

## Efectos del entrenamiento físico con restricción del flujo vascular durante la hemodiálisis

*Effects of physical training with vascular flow restriction during hemodialysis*

Allison Almanza, Pebbles Giusiano, Natalia Martincorena, Pablo Brites, Jordan Gómez, Arleth Peláez

### RESUMEN

**Antecedentes:** La restricción de flujo vascular es un método de entrenamiento novedoso que ha demostrado conseguir adaptaciones cardiovasculares y neuromusculares similares a las obtenidas durante el entrenamiento convencional, promete el desarrollo de fuerza y trofismo muscular, combinando la baja intensidad de las cargas y la restricción parcial del flujo sanguíneo en el músculo. **Objetivo:** Analizar evidencia sobre la efectividad de la restricción del flujo vascular durante el reentrenamiento físico en pacientes con insuficiencia renal crónica con tratamiento de sustitución de la función renal. **Material y métodos:** Se utilizaron las bases de datos electrónicas; PubMed, Cochrane Library, LILACS, PEDro, Science Direct y Google académico. Se incluyeron ensayos clínicos realizados en personas que recibieron diálisis o hemodiálisis. Se buscaron textos tanto en inglés como español. **Resultados:** La búsqueda y selección identificó cinco artículos científicos y una tesis doctoral, que fueron evaluados bajo los criterios de la escala PEDro, tres de los cuales medían la fuerza y capacidad física y, los dos restantes, las alteraciones en la adecuación de la diálisis y parámetros hemodinámicos. **Conclusiones:** Utilizar esta herramienta de rehabilitación y/o entrenamiento tiene efectos positivos clínicamente similares a los del entrenamiento convencional con respecto a la fuerza y la hipertrofia muscular en un amplio rango de

edades y estados físicos. Tanto en la función física como en la calidad de vida se constató una mejoría, siendo especialmente interesante para aquella población que, por limitaciones físicas, no pueden beneficiarse de un entrenamiento de alta intensidad.

**PALABRAS CLAVE:** restricción de flujo vascular; ejercicio; rehabilitación; flujo sanguíneo; diálisis renal; hemodiálisis; calidad de vida

### ABSTRACT

**Background:** Vascular flow restriction is a novel training method that has been shown to achieve cardiovascular and neuromuscular adaptations similar to those obtained during conventional training; it promises the development of muscle strength and trophism, combining the low intensity loads with partial restriction of blood flow in the muscle. **Objective:** To analyze evidence on the effectiveness of vascular flow restriction during physical retraining in patients with chronic renal failure with renal function replacement therapy. **Methods:** Electronic databases were used; PubMed, Cochrane Library, LILACS, PEDro, Science Direct, and Google Scholar. Clinical trials conducted in people receiving dialysis or hemodialysis were included. Texts in both English and Spanish were searched. **Results:** The search and selection identified five scientific articles and a doctoral thesis, which were evaluated under the criteria of the PEDro scale, three of which measured strength and physical capacity and

*Licenciatura en Fisioterapia, Escuela Universitaria de Tecnología Médica, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay*

*Correspondencia:*  
Arleth Peláez  
ORCID: 0000-0002-9770-341X  
arlethfisioterapia@gmail.com

*Financiamiento:*  
Fundación Mexicana de Enfermedades Genéticas y Medicina Genómica, AC.

*Conflicto de intereses:*  
Ninguno

Recibido: 16-11-2020  
Corregido: 09/03/2021  
Aceptado: 24-05-2021

the remaining two, alterations in dialysis adequacy and hemodynamic parameters. **Conclusions:** Using this rehabilitation and/or training tool has positive effects clinically similar to those of conventional training with respect to strength and muscle hypertrophy in a wide range of ages and physical states. Both physical function and quality of life showed an improvement, being especially interesting for populations limited physically that cannot benefit from high-intensity training.

**KEYWORDS:** vascular flow restriction; exercise; rehabilitation; blood flow; dialysis; hemodialysis; quality of life

## INTRODUCCIÓN

La enfermedad renal crónica (ERC) es una de las diez primeras causas de muerte a nivel mundial, con una prevalencia del 11 al 13% en la población y un aumento anual de pacientes tanto en países desarrollados como en vías de desarrollo.<sup>(1-3)</sup> Respecto a Uruguay, en 1981 había 110 pacientes, aumentando en 2018 a 3329 pacientes, con mayor incidencia en el sexo masculino 59,3%, que en el sexo femenino.<sup>(4-5)</sup>

La IRC en etapa terminal es tratada en la mayoría de los casos con hemodiálisis (HD) siendo esta una terapia de reemplazo de la función renal, aunque no garantiza el sostenimiento de la calidad de vida, ya que generalmente se asocia a diversas complicaciones en la capacidad aeróbica, marcha e hipertensión arterial, entre otras.<sup>(3)</sup>

Tanto el sistema cardiovascular como el músculoesquelético son los que se ven principalmente afectados, pero también los aspectos psicosociales del paciente se modifican. Las complicaciones cardiovasculares determinan el 50% de las causas de mortalidad, mientras que las músculoesqueléticas causan limitación en la capacidad funcional, principalmente por debilidad muscular, dolor, fatiga, mioclonus y calambres.<sup>(5)</sup>

Diversos autores reportan el beneficio del ejercicio físico para la disminución de la presión arterial y dolor, mejora de la capacidad aeróbica y marcha y el aumento de la fuerza muscular, que junto con la hipertrofia favorece la calidad de vida en los pacientes con IRC que reciben HD.<sup>(6-8)</sup>

El entrenamiento de fuerza (EF) de alta intensidad es una herramienta eficaz para mejorar la fuerza muscular, generar hipertrofia, y además

incrementar la capacidad funcional y los parámetros hemodinámicos.<sup>(9-10)</sup> Por lo tanto se utiliza en el tratamiento de diferentes patologías.<sup>(9)</sup> Sin embargo, está asociado a un proceso de daño muscular inducido por el estrés mecánico y metabólico, que a su vez también son los responsables de producir la hipertrofia en el EF.<sup>(11)</sup> Para aumentar la fuerza y generar hipertrofia muscular, el Colegio Americano de Medicina del Deporte (ACSM), recomienda entrenamiento de resistencia con cargas de 65% o más de una repetición máxima (1RM).<sup>(8, 12)</sup> A pesar de esto, tales cargas pueden ser limitantes para las personas con enfermedades crónicas o con discapacidades físicas.<sup>(10, 12)</sup>

Por este motivo el entrenamiento de fuerza de baja intensidad con restricción de flujo vascular está adquiriendo relevancia como alternativa para aquellos pacientes que no logran utilizar cargas pesadas.<sup>(7, 9)</sup>

El entrenamiento de resistencia o aeróbico (EA), combinado con la restricción del flujo sanguíneo (RFV), lleva al aumento de la fuerza y la masa muscular en sujetos de distintas edades y condiciones físicas, por lo que se utiliza para prevenir la atrofia muscular en personas de la tercera edad, así como también en pacientes renales.<sup>(13-14)</sup>

Si bien este tipo de entrenamiento genera ganancias de fuerza más bajas que el de alta intensidad, promueve resultados similares.<sup>(10)</sup> Este método de entrenamiento fue creado por Yoshiaki Sato en Japón, bajo el nombre de KAATSU y se dio a conocer en 1985.<sup>(14)</sup> Se usa tanto en deportes de rendimiento, como para la rehabilitación de enfermedades musculoesqueléticas.<sup>(15)</sup>

No se limita únicamente al entrenamiento de fuerza, sino que también es combinado con ejercicios aeróbicos para promover adaptaciones neuromusculares, mejoras en la aptitud cardiovascular, aumento de la frecuencia cardíaca y el volumen de oxígeno ( $VO_2$ ).<sup>(16-17)</sup>

La característica principal de este entrenamiento es el uso de un manguito de oclusión que se utiliza como torniquete en la extremidad a trabajar (al 40-80% de la presión de oclusión) para limitar el flujo de sangre, con el fin de generar hipoxia en el músculo.<sup>(12, 14-16)</sup>

Durante el ejercicio se manipulan cargas bajas [20-30% de una repetición máxima (RM)], lo que disminuye el estrés mecánico sobre el sistema musculoesquelético y se realizan más repeticiones que en el entrenamiento de alta carga (entre 15 y

30). El tiempo de restricción del flujo vascular debe ser de 5 a 10 minutos y puede ser intermitente o continuo.<sup>(8, 11, 13, 15)</sup>

La disminución del suministro de oxígeno al tejido muscular (hipoxia), y la isquemia local, aumentan los estímulos metabólicos, lo que estimula el proceso de síntesis de proteínas miofibrilares, la inflamación de las células musculares y el aumento del estrés oxidativo.<sup>(15, 18)</sup>

Debido a los beneficios que tiene este tipo de entrenamiento en cuanto a aumento en la capacidad funcional e independencia, las cuales suelen afectarse negativamente debido a la inactividad y fatiga que impone la enfermedad y el procedimiento terapéutico, podría ofrecer futuras opciones de tratamiento para aquellos pacientes que concurren a hemodiálisis. Es por ello que el objetivo principal de esta revisión es analizar la efectividad del entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo en la rehabilitación funcional y capacidad de integración en sociedad de estos pacientes.<sup>(2, 23)</sup>

## METODOLOGÍA

Se realizó una búsqueda sistemática de la literatura. Se consideraron todos los ensayos clínicos que

incluyeron un programa de entrenamiento con restricción del flujo vascular en personas con insuficiencia renal crónica que recibían tratamiento de diálisis o hemodiálisis.

Estrategia de búsqueda:

La evidencia disponible se revisó hasta abril del 2021, utilizando las bases de datos electrónicas; PubMed, Cochrane Library, LILACS, PEDro, Science Direct, y Google académico, sin limitar la fecha de publicación. Se utilizaron operadores booleanos y términos MESH siempre que fue posible, en combinación con términos de texto libre, la estrategia de búsqueda se adaptó correctamente para cada base de datos (**Tabla 1**). Los artículos fueron elegidos por dos revisores (PB; AP); quienes evaluaron de forma independiente y por separado los títulos y resúmenes de cada artículo. Se eliminaron en primer lugar los artículos que no tuvieran relación con el tema y posteriormente los duplicados. Se evaluó la elegibilidad de cada estudio según los criterios de selección. Se continuó con la lectura del texto completo por parte de todos los autores. Se buscaron artículos en los idiomas: inglés y español.

Los términos utilizados fueron los siguientes:

**Tabla 1.** Estrategia de búsqueda y resultados

Base de datos	Estrategia de búsqueda	Resultados (N°)
PUBMED	(Blood flow restriction OR blood flow restriction exercise OR blood flow restriction training OR Kaatsu Training) AND (chronic renal failure OR Renal Disease OR Renal Insufficiency, Chronic OR hemodialysis OR dialysis OR Chronic Kidney Disease)	31 (Filtrado por "Ensayo clínico")
Cochrane	(Blood flow restriction OR blood flow restriction exercise OR blood flow restriction training) AND (chronic renal failure OR Renal Disease OR Renal Insufficiency, Chronic OR hemodialysis OR dialysis OR Chronic Kidney Disease)	76
Sciencedirect	("Blood flow restriction" OR "blood flow restriction exercise" OR "blood flow restriction training" OR Kaatsu Training) AND ("chronic renal failure" OR "Renal Disease" OR "Renal Insufficiency, Chronic" OR "hemodialysis" OR "dialysis" OR "Chronic Kidney Disease")	36
PEDro	Blood flow restriction* kidney Disease * Blood flow restriction*hemodialysis*dialysis* Blood flow restriction* Renal Insufficiency, Chronic* Blood flow restriction* Chronic Kidney Disease*	3 2 0 0
LILACS	("Blood flow restriction") AND (Chronic Kidney Disease) ("Blood flow restriction") AND (Renal Disease) ("Blood flow restriction") AND (hemodialysis OR dialysis) (blood flow restriction exercise ) AND (Renal Disease )	11 9 11 15
Google Académico	("Blood flow restriction" OR "blood flow restriction exercise" OR "blood flow restriction training" ) AND ( "chronic renal failure" OR "Renal Disease" OR "Renal Insufficiency, Chronic" OR "hemodialysis" OR "dialysis" OR "Chronic Kidney Disease")  "Entrenamiento con Restricción Parcial del Flujo Sanguíneo" y "hemodiálisis" o "diálisis" o "insuficiencia renal"	6 7 6  1

blood flow restriction, blood flow restriction exercise, blood flow training, kaatsu training asociado con chronic renal failure, renal disease, renal insufficiency, chronic hemodialysis, dialysis, chronic kidney disease, para los términos en inglés y restricción parcial del flujo vascular asociado con hemodiálisis, diálisis e insuficiencia renal crónica para la búsqueda en español.

### Criterios de selección

Los artículos fueron elegidos si: 1) Eran ensayos clínicos en personas con diagnóstico de insuficiencia renal crónica que recibían diálisis o hemodiálisis; 2) La intervención consistió en entrenamiento con RFV (grupo experimental), en comparación con entrenamiento sin RFV (grupo convencional y/o control); 3) la misma era realizada durante la sesión de diálisis o hemodiálisis, y supervisada por un profesional (fisioterapeuta, enfermero, profesor de educación física). Se excluyeron los estudios en los que no fue posible obtener el texto completo, resúmenes de congresos y protocolos de ensayos clínicos y aquellos con resultados inconclusos.

### Extracción de datos

Después de la elección de los estudios, se extrajo información sobre las características de la población: edad (media y DE), y número de

muestra de pacientes, objetivo del estudio y diseño. Las características del programa de ejercicios / intervención: intensidad, frecuencia, duración y los métodos restricción del flujo vascular, resultados y efectos adversos. para los grupos con RFV (c/ RFV), sin RFV(s/RFV) y grupo control (GC).

Los resultados medidos fueron en cuanto a la capacidad física (Fuerza y resistencia) y efectos hemodinámicos en la función renal y de adecuación de la diálisis. Además, se extrajeron datos sobre el autor y año de publicación del estudio.

Ejemplos de medida de la capacidad física: la prueba de caminata de 6 minutos (6MWT), la prueba de sentado a de pie (30STS), pruebas de fuerza de agarre y de miembros inferiores (MMII). Y ejemplos de medida de efectos hemodinámicos: la presión arterial (PA), presión arterial diastólica y sistólica (PAD, PAS) presión arterial media (PAM), Ultrafiltración glomerular (UF), urea, kt/V, etc.

A fin de determinar la validez de los ensayos clínicos se utilizó la escala de PEDro (Tabla2). Esta escala puntúa la validez externa (criterio 1), validez interna (criterios 2-9) y la información estadística para interpretar los resultados (criterios 10-11). Los estudios calificados de alta calidad metodológica y bajo riesgo de sesgo son determinados con una puntuación  $\geq$  a 5.

A efectos de minimizar errores, la extracción

**Tabla 2.** Evaluación de los estudios a través de la escala de PEDro

	Criterio de elegibilidad	Asignación aleatoria	Asignación oculta	Possibilidad de comparar los valores entre los grupos iniciales	Sujetos cegados	Terapeutas cegados	Evaluadores cegados	Resultados en más del 85% de los sujetos	Intención de tratar	Comparación entre grupos	Medidas puntuales y de variabilidad	Puntuación total
Cardoso <i>et al.</i> 2019	Si	Si	Si	Si	No	No	Si	Si	No	Si	Si	7
Dias <i>et al.</i> 2020	Si	No	No	Si	No	No	No	Si	No	Si	Si	4
Barbosa <i>et al.</i> 2018	Si	Si	Si	Si	No	No	No	No	Si	Si	Si	6
Clarkson <i>et al.</i> 2020	Si	No	No	Si	No	No	No	Si	Si	Si	Si	5
Clarkson 2019	Si	Si	No	Si	No	No	Si	Si	Si	Si	Si	7

de los datos, de acuerdo con los criterios predefinidos, tuvo una etapa de selección y otra de verificación o control. La información se

sistematizó en dos tablas. (Tabla 3 y 4).

Ver la **Tabla 4** en las páginas 14 y 15

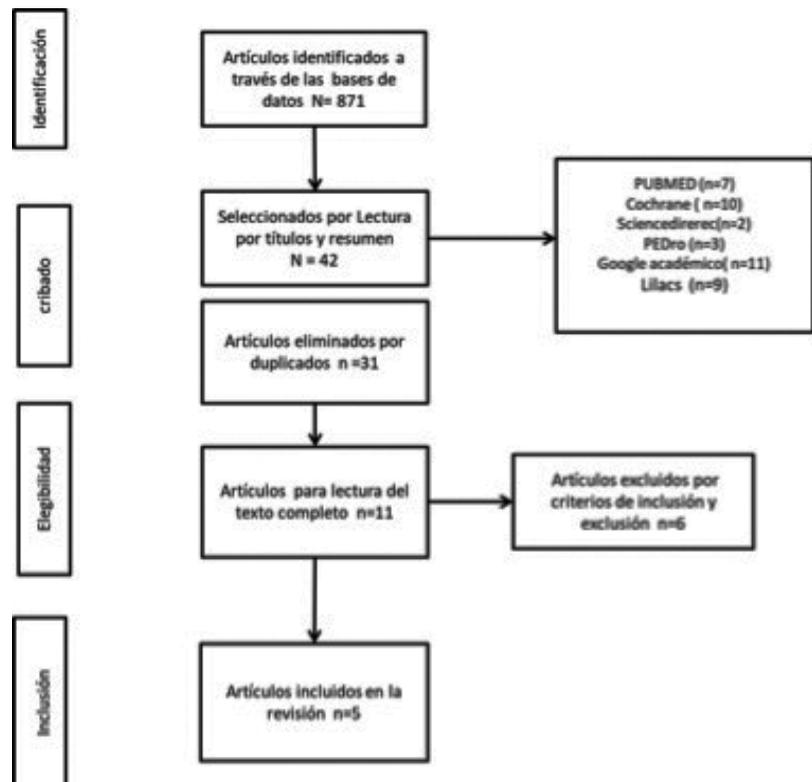
**Tabla 3.** Características de los estudios incluidos en la revisión sistemática

Autor - Año	Características de la muestra			Objetivo	Diseño
	Número total de participantes	Grupos	Edad		
Cardoso <i>et al.</i> 2019	66	C/RFV:22 S/RFV:22 GC: 22	52.4± 15.8 RFV: 49.4± 15.9 S/RFV: 59.8± 16.1 GC: 48.2± 13.6	Comparar efecto de EA ID con RFS, sin RFS, y sin ejercicio sobre FM y resistencia al caminar	ECCA
Dias <i>et al.</i> 2020	20	C/RFV: 11 S/RFV: 11	50.3± 13.8 RFV: 46.6± 11 S/RFV: 53.9± 15.3	Comparar los parámetros de adecuación de la HD entre sesiones de ejercicio ID con y sin RFV con sesiones de diálisis con y sin ejercicio	EC cruzado
Barbosa <i>et al.</i> 2018	26	C/RFV: 12 S/RFV: 14	Hombres 61.33±7.82; Mujeres: 60.33± 10.67	Evaluar eficacia del entrenamiento con RFV sobre el diámetro y flujo de los vasos sanguíneos, la FM y la circunferencia del antebrazo en pacientes con IRC antes de la creación de la FAV.	ECCA
Clarkson <i>et al.</i> 2020	10	C/RFV:10 S/RFV: 10	61±13	Evaluar respuestas hemodinámicas agudas (FC, PA) y tolerancia percibida al EA con RFS en ambientes hemodinámicamente inestables	EC C r u z a d o p r o g r e s i v o
Clarkson MJ. 2019	21	C/RFV: 7 S/RFV: 7 GC: 7	18-80 C/RFV: 54±22 S/RFV: 72.3± 5.4 GC: 74.1± 7.6	Establecer la eficacia de 12 semanas de EA en bicicleta con RFV, en comparación con entrenamiento tradicional en bicicleta, en pacientes sometidos a diálisis.	ECCA

\* RFV: restricción del flujo vascular; C/ RFV: con restricción del flujo vascular; S/ RFV: sin restricción del flujo vascular; GC: grupo control; EA: ejercicio aeróbico; IRC: insuficiencia renal crónica; HD: hemodiálisis; ID: intradiálisis; FM: fuerza muscular; ECCA: Ensayo clínico controlado aleatorio; EC: Ensayo clínico; FAV: fístula arteriovenosa

**Resultados de la búsqueda bibliográfica**

**Figura 1.** Diagrama de flujo de selección de estudios



**Tabla 4.** Características de la intervención con ejercicio de los estudios incluidos en la revisión sistemática

Autor	Duración	Frecuencia	Intensidad	Protocolo	
				Con RFV	Sin RFV
Cardoso <i>et al.</i> 2019	12 semanas	3 sesiones semanales	Moderado. 60 al 76% de FCM	EA con 20' cicloergómetro y RFV al 50%	EA con cicloergómetro.  Grupo control, sin ejercicio
Dias <i>et al.</i> 2020	2 semanas.	4 sesiones por paciente. 2 con ejercicio y 2 control	Moderada. 12 a 13 según escala de Borg	EA con cicloergómetro. RFV AL 50%, 20 minutos durante las 2 primeras horas de HD	EA con cicloergómetro, 20' durante las 2 primeras hs de HD  Después de 60 lavados se recogieron los parámetros de adecuación HD sin ejercicio
Barbosa <i>et al.</i> 2018	8 semanas	2 sesiones por semana	No especifica	Levantamiento de pesa con flexión de codo. Con progresivo aumento de peso de 1-3 kg  Presión manual con dinamómetro al 40% de FM. Las series de 10 rep. con 1 minuto de descanso. Con RFV al 50%	Ejercicios. Presión manual con pelota de tenis en casa. Levantamiento de pesa con flexión de codo. Con progresivo aumento de peso de 1-3 kg  Presión manual con dinamómetro al 40% de FM. Las series de 10 rep
Clarkson <i>et al.</i> 2020	2 semanas	6 sesiones distribuidas en 15 días	Baja a moderada	Intermitente de 10' EA, 20' de descanso, 10' EA con cicloergómetro, durante HD. Con RFV al 50%  Intermitente de 10' EA, 20' de descanso, 10' EA con cicloergómetro, fuera de la HD. Con RFV al 50%	Intermitente de 10' EA, 20' de descanso, 10' EA con cicloergómetro, durante HD
Clarkson MJ. 2019	12 semanas	3 sesiones semanales	Moderada 60% de FCM	EA 10' en bicicleta, 20' de descanso, 10' EA con cicloergómetro. Con RFV al 50%.	20' de ciclismo continuo con cicloergómetro.  Grupo control, sin ejercicio

\*EA: Entrenamiento Aeróbico; FCM: frecuencia cardíaca máxima; HD : Hemodiálisis ;ID: intradiálisis; FM: Fuerza máxima; UF: Ultrafiltración

Para la elaboración de la revisión que se llevó a cabo, se seleccionaron una tesis doctoral y cuatro artículos específicos del tema que, según la escala PEDro (**Tabla 2**), cuentan con calificación de 7, 7, 6, 5 y 4 de un puntaje máximo de 10.

En la **Tabla 3** se presentan las características de la muestra y de los estudios incluidos en esta revisión sistemática; 2 de los estudios eran ensayos clínicos cruzados que evaluaron los parámetros de adecuación de la diálisis durante el ejercicio con y sin RFV,<sup>(20-24)</sup> y 3 ECCA que evaluaron la capacidad física.<sup>(21-23)</sup>

La **Tabla 4** refleja las características del

entrenamiento con restricción del flujo vascular en relación a la intensidad, la duración, la frecuencia, la intervención y las principales conclusiones.

En cuatro estudio seleccionados, se realizaron tareas aeróbicas a través del uso de un cicloergómetro y la colocación de una banda inflable en el extremo proximal de las extremidades inferiores, generando una reducción del 50% del flujo sanguíneo arterial durante tiempos continuos.<sup>(20-22, 24)</sup>

En todos los estudios se compararon los resultados del entrenamiento c/RFV, con los obtenidos con la intervención tradicional.<sup>(20-24)</sup> Las sesiones de entrenamiento fueron supervisadas por

Continuación de la **tabla 4**

Mediciones	Conclusiones	Efectos adversos
Fuerza en miembros inferiores y resistencia a la marcha	Aumento significativo en la resistencia al caminar en grupo con RFV. No se encontró aumento en grupo convencional ni el de control	No se registraron efectos adversos
Parámetros de adecuación de diálisis: Kt / V-urea equilibrada (eKT / V), Kt / V-urea de grupo único (sp-Kt / V), rebote de urea y fósforo, índice de reducción de urea (URR) y eliminación de urea y fósforo en diálisis	El Ejercicio continuo ID con RFV fue más efectivo para mejorar la adecuación de la HD que el Ejercicio sin RFV	Sin efectos adversos
Diámetro de arteria radial y vena cefálica. Pico flujo y velocidad promedio de circulación de estas arterias. Circunferencia del antebrazo Fuerza de agarre	Aumento de diámetro significativo en arteria radial, respecto del GC. Aumento de diámetro de venas cefálicas en ambos grupos. Sin diferencias significativas. La fuerza de agarre fue mayor en el grupo sin RFV	Sin efectos adversos
FC, PA (Diastólica, Sistólica y media) Tasa de UF, KT/V Percepción del esfuerzo Malestar percibido	No hay respuestas hemodinámicas significativamente diferentes inmediatamente después del EA con RFV sin HD y ejercicio ID con y sin RFV	Sin efectos relacionados a la RFV
Fuerza muscular máxima Capacidad física objetiva Composición corporal total y regional Área transversal del músculo femoral Calidad de vida: Comportamiento de la actividad física. Esfuerzo percibido	Mayor aumento de fuerza y capacidad física en grupo de RFV, sin adaptaciones del tamaño del músculo Mejor conducta de actividad física y calidad de vida	Hipertensión arterial en todos los grupos de actividad dentro de los 60 minutos posteriores

glomerular; PA: Presión Arterial; PAD: Presión arterial diastólica; PAS: Presión arterial sistólica; RFV: restricción del flujo vascular.

fisioterapeutas y/o profesores de educación física para garantizar la correcta ejecución de los ejercicios y el uso del accesorio de RFV.<sup>(20-24)</sup> Únicamente el ensayo de Barbosa *et al.*<sup>(23)</sup> incluyó además una rutina de entrenamiento ambulatorio s/RFV.

En los estudios de Clarkson MJ<sup>(22)</sup> y Cardoso *et al.*<sup>(21)</sup> Se realizó una intervención de 12 semanas con EA y progresión en la intensidad teniendo en cuenta el aumento en la FC y la escala de esfuerzo subjetivo percibido.

Barbosa *et al.*<sup>(23)</sup> llevó a la práctica rutinas de entrenamiento c/RFV en miembros superiores durante 8 semanas donde se realizaron ejercicios

dinámicos de agarre, flexión de codo, y ejercicios isométricos con el 40% de la FM.

Los estudios que evaluaron parámetros hemodinámicos y de adecuación de la diálisis durante el ejercicio tuvieron una duración de dos semanas con una intensidad de ejercicio de baja a moderada utilizando la escala de esfuerzo subjetivo percibido.<sup>(20, 24)</sup> En estos se observó el aumento de la eliminación de solutos, debido al incremento del gasto cardíaco, lo que combinado con una mayor necesidad metabólica del músculo en ejercicio, conduce a la vasodilatación en las fibras musculares.<sup>(20)</sup> En cuanto a los resultados hemodinámicos: FC,

PAD, PAS y PAM se observó su aumento durante el ejercicio físico, volviendo a su línea de base luego del período de recuperación de 60 minutos. Al inicio de este período de recuperación se ve un leve descenso de la PA en todas las condiciones.<sup>(24)</sup> Sin embargo, el ensayo de Dias *et al.*,<sup>(20)</sup> demostró que la PAS luego de la sesión HD con ejercicio y sin él, disminuyó significativamente, mientras que la PAD solo lo hizo en las instancias de entrenamiento intradiálisis.

En los resultados relacionados a la capacidad física, Barbosa *et al.*<sup>(23)</sup>, se observó que el grupo de RFV hubo un pequeño aumento de fuerza de agarre (0,21%) en el 81,82% de los pacientes que completaron el entrenamiento, sin embargo, al tomar las medidas finales no se observan diferencias significativas entre los grupos. La circunferencia del antebrazo no mostró cambios entre los grupos a la hora de tomar las mediciones posteriores, pero el grupo c/RFV presentó una pequeña ventaja (0,25%) con respecto al efecto del entrenamiento s/RFV.

El estudio de Cardoso *et al.*,<sup>(21)</sup> valoró la resistencia al caminar mediante una marcha de 6 minutos e identificó que en el grupo con RFV había un aumento significativo de la distancia recorrida a pie de 412,7 (115,8) a 483,0 (131,0) m, (P=0,007) en comparación con el grupo s/RFV. Respecto a la fuerza Cardoso *et al.*,<sup>(21)</sup> no encontró diferencias entre los grupos, desde el comienzo del entrenamiento, hasta el fin de este.

Sin embargo Clarkson *et al.*<sup>(22)</sup> observó el aumento de la fuerza muscular de los miembros inferiores como resultado del programa de entrenamiento aeróbico c/RFV, como además la mejoría de algunos aspectos en cuanto a la calidad de vida, donde se observaron cambios significativos en los test de 30 STS y 6 MWT que evalúan las capacidades físicas de estos pacientes, siendo los mismos registrados al inicio y final del estudio.

Por otro lado, solo un estudio registró en los pacientes del grupo de entrenamiento c/RFV efectos adversos como hipotensión arterial en casi todos los pacientes y un episodio de síncope (presión arterial 88/68), no generando efectos prolongados del evento.<sup>(24)</sup>

## DISCUSIÓN

Los pacientes con IRC sufren de anemia, fatiga y atrofia muscular. Esto reduce la capacidad aeróbica y funcional y en consecuencia, la realización de actividad física. El 95% de estos

pacientes necesita asistencia, por lo menos en una de las actividades cotidianas.<sup>(22)</sup> Por ello, resulta inadecuado prescribir una intensidad y volumen de entrenamiento fuera de bajo/ moderado.<sup>(21)</sup>

En tal sentido diversos estudios plantean que el entrenamiento c/RFV combinado con bajas cargas podría representar una alternativa para personas con ERC.<sup>(20-24)</sup> Proporcionando un modelo de prescripción de ejercicios simple y eficiente, logrando ajustarse a las necesidades del paciente dializado, con resultados equivalentes al ejercicio aeróbico convencional, con menor volumen e intensidad de ejercicio.<sup>(23-24)</sup>

Sin embargo, Cardoso *et al.*<sup>(21)</sup> encontró que el entrenamiento c/RFV tiene un efecto leve en el incremento de la fuerza en miembros inferiores (+12%) después de 3 meses de intervención, sobre el entrenamiento convencional o grupo control, esta diferencia no fue estadísticamente significativa entre los grupos. Esto se contradice a su vez, por los encontrados por Clarkson<sup>(22)</sup> quien halló un aumento en la fuerza absoluta para el grupo c/RFV (4.7 ± 3,9 kg) siendo significativamente mayor que para el entrenamiento S/RFV (1.4 ± 1,5 kg; p=0,026), y tanto el grupo c/RFV y s/RFV aumentaron significativamente la fuerza de MMII en comparación con el GC.

Por otro lado, en cuanto a la resistencia Cardoso *et al.*<sup>(21)</sup> y Clarkson MJ<sup>(22)</sup> evidenciaron superioridad en el grupo de entrenamiento c/RFV sobre el grupo tradicional. Donde el mostraron diferencias estadísticamente significativas a la evaluación de la resistencia en la marcha con el test de 6 MWT. Además, Clarkson MJ<sup>(22)</sup> observó beneficios en ambos grupos de entrenamiento en cuanto a la capacidad física, los cuales fueron mayores en el grupo c/RFV según los tests 30 STS y TUG, mientras que el grupo convencional aumentó el rendimiento de 6 MWT solamente, reafirmando el concepto del beneficio que brinda el ejercicio físico en estos pacientes. Así mismo observó ciertos cambios en el comportamiento de los grupos de actividad física en cuanto a la calidad de vida, reflejados en la disminución de los síntomas relacionados con eventos adversos en las 12 semanas, en comparación con el grupo control, el cual no observó cambios.

Por otra parte, Barbosa *et al.*<sup>(23)</sup> investigó la eficacia del entrenamiento c/RFV en miembros superiores, con el objetivo de reducir la alta incidencia de los fracasos de fístula arteriovenosa

(FAV). Los resultados muestran que la fuerza de agarre fue superior en el grupo de entrenamiento c/RFV en un porcentaje muy bajo (0,21%) de los pacientes que completaron el entrenamiento, el cual no mostró un beneficio adicional. Esto puede deberse a las pocas sesiones de entrenamiento y la selección de una población en estadios severos de la enfermedad. Por el contrario, se observó que el uso de RFV asociado al ejercicio fue eficaz en el aumento del diámetro de la arteria radial, mientras que el ejercicio convencional, demostró ser más efectivo en los cambios en vena cefálica. Sin embargo, en el flujo máximo arterial y la velocidad media de flujo no mostraron cambios.<sup>(23)</sup>

Si bien la modalidad de trabajo en casi todos los casos fue similar, con un protocolo de entrenamiento (ciclismo),<sup>(20-22, 24)</sup> y sesiones de corta duración (entre 10 a 20 minutos), hubo variaciones en el tiempo de entrenamiento entre 2 y 12 semanas y el tamaño de las muestras entre 10 a 66 participantes.<sup>(20-24)</sup> Es posible que dichas variantes pudieran incidir en los resultados obtenidos.

La intensidad marcada pudo haber sido un factor determinante en los resultados arrojados, en cuanto al aumento de fuerza, según los autores. Los mismos consideran que al trabajar con baja a mediana intensidad y con bajas cargas, el entrenamiento c/RFV y el entrenamiento convencional proporcionan iguales ganancias en fuerza.<sup>(20, 22)</sup>

Se entiende que en futuros estudios se debería aumentar la intensidad y/o complejidad en la prescripción del entrenamiento, con el fin de maximizar el estímulo y posteriores resultados.<sup>(22)</sup>

Esta hipótesis parecería contraponerse a los déficits bien documentados en fuerza y capacidad física, de los pacientes con ERC donde un 40% han informado de limitaciones severas, con una intensidad incluso moderada, en sus actividades de la vida diaria. Un 45% presenta dolor de moderado a severo al intentar el ejercicio físico.<sup>(22)</sup> Así mismo Días *et al.*<sup>(20)</sup> en su estudio cruzado de 22 pacientes con ERC buscó hallazgos en la eficacia de la adecuación de la HD. La adecuación de HD se evaluó mediante Kt/V-urea equilibrada (eKT/V), Kt/V-urea (sp-Kt/V), rebote de urea y fósforo, índice de reducción de urea (URR) y eliminación de urea y fósforo en la sesión de HD. El cual demostró que el ejercicio intra dialítico c/

RFV fue más efectivo que el ejercicio convencional en la adecuación de la HD en todas las variables citadas precedentemente.

El rebote de la urea fue menor en el grupo de entrenamiento c/RFV en 9,1% en comparación a las sesiones del grupo control, mientras que el grupo de entrenamiento s/RFV tuvo un rebote del 12,8%. Esto demuestra que el rebote de urea fue menor en los dos grupos de actividad física frente al grupo control de HD. En cuanto a la eliminación de urea y fósforo, los porcentajes fueron más elevados en las sesiones con ejercicio ante el grupo control.

Dentro de este marco el ejercicio aeróbico aumenta el gasto cardíaco, haciendo más efectiva la eliminación de solutos. Combinado con una mayor necesidad metabólica muscular, conduce a una vasodilatación y a una mayor perfusión muscular, favoreciendo el movimiento y salida de los solutos intracelulares y reduciendo el secuestro y el rebote de la urea. Mejorando así la eficacia de la HD.<sup>(20)</sup>

Por último, Clarkson *et al.*<sup>(24)</sup> y Días *et al.*<sup>(20)</sup> encontraron que los efectos del entrenamiento sobre las respuestas hemodinámicas (FC, PAS, PAD, y MAD), no fueron significativamente diferentes inmediatamente después del trabajo aeróbico c/RFV intradiálisis, en comparación con los resultados de trabajo aeróbico c/ RFV fuera de la sesión de diálisis y sin RFV intradiálisis. Si bien los valores aumentaron con el ejercicio, regresaron a la línea de base después del período de recuperación de 60 minutos.<sup>(24)</sup> Luego del ejercicio, todas las medidas de presión arterial fueron significativamente más bajas en comparación con los niveles previos al ejercicio en todas las condiciones.<sup>(20, 24)</sup>

La leve reducción de la presión arterial durante la HD es algo habitual, por lo que la tendencia a la baja observada puede atribuirse a la eliminación de los solutos durante el tratamiento. Los estándares definen al paciente dializado con una disminución de la PAS mayor o igual a 20 mmHg y la PAM mayor o igual a 10 mmHg con síntomas acompañantes.<sup>(24)</sup>

La ausencia de efectos principales para la afección en todas las medidas hemodinámicas, indican que ni la aplicación de ejercicio c/RFV ni el convencional intradiálisis o extradiálisis las afectó.<sup>(24)</sup>

La literatura recomienda el método de ejercicio c/RFV para los pacientes con ERC, por su variante de acción, con un reducido tiempo de

trabajo y una modalidad de intensidad tolerada por dichos pacientes.<sup>(20-24)</sup> En lo que respecta a la práctica clínica, su aplicación continúa siendo novedosa. Esto se desprende además por la acotada bibliografía de revisión, son pocos los autores que han investigado el tema, presentando objetivos de estudios similares.

## CONCLUSIÓN

Este novedoso método de entrenamiento ha demostrado ser eficaz y seguro en pacientes con ERC intradiálisis, brindando una serie de beneficios sin alterar la eficacia del tratamiento de HD.

El método ha logrado ajustarse a las necesidades del paciente, con una prescripción de ejercicios simplificada y de intensidad baja a moderada.

Utilizar esta herramienta de rehabilitación o entrenamiento tiene efectos positivos clínicamente similares a los del entrenamiento convencional con respecto a la fuerza y la hipertrofia muscular, en un amplio rango de edades y estados físicos, mostrándose adecuado en pacientes dializados de acuerdo con las respuestas hemodinámicas y perceptivas, siendo tan beneficioso como realizar ejercicio aeróbico tradicional.

La actividad física en estos pacientes hace que su capacidad funcional y calidad de vida se mantengan y mejoren, brindando beneficios fisiológicos, (reduciendo el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares, presión, diabetes) y psicosociales, así como aumentando la esperanza de vida junto con la HD. En virtud de los resultados, el ejercicio físico es beneficioso para los pacientes con enfermedad renal crónica en cualquiera de sus condiciones de entrenamiento.

Este método de entrenamiento merece nuevas investigaciones o más profundas sobre los beneficios que puede llegar a aportar en la capacidad física. Sería interesante que los expertos en el tema consideren continuar investigando sobre los beneficios que ofrece el ejercicio en la adecuación de la HD. Los estudios han demostrado en un alto porcentaje, resultados que favorecen en la eliminación de la urea y en el rebote de la urea.

También sería conveniente profundizar en los efectos del entrenamiento sobre la distensibilidad y flujo de la arteria radial, donde dichos aspectos parecerían tener un rol importante en la creación de la FAV, así como poder minimizar los riesgos y complicaciones que ocasiona, proporcionando una mejor calidad de vida al paciente.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1) Sarmiento Becerra OM, Puentes Salazar AM, Hernández AE. ¿Cuál es la seguridad de un programa de ejercicios, como intervención, durante la hemodiálisis para el paciente con enfermedad renal crónica? *Rev Colomb Nefrol.* 2019;6(1):35-47. doi: 10.22265/acnef.6.1.328.
- 2) Cobo Sevilla V, Alulema Villacis LJ. *Efectividad del entrenamiento del acondicionamiento físico en pacientes que reciben hemodiálisis* [Internet]. Repositorio de la Universidad Técnica de Ambato, 2015. Disponible en: <<https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/15858>> (consulta: 20/11/2021).
- 3) Hill NR, Fatoba ST, Oke JL, Hirst JA, O'Callaghan CA, Lasserson DS, et al. Global Prevalence of Chronic Kidney Disease - A Systematic Review and Meta-Analysis. *PLoS One.* 2016;11(7):e0158765. doi: 10.1371/journal.pone.0158765.
- 4) González-Bedat MC, Ferreiro Fuentes A, Ceretta ML. *Registro Uruguayo de Diálisis. Informe anual 2017.* Montevideo: Sociedad Uruguaya de Nefrología, 2019. 78 p.
- 5) Uruguay. Fondo Nacional de Recursos. *Informe anual de diálisis crónica 2018* [Internet]. Montevideo: Unidad Registros Médicos, 2019. Disponible en: <[http://www.fnr.gub.uy/sites/default/files/estadisticas/ia2018/ia\\_dial\\_2018.pdf](http://www.fnr.gub.uy/sites/default/files/estadisticas/ia2018/ia_dial_2018.pdf)> (consulta: 20/11/2021).
- 6) Sheng K, Zhang P, Chen L, Cheng J, Wu C, Chen J. Intradialytic exercise in hemodialysis patients: a systematic review and meta-analysis. *Am J Nephrol.* 2014;40(5):478-90. doi: 10.1159/000368722.
- 7) Segura Ortí E, Momblanch Amorós MT, Martí Monros A, Martínez JF, Ruescas Nicolau A, Cardo Maza A, et al. Ejercicio de fuerza durante la hemodiálisis: una forma de mejorar la calidad de vida [Internet]. *Enferm Nefrol.* Disponible en: <[https://www.revistaseden.org/files/1829\\_h16.pdf](https://www.revistaseden.org/files/1829_h16.pdf)> (consulta: 20/11/2021).
- 8) Hughes L, Paton B, Rosenblatt B, Gissane C, Patterson SD. Blood flow restriction training in clinical musculoskeletal rehabilitation: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2017;51(13):1003-11. doi: 10.1136/bjsports-2016-097071.
- 9) Rodrigues Neto G, Silva JCG, Umbelino RKC, Silva HG, Neto EAP, Oliota-Ribeiro LS, et al. Are there differences in auscultatory pulse in total blood flow restriction between positions, limbs and body segments? *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum.* 2018;20(5):381-90. doi: 10.5007/1980-0037.2018v20n5p381.
- 10) Granada Jaraba E. Eficacia, seguridad y parámetros relevantes en el entrenamiento de baja intensidad con restricción de flujo sanguíneo: revisión bibliográfica

- [Tesis]. *Academia-e* [Repositorio de la Universidad Pública de Navarra], 2018. Disponible en: <<https://academica-e.unavarra.es/xmlui/handle/2454/28829>> (consulta: 20/11/2021).
- 11) Lencina Bonorino S, de Sá CA, da Silva Corralo V, Michelini Olkoski M, da Silva-Grigoletto ME, Barros Saretto C, *et al.* Hemodynamic responses to strength exercise with blood flow restriction in small muscle groups. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum.* 2019; 21:e56258. doi: 10.5007/1980-0037.2019v21e56258.
  - 12) Bahamondes-Avila C, Lagos J, Bustos L, Alvarez-Castillo J, Berral de la Rosa FJ, Salazar LA. Efectos de un entrenamiento de miembro inferior con restricción parcial del flujo sanguíneo en la fuerza muscular y biomarcadores sistémicos de daño muscular e inflamación. *Int J Morphol.* 2018;36(4):1210-5. doi: 10.4067/S0717-95022018000401210.
  - 13) Head P, Austen B, Browne D, Campkin T, Barcellona M. Effect of practical blood flow restriction training during bodyweight exercise on muscular strength, hypertrophy and function in adults: a randomised controlled trial. *Int J Ther Rehabil.* 2015;22(6):263-4. doi: 10.12968/ijtr.2015.22.6.263.
  - 14) Cook SB, Cleary CJ. Progression of blood flow restricted resistance training in older adults at risk of mobility limitations. *Front Physiol.* 2019;10:738. doi: 10.3389/fphys.2019.00738.
  - 15) Fuquen Rivas DA, Gracia Díaz AJ. Revisión teórica del entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo hacia la hipertrofia y fuerza muscular. *Rev Actividad Fis Deporte.* 2019;5(2):142-70. doi: 10.31910/rdafd.v5.n2.2019.1264.
  - 16) Tegtbur U, Haufe S, Busse MW. Anwendung und Effekte des “blood flow restriction training”. *Unfallchirurg.* 2020;123:170-5. doi: 10.1007/s00113-020-00774-x.
  - 17) Picón-Martínez M, Chulvi-Medrano I, Alonso-Aubin DA. Uso del entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo en España: un estudio transversal. *J Sport Health Res.* 2019;11(2):171-86.
  - 18) Araújo Júnior AT de, Cirilo-Sousa MS, Rodrigues Neto G, Poderoso R, Veloso Neto G, Garrido ND, *et al.* Oxygen uptake and resistance exercise methods: the use of blood flow restriction. *Rev Bras Med Esporte.* 2018;24(5):343-6. doi: 10.1590/1517-869220182405180336.
  - 19) Evangelista AL, Rica RL, Paulo AC, Vieira RP, Corso SD, Santos Dias A, *et al.* Acute and subacute effects of resistance training with and without blood flow restriction on muscle thickness and cytokines. *Motricidade.* 2019;15(1):79-86. doi: 10.6063/motricidade.14910.
  - 20) Días EC, Orcy R, Antunes MF, Kohn R, Rombaldi AJ, Ribeiro L, *et al.* Intradialytic exercise with blood flow restriction: Something to add to hemodialysis adequacy? Findings from a crossover study. *Hemodial Int.* 2020;24(1):71-8. doi: 10.1111/hdi.12793.
  - 21) Cardoso RK, Araujo AM, Del Vecchio FB, Bohlke M, Barcellos FC, Oses JP, *et al.* 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.* 2020;34(1):91-8. doi: 10.1177/0269215519880235.
  - 22) Clarkson MJ, Fraser SF, Bennett PN, McMahon LP, Brumby C, Warmington SA. Efficacy of blood flow restriction exercise during dialysis for end stage kidney disease patients: protocol of a randomised controlled trial. *BMC Nephrol.* 2017;18(1):294. doi: 10.1186/s12882-017-0713-4.
  - 23) Barbosa JB, Maia TO, Alves PS, Bezerra SD, Moura EC, Medeiros AIC, *et al.* Does blood flow restriction training increase the diameter of forearm vessels in chronic kidney disease patients? A randomized clinical trial. *J Vasc Access.* 2018;19(6):626-33. doi: 10.1177/1129729818768179.
  - 24) Clarkson MJ, Brumby C, Fraser SF, McMahon LP, Bennett PN, Warmington SA. Hemodynamic and perceptual responses to blood flow-restricted exercise among patients undergoing dialysis. *Am J Physiol Renal Physiol.* 2020;318(3):F843-F850. doi: 10.1152/ajprenal.00576.2019.