

Original

Eficacia y seguridad de un programa de ejercicio físico intradiálisis

Anna Yuguero-Ortiz^{a,*}, Miquel Gomez^a, Marta Arias-Guillén^a, Raquel Ojeda^a, Néstor Fontseré^a, Lida Rodas^a, José Jesús Broseta^a, Manel Vera^a, Sonsoles Hernandez-Sanchez^{b,c} y Francisco Maduell^a

^a Diàlisi i Recerca Aplicada Clínic (DIRAC), Servicio de Nefrología y Trasplante Renal, Hospital Clínic de Barcelona, Barcelona, España

^b Department of Physical and Sports Education, School of Sports Science, PROMoting FITness and Health through Physical Activity Research Group (PROFITH), Sport and Health University Research Institute (iMUDS), University of Granada, Granada, España

^c Performance and Sport Rehabilitation Laboratory, Faculty of Sport Sciences, University of Castilla-La Mancha, Toledo, España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 3 de febrero de 2020

Aceptado el 3 de diciembre de 2020

On-line el 19 de abril de 2021

Palabras clave:

Ejercicio físico intradiálisis
Capacidad cardiorrespiratoria
Fuerza muscular
Rellenado vascular

R E S U M E N

Introducción: Los pacientes en hemodiálisis (HD) suelen tener una condición física mermada y elevado sedentarismo. La consolidación de programas de ejercicio físico en las unidades de diálisis está limitada por barreras como la seguridad inherente a estos programas y la falta de recursos.

Objetivos: Evaluar la eficacia y seguridad en la implantación de un programa de ejercicio físico intradiálisis (EFI) sobre la condición física de los pacientes con un equipo multidisciplinar (fisioterapeuta y auxiliares de enfermería).

Material y métodos: Estudio cuasiexperimental pre-post unicéntrico prospectivo de 6 meses en 34 pacientes. Intervención con EFI combinado 2 días a la semana, evaluándose de forma basal y final la capacidad cardiorrespiratoria (6MWT), fuerza muscular (HG, dinamometría de cuádriceps y 10STS), la composición corporal (bioimpedanciometría) y la capacidad coordinativa (Timed Up and Go test). La seguridad se valoró registrando las incidencias relacionadas con el acceso vascular, la estabilidad hemodinámica y el perfil de relleno vascular (RBV) durante las sesiones. También se registró la adherencia al programa así como parámetros analíticos habituales.

Resultados: La adherencia al programa de EFI fue elevada (70,8%). Se constató una mejora significativa de 47 m ($p < 0,001$) en el 6MWT; un incremento medio de 1,6 kg ($p = 0,007$) en el HG para la fuerza de extremidades superiores y en las extremidades inferiores (10STS $p = 0,003$; dinamometría $p < 0,05$). Respecto a la seguridad, no se detectaron incidencias ni diferencias significativas en el RBV.

Conclusiones: Un programa de EFI combinado favorece la mejora de la condición física de los pacientes en HD sin comprometer la seguridad del tratamiento. Es aconsejable un equipo multidisciplinar para implantar y dar continuidad eficazmente a un programa de EFI.

© 2021 Sociedad Española de Nefrología. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: ayuguero@clinic.cat (A. Yuguero-Ortiz).

<https://doi.org/10.1016/j.nefro.2020.12.014>

0211-6995/© 2021 Sociedad Española de Nefrología. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Impact and safety outcomes of an intradialytic physical exercise program

A B S T R A C T

Keywords:

Intradialytic physical exercise program
Cardiopulmonary capacity
Muscular strength
Vascular refilling profile

Introduction: Patients undergoing hemodialysis (HD) are characterized by a poor physical condition and a substantial sedentary profile. The implementation of physical exercise programs in the hemodialysis units is usually limited by the inherent safeness and the lack of appropriate resources.

Objectives: We aimed to evaluate the impact and safety outcomes of the implementation of an intradialytic physical exercise program (IPE) by a multidisciplinary team (physiotherapist and nursing assistant) in the physical condition of the patients.

Material and methods: This six months single-centre and experimental pre-post prospective study was carried out in 34 patients. A two day-week combined IPE intervention was implemented. The cardiopulmonary capacity (6MWT), muscular strength (HG, leg dynamometry and 10STS), body composition (bioimpedance) and coordination capacity (Timed Up and Go test) was assessed at the beginning and at the end of the study. Safety was evaluated by means of the number of issues regarding the vascular access, the hemodynamic stability as well as the vascular refilling profile (RBV) in each session. The adherence to the program was also registered. Additionally, analytical parameters were recorded.

Results: The adherence to an IPE program was high (70.8%). A significant improvement of the cardiopulmonary capacity (6MWT average increase 47 m; $p < 0.001$), superior limbs (HG average increase of 1.6 kg; $p = 0.007$) as well as the lower extremities (10STS; $p = 0.003$; dynamometry $p < 0.05$). Regarding safeness, there were no incidences neither significant difference in the RBV.

Conclusions: A combined IPE may contribute to the improvement of the physical condition of the patients as well as ensures a safe development of the HD treatment. We suggest a multidisciplinary team in order to efficiently establish an IPE program.

© 2021 Sociedad Española de Nefrología. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Introducción

Actualmente la enfermedad renal crónica está afectando a uno de cada 7 adultos en España, de los cuales un 40% precisa tratamiento renal sustitutivo (TRS) mediante hemodiálisis (HD). En la última década, la patología renal ha aumentado un 20% debido, principalmente, al envejecimiento de la población y a los cambios en el estilo de vida¹. Este informe describe una población que realiza HD cada vez más envejecida y que en un porcentaje muy elevado es pluripatológica y con una elevada inactividad física y comportamiento sedentario.

Estos pacientes, debido a las consecuencias de la propia insuficiencia renal, del TRS y a su avanzada edad, presentan una disminución de su condición física que se manifiesta con una capacidad cardiorrespiratoria reducida, pudiendo llegar a estar alrededor de un 60-65%^{2,3} por debajo de la población homóloga sana, junto con una masa y fuerza muscular disminuidas. También muestran una mayor dificultad en el desarrollo de las actividades de la vida diaria. Esta situación provoca que el paciente en HD tienda a una mayor inactividad e incremente su comportamiento sedentario, que se ve potenciado por las características del tratamiento que reciben. Además, la condición física de los pacientes en HD se va deteriorando conforme avanza la permanencia en HD al mismo tiempo que el nivel de actividad física también tiende a disminuir, reduciendo la supervivencia de aquellos más sedentarios³.

Diferentes factores como una condición física mermada, pluripatología, edad avanzada y un incremento del comportamiento sedentario se traducen en un aumento del riesgo cardiovascular, contribuyendo todo ello a la principal causa de muerte de los pacientes con insuficiencia renal crónica.

Desde principios de la década de 1980, países como Estados Unidos comenzaron a implantar programas de ejercicio físico durante la sesión de HD. A pesar de las evidencias científicas existentes en cuanto a los beneficios que comporta tanto a nivel funcional, fisiológico como psicológico, estos programas no se están instaurando de manera generalizada ni están a la par de las recomendaciones dietético-nutricionales.

El ejercicio realizado en estudios con pacientes en HD es principalmente de tipo aeróbico o combinado (aeróbico y fuerza muscular), aunque en la actualidad se está constatando la importancia del trabajo de fuerza debido a los cambios, en estructura y en función, que experimenta la musculatura de estos pacientes⁴.

Las intervenciones con ejercicio físico sobre los pacientes en HD suelen ser de dos modalidades diferentes: intradiálisis, ejecutada al mismo tiempo que la sesión de HD, e interdiálisis o ambulatoria, llevada a cabo fuera de la sesión de HD ya sea dirigida por un profesional o por el mismo paciente en su domicilio bajo unas pautas previas. Ambas modalidades se asocian a una mejora de la capacidad cardiorrespiratoria y de la fuerza muscular, si bien diferentes estudios exponen que la modalidad intradiálisis asegura una mayor adherencia y seguridad de estos programas^{5,6}.

El objetivo de nuestro estudio es evaluar la eficacia de la implantación de un programa de ejercicio físico combinado intradiálisis por un equipo multidisciplinar sobre la condición física así como confirmar la seguridad de esta intervención durante la sesión de HD.

Material y métodos

Diseño

Estudio cuasiexperimental pre-post unicéntrico prospectivo de 6 meses de duración aprobado por el Comité de Ética de nuestro hospital y realizado de acuerdo con las normas de la Declaración de Helsinki.

Sujetos

Se procedió al reclutamiento de pacientes del centro de diálisis Dirac (Diàlisi i Recerca Aplicada Clínic), centro de HD ambulatoria del Hospital Clínic de Barcelona.

La selección de pacientes se hizo bajo los siguientes criterios de inclusión: ser mayor de 18 años, llevar un mínimo de 3 meses en HD, acceso vascular estable (PTFE femoral descartados) y situación clínica estable. Todos firmaron voluntariamente el consentimiento informado.

Se registraron diferentes variables demográficas como la edad, sexo, además del índice de comorbilidad de Charlson, el tiempo en tratamiento de HD, la duración de la sesión de HD, el acceso vascular, la etiología de la insuficiencia renal y la siguiente medicación: antihipertensivos, betabloqueantes y eritropoyetina (EPO).

Valoración

Se realizó una valoración basal y final (a los 6 meses) de 3 de los componentes de la condición física y de la capacidad coordinativa. Asimismo, se determinaron algunos parámetros analíticos, la dosis de HD mediante el Kt y se monitorizaron las constantes vitales pre- y post- a la práctica de ejercicio físico intradiálisis (EFI). Paralelamente, también se registraron las posibles incidencias durante la sesión.

Para la evaluación de la condición física se utilizaron pruebas de campo validadas.

La semana anterior se informaba al paciente del día en qué se le realizaría la valoración previa al inicio de la intervención. En ese momento se le explicaba en qué consistían las pruebas que iba a realizar y de qué manera tenía que venir equipado/a. Si el paciente lo requería, se resolvían las dudas e inquietudes que le pudieran surgir.

Las pruebas de campo las realizó siempre la fisioterapeuta en el mismo centro de HD, habilitado con un gimnasio, antes de empezar la sesión de HD. La valoración final se realizó el mismo día de la semana que la valoración basal a fin de evitar la influencia de la diferencia de peso entre sesiones. Las diferentes pruebas se ejecutaron en el mismo orden.

Condición física

Los test elegidos para cada parámetro fueron los siguientes:

1. Capacidad cardiorrespiratoria

6 minutes Walking Test (6MWT): en este test el paciente debe andar la máxima distancia posible durante 6 min sin correr ni trotar. El examinador va informando del tiempo transcurrido según el protocolo de la prueba⁷ y, al finalizar los 6 min, la persona debe pararse para poder contabilizar los metros conseguidos. Para este estudio se usó un pasillo de 15 m.

2. Fuerza muscular

Hand grip (HG): mide la fuerza de prensión de la mano. En nuestro estudio la posición del paciente fue la siguiente: sedestación con una flexión de codo de 90° y el antebrazo en posición neutra con el brazo pegado al cuerpo y sin apoyarlo en el reposabrazos. En el caso de los pacientes portadores de FAVI, el test se realizaba con la extremidad contralateral y los portadores de catéter con la extremidad dominante. Se utilizó un dinamómetro prensil (Hydraulic Hand Dynamometer Seahan). El test se realizó por triplicado con un descanso de un minuto entre intentos. El resultado se obtuvo de la media de los 3 intentos⁸.

Dinamometría de cuádriceps: mide de manera analítica la fuerza isométrica del cuádriceps. El paciente se colocó en sedestación con los brazos cruzados al pecho y sin apoyar la espalda. Una cinta unía el tercio distal de la pierna con el dinamómetro. A continuación el paciente realizaba una extensión de la rodilla con la máxima fuerza. Se utilizó el dinamómetro hidráulico de tirar/empujar (Baseline®). El test se realizó por triplicado en ambas piernas con un descanso de un minuto entre intentos. Se estableció la media de los 3 resultados obtenidos.

10 Sit-to-Stand test (10STS): permite medir la fuerza funcional de las extremidades inferiores. El paciente debe levantarse y sentarse de una silla (42 cm de altura en nuestro estudio) 10 veces con los brazos cruzados en el pecho en el menor tiempo posible. La silla no disponía de apoyabrazos y estaba apoyada en la pared. Se registraron los segundos totales empleados en la realización⁹.

3. Composición corporal

Para medir la composición corporal se utilizó un dispositivo de bioimpedanciometría espectroscópica (BCM Body Composition Monitor, Fresenius Medical Care, Alemania).

La bioimpedanciometría se realizó antes de iniciar la sesión intermedia de la semana. El paciente estaba estirado en el sillón de HD, sin objetos metálicos y en reposo un mínimo de 5 min. Los electrodos (2 en el dorso de la mano y 2 en el dorso del pie, creando un circuito cerrado) se colocaron en el hemicuerpo contralateral en caso de tener una FAVI como acceso vascular y, en caso de ser portador de catéter, indistintamente en un hemicuerpo u otro.

Aprovechando la medición mensual que se les efectuaba a los pacientes se extrajeron los siguientes datos: talla, peso, índice de masa corporal (BMI), masa celular (BCM), índice de masa magra (LTI), índice de masa grasa (FTI), sobrehidratación (OH), agua extracelular (ECW), relación extra- e intracelular (E/I) y el ángulo de fase 50 KHz (°).

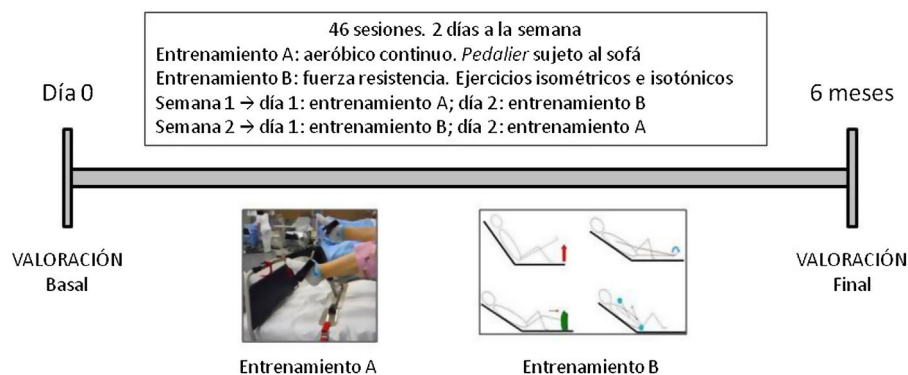


Figura 1 – Intervención con ejercicio físico intradiálisis.

4. Habilidad coordinativa: capacidad de reacción y equilibrio

Timed Up and Go test: el paciente parte de sedestación y cuando el examinador da una señal verbal debe levantarse, recorrer 3 m lo más rápido posible, girar alrededor de un cono y volver a sentarse en la silla. Se calculan los segundos que se emplean en realizarlo¹⁰.

Parámetros analíticos

Se utilizaron los controles mensuales y trimestrales que se realizaban habitualmente a los pacientes y se recogieron los valores de proteína C reactiva (PCR), albúmina, triglicéridos, creatinina, colesterol total, glucosa, sodio, potasio, LDL-colesterol, HDL-colesterol, hematocrito, hemoglobina, transferrina, prealbúmina, calcio, fósforo, magnesio, cloro, tasa de catabolismo proteico (nPCR) y nitrógeno ureico (BUN).

Del mismo modo, se recogieron los datos correspondientes a la dosis de HD (Kt) correspondiente a la fecha del inicio de la intervención y la correspondiente a los 6 meses, una vez finalizada la misma.

Intervención

Durante 6 meses los pacientes realizaron un programa de EFI combinado donde se trabajó la resistencia cardiovascular y la fuerza resistencia muscular. Fueron un total de 46 sesiones distribuidas en 2 entrenamientos semanales que se llevaron a cabo durante la segunda hora de HD. Las sesiones tuvieron una duración de entre 25 y 40 min. El EFI se individualizó para cada paciente a partir de los resultados de la valoración basal y fue supervisado un día por la fisioterapeuta y otro día por las técnicas en cuidados auxiliares de enfermería (TCAE). El equipo de TCAE fue formado previamente en la explicación y supervisión del entrenamiento de fuerza, asegurando una buena ergonomía del paciente durante la ejecución de ambas sesiones de entrenamiento.

Los pacientes realizaban cada semana una sesión de entrenamiento cardiovascular y una de entrenamiento de fuerza resistencia. Para poder asegurar la presencia de ambos profesionales durante el desarrollo de las sesiones de ambos contenidos, se fue alternando el orden de ejecución de la sesión cardiovascular y de fuerza de una semana a otra (fig. 1).

En la sesión de resistencia cardiovascular se hizo un trabajo aeróbico continuo mediante el uso de un pedalier (Apex

Medical Corp) sujeto firmemente al sofá de diálisis. Los pacientes debían pedalear a una intensidad moderada durante 30 min. En las primeras sesiones, en función de la condición física basal del paciente, el tiempo se fraccionó con uno o 2 descansos de entre 1 y 3 min, hasta que el paciente fue capaz de poder alcanzar los 30 min seguidos.

En la sesión de fuerza resistencia se trabajó mediante ejercicios isotónicos e isométricos. Se fue incrementando el número de repeticiones y/o series según el paciente lo iba tolerando. Los pacientes empezaron con una o 2 series de 15 repeticiones de cada ejercicio hasta alcanzar las 3 series de 15 repeticiones del mismo. Posteriormente, se fue introduciendo material en los ejercicios (gomas elásticas, lastres, mancuernas) a los pacientes que lo requerían.

La intensidad de las sesiones se fue ajustando a partir de la percepción de esfuerzo del propio paciente mediante la escala de Borg clásica (ubicación del esfuerzo entre el 6 y el 20, siendo 20 un esfuerzo máximo). Se le pedía al paciente alcanzar una sensación de entre 12-15/20 para conseguir el esfuerzo moderado pautado.

Antes de empezar cada sesión de EFI se registraban la presión arterial y la frecuencia cardíaca (FC). También se le preguntaba al paciente sobre los efectos y sensaciones de la sesión anterior: fatiga excesiva, aparición de alguna molestia, dolor añadido y/o hipotensión, entre otros. Al finalizar cada sesión se volvían a tomar las constantes y se registraban asimismo la existencia o no de incidencias durante el desarrollo del entrenamiento o si se había presentado algún motivo por el cual se hubiera tenido que detener el mismo: extravasaciones en el acceso vascular, malestar del paciente durante la ejecución del ejercicio o presencia de algún dolor osteomuscular. Cada paciente disponía de una plantilla con el registro de constantes pre-post sesión de EFI y con las incidencias sucedidas.

Otro parámetro registrado durante cada sesión en que se realizaba EFI fue la monitorización del porcentaje de reducción del volumen plasmático relativo (%RBV), para evaluar el comportamiento del perfil del relleno vascular mediante el dispositivo de BVM (Blood Volume Monitor) dispuesto en la línea arterial del monitor de diálisis.

En cuanto a la adherencia al programa, finalmente se descartaron aquellos casos que habían realizado menos del 75% del total de sesiones ya que suponía una interrupción demasiado prolongada del programa, y el hecho de no tener

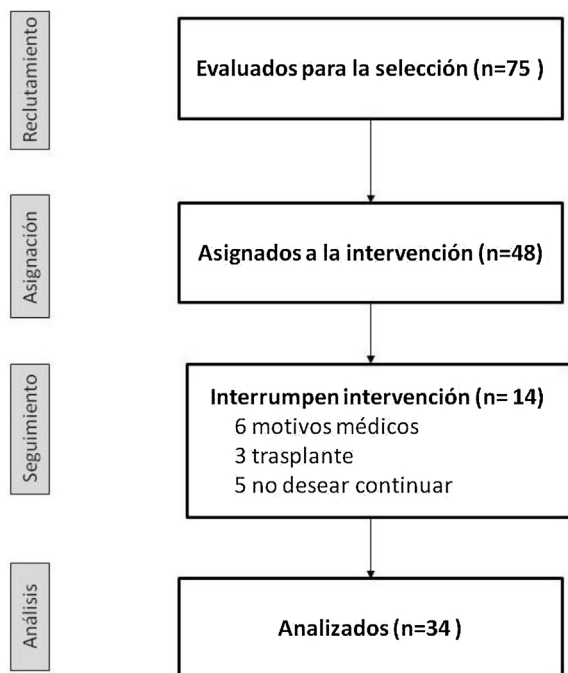


Figura 2 – Diagrama de flujo.

continuidad con el ejercicio representaba reiniciar la valoración por la posible pérdida de las adaptaciones conseguidas.

Análisis estadístico

La normalidad de cada variable se determinó mediante el test Shapiro-Wilk.

Los resultados están expresados como la media aritmética \pm desviación estándar (DE) para las variables normales y mediante mediana y rango para las variables no normales.

Para el análisis de la significación estadística se empleó el test t-Student para datos pareados (IC 95%), para las variables normales, y el test de Wilcoxon para las variables no normales. Se utilizó el software SPSS versión 19.

Resultados

De un total de 75 pacientes del centro, 48 fueron preseleccionados para realizar el estudio, siendo un total de 34 los que finalizaron, mostrándose los datos demográficos y de medicación en la [tabla 1](#). Los motivos para la imposibilidad de alcanzar el 75% del total de sesiones programadas fueron: situación médica inestable, no desear continuar y trasplante ([fig. 2](#)).

La adherencia al programa fue variada según el paciente. El 17,6% pudo completar la totalidad del programa, el 73,6% de los participantes ejecutaron entre un 85 y 95% del total de sesiones, y el 8,8% finalizaron con un 75% del cumplimiento de la intervención. Los principales motivos de falta de adherencia fueron los siguientes: malestar del paciente (problemas respiratorios u osteomusculares), no acudir al centro (visitas médicas e ingresos) y problemas de punción del acceso vascular previos al inicio de la sesión de EFI.

En referencia a las variaciones de la administración de medicación durante el transcurso de los 6 meses, no se obtuvieron diferencias significativas ni en la medicación antihipertensiva ($p=0,340$) ni en la EPO ($p=0,937$).

En la [tabla 2](#) se muestran los resultados obtenidos en la valoración basal y final de los componentes de la condición física.

La capacidad cardiorrespiratoria mejoró de forma significativa, con un promedio de incremento de 47 m ($p<0,001$) en el test 6MWT.

Todos los participantes aumentaron los kilogramos de fuerza de presión de la mano obteniendo 1,6 kg ($p=0,007$) de media más en la prueba del HG.

Respecto a la fuerza muscular de las extremidades inferiores, se observó de manera global una disminución en el tiempo de ejecución del test 10STS ($p=0,003$). En cuanto a la dinamometría de la fuerza de extensión del cuádriceps, incrementó 3,3 kg ($p=0,003$) para la extremidad derecha y 2,1 kg ($p=0,036$) para la izquierda.

En el *Timed Up and Go test* se observó una disminución en el tiempo de realización, si bien no se obtuvo un valor estadísticamente significativo entre el inicio y el final del estudio ($p=0,278$).

En cuanto a la composición corporal, se detectó un incremento significativo en el BMI ($p=0,022$) y el FTI ($p=0,025$). Los valores de los otros parámetros registrados no presentaron diferencias estadísticamente significativas.

En los parámetros analíticos, como se muestra en la [tabla 3](#), se obtuvo significación estadística en los valores de glucosa ($p=0,024$) y del hematocrito, con un incremento del 2% ($p=0,031$).

La variación de la dosis de HD pre-post incrementó 1,2L, aunque resultó ser estadísticamente no significativo ($p=0,308$).

En relación con la tolerancia al ejercicio y el esfuerzo cardíaco realizado, el 79% de los pacientes incrementaron su FC (promedio de la diferencia pre-post entrenamiento de cada una de las sesiones) en 4 latidos por minuto, mientras que el 21% de los pacientes redujeron su FC en una cifra promedio inferior a un latido al finalizar la sesión de EFI.

Las variaciones de presión arterial pre- y post-EFI de cada una de las sesiones resultaron en un promedio de 3,3 mmHg para la presión arterial sistólica y de 1,6 mmHg en la diastólica.

En la [figura 3](#) se muestran el perfil de RBV de un mismo paciente en un día EFI y no EFI. La diferencia entre el valor máximo y mínimo del porcentaje del RBV fue de promedio un $-4,38\%$ el día que el paciente realizaba EFI y de un $-4,45\%$ el día en que no realizaba EFI, siendo esta diferencia no significativa ($p=0,735$).

No aconteció ninguna incidencia que pudiera haber ocasionado la interrupción de la sesión de EFI. Durante los 6 meses no se registraron, en ninguno de los participantes, problemas en el acceso vascular derivados de la práctica de ejercicio: ninguna extravasación ni ninguna salida accidental de las agujas. Asimismo, los pacientes tampoco refirieron dolores osteomusculares ni malestar durante la ejecución de los ejercicios, ni el día de entrenamiento cardiovascular ni el día de entrenamiento de fuerza resistencia. Del mismo modo, los pacientes no presentaron ninguna hipotensión sintomática ocasionada por el EFI.

Tabla 1 – Datos demográficos

Sexo (hombres %)			67,6
Edad (años)			64,6 ± 15,9
Índice de Charlson			5,32 ± 2,75
Tiempo en HD (meses)			23,9 ± 20,6
Duración sesión (minutos)			297 ± 11
Acceso vascular (FAVI %)			91,18
Etiología IRC %			
Secundaria HTA			29,4
Nefropatía diabética			17,6
Poliquistosis			17,6
Glomerulonefritis			5,8
Desconocida			17,6
Otros			8,8
Medicación	Basal	6 meses	p
Antihipertensivos (%)	91	50	0,340 ^a
EPO (%)	94	91	0,937 ^a
Betabloqueantes (%)	29	29	

EPO: eritropoyetina; FAVI: fístula arteriovenosa interna; HD: hemodiálisis; HTA: hipertensión arterial; IRC: insuficiencia renal crónica.

Tabla 2 – Resultados basales y finales de la evaluación de la condición física

	N	Basal	6 meses	p
6MWT (m)	34	387,1 ± 134,4	434,1 ± 142,5	< 0,001 ^a
HG (kg)	34	24,5 ± 9,9	26,1 ± 10,5	0,007 ^a
Dinamometría EID (kg)	34	21,9 ± 9,0	25,2 ± 9,5	0,003 ^a
Dinamometría EII (kg)	34	21,8 ± 9,4	23,9 ± 9,5	0,036 ^a
10STS (seg)	29	23,5 (23,2)	20,4 (31,5)	0,003 ^b
Timed Up and Go test (seg)	32	6,4 (12,9)	6,3 (12,6)	0,278 ^b
Composición corporal				
Peso (kg)	34	70,1 ± 14,0	71,0 ± 14,4	0,051 ^a
BMI (kg/m ²)	34	25,1 (12,9)	25,3 (19,3)	0,022 ^b
BCM (kg)	34	19,6 ± 7,0	18,8 ± 6,3	0,148 ^a
LTI (kg/m ²)	34	12,9 ± 2,6	12,4 ± 2,3	0,096 ^a
FTI (kg/m ²)	34	11,8 ± 4,2	12,7 ± 4,8	0,025 ^a
OH (L)	34	1,9 ± 1,2	1,8 ± 1,3	0,611 ^a
ECW (L)	34	11,8 ± 5,3	11,7 ± 6,9	0,841 ^a
E/I	34	1,0 ± 0,1	0,1 ± 0,1	0,360 ^a
Ángulo de fase 50 KHz	34	4,7 ± 0,8	4,6 ± 0,8	0,102 ^a

Datos expresados como media ± DE o mediana y (rango).

6MWT: Six Minutes Walking test; 10STS: 10 Sit-To-Stand test; BMI: índice de masa corporal; BCM: masa celular; DE: desviación estándar; ECW: agua extracelular; E/I: relación extra- e intracelular; EID: extremidad inferior derecha; EII: extremidad inferior izquierda FTI: índice de masa grasa; HG: hand grip LTI: índice de masa magra; OH: sobrehidratación.

^a p valor determinado con el test t-Student para datos pareados. Variable normal.

^b p valor determinado con el test de Wilcoxon. Variable no normal.

Negrita: valores estadísticamente significativos.

Discusión

Los resultados de este estudio en HD sugieren que la práctica de EFI combinado podría contribuir a la mejora de la capacidad cardiorrespiratoria y la fuerza muscular de extremidades superiores e inferiores de manera significativa. Asimismo, queda patente que las sesiones de EFI transcurren de forma segura, sin alterar el estado hemodinámico del paciente ni afectar al funcionamiento del acceso vascular.

Desde principios de la década de 1980, países como Estados Unidos comenzaron a implantar programas de EFI, sin embargo, estos programas no se están utilizando de manera tan extensa como se practica en los pacientes con patología

cardíaca y/o respiratoria⁵. A pesar de que el ejercicio físico está altamente indicado en la población en HD para disminuir el riesgo cardiovascular, mejorar la condición física y reducir el comportamiento sedentario, no es una práctica habitual en los centros de HD ni se han implementado de forma generalizada estos programas como parte del cuidado integral de los pacientes en HD, a pesar de estar descritos como recomendación en las guías KDIGO¹¹. Probablemente esto sea debido a que existen claras barreras no solo entre los pacientes, fundamentalmente fatiga el día de HD, miedo a lesionarse o falta de tiempo^{12,13}, sino también a nivel del personal sanitario por desconocimiento acerca del tipo de ejercicio que se puede realizar, el material necesario y las posibles complicaciones que

Tabla 3 – Resultados de los parámetros analíticos basales y finales

	N	Basal	6 meses	p
PCR (mg/dL)	34	0,265 (2,46)	0,23 (6,87)	0,844 ^b
nPCR (g/kg/d)	34	1,085 (1,32)	1,07 (2,24)	0,811 ^b
Albúmina (mg/dL)	34	40 (13)	40 (15)	0,785 ^b
Creatinina (mg/dL)	34	3,175 (9,59)	3,77 (8,87)	0,313 ^b
Transferrina (g/L)	34	1,9 (2,87)	1,8 (1,8)	0,593 ^b
Glucosa (mg/dL)	34	110,5 (271)	110 (189)	0,024^b
Sodio (mEq/L)	34	140 (7)	140 (9)	0,395 ^b
Potasio (mEq/L)	34	3,65 (2,8)	3,7 (2,7)	0,138 ^b
Hematocrito (%)	34	35 ± 3	37 ± 3	0,031^a
Hemoglobina (g/L)	34	116,88 ± 11,91	119,18 ± 9,97	0,351 ^a
Calcio (mg/dL)	34	9,65 (2,6)	9,3 (3,1)	0,964 ^b
Fósforo (mg/dL)	34	2,75 (5,9)	3,15 (5)	0,543 ^b
BUN (mg/dL)	34	22,5 (64)	33,5 (60)	0,695 ^b
Prealbúmina (mg/dL)	34	0,28 ± 0,05	0,28 ± 0,06	0,666 ^a
Triglicéridos (mg/dL)	34	145,24 ± 63,35	136,47 ± 73,94	0,334 ^a
Colesterol total (mg/dL)	34	163,09 ± 31,64	160,32 ± 24,98	0,432 ^a
LDL-colesterol (mg/dL)	34	88,5 (113)	86 (128,7)	0,576 ^b
HDL-colesterol (mg/dL)	34	44,47 ± 14,80	45,68 ± 13,93	0,461 ^a
Magnesio (mg/dL)	34	2,31 ± 0,32	2,26 ± 0,29	0,193 ^a
Cloro (mEq/L)	34	100,62 ± 3,75	100,88 ± 3,21	0,685 ^a
Kt (L)	34	68,8 (38,3)	69,85 (30,6)	0,308 ^b

Datos expresados como media ± DE o mediana y (rango).

BUN: nitrógeno ureico; DE: desviación estándar; Kt: dosis de HD; nPCR: tasa de catabolismo proteico; PCR: proteína C reactiva.

^a p valor determinado con el test t-Student para datos pareados. Variable normal.

^b p valor determinado con el test de Wilcoxon. Variable no normal.

Negrita: valores estadísticamente significativos.

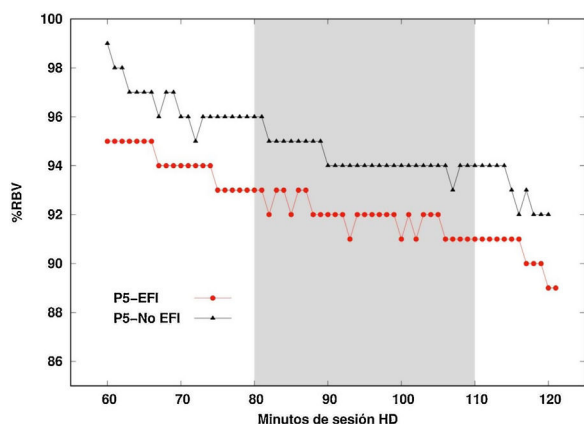


Figura 3 – Perfil de relleno vascular en un día de ejercicio físico intradiálisis y en un día de no ejercicio.

Perfil de relleno vascular durante la segunda hora de hemodiálisis. Comparativa en un día de pauta EFI (momento intervención marcado por la franja gris) y un día sin pauta EFI para el mismo paciente.

se puedan ocasionar, que derivan en una escasa prescripción por parte de los nefrólogos¹⁴.

A menudo se establecen programas de EFI como intervención dentro de estudios piloto, pero posteriormente es difícil implementarlos como práctica corriente dentro de la sesión de HD por la falta de recursos. De ahí la importancia de trazar una buena red profesional que se encargue de llevar a cabo el programa¹⁵ y de esta forma asegurar su continuidad con éxito. En nuestro estudio se contó con la presencia de

una fisioterapeuta a tiempo parcial, encargada de valorar la condición física y de prescribir y planificar el programa de EFI así como de supervisarlo conjuntamente con el equipo de TCAE. Dada la distribución de tareas al inicio de la sesión de HD en nuestro centro, resultaba lógicamente más oportuno involucrar al equipo de TCAE para dar soporte en la ejecución del programa. Sería válida, asimismo, la participación de voluntarios para la ejecución de esta tarea, siempre y cuando reciban la formación necesaria. Por otro lado, para incentivar la entrada y permanencia de los pacientes en el programa, resultó de gran importancia el papel de los nefrólogos y personal de enfermería, que ya desde la entrevista inicial al paciente promovieron la importancia de realizar ejercicio físico y mantenerse activo tanto dentro como fuera de la sesión de HD. Aunque de manera directa fueran la fisioterapeuta y las TCAE las que participaban en la intervención, transmitir un mensaje unánime por parte de todos los profesionales del centro a favor de los beneficios del ejercicio físico y la seguridad en cuanto a su ejecución fue un aspecto muy positivo para motivar a los pacientes a realizarlo y posteriormente poder implementar e instaurar el programa como una práctica habitual postestudio.

Los resultados obtenidos en nuestro estudio muestran cómo la práctica de EFI combinado contribuye a la mejora de la mayoría de parámetros de la condición física. El incremento de metros recorridos en el 6MWT está asociado a una mejora de la capacidad cardiorrespiratoria. Este aumento de la función cardiovascular tiene una repercusión positiva en la capacidad física y funcional de las personas, lo que facilita exponencialmente la realización de las actividades básicas de la vida diaria a la vez que reduce el principal factor de causa de muerte de esta población. El valor obtenido en este test tiene una relación directa con el $VO_2 \text{ max}$ ¹⁶, parámetro indicador

de supervivencia. En este sentido, otros autores también han demostrado la relación directa entre la realización de ejercicio físico y/o ser más o menos activo en el día a día, con la supervivencia de los pacientes en HD así como este incremento en la capacidad cardiorrespiratoria. Un metaanálisis reciente de intervenciones de ejercicio en pacientes en HD¹⁷ confirma que la práctica de ejercicio aeróbico y/o combinado incrementa la capacidad cardiorrespiratoria independientemente de la duración del programa, la intensidad del mismo (en varios estudios no especificada) y la frecuencia de ejecución de las sesiones. Tras una intervención de 12 semanas de 30 min de ejercicio aeróbico 3 veces/semana, un grupo de investigación coreano¹⁸ obtuvo un incremento estadísticamente significativo en el total de metros recorridos en el 6MWT al finalizar la intervención.

La mayoría de los estudios analizados utilizan el 6MWT como test evaluador debido a su bajo coste y facilidad en llevarlo a cabo.

El valor del incremento medio de metros recorridos en el 6MWT obtenido en nuestro estudio (47 m) es similar a los hallados en otras publicaciones de la literatura. De este modo, en el metaanálisis publicado por Clarkson et al.¹⁹, se exponen los resultados de diferentes implantaciones de AF en pacientes con enfermedad renal terminal y diálisis. El valor del 6MWT incrementó 33,6 m con un intervalo de confianza del 95% (23,7-43,5), siendo la mejora en el grupo que realizaba EFI de 36,1 m (23,8-48,4, IC 95%), independientemente del tipo de ejercicio (aeróbico o de fuerza). Asimismo, el estudio multicéntrico EXCITE, con 296 pacientes, publicado por Torino et al.²⁰ y Manfredini et al.²¹, mostró que la aplicación de un programa de EF domiciliario de baja intensidad durante 6 meses condujo a un incremento del valor del 6MWT de 39 m (33-46, IC 95%) respecto al grupo control de manera global y de 41 m (31-51, IC 95%) para los pacientes que cumplieron un 100% del seguimiento. Además se correlacionó el aumento de 40 m con una reducción del 23% del riesgo de mortalidad y un 8% del riesgo de hospitalización. En la misma línea, otro estudio²², tras una intervención de 24 semanas donde los pacientes se asignaron de forma aleatoria a un tipo de trabajo de fuerza resistencia progresivo o a un tipo de trabajo aeróbico de baja intensidad, se obtuvo un incremento medio del valor del 6MWT de 48 m y de 20 m, respectivamente.

En cuanto a la fuerza muscular, los pacientes de nuestro estudio mejoraron tanto la fuerza del tren superior como la del tren inferior. Por un lado, incrementaron la capacidad de prensión mediante HG y, por otro, mejoraron significativamente la fuerza analítica de extensión de los cuádriceps en ambas piernas valorada mediante dinamometría, así como la fuerza funcional de las extremidades inferiores medida con el 10STS, donde también se obtuvo una reducción estadísticamente significativa en los segundos de ejecución de la prueba.

En el estudio de Esteve et al.²³, con un programa combinado de 12 semanas de duración, destinado a pacientes mayores de 80 años, se alcanzó un incremento medio del total de kg en el HG de 1,6, el mismo resultado que en nuestro estudio.

Segura-Ortí et al.²⁴ llevaron a cabo un programa de 6 meses en el que durante 30 min, aproximadamente, se realizaban ejercicios isotónicos e isométricos de los miembros inferiores los 3 días de HD. Los pacientes debían realizar 3 series de 15 repeticiones con una intensidad de entre 11 y 15 en

la escala de esfuerzo percibido. El resultado del 10STS fue estadísticamente significativo con una reducción media de casi 5 segundos, el tiempo total del test. Las pequeñas discrepancias respecto a nuestro estudio se pueden deber a la exclusividad en el tipo de trabajo (solo fuerza muscular) y en la frecuencia (3 días/semana).

Con el objetivo de determinar si el aumento en la fuerza muscular iba en concordancia con el incremento de masa muscular, se contrastaron los datos de la bioimpedancia y, contrariamente a lo esperado, se observó una tendencia a la disminución en el índice de masa magra. Estos resultados se podrían deber a que la pauta de ejercicio propuesta no fue suficientemente intensa o con la carga óptima para obtener cambios en la estructura muscular aunque sí lo fuera para conseguirlos en la función. Para alcanzar un cambio a favor del incremento de la masa magra creemos que se debería incrementar la frecuencia e intensidad del trabajo de fuerza, lo que lograría adaptaciones periféricas en el sistema músculo esquelético y no únicamente adaptaciones centrales. Es decir, no solo conseguir mejorar la sincronía entre unidades motoras y un mayor reclutamiento de las mismas, sino lograr un incremento en el tamaño de las fibras musculares²⁵.

La hipótesis de partida en referencia a la composición corporal era que la realización de un programa de EFI combinado contribuiría al descenso del BMI y del FTI, sin embargo, los resultados finales fueron un aumento de casi 1 kg en el peso corporal con el consiguiente incremento en el resultado del BMI ($p=0,022$) y un aumento de un 1 kg/m^2 del FTI, a pesar de lo cual no quede reflejado un gran cambio en la composición corporal puesto que las variaciones son muy pequeñas. Estos hallazgos se podrían atribuir a las características de nuestra población en HD, que está descrito que tienden a incrementar el apetito tras haber iniciado el tratamiento²⁶. Asimismo, se podrían relacionar con una duración insuficiente de nuestro programa EFI. También se han obtenido estos resultados en otros estudios donde la intervención fue exclusivamente de trabajo aeróbico. Por ejemplo, en un estudio piloto francés²⁷ donde los pacientes realizaban 30 min de trabajo aeróbico intradiálisis se obtuvieron unos resultados parecidos en cuanto a las medidas antropométricas. Tras una intervención de 3 meses el grupo intervención no modificó su composición corporal, observándose de manera muy leve una tendencia al descenso de la masa magra y un incremento del BMI. Asimismo, otro estudio²⁸, después de 6 meses de 30 min de pedales 3 días/semana a una intensidad moderada, obtuvo un aumento de casi 2 kg/m^2 en el valor del FTI.

Los resultados de nuestra intervención concuerdan ampliamente con los resultados obtenidos en varios estudios de la literatura, con intervenciones, población, patología y tratamientos similares. Si bien nuestra actuación marca una tendencia en la mejora de alguno de los parámetros de la condición física de los pacientes de nuestro centro, las diferencias obtenidas en los diferentes test son inferiores al cambio mínimo detectable (MDC) reportados en el estudio de Segura-Ortí y Martínez-Olmos²⁹ para los mismos test en la misma población (MDC₉₀ 10STS = 8,4 seg; MDC₉₀ 6MWT = 66,3 m; MDC₉₀ HG = 3,4 kg). Por eso, no podemos afirmar con contundencia que la implementación de EFI sea el único causante de esta tendencia.

El hecho de no haber obtenido cambios estadísticamente significativos en las variaciones de la medicación pre-post ni en la dosis de HD sugiere que las mejoras obtenidas en cuanto a condición física se podrían deber a la intervención con EFI. En referencia a los resultados de los parámetros analíticos, no podríamos atribuir nuestros hallazgos a la propia intervención con EFI. Si bien sugerimos que estos cambios puedan ser debidos al óptimo seguimiento nutricional de los pacientes.

En relación con la seguridad de la práctica del programa de EFI, se intentó establecer una relación entre el hecho de hacer ejercicio y la estabilidad hemodinámica del paciente a través del relleno vascular³⁰. No se detectaron diferencias entre los perfiles de relleno vascular durante la segunda hora de tratamiento, momento de realizar la intervención, en situación de EFI y no EFI, por lo que este resultado podría ser considerado indicador de seguridad para el paciente ya que su estado hemodinámico no se ve modificado significativamente. Asimismo, tampoco se observaron diferencias significativas ni en la presión arterial ni en la FC.

Además de lo anterior, un aspecto relevante en cuanto a seguridad del programa es que no se registró ninguna incidencia durante la sesión de EFI. En un 100% de los casos se demostró que la realización de una pauta de ejercicio físico durante la diálisis fue segura puesto que no aparecieron complicaciones añadidas, ni durante ni posteriores a la finalización de su ejecución. En ninguna ocasión se tuvo que parar la sesión de EFI por malestar del paciente ni problemas en el acceso vascular. Únicamente se detuvo en una ocasión por disfunción del catéter y en ningún caso en los pacientes con FAVI. Tampoco se tuvo que disminuir el flujo de sangre y no se registraron episodios de hipotensión en ninguno de los participantes.

Respecto a lo anteriormente publicado podríamos decir que nuestro estudio aporta un aspecto importante en cuanto a la dosis de ejercicio, dado que se han obtenido cambios estadísticamente significativos con 2 sesiones semanales, siendo un entrenamiento semanal cardiovascular y uno de fuerza resistencia. Cabe destacar que con un estímulo pequeño, de frecuencia e intensidad, se han obtenido mejoras significativas relativas a la capacidad cardiorrespiratoria y la fuerza muscular.

Otro aspecto novedoso ha sido la utilización del relleno vascular como parámetro de seguridad de la sesión de EFI. Se ha constatado que las características del entrenamiento han permitido al participante ejecutarlo sin observar diferencias respecto al día en que el paciente no realizaba EFI. Por otro lado, el hecho de haber configurado un buen equipo de trabajo y transmitido un mensaje único y positivo hacia el ejercicio físico, tanto en referencia a los beneficios como en la seguridad de ejecutarlo, ha resultado crucial para su desarrollo y ejecución como práctica habitual, hecho que facilitará su continuidad en nuestro centro.

Si bien este estudio aporta datos positivos, somos conscientes de que hay algunas limitaciones en el mismo. La ausencia de grupo control y el tamaño limitado de la muestra. Se ha podido constatar la dificultad de poder reclutar 34 pacientes con lo que, a fin de no demorar más el tiempo de intervención, se decidió comparar los datos obtenidos en estos. La fragilidad y la comorbilidad de los pacientes en HD hacen difícil

la posibilidad de permanecer de manera ininterrumpida en intervenciones largas.

Otra gran dificultad ha sido garantizar la intensidad de ejecución de los ejercicios. Si bien es cierto que la escala de Borg es un método subjetivo validado y ampliamente utilizado, no llega a alcanzar la precisión de los métodos objetivos. A pesar de que se fue incrementando la intensidad de los ejercicios a lo largo de la intervención (aumentando hasta 30 min seguidos el trabajo aeróbico y añadiendo material en el trabajo de fuerza) no se contó con métodos objetivos para valorarla, como hubiera sido un porcentaje de FC máxima o una carga en kg más cercana al porcentaje de la repetición máxima necesario. Sería interesante poder cuantificar con exactitud esta intensidad para poder describir la prescripción más correcta para estos pacientes en función de los objetivos deseados. Otra opción también hubiera sido utilizar la escala de Borg modificada (valores del 0 al 10) para facilitar la comprensión de la misma y poder ajustar más el esfuerzo realizado.

Conclusión

Los resultados de nuestro estudio indican que la práctica de EFI, 2 sesiones semanales (un entrenamiento de cada contenido), contribuye a la mejora de la capacidad cardiorrespiratoria y la fuerza muscular del tren superior e inferior de los pacientes en HD. Por otro lado, también se ha podido demostrar que esta práctica es segura, siendo novedoso no solo analizarlo con eventos intradiálisis sino también con el perfil del relleno vascular, tanto para los pacientes, dado que no influye negativamente en el estado hemodinámico, como para el transcurso de la sesión de HD.

Ha resultado crucial para el desarrollo del estudio, y para implantar de manera constante el EFI en nuestro centro, disponer de un equipo multidisciplinar que se encargara de llevarlo a cabo así como de individualizar la carga y asegurar la eficacia del programa.

Conceptos clave

- El ejercicio físico intradiálisis contribuye a la mejora de la capacidad cardiorrespiratoria y la fuerza muscular (tanto de extremidades superiores como inferiores) de los pacientes en hemodiálisis.
- Esta práctica es segura tanto para los pacientes como para el transcurso de la sesión de hemodiálisis.
- Un equipo multidisciplinar es clave para poder implantar este tipo de programas y conseguir su continuidad dentro de los centros de hemodiálisis.

Financiación

Este estudio no ha contado con ninguna fuente de financiación.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

BIBLIOGRAFÍA

1. Gorostidi M, Sánchez-Martínez M, Ruilope LM, Graciani A, de la Cruz JJ, Santamaría R, et al. Prevalencia de enfermedad renal crónica en España: impacto de la acumulación de factores de riesgo cardiovascular. *Nefrología*. 2018;38:606-15.
2. Barcellos FC, Santos IS, Umpierre D, Bohlke M, Hallal PC. Effects of exercise in the whole spectrum of chronic kidney disease: a systematic review. *Clin Kidney J*. 2015;8:753-65.
3. Johansen KL. Exercise in the end-stage renal disease population. *J Am Soc Nephrol*. 2007;18:1845-54.
4. Rhee CM, Kalantar-Zadeh K. Resistance exercise: an effective strategy to reverse muscle wasting in hemodialysis patients? *J Cachexia Sarcopenia Muscle*. 2014;5:177-80.
5. Segura-Ortí E. Ejercicio en pacientes en hemodiálisis: Revisión sistemática de la literatura. *Nefrología*. 2010;30:236-46.
6. Heiwe S, Jacobson SH. Exercise training in adults with CKD: A systematic review and meta-analysis. *Am J Kidney Dis*. 2014;64:383-93.
7. ATS Committee on Proficiency Standards for Clinical Pulmonary Function Laboratories. ATS Statement: Guidelines for the Six-Minute Walk Test. *Am J Respir Crit Care Med*. 2002;166:111-7.
8. Sousa-Santos AR, Amaral TF. Differences in handgrip strength protocols to identify sarcopenia and frailty - A systematic review. *BMC Geriatr*. 2017;17:238.
9. Headley S, Germain M, Mailloux P, Mulhern J, Ashworth B, Burris J, et al. Resistance training improves strength and functional measures in patients with end-stage renal disease. *Am J Kidney Dis*. 2002;40:355-64.
10. Ortega-Pérez de Villar L, Martínez-Olmos FJ, Junqué-Jiménez A, Amer-Cuenca JJ, Martínez-Gramage J, Mercer T, et al. Test-retest reliability and minimal detectable change scores for the short physical performance battery, one-legged standing test and timed up and go test in patients undergoing hemodialysis. *PLoS One*. 2018;13:1-16.
11. Hannan M, Bronas UG. Barriers to exercise for patients with renal disease: an integrative review. *J Nephrol*. 2017;30:729-41.
12. Delgado C, Johansen KL. Barriers to exercise participation among dialysis patients. *Nephrol Dial Transplant*. 2012;27:1152-7.
13. Fiaccadori E, Sabatino A, Schito F, Angella F, Malagoli M, Tucci M, et al. Barriers to physical activity in chronic hemodialysis patients: a single-center pilot study in an Italian Dialysis Facility. *Kidney Blood Press Res*. 2014;39:169-75.
14. Delgado C, Johansen KL. Deficient counseling on physical activity among nephrologists. *Nephron Clin Pract*. 2010;116:c330-6.
15. Capitanini A, Lange S, D'Alessandro C, Salotti E, Tavolaro A, Baronti ME, et al. Dialysis exercise team: the way to sustain exercise programs in hemodialysis patients. *Kidney Blood Press Res*. 2014;39:129-33.
16. Cahalin LP, Mathier MA, Semigran MJ, Dec GW, DiSalvo TG. The Six-Minute Walk Test predicts peak oxygen uptake and survival in patients with advanced heart failure. *Chest*. 1996;110:325-32.
17. Huang M, Lv A, Wang J, Xu N, Ma G, Zhai Z, et al. Exercise training and outcomes in hemodialysis patients: systematic review and meta-analysis. *Am J Nephrol*. 2019;50:240-54.
18. Bae Y-H, Lee SM, Jo JI. Aerobic training during hemodialysis improves body composition, muscle function, physical performance, and quality of life in chronic kidney disease patients. *J Phys Ther Sci*. 2015;27:1445-9.
19. Clarkson MJ, Bennett PN, Fraser SF, Warmington SA. Exercise interventions for improving objective physical function in patients with end-stage kidney disease on dialysis: a systematic review and meta-analysis. *Am J Physiol Renal Physiol*. 2019;316:F856-72.
20. Torino C, Manfredini F, Bolignano D, Aucella F, Baggetta R, Barillà A, et al. Physical performance and clinical outcomes in dialysis patients: A secondary analysis of the excite trial EXCITE working group. *Kidney Blood Press Res*. 2014;39:205-11.
21. Manfredini F, Mallamaci F, d'Arrigo G, Baggetta R, Bolignano D, Torino C, et al. Exercise in patients on dialysis: a multicenter, randomized clinical trial. *J Am Soc Nephrol*. 2017;28:1259-68.
22. Segura-Ortí E, Kouidi E, Lisón JF. Effect of resistance exercise during hemodialysis on physical function and quality of life: Randomized controlled trial. *Clin Nephrol*. 2009;71:527-37.
23. Simo VE, Jiménez AJ, Guzmán FM, Olivera JC, Nicolas MF, Potau MP, et al. Beneficios del ejercicio físico de baja intensidad durante la sesión de hemodiálisis en el paciente anciano. *Nefrología*. 2015;53:385-94.
24. Segura-Ortí E, Rodilla-Alama V, Lisón JF. Fisioterapia durante la hemodiálisis: Resultados de un programa de fuerza-resistencia. *Nefrología*. 2008;28:67-72.
25. Wilmore JH, Costill DL. Fisiología del esfuerzo y del deporte. *Igarss*. 2014;2014.
26. Molina P, Vizcaíno B, Molina MD, Beltrán S, González-Moya M, Mora A, et al. The effect of high-volume online haemodiafiltration on nutritional status and body composition: the ProtEin Stores prEservaTion (PESET) study. *Nephrol Dial Transplant*. 2018;33:1223-35.
27. Groussard C, Rouchon-Isnard M, Coutard C, Romain F, Malardé L, Lemoine-Morel S, et al. Beneficial effects of an intradialytic cycling training program in patients with end-stage kidney disease. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2015;40:550-6.
28. Hristea D, Deschamps T, Paris A, Lefrançois G, Collet V, Savoie C, et al. Combining intra-dialytic exercise and nutritional supplementation in malnourished older haemodialysis patients: Towards better quality of life and autonomy. *Nephrology*. 2016;21:785-90.
29. Segura-Ortí E, Martínez-Olmos FJ. Test-retest reliability and minimal detectable change scores for Sit-to-Stand-to-Sit Tests, the Six-Minute Walk Test, the One-Leg Heel-Rise Test, and handgrip strength in people undergoing hemodialysis. *Phys Ther*. 2011;91:1244-52.
30. Dasselaar JJ, Huisman RM, de Jong PE, Franssen CFM. Measurement of relative blood volume changes during haemodialysis: merits and limitations. *Nephrol Dial Transplant*. 2005;20:2043-9.