

Efectividad de un entrenamiento cardiorrespiratorio, muscular y ventilatorio en el rendimiento aeróbico de pacientes hemodializados

Effectiveness of a cardiorespiratory, muscular and ventilatory training program in the aerobic performance of hemodialysis patients

Paula Moscoso Aguayo¹, Catalina Arismendi Newmann¹, Rocío Bahamondes Lobo¹, Rosa Soto Cárdenas¹, Luis Ojeda Silva².

¹ Escuela de Kinesiología, Facultad de Medicina, Universidad Austral de Chile. Unidad de Diálisis, Hospital Base Valdivia, Valdivia, Chile.

² Instituto de Estadística, Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.

Resumen

Introducción: la enfermedad renal crónica terminal provoca fatiga y debilidad muscular progresiva, que afecta no solo la musculatura de extremidades, sino también la respiratoria. Existen diversos estudios de entrenamiento combinado en pacientes dializados, pero sin incluir trabajo respiratorio. Por esto, el presente estudio pretende determinar la efectividad de un entrenamiento combinado aeróbico, de resistencia de miembro inferior y de resistencia muscular inspiratoria, en el rendimiento aeróbico de pacientes hemodializados.

Materiales y métodos: ensayo clínico aleatorizado que incluyó 11 pacientes hemodializados del Hospital Base Valdivia. Fueron divididos en dos grupos, uno sometido a un programa de entrenamiento con ejercicio aeróbico, de resistencia muscular de miembros inferiores y de musculatura inspiratoria (ARM+V) (n=6), y el otro, a un programa de entrenamiento con ejercicio aeróbico y de resistencia muscular de miembros inferiores (ARM) (n=5). La intervención fue realizada durante 8 semanas evaluando el rendimiento pre y post intervención de capacidad aeróbica (TM6M), fuerza inspiratoria máxima (Carefore Airlift NIF-gauge®) y función pulmonar (Sibelmed Dataspir Micro Spirometer 120D®) en ambos grupos.

Resultados: el grupo ARM+V obtuvo mejoras significativas ($p<0,05$) en el rendimiento del TM6M ($p=0,027$) y PIM ($p=0,001$); así mismo el grupo ARM mejoró en el TM6M ($p=0,022$) y PIM ($p=0,002$) y en la espirometría se mostró una disminución significativa en VEF1 ($p=0,004$), CVF ($p=0,005$) y VEF1/CVF ($p=0,038$).

Conclusión: ambos entrenamientos fueron efectivos en la mejora del rendimiento aeróbico, pero el grupo ARM+V obtuvo mejoras significativamente superiores en este ítem. Ninguno de los dos entrenamientos obtuvo mejoras en los valores espirométricos.

Palabras clave: diálisis renal, terapia por ejercicio, músculos respiratorios.

doi:<http://dx.doi.org/10.22265/acnef.7.1.368>

Abstract

Introduction: End stage kidney disease causes fatigue and progressive muscle weakness, which affects not only the muscles of extremities, but also the respiratory. There are several studies of combined training in dialysis patients, but not including respiratory work. Therefore, the present study aims to determine the effectiveness of an aerobic, lower limb resistance and inspiratory muscle resistance combined training in the generation of changes in aerobic performance of patients undergoing hemodialysis.

Material and methods: Randomized controlled trial which included 11 hemodialysis patients from Valdivia's Central Hospital. The sample was divided in two groups, the first one included: an aerobic, lower limbs and inspiratory muscle training (ARM+V) (n=6) and the second one included an aerobic and lower limbs muscle training (ARM) (n=5). The training was performed during 8 weeks and three variables were measured in both groups pre and post intervention, inspiratory muscle strength (Carefore Airlift NIF-gauge®), aerobic endurance (6MWT) and pulmonary function (Sibelmed Dataspir Micro Spirometer 120D®).

Results: ARM+V group obtained significant improvements ($p<0.05$) in 6MWT performance ($p=0.027$) and MIP ($p=0.001$). Likewise performance improved in 6MWT ($p=0.022$) and MIP ($p=0.002$) at ARM group, but decreased in spirometry values: FEV1 ($p=0.004$), FVC ($p=0.005$) and FEV1/FVC ($p=0.038$).

Conclusion: Both training protocols were effective in the aerobic endurance improvement, however the patients in the ARM+V group presented better changes than the ARM group. Neither of the two training programs improved pulmonary function.

Key words: Renal dialysis, exercise therapy, respiratory muscles.

doi:<http://dx.doi.org/10.22265/acnef.7.1.368>



Citación: Moscoso Aguayo P, Arismendi Newmann C, Bahamondes Lobo R, Soto Cardenas R, Ojeda Silva L. Efectividad de un entrenamiento cardiorrespiratorio, muscular y ventilatorio en el rendimiento aeróbico de pacientes hemodializados. Rev. Colomb. Nefrol. 2020;7(1): 25-35. <https://doi.org/10.22265/acnef.7.1.368>

Correspondencia: Paula Moscoso Aguayo, paula.moscoso@uach.cl

Recibido: 19.08.19 • **Aceptado:** 16.01.20 • **Publicado en línea:** 17.03.20

Introducción

La enfermedad renal crónica (ERC) es un término general para desórdenes heterogéneos que afectan la estructura y la función del riñón¹. La ERC tiene distintas etapas, de las cuales la etapa 5 corresponde a la pérdida progresiva y permanente de la función renal, donde el único tratamiento disponible es la exposición a hemodiálisis (HD) o finalmente el trasplante renal². Actualmente es un grave problema de salud pública, ya que solo en Chile el año 2017 la HD alcanzó una prevalencia de 1208 personas por millón³.

El tratamiento con HD causa una serie de consecuencias en todos los sistemas, de los cuales los más afectados son el sistema cardiovascular y el músculo-esquelético, provocando fatiga y debilidad muscular⁴; esto lleva posteriormente a una pérdida progresiva de masa muscular⁵.

Estas son razones que otorgan la importancia al ejercicio físico en este tipo de pacientes, para quienes se han propuesto programas de entrenamiento físico intradiálisis que utilizan ejercicios aeróbicos y de resistencia de miembro inferior (MMII)^{4,6,7}; de esta manera se tienen resultados positivos reflejados no solo en el aumento de la capacidad aeróbica y la fuerza muscular en dichos pacientes, sino también en la mejora de la eficacia de la HD y la disminución significativa del nivel de discapacidad⁶.

Por otro lado, el sistema respiratorio también se ve altamente afectado en estos pacientes, ya que ocurren cambios degenerativos de la musculatura por la disminución de tejido contráctil debido a las toxinas urémicas, llevando a una disminución de la fuerza de la musculatura ventilatoria^{8,9}. Esto trae consecuencias también en la disminución de los valores del volumen espiratorio forzado en el primer segundo (VEF1) y de la capacidad vital forzada (CVF), reflejando un deterioro en la capacidad pulmonar de pacientes sometidos a HD¹⁰.

En el 2010, Silva *et al.*¹¹ llevaron a cabo un protocolo de ejercicios de fuerza muscular ventilatoria en pacientes bajo tratamiento de HD, usando una válvula umbral inspiratoria. Luego de 8 semanas de

entrenamiento se observó una mejora estadísticamente significativa ($p < 0,05$) de la capacidad aeróbica y de la presión inspiratoria máxima (PIM) en el grupo experimental. Este estudio comprueba la relación entre el entrenamiento ventilatorio y la capacidad aeróbica; sin embargo, no hay protocolos que demuestren si el trabajo ventilatorio combinado con un entrenamiento aeróbico y/o de resistencia de MMII tiene mejores resultados en el aumento de la capacidad aeróbica en los pacientes hemodializados.

Es por esto que el principal objetivo del presente estudio es determinar la efectividad de un entrenamiento aeróbico, de resistencia de miembro inferior y de resistencia muscular inspiratoria en la generación de cambios en el rendimiento aeróbico de pacientes sometidos a hemodiálisis; y la hipótesis generada es que un entrenamiento que combina ejercicio aeróbico, de resistencia de miembro inferior, y que incluye además resistencia muscular inspiratoria, es más efectivo en la generación de cambios en el rendimiento aeróbico en pacientes hemodializados.

Materiales y métodos

Diseño y población de estudio

El diseño del presente estudio es de tipo experimental, correspondiente a un ensayo clínico aleatorizado. Se trabajó durante 8 semanas con pacientes sometidos a HD en la unidad de diálisis del Hospital Base de Valdivia desde octubre del 2015 hasta febrero del 2016, pertenecientes a los tres turnos de los días lunes, miércoles y viernes, y al segundo y tercer turno de los días martes, jueves y sábado.

Fueron incluidos pacientes ambulatorios cursando HD por vía fístula arterio-venosa (FAV) con un tratamiento superior a tres meses y con un resultado igual o superior a 24 puntos en el Test Mini-Mental. Dentro de los criterios de exclusión se consideró el uso de fármacos antihipertensivos en la hora precedente de HD, padecer diabetes e hipertensión no controlada, confusión mental, presentar amputación de miembro inferior, síndrome cardíaco agudo, pacientes con aislamiento, presentar alguna enfermedad

pulmonar aguda y presentar clase III o IV de angina. Del total de la población de 118 pacientes, 21 cumplían con los criterios de selección; 15 de ellos aceptaron ser parte del estudio. De estos últimos, 4 fueron excluidos por las siguientes causas: problemas con la fístula arteriovenosa, pacientes en estudio cardiaco y presencia de edema pulmonar. Dado lo anterior, la muestra final comprendió 11 pacientes (6 mujeres y 5 hombres).

A los 11 pacientes estudiados se les dividió aleatoriamente en dos grupos. Mediante una tómbola, una persona ajena al estudio escogió números del 1 al 11 correspondientes a cada paciente y los dividió intercaladamente en cada grupo; a un grupo (n=6) se le asignó un entrenamiento de ejercicios aeróbico, de resistencia muscular de MMII y de musculatura inspiratoria (ARM+V), y al otro grupo (n=5) se le asignó solamente ejercicios aeróbicos y de resistencia muscular de MMII (ARM). Todos los participantes, tanto los del grupo ARM+V como los del grupo ARM, fueron ciegos a la asignación de los grupos, ya que se encontraban en distintas salas y no conocían de qué se trataba la intervención del grupo. Los evaluadores y los tratantes no fueron ciegos, ya que fueron los mismos investigadores del estudio quienes conocían de antemano la naturaleza de cada grupo.

Medición de variables

Se realizaron en ambos grupos mediciones tanto al inicio como al final de las ocho semanas de intervención. Entre los parámetros medidos se encuentran la capacidad aeróbica, función pulmonar y fuerza muscular inspiratoria.

La capacidad aeróbica fue determinada por la distancia recorrida en el test de marcha seis minutos (TM6M) que se obtuvo contabilizando el número de vueltas recorridas en forma completa más los metros finales donde él paciente se detuvo al cumplirse los seis minutos¹². La prueba se realizó mediante el protocolo y recomendaciones de la ATS¹³.

La función pulmonar se midió con la prueba de espirometría, utilizando un espirómetro Dataspir Micro® Sibelmed. Se midieron los valores del vo-

lumen espiratorio forzado en un segundo (VEF1), índice de Tyffenaar (VEF1/CVF) y capacidad vital forzada (CVF). Esta evaluación se realizó según el protocolo de la Sociedad Chilena de Enfermedades Respiratorias¹⁴.

La fuerza muscular ventilatoria se determinó mediante la evaluación de la presión inspiratoria máxima (PIM), basada en la técnica de pimometría descrita por Black y Hyatt¹⁵. Para esta técnica se utilizó un manómetro aneroide Carefore Airlift®, calibrado en cmH₂O.

Protocolo de ejercicio

Los pacientes fueron entrenados con una frecuencia de tres veces por semana divididos en lunes, miércoles y viernes, y martes, jueves y sábados. Los entrenamientos fueron realizados durante las dos primeras horas de la HD para evitar cualquier efecto adverso. Se aplicó un entrenamiento de 8 semanas en el que el grupo ARM+V realizó ejercicio aeróbico, de resistencia muscular de MMII y de resistencia de musculatura inspiratoria, mientras que el grupo ARM solo realizó ejercicio aeróbico y de resistencia muscular de MMII. Cada sesión tuvo una duración de 45 a 60 minutos. Los once pacientes trabajaron ininterrumpidamente las ocho semanas; a cada grupo solo se le aplicó el protocolo asignado.

Protocolo de entrenamiento aeróbico

El entrenamiento consistió en la realización de ejercicios, durante 25 a 30 minutos para ambos grupos, en una pedalera estática, involucrando solamente miembros inferiores; la intensidad de trabajo (carga de la pedalera) se midió y controló a través de la frecuencia cardiaca de reserva (FCr). Se trabajó a intensidades moderadas entre un 40 y un 60% de la FCr (calculada con la fórmula propuesta por Karvonen). Además se controlaron los parámetros para monitorear la condición del paciente y su percepción de esfuerzo asociado al ejercicio durante el inicio, la mitad y el final del entrenamiento. Estos parámetros fueron la FCr, la saturación de oxígeno, la presión arterial y la sensación subjetiva de esfuerzo; esta última se midió a través de la escala de Borg modificada^{16, 17}.

Protocolo de entrenamiento de fuerza de extremidades inferiores

Se realizaron ejercicios isotónicos utilizando pesos libres, con una duración de 10 a 15 minutos por sesión para ambos grupos. Dichos ejercicios consistían en extensiones de rodilla desde los 90 a 0°, donde el peso se ubicó en el extremo distal del segmento de la pierna, permitiendo el movimiento completo de la articulación involucrada⁷. La cantidad de peso utilizado y la posterior progresión fueron establecidas según el desempeño motor de cada paciente y la percepción de su esfuerzo en relación con la fuerza de MMII, medida por la escala OMNI-RES.

Protocolo de entrenamiento de musculatura inspiratoria

El protocolo de entrenamiento ventilatorio fue aplicado solamente al grupo ARM+V y consistió en trabajo de resistencia muscular inspiratoria. Este entrenamiento se realizó a través de una válvula de carga umbral Threshold IMT Phillips Respironics®; el paciente se encontraba sentado y con la válvula regulada al 40% de la PIM¹¹; el ejercicio consistía en maniobras inspiratorias aplicadas en series de cinco repeticiones con un minuto de descanso entre ellas, con una duración de 15 minutos en total. La progresión se realizó al mes de comenzado el entrenamiento, cuando se volvió a evaluar la PIM para así seguir manteniendo el trabajo ventilatorio al 40% de la PIM.

Análisis de datos

Para el análisis estadístico se utilizaron pruebas especializadas en muestras pequeñas para desmentir la hipótesis nula (Ho). La normalidad de las variables se determinó utilizando la prueba Shapiro-Wilk, de manera que las variables con distribución normal fueron expresadas como promedio \pm desviación estándar. Para establecer diferencias significativas entre datos iniciales y finales se utilizó la prueba t para muestras relacionadas. El *software* SPSS (Statistical Package for Social Sciences) versión 20.0 para Windows fue utilizado para el análisis de los datos. Un valor $p < 0,05$ se consideró estadísticamente significativo.

Responsabilidades éticas

El presente estudio fue aprobado por el comité de ética del Servicio de Salud de Valdivia y se llevó a cabo bajo las normas éticas de la Asociación Médica Mundial y la Declaración de Helsinki.

Se ha mantenido la confidencialidad de los datos de las personas intervenidas y bajo ninguna circunstancia se han utilizado nombres, iniciales o números de historia clínica para identificar a los pacientes de este ensayo.

Además, previo a cualquier evaluación y/o intervención, se obtuvo el consentimiento informado escrito de todos los pacientes participantes y/o sujetos referidos en el artículo.

Resultados

La muestra final del estudio comprendió 11 pacientes con ERC pertenecientes a la Unidad de Diálisis del Hospital Base de Valdivia (mujeres 54,5% y hombres 45,5%, con un promedio de edad de $50,8 \pm 18,3$ años) que se encontraban bajo tratamiento de HD tres veces por semana durante $35,7 \pm 32,7$ meses. Los pacientes fueron divididos en dos grupos, donde seis conformaron el grupo con entrenamiento aeróbico, de resistencia de MMII y ventilatorio (ARM+V), mientras que cinco pertenecieron al grupo con entrenamiento aeróbico y de resistencia de MMII (ARM). La [tabla 1](#) muestra las características de cada grupo. La evolución en el rendimiento del TM6M pre y post intervención de ambos grupos se ve reflejada en la [tabla 2](#).

Existen cambios significativos ($p < 0,05$) entre los promedios de resultados finales e iniciales tanto en los pacientes pertenecientes al ARM ($p = 0,022$) como a los del grupo ARM+ V ($p = 0,027$); sin embargo, los pacientes pertenecientes al grupo ARM+V lograron deltas significativamente mayores ($p = 0,024$) con respecto a los metros recorridos pre y post intervención que el grupo ARM ([figura 1](#)).

Los cambios en la pimometría inicial y final para ambos grupos se muestran en la [tabla 3](#), donde podemos apreciar que en ambos grupos los deltas

Tabla 1. Características de la población.

	Características de la muestra	
	ARM (n=5)	ARM+V (n=6)
Edad (años)*	51,6 ± 22,39	49±16,4
Número mujeres (%)	4 (80%)	2 (33,3%)
Número hombres (%)	1 (20%)	4 (66,6%)
Tiempo HD (meses)*	31,8 ± 33,8	39±33,8
Diabetes mellitus	4 (80%)	2(33,3%)
Peso (kg)*	82,4±8,5	61,5±9,7
Talla (cm)*	157,2±5,4	161±7,8
Hipertensión arterial	2(40%)	4(66,6%)

HD: Hemodiálisis, *datos mostrados como promedio ± desviación estándar. ARM: entrenamiento aeróbico y de resistencia de MMII. ARM + V: entrenamiento aeróbico, de resistencia de MMII y de musculatura inspiratoria.

Tabla 2. Resultados TM6M pre y post intervención.

	Preintervención	Posintervención	p*	Delta control-delta experimental**
ARM (n=5)	412,6 ± 143,94	434 ± 182,29	0,022	0,024

Las variables son mostradas en metros como promedio ± desviación estándar; *T test pareado para distribución normal de muestras. **T test para muestras independientes. Test estadísticamente significativo cuando p<0,05. ARM: entrenamiento aeróbico y de resistencia de MMII. ARM+V: entrenamiento aeróbico, de resistencia de MMII y de musculatura inspiratoria.

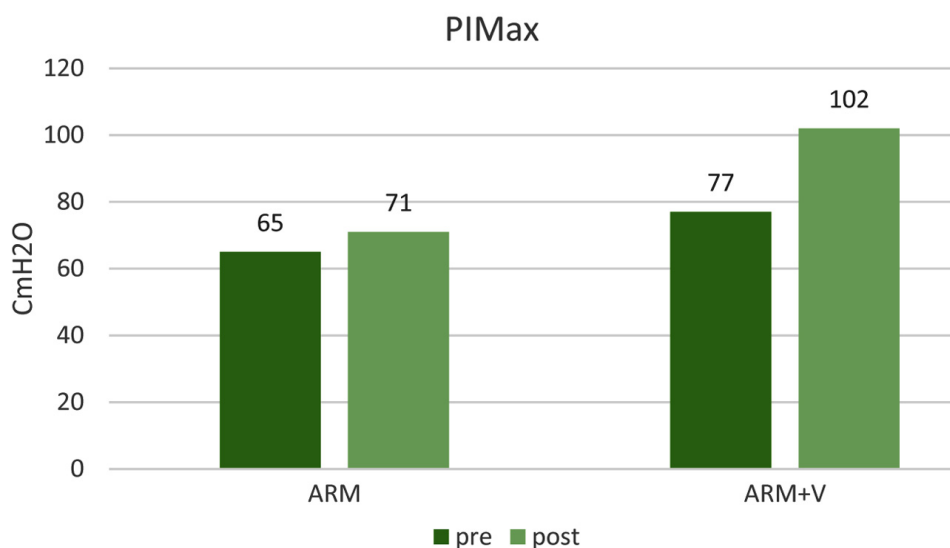


Figura 1. Comparación del promedio de metros recorrido en TM6M post y pre intervención entre el grupo ARM y el grupo ARM + V. * Delta grupo ARM: 22 m. ** Delta grupo ARM + V 130 m. ARM: entrenamiento aeróbico y de resistencia de MMII. ARM+V: entrenamiento aeróbico, de resistencia de MMII y de musculatura inspiratoria.

Tabla 3. Resultados PIM pre y post intervención.

	Preintervención	Posintervención	p*	Delta control- delta experimental**
ARM (n=5)	65 ± 22,36	71 ± 20,54	0,002	0,001
ARM +V(n=6)	77,5 ± 12,9	102,5 ± 11,02	0,001	

Las variables son mostradas en cm H₂O como promedio ± desviación estándar; * T test pareado para distribución normal de muestras. ** T test para muestras independientes. Test estadísticamente significativo cuando p<0,05. ARM: entrenamiento aeróbico y de resistencia de MMII. ARM+V: entrenamiento aeróbico, de resistencia de MMII y de musculatura inspiratoria.

de evolución pre y post intervención fueron estadísticamente significativos (p<0,05).

Aunque la diferencia en los cmH₂O obtenidos pre y post intervención del grupo ARM+V fueron significativamente (p=0,01) mayores que los del grupo ARM (figura 2).

En cuanto a los resultados de valores espirómetros reflejados en la tabla 4, se encontraron valores estadísticamente significativos en el ARM (p<0,05) para las funciones de VEF1, CVF y VEF1/CVF, donde hubo una disminución de sus valores posintervención. Por otra parte, en el ARM+V no

se hallaron diferencias significativas (p>0,05) para ninguno de los parámetros de la función pulmonar a pesar de que los valores de todas estas variables se mantuvieron o incrementaron.

Las variables son mostradas como promedio ± desviación estándar. * T test pareado para distribución normal de muestras. Test estadísticamente significativo cuando p <0,05. VEF1: volumen espiratorio forzado en un segundo; CVF: capacidad vital forzada; VEF1/CVF (%): índice de Tiffeneau. ARM: entrenamiento aeróbico y de resistencia de MMII. ARM+V: entrenamiento aeróbico, de resistencia de MMII y de musculatura inspiratoria.

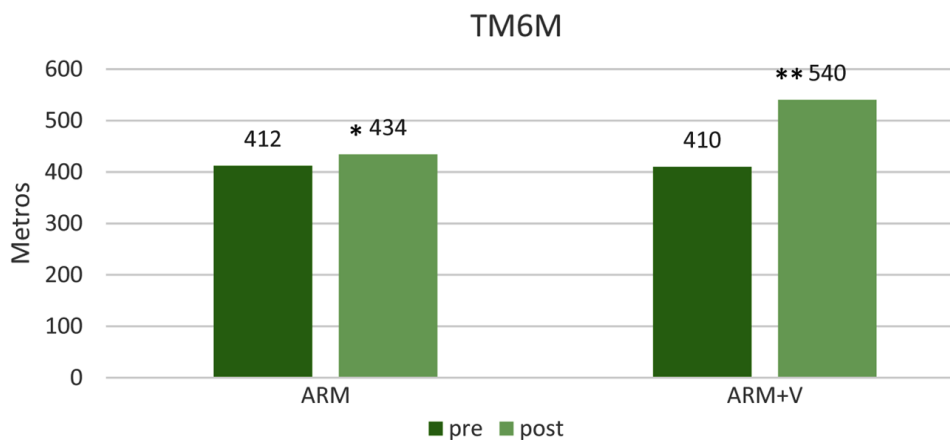


Figura 2. Comparación del promedio de cmH₂O obtenidos en la PIM post y pre intervención entre los grupos ARM y ARM + V. * Delta grupo ARM: 8 cmH₂O. ** Delta grupo ARM+V: 25 cm. ARM: entrenamiento aeróbico y de resistencia de MMII. ARM+V: entrenamiento aeróbico, de resistencia de MMII y de musculatura inspiratoria.

Tabla 4. Resultados de valores espirómetros pre y post intervención.

	Grupo	Preintervención	Posintervención	Valor p*
VEF1 (L)	ARM	1,97 ± 0,38	1,86 ± 0,46	0,004
	ARM+V	2,42 ± 0,54	2,40 ± 0,97	0,116
CVF (L)	ARM	2,19 ± 0,43	2,22 ± 0,49	0,005
	ARM+V	3,04 ± 0,72	3,12 ± 0,80	0,062
VEF1/CVF (%)	ARM	87,84 ± 3,57	83,53 ± 7,06	0,038
	ARM+V	79,82 ± 5,35	79,03 ± 3,66	0,396

Las variables son mostradas como promedio ± desviación estándar. * T test pareado para distribución normal de muestras. Test estadísticamente significativo cuando $p < 0,05$. VEF1: volumen espiratorio forzado en un segundo; CVF: capacidad vital forzada; VEF1/CVF (%): índice de Tiffeneau. ARM: entrenamiento aeróbico y de resistencia de MMII. ARM+V: entrenamiento aeróbico, de resistencia de MMII y de musculatura inspiratoria.

Discusión

El entrenamiento de ocho semanas en pacientes hemodializados fue efectivo en la generación de cambios en la capacidad aeróbica (TM6M), tanto en el grupo que mantuvo un entrenamiento aeróbico y de resistencia muscular de MMII (ARM), como en el grupo que tenía un entrenamiento aeróbico, de resistencia muscular de MMII y de resistencia ventilatoria (ARM+V). No obstante, esta mejora es significativamente mayor en el grupo con entrenamiento ventilatorio que obtuvo un incremento de un 31,7% en metros recorridos en el TM6M en comparación de un 5,2% del grupo sin entrenamiento ventilatorio.

Este aumento del 32% en el rendimiento obtenido en el TM6M en el grupo ARM+V, en comparación con el 5% del grupo ARM, no tiene relación con el efecto de aprendizaje, pues a cada sujeto se le aplicó la prueba una sola vez durante el inicio y final, ya que el efecto de aprendizaje se ha demostrado principalmente en mediciones repetidas mayores a tres veces consecutivas¹³.

Los resultados obtenidos en nuestro estudio en el rendimiento del TM6M fueron mayores que los de Oliveros *et al.*⁷, que implementó un entrenamiento aeróbico y de resistencia de miembro inferior a 15 pacientes en tratamiento de HD durante 16 sema-

nas, dando como resultado una mejoría de un 5,7% en el rendimiento del TM6M; a pesar de que nuestra intervención fue de 8 semanas y el grupo con entrenamiento AMR se asemejó en los resultados, el grupo con entrenamiento ARM+V obtuvo un incremento notablemente mayor en los metros recorridos en el TM6M. Por otra parte, los resultados del entrenamiento ARM+V son mayores a los presentados por Silva *et al.*¹¹, en el cual 15 pacientes hemodializados realizaron un entrenamiento de musculatura inspiratoria intradiálisis durante 8 semanas, aumentando un 22% en la distancia recorrida en el TM6M; esta diferencia alude a que un entrenamiento ventilatorio combinado con entrenamientos aeróbicos y de resistencia muscular es más efectivo que solo un entrenamiento ventilatorio.

La mayoría de las intervenciones de los estudios se llevaron a cabo durante 12 semanas¹⁸⁻²⁰, pero se ha demostrado que durante 8 semanas de intervención se logra una diferencia significativa en cuanto a los metros recorridos en el TM6M⁷, como se manifestó en nuestro estudio, donde un programa de entrenamiento de solo ocho semanas fue suficiente para inducir una mejora clínicamente significativa, pues según Puhan *et al.*²¹ una diferencia del rendimiento del TM6M de 25 a 35 metros ya genera mejoras funcionales en los pacientes. Cabe destacar que se han realizado estudios que asocian posi-

tivamente la realización de ejercicio con la calidad de vida en los pacientes sometidos a HD^{22,23}, de tal manera que la inactividad física en pacientes hemodializados ha sido asociada a un aumento en la mortalidad de estos pacientes²⁴; por esto la importancia del entrenamiento físico en estos pacientes, más aún cuando su sencillez y la adhesión hacen que sea factible en cualquier ambiente en el que los pacientes se sometan a las sesiones de diálisis²⁵.

En el presente estudio, la función pulmonar no mostró diferencias estadísticamente significativas al comparar los valores de las espirometrías realizadas antes con los de las efectuadas después de las 8 semanas de entrenamiento para el grupo ARM+V, lo cual es debido probablemente al hecho de que la válvula de carga umbral está dirigida a mejorar la fuerza inspiratoria y no los volúmenes ni las capacidades pulmonares¹¹; sin embargo, este entrenamiento sí contribuyó a que estos mantuvieran al final del entrenamiento los valores arrojados en las espirometrías iniciales y no tuvieron una pérdida significativa de los parámetros, como ocurrió en el caso del grupo ARM que obtuvo una pérdida en el VEF1 de un 5,5 %, en la CVF de un 1,3% y en el VEF1/CVF de un 4,31%.

En cuanto a la pimometría, hubo cambios significativos en ambos grupos; sin embargo, el mayor aumento estuvo en el grupo ARM+V con un 32,2%. Este aumento no se ha encontrado anteriormente en estudios realizados en pacientes hemodializados como en el caso de Silva *et al.*¹², en donde no se hallaron cambios significativos en los valores finales de las pimometrías luego de ocho semanas de entrenamiento al 40% de la PIM tres veces por semana. Por otro lado, el grupo ARM obtuvo un aumento de un 9,2%. Aunque este porcentaje es bastante menor al del grupo ARM+V, es un aumento estadísticamente significativo y responde a que si bien este grupo no entrenó dicha musculatura, los músculos implicados en la inspiración son músculos esqueléticos y, por ende, pueden generar disminución de la fuerza y resistencia muscular debido a la miopatía urémica²⁶; es por ello que el ejercicio aeróbico y el de resistencia muscular durante la diálisis han demostrado que aumentan el flujo sanguíneo a nivel muscular, lo cual dinamiza el flujo de urea y toxinas desde los tejidos hacia el comparti-

miento vascular, favoreciendo también a la musculatura ventilatoria⁶, por lo que se puede inferir que el entrenamiento tanto de resistencia muscular como aeróbico llevaron a un mejor resultado en los valores de la PIM; sin embargo, se comprobó en este estudio que estos valores en la pimometría son mayores en aquellos que realizan un entrenamiento con la válvula de carga umbral.

Conclusiones

La modalidad de entrenamiento combinado intradiálisis de ejercicio aeróbico, de resistencia de miembros inferiores y resistencia de la musculatura inspiratoria, demostró ser más efectiva que el entrenamiento sin la resistencia de la musculatura ventilatoria, ya que hubo un mayor aumento en los metros recorridos en el TM6M, aumentó la fuerza inspiratoria máxima y además mantuvo los valores espirométricos de los pacientes hemodializados. Esto sugiere que la fuerza muscular inspiratoria contribuye a la tolerancia al ejercicio y la capacidad funcional.

El estudio presenta algunas limitaciones tales como la baja muestra de estudio, que principalmente se debió a los criterios de inclusión y exclusión, el estado de salud de estos pacientes y la negación a participar. Uno de los sesgos encontrados en el estudio es la detención de los entrenamientos por los criterios de seguridad de los pacientes, ya que es muy común la baja de presión y por ello no se podían completar en su totalidad los entrenamientos durante las sesiones.

Es necesario realizar estudios con mayor población, incluyendo además una variable de calidad de vida o nivel de discapacidad, para así poder determinar de mejor forma la efectividad de cada uno de los programas establecidos para los distintos grupos.

Agradecimientos

A la Sra. Malbina Fuentes, exenfermera jefe de la Unidad de Diálisis del Hospital Base Valdivia, por abrirnos las puertas de la Unidad y por confiar siempre en nuestro equipo.

Así mismo a todos los funcionarios de la Unidad de Diálisis del Hospital Base de Valdivia, por su disposición y apoyo constante para con la ejecución del presente estudio.

A los pacientes que trabajaron arduamente para lograr buenos resultados, por el esfuerzo a pesar de la sintomatología con la que llegaban algunos días.

Conflictos de intereses y financiación

Los autores declaran que no existe ningún conflicto de interés.

El presente estudio fue financiado por la Dirección de Investigación y Desarrollo (DID) de la Universidad Austral de Chile, mediante el proyecto ventanilla abierta SE 03-2015.

Responsabilidades éticas

Protección de personas y animales

Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni animales.

Confidencialidad de los datos

Los autores declaran que han seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de datos de pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado

Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

Contribución de los autores

Esta investigación es original y de carácter inédito. Todos los autores han contribuido importantemente en el presente estudio desde la concepción hasta la presentación del manuscrito.

Paula Moscoso fue la gestora de la idea de investigación, guía constante del estudio, revisora de literatura y organizadora del manuscrito a presentar a la presente revista científica; Cathalina Arismendi, Rocío Bahamondes y Rosa Soto fueron las entrenadoras de los pacientes hemodializados, revisoras de literatura, y redactoras del artículo inicial. Luis Ojeda fue el asesor estadístico constante del estudio.

Referencias

1. Levey A, Coresh J. Chronic Kidney Disease. *Lancet* 2012;379:165-80. Available from: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(11\)60178-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(11)60178-5)
2. MINSAL: Ministerio De Salud [Internet]. Santiago: MINSAL; 2005 [citado 10 junio 2016]. Guía Clínica Insuficiencia Renal Crónica Terminal [1-37 págs.]. Disponible en: https://diprece.minsal.cl/wrdprss_minsal/wp-content/uploads/2014/12/Insuficiencia-Renal-cronica-terminal.pdf
3. SCHNEF: Sociedad Chilena de Nefrología [Internet]. Valparaíso: SOCHINEF; 2017 [citado 30 julio 2018]. XXXVII Cuenta de Hemodiálisis Crónica en Chile [1-139 págs.] Disponible en: <http://www.nefro.cl/v2/biblio/registro/23.pdf>
4. Segura E, Momblanch T, Martínez J, Martí A, Tormo G, Lisón J. Programa de ejercicio para pacientes con insuficiencia renal crónica en hemodiálisis, estudio piloto. *Rev Soc Esp Enferm Nefrol.* 2007;10(3):244-6.
5. Stenvinkel P, Heimburger O, Lindholm B. Wasting, but not malnutrition, predicts cardiovascular mortality in end-stage renal disease. *Nephrol Dial Transplant.* 2004;19(9):2181-3. Available from: <https://doi.org/10.1093/ndt/gfh296>
6. Parsons T, Toffelmire E, King C. Exercise training during hemodialysis improves dialysis efficacy and physical performance. *Arch Phys Med Rehabil.* 2006;87:680-7. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2005.12.044>
7. Oliveros R, Avendaño M, Burnout D, Hirsch S, Maza M, Pedros C et al. Estudio piloto sobre entrenamiento físico durante hemodiálisis. *Rev Med Chile.* 2011;139:1046-53. Available from: <https://doi.org/10.4067/S0034-98872011000800010>
8. Kovelis D, Pitta F, Probst V, Aguiar C, Alvares V, Mocelin A et al. Pulmonary function and respiratory muscle strength in chronic renal failure patients on hemodialysis. *J Bras Pneumol.* 2008;34(11):907-12. Available from: <https://doi.org/10.1590/S1806-37132008001100004>
9. Palamidis A, Gennimata S, Karakontaki F, Kaltsakas G, Papantoniou I, Koutsoukou A et al. Impact of Hemodialysis on Dyspnea and Lung Function in End Stage Kidney Disease Patients. *BioMed Res Int.* 2014;1-10. Available from: <https://doi.org/10.1155/2014/212751>
10. De Souza R, Fernandes N, Moraes J, De Moura R, De Moura M, Do Valle B et al. Pulmonary function and exercise tolerance are related to disease severity in pre-dialytic patients with chronic kidney disease: a cross-sectional study. *BMC Nephrol.* 2013;14:184-92. Available from: <https://doi.org/10.1186/1471-2369-14-184>
11. Silva B, Amaral C, Monteiro M, Nascimento D, Boschetti J. Effects of inspiratory muscle training in hemodialysis patients. *J Bras Nefrol.* 2011;33(1):45-51. Available from: <https://doi.org/10.1590/S0101-28002011000100009>
12. Lisboa C, Barría P, Yáñez J, Aguirre M, Díaz O. La prueba de caminata en seis minutos en la evaluación de la capacidad de ejercicio en pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica. *Rev Med Chile.* 2008;136:1056-64. Available from: <https://doi.org/10.4067/S0034-98872008000800015>
13. 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.* 2016;193(10):1185. Available from: <https://doi.org/10.1164/rccm.19310erratum>
14. Gutiérrez M, Beroiza T, Borzonet G, Caviedes I, Céspedes J. Espirometría: Manual de procedimientos. *Rev Chil Enf Respir.* 2007;23:31-42. Available from: <https://doi.org/10.4067/S0717-73482007000100005>
15. Black L, Hyatt R. Maximal respiratory pressures: Normal values and relationship to age and sex. *Am Rev Respir Dis.* 1969;99:696-702. Available from: <https://doi.org/10.1164/arrd.1969.99.5.696>
16. Da Cunha F, Veras P, Midgley A. Methodological and practical application issues in exercise prescription using the heart rate reserve and oxygen uptake reserve methods. *J Sci Med Sport.* 2011;14(1):46-57. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2010.07.008>
17. Jung TD, Park SH. Intradialytic Exercise Programs for Hemodialysis Patients. *Chonnam Med J.* 2011;47:61-65. Available from: <https://doi.org/10.4068/cmj.2011.47.2.61>
18. Segura-Orti E. Exercise in haemodialysis patients: a systematic review. *Nefrologia.* 2010;30(2):236-46.

19. Matsuzawa R, Hoshi K, Yoneki K, Harada M, Watanabe T, Shimoda T, et al. Exercise Training in Elderly People Undergoing Hemodialysis: A Systematic Review and Meta-analysis. *Kidney Int Rep.* 2017;2:1096-110. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ekir.2017.06.008>
20. Esteve V, Junqué A, Moreno F, Carneiro J, Fulquet M, Pou M, et al. Benefits of a low intensity exercise programme during haemodialysis sessions in elderly patients. *Nefrologia.*2015;35(4):385-94. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.nefro.2015.03.006>
21. Puhan M, Chandra D, Mosenifar Z, Ries A, Make B, Hansel N et al. The minimal important difference of exercise tests in severe COPD. *Eur Respir J.* 2011;37:784-90. Available from: <https://doi.org/10.1183/09031936.00063810>
22. Ouzouni S, Kouid E, Grekas D, Deligiannis A. Effects of intradialytic exercise training on health-related quality of life indices in haemodialysis patients. *Clinical Rehabilitation.* 2009;23:53-63. Available from: <https://doi.org/10.1177/0269215508096760>
23. Capitanini C, Cupisti A, Mochi N, Rossini D, Lupi A, Michelotti G, et al. Effects of exercise training on exercise aerobic capacity and quality of life in hemodialysis patients. *J Nephrol.* 2008;21:738-43. Available from: <https://doi.org/10.4103/0971-4065.73442>
24. O'Hare A, Tawney K, Bacchetti P, Johansen K. Decreased survival among sedentary patients undergoing dialysis: results from the Dialysis Morbidity and Mortality Study Wave 2. *Am J Kidney Dis.* 2003;41:447-54. Available from: <https://doi.org/10.1053/ajkd.2003.50055>
25. Ribeiro R, Coutinho L, Luras A, Barbosa A, Souza J, Diniz D et al. Effect of resistance exercise intradialytic in renal patients chronic in hemodialysis. *J Bras Nefrol.* 2013;35 (1):13-9. Available from: <https://10.5935/01012800.20130003>
26. Carrero J, Johansen K, Lindholm B, Stenvinkel P, Cuppari L, Avesani C. Screening for muscle wasting and dysfunction in patients with chronic kidney disease. *Kidney Int.* 2016;90:53-66. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.kint.2016.02.025>