

## Función pulmonar y capacidad ventilatoria en pacientes hemodializados según exposición a entrenamiento físico intradiálisis

### *Pulmonary function and ventilatory capacity in hemodialysis patients according to exposure to intra-dialysis physical training*

<sup>1</sup>Paula Moscoso Aguayo<sup>1</sup>, <sup>2</sup>Luis Ojeda Silva<sup>2</sup>, <sup>3</sup>Yessica Aliante Ojeda<sup>3</sup>,  
Nayareth Becerra Flores<sup>3</sup> y <sup>3</sup>Keren Quezada Montecinos<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Escuela de Kinesiología, Facultad de Medicina, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile

<sup>2</sup>Instituto de Estadística, Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile

<sup>3</sup>Escuela de Kinesiología, Facultad de Medicina, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile

#### Resumen

**Introducción:** la enfermedad renal crónica es un proceso progresivo e irreversible; con frecuencia lleva a un estado terminal, donde los pacientes necesitan de diálisis o trasplante. Se ha demostrado que la función pulmonar y la capacidad ventilatoria se ven comprometidas en estos pacientes, y se incrementan con la exposición a hemodiálisis y el sedentarismo.

**Objetivo:** comparar la función pulmonar y la capacidad ventilatoria de pacientes hemodializados, según exposición a entrenamiento físico intradiálisis.

**Materiales y métodos:** estudio de tipo cuantitativo, no experimental, descriptivo y transversal; la población de estudio comprendió 12 pacientes hemodializados mediante fístula arteriovenosa, entre 40 y 80 años de edad, en la unidad de diálisis del Hospital Base de Valdivia y que obtuvieron más de 24 puntos en el test Minimental. El análisis estadístico se realizó con el programa SPSS (versión 11.5 para Windows) y el nivel de significancia estadística a través de la prueba de Wilcoxon y Mann-Whitney ( $p < 0,05$ ).

**Resultados:** la comparación de la pimetría inicial y final en los pacientes con y sin entrenamiento kinésico no mostró una diferencia estadísticamente significativa ( $p > 0,05$ ); sin embargo, se observó que los sujetos sometidos a entrenamiento kinésico presentan mayores valores en la presión inspiratoria máxima inicial y final en comparación con aquellos que no han sido entrenados.

**Conclusión:** el entrenamiento físico intradiálisis provoca un efecto positivo en el sistema respiratorio. Los sujetos sometidos a hemodiálisis tienden a presentar valores bajo el predicho tanto en función pulmonar como en capacidad ventilatoria, siendo mayormente afectados con el envejecimiento y tiempo de exposición a hemodiálisis.

**Palabras clave:** diálisis renal, insuficiencia renal crónica, terapia por ejercicio, técnicas de diagnóstico del sistema respiratorio.

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

#### Abstract

**Introduction:** The chronic kidney disease (CKD) is an irreversible progressive process which takes to a terminal state, where patients need permanent dialysis or even a transplant. It has been shown that the lung function and ventilatory capacity are compromised in these patients, increasing the alteration with exposure to hemodialysis and sedentarism.

**Objective:** To compare the lung function and ventilatory capacity of hemodialysis patients, according to exposure to intradialysis physical training.

**Material and Methods:** Study of quantitative type, not experimental, descriptive and transverse. The study population included 12 ambulatory patients between 40 and 80 years old, undergoing hemodialysis with arteriovenous fistula in the dialysis unit of Valdivia's Central Hospital, and who obtained more than 24 points in the Minimental Test. The statistical analysis was performed with the SPSS program (version 11.5 for Windows) and the level of statistical significance through the Wilcoxon and Mann-Whitney test ( $p < 0.05$ ).

**Results:** The comparison of the initial and final pimetometry in patients with and without physical training did not show a statistically significant difference ( $p > 0.05$ ), however it was observed that the subjects exposed to physical training have higher values in the initial and final maximum inspiratory pressure compared to those who have not been trained.

**Conclusion:** Intradialysis physical training causes a positive effect on the respiratory system. The subjects submitted to hemodialysis tend to present under predicted values in both lung function and ventilatory capacity, being mostly affected with aging and time of exposure to hemodialysis.

**Keywords:** Renal dialysis, renal insufficiency, chronic, exercise therapy, diagnostic techniques, respiratory system.

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



**Citación:** Moscoso Aguayo P, Ojeda Silva L, Aliante Ojeda Y, Becerra Flores N, Quezada Montecinos. Función pulmonar y capacidad ventilatoria en pacientes hemodializados según exposición a entrenamiento físico intradiálisis. Rev. Colomb. Nefrol. 2020;7(1):15-24. <https://doi.org/10.22265/acnef.7.1.368>

**Correspondencia:** Paula Moscoso Aguayo, [paula.moscoso@uach.cl](mailto: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 la presencia de alteraciones en la estructura o función renal durante al menos tres meses y con implicaciones para la salud<sup>1</sup>. Los criterios diagnósticos de ERC son los denominados marcadores de daño renal o la reducción del filtrado glomerular (FG) por debajo de 60 ml/min/1,73 m<sup>2</sup>. La ERC es una enfermedad perjudicial y costosa, está asociada con una morbilidad extremadamente alta y mortalidad incluso en los estadios más tempranos<sup>2</sup>. La diabetes es una de las principales causas de ERC a nivel mundial. Se ha estimado que esta afecta alrededor de 425 millones de personas en el mundo, y se ha proyectado que crecerá a más de 629 millones de personas al 2045. Más del 40% de las personas con diabetes desarrollan ERC, incluyendo un número significativo que desarrolla ERC terminal, requiriendo diálisis y trasplante<sup>3</sup>.

En Chile, el número de pacientes sometidos a HD ha experimentado un crecimiento mayor a 30 veces en los últimos 30 años, alcanzando hasta el año 2018 una prevalencia de 1264 pacientes por millón de habitantes, lo cual es mayor al promedio latinoamericano<sup>4</sup>.

Los pulmones pueden estar seriamente dañados debido a la ERC; a medida que disminuye el FG, el edema pulmonar y la disfunción de la musculatura respiratoria se tornan más comunes debido a la retención de fluidos y alteraciones cardiovasculares, metabólicas y endocrinas. Sin embargo, la evaluación de la función pulmonar no es una práctica clínica rutinaria<sup>5</sup>. El tratamiento con HD provoca una serie de consecuencias en todos los sistemas, provocando fatiga y debilidad muscular como síntomas comunes en estos pacientes, que alteran finalmente su calidad de vida<sup>6</sup>. Desde el punto de vista ventilatorio, se ha observado que los valores de la presión inspiratoria máxima (PIMax) y la presión espiratoria máxima (PEMax) de los pacientes dializados son inferiores a los predichos según edad y sexo<sup>7</sup>. Algunos estudios han planteado que existe disminución en los valores del volumen espiratorio forzado en el primer segundo (VEF1) y capacidad vital forzada (CVF), reflejando

un deterioro de la capacidad pulmonar<sup>7,8</sup>. Desde el punto de vista de la terapia física, las principales intervenciones que se realizan en estos pacientes son trabajo aeróbico y de fuerza/resistencia de musculatura de extremidades inferiores, las cuales se ha demostrado que mejoran la adecuación de hemodiálisis, capacidad de ejercicio, depresión y calidad de vida principalmente<sup>9</sup>.

Dado lo expuesto anteriormente es que aparece la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo es la función pulmonar y la capacidad ventilatoria de pacientes hemodializados según exposición a entrenamiento físico intradiálisis? El objetivo general de la investigación es comparar la función pulmonar y la capacidad ventilatoria de pacientes hemodializados según exposición a entrenamiento físico intradiálisis. Por otra parte, los objetivos específicos son describir los parámetros de la función pulmonar previo a sesión de hemodiálisis, analizar los parámetros de la fuerza muscular inspiratoria pre y post sesión de hemodiálisis, comparar la fuerza inspiratoria máxima pre y post sesión de hemodiálisis en pacientes con y sin entrenamiento kinésico, y comparar la función pulmonar previa a sesión de hemodiálisis en pacientes sometidos a entrenamiento kinésico versus aquellos que no han sido sometidos a entrenamiento kinésico.

Por lo tanto, la hipótesis de esta investigación es que los pacientes hemodializados sometidos a entrenamiento kinésico intradiálisis presentan una mejor función pulmonar y capacidad ventilatoria que aquellos que no han sido sometidos a entrenamiento kinésico.

## Materiales y métodos

Estudio de tipo cuantitativo, no experimental, descriptivo y transversal, en el cual se comparó la función pulmonar y la capacidad ventilatoria de dos grupos, uno constituido por pacientes hemodializados sometidos a ejercicio físico intradiálisis y otro grupo constituido por pacientes hemodializados que no han sido sometidos a ejercicio físico. Las variables consideradas fueron la exposición a ejercicio físico, la función pulmonar y la presión inspiratoria máxima.

La recolección de la información se llevó a cabo mediante un censo, ya que el tamaño de la población de estudio constó de una escasa cantidad de individuos.

La población de estudio comprendió a todos los pacientes ambulatorios entre 40 y 80 años de edad, sometidos a HD con fístula arteriovenosa (FAVI) en la unidad de diálisis del Hospital Base de Valdivia (HBV); por lo tanto, el censo se realizó bajo el número de 49 pacientes, 12 de los cuales (7 hombres y 5 mujeres) eran pacientes ambulatorios sometidos a un proceso de HD con FAVI por más de 12 meses, tratados en la unidad de diálisis del Hospital Base de Valdivia (HBV) y que obtuvieron un puntaje mayor o igual a 24 puntos en el test del estado mental, «Mini mental state examination». De los 12 pacientes, 5 practicaban ejercicio físico intradiálisis.

Además se excluyeron a los pacientes con falta de comprensión y/o colaboración durante la evaluación, con alguna patología respiratoria de tipo primaria, y a todos aquellos que presentaban hábitos tabáquicos durante los últimos dos meses. Mediante el consentimiento informado, que fue firmado por los 12 pacientes, se dio a conocer las evaluaciones que se iban a realizar (pimometría y espirometría), junto con el objetivo final del estudio y la importancia de este para futuras investigaciones. Además se hizo énfasis en que el paciente podía retirarse cuando lo estimara necesario.

A través de la revisión de ficha clínica de cada paciente, se obtuvo la fecha de ingreso al servicio de diálisis y el inicio del tratamiento de HD con FAVI y a su vez, mediante una entrevista, se estableció la cantidad de pacientes sometidos a ejercicio físico intradiálisis, el cual es realizado por estudiantes de la Escuela de Kinesiología de la Universidad Austral de Chile (UACH) que desarrollan su práctica clínica en la unidad de diálisis del HBV y que consiste en ejercicio aeróbico realizado con un cicloergómetro adosado a la camilla de diálisis y ejercicios de fuerza/resistencia de extremidades inferiores mediante pesos libres o bandas elásticas.

Los distintos parámetros de la función pulmonar, ya sea VEF1/CVF, CVF, VEF1 o FEF 25-75%, se obtuvieron mediante la evaluación de espirometría basada en el protocolo de Gutiérrez et al.<sup>10</sup>, la cual fue realizada por una de las evaluadoras debidamente capacitada. Esto se llevó a cabo durante la semana, dependiendo del turno y horario de cada paciente, ya fuera lunes-miércoles-viernes o martes-jueves-sábado, previo a la sesión de HD. El equipo utilizado para dichas evaluaciones fue un espirómetro Datospir Micro C, marca Sibelmed®.

La capacidad ventilatoria se determinó mediante la evaluación de la pimometría, basada en la técnica descrita por Black and Hyatt<sup>11</sup>. La PIMax fue valorada pre y post hemodiálisis por dos evaluadoras; una de ellas realizó la pimometría inicial (prediálisis) y la otra la pimometría final (posdiálisis). Para esta técnica se utilizó un manómetro anerode calibrado en cmH<sub>2</sub>O (Airlift/Carefore Medical Inc.), una pieza en «T» antirreflujo, (Nif-Tee®), pinza nasal (DHD, USA.), filtros protectores y boquillas reutilizables de 22 cms de diámetro externo (Airlift/Carefore Medical Inc.).

Cabe destacar que antes de comenzar con las evaluaciones consideradas para este estudio, se contó con la aprobación del Comité de Ética de Investigación del Servicio de Salud de Valdivia y se entregó a los pacientes un consentimiento informado aprobado por dicha entidad.

El análisis de los datos se realizó a través del programa SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) en su versión 11.5 para Windows, se determinaron medidas de resumen tales como media y desviación estándar, y se construyeron diagramas de caja y bigote. Para establecer diferencias significativas se utilizaron las pruebas estadísticas no paramétricas de los rangos por signos de Wilcoxon y la prueba de Mann-Whitney. Un valor  $p < 0,05$  se consideró estadísticamente significativo.

Por otro lado, los valores espirométricos se compararon con el P5 chileno propuesto por Gutiérrez et al.<sup>10</sup>, y los valores de pimometría se compararon con los valores propuestos por Costa et al.<sup>12</sup>.

## Resultados

La muestra final del estudio comprendió 12 pacientes (hombres 58,3% y mujeres 41,7%) con ERC terminal pertenecientes a la Unidad de Diálisis del Hospital Base Valdivia. La media de edad de estos fue de  $54,2 \pm 9,8$  y el tiempo de exposición a hemodiálisis de  $5,0 \pm 3,1$ . Pacientes que formaban parte de un programa de ejercicio intradiálisis 42% y aquellos que no realizaban ningún tipo de ejercicio 58%.

Los parámetros de la función pulmonar (VEF1/CVF, VEF1, CVF, FEF 25-75%) de los pacientes previos a la sesión de HD se muestran en la [tabla 1](#). No existe una diferencia significativa ( $p>0,05$ ) al comparar tanto el género como la edad. Sin embargo, se observa que a medida que aumenta la edad los valores van disminuyendo, siendo esto más notorio en las mujeres. Además se evidencia una tendencia de valores obtenidos más bajos que los predichos, especialmente en el VEF1 y CVF, exceptuando el valor de VEF1/CVF. No existió

diferencia significativa ( $p>0,05$ ) entre el promedio de la pimometría inicial y la final.

La [tabla 2](#) muestra la media de la pimometría inicial y final del total de pacientes evaluados ( $n=12$ ). Sin embargo, los datos muestran una tendencia a la baja en la pimometría final.

Al comparar los valores de la pimometría inicial y final según la edad y el género, no se evidenció una diferencia estadísticamente significativa ( $p>0,05$ ) entre los rangos etarios y el género, según lo mostrado en la [tabla 3](#), pero sí se observó que las mujeres presentan valores de base menores tanto en la pimometría inicial como en la final en comparación con los hombres. Además, cabe destacar que a medida que aumenta la edad estos valores disminuyen, siendo esto más notorio en las mujeres.

La comparación de la pimometría inicial y final en los pacientes con y sin ejercicio físico intradiálisis no

**Tabla 1.** Parámetros de función pulmonar previa a la sesión de HD.

	VEF1/CVF		VEF1		CVF		FEF 25-75%	
	Obtención	Referencia	Obtención	Referencia	Obtención	Referencia	Obtención	Referencia
<b>Hombres</b>								
40-49	74,18	80,08	2,73	3,82	3,68	4,77	2,06	3,81
50-59	79,50	77,11	2,52	3,10	3,17	4,02	2,32	2,86
60-69	67,61	74,24	1,44	3,17	2,13	4,27	0,90	2,68
70-79	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Mujeres</b>								
40-49	73,28	82,82	1,92	2,70	2,62	3,26	1,71	3,03
50-59	87,83	77,52	1,66	2,38	1,89	3,07	2,38	2,25
60-69	-	-	-	-	-	-	-	-
70-79	82,35	72,92	1,68	1,75	2,04	2,4	1,85	1,82

VEF1/CVF: índice de Tiffeneau; VEF1: volumen espiratorio forzado en el primer segundo; CVF: capacidad vital forzada; FEF 25-75%: flujo espiratorio forzado entre el 25 y el 75% de la capacidad vital. Los valores corresponden a las medias.

**Tabla 2.** Análisis de pimometría inicial y final.

	n	Media	SD	Mínimo	Máximo
<b>PIM inicial</b>	12	71,75	39,162	24	160
<b>PIM final</b>	12	68,67	33,277	16	130

PIM: presión inspiratoria máxima. SD: desviación estándar. No existe diferencia estadísticamente significativa ( $p>0,05$ ) entre el promedio de la pimometría inicial y la final.

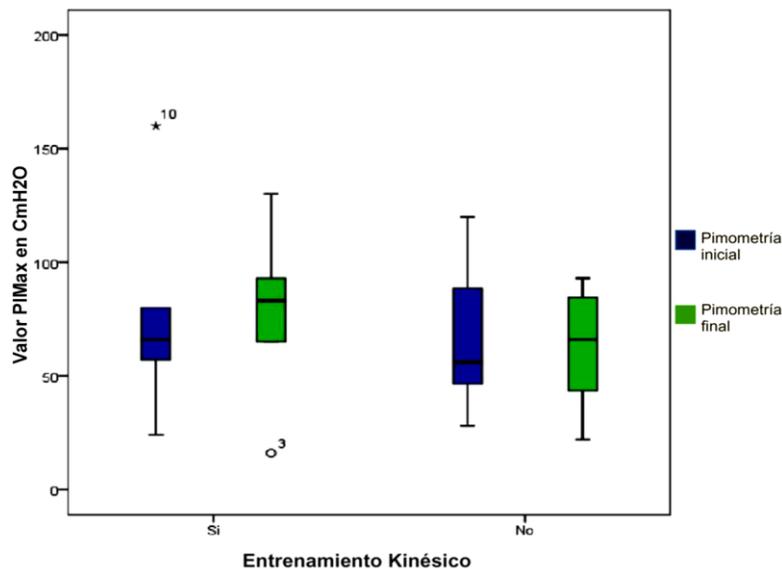
**Tabla 3.** Análisis de pimometría inicial y final según edad y género.

Edad	PIM	PIM
	Valor inicial	Valor final
	Hombres	Hombres
40-49	>120	>120
50-59	89,25 ± 22,91	89,25 ± 4,79
60-69	70,50 ± 21,92	73,50 ± 10,61
70-79	-	-
	Mujeres	Mujeres
40-49	56,50 ± 0,71	60 ± 7,07
50-59	31 ± 9,90	19 ± 4,24
60-69	-	-
70-79	28	32

PIM: presión inspiratoria máxima. Los valores corresponden a las medias ± SD. No existe diferencia estadísticamente significativa ( $p>0,05$ ) entre los rangos etarios y el género.

mostró una diferencia estadísticamente significativa ( $p>0,05$ ); sin embargo, se observó que los sujetos sometidos a este presentan mayores valores en la pimometría inicial y final en comparación con aquellos que no han realizado ejercicio alguno. Además existe una mayor variación entre la PIMax inicial y la final en los pacientes entrenados versus los no entrenados. Todo esto se puede apreciar en la [figura 1](#).

No existen diferencias significativas ( $p>0,05$ ) al comparar el promedio de los valores obtenidos de VEF1, CVF, VEF1/CVF y FEF 25-75% entre los sujetos entrenados y no entrenados ([tabla 4](#)). Sin embargo, se observó que los sujetos entrenados presentaban mejores valores que aquellos no entrenados (a excepción de VEF1/CVF).



**Figura 1.** Comparación de la pimometría inicial y final en pacientes con y sin entrenamiento kinésico.

**Tabla 4.** Comparación de la función pulmonar previa a sesión de HD en pacientes entrenados y no entrenados.

Variable	Entrenamiento kinésico	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Valor <i>p</i>
VEF1	Sí	2,306	0,518	1,57	2,73	0,222
	No	1,865	0,472	1,35	2,81	
CVF	Sí	2,996	0,714	1,81	3,68	0,222
	No	2,382	0,552	1,97	3,53	
VEF1/CVF	Sí	77,7	7,814	66,45	87,05	0,755
	No	78,322	8,261	67,11	88,45	
FEF 25-75%	Sí	2,13	0,585	1,18	2,75	0,372
	No	1,788	0,687	0,83	2,54	

VEF1: volumen espiratorio forzado en el primer segundo; CVF: capacidad vital forzada; VEF1/CVF: índice de Tiffeneau; FEF 25-75%: flujo espiratorio forzado entre el 25 y el 75% de la capacidad vital. Valor *p* <0,05 se considera estadísticamente significativo.

Los sujetos que realizaban ejercicio físico presentaron mayores valores de VEF1 que aquellos que no habían sido entrenados (figura 2), al igual que en los valores de FEF 25-75% mostrados en la figura 3.

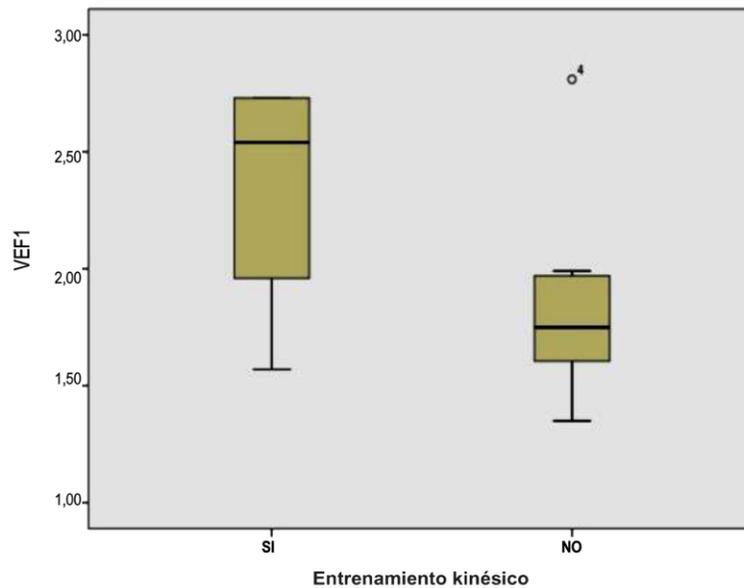
## Discusión

De acuerdo con los resultados obtenidos en el estudio, los pacientes sometidos a hemodiálisis presentan valores menores en los parámetros de espirometría (VEF1, CVF, FEF 25-75%), excepto en VEF1/CVF en comparación con los valores de referencia de la población chilena, según Gutiérrez et al.<sup>10</sup> (tabla 1). Resultados similares han sido reportados en un estudio realizado en 20 pacientes con ERC, en donde se refleja claramente que los principales parámetros espirométricos, excepto de VEF1/CVF, se encuentran bajo el predictivo<sup>13</sup>; a su vez, esto es corroborado por una investigación realizada por Mukai et al., en donde se evidenció que los 404 pacientes con enfermedad renal crónica que se evaluaron, presentaron resultados de función pulmonar bajo los valores de referencia: mientras más bajo el FG, mayor era la disfunción respiratoria<sup>5</sup>.

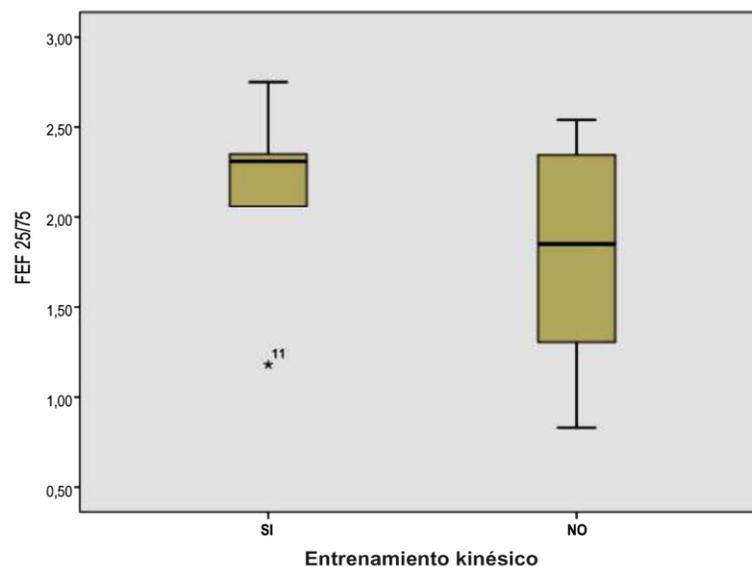
En el presente estudio, al realizar una comparación de los parámetros de la espirometría entre ambos géneros, se observó que las mujeres presentan menores valores en comparación con los hombres,

lo cual se condice con el estudio de Rojas y Denis, quienes describieron los parámetros basales de espirometría de acuerdo al sexo y vieron que las mujeres presentaban valores más bajos<sup>14</sup>; esto se explica mediante el estudio de LoMauro y Aliverti, quienes plantean que la talla, más que el sexo, es el principal factor diferencial de las implicancias funcionales descritas<sup>15</sup>. Por otra parte, se pudo observar que a mayor edad, los valores de los parámetros de la espirometría disminuyen, lo que se condice con el estudio de Yilmaz et al.; esto puede deberse principalmente a los cambios que ocurren en el sistema respiratorio producto del proceso de envejecimiento<sup>16</sup>. Un estudio concluyó que el nivel de alteración del CVF, el VEF1 y el FEF 25/75 en los pacientes dializados se debe a un conjunto de factores, entre ellos, el envejecimiento, la inflamación, el estado nutricional, el edema y la presencia de comorbilidades asociadas<sup>17</sup>. Además, cabe destacar que la disminución de los valores en los parámetros de espirometría puede deberse principalmente a la exposición a HD; esto se explica mediante lo que plantea Palamidis et al., quien indica que esta exposición refleja alteración en las vías aéreas más pequeñas y mala distribución en la ventilación<sup>18</sup>.

Por otro parte, dados los valores de VEF1/CVF y al realizar una comparación con los valores espirométricos de referencia en el límite inferior de la normalidad (P5), los pacientes evaluados presen-



**Figura 2.** Comparación del promedio de valores de VEF1 entre sujetos entrenados y no entrenados.



**Figura 3.** Comparación del promedio de valores de FEF 25-75% entre sujetos entrenados y no entrenados.

taron una tendencia a trastornos restrictivos, lo que es corroborado por el estudio de Sharma et al.<sup>17</sup>. Algunos autores proponen que estos trastornos están asociados directamente a toxinas urémicas circulantes, o indirectamente a sobrecarga de fluidos, anemia, supresión inmune, calcificación extraósea, malnutrición, desórdenes electrolíticos e imbalances ácido-base<sup>16</sup>.

Por otra parte, al analizar la diferencia entre el promedio de la PIMax inicial y la final, se observó una disminución de estos valores posterior a la HD; sin embargo no existe una diferencia significativa entre los promedios. Estos resultados no se condicen con los obtenidos por Palamidis et al. y Tavana et al., quienes obtuvieron valores bajo el predicho pre HD y tendientes al alza post HD<sup>18,19</sup>.

Estos resultados son similares a los publicados por Karacan et al., donde se encontraron valores más bajos de la PIMax posterior a una sesión de HD; los autores explican esto debido a los efectos catabólicos de la HD; esta además lleva a depleción de carnitina debido a la pérdida a través de las membranas dialíticas, provocando síntomas musculares y alteración en la capacidad de ejercicio<sup>20</sup>.

A su vez, al analizar la variación de los valores de la PIMax según rango etario, se pudo observar que en algunos grupos existió un aumento de la PIMax al finalizar la HD, lo cual puede ser atribuido a que hubo sujetos que obtuvieron valores muy alejados de la media, lo cual altera el promedio por rango etario. El aumento de la PIMax posterior a la HD coincide con los resultados publicados por Rocha y Araujo, donde se observó un aumento de la PIMax posterior a una sesión de HD, principalmente en aquellos pacientes que inicialmente mostraron valores más bajos de PIM (menos de 60 cm H<sub>2</sub>O), al igual que en el estudio de Palamidis et al., donde claramente los valores de PIMax tienden al alza posterior a la HD; los autores asocian esto a descarga de los músculos respiratorios y consiguiente mejora en la mecánica del tórax<sup>18,21</sup>. Por otro lado, el aumento de los valores de PIM post HD pudo haber estado influenciado por el proceso de aprendizaje de la prueba, puesto que ambas evaluaciones se realizaron el mismo día, por lo que se puede atribuir a que el paciente comprendió mejor la evaluación la segunda vez que la realizó. Otro factor que podría haber afectado en el resultado es la variabilidad interevaluador, ya que la pimometría inicial y la final fueron realizadas por diferentes evaluadoras, lo cual puede ser considerado como un sesgo de la prueba.

Además, en el estudio se observó que los sujetos que habían sido sometidos a ejercicio físico presentaron mayores valores en la pimometría inicial y final en comparación con aquellos que no habían recibido ejercicio alguno; aunque no fue un resultado significativo ( $p > 0,05$ ), hubo una tendencia, y esto se condice con un estudio en el cual se evaluaron los efectos del entrenamiento muscular inspiratorio en la fuerza muscular inspiratoria, la función pulmonar y la capacidad funcional en pacientes con ERC sometidos a HD y en donde hubo también un aumento en la distancia recorrida en el test de marcha de 6 minutos; por lo

tanto, se puede correlacionar el ejercicio aeróbico con la fuerza muscular inspiratoria<sup>22</sup>. Cabe destacar que los músculos implicados en la inspiración, como el diafragma y los intercostales, son clasificados como músculos esqueléticos y puede haber disminución de la masa, la fuerza y la resistencia muscular debido a la denominada sarcopenia urémica<sup>23</sup>, por lo que se puede inferir que una falta de entrenamiento tanto muscular como aeróbico lleva a un menor resultado en la PIMax, en comparación con aquellos sujetos que se someten a ejercicio constante.

A nivel de función pulmonar, los parámetros evaluados (VEF1, CVF, VEF1/CVF y FEF 25/75) muestran una tendencia clara, donde se observan mejores valores en aquellos sujetos que son sometidos a entrenamiento kinésico, a excepción del VEF1/CVF, donde los sujetos no entrenados mostraron en promedio valores levemente más altos, lo cual puede ser atribuido a que un valor se encuentre por sobre la media del grupo. A pesar de que no existe una diferencia estadísticamente significativa, sí se puede plantear una diferencia clínicamente significativa.

El grupo de pacientes sometidos a ejercicio físico intradiálisis presentó mayores valores de VEF1, lo que coincide con lo propuesto por Fatima et al., donde un grupo de pacientes sanos sometidos a entrenamiento aeróbico mostraron mejores valores en comparación con el grupo sin entrenamiento; además mejoró el valor de la CVF y VEF1/CVF<sup>24</sup>.

Por otra parte, en el estudio publicado por Silva et al., también se observó un aumento en los valores de VEF1 tras un programa de entrenamiento para sujetos con ERC; sin embargo este entrenamiento se centró específicamente en la musculatura inspiratoria, lo que sugiere realizar un trabajo enfocado en mejorar el rendimiento de la musculatura ventilatoria<sup>22</sup>. El entrenamiento aeróbico tiene un efecto positivo en la musculatura inspiratoria, pero un entrenamiento aeróbico combinado con entrenamiento inspiratorio se sugiere para tener mejores resultados<sup>25</sup>.

Dentro de las limitaciones del estudio se encuentra el bajo número de pacientes, esto debido principalmente a los criterios de inclusión y exclusión; por otro lado, muchos pacientes se negaron a participar y otros

desertaron en el transcurso de las evaluaciones. Uno de los sesgos que no se puede descartar es la existencia de un proceso de aprendizaje de las evaluaciones, lo cual pudo haber influido en los resultados.

Cabe destacar que si bien no existió una diferencia estadísticamente significativa, sí se pudo constatar una diferencia clínicamente significativa.

## Conclusiones

Los pacientes sometidos al proceso de hemodiálisis presentan una función pulmonar y capacidad ventilatoria bajo valores predictivos. Aquellos pacientes que han realizado ejercicio o que están en algún programa de ejercicio intradiálisis, ya sea aeróbico, de fuerza o combinado, presentan mejores valores espirométricos y pimométricos que aquellos que no han realizado ningún tipo de ejercicio.

Es necesario realizar programas de entrenamiento intradiálisis que no solo incluyan trabajo aeróbico y de fuerza muscular de extremidades, sino que también incluyan trabajo ventilatorio, para saber si la inclusión de este último mejora aún más los parámetros respiratorios y cardiorrespiratorios de dichos pacientes.

## Agradecimientos

Agradecemos a todas las personas que participaron en la realización de este estudio, principalmente a los pacientes que se comprometieron y tuvieron una excelente disposición para realizar las evaluaciones.

Agradecemos también al personal de la Unidad de Diálisis del Hospital Base de Valdivia, por facilitarnos la realización de este estudio y por su hospitalidad, especialmente la enfermera jefe, la Sra. Malbina Fuentes, por abrir las puertas de la Unidad de Diálisis a la Kinesiología y por confiar en nosotros desde un principio.

Finalmente agradecemos a la Escuela de Kinesiología de la Universidad Austral de Chile, quien nos facilitó los instrumentos necesarios para realizar las evaluaciones.

## Conflictos de intereses y financiación

Los autores declaran que no existe ningún conflicto de interés.

El presente estudio fue financiado parcialmente por la Escuela de Kinesiología de la Universidad Austral de Chile.

## 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 de manera importante 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; Yessica Aliante, Nayareth Becerra y Keren Quezada fueron las evaluadoras de los pacientes hemodializados, revisoras de literatura y redactoras del artículo inicial. Luis Ojeda fue el asesor estadístico constante del estudio.

## Referencias

1. Gorostidi M, Santamaría R, Alcázar R, Fernández-Fresnedo G, Galcerán JM, Goicoechea M, et al. Documento de la Sociedad Española de Nefrología sobre las guías KDIGO para la evaluación y el tratamiento de la enfermedad renal crónica. *Nefrología* 2014; 34(3):302-16. Available from: <https://doi.org/10.3265/Nefrologia.pre2014.Feb.12464>
2. Couser WG, Remuzzi G, Mendis S, Tonelli M. The contribution of chronic kidney disease to the global burden of major noncommunicable diseases. *Kidney International* 2011;80. Available from: <https://doi.org/10.1038/ki.2011.368>
3. Kidney Disease Improving Global Outcomes (KDIGO). Clinical Practice Guideline on the Management of Diabetes and Chronic Kidney Disease. [Internet] 2018 [Accedido el 01/07/2019] Disponible en: <https://kdigo.org/wp-content/uploads/2018/03/KDIGO-DM-GL-SoW-Public-Review-FINAL.pdf>
4. Sociedad Chilena de Nefrología. Registro de diálisis XXXVIII Cuenta de Hemodiálisis Crónica (HDC) en Chile (al 31 de agosto de 2018) [Internet]. Valparaíso: Sociedad Chilena de Nefrología; 2018 [citado 01 de julio 2019]. Disponible en: <https://www.nefro.cl/v2/biblio/registro/24.pdf>
5. Mukai H, Ming P, Lindholm B, Heimbürger O, Barany P, Stenvinkel P, et al. Lung Dysfunction and Mortality in Patients with Chronic Kidney Disease. *Kidney Blood Press Res* 2018;43:522-535. Available from: <https://doi.org/10.1159/000488699>
6. Artom M, Moss-Morris R, Caskey F, Chilcot J. Fatigue in advance kidney disease. *Kidney International* 2014;86:497-505. Available from: <https://doi.org/10.1038/ki.2014.86>
7. Bahey H, Salam F, Takey K. Effects of inspiratory muscle training on pulmonary functions and muscle strength in sedentary hemodialysis patients. *J Phys Ther Sci* 2018;30:424-7. Available from: <https://doi.org/10.1589/jpts.30.424>
8. De Souza R, Fernandes N, Moraes J, De Moura M, 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>
9. Pu J, Jiang Z, Wu W, et al. Efficacy and safety of intradialytic exercise in haemodialysis patients: a systematic review and meta-analysis. *BMJ Open* 2019;9:e020633. Available from: <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2017-020633>
10. Gutiérrez M, Beroíza M, Borzone G, Caviedes I, Céspedes J, Moreno R, et al. Espirometría: Manual de procedimientos SER Chile. *Rev Chil Enferm Respir* 2018;34:171-188. Available from: <https://doi.org/10.4067/S0717-73482018000300171>
11. Black L, Hyatt R. Maximal respiratory pressures normal values and relationship to age and sex. *Am Rev Respir Dis.* 1969;99:696-702.
12. Costa D, Gonçalves H, Peraro de Lima L, Ike D, Cancellero K, Montebelo M, I. New reference values for maximal respiratory pressures in the Brazilian population. *J Bras Pneumol.* 2010;36:306-12. DOI: Available from: <https://doi.org/10.1590/s1806-37132010000300007>.
13. Safa J, Noshad H, Ansarin K, Nikzad A, Saleh P, Ranjbar A. Effect of Hemodialysis on Pulmonary Function Tests and Plasma Endothelin Levels. *Saudi J Kidney Dis Transpl* 2014; 25(4):781-7. Available from: <https://doi.org/10.4103/1319-2442.135003>
14. Rojas M, Dennis R. Valores de referencia para parámetros de espirometría en la población adulta residente en Bogotá. *Biomédica.* 2010;30:82-94. Available from: <https://doi.org/10.7705/biomedica.v30i1.156>
15. LoMauro A, Aliverti A. Sex differences in respiratory function. *Breathe* 2018;14:131-40. Available from: <https://doi.org/10.1183/20734735.000318>
16. Yılmaz S, Yildirim Y, Yılmaz Z, Veysel A, Mahsuk K, Melike T, et al. Pulmonary Function in Patients with End-Stage Renal Disease: Effects of Hemodialysis and Fluid Overload. *Med Sci Monit.* 2016;22:2779-84. Available from: <https://doi.org/10.12659/MSM.897480>
17. Sharma A, Sharma Ash, Gahlot S, Prasher P. A study of pulmonary function in end-stage renal disease patients on hemodialysis: a cross-sectional study. *Sao Paulo Med J.* 2017;135(6):568-72. Available from: <https://doi.org/10.1590/1516-3180.2017.0179150817>
18. 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 Research International* 2014;ID 212751:1-10. Available from: <https://doi.org/10.1155/2014/212751>
19. Tavana S, Hashemian S, Jahromi F. Effect of Dialysis on Maximum Inspiratory and Expiratory Pressures in End Stage Renal Disease Patients. *Tanaffos* 2015;14(2):128-33. Available from: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0173159>
20. Karacan O, Tütal E, Uyar M, Eyübo?lu FO, Sezer S, Ozdemir FN. Pulmonary function in uremic patients on long-term hemodialysis. *Ren Fail.* 2004;26:273-8. Available from: <https://doi.org/10.1081/JDI-120039526>
21. Rocha C, Araújo S. Evaluation of maximum respiratory pressures in chronic renal patients at the pre and post hemodialysis moment. *J Bras Nefrol.* 2010;32(1):105-11. Available from: <https://doi.org/10.1590/S0101-28002010000100017>
22. Silva VG, Amaral C, Monteiro MB, Nascimento DM, Boschetti JR. Effects of inspiratory muscle training in hemodialysis patients. *J Bras Nefrol.* 2011 Mar;33:62-8. Available from: <https://doi.org/10.1590/S0101-28002011000100009>
23. De Souza V, De Oliveira D, Mansur M, Da Silva N, Gomes M. Sarcopenia in chronic kidney disease. *J Bras Nefrol* 2015; 37(1):98-105. Available from: <https://doi.org/10.5935/0101-2800.20150014>.
24. Fatima SS, Rehman R, Saifullah, Khan Y. Physical activity and its effect on forced expiratory volume. *J Pak Med Assoc.* 2013 Mar;63:310-2.
25. Adamopoulos S, Schmid JP, Dendale P, Poerschke D, Hansen D, Dritsas A. Combined aerobic/inspiratory muscle training vs. aerobic training in patients with chronic heart failure. *European Journal of Heart Failure* 2014;16(5):574-82. Available from: <https://doi.org/10.1002/ehf.70>