomarcadores inflamatorios: Factor de Necrosis Tumoral alfa (TNF- α), interleucinas-6	Tras 22 semanas de entrenamiento de resistencia, domiciliario y supervisado, no se reportaron eventos adversos. Al inicio no existieron diferencias basales entre grupos en edad, IMC, circunferencia de cintura, y masa corporal con una alta proporción de los participantes presentó osteopenia de 83,9%. posterior a la intervención el G1 redujo la prevalencia de osteopenia del 81,3% al 50%, mientras que en el G2 no mostró cambios. En comparación con el G2, el G1 mostró mejoras significativas en la densidad mineral ósea total, la fuerza de presión manual, el test TUG, y el test de marcha evaluada mediante 6MWT. En cuanto al biomarcador de la función renal, el G1 presentó mejoría en el perfil urémico y menor deterioro de la eGFR. Asimismo, se observó disminución en biomarcadores inflamatorios como TNF- α , IL-6, CRP, junto con un incremento

			(IL-6), Proteína C Reactiva (CRP). Eje osteo renal: klotho, Factor de Crecimiento Fibroblástico (FGF-23). Homeostasis glucémica y Exerquinas: irisina, Sirtuina-1 (SIRT-1), glucosa en ayunas y Hemoglobina Glicosilada (HbA1c).	significativo de IL-10 $p < 0,05$. de igual manera, se evidenció disminución significativa del biomarcador endotelial como ADMA, pero sin cambios en el G2. En el eje osteo-renal, el G1 mostró incremento significativo de klotho y disminución de FGF-23 $p < 0,05$, mientras que el G2 permaneció sin cambios. Finalmente, en el metabolismo y las exerquinas, el G1 presentó aumentos significativos de irisina y SIRT-1, así como disminuciones en glucosa en ayunas y HbA1c $p < 0,05$, sin variaciones significativas. En conclusión, el entrenamiento de resistencia fue una intervención segura y eficaz, asociada a mejoras en densidad mineral ósea, capacidad funcional, biomarcadores inflamatorios, endotelial y metabolismo en pacientes con ERC.	
5	Tabibi 2023 (32)	Reclutados: n=44 pacientes en hemodiálisis, edad \geq 18 años, asignados aleatoriamente. Se excluyeron casos con inestabilidad clínica o limitaciones para el ejercicio.	G1: ejercicio intradiálisis combinado durante la segunda hora de hemodiálisis, 3 veces/semana por 6 meses, con sesiones progresivas de 30-60min e incluyeron calentamiento,	Variables bioquímicas: hormona paratiroidea, calcio sérico, fósforo sérico, fosfatasa alcalina. Índice bioquímico:	Después de la intervención en el G1 los niveles de calcio sérico mostraron un aumento, mientras que en el G2 permanecieron estables. De igual manera, el G1 presentó una disminución de la hormona paratiroidea, producto calcio-fósforo y fosfatasa alcalina, cambios que no se evidenciaron el G2. Durante el período de la intervención no se reportaron eventos adversos graves, únicamente un episodio leve

		<p>La Adherencia fue del 78.5%. G1: n=22. G2: n=22.</p>	<p>trabajo cardiovascular con movimientos rítmicos guiados por música y resistencia con peso corporal, pesas, bandas elásticas, con inmovilización del brazo con una fístula y supervisión profesional. G2: atención habitual, sin ejercicio</p>	<p>producto calcio-fósforo.</p>	<p>de calambres musculares tras la primera sesión de ejercicio. En definitiva, el ejercicio supervisado fue una intervención segura y eficaz para mejorar el metabolismo óseo-mineral en pacientes con ERC.</p>
6	Meléndez 2022 (33)	<p>Reclutados: n=71 pacientes en hemodiálisis, asignados aleatoriamente. Se excluyeron pacientes con inestabilidad cardiovascular reciente, enfermedad</p>	<p>G1: intradiálisis incluyó 5min calentamiento, aproximadamente 30min de ejercicio de resistencia de MMII con progresión de carga manteniendo RPE 12-15, seguido de 30min de ejercicio</p>	<p>Biomarcador inflamatorio: Interleucina-6 (IL-6), Proteína C reactiva (CRP), TNF-α, Proteína Quimioatrayente de Monocitos-1 (MCP-1), Molécula de Adhesión</p>	<p>Tras 4 meses de intervención, el programa de ejercicio combinado aplicado en pacientes en hemodiálisis mostró una mayor adherencia en el G1 en comparación con el G2. En este último, el 41,2% de los participantes abandonó el programa de ejercicio. Los resultados sugieren que el ejercicio supervisado durante la hemodiálisis puede representar una alternativa segura. En los parámetros antropométricos registró una disminución de la circunferencia de cintura $p=0,007$, sin cambios en peso corporal, IMC y PAD, indicando</p>

<p>cerebrovascular y limitaciones musculoesqueléticas y respiratorias que impidieran la realización de ejercicio. G1: n=36. G2: n=35.</p>	<p>cardiovascular en cicloergómetro adaptado (Motomed Letto) y finalizando con 5min de estiramientos. G2: domiciliario, se indicó un programa similar 3 veces por semana recibieron guía de fisioterapia inicio y durante 3 sesiones sobre intensidad y automonitoreo, iniciando cada sesión con 5min de calentamiento de caminata y realizando entrenamiento de resistencia de MMII que progresó desde 10 repeticiones y aumento hasta 3 series de 10,</p>	<p>Intercelular-1 (ICAM-1) Biomarcador de estrés oxidativo: Malondialdehído (MDA), Glutación reducido (GSH), Glutación oxidado (GSSG), relación GSH/GSSG indicador del equilibrio sistémico. Además, se incluyeron distintos parámetros bioquímicos como bilirrubina, albúmina, creatinina, ácido úrico, urea, proteínas totales, glucosa, colesterol total, Lipoproteína de</p>	<p>un efecto limitado sobre la composición corporal y hemodinámica. En los parámetros bioquímicos, se observó un aumento significativo en los niveles de la albúmina, creatinina, colesterol total y LDL junto con disminución del HDL, sin diferencias entre grupos. De igual manera, no se encontraron cambios en biomarcadores como bilirrubina, ácido úrico, urea, proteínas totales, glucosa y triglicéridos. Respecto a los biomarcadores inflamatorios, los efectos variaron según el tipo de ejercicio realizado. En el G1 se evidenciaron una disminución significativa de la IL-6 $p=0,03$, mientras que el G2 se observó una reducción significativa de la CRP con el mismo valor de significancia. Sin embargo, no se registraron cambios relevantes en MCP-1, TNF-α e ICAM-1. En cuanto a los biomarcadores de estrés oxidativo, los niveles de MDA disminuyeron en el G1 y las proteínas carboniladas presentaron una reducción en ambos grupos. Por otro lado, no se observaron modificaciones en GSH ni en la relación GSH/GSSG, sin evidenciarse una interacción significativa entre tiempo y grupo. Por último, los hallazgos sugieren que el programa de ejercicio tuvo mayor efecto sobre los biomarcadores</p>
---	---	--	--

		incrementando la carga con lastres y bandas elásticas para mantener un esfuerzo percibido RPE 12–15.	Baja Densidad (LDL), Lipoproteína de Alta Densidad (HDL) y triglicéridos.	inflamatorios que sobre los parámetros antes mencionados.	
7	Abdelbasset 2022 (34)	Reclutados: n=50 pacientes con ERC en programa de hemodiálisis, >25 años, con prescripción médica para realizar ejercicio físico. Se excluyeron pacientes con antecedentes de infarto, angina inestable, arritmias, hipertensión o diabetes controladas, y trastorno neurológicos o musculoesqueléticos.	G1: realizó durante 12 semanas un programa de entrenamiento concurrente 3 veces por semana. Este incluyó ejercicio cardiovascular de intensidad moderada, entre el 70 – 80% de la FCmáx, junto con entrenamiento de resistencia progresivo enfocado en MMII. G2: recibió únicamente la atención habitual sin ejercicio físico.	Capacidad funcional: mediante el Test de Caminata de 6 Minutos (6MWT) y el Test Sentarse y Ponerse de Pie (STS), además de la calidad de vida: utilizando el cuestionario SF-36.	Después de la intervención, el G1 mostró mejoras en la capacidad funcional por el aumento significativo en la distancia recorrida durante el 6MWT, reflejando una mejor tolerancia al esfuerzo y la capacidad cardiovascular a diferencia del G2. De modo idéntico, hubo disminución del tiempo en el STS-10 y el aumento de repeticiones en el STS-60 indicando una mejora en la potencia y resistencia muscular. De manera coherente, estas mejoras físicas se acompañaron de incrementos significativos en los dominios de calidad de vida evaluadas mediante el cuestionario SF-36, con resultados superiores al G2. En conclusión, el entrenamiento cardiovascular y de resistencia durante 12 semanas mejoró significativamente la capacidad funcional tales como 6MWT, STS1 y STS-60 y los dominios físicos de la calidad de vida en pacientes con ERC, sin cambios en el G2.

		G1: n=25. G2: n=25.			
8	Thompson 2022 (35)	Reclutados: n=44 pacientes con ERC e hipertensión, ≥18 años, aleatorizados. Se excluyeron pacientes que no cumplían criterios clínicos de elegibilidad. G1: n=21. G2: n=23.	G1: realizó un programa de ejercicio combinado, progresivo, de 24 semanas dividido en 2 fases. Fase 1: semana 0-8 ejercicio mixto con 1 sesión semanal supervisada y 2 domiciliaria, incluyendo ejercicio cardiovascular de intensidad moderada y entrenamiento de resistencia isométrica. Durante la fase 2: correspondiente a las semanas 9 – 24, los participantes realizaron un programa	Parámetros clínicos: como la Presión Arterial Sistólica (PAS) y diastólica (PAD). Capacidad cardiorrespiratori a: mediante el Pico de Consumo de Oxígeno (VO ₂ peak). Biomarcadores cardiovasculares: entre ellos, colesterol total, LDL, HDL y triglicéridos. Biomarcador de función renal: Tasa de Filtración Glomerular Estimada (eGFR), relación	En pacientes con ERC e hipertensión, el programa de ejercicio físico no produjo una reducción significativamente la presión arterial sistólica ambulatoria en 24 horas en comparación con el G2 p=0,29. Asimismo, no se evidenciaron cambios significativos en otras mediciones de presión arterial entre los grupos evaluados. Sin embargo, dentro de los resultados secundarios, El G1 mostró a las 8 semanas una mejoría en la capacidad cardiorrespiratoria, reflejada por el aumento de los equivalentes metabólicos p=0,03 y del VO ₂ peak p=0,05. A pesar de ello, estas diferencias no se mantuvieron al finalizar las 24 semanas de intervención. Por otro lado, no se identificaron cambios significativos en la rigidez arterial, los biomarcadores cardiovasculares ni en los componentes físicos analizados. En cuanto a la CRP, sus niveles fueron mayores en el G1 a las 24 semanas en comparación con el G2. La adherencia al programa de ejercicio fue elevada durante la fase supervisada, alcanzo aproximadamente un 90% de cumplimiento. No obstante, durante la etapa domiciliaria se observó una

		<p>domiciliario con al menos 150 minutos semanales de ejercicio físico moderado. G2: atención habitual, sin ejercicio.</p>	<p>albúmina/creatinina. Biomarcadores inflamatorios: Proteína C reactiva (CRP) Parámetros bioquímicos: Sodio sérico.</p>	<p>reducción en la participación de los pacientes. Además, no se registraron fallecimientos y los eventos adversos graves se presentaron únicamente el G2. En conclusión, la intervención basada en ejercicio mostró beneficios cardiorrespiratorios a corto plazo, aunque estos efectos no lograron mantenerse de forma prolongada sobre la presión arterial.</p>	
9	<p>Kim 2022 (36)</p>	<p>Reclutados: n=42 pacientes en hemodiálisis crónica, asignados aleatoriamente. Se excluyeron pacientes con antecedentes de infarto, angina inestable, hipertensión no controlada, trastornos musculoesqueléticos o psiquiátricos que limitarían el ejercicio.</p>	<p>G1: programa cardiovascular intradiálisis durante 12 semanas, en cicloergómetro 40–70min, 3 veces/semana, y 1 sesión educativa. G2: solo 1 sesión educativa.</p>	<p>Fragilidad (Fenotipo de Fried). Rendimiento físico: Batería Corta de Rendimiento Físico (SPPB). Adecuación de diálisis: Kt/V urea. Calidad de vida: componente físico (PCS-SF-36), componente mental (MCS-SF-36)</p>	<p>Tras 12 semanas, el G1 presentó una disminución significativa en el puntaje total de fragilidad evaluada mediante Fenotipo de Fried $p<0,001$, con mejoras en velocidad de la marcha, rendimiento físico evaluada mediante SPPB, calidad de vida en componente físico evaluada mediante PCS-SF-36 y componente mental evaluada mediante MCS-SF-36 $p=0,03$. No se observaron cambios significativos en composición con el G2. En cuanto a la seguridad no se reportaron eventos adversos relevantes. En conclusión, el ejercicio intradiálisis disminuyó la fragilidad, mejoró la adecuación dialítica y la calidad de vida física en pacientes en hemodiálisis.</p>

		G1: n=21 G2: n=21			
10	Uchiyama 2021 (37)	Reclutados: n=46 pacientes con ERC estadio IV, asignados aleatoriamente. Se excluyeron pacientes con hipertensión no controlada, anemia severa, enfermedad cardiovascular sintomática o limitaciones para el ejercicio. G1: n=23. G2: n=23.	G1: Realizó durante 6 meses un programa domiciliario que combinó ejercicio cardiovascular y entrenamiento de resistencia. El componente cardiovascular incluyó caminata 3 veces por semana, trabajando entre el 40 y el 60% de la FCmáx determinada mediante el ISWT y una percepción del esfuerzo de 11 -13 en la escala de Borg. Por lado, el entrenamiento de resistencia se realizó 2 veces por semana, utilizando bandas	Capacidad funcional: evaluado mediante el Test de Caminata Incremental en Lanzadera (ISWT) Calidad de vida: a través del cuestionario KDQOL-SF. Biomarcadores de daño tubular renal: como la Proteína Trasportadora de Ácido Grasos del Hígado (L-FABP urinaria) Parámetros de funcional renal: como la eGFR y el aclaramiento	Después de la intervención, el G1 presentó una mejora en la capacidad cardiovascular evaluada con el ISWT en comparación con el G2 $p<0,001$. También en los biomarcadores renales, se observó una disminución de la excreción urinaria de L-FABP en el G1 $p=0,008$. Asimismo, el programa domiciliario se asoció con una reducción significativa de CRP, sugiriendo un efecto antiinflamatorio. Aunque la IL-6 mostró una tendencia a la reducción, esta no alcanzó significancia estadística entre grupos $p>0,05$. En conclusión, el ejercicio domiciliario mejoró la capacidad cardiovascular y se asoció con disminuciones significativas en CRP y L-FABP, pero sin cambios significativos IL-6.

		TheraBand, con una intensidad aproximada del 70% del 1-RM y entre 10 – 15 repeticiones. G2: recibió únicamente la atención habitual sin ejercicio físico.	combinado de urea y creatinina. Biomarcadores inflamatorios: entre ellos, Proteína C reactiva (CRP) e Interleucina-6 (IL.-6). Perfil metabólico: mediante la relación acilcarnitina/carnitina libre.		
11	Zhou 2020 (38)	Reclutados: n=112 pacientes con ERC estadios III – V, no dependientes de diálisis. Se excluyeron pacientes que no cumplían criterios o no completaron el seguimiento. G1: n=59. G2: n=53.	G1: programa de 12 meses, con 150min/semana combinó entrenamiento cardiovascular 60min y ejercicio de equilibrio 90min, con una adherencia medida de 118min/semana. G2: programa de 12	Variable principal: Calcificación aórtica abdominal (AAC) Función renal: Tasa de Filtración glomerular medida (mGFR). También se analizaron parámetros del	Después de 12 meses de intervención, el porcentaje de AAC aumentó significativamente en ambos grupos. Asimismo, la mGFR disminuyó progresivamente, relacionarse con la evolución natural de la ERC. Además, se observó una disminución de la lipoproteína (a) en ambos. La hormona paratiroidea y la 1,25(OH) ₂ D ₃ aumentaron solo en el G2, mientras fetuin-A aumentó solo en el G1 p=0,02. No se observaron cambios significativos en la presión arterial, triglicéridos, colesterol, HDL, LDL, FGF23, calcio, fosfato, ni en biomarcadores inflamatorios IL-6, PCR.

				meses con perfil lipídico: En conclusión, la intervención no modificó la calcificación vascular ni el descenso de la función renal; sin embargo, se observaron cambios significativos en lipoproteína (a) y en biomarcadores del metabolismo mineral sin diferencias entre modalidades de entrenamiento.
			150min/semana combinó entrenamiento cardiovascular 60min y ejercicio de resistencia 90min con una adherencia real medida de 100min/semana.	como triglicéridos, colesterol total, HDL, LDL y lipoproteína (a). Marcadores del metabolismo mineral: Factor de Crecimiento de Fibroblastos 23 (FGF23), fosforo, calcio, hormona paratiroidea. Marcadores anti-calcificantes: Fetuin-A, 1.25(OH)2D3 Biomarcadores inflamatorios: IL-6, CRP.
12	Oliveira 2019 (39)	Reclutados pacientes hemodiálisis crónica.	n=30 en G1: entrenamiento cardiovascular intradiálisis, 3 veces/semana durante 4 meses,	Función endotelial: Función Endotelial Después de 4 meses de entrenamiento cardiovascular intradiálisis, la aldosterona sérica presentó una disminución significativa en el G1, mientras que no se observaron cambios significativos en composición

<p>Se excluyeron por trasplante renal, cáncer de colon y abandono del estudio. G1: n=15 G2: n=15</p>	<p>realizado en cicloergómetro durante los primeros 120min de la hemodiálisis, cada sesión consistió en 30min de ejercicio continuo, a una intensidad de 65–75% de la FC_{máx}, y con un esfuerzo percibido Borg ≈ 13. La carga se ajustó de forma progresiva según el rendimiento. G2: atención habitual, sin ejercicio.</p>	<p>Mediada por Flujo (FMV). Rigidez arterial: Velocidad de Onda de Pulso Femoral (PWV). Parámetros hemodinámicos: presión arterial. Remodelación cardíaca estructural: Índice de Masa Ventricular Izquierda (IVMI). Sistema renina angiotensina aldosterona: Aldosterona sérica. Biomarcador inflamatorio: CRP. Capacidad cardiorrespiratoria: Consumo</p>	<p>con el G2. Se evidenció una interacción significativa entre grupos $p=0,016$. La PCR fue mayor en el G2 al final del período de seguimiento, mientras que en el G1 se mantuvo estable. Al finalizar el periodo de seguimiento, los valores fueron mayores en el G2, mientras que en el G1 permanecieron estables. En relación con el VO_2_{máx}, no se encontraron cambios entre los grupos evaluados. Sin embargo, en el G1 presentó mejorías en algunos parámetros ecocardiográficos. Entre los hallazgos más relevantes se observó un aumento significativo de la función endotelial evaluada mediante FMV $p=0,002$, además de una disminución significativa de índice de la masa ventricular izquierda y del grosor de la pared posterior en diástole. Por el contrario, el G2 no evidenció cambios relevantes en estas variables. En conclusión, el ejercicio intradiálisis mostró efectos favorables sobre parámetros hormonales y ecocardiográficos, aunque no se evidenciaron cambios significativos en la capacidad cardiovascular.</p>
--	---	--	---

				Máximo de Oxígeno (VO ₂ máx)	
13	Cruz 2018 (40)	Reclutados n=30 pacientes en hemodiálisis crónica y sedentarios asignados aleatoriamente. Se excluyeron pacientes con enfermedad inflamatoria aguda o que requieran cambios en el acceso o parámetros de hemodiálisis G1: n=15. G2: n=15.	G1: programa de entrenamiento cardiovascular intradiálisis de 12 semanas, 3 veces por semana, utilizando un cicloergómetro durante las 2 primeras horas de la hemodiálisis. Cada sesión incluyó calentamiento 3min, 30min de fase inicial acondicionamiento 30min, Borg 6-7 y vuelta a la cama 3min, con monitoreo continuo de signos vitales.	Biomarcadores inflamatorios: a) citocinas proinflamatorias: Interleucina-1 beta (IL-1β), Interleucina-6 (IL-6), Interleucina-8 (IL-8), Factor de Necrosis Tumoral Alfa (TNF-α). b) citocinas antiinflamatorias: Interleucina-10 (IL-10). Capacidad funcional: Test de caminata de 6 minutos (6MWT)	Al inicio del estudio, no se observaron diferencias significativas entre los grupos en edad, tiempo en hemodiálisis ni en el índice de eficiencia dialítica Kt/V $p>0,05$, confirmando la homogeneidad basal. Tras 12 semanas de intervención, solo el G1 presento cambios significativos, el IMC disminuyó $p<0,001$, mientras que la capacidad funcional evaluada mediante 6MWT, aumentó $p=0,002$. Respecto a los biomarcadores inflamatorios, el G1 mostró una disminución de las citocinas proinflamatorias, incluyendo IL-1β, IL-6, IL-8, y TNF-α. Adicionalmente, se observó un aumento de la citocina antiinflamatoria en IL-10. El G2 no presentó cambios. En conclusión, el entrenamiento cardiovascular intradiálisis durante 12 semanas mejoró la capacidad funcional y moduló favorablemente los biomarcadores inflamatorios.
14	Figueiredo 2018 (41)	Reclutados: n=37 pacientes en hemodiálisis	G1: los participantes efectuaron entrenamiento de los	Parámetros respiratorios: Presión	Tras la intervención los 3 grupos IMT, AT y CT, presentaron aumentos significativos en presión inspiratoria máxima, la capacidad funcional y

<p>asignados aleatoriamente. Se excluyeron pacientes con contraindicación para el ejercicio o incapacidad funcional para completar pruebas. La adherencia al protocolo fue superior al 94% en los 3 grupos. G1: n=11. G2: n=13. G3: n=13.</p>	<p>músculos inspiratorios (IMT) con Threshold IMT o PowerBreathe, Se realizado 3 series de 15 inspiraciones profundas, con 60s de descanso, a 50% de la PIM; la PIM se reevaluó cada 6 sesiones para reajustar la carga. G2: entrenamiento cardiovascular (AT) en cicloergómetro intradiálisis, con 5min de calentamiento, 30min ciclismo y 5min de enfriamiento. La carga se ajustó para mantener Borg modificado 3-5, con cadencia alrededor de ≥ 50rpm.</p>	<p>Inspiratoria Máxima (MIP) Capacidad funcional: Test incremental de caminata pasillo (ISWT) Biomarcadores inflamatorios: interleucina-6 (IL-6), Receptor Soluble del Factor de Necrosis Tumoral (sTNFR), adiponectina, resistina y leptina. Biomarcadores de estrés oxidativo: Sustancias Reactivas al Ácido Tiobarbitúrico (TBARS), Poder Antioxidante Reductor Férrico</p>	<p>resistencia de los MMII. No se identificaron diferencias significativas entre grupos, lo que indica que el G1 produjo efectos funcionales comparables al G2 de baja intensidad y al G3. En relación con los biomarcadores inflamatorios, se evidenció una disminución significativa de los niveles plasmáticos de sTNFR2 tras las intervenciones en los 3 grupos, sin cambios relevantes en STNFR1 y IL-6. Asimismo, se evidenciaron incrementos en los niveles plasmáticos de resistina en los 3 grupos mientras que el incremento de adiponectina fue significativo únicamente en el G3. No se encontraron diferencias entre grupos ni interacciones significativas para los demás biomarcadores inflamatorios evaluados. No se encontraron cambios significativos en las variables antropométricas ni en los biomarcadores de estrés oxidativo. Sin embargo, en el cuestionario relacionado con la KDQOL-SF, se observaron mejoras intragrupo en el dominio de energía y fatiga, especialmente en el G3. Por último, las intervenciones aplicadas mostraron efectos favorables sobre parámetros funcionales y biomarcadores inflamatorios en pacientes en hemodiálisis.</p>
---	--	--	---

			G3: entrenamiento combinado (CT) IMT, el cual se realizaba inmediatamente antes del AT en la misma sesión, en el G2 se aplicó sham-IMT	(FRAP), Superóxido dismutasa (SOD), Catalasa (CAT). Calidad de vida: Cuestionario Calidad de vida relacionada con la salud (KDQOL-SF)	
15	Gurgel 2018 (42)	Reclutados: n=41 pacientes hemodiálisis asignados aleatoriamente. Durante el seguimiento excluyeron abandono voluntario, hospitalización de causa cardíaca y complicación infecciosa; además, durante el seguimiento	G1: realizó un programa de entrenamiento de músculos respiratorios (RMT) intradialítico durante 8 semanas, con una frecuencia de 3 sesiones semanales bajo supervisión. El entrenamiento se efectuó utilizando Threshold PEP mediante el método de carga umbral.	Endotelio: Molécula de Adhesión Vascular-1 (VCAM-1), Molécula de adhesión Intercelular-1 (ICAM-1) Glicocálix endotelial: Syndecan-1. Angiogénesis aberrante: angiopoietin-2.	El programa de RMT hubo una adecuada adherencia y generó mejoras en la función pulmonar y la fuerza de los músculos respiratorios reflejadas en el aumento de la MIP, MEP, así como el FVC y FEV1. También se observaron mejoras en parámetros respiratorios como la MEP, FVC y el FEV1. De igual manera, la capacidad funcional aumentó evidenciando una mayor distancia recorrida en el Test 6MWT. Además, en comparación con el G2, se registró una disminución de la frecuencia cardíaca, la PAM, y la percepción de disnea. En la relación con los biomarcadores, el ejercicio no produjo cambios en el estrés oxidativo ni en los marcadores clásicos de activación endotelial, como VCAM-1 e ICAM-1. No obstante, se observó una disminución de syndecan-1 y angiopoietina-2,

<p>registraron abandonos y un trasplante renal. G1: n=29 G2 n=12</p>	<p>El protocolo incluyó 24 sesiones: 1/2 a 12,30min y las siguientes 1/2 a 12,40min y 20cmH₂O; cada sesión se dividió en entrenamiento inspiratorio 1/2 y espiratorio 1/2 G2: atención habitual sin RMT</p>	<p>Estrés oxidativo: malondialdehído (MDA) Análisis post-hoc: Endothelin-1. Función respiratoria y fuerza muscular respiratoria: Capacidad Vital Forzada (FVC), Volumen Espiratorio Forzado en el primer segundo (FEV1), Presión Inspiratoria Máxima (MIP), Presión Espiratoria Máxima (MEP) Capacidad funcional: Test de caminata de 6 minutos (6MWT)</p>	<p>resultados que está relacionado con una mejor integridad de glucocálix endotelial y función vascular. Cabe destacar, que el entrenamiento se asoció con una reducción de los niveles de endotelina-1, la cual mostró correlación positiva con el descenso de la presión arterial. En conclusión, el entrenamiento de músculos respiratorios mostró efectos favorables sobre la función pulmonar, la capacidad funcional y algunos biomarcadores relacionados con la función vascular.</p>
--	--	--	--

16	Barcellos 2018 (43)	<p>Reclutados: n=150 pacientes con hipertensión y ERC estadios II – IV asignados aleatoriamente. Se excluyeron pacientes con diagnóstico de diabetes, discapacidad severa, amputación sin prótesis, trasplante renal previo. G1: n=76. G2: n=74.</p>	<p>G1: entrenamiento supervisado 16 semanas, 3 sesiones/semana, 60 min. Cada sesión tuvo calentamiento 10 min, seguido de entrenamiento cardiovascular y ejercicios de resistencia muscular con progresión individualizada, medido mediante la escala de esfuerzo percibido de Borg. G2: atención habitual, sin ejercicio.</p>	<p>Biomarcador inflamatorio: Proteína C Reactiva (CRP). Perfil lipídico: colesterol total, Lipoproteínas de alta densidad (HDL), Lipoproteínas de baja densidad (LDL), triglicéridos. Biomarcador de la función renal: Tasa de Filtración Glomerular Estimada (eGFR), creatinina sérica</p>	<p>El programa de ejercicio combinado durante 16 semanas no generó cambios significativos en la eGFR, pero sí generó beneficios clínicamente relevantes sobre biomarcadores y función física, se observó una disminución significativa de la PCR y de la glucosa en ayunas. Durante la intervención se evidenció una disminución significativa de la PCR y de la glucosa en ayunas. También se observaron mejoras en la capacidad funcional reflejadas en los test como el Step Test y el Chair Stand. Por otro lado, en los pacientes que presentaron una adherencia superior al 70% al programa de ejercicio, la eGFR se mantuvo estable durante el periodo de seguimiento, sin cambios relevantes. En síntesis, la intervención no mostró modificar la progresión de la función renal a corto plazo, pero si se relacionó con mejoras en parámetros metabólicos, inflamatorios y funcionales.</p>
17	Ikezler 2017 (44)	<p>Reclutados: n=111 pacientes con ERC estadios III – IV asignados aleatorizados. G1: n=30. G2: n=28.</p>	<p>La intervención combinada de G1 ejercicio y dieta buscó potenciar efectos metabólicos mediante estímulo físico y reducción</p>	<p>Biomarcadores de estrés oxidativo: F2-isoprostanos (F2-IsoP), Isofuranos plasmáticos</p>	<p>La intervención de ejercicio cardiovascular e intervención dietética mostró beneficios relevantes sobre los biomarcadores. Las intervenciones lograron reducciones significativas del estrés oxidativo, evidenciando por la disminución de las concentraciones F2-isoprostanos p=0,01, Este efecto mayor pronunciado en los</p>

<p>G3: n=27. G4: n=26.</p>	<p>calórica, mientras G2 solo dieta y G3 solo ejercicio permitieron aislar el efecto individual de dieta y ejercicio. El G4 mantuvo su atención habitual, sin ejercicio.</p>	<p>Biomarcador inflamatorio: Interleucina-6 (IL-6). Condición cardiorrespiratoria: Pico de Consumo de Oxígeno (VO₂peak). Biomarcador de la función renal: Tasa de filtración Glomerular Estimada (eGFR), Relación Albúmina/Creatinina Urinaria (UACR).</p>	<p>participantes con un cumplimiento del ejercicio $\geq 75\%$; $p < 0,01$. No se observaron cambios significativos en las concentraciones de isofuranos. De manera similar, se observó mejoras en el biomarcador inflamatorio, destacando la disminución de la IL-6 tanto con el ejercicio con restricción calórica $p < 0,01$, con interacción significativa en el grupo combinado $p = 0,01$, lo que indica un mayor efecto cuando ambas interacciones se aplicaron conjuntamente. La composición corporal produjo pérdida de peso, disminución del IMC y reducción de grasa corporal, principalmente impulsada por la restricción calórica $p \leq 0,02$. En aptitud cardiorrespiratoria no se observaron diferencias entre grupos en el VO₂peak. Pero, en los participantes con mayor adherencia al ejercicio ($\geq 75\%$), se observó un incremento de VO₂peak (+2.4ml/kg/min). El biomarcador de función renal, evaluadas mediante eGFR y UACR no presentó modificaciones significativas durante el periodo de estudio. En conclusión, la intervención combinada de ejercicio cardiovascular e intervención dietética no modificó la función renal, pero produjo mejoras significativas en</p>
--------------------------------	--	---	--

				biomarcadores de estrés oxidativo, inflamación y composición corporal.
18	Leehey 2016 (45)	<p>Reclutados: n=48. Pacientes con diabetes tipo II, obesidad y ERC estadios II – IV asignados aleatorizados. G1: n=14. G2: n=18.</p> <p>G1: realizó durante 12 meses un programa supervisado que combinó ejercicio físico y una dieta hipocalórica. 3 veces por semana e incluyeron aproximadamente 60 minutos de ejercicio cardiovascular y entre 20 - 30 minutos de entrenamiento de resistencia. Posteriormente, los participantes continuaron con un programa de ejercicio domiciliario durante 40 semanas,</p>	<p>Biomarcador de la función renal: como la Relación proteína/creatinin a Urinaria (UPCR), Relación Albúmina/Creatinina Urinaria (UACR), Tasa de Filtración Glomerular Estimada (eGFR) y la creatinina sérica. Condición cardiorrespiratoria: VO₂peak. Capacidad funcional: Test de caminata de 6 minutos (6MWT), Test Timed Up and Go (TUG).</p>	<p>El programa combinado de ejercicio y dieta mostró beneficios a corto plazo sobre la capacidad funcional, con una mejora significativa del tiempo en cinta a las 12 semanas $p=0,03$, efecto que no se mantuvo a las 52 semanas. En los biomarcadores de la función renal, no se observó diferencias significativas en la UPCR fue mayor en el G2 a las 12 semanas $p=0,04$; tras ajustes $p=0,048$; sin diferencia entre grupos a las 52 semanas; además, la UACR y eGFR no mostraron diferencias significativas. En los biomarcadores inflamatorios como CRP no presentaron cambios significativos. No se registraron eventos adversos relacionados con la intervención. En conclusión, La intervención mejoró la capacidad funcional a corto plazo, sin efectos significativos sobre proteinuria, biomarcadores de la función renal e inflamatorios.</p>

		acompañado de seguimiento telefónico. G2: recibió manejo dietético con consejería nutricional, seguimiento telefónico y atención médica, sin realizar ejercicio físico	Biomarcador inflamatorio: Proteína C Reactiva (CRP)	
19	Peres 2015 (46)	Reclutados: n=9. Pacientes: realizaron el mismo tratamiento. Diseño: Ensayo clínico cruzado (crossover). Ejercicio físico de intensidad moderada 20min en cicloergómetro, Borg 6-7, realizado tras 2 horas de hemodiálisis, comparado con sesión control sin ejercicio.	Biomarcadores inflamatorios: a) Proinflamatorios: Interleucina-6 (IL-6), Interleucina-17A (IL-17A), Interferón Gamma (IFN- γ) y Factor de Necrosis Tumoral Alfa (TNF- α). b) Antiinflamatorio:	La IL-17A mostró aumento significativo en el momento posterior a la hemodiálisis en comparación con el momento durante, tanto en el G1 como el G2 $p<0,05$. Durante la hemodiálisis se observaron cambios en algunos biomarcadores inflamatorios en ambos grupos $p<0,05$. En relación con el IFN- γ , y sus niveles disminuyeron en el G2 durante la sesión de hemodiálisis respecto al momento previo, mientras que en el G1 aumentaron en el periodo posterior a la intervención $p<0,05$. Por otro lado, la IL-10 mostró un incremento significativo en el G1 en comparación con los valores previos y durante la hemodiálisis $p=0,018$. Sin

			Interleucina-10 (IL-10)	<p>embargo, no se encontraron cambios relevantes en IL-6 ni TNF-α entre los grupos evaluados.</p> <p>En conclusión, el ejercicio intradiálisis se relaciona principalmente con modificaciones agudas en la IL-10, sin evidenciar cambios importantes en otros biomarcadores inflamatorios.</p>	
20	<p>Van Craenenbroeck 2015 (47)</p>	<p>Reclutados: n=48. Excluidos n=8. Pacientes: n=40. G1=19. G2=21.</p>	<p>G1: programa de entrenamiento cardiovascular domiciliario con duración de 3 meses, que consistió en 4 sesiones de 10min de cicloergómetro, realizadas a una FC objetivo correspondiente al 90% de la frecuencia alcanzada en el umbral de resistencia, determinada mediante prueba de esfuerzo.</p>	<p>Función endotelial: medida mediante la Dilatación Medida por Flujo (FMD). Capacidad cardiorrespiratoria: fue valorada a través del Pico de Consumo de Oxígeno (VO₂peak). Rigidez arterial: valorado a través de la Velocidad de Onda de Pulso Carótido-Femoral (PWV).</p>	<p>El programa de entrenamiento presentó alta adherencia, 28 sesiones semanales prescritas, alcanzando el 101% de frecuencia cardíaca objetivo. Tras la intervención, el G1 mostró incremento significativo de la capacidad cardiovascular, evidenciada por el aumento del consumo máximo de oxígeno VO₂máx y en cuestionario de calidad de vida KDQOL-SF tales como función cognitiva, calidad de sueño y niveles de energía.</p> <p>No se evidenciaron mejoras significativas en la función FMD, ni en la rigidez arterial PWV. Además, no se observaron cambios en los biomarcadores celulares, incluyendo las EPC, OPC y CAC.</p> <p>Por último, el entrenamiento cardiovascular mejoró la capacidad funcional sin efectos significativos sobre la función endotelial, rigidez arterial y biomarcadores celulares asociados a la función vascular.</p>

G2: habitual, ejercicio.	atención sin	Biomarcadores celulares: relacionados con la función vascular, incluyeron Células Progenitoras Endoteliales (EPC), Células Progenitoras Osteogénicas (OPC) y la capacidad migratoria de las Células Angiogénicas Circulantes (CAC). También se consideró la calidad de vida mediante el cuestionario KDQOL-SF.
--------------------------------	-----------------	---

4.2 Interpretación de la tabla 2

Los resultados muestran que el ejercicio físico puede ser una alternativa beneficiosa para pacientes con ERC. Los estudios incluidos reportan mejoras en la capacidad funcional, la calidad de vida y la disminución de la fatiga, así como efectos favorables sobre biomarcadores inflamatorios, parámetros metabólicos y renales.

Los efectos obtenidos variaron según la frecuencia, intensidad, tiempo y tipo de ejercicio, siguiendo los principios FITT del entrenamiento físico. En definitiva, los resultados sugieren que el ejercicio puede incorporarse como parte complementaria del tratamiento multidisciplinario.

5.2 Discusión

Los resultados de la investigación respaldan el análisis los beneficios de la influencia del ejercicio físico sobre la mejora de los biomarcadores en pacientes con Enfermedad Renal Crónica (ERC) para evidenciar el impacto en el control del estado inflamatorio y funcional. Las investigaciones analizadas evidencian que el ejercicio físico constituye una intervención segura y clínicamente relevante en pacientes con ERC, sin embargo, su efecto no es homogéneo en todas las variables evaluadas, mostrando mayor consistente en biomarcadores inflamatorios y funcionales que en parámetros estructurales renal clásicos como la Tasa de Filtración Glomerular Estimada (eGFR) o proteinuria cuyos cambios resultan limitados en el corto y mediano plazo.

Los hallazgos en los biomarcadores inflamatorios muestran una tendencia general hacia la modulación en citocinas proinflamatorias y antiinflamatoria inducida por el ejercicio, aunque con variabilidad según su modalidad e intensidad. Estudios como el de Cruz (40) demostraron disminuciones significativas en citocinas proinflamatorias tales como Interleucina-1 beta (IL-1 β), Interleucina-6 (IL-6), Interleucina-8 (IL-8) y Factor de Necrosis Tumoral Alfa (TNF- α), junto con un aumento de la citocina antiinflamatoria como la Interleucina-10 (IL-10) tras ejercicio cardiovascular intradiálisis. Resultados similares fueron observados por Ikezler (44) con disminución significativa de IL-6, especialmente en participantes con adherencia $\geq 75\%$ en ejercicio cardiovascular e intervención dietética.

Uchiyama (37) también reportó una disminución significativa mediante el ejercicio cardiovascular y de resistencia en la Proteína C Reactiva (CRP) y disminución de Proteína Transportadora de Ácidos Grasos del Hígado (L-FABP) en orina, reforzando la modulación inflamatoria puede acompañarse de cambios temprano en el daño tubular.

No todos los Estudios Controlados Aleatorizados (ECAs) mostraron resultados homogéneos como el de Zhou (38) no reportaron cambios significativos en IL-6 y CRP, tras 12 meses de intervención combinó entrenamiento cardiovascular y equilibrio; luego, 12 meses de intervención combinó entrenamiento cardiovascular y de resistencia, lo que podría explicarse por diferencias en duración de intervención, intensidad del programa (baja a moderada) o estadio clínico de los pacientes. Esta discrepancia con los hallazgos de Cruz (40) e Ikezler (44) podría atribuirse en intensidad, adherencia o características basales de la

muestra. Asimismo, Thompson (35) no se encontró modificaciones relevantes en CRP y otros biomarcadores cardiovasculares, lo cual coinciden parcialmente con Zhou (38).

Peres (46) aporta una perspectiva distinta, aunque la IL-6 y TNF- α no reportaron cambios significativos, pero si se evidenció un incremento de IL-10 durante la sesión de ejercicio cardiovascular intradiálisis en comparación con la sesión de control, sugiriendo respuestas inflamatorias agudas del estímulo inmediato. A diferencia de Peres (46), Figueiredo (41) encontró disminución significativa de Receptor 2 del Factor de Necrosis Tumoral Soluble (sTNFR2) sin cambios en IL-6 indicando que el ejercicio combinado de resistencia respiratoria y cardiovascular puede modular vías específicas del eje TNF sin alterar todos los mediadores inflamatorios evaluados.

Asimismo, Araújo (31), evidenció disminuciones significativas en TNF- α , IL-6, CRP, junto con incremento de irisina, Sirtuina-1 (SIRT-1). A diferencia de estudios antes mencionados centrados en CRP o IL-6. Araújo (31) integran un análisis profundo de exequinas y medidores metabólicos.

De igual modo, los hallazgos también fueron variables al estrés oxidativo como en el estudio de Ikezler (44) mostró disminución significativa de F2-isoprostanos, mientras que Meléndez (33) no evidenció modificaciones significativas en Malondialdehído (MDA) y el balance GSH/GSSG. De manera similar, Figueiredo (41) no observó cambios en Sustancias Reactivas al Ácido Tiobarbitúrico (TBARS). En constante con Ikezler, (44) estos hallazgos sugieren que la modulación redox puede requerir intervenciones más prolongadas en ejercicio cardiovascular y de resistencia respiratoria, intensidades mayores o combinación con intervención dietética.

Los resultados de la función endotelial y vascular fueron igualmente homogéneos, Van Craenenbroeck (47) no encontró cambios significativos en Dilatación Medida por Flujo (FMD) y Velocidad de la Onda de Pulso Carotídeo Femoral (PWV) pese a la mejora del Pico Consumo de Oxígeno (VO₂peak), indicando que la mejora cardiorrespiratoria no necesariamente se traduce en cambios estructurales vasculares inmediatos, mientras que Oliveira (39) reportó aumento significativo de la función endotelial por flujo y disminución de hipertrofia ventricular izquierda, evidenciando beneficios cardiovasculares subrogados.

A diferencias de ambos, Gurgel (42) evaluó marcadores más específicos como reducción de syndecan-1 y endothelin-1, sugiriendo una mejoría en la integridad de la glicocálix endotelial (fina capa rica en carbohidratos, glicoproteínas y proteoglicanos que recubren la superficie interna de los vasos sanguíneos). Esta comparación demuestra que la elección del biomarcador vascular influye notablemente en la interpretación del efecto del ejercicio.

Uno de los hallazgos más consistentes fue la ausencia de cambios significativos en la función renal estructural estudios como Leehey (45), Ikezler (44) y Zhou (38) no evidenciaron mejoras en eGFR, creatinina, albuminuria y proteinuria. Incluso Zhou (38) reportó progresión natural de la Tasa de Filtración Glomerular Medida (mGFR) en ambos grupos de intervención.

Sin embargo, Uchiyama (37) mostró disminución significativa de L-FABP urinaria, biomarcador del daño tubular, sugiriendo que el ejercicio podría influir en mecanismo tempranos de lesión renal, aunque no modifique el filtrado glomerular en el corto plazo, lo que indica un efecto protector a nivel microestructural no reflejado aún en la eGFR. Asimismo, Araújo (31), demostró incremento de klotho y disminución del Factor de Crecimiento Fibroblástico-23 (FGF-23), indicando modulación favorable del eje osteorrenal aspectos no evaluados en otros ECAs.

Por otro lado, los resultados más consistentes se observaron en variables funcionales como en el estudio Van Craenenbroeck (47) evidenció incremento significativo VO_2 peak y mejoras en el Cuestionario de Calidad de Vida Relacionada con la Salud (KDQOL-SF). Barcellos (43) encontró una disminución de la CRP junto con mejoras en test funcionales como Step Test y Chair-Stand. Por otro lado, Abdelbasset (34) observó un aumento significativo en el rendimiento del Test de Caminata de 6 Minutos (6MWT), Sentarse y Ponerse de Pie (STS), además de mejorías en múltiples dominios del cuestionario SF-36. Kim (36) reportó disminución de fragilidad y mejor desempeño en la Batería Corta de Rendimiento Físico (SPPB), acompañado de una mejor precepción de la calidad de vida.

Feng (28) evidenció beneficios en función física y cognitiva, además de una disminución de la fatiga. Asimismo, Nakoui (29) evidenció disminución significativa del índice fragilidad, mientras que Tabibi (30,32) en sus dos estudios evidenció mejorías de hormona paratiroidea y producto calcio por fósforo, incremento de hemoglobina y albúmina, así como mejoría en

estado nutricional GNRI. Estos hallazgos evidencian que el impacto funcional y metabólico del ejercicio es más consistente que su efecto estructural renal.

Los aportes de las investigaciones de 20 ECA's analizadas han permitido identificar que el ejercicio físico favorece principalmente a mejoras en la modulación inflamatoria y capacidad funcional. Además, amplía el análisis centrado en eGFR al incorporar la evaluación de biomarcadores inflamatorios, estrés oxidativo, endoteliales, osteorrenales y exerquinas. Cabe destacar que se observaron resultados más consistentes en programas combinados de ejercicio cardiovascular y de resistencia realizados bajo supervisión profesional durante la intradiálisis, en comparación con intervenciones domiciliarias.

Entre las principales limitaciones se encuentran la homogeneidad en protocolos de ejercicio, la variabilidad en la intensidad, duración, modalidad, las diferencias en estadios de ERC, entre los participantes, los tamaños muestrales pequeños y la falta de seguimiento prolongados en varios estudios, lo que limita la capacidad para determinar el impacto sobre progresión de la enfermedad renal.

De manera general, los estudios analizados muestran que el ejercicio físico produce mayores efectos beneficios sobre biomarcadores inflamatorios y la capacidad funcional en pacientes con ERC. Los resultados reportan mejoras relacionadas con el control del estado inflamatorio y el rendimiento físico después de la intervención basadas en ejercicio. Aunque no se observaron cambios significativos en la función renal estructural a corto plazo, varios estudios sugieren que el ejercicio puede ser una estrategia complementaria útil dentro del abordaje integral de la ERC.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- Se analizó la influencia del ejercicio físico sobre los biomarcadores en pacientes con ERC, determinándose que los programas estructurados, ya sean cardiovascular y de resistencia generaron modificaciones relevantes principalmente en los marcadores inflamatorios y de estrés oxidativo. Las intervenciones desarrolladas entre 8 y 24 semanas, con una frecuencia promedio de 3 sesiones semanales y una duración aproximadamente de 30 a 60min por sesión, se asoció con reducciones de CRP, IL-6, TNF- α y aumentos de citocinas antiinflamatorias como IL-10, evidenciando una modulación del estado inflamatorio sistémico.
- La mayoría de los resultados analizados en relación con el estado funcional reportaron incrementos significativos en el VO₂peak, 6MWT y pruebas de desempeño físico, mejoras en la capacidad cardiovascular y fuerza muscular, los cambios fueron consistentes en programas con intensidades moderadas 40 – 75% de la frecuencia cardíaca máxima o Borg 11 – 13 realizados 3 veces por semana, lo que demuestra que el ejercicio impactó de forma clara en funcionalidad del paciente con enfermedad renal crónica.
- El ejercicio intradiálisis demostró ser una intervención segura, ya que no se registraron eventos adversos graves relacionados con la práctica supervisada, la adherencia reportada en varios ensayos fue superior al 70%, lo que evidenció su variabilidad clínica y aplicabilidad dentro de abordaje multidisciplinario.
- Los hallazgos permitieron evidenciar que el ejercicio físico no modificó de manera directa la progresión de la función renal medida por eGFR, pero si contribuyó al control inflamatorio, al equilibrio oxidativo y a la mejora funcional, aspectos estrechamente vinculados con la calidad de vida y riesgo cardiovascular sustentando su inclusión como componente terapéutico complementario dentro del manejo integral de la ERC.

6.2 Recomendaciones

- Se recomienda incorporar programas estructurados de ejercicio físico dentro del abordaje integral del paciente con ERC, especialmente intervenciones de ejercicio cardiovascular y de resistencia de intensidad moderada realizadas 3 veces por

semana, dado que los estudios revisados evidenciaron mejoras consistentes en la capacidad funcional y en el perfil inflamatorio sin efectos adversos relevantes.

- Se sugiere implementar el ejercicio intradiálisis como estrategias complementarias en unidades de hemodiálisis, bajo supervisión del fisioterapeuta y con monitorización adecuada, considerando su seguridad, niveles adecuados de adherencia y los beneficios observados en marcadores inflamatorios y desempeño físico.
- Se sugiere desarrollar ensayos clínicos con seguimiento superior a 12 meses que permitan evaluar el efecto del ejercicio físico sobre la progresión de la función renal medida por el eGFR y sobre biomarcadores emergentes de daño tubular, ya que la mayoría de los estudios fueron de corta revisión.

BIBLIOGRAFÍA

1. González A. Chronic kidney disease, dialysis and climate change. *Nefrología (Engl Ed.)* [Internet]. 2024; 44(3):331–337. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38960781/>
2. Xie K, Cao H, Ling S, Zhong J, Chen H, Chen P, et al. Global, regional, and national burden of chronic kidney disease, 1990-2021: a systematic analysis for the global burden of disease study 2021. *Front Endocrinol (Lausanne)* [Internet]. 2025; 16: 1526482. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11919670/>
3. Lu Z, Ni W, Wu Y, Zhai B, Zhao Q, Zheng T, et al. Application of biomarkers in the diagnosis of kidney disease. *Front Med (Lausanne)* [Internet]. 2025; 12:1560222. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12075424/>
4. Levin A, Ahmed SB, Carrero JJ, Foster B, Francis A, Hall RK, et al. Executive summary of the KDIGO 2024 Clinical Practice Guideline for the Evaluation and Management of Chronic Kidney Disease: known knowns and known unknowns. *Kidney Int.* [Internet]. 2024; 105(4):684–701. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38519239/>
5. Jadoul M, Aoun M, Masimango Imani M. The major global burden of chronic kidney disease. *Lancet Glob Health* [Internet]. 2024; 12(3): e342-e343. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38365398/>
6. Calice-Silva V, Neyra JA, Ferreiro Fuentes A, Singer Wallbach Massai KK, Arruebo S, Bello AK, et al. Capacity for the management of kidney failure in the International Society of Nephrology Latin America region: report from the 2023 ISN Global Kidney Health Atlas (ISN-GKHA). *Kidney Int Suppl (2011)* [Internet]. 2024;13(1):43–56. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38618500/>
7. Pillajo Sánchez BL, Guacho Guacho JS, Moya Guerrero IR. La enfermedad renal crónica. Revisión de la literatura y experiencia local en una ciudad de Ecuador. *Rev. Colomb. Nefrol.* [Internet]. 2021;8(3): e396. Disponible en: <https://revistanefrologia.org/index.php/rcn/article/view/396>
8. Antunes C, Antunes D, Ponciano A, Abrantes R, Miragaia A. The Role of Physical Exercise in Chronic Kidney Disease. *Port J Nephrol Hypert* [Internet].

- 2023;37(2):76–80. Disponible en: <https://scispace.com/pdf/the-role-of-physical-exercise-in-chronic-kidney-disease-69lj6q7h.pdf>
9. World Health Organization. WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour: web annex. *Evidence profiles* [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2020. Disponible en: <https://iris.who.int/handle/10665/336657>
 10. Tortora GJ, Derrickson B. Principios de Anatomía y Fisiología [Internet]. 13ª ed. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana; 2013. ISBN: 978-968-7988-77-1
 11. Carracedo J, Ramírez R. Fisiología Renal [Internet]. Madrid: Grupo Editorial Nefrología de la Sociedad de Nefrología; 2024. Disponible en: <https://nefrologiaaldia.org/es-articulo-fisiologia-renal-335>
 12. Supramanian K, Sekar M, Nor Afendi NSH. Chronic Kidney Disease: Etiology, Pathophysiology, and Management Strategies to Increase Quality of Life. En: chronic kidney Disease – Novel Insights into Pathophysiology and treatment. *London: (IntechOpen); 2024. Disponible en: https://www.intechopen.com/chapters/1175051*
 13. Ministerio de Salud Pública del Ecuador. Prevención, diagnóstico y tratamiento de la enfermedad renal crónica. Guía de práctica clínica [Internet]. Quito: Ministerio de Salud Pública, Dirección Nacional de Normatización-MSP; 2018. https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2018/10/guia_preencion_diagnostico_tratamiento_enfermedad_renal_cronica_2018.pdf
 14. Vázquez Rigueira P. Efecto de un programa de ejercicio físico intradiálisis supervisado sobre la condición física, el biomarcador klotho y la calidad de vida en pacientes con enfermedad renal crónica. [Tesis doctoral] [Internet]. Madrid: Universidad Europea de Madrid; 2020. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=294063>
 15. Courchoud Torres I, Pérez calvo J.I. Biomarkers and clinical practice. *Una herramienta Sanit Naval* [Internet]. 2016;39(5):5–8. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27143329/>
 16. Gupta A, Sontakke T, Acharya S, Kumar S. A Comprehensive Review of Biomarkers for Chronic Kidney Disease in Older Individuals: Current Perspectives and Future Directions. *Cureus* [Internet]. 2024;16(9): e70262. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11512660/>

17. Battaglia Y, Baciga F, Bulighin F, Amicone M, Mosconi G, Storari A, et al. Physical activity and exercise in chronic kidney disease: consensus statements from the Physical Exercise Working Group of the Italian Society of Nephrology. *J Nephrol* [Internet]. 2024;37(7):1735–1765. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39269600/>
18. De Francisco ALM, Pallas Álvarez JR. Ejercicio Físico en la Enfermedad Renal Crónica. *Nefrología al Día* [Internet]. 2025. Disponible en: <https://www.nefrologiaaldia.org/660>
19. Villanego F, Naranjo J, Vigara LA, Cazorla JM, Montero ME, García T, et al. Impact of physical exercise in patients with chronic kidney disease: Systematic review and meta-analysis. *Nefrología* [Internet]. 2020;40(3):237–252. Disponible en: <https://revistanefrologia.com/es-impact-physical-exercise-in-patients-articulo-S2013251420300742>
20. Yabe H, Kono K, Yamaruchi T, Ishikawa Y, Yamaguchi Y, Azekura H. Effects of intradialytic exercise for advanced- age patients undergoing hemodialysis: A randomized controlled trial. *PLoS One* [Internet]. 2021;16(10): e0257918. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34679101/>
21. Cai X, Zeng D, Deng J. A systematic review and meta-analysis of the efficacy of aerobic exercise combined with resistance training on maintenance hemodialysis patients. *Ann Palliat Med* [Internet]. 2022;11(4):1360–1368. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35523744/>
22. Correa HL, Rosa TS, Santos RL, Mestrinho VM, Aquino TS, Santos WO, et al. The impact of different exercise modalities on chronic kidney disease: an umbrella review of meta-analyses. *Front Physiol* [Internet]. 2025; 15:1444976. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39835199/>
23. Sheshadri A, Lai M, Hsu F, Bauer SR, Chen S, Tse W, et al. Structured Moderate Exercise and Biomarkers of Kidney Health in Sedentary Older Adults: The Lifestyle Interventions and Independence for Elders Randomized Clinical Trial. *Kidney Med* [Internet]. 2023;5(11):100721. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37915963/>
24. Baião VM, Cunha VA, Duarte MP, Andrade FP, Ferreira AP, Nóbrega OT, et al. Effects of Exercise on Inflammatory Markers in Individuals with Chronic Kidney

- Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Metabolites* [Internet]. 2023;13(7):795. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37512502/>
25. Zhao M, Xiao M, Tan Q, Lyu J & Lu F. The effect of aerobic exercise on oxidative stress in patients with chronic kidney disease: a systematic review and meta-analysis with trial sequential analysis. *Ren Fail* [Internet]. 2023;45(2):2252093. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37753870/>
 26. Marzougui H, Dhia IB, Mezghani I, Maaloul R, Toumi S, Kammoun K, et al. The Synergistic Effect of Intradialytic Concurrent Training and Melatonin Supplementation on Oxidative Stress and Inflammation in Hemodialysis Patients: A Double-Blind Randomized Controlled Trial. *Antioxidants (Basel)* [Internet]. 2024;13(11):1290. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39594432/>
 27. Hayden CMT, Begue G, Gamboa JL, Baar K & Roshanravan B. Review of Exercise Interventions to Improve Clinical Outcomes in Nondialysis CKD. *Kidney Int Rep* [Internet]. 2024;9(11):3097–3115. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39534200/>
 28. Feng X, Sun J, Wang Z, Zhang N, Liu Y, Wang Z, et al. The impact of intradialytic elastic band exercise on physical and cognitive abilities in patients on maintenance hemodialysis: a randomized controlled trial. *Ren Fail* [Internet]. 2025;47(1):2482124. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40176268/>
 29. Nakoui N, Ilbeigi S, Ahmadi MM & Saber A. Comparison of the effect of aerobic and resistance training on fatigue, quality of life and biochemical factors in hemodialysis patients. *Sci Rep* [Internet]. 2025;15(1):10052. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40122960/>
 30. Tabibi MA, Cheema B, Salimian N, Corrêa HDL & Ahmadi S. The effect of intradialytic exercise on dialysis patient survival: a randomized controlled trial. *BMC Nephrol* [Internet]. 2023;24(1):100. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37069527/>
 31. Araújo TBD, Corrêa HDL, Deus LAD, Neves RVP, Reis AL, Honorato FS, et al. The effects of home-based progressive resistance training in chronic kidney

- disease patients. *Exp Gerontol* [Internet]. 2023; 171:112030. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36423855/>
32. Tabibi MA, Wilund KR, Salimian N, Nikbakht S, Soleymany M, Roshanaeian Z, et al. The effect of intradialytic exercise on calcium, phosphorus and parathyroid hormone: a randomized controlled trial. *BMC Nephrol* [Internet]. 2023;24(1)276. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37730530/>
 33. Meléndez-Oliva E, Sánchez-Vera Gómez-Trelles I, Segura-Orti E, Pérez-Domínguez B, García-Maset R, García-Testal A, et al. Effect of an aerobic and strength exercise combined program on oxidative stress and inflammatory biomarkers in patients undergoing hemodialysis: a single blind randomized controlled trial. *Int Urol Nephrol* [Internet]. 2022;54(9):2393–2405. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35199237/>
 34. Abdelbasset WK, Ibrahim AA, Althomali OW, Hussein HM, Alrawaili SM & Alsubaie SF. Effect of twelve-week concurrent aerobic and resisted exercise training in non-dialysis day on functional capacity and quality of life in chronic kidney disease patients. *Eur Rev Pharmacol Sci* [Internet]. 2022;26(17)6098–6106. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36111910/>
 35. Thompson S, Wiebe N, Stickland MK, Gyenes GT, Davies R, Vallance J, et al. Physical Activity in Renal Disease and the Effect on Hypertension: A Randomized Controlled Trial. *Kidney Blood Press Res* [Internet]. 2022;47(7):475–485. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35447622/>
 36. Kim S, Park H, Yang D. An intradialytic aerobic exercise program ameliorates frailty and improves dialysis adequacy and quality of life among hemodialysis patients: a randomized controlled trial. *Kidney Res Clin Pract* [Internet]. 2022;41(4):462–472. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35354243/>
 37. Uchiyama K, Adachi K, Muraoka K, Nakayama T, Oshida T, Yasuda M, et al. Home-based aerobic exercise and resistance training for severe chronic kidney disease: a randomized controlled trial. *J Cachexia Sarcopenia Muscle* [Internet]. 2021;12(6):1789–1802. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34554649/>

38. Zhou Y, Hellberg M, Hellmark T, Höglund P & Clyne N. Twelve months of exercise training did not halt abdominal aortic calcification in patients with CKD – a sub-study of RENEXC-a randomized controlled trial. *BMC Nephrol* [Internet]. 2020;21(1):233. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32571327/>
39. Oliveira e Silva VR, Stringuetta Belik F, Hueb JC, Gonçalves RS, Teixeira Caramori JC, Vogt BP, et al. Aerobic Exercise Training and Nontraditional Cardiovascular Risk Factors in Hemodialysis Patients: Results from a Prospective Randomized Trial. *Cardiorenal Med* [Internet]. 2019;9(6):391-399. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31597151/>
40. Cruz L, Zanetti H, Andaki A, Mota G, Neto OB & Mendes E. Intradialytic aerobic training improves inflammatory markers in patients with chronic kidney disease: a randomized clinical trial. *Motriz: Revista De Educação Física* [Internet]. 2018;24(3): e017517. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/s1980-657420180003e017517>
41. Figueiredo PHS, Lima MMO, Costa S, Martins JB, Flecha OD, Gonçalves PF, et al. Effects of the inspiratory muscle training and aerobic training on respiratory and functional parameters, inflammatory biomarkers, redox status and quality of life in hemodialysis patients: A randomized clinical trial. *PLoS One* [Internet]. 2018;13(7): e0200727. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30048473/>
42. Gurgel N, Fortes D, Florêncio C, Caldas Í, Cavalcante G, Freire G, et al. Effects of respiratory muscle training on endothelium and oxidative stress biomarkers in hemodialysis patients: A randomized clinical trial. *Respir Med* [Internet]. 2018; 134:103–109. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29413495/>
43. Barcellos FC, Boscolo Del Vecchio F, Reges A, Mielke G, Santos IS, Umpierre D, et al. Exercise in patients with hypertension and chronic kidney disease: a randomized controlled trial. *J Hum Hypertens* [Internet]. 2018;32(6):397-407. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29615792/>
44. Ikizler TA, Robinson-cohen C, Ellis C, Headley SAE, Tuttle K, Wood RJ, et al. Metabolic Effects of Diet and Exercise in Patients with Moderate to Severe CKD: A Randomized Clinical Trial. *J Am Soc Nephrol* [Internet]. 2017;29(1):250-259. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29038285/>

45. Leehey DJ, Collins E, Kramer HJ, Cooper C, Butler J, McBurney C, et al. Structured Exercise in Obese Diabetic Patients with Chronic Kidney Disease: A Randomized Controlled Trial. *Am J Nephrol* [Internet]. 2016;44(1):54–62. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27385652/>
46. Peres A, Perotto DL, Dorneles GP, Fuhro MIS & Monteiro MB. Effects of intradialytic exercise on systemic cytokine in patients with chronic kidney disease Effects of intradialytic exercise on systemic cytokine in patients with chronic kidney disease. *Ren Fail* [Internet]. 2015;37(9):1430-4. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26288101/>
47. Van Craenenbroeck AH, Van Craenenbroeck EM, Van Ackeren K, Vrints CJ, Conraads VM, Verpooten GA, et al. Effect of Moderate Aerobic Exercise Training on Endothelial Function and Arterial Stiffness in CKD Stages 3-4: A Randomized Controlled Trial. *Am J Kidney Dis* [Internet]. 2015;66(2): 285-96. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25960303/>

ANEXOS

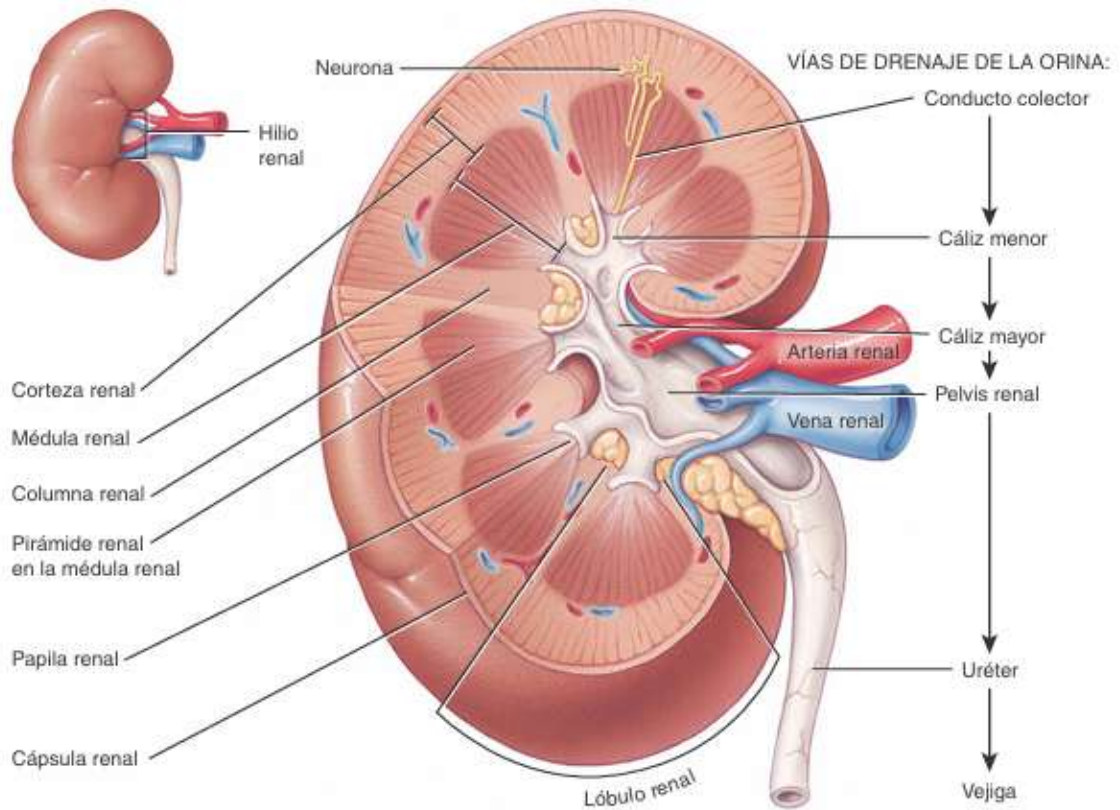


Figura 2. Anatomía Interna de los riñones (Vista anterior de la disección del riñón derecho).

- Tomado de: Tortora GJ, Derrickson B. Introducción al cuerpo humano. En: Tortora GJ, Derrickson B. Principios de anatomía y fisiología. 13a ed. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana; 2013. p. 1100 – 1142.

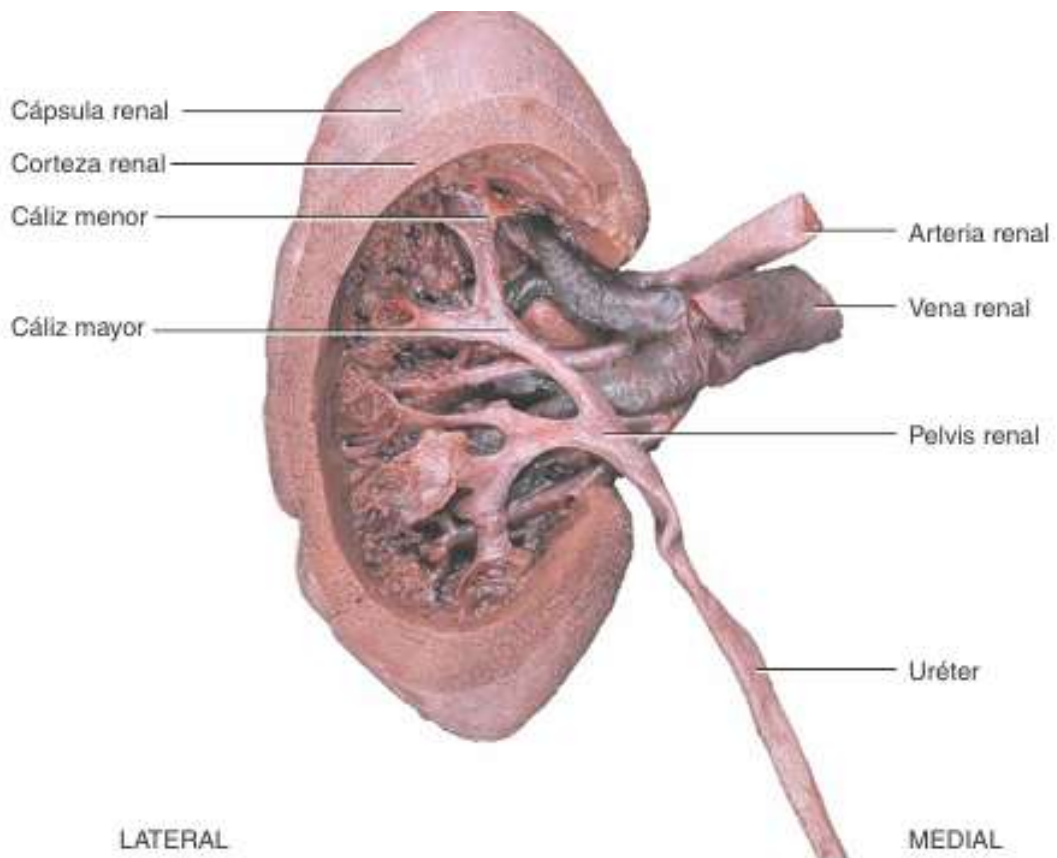


Figura 3. Anatomía interna de los riñones (Vista posterior de la disección del riñón izquierdo).

- Tomado de: Tortora GJ, Derrickson B. Introducción al cuerpo humano. En: Tortora GJ, Derrickson B. Principios de anatomía y fisiología. 13a ed. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana; 2013. p. 1100 – 1142.



Figura 4. Ejercicio de resistencia de flexión de cadera en sedestación.

- Tomado de: Vázquez Rigueira P. Efecto de un programa de ejercicio físico intradiálisis supervisado sobre la condición física, el biomarcador klotho y la calidad de vida en pacientes con enfermedad renal crónica. [Tesis doctoral] [Internet]. Madrid: Universidad Europea de Madrid; 2020. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=294063>



Figura 5. Trabajo de ejercicio cardiovascular.

- Tomado de: Vázquez Rigueira P. Efecto de un programa de ejercicio físico intradiálisis supervisado sobre la condición física, el biomarcador klotho y la calidad de vida en pacientes con enfermedad renal crónica. [Tesis doctoral] [Internet]. Madrid: Universidad Europea de Madrid; 2020. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=294063>