

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
SECCIÓN DE FISIOTERAPIA

TRABAJO DE FIN DE GRADO

**EFFECTO FISIOLÓGICO DEL EJERCICIO
TERAPÉUTICO SOBRE LA ENFERMEDAD
RENAL CRÓNICA. UNA REVISIÓN
BIBLIOGRÁFICA.**

**PHYSIOLOGICAL EFFECT OF THERAPEUTIC
EXERCISE ON CHRONIC KIDNEY DISEASE.
A BIBLIOGRAPHICAL REVIEW.**

Autores:

Álvaro Delgado Lorenzo

David García Linares

TUTOR:

Aldo Augusto González Brito

CURSO ACADÉMICO 2021-2022

CONVOCATORIA DE JUNIO

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
SECCIÓN DE FISIOTERAPIA

TRABAJO DE FIN DE GRADO

**EFFECTO FISIOLÓGICO DEL EJERCICIO
TERAPÉUTICO SOBRE LA ENFERMEDAD
RENAL CRÓNICA. UNA REVISIÓN
BIBLIOGRÁFICA.**

**PHYSIOLOGICAL EFFECT OF THERAPEUTIC
EXERCISE ON CHRONIC KIDNEY DISEASE.
A BIBLIOGRAPHICAL REVIEW.**

Autores:

Álvaro Delgado Lorenzo

David García Linares

TUTOR:

Aldo Augusto González Brito

CURSO ACADÉMICO 2021-2022

CONVOCATORIA DE JUNIO

RESUMEN

Introducción: La enfermedad renal crónica es una patología significativa en cuanto al porcentaje de población que la padece, relacionándose con una disminución de la calidad de vida, una morbilidad aumentada y el elevado coste sanitario y social que determina. El ejercicio físico es una de las herramientas más útiles para paliar los efectos de las enfermedades crónicas.

Objetivo: Revisar la bibliografía existente acerca del efecto fisiológico y mejoría de la enfermedad que produce el ejercicio físico en la evolución clínica de pacientes con ERC.

Material y métodos: La búsqueda bibliográfica se ha realizado mediante bases de datos como: “Pubmed”, “Medline”, “Elsevier”, “PuntoQ de la Universidad de la Laguna” y “Google Scholar”.

Resultados: Se han seleccionado un total de 11 artículos publicados entre los años 2012-2022.

Conclusiones: Se ha podido demostrar cómo el ejercicio físico tiene efectos beneficiosos sobre los componentes fisiológicos, la condición física cardiorrespiratoria y las funciones vasculares relacionadas con la ERC. Además, se observa como el ejercicio con restricción de flujo puede ser una herramienta eficaz para evitar síntomas como la fatiga.

Palabras clave: ejercicio físico, efecto fisiológico y enfermedad renal crónica.

ABSTRACT

Introduction: Chronic kidney disease is a significant pathology in terms of the percentage of the population suffering from it, related to a decrease in the quality of life, increased morbidity and mortality and a high health and social cost. Physical exercise is one of the most useful tools to alleviate the effects of chronic diseases.

Aim: To review the existing literature on the physiological effect and improvement of the disease that produces physical exercise in the clinical evolution of patients with CKD.

Materials and methods: The bibliographic search was carried out using databases such as: "Pubmed", "Medline", "Elsevier", "PuntoQ de la Laguna University" and "Google Scholar".

Results: A total of 11 articles published between the years 2012-2022 have been selected.

Conclusions: It has been demonstrated how physical exercise has beneficial effects on physiological components, cardiorespiratory fitness and vascular functions related to CKD. In addition, it is observed how exercise with flow restriction can be an effective tool to avoid symptoms such as fatigue.

Keywords: physical exercise, physiological effect and chronic kidney disease.

ÍNDICE:

1.	Introducción	1
1.1	Ejercicio físico en salud.....	5
1.2	Efectos de la actividad física sobre la tasa de filtrado glomerular.....	7
1.3	Efectos de la actividad física sobre la calidad de vida y mortalidad.....	9
1.4	Prescripción de ejercicio en ERC.....	11
2.	Justificación.....	13
3.	Objetivos	14
4.	Material y métodos	15
5.	Resultados	16
5.1.	Diagrama de flujo PRISMA	17
5.2.	Tabla de bases de datos	18
5.3.	Tabla de resultados	19
5.4.	Síntesis de resultados	26
6.	Discusión	28
6.1.	Efectos del ejercicio terapéutico sobre los componentes fisiológicos relacionados con la ERC	28
6.2.	Efectos del ejercicio terapéutico sobre la condición física cardiorrespiratoria	30
6.3.	Efectos del ejercicio terapéutico sobre las funciones cardiovasculares.	31
6.4.	Diferencias entre los efectos producidos por ejercicio aeróbico y ejercicio con restricción de flujo sanguíneo	32
7.	Conclusiones	33
8.	Limitaciones del estudio.....	34
9.	Referencias Bibliográficas	36

1. INTRODUCCIÓN

“La Enfermedad Renal Crónica (ERC) en el adulto se define como la presencia de una alteración estructural o funcional renal (sedimento, imagen, histología) que persiste más de 3 meses, con o sin deterioro de la función renal; o un filtrado glomerular (FG) $<60 \text{ ml/min/1,73 m}^2$ sin otros signos de enfermedad renal. Las guías KDIGO han introducido a los pacientes trasplantados renales, independientemente del grado de fallo renal que presenten. Se consideran marcadores de daño renal:

- Proteinuria elevada.
- Alteraciones en el sedimento urinario.
- Alteraciones electrolíticas u otras alteraciones de origen tubular.
- Alteraciones estructurales histológicas.
- Alteraciones estructurales en pruebas de imagen.” (1)

El nivel de gravedad de esta enfermedad se estandariza en 5 categorías dependientes del Filtrado Glomerular (FG) y en tres categorías según la albuminuria. La proteinuria es el factor pronóstico modificable más potente para valorar la evolución de la ERC. El detrimento del FG es característico de categorías 3 hasta 5, sin necesidad de que exista otro daño renal. Mientras que, en la categoría 1-2 se requiere de otro signo de daño renal. Esta clasificación es activa, por lo que va experimentando pequeños cambios a lo largo del tiempo, dándonos la ventaja de unificar el lenguaje cuando nos referimos a la definición y magnitud del problema definido como ERC. Por esto, el método para medir el FG y la determinación de la proteinuria, son herramientas claves para el diagnóstico y manejo de la ERC (1).

Categoría ERC	FG (ml/min)	Descripción	
G1	≥ 90	Normal o elevado	
G2	60-89	Ligeramente disminuído	
G3a	45-59	Ligera o mederadamente disminuído	
G3b	30-44	Moderada o gravemente disminuído	
G4	15-29	Gravemente disminuído	
G5	< 15	Fallo renal	
Categorías albuminuria	Orina 24 hs mg/24 hs	Muestra Alb/Cre mg/g	Muestra aislada Pro/Cre mg/mg
A1: Normal o levemente elevada	< 30	< 30	< 0,15
A2: Moderadamente elevada	30-300	30-300	> 0,3
A 3: Muy elevada	> 300	> 300	> 300

Víctor Lorenzo Sellarés, Desireé Luis Rodríguez. Enfermedad Renal Crónica (1).

Los rangos observados en la tabla no se adecuan a la realidad en lo que a ERC avanzada (ERCA) se habla, debido a que es recurrente el seguimiento de pacientes que presentan proteinurias superiores a 300 mg/día hasta incluso 6-8 g/día, valores que no nos permiten un buen diagnóstico (1).

La modificación de los niveles de proteinuria es un factor determinante en cuanto al pronóstico y tratamiento de la ERC, siendo independiente frente al riesgo cardiovascular. Produce inflamación y fibrosis tubulointersticial, cooperando así en la pérdida de nefronas (2).

En cuanto a la valoración de la proteinuria en el enfermo renal, según la Sociedad Española de Nefrología, se considera patrón oro a la recogida de orina durante 24 horas y su posterior valoración, basándonos en la concentración de Creatinina en la muestra a partir de la que establecemos el cociente albúmina/creatinina (proteínas totales/Cr), que presenta relación con la eliminación de proteína en orina en 24 horas (1).

La excreción de albúmina se clasifica como normal, microalbuminuria y macroalbuminuria:

Se define como excreción normal de albúmina cuando la concentración en la orina es menor de 30 mg/24 horas. Microalbuminuria a la concentración en orina de 24 horas entre 30 y 300 mg., y macroalbuminuria a una concentración a partir de 300 mg en orina de 24 horas (1).

Si la microalbuminuria perdura en el tiempo más de 3 meses se relaciona como un factor de riesgo de daño renal gradual y puede producir eventos cardiovasculares adversos. Se relaciona esta concentración de albúmina con la manifestación de daño endotelial difuso. A lo sumo la albuminuria debe valorarse en carencia de factores que puedan provocar un aumento de su excreción, entre los que destacan infecciones urinarias, ejercicio físico, fiebre o insuficiencia cardiaca (1).

Para su diagnóstico en pacientes con riesgo de ERC se utilizan (a parte de la muestra aislada de orina en 24 horas) las tiras reactivas de orina, que nos van a dar un valor sobre los cambios patológicos que pueden aparecer en la orina de nuestro paciente. En el caso de que esta prueba sea positiva, debemos evaluar el cociente proteína/creatinina en muestra de orina, y de confirmar el positivo se prescribe una evaluación diagnóstica renal. Mientras que, si la prueba da un resultado negativo se decide calcular el cociente albúmina/creatinina en muestra aislada de orina (1).

En España, los resultados del Estudio de Nutrición y Riesgo Cardiovascular (ENRICA) muestran una prevalencia de ERC en cualquiera de sus estadios del 15,1% para población general, similar al 14,4% de población atendida en asistencia primaria del estudio IBERICAN (Identificación de la población Española de Riesgo Cardiovascular y reNal). En uno y otro estudio se observan un incremento tanto en la prevalencia asociada a la edad y a la enfermedad cardiovascular. Estos datos actuales difieren del 9,24% obtenido en el ya antiguo estudio EPIRCE (Epidemiología de la Insuficiencia Renal Crónica en España). Todos estos datos epidemiológicos apoyan el hecho del importante problema de salud que supone la ERC (3).

La importancia epidemiológica de la ERC, por su elevada prevalencia, se relaciona con la significativa disminución en la calidad de vida, elevada morbimortalidad y coste sanitario y social que supone. La prevalencia de ERC en pacientes seguidos en Atención Primaria (AP) con enfermedades tan frecuentes como la hipertensión arterial (HTA) o la diabetes mellitus (DM), puede alcanzar el 35-40%, por ello la AP es un pilar fundamental tanto en la detección precoz de la enfermedad, como en el manejo de los factores que se observan en su evolución e incluso en el manejo de los estadios iniciales de sus complicaciones (3).

La fragilidad es un factor de riesgo altamente prevalente en la población adulta en general, afectando, en mayor medida, a la población adulta con enfermedad renal crónica (ERC) y asociada a resultados adversos para la salud, como caídas, peor calidad de vida relacionada con la salud (CVRS), hospitalización y mortalidad. La baja actividad física y el deterioro muscular contribuyen de manera importante a la fragilidad física en adultos con ERC. El entrenamiento físico mejora la condición física y el estado de fragilidad, lo que lleva a mejoras asociadas en los resultados de salud, incluida la CVRS (4).

La hemodiálisis (HD) es una de las opciones de tratamiento más importante para los pacientes con insuficiencia renal terminal. En España más de 60.000 personas con ERC están en Tratamiento Renal Sustitutivo (TRS), es decir, requieren de hemodiálisis, diálisis peritoneal o trasplante para sustituir la función de sus riñones (5). Las técnicas mejoradas de diálisis y el manejo de la enfermedad coexistente han hecho que la HD sea más tolerable, y muchos pacientes nuevos pueden anticipar una expectativa de vida más larga, aunque no siempre con una buena calidad de vida (QoL) (6).

Tanto la inactividad física como el deterioro de la condición física están fuertemente asociados con una mayor morbilidad, mortalidad y una calidad de vida reducida en pacientes en HD. La calidad de vida reducida también se asocia de forma independiente con la mortalidad en pacientes en HD. Los informes indican que las puntuaciones del Physical Components Summary (PCS) del cuestionario de formato corto de 36 ítems (SF-36) de < 25 unidades arbitrarias (AU) se asociaron con un aumento del 93 % en el riesgo de muerte y un aumento del 56 % en el riesgo de hospitalización en pacientes en HD, y una disminución de 10 puntos en la puntuación PCS se tradujo en un aumento del 25 % en el riesgo de muerte en 2 años. Por el contrario, un aumento de 1 punto en la puntuación PCS se asoció con una caída del 3,5 % en las probabilidades de muerte (6). Las intervenciones diseñadas para aumentar la condición física y reducir el comportamiento sedentario en pacientes en HD pueden mitigar el riesgo de enfermedad cardiovascular, mejorar el funcionamiento físico, mejorar la condición física para un posible trasplante de riñón en el futuro, reducir los niveles de fatiga y, a su vez, mejorar la CV (7).

Tabla1. Contenido de las escalas del SF-36

Dimensión	N.º de ítems	Significado de las puntuaciones de 0 a 100	
		«Peor» puntuación (0)	«Mejor» puntuación (100)
Función física	10	Muy limitado para llevar a cabo todas las actividades físicas, incluido bañarse o ducharse, debido a la salud	Lleva a cabo todo tipo de actividades físicas incluidas las más vigorosas sin ninguna limitación debido a la salud
Rol físico	4	Problemas con el trabajo u otras actividades diarias debido a la salud física	Ningún problema con el trabajo u otras actividades diarias debido a la salud física
Dolor corporal	2	Dolor muy intenso y extremadamente limitante	Ningún dolor ni limitaciones debidas a él
Salud general	5	Evalúa como mala la propia salud y cree posible que empeore	Evalúa la propia salud como excelente
Vitalidad	4	Se siente cansado y exhausto todo el tiempo	Se siente muy dinámico y lleno de energía todo el tiempo
Función social	2	Interferencia extrema y muy frecuente con las actividades sociales normales, debido a problemas físicos o emocionales	Lleva a cabo actividades sociales normales sin ninguna interferencia debido a problemas físicos o emocionales
Rol emocional	3	Problemas con el trabajo y otras actividades diarias debido a problemas emocionales	Ningún problema con el trabajo y otras actividades diarias debido a problemas emocionales
Salud mental	5	Sentimiento de angustia y depresión durante todo el tiempo	Sentimiento de felicidad, tranquilidad y calma durante todo el tiempo
Ítem de Transición de salud	1	Cree que su salud es mucho peor ahora que hace 1 año	Cree que su salud general es mucho mejor ahora que hace 1 año

Gemma Vilaguta, Montse Ferrera, Luis Rajmilb, et al. El Cuestionario de Salud SF-36 español: una década de experiencia y nuevos desarrollos.

1.1 Ejercicio físico en salud:

La práctica de ejercicio físico regular es un reconocido agente de ayuda hacia la prevención y el tratamiento de patologías sin riesgo de transmisión, tales como las enfermedades cardiovasculares, la diabetes tipo 2 y varios ejemplos de cáncer. Además, este ejercicio presenta beneficios sobre la salud mental, ya que previene el deterioro cognitivo y síntomas tales como la depresión y la ansiedad; asimismo, ayuda a conservar un peso saludable y el bienestar general. A nivel mundial, cerca del 27,5% de los adultos y el 81% de los adolescentes no cumplen las recomendaciones mundiales de la OMS de 2010 sobre actividad física, y no se ha observado mejora alguna en la última década. De igual forma, se aprecian desigualdades reseñables: los datos manifiestan que en la mayoría de países, el sexo femenino es menos activo que el sexo masculino, y que los niveles de actividad física varían enormemente entre los grupos económicos de mayor y menor nivel y en función del país y la región (8).

“Las recomendaciones de salud pública que se presentan en las Directrices de la OMS sobre actividad física y hábitos sedentarios están orientadas a todas las poblaciones y los grupos de edad desde los cinco hasta los 65 años o más, independientemente del sexo, el contexto cultural o la situación socioeconómica, y son pertinentes para todas las personas, sea cual sea su capacidad”. Los enfermos crónicos,

las personas con discapacidad y las mujeres embarazadas y en puerperio deben procurar seguir las recomendaciones en la medida de sus posibilidades y su capacidad (8).

Centrándonos en la población adulta (18-64 años) la OMS realiza las siguientes recomendaciones:

- Todos los adultos deben realizar actividades físicas con regularidad.
- Deben acumular a lo largo de la semana un mínimo de entre 150 y 300 minutos de actividad física aeróbica de intensidad moderada, o bien un mínimo de entre 75 y 150 minutos de actividad física aeróbica a una intensidad vigorosa, o bien una mezcla semejante de actividades con intensidad moderada y vigorosa, con la finalidad de conseguir un rendimiento destacable para la salud.
- También deben realizar actividades de fortalecimiento muscular de intensidad moderada o más elevada para trabajar los grandes grupos musculares dos o más días a la semana, ya que ello reporta beneficios adicionales para la salud.
- Los adultos pueden superar los 300 minutos de actividad física aeróbica de intensidad moderada, o bien los 150 minutos de actividad física aeróbica de intensidad vigorosa, o bien una combinación equivalente cada semana, con el fin de obtener mayores beneficios para la salud.
- Deben limitar el tiempo que dedican a actividades sedentarias. Se reconoce que la eliminación del tiempo sedentario y su sustitución por cualquier tipo de actividad física es traducida en beneficios para la salud.
- Con el fin de reducir los efectos perjudiciales para la salud de un nivel alto de sedentarismo, los adultos deben procurar realizar más actividad física de intensidad moderada a vigorosa de la recomendada (8).

Los pacientes con Enfermedad Renal Crónica (ERC) con mayor tasa de inactividad física autoinformada, o bajo rendimiento físico medido presentan una tasa de mortalidad más alta (9).

El sedentarismo en los pacientes con esta patología comienza, comúnmente, en las primeras etapas de la enfermedad, siendo un factor importante que conduce a una disminución en el rendimiento físico asociado con la disminución de la Tasa de Filtrado Glomerular (TFG). La ERC produce efectos tales como: pérdida de apetito, inflamación crónica, anemia, acidosis metabólica, contribuyendo todo esto a la pérdida

tanto de la masa muscular, como a la disminución del rendimiento físico. Estos efectos sistémicos sobre el rendimiento físico informan sobre el deterioro de la capacidad de marcha, la fuerza muscular, la fatigabilidad, el equilibrio y las habilidades motoras finas a medida que disminuye la TFG (9).

Las principales estrategias utilizadas para prevenir y tratar la ERC incluyen cambios en el estilo de vida, tratamiento farmacológico, promoción de ejercicio, cambios en la alimentación y medicamentos antihipertensivos. Varios estudios demuestran cómo el avance de la enfermedad afecta a la función y el rendimiento físico, pudiendo ser causado por varios factores como la disminución de la función renal, la inflamación crónica y la arteriosclerosis. Un estudio informa que la mejora de la función física y mayores niveles de actividad física en pacientes con ERC pre dialítica reducen el riesgo de mortalidad cardiovascular, destacando el papel importantísimo de las intervenciones de tratamiento con ejercicio para mejorar la función física y los niveles de actividad de esta población. A parte, varias revisiones sistemáticas informan cómo el tratamiento mediante ejercicio aeróbico y de resistencia tiene efectos positivos significativos en la condición física y funcional, la fuerza muscular y la presión arterial en pacientes con ERC (10).

1.2 Efectos de la actividad física sobre la tasa de filtrado glomerular

La Tasa de Filtrado Glomerular está considerada como el parámetro fisiológico que mejor refleja la función y salud renal. Esta tasa se puede estimar a partir de distintas ecuaciones, incluyendo como parámetros la creatinina sérica, la edad, el género y la raza como determinantes básicos (11). Para calcular esta tasa utilizamos la fórmula CKD-EPI o la fórmula MDRD-IDMS, ya que la concordancia entre los distintos estadios de la enfermedad establecidos por estas ecuaciones es muy alta.

MDRD-IMS= 175 x (creatinina) ^{-1,154} x edad ^{-0,203} x 0,742 (si mujer) x 1,210 (si raza negra)
CKD-EPI (mujeres y Sc=0,7) = 144 x (creatinina/0,7) ^{-0,329} x 0,993 ^{edad}
CKD-EPI (mujeres y Sc>0,7) = 144 x (creatinina/0,7) ^{-1,209} x 0,993 ^{edad}
CKD-EPI (varones y Sc=0,7) = 141 x (creatinina/0,9) ^{-0,411} x 0,993 ^{edad}
CKD-EPI (varones y Sc>0,7) = 141 x (creatinina/0,9) ^{-1,209} x 0,993 ^{edad}

* Sc: Creatinina sérica (12)

Como efecto del envejecimiento, en adultos mayores, se observa una reducción en la filtración glomerular y en el coeficiente de ultrafiltración, y a su vez, se acentúa la presión capilar glomerular y se altera la sensibilidad a sustancias vasoconstrictoras y vasodilatadoras, disminuyendo la capacidad de autorregulación y la reserva de la función renal. Esta disminución del filtrado se presenta en mayor escala en varones, y merma en, aproximadamente, dos terceras partes, a los 70 años.

Pese a que la función renal se reduce con la edad, se presenta conservada siempre que la homeostasis no esté alterada por condiciones extremas como la práctica de ejercicio de alta intensidad.

Se ha evidenciado en diferentes estudios como, la práctica de ejercicio presenta efectos positivos sobre la salud humana y el envejecimiento. Mientras que, el hábito de realizar ejercicio extenuante es capaz de producir cambios en la función renal, entre los que encontramos: disminución de la circulación renal y filtrado glomerular, y existencia de microalbuminuria. Todos estos factores se deben al aumento de la perfusión a las fibras musculares activas, provocando a su vez una reducción de la perfusión a otros órganos (como los riñones), de hasta incluso un 25% de los niveles en reposo.

Debido a este ejercicio extenuante, se han desarrollado hipótesis centradas en que esta disminución de perfusión sanguínea y la disminución del volumen plasmático presente en los órganos renales puede producir un debilitamiento de la función renal e inducir un estrés renal isquémico, provocando incluso una posible lesión renal de carácter temporal (11).

En un estudio realizado en 1999 se observa como en adultos mayores de 64 años la tasa de filtración glomerular disminuye tras practicar “una hora de ejercicio físico a intensidad moderada”, hasta un 57% del VO₂máx (13). Otros estudios aportan como “la deshidratación inducida por el ejercicio, el estrés por calor, la inflamación y el estrés oxidativo también pueden afectar a la función renal y producir estrés renal” (14).

Por ello, diferentes artículos apuntan a que la actividad física de una intensidad moderada o severa mantenida en el tiempo pueden presentar efectos positivos en la salud, sin embargo, al estudiar adultos mayores, insinúa como el estrés biológico ocasionado por la práctica de actividad física repetitiva puede concluir en un daño acumulativo sobre el filtrado glomerular, siempre y cuando el ejercicio no se regule adecuadamente. No obstante, si el ejercicio físico permite conservar y progresar en la salud renal, es indispensable precisar en cuanto a términos de intensidad, duración y tipo de ejercicio en el que el daño producido a nivel renal es menor o incluso nulo. Debido a esto, es tan importante la realización de estudios para establecer los componentes que alteran la función renal por la práctica de ejercicio (11).

1.3 Efectos de la actividad física sobre la calidad de vida y la mortalidad en la ERC.

En consecuencia, debido al estrés físico y psicológico permanente, gran parte de los pacientes en hemodiálisis presentan problemas emocionales, siendo muy frecuentes la depresión y ansiedad (15). En el artículo de De-Nour (16), describe como el 62% de los pacientes en hemodiálisis padecen depresión. Al afectar al apetito (reduciéndolo), la depresión es capaz de producir desnutrición severa en estos pacientes, resultando en un aumento de la mortalidad.

El beneficio que podía producir el ejercicio físico sobre aspectos psicológicos en pacientes en hemodiálisis lo presentó, en primer lugar, Goldberg et al. (17). Este realizó una prueba psicológica a cuatro pacientes en esta situación, asociándose el entrenamiento físico con una mejora en la depresión, la hostilidad, la ansiedad, la interacción social y las perspectivas de futuro. Mientras que, Shalom et al. (18) presentó un estudio en el que un programa de ejercicio de 12 semanas no mostró cambios significativos en la depresión, ansiedad o agresividad de catorce pacientes en

hemodiálisis. Por otro lado, Kouidi et al. (19) observó, tras un programa de ejercicio de 6 meses, una mejora en la depresión y la calidad de vida. Además, la ansiedad se alivió considerablemente, y se presenció una disminución de la depresión que no fue estadísticamente significativa (19).

“La calidad de vida es un indicador de resultado importante en la evaluación de los efectos de las estrategias terapéuticas.” En los pacientes de este estudio se observó un aumento en la puntuación de calidad de vida después del programa de ejercicio. Otras respuestas cualitativas de los pacientes en relación al programa de ejercicio se relacionaron con la mejora de la calidad de sueño, mejoras en la marcha y la fatiga, y en cuanto a sensación subjetiva de bienestar (20).

La prescripción de ejercicio debe ser sistemática en cuanto a las funciones que debe desempeñar en nuestro tratamiento, e individualizada según las características y preferencias de cada paciente. Se reconoce como ejercicio aeróbico recomendado para pacientes con hemodiálisis la bicicleta ergométrica, la marcha, el trote y la natación, determinando la intensidad del ejercicio a través del 65-88% de la fuerza máxima en cinta (21).

Está reconocida la enfermedad vascular como la comorbilidad más común asociada a pacientes en hemodiálisis. Especialmente la cardiopatía isquémica, presente en muchos casos en pacientes diabéticos. Por ello, previamente a introducir el programa de ejercicio, debe existir una evaluación exhaustiva del estado de salud. En este estudio, concluimos en que el ejercicio de intensidad moderada se puede aplicar en pacientes con Enfermedad Renal en etapa terminal sin un riesgo significativo, siempre y cuando, se realice tras una evaluación cuidadosa del estado de salud por parte de un profesional de la salud.

Para concluir, “una adecuada aplicación del programa de ejercicios mejoraría el estado psicológico incluyendo la ansiedad y mejoraría la calidad de vida, así como mejoraría la capacidad de trabajo en los pacientes de hemodiálisis de mantenimiento” (20).

1.4 Prescripción de ejercicio en ERC

La debilidad física, la falta de motivación y el dolor son factores limitantes ante la incorporación del ejercicio en la rutina de pacientes con enfermedad renal crónica. Esta circunstancia contribuye al deterioro de la salud y en consecuencia al detrimento de la independencia, por lo que se le da especial importancia entender el problema y saber individualizarlo para poder abordarlo eficazmente según cada paciente. “La prescripción de ejercicio basada en las necesidades individuales sería la forma más prometedora de ayudar a lograr la independencia individual en pacientes con enfermedades crónicas” (22).

La alta prevalencia de mortalidad en pacientes con ERC y el deterioro tanto de las funciones psicológicas como cognitivas son elementos que se ven afectados por la pasividad relacionada con la actividad física y la disminución de la práctica de ejercicio, todo esto observado en la literatura científica, al igual que el efecto positivo que produce sobre la salud general, especialmente cuando nos referimos a la función cardiovascular y aeróbica, además de las consecuencias que se observan sobre la calidad de vida de estos pacientes (23).

“La prescripción de ejercicio físico para el tratamiento de la ERC está incluida en las guías KDOQI (Kidney Disease Outcomes Quality Initiative) desde 2001, en las que se recomienda ejercicio aeróbico de tres a cinco sesiones semanales con duraciones que varían entre 30 y 60 min por sesión a una intensidad de baja a moderada”. En el año 2017 analizaron mediante una revisión sistémica de esta literatura como además de recomendar ejercicio aeróbico, también se indica la práctica de ejercicio de fuerza como tratamiento para este tipo de pacientes (23). A parte de la información obtenida en estos estudios, no se acostumbra a especificar la variables que se observan en cada paciente en lo referido a la práctica de ejercicio, así como el tipo, la intensidad, el volumen, la frecuencia y el riesgo de lesión asociada a la prescripción de los distintos tipos de actividad física (24); sin llegar a un convenio sobre cuál es la pauta de ejercicio físico que presenta mayor beneficio en pacientes con ERC teniendo en cuenta las variables nombradas previamente (25). En cambio, a pesar de la evidencia científica presente en la actualidad los nefrólogos prescriben el ejercicio en menor medida de lo demostrado como parte del tratamiento, (26-30) mientras que, en los pacientes a los

que se les ha recetado ejercicio, se ha visto cómo las barreras emocionales han afectado a estos pacientes, produciendo bajos niveles de realización de actividad física, dificultando así el cumplimiento del tratamiento (27). Se contempla la baja formación especializada sobre cómo incluir estos programas de ejercicio físico por parte de los nefrólogos para el proceso de evolución de la enfermedad (26).

En España, el tratamiento y seguimiento de pacientes que padecen ERC forma parte del trabajo del nefrólogo de segundo nivel de atención, mientras que en estadios iniciales este seguimiento se reparte entre el médico de atención primaria y el nefrólogo. La función de estos últimos se centra principalmente en retrasar la evolución de la enfermedad y/o preparar a los pacientes para terapias de reemplazo como los trasplantes (31). Por otro lado, los médicos de atención primaria observan, revisan y protegen de factores de riesgo de ERC a este grupo (32).

Aunque en última instancia la prescripción de tratamiento forma parte de la función del nefrólogo, en la evidencia científica se observan inmensas recomendaciones de coordinación de este trabajo por parte de un equipo multidisciplinar, el que planifica un tratamiento relacionado con el ejercicio físico individualizado, que se adecuará a las funciones y carencias, considerando la sintomatología, dificultades y comorbilidades asociadas a la ERC (28).

A partir de lo nombrado anteriormente podemos evidenciar como es importante el desarrollo de planes de ejercicio físico por parte de personal formado tanto en salud como en la actividad física y el deporte para el tratamiento de los pacientes con ERC, tanto los que cursan con diálisis, como los que se enfrentarán a tratamientos sustitutivos, formando una parte importante en la prescripción de tratamiento (33).

Se ha observado en varias revisiones sistemáticas como la aplicación de programas de ejercicio físico presentan una mejora en la capacidad de actividad y función física en pacientes que padecen ERC dependientes de diálisis. Se contempló como los mayores efectos estaban presentes después de 6 meses de tratamiento con prescripción de ejercicio supervisado y de intensidad superior a otros procedimientos. En esta literatura científica se propone que los programas de ejercicios aeróbicos y de resistencia, administrados aisladamente, producen mejora en la capacidad aeróbica, mientras que, en combinación, se observa un progreso en numerosos resultados, incluyendo la capacidad de ejercicio y elementos relacionados con la calidad de vida

y procesos psicológicos como la depresión. Partiendo de la información recogida en estos estudios, podemos comenzar a establecer de una forma más segura las recomendaciones para lograr aplicar tratamientos que introduzcan el ejercicio en pacientes dependientes de HD, llegando a utilizarlo en la práctica clínica (34).

En cuanto al estudio de Prescripción del ejercicio intradiálisis para mejorar la calidad de vida (PEDAL) se reconoce su realización como respuesta a una petición del Instituto Nacional de Investigación en Salud (NIHR) con el fin de determinar la rentabilidad clínica y el beneficio del ejercicio intradialítico en pacientes con ERC en su etapa terminal. Durante la programación y avance de este estudio (2012), la evidencia era enormemente limitada sobre la efectividad del desarrollo intradialítico de la enfermedad en el desenlace observado en el paciente, calificando como ejemplo los factores dependientes de la calidad de vida. “En los estadios 2 a 5 de la ERC, los índices generales de calidad de vida mejoraron con el entrenamiento físico” (34).

En cuanto a los resultados, se indica que programas centrados en el ejercicio aeróbico de intensidad moderada (principalmente ciclismo), con una estructura y supervisión en una etapa corta de tiempo (de 2 a 6 meses) impulsan una mejora sustancial en la condición física (aptitud) cardiorrespiratoria, tomando como determinante el VO₂ pico, de 17 a 50%, con una diferencia media general, por encima del criterio clínicamente importante (1 MET), entre los grupos de tratamiento y control de 5,22 ml/kg/min de consumo de O₂. Por ello, se utiliza esta evidencia que impulsa el ciclismo intradiálisis con el fin de progresar en cuanto a la aptitud cardiorrespiratoria para evaluar si estos beneficios fisiológicos provenientes del ciclismo intradialítico podrían ofrecer una mejora en la calidad de vida percibida por los pacientes (34).

2. JUSTIFICACIÓN

La enfermedad renal crónica presenta una elevada prevalencia (10-13% de la población), es irreversible, no es estática, es decir que evoluciona a lo largo del tiempo, y está asociada con un mayor riesgo cardiovascular (35). Esta patología está reconocida como la tercera causa de muerte de crecimiento más rápido en todo el mundo y se espera que progrese al quinto lugar en la lista de causas de muerte en 2040 (36). La carga es particularmente alta y crece rápidamente en los países en transición, especialmente entre las comunidades rurales de países tropicales. Los pacientes con esta patología presentan una etapa sin sintomatología, aflorando las complicaciones

asociadas a esta en estadios más avanzados de la enfermedad. En el tratamiento de esta se observan dos corrientes: una conservadora, en la que los pacientes no tienen indicado el tratamiento con diálisis, sino que se trata de frenar la progresión de la insuficiencia, paliar las complicaciones como anemia, enfermedades óseas y cardiovasculares, y la preparación para, en el caso que sea necesario, la terapia de reemplazo (35).

“El tratamiento de la ERC es costoso. Se considera que 188 millones de personas experimentan gastos de salud catastróficos (CHE) anualmente debido a enfermedades renales en países de ingresos bajos y medianos bajos, el mayor de cualquier grupo de enfermedades.” Los pacientes en estadios más tempranos de la ERC requieren de atención a largo plazo, al presentar múltiples comorbilidades que precisan de un tratamiento específico y probablemente incurran en gastos de atención médica sustanciales, observando una media de 10,8 visitas al médico al año por parte de esta población, implicando así un mayor gasto sanitario y un deterioro en el tratamiento de otras enfermedades por el aumento de esta (36).

El ejercicio terapéutico es una herramienta útil y gratuita para el tratamiento de esta y otras enfermedades, que puede culminar reduciendo el gasto sanitario utilizado para paliar problemas asociados a esta enfermedad. Es importante la valoración y la mejora de las capacidades físicas por parte de esta población, ya que presenta un alto riesgo de discapacidad, aumentando así el porcentaje de población en situación de discapacidad y dependencia (36).

3. OBJETIVOS

Objetivo principal

- Identificar los efectos que produce el ejercicio terapéutico en pacientes con Enfermedad Renal Crónica.

Objetivos secundarios

- Relacionar los resultados del ejercicio terapéutico con la calidad de vida de los pacientes.

- Estudiar las consecuencias del ejercicio terapéutico sobre los componentes fisiopatológicos.
- Valorar el impacto del ejercicio respecto a la condición física cardiorrespiratoria.
- Observar los cambios en cuanto a las funciones cardiovasculares
- Evaluar las diferencias entre ejercicio terapéutico y el ejercicio con restricción de flujo.
- Estudiar la relevancia del ejercicio terapéutico en el tratamiento de ERC.

4. MATERIAL Y MÉTODOS

Estrategias de búsqueda bibliográfica

La revisión bibliográfica la hemos realizado entre los meses de abril y mayo de 2022 en artículos que se encontraban publicados en las siguientes bases de datos: “Pubmed”, “Medline”, “Elsevier”, “PuntoQ de la Universidad de la Laguna” y “google académico”.

Para las bases de datos PubMed y Medline se utilizaron los siguientes términos libres dentro de una ecuación de búsqueda con diferentes operadores booleanos, (Chronic kidney disease) AND (physical exercise) OR (physical activity) AND (physiological effects), además, se aplicaron los filtros “Randomized Clinical Trial”.

Las palabras clave utilizadas han sido:

“Efectos fisiológicos”, “Enfermedad renal crónica”, “Ejercicio físico”.

Para la selección de los artículos publicados se siguieron los siguientes criterios de inclusión y exclusión:

Criterios de inclusión

- Artículos publicados en español e inglés de libre acceso gratuito.
- Artículos publicados entre el año 2015 y el año 2022.

- Pacientes con Enfermedad Renal Crónica.
- Se estudian los efectos sobre la calidad de vida.
- Se estudian componentes fisiológicos (VO₂ pico, METs, Presión Arterial).

Criterios de exclusión

- Sujetos de estudio menores de 18 años.
- No hay, mínimo, dos grupos de estudio diferenciados.
- Pacientes trasplantados de riñón.
- No se prescribe ejercicio físico en el grupo intervención.

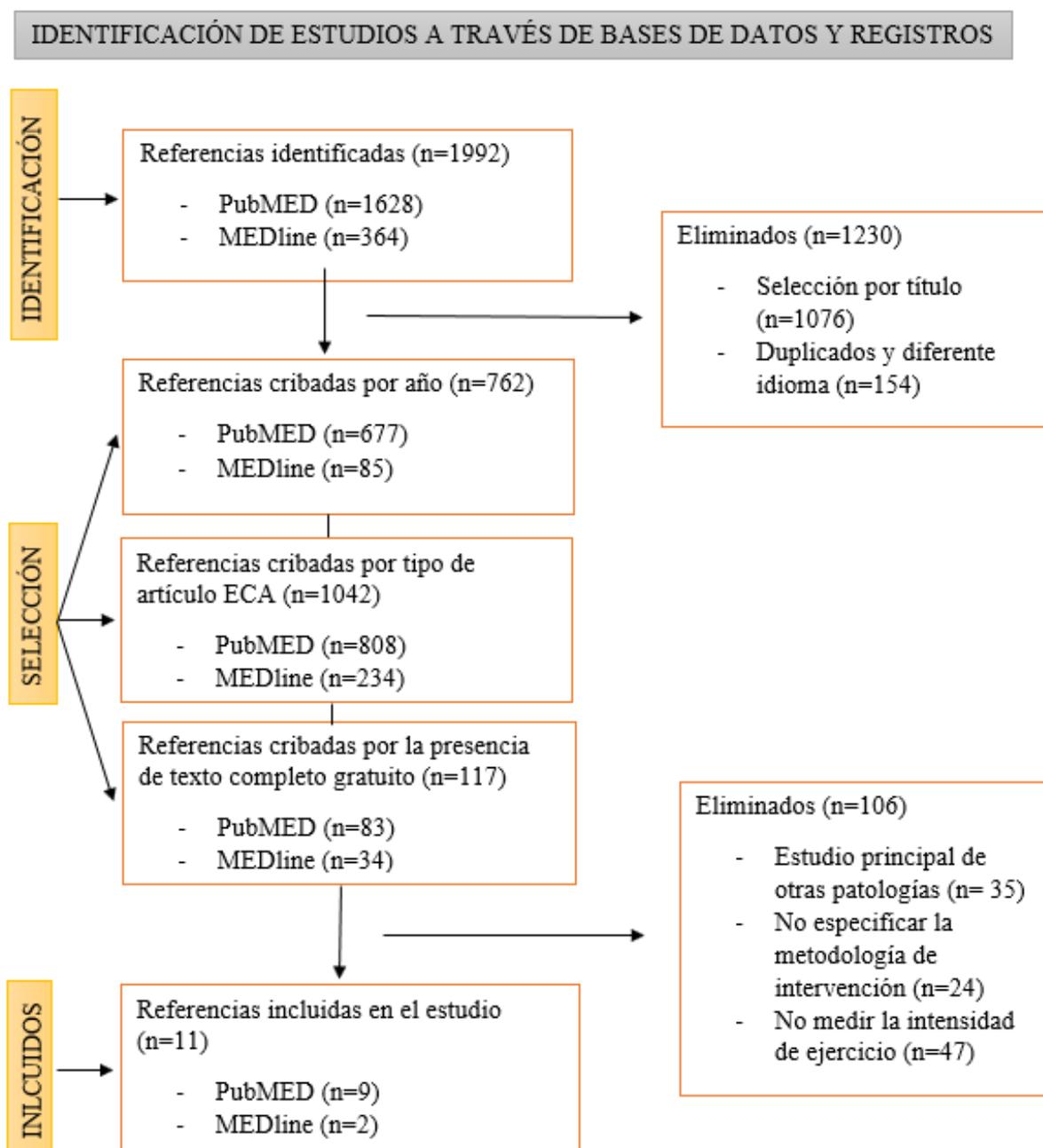
5. RESULTADOS

La búsqueda de los artículos que hemos utilizado para evaluar los resultados y poder realizar una conclusión y discusión ha comenzado en puntoQ, este motor es el enlace para acceder a las bases de datos seleccionadas. En primer lugar, buscamos en Pubmed, con un total de 1628 artículos utilizando las palabras clave “chronic kidney disease”, “physiology” y “physical exercise”, que, tras varios cribados (fecha, tipo de artículo y texto completo) concluyó en 9 artículos. En segundo lugar, entramos en la base de datos MEDline, en la que con las mismas palabras clave no encontramos ningún artículo, por lo que decidimos cambiar “physical exercise” por “physical activity”, encontrando así 364 artículos, que tras pasar el mismo cribado que los artículos encontrados en Pubmed se redujeron a 2. Además, se realizó una búsqueda en la base de datos Elsevier sin encontrar artículos relacionados.

Del total de artículos resultado de esta búsqueda se excluyeron 1980 artículos por los motivos que nombraremos a continuación. En primer lugar, acortamos la búsqueda a artículos publicados a partir del 2015, con lo que redujimos las referencias a 1230. En un segundo cribado hicimos una búsqueda únicamente de artículos que fueran Ensayos Controlados Aleatorizados, reduciendo la búsqueda a 188 artículos. En tercer lugar, acotamos la búsqueda a artículos que presenten el texto completo, quedándonos

solo con 71 artículos. Y, por último, hicimos un cribado centrándonos en la revisión de título y resumen, concluyendo nuestra búsqueda en 11 artículos.

5.1. Diagrama de flujo PRISMA para la revisión sistemática de la literatura.



5.2. En la Tabla 1 que se muestra a continuación se expondrán los diferentes estudios encontrados mediante la revisión bibliográfica realizada, ordenados por las diferentes bases de datos. Más adelante se encuentra la tabla 2 donde se muestran los 11 estudios con el nombre de sus autores, el año de publicación y la conclusión del mismo, para mostrar sobre qué trata el estudio en cuestión.

BASE DE DATOS	RESULTADOS
PubMED	<ol style="list-style-type: none"> 1. Effects of aerobic exercise on vascular function in nondialysis chronic kidney disease: a randomized controlled trial. (39) 2. Blood pressure response to acute and chronic exercise in chronic kidney disease. (40) 3. Exercise in patients with hypertension and chronic kidney disease: a randomized controlled trial. (41) 4. Effect of a 3-Year Lifestyle Intervention in Patients with Chronic Kidney Disease: A Randomized Clinical Trial. (42) 5. Blood Flow Restriction Training Blunts Chronic Kidney Disease Progression in Humans. (43) 6. Plasma levels of microRNA in chronic kidney disease: patterns in acute and chronic exercise. (44) 7. Intradialytic exercise with blood flow restriction is more effective than conventional exercise in improving walking endurance in hemodialysis patients: a randomized controlled trial. (45) 8. Agreement between cystatin-C and creatinine based eGFR estimates after a 12-month exercise intervention in patients with chronic kidney disease. (46) 9. Acute effects of intradialytic aerobic exercise on solute removal, blood gases and oxidative stress in patients with chronic kidney disease. (47)
MEDline	<ol style="list-style-type: none"> 1. A randomized trial of aerobic exercise in chronic kidney disease: Evidence for blunted cardiopulmonary adaptations. (37) 2. Influence of Physical Exercise on the Dialytic Adequacy Parameters of Patients on Hemodialysis. (38)

5.3. Tabla de resultados

Título	Autores	Año	Tipo de estudio	Tipo de intervención	Conclusión
<p>A randomized trial of aerobic exercise in chronic kidney disease: Evidence for blunted cardiopulmonary and adaptations (37)</p>	<p>Danielle L. Kirkman, Meghan G. Ramick, Bryce J. Muth, Joseph M. Stock, Raymond R. Townsend, David G. Edwards</p>	<p>2021</p>	<p>Ensayo controlado aleatorizado</p>	<p>36 pacientes fueron asignados aleatoriamente a un grupo de entrenamiento físico o de control durante 12 semanas. El grupo intervención (n=19) completó las 12 semanas de ejercicio aeróbico supervisado 3 veces por semana. Comenzaron a hacer ejercicio según lo tolerado, aumentando progresivamente la duración y la intensidad de cada sesión de ejercicio a 45 min con una reserva de frecuencia cardíaca (HRR) del 60 % al 85 % y/o una calificación de esfuerzo percibido (RPE) de 12 a 16. El grupo control (n=17) recibió atención de rutina.</p>	<p>En pacientes con ERC no sometidos a hemodiálisis y sin enfermedad cardiovascular asociada, 12 semanas de ejercicio aeróbico de intensidad moderada-alta mejoraron la capacidad cardiorrespiratoria (VO₂ pico y disminución de la concentración de CO₂ en reposo) y el tiempo de ejercicio. Sin embargo, los hallazgos de este estudio no mostraron mejoras en el costo ventilatorio del consumo de oxígeno (V_E/VO₂), lo que sugiere una falta de adaptaciones relacionadas con el ejercicio asociado a la utilización de oxígeno al nivel del músculo en funcionamiento. Estas mejoras en las aptitudes cardiorrespiratorias concluyeron en una mejor función física.</p>

<p>Influence of Physical Exercise on the Dialytic Adequacy Parameters of Patients on Hemodialysis (38)</p>	<p>Alicia García Testal, Rafael García Maset, David Hervás Marín, Borja Pérez-Domínguez, Pilar Royo Maicas, Inmaculada Soledad Rico Salvador, Erika Meléndez-Oliva, Javier Molina Aracilo, M^aJosé Murgui Chiva, Olga Del Pozo Blanco, Pau Olagüe Díaz, José Enrique Fernández Nájera, Eduardo torregrosa de Juan, Caterina Benedito Carrera, Eva Segura-Ortí</p>	<p>2018</p>	<p>Ensayo controlado aleatorizado</p>	<p>Los pacientes fueron sometidos a 3 meses de ejercicio físico con 3 sesiones por semana de una duración aproximada de 60 minutos por sesión.</p> <p>-Grupo ejercicio físico intradialítico (n=23): Ejercicio de fuerza (isométricos e isotónicos) durante 30 minutos y ejercicio aeróbico (bicicleta adaptada) durante 30 minutos, mientras recibían diálisis.</p> <p>- Grupo ejercicio domiciliario (n=23): Ejercicios similares al grupo de ejercicio intradialítico en los días que no recibían diálisis.</p> <p>Ambos grupos se sometían a monitorización de la FC y PA.</p>	<p>No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre ambas determinaciones en el Grupo ejercicio intradialítico y las del Grupo ejercicio domiciliario (urea, creatinina, potasio y fósforo). La práctica de 2 horas de ejercicio físico durante una sesión de hemodiálisis no disminuyó el rebote de moléculas posdiálisis ni mejoró la dosis de diálisis.</p> <p>Por lo que no presenta efectos sobre la calidad de vida de los pacientes al no mejorar supervivencia ni reducción del tiempo de diálisis.</p>
<p>Effects of aerobic exercise on vascular function in nondialysis chronic kidney disease: a randomized controlled trial (39)</p>	<p>Danielle L. Kirkman, Meghan G. Ramick, Bryce J. Muth, Joseph M. Stock, Ryan T. Pohlig, Raymond R. Townsend, David G. Edwards</p>	<p>2019</p>	<p>Ensayo controlado aleatorizado</p>	<p>El grupo intervención (n=19) completó 12 semanas de ejercicio aeróbico supervisado 3 veces por semana. Los participantes comenzaron el ejercicio según lo tolerado con la duración y la intensidad de cada sesión de ejercicio aumentando progresivamente de 45 min al 60-85% de la frecuencia cardíaca de reserva. El grupo control (n=17) recibió atención de rutina, que no implicó cambios en su atención estándar actual.</p>	<p>El ejercicio aeróbico de intensidad moderada a vigorosa fue seguro y mejoró la función microvascular y mantuvo la función endotelial de la arteria del conducto en pacientes con ERC no sometidos a diálisis sin enfermedad cardiovascular manifiesta. Sin embargo, el ejercicio aeróbico no afectó la rigidez arterial.</p>

<p>Blood pressure response to acute and chronic exercise in chronic kidney disease (40)</p>	<p>Samuel Headley, Michael Germain, Richard Wood, Jyovani Joubert, Charles Milch, Elizabeth Evans, Allen Cornelius, Britton Brewer, Beth Taylor, Linda S. Pescatello</p>	<p>2016</p>	<p>Ensayo controlado aleatorizado</p>	<p>46 pacientes fueron divididos en un grupo intervención y un grupo control. Al grupo intervención (n=25) se les pidió que asistieran a tres sesiones supervisadas por semana durante 16 semanas, entrenando inicialmente al 50-60% del VO₂ pico durante 15-30 min y luego aumentando gradualmente hasta un total de 55 min. Al grupo de control (n=21) se le pidió que siguieran las instrucciones de su médico y que siguieran viviendo normalmente pero que no comenzaran un programa de ejercicio formal.</p>	<p>La PAS en cada período de tiempo después del ejercicio fue significativamente más baja que la PAS previa al ejercicio de referencia. No se observaron diferencias en la concentración de fármaco en plasma (AUC) post ejercicio. Este programa de ejercicio condujo a un aumento del 8,3 % en el consumo máximo de oxígeno, aumento que no resultó en reducciones significativas en la presión arterial en reposo. La aparición de HPE (hipotensión post-ejercicio) no parece predecir cómo un paciente con ERC puede responder a un período de entrenamiento aeróbico crónico.</p>
<p>Exercise in patients with hypertension and chronic kidney disease: a randomized controlled trial (41)</p>	<p>Franklin C. Barcellos, Fabricio Boscolo Del Vecchio, Annelise Reges, Gregore Mielke, Iná S. Santos, Daniel Umpierre, Maristela Bohlke, Pedro C. Hallal</p>	<p>2018</p>	<p>Ensayo Controlado Aleatorizado</p>	<p>150 pacientes fueron asignados al azar a un grupo de intervención de ejercicio (n=76) o un grupo de control (n=74). La intervención tuvo una duración de 16 semanas, con tres sesiones de ejercicio físico de 60 min por semana. Cada sesión de ejercicio consistió en 10 min de ejercicios iniciales de calentamiento y flexibilidad articular, seguidos de ejercicios aeróbicos y de resistencia muscular. El grupo control continuó recibiendo la atención habitual, según las Directrices de Atención Primaria de Salud del Ministerio de Salud para la prevención de enfermedades cardiovasculares.</p>	<p>No se observó ningún efecto del ejercicio sobre la PA, aunque se observó una disminución significativa de esta a lo largo del estudio sin diferencias entre grupos. Tampoco se observaron efectos del ejercicio sobre la disminución de la TFG. Por último, sí que se observaron efectos beneficiosos sobre medidas de resultado secundarias, como la PCR-as y una reducción de la resistencia a la insulina en ayuna asociada a una reducción significativa de la glucemia.</p>

<p>Effect of a 3-Year Lifestyle Intervention in Patients with Chronic Kidney Disease: A Randomized Clinical Trial (42)</p>	<p>Kassia S Beetham, Rathika Krishnasamy, Tony Stanton, Julian W Sacre, Bettina Douglas, Nicole M Isbel, Jeff S Coombes, Erin J Howden</p>	<p>2022</p>	<p>Ensayo controlado aleatorizado</p>	<p>160 pacientes fueron asignados aleatoriamente a un grupo de intervención (n=79) y a un grupo control (n=81). La intervención de ejercicio se llevó a cabo en dos fases: fase uno, 8 semanas de ejercicio supervisado en el centro; y fase dos, ejercicio en casa con visitas de repaso en el centro durante 34 meses. Los pacientes asignados aleatoriamente al grupo control recibieron la atención nefrológica estándar según las directrices clínicas.</p>	<p>A los 12 meses, tanto el VO₂pico como los MET aumentaron significativamente en el grupo de intervención en el estilo de vida en un 9,7 % y un 30 %, respectivamente, sin cambios en el grupo de atención habitual. A partir de entonces, el VO₂pico disminuyó a niveles cercanos a la línea de base, mientras que los MET permanecieron elevados en el grupo de intervención de estilo de vida a los 24 y 36 meses. Después de 3 años, la intervención había aumentado la distancia de caminata de 6 minutos y aplacado las disminuciones en el tiempo de la prueba de levantarse y andar.</p> <p>Una intervención de estilo de vida de 3 años duplicó el porcentaje de pacientes con ERC que cumplieron con las pautas de actividad física, mejoró la capacidad de ejercicio y disminuyó las pérdidas en la aptitud neuromuscular y cardiorrespiratoria.</p>
<p>Blood Flow Restriction Training Blunts Chronic Kidney Disease Progression in Humans (43)</p>	<p>Hugo Luca Corrêa, Rodrigo Vanerson Passos Neves, Lysleine Alves Deus, Michel Kendy Souza, Anderson Sola Haro, Fernando Costa, Victor Lopes Silva, Claudio Avelino</p>	<p>2021</p>	<p>Ensayo controlado aleatorizado</p>	<p>141 pacientes fueron aleatorizados en tres grupos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Grupo control (n=47) que completaron las pruebas físicas iniciales, pero no participaron en ningún programa de entrenamiento físico. - Grupo entrenamiento de resistencia (n=50). Se evaluó la PA sistólica (PAS) 	<p>Después de 6 meses de ejercicio físico con y sin restricción de flujo sanguíneo en pacientes con ERC en estadio 2, observamos que ambas terapias de entrenamiento atenuaron la disminución de la TFG y mejoraron los parámetros urémicos. Los pacientes del grupo control mostraron una progresión significativa desde el estadio 2 de ERC a la etapa 3. La</p>

	Rodrigues Santos, Milton Rocha Moraes, Herbert Gustavo Simões, James Wilfred Navalta, Jonato Prestes, Thiago Santos Rosa			<p>- Grupo entrenamiento de resistencia con restricción de flujo sanguíneo (n=44). Se evaluó la PA sistólica (PAS), y se utilizó el 50% de restricción de PAS para prescribir ejercicio físico.</p> <p>Ambos grupos de tratamiento que realizaron entrenamiento físico tuvieron 6 meses de programación con ajuste de intensidad cada 2 meses.</p>	<p>inflamación se reguló en ambos grupos de entrenamiento por la disminución de las citoquinas proinflamatorias y el aumento de las citoquinas antiinflamatorias, y el eje FGF23-klotho mejoró en los pacientes que participaron en ambos modelos de ejercicio, con aumento de la concentración de klotho y disminución de FGF23.</p>
Plasma levels of microRNA in chronic kidney disease: patterns in acute and chronic exercise. (44)	Amaryllis H. Van Craenenbroeck, Kristien J. Ledeganck, Katrijn Van Ackeren, Angelika Jürgens, Vicky Y. Hoymans, Erik Fransen, Volker Adams, Benedicte Y. De Winter, Gert A. Verpooten, Christiaan J. Vrints, Marie M. Couttenye, Emeline M. Van Craenenbroeck	2015	Ensayo Controlado Aleatorizado	<p>Este estudio se realizó a partir de 40 pacientes ambulatorios con ERC en estadios 3 y 4, aleatorizados en un grupo control (n=21) que recibió atención habitual, y un grupo intervención (n=19) que realizó un programa de entrenamiento aeróbico de 12 semanas, basado en un protocolo de rampa individualizado, comenzando con 20 o 40 W y una carga incremental de 10 o 20 W/min para asegurar una duración óptima del ejercicio de 8-10 minutos.</p>	<p>Se observó una disminución de miR-146a, relacionándose con una mejor función renal (disminución del riesgo de lesión intersticial de riñón y de infiltración de células proinflamatorias). También un aumento de miR-125b, cuyos bajos niveles se relacionan con procesos de diferenciación osteoblástica de musculatura lisa vascular, produciendo calcificación de vasos. Por último, concluyeron que los mecanismos de adaptación a un estado hipóxico contribuyen a las adaptaciones beneficiosas inducidas por el ejercicio que subyacen al aumento de la capacidad aeróbica post-entrenamiento, causando efectos cardiovasculares positivos (aumento VO₂pico post entreno).</p>
Intradialytic exercise with blood flow				<p>Un total de 66 pacientes fueron aleatorizados en tres grupos. El grupo de control (n= 18) recibió la atención habitual</p>	<p>Entre los pacientes con enfermedad renal crónica, el ejercicio intradiálisis de intensidad baja/moderada con restricción</p>

<p>restriction is more effective than conventional exercise in improving walking endurance in hemodialysis patients: a randomized controlled trial (45)</p>	<p>Rodrigo Kohn Cardoso, Aline Machado Araujo, Fabrício Boscolo Del Vecchio, Maristela Bohlke, Franklin Correa Barcellos, Jean Pierre Osés, Matheus Pintanel de Freitas, Airton José Rombaldi</p>	<p>2019</p>	<p>Ensayo controlado aleatorizado</p>	<p>durante las 12 semanas del estudio. El grupo de ejercicio convencional (n= 20) comenzó el entrenamiento aeróbico de 12 semanas, utilizando un cicloergómetro. Y el grupo de ejercicios de restricción del flujo sanguíneo (n=18) realizó exactamente el mismo protocolo de ejercicio que los pacientes asignados al azar al grupo de ejercicios convencionales; la única diferencia fue que utilizaron una banda inflable de 6 cm de ancho alrededor de los muslos proximales, con el objetivo de reducir el flujo sanguíneo arterial en un 50%.</p>	<p>del flujo sanguíneo fue más eficaz para mejorar la resistencia a la marcha que el ejercicio convencional o la ausencia de ejercicio.</p>
<p>Agreement between cystatin-C and creatinine based eGFR estimates after a 12-month exercise intervention in patients with chronic kidney disease (46)</p>	<p>Kassia S Beetham, Erin J Howden, Nicole M Isbel, Jeff S Coombes</p>	<p>2018</p>	<p>Ensayo controlado aleatorizado</p>	<p>Este estudio incluyó a 142 sujetos con ERC en estadio 3-4. Los sujetos fueron aleatorizados en un grupo de control (n=68) con atención nefrológica estándar y un grupo de intervención en el estilo de vida (n=74) tratados por un equipo multidisciplinario. Los participantes del grupo intervención entrenaron durante 8 semanas, un mínimo de dos veces por semana con un fisiólogo del ejercicio en un entorno de gimnasio supervisado. El entrenamiento incorporó una combinación de ejercicios aeróbicos y de resistencia. Después de las 8 semanas de entrenamiento en el gimnasio, los</p>	<p>En comparación con el grupo Control, el grupo intervención tuvo mejoras significativas en el VO 2 pico y MET y un aumento casi significativo en el tiempo de caminata de 6 minutos. También hubo efectos significativos del tratamiento con el tiempo para levantarse y caminar, la actividad de intensidad moderada, el tiempo dedicado a caminar y la actividad total, de modo que el grupo de intervención demostró aumentos en estas variables. Los hallazgos de este estudio no encontraron diferencias en la concordancia entre las estimaciones de TFG de creatinina y cistatina-C después de una intervención de 12 meses.</p>

				<p>pacientes completaron un programa en el hogar durante 10 meses con sesiones regulares en el gimnasio y seguimiento regular por teléfono y correo electrónico. El programa en el hogar consistió en ejercicios de resistencia basados en una banda elástica y una pelota suiza proporcionadas, con un gran énfasis en el entrenamiento aeróbico.</p>	
<p>Acute effects of intradialytic aerobic exercise on solute removal, blood gases and oxidative stress in patients with chronic kidney disease. (47)</p>	<p>Joseane Böhm, Mariane Borba Monteiro, Francini Porcher Andrade, Francisco Veríssimo Veronese, Fernando Saldanha Thomé</p>	<p>2017</p>	<p>Ensayo controlado aleatorizado</p>	<p>Treinta pacientes con ERC clínicamente estable que se sometieron a hemodiálisis fueron aleatorizados en un grupo de intervención (n=15) que realizó ejercicio con un cicloergómetro acoplado a la silla de diálisis, y en un grupo de control (n=15) con atención clínica estandarizada. La intensidad del ejercicio se fijó entre el 60-70% de la frecuencia cardíaca máxima. La intervención se realizó al inicio de la segunda hora del tercer día semanal de hemodiálisis.</p>	<p>El ejercicio aeróbico intradiálisis aumentó la concentración sérica de fósforo y disminuyó la capacidad antioxidante total, revirtiendo la hipoxemia resultante de la hemodiálisis. El ejercicio intradiálisis no modificó el equilibrio ácido-base sanguíneo ni la eliminación de solutos. Además, aumentó la PO₂ y la Sat.O₂ post-ejercicio.</p>

5.4. SÍNTESIS DE RESULTADOS

Observando la metodología de los trabajos de investigación, el 64,64% de ellas presentan una muestra de pacientes menor a 67, mientras que el resto de estudios presentan una muestra que varía entre 141 y 160 pacientes, siendo el 36,36% del total. Los ensayos varían en la duración de tratamiento, entre las que se diferencian 8 semanas (46), 12 semanas (37-39,44,45), 16 semanas (40,41), 6 meses (43), 34 meses (42) y un último (47) en el que no se expone la duración del estudio. Mientras, en relación al tipo de ejercicio se observa como varios estudios (37,39,40,44,45,47) se decantan por un tratamiento basado en ejercicio aeróbico; por otro lado, se centran en ejercicio de resistencia muscular (42,43); o en ejercicio mixto (38,41,46), aplicando en una misma sesión ejercicio aeróbico y de resistencia. En cuanto a las sesiones de ejercicio semanales, varios artículos concuerdan en realizar 3 sesiones de ejercicio semanal (37-41,43,45), aun no existiendo un consenso entre el tipo y la duración del ejercicio; mientras que el resto de estudios varían entre 2 entrenamientos semanales (46), 1 entrenamiento semanal (47) y sesiones libres hasta completar el tiempo de ejercicio semanal estipulado (42,44).

En cuanto a la condición física cardiorrespiratoria, Danielle L. Kirkman et al (37), observaron un aumento en el VO_{2pico} , (de 17,89 a 19,98 ml/kg/min), al igual que Kassia S. Beetham et al (46), (de 23,2 a 24,9 ml/kg/min), y Danielle L. Kirkman et al (39), (de 17,89 a 19,98ml/kg/min); contemplando también un aumento del 8,3% del VO_{2max} en el estudio realizado por Samuel Headley et al (40). En relación a los METs, los estudios realizados por Kassia S. Beetham et al (42) y Amaryllis H. Van Craenenbroeck et al (44) demostraron como este aumenta 2,08 ml/kg/min y 5,82 ml/kg/min respectivamente, al igual que en el realizado por Kassia S. Beetham et al (46), donde esta medida aumentó desde 7,5 hasta 9,4 ml/kg/min. Por otra parte, Rodrigo Kohn Cardoso et al (45) encontraron un aumento en el test de 6 min/marcha, observando cambios tanto en el grupo de intervención con ejercicio aeróbico (+6,41 metros), como en el de restricción de flujo sanguíneo (70,26 metros); al igual que Kassia S. Beetham et al (46), que observaron en su estudio un aumento de 29,4 metros; además del llevado a cabo por Kassia S. Beetham et al (42), con un aumento de la distancia de caminata en 6 min del 5%. La saturación de O_2 resultó modificada en el estudio realizado por Joseane Böhm Mariane et al (47), aumentando desde 95,8% hasta

96,4%, y donde además se produjo un aumento de PO₂ (67,9-72,2 mmHg). Igualmente, Danielle L. Kirkman et al (37) observaron un incremento en el pulso de O₂ de 0,02 ml/latido.

Respecto a los componentes fisiológicos, Hugo Luca Correa et al (43) observaron en su estudio una disminución de la TFG, tanto en el grupo de intervención con ejercicio físico (de 65 a 62 ml/min), como en el de restricción de flujo (de 65 a 63 ml/min), también una disminución de la concentración de FGF23 de 275 a 255, de la TNF-alfa de 24 a 20 y de la IL-6, tanto en el grupo de ejercicio aeróbico (de 16 a 13 pg/ml) como en el grupo de restricción de flujo (de 16 a 15 pg/ml). Sin embargo, se valoró un aumento de la klotho de 100 pg/ml (de 500 a 600 pg/ml) y de IL-10, con un aumento en el grupo de ejercicio aeróbico de 5 a 8 pg/ml, y de 6 a 8,5 pg/ml en el grupo de restricción de flujo; asimismo, aumentó la IL-15 2 pg/ml (de 5 a 7), mientras que las interleucinas 17 y 18 disminuyeron 4 y 200 pg/ml respectivamente en el grupo de intervención con ejercicio aeróbico, y 3 y 300 pg/ml respectivamente en el grupo de ejercicio con restricción de flujo. Los parámetros urémicos se mantuvieron (creatinina 17 mg/dl) - (proteinuria 1,1 g/24h/1,73m²) - (cistatina C 1,15 mg/l) - (urea 60 mg/dl). Por otro lado, Franklin C Barcellos et al (41) encontraron una disminución de la PCR-hs (7,7-6,1 mg/l) y la glucosa en ayunas (105,2-94,3 mg/dl)

En relación a la actividad, Kassia S Beetham et al (46) exponen un aumento de la actividad total en 0,8 horas, al igual que Danielle L. Kirkman et al (39) que observan un aumento del tiempo de ejercicio en 75 segundos diarios; con un aumento de la carga de trabajo de 37 W expuesta por Amaryllis H. Van Craenenbroeck et al (44).

Referente a los datos relacionados con la función cardiovascular, Samuel Headley et al (40) observaron un aumento de la FC ambulatoria de 1,5 latidos/minuto (73,9 a 75,4), de la FC diurna de 1,7 latidos/minuto (75,5 a 77,2) y del pico de FC de 2,44 latidos/minuto (134,39 a 136,83). Al igual que Danielle L. Kirkman et al (39) encontraron un incremento de la respuesta dilatadora a la hiperemia reactiva del 1,04% (de 2,61 a 3,65%).

6. DISCUSIÓN

Con este trabajo, tras la búsqueda de diferentes artículos científicos y mediante la interpretación de los resultados, hemos tratado de verificar y analizar los efectos que tiene el ejercicio terapéutico sobre los pacientes con ERC. Nos centramos en observar los efectos descritos en los objetivos, como son el cardiovascular, cardiorrespiratorio, la relación con componentes fisiopatológicos como la urea, la creatinina, el fósforo (P), la TFG y el enfoque de un programa de ejercicio con restricción de flujo.

6.1 Efectos del ejercicio sobre los componentes fisiológicos relacionados con la ERC

El cambio de los datos asociados a los componentes fisiológicos nos puede dar una visión de cómo se comporta nuestro organismo, facilitando o dificultando el desarrollo de la enfermedad. En este trabajo se intentó valorar el efecto del ejercicio físico sobre estos aspectos, que nos pueden proporcionar datos acerca de la evolución del tratamiento, del diagnóstico, o de la enfermedad en sí, aportando información relacionada con los factores de riesgo asociados.

Uno de los componentes reconocidos como signo de enfermedad renal es la Tasa de Filtrado Glomerular (TFG), que se ve reducida en esta enfermedad, vinculado a una depuración de creatinina menor de lo normal. En los estudios presentados por Kassia S Beetham et al. (46) y Franklin C. Barcellos et al. (41) llegaron a la conclusión de que no existía diferencia significativa en cuanto a eGFR (Filtración Glomerular Estimada), mientras que, en el estudio de Hugo Luca Correa et al. (43) se observó cómo tanto a través del ejercicio físico de resistencia periodizado, como mediante ejercicio con restricción de flujo sanguíneo, se atenuaba la disminución de la TFG en mayor medida que en el grupo control, en los que la mayoría de individuos (70%) progresaron a la etapa 3 de la enfermedad. Esta diferencia de resultado en ambos estudios se puede dar por la diferente medición de filtrado, al ser la TFG bastante difícil de estimar.

A parte, pudimos observar en la revisión de este segundo estudio como ambos tipos de entrenamiento tenían efectos sobre el eje klotho-FGF23, produciendo un mantenimiento reducido del FGF23 (Factor de crecimiento fibroblástico 23), cuya

función es regular los niveles de fosfato plasmático y la expresión de los canales NPT2, disminuyendo la reabsorción de fósforo y aumentando la fosfaturia, asociándose su aumento a marcadores de disfunción renal. Mientras que, se observó un aumento de klotho (proteína antienvjecimiento), cuyo descenso produce procesos degenerativos asociados a ERC. También, Joseane Böhm et al. (47) concordaron con la disminución del fosfato intracelular, dado que notaron un aumento de la concentración sérica de este compuesto, debido al aumento de flujo sanguíneo vascular central y permeabilidad vascular, provocada por el ejercicio, que proporciona mayor área de intercambio entre compartimentos intracelular (donde encontramos el fósforo) e intravascular.

Franklin C. Barcellos et al. (41) percibieron en su estudio una diferencia significativa en cuanto a la glucemia en ayunas de los pacientes intervenidos con un programa de ejercicio, esta medida de concentración de glucosa en sangre se encontraba reducida, afirmando que el ejercicio puede reducir la resistencia a la insulina.

En cuanto a la inflamación, presente de forma crónica en los pacientes con esta enfermedad, Franklin C. Barcellos et al. (41) observaron un efecto positivo, además de Hugo Luca Correa et al. (43) que presenciaron también esta reducción después de 6 meses. Es importante este valor debido a que la inflamación es un mediador de desnutrición, y se relaciona con enfermedad cardiovascular, progresión de ERC y peor supervivencia.

En relación a los componentes urinarios, Danielle L. Kirkman et al. (39) determinaron que no existía una reducción en los F2-isoprostanos o isofuranos post-ejercicio, concluyendo que las concentraciones urinarias de estos marcadores de estrés oxidativo no necesariamente reflejan cambios sistémicos. Por otro lado, Hugo Luca Correa et al. (43) percibieron en su estudio un mantenimiento de la concentración de creatinina en orina (con un aumento en el grupo control), y un aumento de la concentración de urea en el estudio de Joseane Böhm et al. (47), disminuyendo como resultado su concentración en sangre lo que se relaciona con una mejor función renal. Sin embargo, en el artículo presentado por Alicia García Testal et al. (38), no hubo cambio en el rebote de moléculas nombradas anteriormente, al igual que no afectó al tiempo de diálisis de los pacientes.

En el estudio de Hugo Luca Correa et al. (43) se contemplan cambios relacionados con Interleucinas y el factor de necrosis tumoral (TNF- α). Observaron una reducción de TNF- α y de la IL-6 (asociada a TNF- α) en el grupo de entrenamiento de resistencia periodizado. En cuanto al resto de interleucinas se observó de forma significativa un aumento de IL-10 que produce aterosclerosis, y de la IL-15 que induce la proliferación de células del sistema inmunitario; una disminución de IL-17 (mayor en el grupo de ejercicio de resistencia que en el grupo de restricción de flujo sanguíneo) que participa en la regulación de la PA y en la génesis y mantenimiento de HTA, y de la IL-18 que es una citocina proinflamatoria cuya función es la activación de componentes del sistema inmunitario.

6.2 Efectos del ejercicio sobre la condición física cardiorrespiratoria

Reconocemos que la capacidad cardiorrespiratoria (CRF) es la competencia de los sistemas circulatorio y respiratorio para suministrar oxígeno a los músculos esqueléticos durante la actividad física sostenida. En la ERC los problemas asociados al sedentarismo producen efectos sobre esta, afectando a componentes tales como el VO₂pico, la saturación de O₂ y los METs.

El VO₂ pico está considerado como el indicador más fiable para determinar la condición física a nivel cardiovascular y respiratorio. En el artículo realizado por Danielle L. Kirkman et al. (37) se observó una mejora en este dato tras la intervención con ejercicio aeróbico, mientras que, no se observó una mejora en la función física en los usuarios del estudio, por lo que se correlacionó la mejora de datos en el VO₂ pico con la capacidad de realizar, de manera autónoma, AVD a nivel individual y social. Asimismo, Danielle L. Kirkman et al. (39), estableció una mejora en el VO₂ pico y VO₂ máx, asociado a un aumento en el tiempo, la intensidad y el índice de esfuerzo percibido (RPE) durante el ejercicio. A la vez que, Beetham KS et al. (42) apreció, también, una mejora en el VO₂ pico, alcanzando su máxima al año de tratamiento (+10,7%), mientras que se observó una disminución progresiva hasta el tercer año, pareciéndose en este a la observada en el momento de valoración, siendo, aun así, un mejor dato que en el grupo control, en el que disminuyó progresivamente desde el año de valoración.

En cuanto a los METs, Beetham KS et al. (42) encontraron una mejora en los METs en el grupo de ejercicio, con una mejora del 31,7%, determinado a partir de la velocidad y el grado de inclinación de la cinta rodante al finalizar la prueba de esfuerzo, mientras que, no se observó ninguna variación en el grupo control. Asimismo, en el ensayo de Beetham KS et al. (46), se especifica un incremento de los METs en 2,9 ml/kg/min, al igual que en el estudio de Van Craenenbroeck AH et al. (44), en el que se describe un aumento en los METs de 5,82 ml/kg/min, con un aumento a su vez de la carga máxima de trabajo, aumentando 37 W en la carga. Por otro lado, Danielle L. Kirkman et al. (37) contempló un aumento medio de 2,09 ml/kg/min en el VO₂máx en este estudio, justo por debajo del cambio mínimo clínicamente importante de 2,8 ml/kg/min que se informó previamente para pacientes con ERC.

Con respecto a la saturación de O₂, Joseane Bohm et al (47) encontraron beneficios en cuanto a capacidad aeróbica, ya que se observó un aumento significativo en la presión parcial de oxígeno post-ejercicio y un aumento en la saturación de oxígeno en el grupo de intervención. Además, Samuel Headly et al. (40), demostraron que el entrenamiento con ejercicios condujo a un aumento de la capacidad aeróbica y una modificación del tiempo en la prueba de esfuerzo cardiopulmonar.

Por otra parte, en el estudio realizado por Danielle L. Kirkman et al (37), a través del entrenamiento físico, en concreto ejercicios aeróbicos, se observó una tendencia hacia una mejora en OUES (pendientes de eficiencia de consumo de oxígeno), sin embargo, no resultó significativo. Además, se encontró una mayor producción de CO₂ post-ejercicio, asociado a mayor cantidad de trabajo y una menor PeCO₂ en reposo, traduciéndose en una menor cantidad de CO₂ residual en los alvéolos. Por otro lado, en relación a la ventilación, las pendientes PeCO₂, VE/VCO₂ y VE/VO₂ no sugieren mejoras relacionadas con el ejercicio en lo asociado a la ventilación-perfusión (V/Q).

6.3 Efectos del ejercicio sobre las funciones cardiovasculares

Los pacientes con deterioro progresivo de la función renal tienen asociados factores de riesgo cardiovascular, lo que explica en cierta medida el aumento de la morbimortalidad observada. Por ello, el estudio de estas funciones puede resultar útil para tener en cuenta en el tratamiento de la enfermedad.

La función autonómica del corazón se asocia a las funciones del cuerpo que son reguladas sin consciencia de ellas. Referido a estas, Danielle L. Kirkman et al. (37) observaron que no existía respuesta en cuanto a FC (máxima y tras recuperación) y la PA, al igual que el artículo presentado por Samuel Headly et al. (40), en el que no se observaron cambios en la FC máxima y la PA tras una prueba de esfuerzo. Estos datos nos permiten valorar la capacidad de adaptación al ejercicio del corazón, al ser capaz de bombear sangre con menor esfuerzo, y las arterias, reduciendo la fuerza ejercida sobre estas tras el bombeo del corazón.

Asimismo, la PA, el pulso control y la velocidad de onda del pulso arterial no se vieron afectadas tras el ejercicio físico en el estudio de Danielle L. Kirkman et al. (39); datos que también se aprecian en el artículo llevado a cabo por Kassia S. Beetham et al. (42), en la que, además, no se observaron cambios en la inflamación medida a través de la Proteína C reactiva (PCR), una proteína que sirve para determinar el inicio de una inflamación que se está produciendo en el organismo.

Danielle L. Kirkman et al (39), a través del estudio llevado a cabo, observó que no hubo diferencia en el CVC (conductancia vascular cutánea) basal entre los grupos a lo largo del tiempo, lo que sugiere que no hay diferencias ni cambios en el flujo sanguíneo cutáneo en reposo. Por otra parte, la respuesta máxima inicial al calentamiento local entre los grupos no varió a lo largo del tiempo, lo que indica que el ejercicio no afectó al reflejo del flujo sanguíneo de la piel predominantemente mediado por axones al calentamiento local. Sin embargo, la respuesta de meseta al calentamiento local mejoró en el grupo intervención, lo que indica que el ejercicio mejoró la función microvascular. También, se apreció en este artículo como el ejercicio actúa sobre el endotelio, regulando el flujo sanguíneo sistémico y la perfusión tisular mediante cambios en el diámetro y el tono de los vasos, manteniendo su función en las arterias conductoras.

6.4 Diferencias entre los efectos producidos por ejercicio aeróbico y ejercicio con restricción de flujo

La variación de los efectos que produce el ejercicio con restricción de flujo respecto al ejercicio aeróbico estandarizado se centra en el estrés metabólico ejercido por la

mayor hipoxia que se produce en este tipo de ejercicio, produciendo a su vez una mayor capacidad funcional.

Hugo Luca Correa et al. (43) estudiaron en su artículo como ambos tipos de ejercicio presentaban una evolución significativa en la mayoría de los componentes estudiados, como son: la disminución de la TFG y [creatinina] en orina, mantenimiento de cistatina C y urea. Esto nos lleva a pensar que el efecto producido por ambos ejercicios es bastante similar. Mientras que, si relacionamos estos con la calidad de vida y la capacidad funcional de los usuarios Rodrigo Kohn Cardoso et al. (45) examinaron en su estudio como el grupo intervención con restricción de flujo aumentó la distancia en el test 6 min/marcha, que está asociado, de forma inversamente proporcional, a discapacidad y mortalidad, mientras que el grupo control y ejercicio estandarizado no presentaron mejoras significativas.

Además, en estos estudios se observa una gran adherencia al ejercicio con restricción de flujo, en caso de Rodrigo Kohn Cardoso et al. (45) similar, mientras que en el estudio de Hugo Luca Correa et al. (43) hubo una mayor adherencia en el grupo de ejercicio con restricción de flujo y, teniendo en cuenta la diferencia de intensidad de ejercicio en el primer estudio (intensidad baja/moderada grupo ejercicio con restricción de flujo; intensidad moderada/vigorosa grupo ejercicio estandarizado), se observan los mismos beneficios sin necesidad de una intensidad tan alta que sea capaz de producir, a la vez que efectos beneficiosos, efectos negativos como fatiga. Por otro lado, en el estudio de Rodrigo Kohn Cardoso et al. (45) se realizó ejercicio de misma intensidad (baja/moderada) y se observaron diferencias a favor del ejercicio con restricción de flujo.

7. CONCLUSIONES

Tras analizar los estudios revisados sobre los efectos del ejercicio físico en la Enfermedad Renal Crónica, concluimos que:

- El ejercicio produce mejoras en la función renal y en los procesos degenerativos asociados a la ERC, incluyendo una reducción en la inflamación crónica asociada a esta enfermedad. No podemos obtener conclusiones sobre la magnitud de

la disminución de la Tasa de Filtración Glomerular, por diferencias metodológicas en el procedimiento de medida.

- El ejercicio aeróbico mejoró la condición física cardiorrespiratoria evaluada como un incremento del VO₂ pico; con un aumento significativo en la presión parcial y la saturación de oxígeno. Aunque se apreció un aumento en los METs alcanzados tras una prueba de esfuerzo, no se puede concluir que sea significativo por no llegar al umbral mínimo clínicamente recomendable.

- Respecto a las funciones cardiovasculares, el ejercicio físico aeróbico mejoró la función microvascular y endotelial; permaneciendo estables la Frecuencia Cardíaca y Presión Arterial. El ejercicio no afectó a la microcirculación cutánea y al flujo sanguíneo de la piel. También se observaron efectos en la función endotelial de las arterias, produciendo beneficios sobre el flujo, el tono y la perfusión de estos vasos.

- En el ejercicio con restricción de flujo, se observaron mejoras similares a programas de ejercicio estandarizado en cuanto a parámetros fisiopatológicos relacionados con la ERC (urea, creatinina, cistatina-C,). También mejoró los resultados de la prueba de 6 min/marcha. En este tipo de ejercicio los pacientes presentaron una mayor adherencia asociada a una menor intensidad y ausencia de fatiga.

- Globalmente, podemos concluir que el ejercicio físico en pacientes con ERC produce efectos beneficiosos sobre los componentes fisiopatológicos relacionados con esta enfermedad, la condición física cardiorrespiratoria y las funciones vasculares. Al igual que, el ejercicio con restricción de flujo puede servir como terapia coadyuvante de esta enfermedad.

8. LIMITACIONES DEL ESTUDIO

A pesar de realizar una revisión minuciosa hemos de reconocer que nuestro trabajo no está exento de limitaciones. Por tratarse de un tema tan específico, tuvimos bastantes dificultades para encontrar estudios que nos ofrecieran información fiable.

Al excluir trabajos con pacientes menores de 18 años, desestimamos, probablemente, resultados de interés y/o artículos relevantes. Hemos de reconocer que, al no disponer del texto completo en algunos artículos, no pudimos analizar trabajos de potencial interés. Por último, al no coincidir los programas de ejercicio aplicados a los pacientes de ERC y la diversidad de parámetros fisiopatológicos analizados,

encontramos dificultades para diseñar protocolos de ejercicio en la práctica clínica diaria con estos pacientes.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Lorenzo Sellares V, Luis Rodríguez D. Enfermedad Renal Crónica. Nefrología al día [Internet]. 2022. [Consultado el día 17 de enero de 2022]. Disponible en: <https://www.nefrologiaaldia.org/136>
2. Lorenzo Sellares V. Consulta de enfermedad renal crónica avanzada. Experiencia de 12 años. Nefrología [Internet]. 2007. [Consultado el día 17 de enero de 2022]; 27 (4): 425-433. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17944579/>
3. Martínez-Castelao A, Górriz JL, Segura-de la Morena J, Cebollada J, et al. Consensus document for the detection and management of chronic kidney disease. Nefrología [Internet]. 2014. [Consultado el día 17 de enero de 2022]; 34 (2): 243-262. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24658201/>
4. Nixon AC, Bampouras TM, Gooch HJ, et al. The EX-FRAIL CKD trial: a study protocol for a pilot randomised controlled trial of a home-based EXercise programme for pre-frail and FRAIL, older adults with Chronic Kidney Disease. BMJ Open [Internet]. 2020. [Consultado el día 17 de enero de 2022]; 10 (6). Disponible en: <https://bmjopen.bmj.com/content/10/6/e035344.info>
5. Martínez-Castelao A, Górriz JL, Segura-de la Morena J, Cebollada J, Escalada J, Esmatjes E, et al. Consensus document for the detection and management of chronic kidney disease. Nefrología [Internet]. 2014. [Consultado el día 17 de enero de 2022]; 34 (2): 243-262. Disponible en: <https://revistanefrologia.com/es-documento-consenso-deteccion-manejo-enfermedad-renal-cronica-articulo-X0211699514053919>
6. Vilaguta G, Ferrera M, Rajmilb L, et al. El Cuestionario de Salud SF-36 español: una década de experiencia y nuevos desarrollos. Gac Sanit [Internet]. 2005. [Consultado el día 17 de enero de 2022]; 19 (2): 135-150. Disponible en <https://scielo.isciii.es/pdf/gsv/v19n2/revision1.pdf>
7. Greenwood SA, Koufaki P, Macdonald JH, Bulley C, Bhandari S, et al. Exercise programme to improve quality of life for patients with end-stage kidney disease receiving haemodialysis: the PEDAL RCT. Health Technol Assess [Internet]. 2021. [Consultado el día 17 de enero de 2022]; 25 (40): 1-52. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34156335/>
8. Directrices de la OMS sobre actividad física y hábitos sedentarios: de un vistazo [WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour: at a glance]. Ginebra: Organización Mundial de la Salud [Internet]. 2020. [Consultado el día 4 de febrero de 2022] Disponible en: https://www.aeped.es/sites/default/files/documentos/oms_-_2020_-_directrices_de_la_oms_sobre_actividad_fisica_y_habitos_sedentarios-6_18_anos.pdf

9. Hellberg M, Höglund P, Svensson P, Clyne N. Comparing effects of 4 months of two self-administered exercise training programs on physical performance in patients with chronic kidney disease: RENEXC - A randomized controlled trial. *PLoS One* [Internet]. 2018. [Consultado el día 4 de febrero de 2022]; 13(12). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30571753/>
10. Nakamura K, Sasaki T, Yamamoto S, Hayashi H, Ako S, Tanaka Y. Effects of exercise on kidney and physical function in patients with non-dialysis chronic kidney disease: a systematic review and meta-analysis. *Sci Rep* [Internet]. 2020.[Consultado el día 4 de febrero de 2022]; 10(1). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33097801/>
11. Trejo Trejo M, Pineda Espejel H, Villalobos Molina R, et al. Efecto del ejercicio agudo sobre el filtrado glomerular en el anciano. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte* [Internet]. 2020. [Consultado el día 17 de febrero de 2022]; 20 (78): 289-298. Disponible en: <https://web.s.ebscohost.com/abstract?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=15770354&AN=143750235&h=1%2f%2b9kerEF4497jsCf8tDNCgNzNo7UvJp9qtaZDZ%2bQ5y8t%2fO1jzkvm%2fpoxhh9K4JckaS5bW%2b%2buV%2f2AY6dY71EcQ%3d%3d&crl=c&resultNs=AdminWebAuth&resultLocal=ErrCrlNotAuth&crlhashurl=login.aspx%3fdirect%3dtrue%26profile%3dehost%26scope%3dsite%26authtype%3dcrawler%26jrnl%3d15770354%26AN%3d143750235>
12. Bustos-Guadaño Fernando, Martín-Calderón José Luis, Criado-Álvarez Juan José, Muñoz-Jara Raquel, Cantalejo-Gutiérrez Adolfo, Mena-Moreno María Concepción. Estimación del filtrado glomerular en personas mayores de 85 años: comparación de las ecuaciones CKD-EPI, MDRD-IDMS y BIS1. *Nefrología* [Internet]. 2017. [Consultado el día 19 de febrero de 2022]; 37 (2): 172-180. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0211-69952017000200172
13. Farquhar, W. B., & Kenney, W. L. Age and renal prostaglandin inhibition during exercise and heat stress. *Journal of Applied Physiology* [Internet]. 1999. [Consultado el día 19 de febrero de 2022]; 86(61): 1936-1943. Disponible en: <https://doi.org/10.1152/jappl.1999.86.6.1936>
14. Hawkins, M. S, Sevick, M. A., Richardson, C. R, Fried, L. F, Arena, V. C, & Kriska, A. M. Association between physical activity and kidney function: national health and nutrition examination survey. *Medicine and science in sports and exercise* [Internet]. 2011. [Consultado el día 21 de febrero de 2022]; 43(8): 1457-1464. Disponible en: <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31820c0130>
15. Amstrong S. Psychological maladjustment in renal Dialysis Patients. *Psychosomatic Medicine* [Internet]. 1978. [Consultado el día 4 de marzo de

- 2022]; 19(3): 169–171. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S003331827871008X>
16. De-Nour A.K. Social adjustment of chronic dialysis patients. *Am. J. Psychiatry* [Internet]. 1982. [Consultado el día 4 de marzo de 2022]; 139 (1): 97–103. Disponible en: Social adjustment of chronic dialysis patients. - PsycNET (apa.org)
 17. Goldberg A.P, Hagberg J, Delmez J.A, Carney R.M, McKeivitt P.M, Ehsani A.A, Harter H.R. The Metabolic and psychological effects of exercise training in hemodialysis patients. *The American Journal of Clinical Nutrition* [Internet]. 1980. [Consultado el día 8 de marzo de 2022]; 33 (7): 1620–1628. Disponible en: metabolic and psychological effects of exercise training in hemodialysis patients | The American Journal of Clinical Nutrition | Oxford Academic (oup.com)
 18. Shalom R, Blumental J.A, William S, McMurray R.G, Dennis V.W. Feasibility and benefits of exercise training in patients on maintenance dialysis. *Kidney International* [Internet]. 1984. [Consultado el día 8 de marzo de 2022]; 25 (6): 958–963. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0085253815332269>
 19. Kouidi E, Iacovides A, Iordanidis P, Vassiliou S, Deligiannis A, Ierodiakonou C, Tourkantonis A. Exercise renal rehabilitation program: psychosocial effects. *Nephron* [Internet]. 1997. [Consultado el día 8 de marzo de 2022]; 77 (2): 152–158. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9346380/>
 20. Suh MR, Jung HH, Kim SB, Park JS, Yang WS. Effects of regular exercise on anxiety, depression, and quality of life in maintenace hemodialysis patients. *Renal Failure* [Internet]. 2002. [Consultado el día 14 de marzo de 2022]; 24 (3): 337-345. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1081/jdi-120005367>
 21. Goldberg A.P, Geltman E.M, Hagberg J.M, Gavin J.R, 3rd, Delmez J.A, Carney R.M, Naumowicz A, Oldfield M.H, Harter H.R. Therapeutic benefits of exercise raining for hemodialysis patients. *Kidney International* [Internet]. 1983. [Consultado el día 14 de marzo de 2022]; 16: 303-309. Disponible en: <https://europepmc.org/article/med/6588267>
 22. Takhreem M. The effectiveness of intradialytic exercise prescription on quality of life in patients with chronic kidney disease. *Medscape J Med* [Internet]. 2008. [Consultado el día 27 de marzo de 2022]; 10 (10): 226. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19099020/>
 23. Qiu Z, Zheng K, Zhang H, Feng J, Wang L, Zhou H. Physical exercise and patients with chronic renal failure: a meta-analysis. *BioMed Res Int* [Internet]. 2017. [Consultado el día 27 de marzo de 2022]; 1-8. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28316986/>

24. Andrassy K.M. Comments on ‘KDIGO 2012 clinical practice guideline for the evaluation and management of chronic kidney disease’. *Kidney international* [Internet]. 2013. [Consultado el día 27 de marzo de 2022]; 84 (2): 622–623. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23989362/>
25. Vanden Wyngaert K, Van Craenenbroeck A.H, Van Biesen W, Dhondt A, Tanghe A, Van Ginckel A, Celie B, Calders P. The effects of aerobic exercise on eGFR, blood pressure and VO₂peak in patients with chronic kidney disease stages 3–4: A systematic review and meta-analysis. *PLoS ONE* [Internet]. 2018. [Consultado el día 27 de marzo de 2022]; 11(9). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30204785/>
26. Silva L.C, Marinho P.E.M. Knowledge among nephrologists about the importance of exercise in the intradialytic period. *J Phys Ther Sci* [Internet]. 2015. [Consultado el día 27 de marzo de 2022]; 27 (9): 2991-2994. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26504342/>
27. Clarke A.L, Jhamb M, Bennett P.N. Barriers and facilitators for engagement and implementation of exercise in end-stage kidney disease: Future theory-based interventions using the Behavior Change Wheel. *Semin Dial* [Internet]. 2019. [Consultado el día 27 de marzo de 2022]; 32 (4): 308-319. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30937975/>
28. Capitaninia A, Langeb S, D’Alessandro C, Salottib E, Tavolaroa A, Barontic M.E, Giannesec D, Cupistic A. Dialysis exercise team: the way to sustain exercise programs in hemodialysis patients. *Kidney Blood Press Res* [Internet]. 2014. [Consultado el día 27 de marzo de 2022]; 39 (2-3):129-133. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25117740/>
29. Delgado C., Johansen K.L. Deficient Counseling on Physical Activity among Nephrologists. *Nephron Clin* [Internet]. 2010. [Consultado el día 27 de marzo de 2022]; 116 (4): 330–336. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20664289/>
30. Aucella F, Battaglia Y, Bellizzi V, Bolignano D, Capitanini A, Cupisti A. Physical exercise programs in CKD: lights, shades and perspectives [corrected]. *J Nephrol* [Internet]. 2015. [Consultado el día 27 de marzo de 2022]; 28 (2): 143–150. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25644550/>
31. Wang V, Diamantidis CJ, Wylie J, Greer RC. Minding the gap and overlap: A literature review of fragmentation of primary care for chronic dialysis patients. *BMC Nephrol* [Internet]. 2017.[Consultado el día 2 de abril de 2022];18 (1). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28851313/>
32. Diamantidis CJ, Powe NR, Jaar BG, Greer RC, Troll MU, Boulware LE. Primary care-specialist collaboration in the care of patients with chronic kidney disease. *Clin J Am Soc Nephrol* [Internet]. 2011. [Consultado el día 2 de abril

- de 2022]; 6 (2): 334–343. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21212420/>
33. Martínez-Majolero V, Urosa B, Hernández-Sánchez S. Physical Exercise in People with Chronic Kidney Disease-Practices and Perception of the Knowledge of Health Professionals and Physical Activity and Sport Science Professionals about Their Prescription. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2022. [Consultado el día 2 de abril de 2022]; 19 (2): 656. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35055478/>
 34. Greenwood SA, Koufaki P, Macdonald J, Bhandari S, Burton J, Dasgupta I, Farrington K, Ford I, Kalra PA, Kean S, Kumwenda M, et al. The PrEscription of intraDialytic exercise to improve quALity of Life in patients with chronic kidney disease trial: study design and baseline data for a multicentre randomized controlled trial. *Clin Kidney J* [Internet]. 2020. [Consultado el día 2 de abril de 2022]; 14 (5): 1345-1355. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33959264/>
 35. Ammirati AL. Chronic Kidney Disease. *Revista da Associação Médica Brasileira* [Internet]. 2020. [Consultado el día 13 de abril de 2022]; 66 (1): 03-09. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/ramb/a/MSYFJQpZVgQdc69PGyqN3TS/?lang=en>
 36. Gummidi B, John O, John R, Chatterjee S, Jha A, Ghosh A, Jha V. Catastrophic Health Expenditure and Distress Financing Among Patients With Nondialysis Chronic Kidney Disease in Uddanam, India. *Kidney International Reports* [Internet]. 2022. [Consultado el día 13 de abril de 2022]; 7 (2). Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8820977/>
 37. Kirkman DL, Ramick MG, Muth BJ, Stock JM, Townsend RR, Edwards DG. A randomized trial of aerobic exercise in chronic kidney disease: Evidence for blunted cardiopulmonary adaptations. *Ann Phys Rehabil Med* [Internet]. 2021. [Consultado el día 19 de abril de 2022]; 64 (6): 101469. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33316435/>
 38. García Testal A., García Maset R, Hervás Marín D, Pérez-Domínguez B, Royo Maicas P, et al. Influence of Physical Exercise on the Dialytic Adequacy Parameters of Patients on Hemodialysis. *Ther Apher Dial* [Internet]. 2018. [Consultado el día 19 de abril de 2022]; 23 (2): 160-166. Disponible en: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1744-9987.12762?casa_token=hkeZmarR0OAAAAAA%3AGYmgXj-KG5tVyPrc0f0yoNTenIYrCkMF1JLpJ_SJmwrClhzxr-3PPdRhIQxAtK42y9k22v97YO4mFQ
 39. Kirkman DL, Ramick MG, Muth BJ, Stock JM, Pohlig RT, Townsend RR, Edwards DG. Effects of aerobic exercise on vascular function in nondialysis chronic kidney disease: a randomized controlled trial. *Am J Physiol Renal Physiol* [Internet]. 2019. [Consultado el día 25 de abril de 2022]; 316 (5): 898-905. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30810061/>

40. Headley S, Germain M, Wood R, Joubert J, Milch C, Evans E, Cornelius A, Brewer B, Taylor B, Pescatello LS. Blood pressure response to acute and chronic exercise in chronic kidney disease. *Nephrology (Carlton)* [Internet]. 2017. [Consultado el día 25 de abril de 2022]; 22 (1): 72-78. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26786187>
41. Barcellos FC, Del Vecchio FB, Reges A, Mielke G, Santos IS, Umpierre D, Bohlke M, Hallal PC. Exercise in patients with hypertension and chronic kidney disease: a randomized controlled trial. *J Hum Hypertens* [Internet]. 2018. [Consultado el día 25 de abril de 2022]; 32 (6): 397-407. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29615792/>
42. Beetham KS, Krishnasamy R, Stanton T, Sacre JW, Douglas B, Isbel NM, Coombes JS, Howden EJ. Effect of a 3-Year Lifestyle Intervention in Patients with Chronic Kidney Disease: A Randomized Clinical Trial. *J Am Soc Nephrol* [Internet]. 2022. [Consultado el día 27 de abril de 2022]; 33 (2): 431-441. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34893535/>
43. Corrêa HL, Neves RVP, Deus LA, Souza MK, Haro AS, Costa F, Silva VL, Santos CAR, Moraes MR, Simões HG, Navalta JW, Prestes J, Rosa TS. Blood Flow Restriction Training Blunts Chronic Kidney Disease Progression in Humans. *Med Sci Sports Exerc* [Internet]. 2021. [Consultado el día 6 de mayo de 2022]; 53 (2): 249-257. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32826635/>
44. Van Craenenbroeck AH, Ledeganck KJ, Van Ackeren K, Jürgens A, Hoymans VY, Fransen E, Adams V, De Winter BY, Verpooten GA, Vrints CJ, Couttenye MM, Van Craenenbroeck EM. Plasma levels of microRNA in chronic kidney disease: patterns in acute and chronic exercise. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* [Internet]. 2015. [Consultado el día 6 de mayo de 2022]; 309 (12): 2008-2016. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26475583/>
45. Cardoso RK, Araujo AM, Del Vecchio FB, Bohlke M, Barcellos FC, Osés JP, de Freitas MP, Rombaldi AJ. Intradialytic exercise with blood flow restriction is more effective than conventional exercise in improving walking endurance in hemodialysis patients: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil* [Internet]. 2020. [Consultado el día 6 de mayo de 2022]; 34 (1): 91-98. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31603002/>
46. Beetham KS, Howden EJ, Isbel NM, Coombes JS. Agreement between cystatin-C and creatinine based eGFR estimates after a 12-month exercise intervention in patients with chronic kidney disease. *BMC Nephrol* [Internet]. 2018. [Consultado el día 7 de mayo de 2022]; 19 (1): 366. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30563479/>
47. Böhm J, Monteiro MB, Andrade FP, Veronese FV, Thomé FS. Acute effects of intradialytic aerobic exercise on solute removal, blood gases and oxidative stress in patients with chronic kidney disease. *J Bras Nefrol* [Internet]. 2017.

[Consultado el día 7 de mayo de 2022]; 39 (2): 172-180. Disponible en:
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28489182/>