

Beneficios de un programa de reacondicionamiento físico y uso de mecanismos instrumentales sobre la mecánica ventilatoria del adulto mayor con enfermedad pulmonar crónica

Benefits of a physical reconditioning program and use of instrumental mechanisms on the ventilatory mechanics of the elderly with chronic lung disease

Franklin Heyden-López ✉

Filiación:

Hospital Nacional de Geriatria y Gerontología, Caja Costarricense de Seguro Social, San José, Costa Rica.

Correspondencia: ✉ Franklin Heyden López, Heredia, Costa Rica.
Correo electrónico: fheyden@hotmail.com

Financiamiento:

Ninguno

Conflictos de Interés:

Ninguno

Forma de citar: Heyden-López F. Beneficios de un programa de reacondicionamiento físico y uso de mecanismos instrumentales sobre la mecánica ventilatoria del adulto mayor con enfermedad pulmonar crónica. Rev Ter. 2021;15(1): 107-118

Abreviaturas: cmH₂O: centímetros de agua; CVF: capacidad vital forzada; DPEP: dispositivos de presión espiratoria positiva; EMI: entrenador de músculo inspiratorio; Ii: inspirómetro incentivo; VEF1: volumen espiratorio forzado en el primer segundo; VEF1/CVF: relación entre volumen espiratoria forzado primer segundo y capacidad vital forzada; PEmáx: presión espiratoria máxima; Plmáx: presión inspiratoria máxima; PRFAMEPC: Programa de Reacondicionamiento Físico del Adulto Mayor con Enfermedad Pulmonar Crónica; VVM: ventilación voluntaria máxima.

Fecha de recepción: 13 de mayo del 2020

Fecha de aceptación: 15 de diciembre del 2020

Resumen

Introducción: la enfermedad pulmonar crónica está asociada a la debilidad de los músculos respiratorios que origina disnea y limitan la capacidad de ejercicio. Hay limitada evidencia a nivel nacional de los efectos de un programa de ejercicio y uso de mecanismos instrumentales en la mecánica pulmonar de las personas adultas mayores con problema pulmonar crónico. El propósito de este análisis fue conocer la efectividad de un programa de reacondicionamiento físico y uso de mecanismos instrumentales sobre la mecánica ventilatoria del adulto mayor con enfermedad pulmonar crónica. **Metodología:** se condujo un análisis observacional descriptivo de los efectos del Programa de Reacondicionamiento Físico del Adulto Mayor con Enfermedad Pulmonar Crónica (PRFAMEPC), el cual incluye el uso de varios mecanismos instrumentales, desarrollado en el Hospital Nacional de Geriatria y Gerontología, de la Caja Costarricense de Seguro Social, entre enero 2012 y mayo 2018. Se analizó el resultado de la mecánica pulmonar pre y post programa. Los resultados se expresan como promedio \pm desviación estándar. Para el análisis estadístico se utilizó la prueba de t de student para medidas pareadas; también se hizo uso de la t de student para analizar por separado los grupos obstructivo y no obstructivo sugestivo de restricción. El nivel de significancia fue establecido en $p \leq 0,05$. Se utilizó el programa estadístico SPSS 21.0. **Resultados:** se reclutaron un total de 53 adultos mayores. Se identificaron diferencias estadísticamente significativas en la fuerza ($t = -3,66$; $p < 0,05$) y resistencia ($t = -2,80$; $p < 0,05$) de los músculos respiratorios de los participantes con problema pulmonar obstructivo y no obstructivo sugestivo de restricción. En los participantes con problema obstructivo se identificaron diferencias estadísticamente significativas en la fuerza ($t = -2,92$; $p < 0,05$) y la resistencia ($t = -3,13$; $p < 0,05$) de los músculos respiratorios. En los participantes con problema no obstructivo sugestivo de restricción se identificaron diferencias estadísticamente significativas en la fuerza ($t = -2,82$; $p < 0,05$) de los músculos. **Conclusión:** se concluye que en las personas adultas mayores con enfermedad pulmonar crónica el PRFAMEPC produjo mejoras en la fuerza y resistencia muscular respiratoria.

Palabras clave: Mecanismo instrumental, mecánica ventilatoria, adulto mayor, enfermedad pulmonar crónica.

Abstract

Introduction: chronic lung disease is associated with weakness of the respiratory muscles that causes dyspnea and limits exercise capacity. There is limited national evidence of the effects of an exercise program and the use of instrumental mechanisms on lung mechanics in older adults with chronic lung problems. **Objective:** the purpose of this analysis was to know the effectiveness of a physical reconditioning program and the use of instrumental mechanisms. **Methodology:** a descriptive observational analysis of the effects of the Program for Physical Reconditioning of the Elderly with Chronic Pulmonary Disease (PRFAMEPC) was conducted, which includes the use of several instrumental mechanisms, developed at the National Hospital of Geriatrics and Gerontology, of the Costa Rican Fund of Social Security, between January 2012 and May 2018. The results of the pulmonary mechanics, before and after the program, were analyzed. Results are expressed as mean \pm standard deviation. For the statistical analysis, the student's t test was used for paired measures; Student's t-test was also used to separately analyze the obstructive and non-obstructive groups suggestive of restriction. The level of significance was established at $p \leq 0.05$. The statistical program SPSS 21.0 was used. **Results:** a total of 53 older adults were recruited. Statistically significant differences were identified in the strength ($t = -3.66$; $p < 0.05$) and endurance ($t = -2.80$; $p < 0.05$) of the respiratory muscles of participants with obstructive and non-obstructive pulmonary problems suggestive of restriction. In participants with obstructive problems, statistically significant differences were identified in strength ($t = -2.92$; $p < 0.05$) and resistance ($t = -3.13$; $p < 0.05$) of the respiratory muscles. Statistically significant differences in strength were identified in participants with a non-obstructive problem suggestive of restriction. ($t = -2.56$; $p < 0.05$) of the muscles. **Conclusion:** it is concluded that in older adults with chronic lung disease, PRFAMEPC produced improvements in respiratory muscle strength and endurance.

Key words: Instrumental mechanism, ventilation mechanics, elderly, chronic pulmonary disease.

Introducción

Las alteraciones ventilatorias del tipo obstructivo y restrictivos pueden producir insuficiencia respiratoria. Lo que repercute negativamente en su calidad de vida de estas personas, a causa de los síntomas y la baja capacidad física¹.

La enfermedad pulmonar obstructiva crónica está asociada a debilidad de los músculos respiratorios y periféricos^{2,3}. La persona que la padece presenta atrapamiento aéreo en reposo, el cual aumenta durante el ejercicio (hiperinflación dinámica), lo que disminuye la fuerza y resistencia

del diafragma, principal músculo inspiratorio, originando la disnea y la limitación en la capacidad de ejercicio^{4,5}. Las personas con problemas pulmonares restrictivos presentan disminución de la capacidad vital, capacidad pulmonar total, taquipnea con volumen corriente bajo, reducción de la "compliance" pulmonar y debilidad inspiratoria⁶.

Las pruebas de función pulmonar son utilizadas para el diagnóstico y pronóstico de las enfermedades respiratorias, además permiten evaluar la respuesta a tratamientos broncodilatadores y vigilar la evolución funcional de los pacientes^{7,8}.

La mecánica pulmonar es evaluada por medio de la espirometría forzada, la medición de presiones inspiratoria máxima (PImáx) y presión espiratoria máxima (PEmáx)^{8,9}. Para medir la fuerza de los músculos respiratorios se puede utilizar la maniobra no invasiva de PImáx y PEmáx⁸⁻¹⁰. La resistencia muscular ventilatoria se puede medir por medio de la ventilación voluntaria máxima (VVM)⁹⁻¹¹.

El diafragma y los intercostales (externos e internos) son músculos esqueléticos estriados y son los principales músculos que participan en la ventilación¹¹. El diafragma participa en la inspiración, este músculo es principalmente aeróbico, está compuesto por 80% de fibras resistentes a la fatiga (55% tipo I y 25% tipo IIa) y su propiedad mecánica es la fuerza y resistencia¹⁰. Los músculos intercostales externos tienen su acción en la fase inspiratoria, tienen un predominio de fibras tipo I (60%) y 40% de las fibras tipo II¹⁰. Los músculos intercostales internos tienen su acción en la fase espiratoria activa y tienen un predominio de fibras tipo II (60%) y fibra tipo I (40%)¹⁰.

La alteración en la mecánica pulmonar se debe a cambios estructurales y mecánicos que suceden en la enfermedad pulmonar crónica, la inflamación sistémica y el estrés oxidativo produce debilidad de la musculatura ventilatoria y de las extremidades¹². A lo anterior se le suma la reducción del lumen bronquial, el aplanamiento del diafragma, la hiperinsuflación dinámica y el acortamiento de fibras musculares; lo cual deja en desventaja a los músculos inspiratorios, disminuyendo la fuerza y resistencia del diafragma, desencadenando disnea y disminución en la capacidad de ejercicio^{4,5}.

La baja capacidad ventilatoria en los pacientes pulmonares crónicos se debe a la fatiga de los músculos respiratorios, el requerimiento respiratorio elevado, la alteración en intercambio

gaseoso y el elevado espacio muerto (VD/VT), todas las anteriores sufridas por alteración en la musculatura esquelética que induce acidosis láctica temprana¹³.

Los mecanismos instrumentales son utilizados en la Rehabilitación Pulmonar de personas con afecciones respiratorias crónicas, con el objetivo de fortalecer los músculos inspiratorios, realizar terapia de expansión pulmonar, aplicar terapia vibratoria para la movilización de secreciones, y facilitar la higiene bronquial^{10,14,15}. Recomendaciones basadas en la evidencia de la Asociación Americana de Rehabilitación Cardiovascular y Pulmonar (AACVPR, según sus siglas en inglés), recomiendan el entrenamiento de músculos respiratorios, lo cual tienen un grado de evidencia B y un grado de recomendación 1B¹⁶.

Las revisiones sistemáticas de Geddes et al¹⁷ y O'Brien et al¹⁸, el metanálisis realizado por Lotters et al¹⁹, y los estudios de Villabranca et al²⁰ y Weiner et al²¹, reportan que el entrenamiento muscular inspiratorio mejora la fuerza y la resistencia muscular, con beneficios en la disnea, la capacidad funcional y la calidad de vida.

Dentro de los mecanismos instrumentales utilizados en la rehabilitación pulmonar se mencionan: El Inspirómetro incentivo (II)¹⁴, el entrenador de músculo inspiratorio (EMI)^{2,17} y los dispositivos de presión espiratoria positiva (DPEP)¹⁴.

El II es un dispositivo de flujo y/o volumen que se utilizan para realizar ejercicios respiratorios, aplicar terapia de expansión pulmonar, aumentar volúmenes pulmonares, reeducar y fortalecer los músculos inspiratorios¹⁴. El II se recomienda utilizarlos 10 inspiraciones por hora^{14,22}, 10 respiraciones 5 veces al día o 15 respiraciones cada 4 horas²². Las contraindicaciones para su uso incluyen tórax inestable, hemoptisis, alcalosis respiratoria,

neumotórax no tratado, broncoespasmo, infarto agudo de miocardio y personas con capacidad vital inferior a 10 ml/Kg¹⁴.

El entrenamiento de los músculos inspiratorios se logra mediante el uso de dispositivos con resistencia al flujo inspiratorio y dispositivos con umbral de carga inspiratoria²³. El EMI se recomienda con una frecuencia de 1 a 2 veces al día, 3 a 5 días por semana, intensidad de 30 a 70% de la presión inspiratoria máxima, tiempo de 15 a 30 minutos por sesión². Las principales contraindicaciones del EMI son la insuficiencia respiratoria aguda, la hipertensión pulmonar severa, la enfermedades cardiovasculares e hipertensión arterial crónica descompensadas y la fatiga muscular respiratoria². Los DPEP favorecen la movilización de secreciones, aumento de la ventilación colateral, disminuyendo la hiperinsuflación pulmonar^{14,24}. Se recomienda su uso con una frecuencia de 1 a 4 veces por día, intensidad entre 10 y 20 cmH₂O, repeticiones 10 a 20, tiempo de 10 a 20 minutos por sesión¹⁴. Las principales contraindicaciones del DPEP son neumotórax no tratado, hemoptisis, vías aéreas hiperreactivas (accesos de tos), fracturas o cirugías faciales, procesos de sinusitis y otitis²⁴.

A pesar de que en Costa Rica se está empezando a incursionar en la Rehabilitación Pulmonar, existe limitada evidencia a nivel nacional de la efectividad de un programa de reacondicionamiento físico y uso de mecanismos instrumentales sobre la mecánica ventilatoria del adulto mayor con enfermedad pulmonar crónica (i.e., obstructivas y/o restrictivas). Este trabajo pretende mejorar el conocimiento sobre los beneficios de un Programa de Reacondicionamiento Físico del Adulto Mayor con Enfermedad Pulmonar Crónica (PRFAMEPC), que incluye el uso de varios mecanismos instrumentales, del Hospital Nacional

de Geriatria y Gerontología de la Caja Costarricense de Seguro Social (HNGG-CCSS), sobre la mecánica ventilatoria de los adultos mayores con enfermedad pulmonar crónica.

Metodología

Tipo de estudio y población

Para esta investigación se utilizó un diseño observacional descriptivo, basado en información obtenida de registros médicos. Se incluyeron todos los registros de las personas adultas mayores (≥ 65 años).

La información se extrajo de registros médicos que se encontraron en el Laboratorio de Función Pulmonar del Hospital Nacional de Geriatria y Gerontología – Caja Costarricense seguro Social (HNGG – CCSS), de todas las personas adultas mayores de 65 años con enfermedad pulmonar crónica, sin restricción de género o etnia, que participaron en el PRFAMEPC del HNGG-CCSS entre enero 2012 y mayo 2018. De estos fueron excluidos todos aquellos que no completaron alguna medición de mecánica pulmonar, quedando una población de análisis de 53 adultos mayores.

Los pacientes se clasificaron según su enfermedad pulmonar crónica como obstructivos (valores espirométricos con VEF₁/CVF menor del 70% del predicho, con clasificación según el valor del VEF₁ -leve, moderado, grave y muy grave-) o no obstructivo sugestivo de restricción (valores espirométricos con VEF₁/CVF mayor o igual al 70% del predicho y CVF menor del 80% del predicho).

Variables de resultado

De las pruebas de función pulmonar realizadas antes y después del programa se obtienen los datos de las siguientes variables:

- Capacidad Vital Forzada (CVF): Datos tomados de los reportes de los resultados de la espirometría forzada, que fueron recogidos en litros y como porcentaje del predicho. Los valores predichos lo establecen con base en el NHANES III. Normal: valor $\geq 80\%$ del predicho.
- Volumen espiratorio forzado en el primer segundo (VEF_1): Datos tomados de los reportes de los resultados de la espirometría forzada, que fueron recogidos en litros y como porcentaje del predicho. Los valores predichos lo establecen con base en el NHANES III. Normal: valor $\geq 80\%$ del predicho.
- Presión inspiratoria máxima (PI_{máx}): Datos tomados de los reportes de los resultados de la presión inspiratoria máxima, que fueron recogidos en centímetros de agua y como porcentaje del predicho. Los valores predichos lo establecen con base en Black y Hyatt. Normal: valor $\geq 80\%$ del predicho.
- Presión espiratoria máxima (PE_{máx}): Datos tomados de los reportes de los resultados de la presión espiratoria máxima, que fueron recogidos en centímetros de agua y como porcentaje del predicho. Normal: valor $\geq 80\%$ del predicho.
- Ventilación voluntaria máxima (VVM): Datos tomados de los reportes de los resultados de la ventilación voluntaria máxima, que fueron recogidos en Litros, frecuencia respiratoria y como porcentaje del predicho. Normal: valor $\geq 80\%$ del predicho.

Descripción del PRFAMEPC

El programa consistió en un total de 16 semanas, 2 semanas de evaluación inicial, 12 semanas de entrenamiento (24 sesiones) y 2 semanas de evaluación final. En las sesiones de entrenamiento desarrollaron reeducación ventilatoria (respiración diafragmática, labios fruncidos, ejercicios dirigidos a los músculos de la fase inspiratoria), mecanismos instrumentales enfocados en la terapia de expansión pulmonar y el entrenamiento de musculatura ventilatoria, trabajo aeróbico y trabajo contra resistencia.

Los mecanismos instrumentales utilizados fueron el II, EMI y DPEP ya descritos en la introducción.

La terapia instrumental se realizó de la siguiente manera, las primeras dos semanas con el uso del II, de la semana 3 a la 6 alternan entre II y EMI de umbral (lunes, miércoles y viernes usaron inspirómetro incentivo; martes, jueves y sábado usaron el EMI); de la semana 7 a la 12 alternan con EMI y DPEP de umbral (lunes, miércoles y viernes usaron DPEP; martes, jueves y sábado usaron el EMI).

II: Las primeras dos semanas. frecuencia: dos veces por día, de lunes a sábado, domingo día de descanso; intensidad: a un volumen tolerado sin presentar molestias por hiperventilación; series: 3; repeticiones: 10; progresión: 150 a 250 ml. A partir de la semana 3. frecuencia: dos veces por día, lunes, miércoles y viernes; intensidad: al volumen con que finaliza las dos primeras semanas; series: 3; repeticiones: 10; progresión: semanal, una semana aumento en el volumen de 250 ml, otra semana incremento de 2 repeticiones.

EMI de umbral: Inicia en la semana 3. Frecuencia: dos veces por día, martes, jueves y sábado; intensidad: inicia al 40% de $PI_{m\acute{a}x}$; series: 3; repeticiones: 10; progresión: semana, una semana incrementa la intensidad entre 3 y 5 cmH_2O , otra semana 2 aumento en de 2 repeticiones.

DPEP de umbral: Inicia en la semana 7. Frecuencia: dos veces por día, lunes, miércoles y viernes; intensidad: inicia con 5 cmH_2O ; series: 3; repeticiones: 10; progresión: semana, una semana aumento de la intensidad entre 3 a 5 cmH_2O , otra semana incremento en 2 repeticiones.

La fase aeróbica se alternó entre trabajo continuo y continuo variable; 12 semanas, dos veces por semana, iniciaron con un tiempo de entre 10 y 15 minutos, dependiendo de la capacidad funcional y tolerancia de los participantes y finalizaron con tiempos de 30 minutos.

La fase contra resistencia la realizan a partir de la semana 5 y hasta el final del programa, dos veces por semana, realizando 3 series, las repeticiones iniciaron con 8 finalizaron con 16.

La prescripción y programación de las sesiones de entrenamiento se llevaron a cabo siguiendo los principios de individualidad, sobrecarga y progresión.

Análisis estadístico

Se utilizó la prueba de t de student para medidas pareadas para comparar los datos de las variables pre y post test. Se realizaron tres análisis, el primero compara a toda la población, el segundo a los obstructivos y el tercer a los restrictivos. Los resultados se expresan como promedio \pm desviación estándar. El nivel de significancia fue establecido en $p \leq 0,05$, todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el paquete estadístico SPSS 21.0 para

Windows. Debido al pequeño tamaño de la muestra se calculó adicionalmente el porcentaje de cambio entre las mediciones.

Aspectos éticos

Este estudio fue aprobado por el Comité Ético del Hospital Nacional de Geriátría y Gerontología, (CEC-HNNGG), inscrito bajo el número de protocolo CCSS15-2017.

Resultados

Se analizaron resultados de pruebas de función pulmonar de un total de 53 adultos mayores con enfermedad pulmonar crónica, 85% obstructiva y 15% restrictiva. En la tabla 1 se presenta la distribución de la población, 62% fueron hombres y el 38% mujeres.

Según la tabla 2, el PRFAMEPC del HNNGG-CCSS tuvo un efecto significativo sobre las variables VEF_1/CVF , $PI_{m\acute{a}x}$ (cmH_2O y % predicho), $PE_{m\acute{a}x}$ (% predicho), así como VVM (L y % predicho), evaluada por medio de las pruebas de función pulmonar entre las mediciones aplicadas en el grupo de adultos mayores con problema pulmonar crónico.

Se observan diferencias estadísticamente significativas en la VEF_1/CVF , $PI_{m\acute{a}x}$ (cmH_2O y % predicho) y VVM (L, % predicho); evaluada por medio de las pruebas de función pulmonar entre las mediciones aplicadas en el grupo de adultos mayores con problema pulmonar obstructivo (tabla 3).

Se observan diferencias estadísticamente significativas en la $PI_{m\acute{a}x}$ (cmH_2O y % predicho), evaluada por medio de las pruebas de función pulmonar entre las mediciones aplicadas en el grupo de adultos mayores con problema pulmonar restrictivo (tabla 3).

Tabla 1. Características clínicas de las personas estudiadas del PRFAMEPC del HNGG–CCSS entre enero 2012 y mayo 2018

	Hombres (n=33)	Mujeres (n=20)	Total (N=53)
Edad (años)	77,45 ± 6,02	77,85 ± 5,49	77,60 ± 5,77
Peso (Kilos)	70,01 ± 19,01	60,69 ± 14,58	66,49 ± 17,91
Talla (metros)	1,62 ± 0,09	1,49 ± 0,06	1,57 ± 0,10
IMC (Kg/m2)	26,33 ± 5,33	27,80 ± 7,49	26,88 ± 6,20
Obstructivo	26	19	45
Restrictivo	7	1	8

Nota: Datos son presentados como media ± SD

Abreviatura: IMC, índice de masa corporal. Elaboración propia con base en los resultados.

Tabla 2. Resultados en la función pulmonar de los adultos mayores con problema pulmonar crónico del PRFAMEPC del HNGG–CCSS entre enero 2012 y mayo 2018.

Variable	n	Valor pre	Valor post	t	Pp	Magnitud de cambio
VEF ₁ /CVF	53	58,92 ± 18,72	55,82 ± 20,01	2,32	0,024*	-5,26
CVF (L)	53	2,30 ± 0,92	2,38 ± 1,02	-1,66	0,103	3,47
CVF (%)	53	82,86 ± 28,70	85,54 ± 30,87	-1,34	0,186	3,23
VEF ₁ (L)	53	1,28 ± 0,51	1,25 ± 0,55	1,06	0,293	-2,34
VEF ₁ (%)	53	71,33 ± 25,20	71,84 ± 26,32	-0,30	0,768	0,71
Plmáx (cmH ₂ O)	52	4,90 ± 26,04	56,40 ± 24,59	-3,66	0,001*	13,02
Plmáx (%)	52	58,34 ± 27,12	65,82 ± 24,89	-3,39	0,001*	12,82
PEmáx (cmH ₂ O)	51	67,93 ± 30,09	71,26 ± 28,07	-1,08	0,286	4,86
PEmáx (%)	51	42,60 ± 17,39	47,52 ± 18,28	-2,68	0,010*	11,55
VVM (L)	51	48,50 ± 21,44	52,78 ± 24,41	-2,80	0,007*	8,82
VVM (%)	51	54,41 ± 20,48	60,27 ± 19,54	-2,84	0,006*	10,77
VVM (FR)	51	74,80 ± 24,71	68,37 ± 26,46	1,84	0,071	-8,60

Nota: Datos son presentados como media ± SD; Pp resultado prueba de t de student pre y post intervención; * diferencia estadísticamente significativa (p<0,05).

Abreviatura: cmH₂O, centímetros de agua; CVF, capacidad vital forzada; VEF₁, volumen espiratorio forzado primer segundo; VEF₁/CVF, relación entre volumen espiratoria forzado primer segundo y capacidad vital forzada; Plmáx, presión inspiratoria máxima; PEmáx, presión espiratoria máxima; VVM, ventilación voluntaria máxima.

Elaboración propia con base en los resultados.

Tabla 3. Resultados en la función pulmonar de los adultos mayores con problema pulmonar crónico, según tipo (obstructivo/restrictivo), del PRFAMEPC del HNGG-CCSS entre enero 2012 y mayo 2018

	Obstructivo					Restrictivo				
	n	Valor pre	Valor post	t	p1	n	Valor pre	Valor post	t	p2
VEF ₁ /CVF	45	54,5 ± 16,4	50,5 ± 16,4	2,7	0,009*	8	83,8 ± 8,3	85,7 ± 8,7	-0,7	0,52
CVF (L)	45	2,3 ± 0,95	2,4 ± ,04	-1,6	0,117	8	2,0 ± 0,7	2,1 ± 0,9	-0,4	0,68
CVF (%)	45	86,3 ± 29,6	89,2 ± 31,4	-1,3	0,207	8	63,4 ± 11	64,9 ± 17,9	-0,4	0,72
VEF ₁ (L)	45	1,2 ± 0,5	1,2 ± 0,50	1,6	0,127	8	1,7 ± 0,5	1,8 ± 0,7	-0,9	0,42
VEF ₁ (%)	45	69,3 ± 26,4	69,4 ± 26,6	-0,0	0,991	8	82,6 ± 13,6	85,9 ± 20,5	-0,8	0,45
PI _{máx} (cmH ₂ O)	44	50 ± 26,5	55,6 ± 24,5	-2,9	0,005*	8	49,8 ± 24,7	60,6 ± 26,5	-2,6	0,04*
PI _{máx} (% predicho)	44	59,1 ± 27,6	65,8 ± 24,9	-2,7	0,010*	8	54 ± 25,4	65,8 ± 26,5	-2,8	0,03*
PE _{máx} (cmH ₂ O)	43	70,5 ± 32,1	72,6 ± 30	-0,6	0,550	8	54,3 ± 19,8	64,3 ± 13,1	-1,6	0,16
PE _{máx} (% predicho)	43	44,7 ± 17,6	48,3 ± 17,7	-2	0,054	8	31,6 ± 12,1	43,4 ± 22	-1,9	0,09
VVM (L)	43	40,9 ± 18,8	49,8 ± 22,4	-3,1	0,003*	8	67,9 ± 25,8	69 ± 30,1	-0,2	0,8
VVM (%)	43	51,1 ± 18,6	56,53 ± 17,9	-2,6	0,013*	8	72 ± 22,3	80,4 ± 15,9	-1,2	0,3
VVM (FR)	43	75 ± 25,2	67,0 ± 25,5	2	0,053	8	73,8 ± 23,2	75,6 ± 32,1	-0,4	0,7

Nota: Datos son presentados como media ± SD; p1 resultado prueba de t de student pre y post intervención en patología obstructiva; p2 resultado prueba de t de student pre y post intervención en patología restrictiva; *diferencia estadísticamente significativa (p<0,05).

Abreviatura: cmH₂O, centímetros de agua; CVF, capacidad vital forzada; VEF₁, volumen espiratorio forzado primer segundo; VEF₁/CVF, relación entre volumen espiratoria forzado primer segundo y capacidad vital forzada; PI_{máx}, presión inspiratoria máxima; PE_{máx}, presión espiratoria máxima; VVM, ventilación voluntaria máxima.

Elaboración propia con base en los resultados.

Discusión

Los resultados sugieren que los participantes con enfermedad pulmonar crónica (obstructivos y restrictivos) que finalizaron el PRFAMEPC del HNGG-CCSS entre enero 2012 y mayo 2018 presentaron mejoras significativas en la fuerza inspiratoria, fuerza espiratoria y en la resistencia muscular.

En el caso de las participantes con problemas obstructivos, se logró una disminución en la mecánica pulmonar evidenciado por la disminución significativa de la VEF_1/CVF , lo cual coincide con la disminución no significativa del VEF_1 . Lo anterior se podría considerar como un efecto paradójico, para lo cual se recomendaría realizar estudios posteriores de volúmenes pulmonares para ver el comportamiento sobre la capacidad funcional residual (CFR), el volumen residual (VR) y la capacidad pulmonar total (CPT); sin embargo, se presenta una mejora, aunque no significativa en la CVF que eventualmente podría contribuir a la mejora de la fuerza y resistencia de la musculatura ventilatoria.

Por otro lado, se demostró que los participantes con problema obstructivo que finalizaron el PRFAMEPC del HNGG-CCSS entre enero 2012 y mayo 2018, presentaron mejoras significativas en la fuerza y la resistencia muscular ventilatoria. Lo anterior concuerda con los metaanálisis de Geddes et al¹⁷ y Lotters et al¹⁹ y lo reportado por otros autores, que mencionan que el entrenamiento muscular inspiratorio en el paciente EPOC mejora la fuerza y la resistencia muscular, generando beneficios en la disnea de reposo y durante el ejercicio, capacidad funcional y calidad de vida^{15,25}. Por su parte Ramírez Sarmiento et al²⁶ reportan que programas de entrenamiento inspiratorio específico incrementa

la fuerza y la resistencia inspiratorias, produciendo cambios estructurales en los músculos intercostales externos (incremento del 38% en la proporción de fibras tipo I y del 21% en el tamaño de las fibras tipo II); aumentado la densidad mitocondrial de los músculos inspiratorios. Woolf May²⁷ reporta que la mejora en la resistencia muscular ventilatoria se debe al aumento en la proporción de fibras tipo 1 y la densidad mitocondrial de los músculos inspiratorios que se presenta en los EPOC como un efecto adaptativo.

En cuanto a los participantes con enfermedad restrictiva que finalizaron el PRFAMEPC del HNGG-CCSS entre enero 2012 y mayo 2018, los participantes presentaron mejoras significativas en la fuerza inspiratoria. No se encontró referencias para discutir estos resultados.

Los resultados sugieren que los adultos mayores con problemas pulmonares crónicos que presentan debilidad muscular se podrían beneficiar de programas de entrenamiento de la musculatura inspiratoria. Lo cual concuerda con Spruit et al²⁸, Ries et al²⁹ y Bolton et al³⁰, quienes han recomendado el entrenamiento de la musculatura inspiratoria en presencia de debilidad muscular con valores de $PI_{máx}$ menores de 60 cmH_2O . Así mismo, se deduce de los resultados que el reacondicionamiento físico y el uso de entrenador de musculo inspiratorio con cargas entre el 40 y 60%, mejora de la fuerza muscular ventilatoria no solo para los obstructivos sino también para los restrictivos, con mejoras en la resistencia muscular ventilatoria de los obstructivos. Los datos concuerdan con los resultados de Seróna et al³¹, que reporta mejoría en la $PI_{máx}$ en el primer mes de tratamiento en personas con limitación crónica al flujo de aire que recibieron intervención al 40% de la $PI_{máx}$. Por su parte Pinheiro², recomienda sesiones de IMT con sistema de umbral, tiempo de

15 a 30 minutos, frecuencia de entrenamiento de 1 a 2 veces al día, con cargas entre 30 y 70% de la P_{lmáx}. Otros autores^{19,23,28-30,32} concuerdan que estas cargas mejoran la fuerza y resistencia de los músculos inspiratorios.

Los resultados de este trabajo deben ser considerados para el diseño e implementación de programas de reacondicionamiento físico para adulto mayor con problema pulmonar crónico (i.e., obstructivas y/o restrictivas) ya que sugieren impacta positivamente sobre la fuerza de la musculatura inspiratoria y la resistencia muscular.

Estos resultados deben ser interpretados con precaución ya que este estudio tuvo algunas limitaciones que deben ser reportadas, incluyendo que los datos fueron recolectados primariamente para fines prácticos y no investigativos, se contó con una muestra limitada de participantes, así como también el análisis conjunto de los datos de los participantes con problemas obstructivos y restrictivos.

Se concluye que un programa reacondicionamiento físico y uso de mecanismos instrumentales para adulto mayor con problema pulmonar crónico que incluye trabajo aeróbico, contra resistencia, entrenamiento de musculatura ventilatoria y expansión pulmonar podría mejorar la fuerza de los músculos inspiratorios y la resistencia muscular respiratoria de los adultos mayores con problema pulmonar obstructivo; y mejora la fuerza de los músculos inspiratorios de los adultos mayores con problema pulmonar restrictivo.

Referencias Bibliográficas

1. Stahl E, Jansson S, Jonsson A, Svensson K, Lundback B, Andersson F. Health-related quality of life utility, and productivity outcomes instruments: Ease of

completion by subjects with COPD. *Health Qual Life Outcomes*. 2003;18:1-18. doi: 10.1186/1477-7525-1-18

2. Pinheiro de C, Saldías F. VI. Entrenamiento muscular inspiratorio en el paciente con enfermedad pulmonar obstructiva crónica. *Rev Chil Enf Respir*. 2011;27(2):116-23. doi: 10.4067/S0717-73482011000200006

3. Gosselink R, Troosters T, Decramer M. Distribution of muscle weakness in patients with stable chronic obstructive pulmonary disease. *J Cardiopulm Rehabil*. 2000;20(6):353-60.

4. Similowski T, Yan S, Gauthier A P, Macklem PT, Bellemare F. Contractile properties of the human diaphragm during chronic hyperinflation. *N Engl J Med*. 1991;325(13):917-23. doi: 10.1056/NEJM199109263251304

5. Rochester D, Braun N. Determinants of maximal inspiratory pressure in chronic obstructive pulmonary disease. *Am Rev Respir Dis*. 1985;132(1):42-7. doi: 10.1164/arrd.1985.132.1.42

6. American College of Sports Medicine. ACSM's Exercise Management for Persons with Chronic Diseases and Disabilities. Illinois: Human Kinetics; 2016.

7. Sociedad Española de Neumología y Cirugía Torácica. Normativa sobre la espirometría [Internet]. Barcelona: Respira; 2013 [citado 30 de enero 2018]. Disponible en: https://issuu.com/separ/docs/normativa_1_espirometr_a_2013_?e=3049452/6042607

8. Vargas Domínguez C, Gochicoa Rangel L, Velásquez Uncal M, Mejía Alfaro R, Vázquez García J, Pérez Padilla R, et

al. Pruebas de función respiratoria, ¿cuál y a quién? *Neumol Cir Tórax* [Internet]. 2011 [citado 30 de enero 2018];70(2):101-117. Disponible en: <http://www.medigraphic.com/pdfs/neumo/nt-2011/nt112f.pdf>

9. Gea J, Orozco M, Ramírez A, Galdiz J, López E. Pruebas para el estudio de las enfermedades neuromusculares. Evaluación muscular respiratoria. En: Burgos F, Casan P, coordinadores. Manual SEPAR de procedimientos, Procedimientos de evaluación de la función pulmonar [Internet]. Barcelona: Sociedad Española de Neumología y Cirugía de Tórax; 2004 [citado 18 de enero de 2019]. 114-33. Disponible en: <https://issuu.com/separ/docs/procedimientos4/122>

10. Giraldo H. Diagnóstico y manejo integral del paciente con EPOC. 3a ed. Bogotá: Médica Panamericana; 2008.

11. Ozorno M. Cambios adaptativos en la estructura subcellular del diafragma humano. Asociaciones con la enfermedad pulmonar obstructiva crónica [Tesis Doctoral]. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona; 1995.

12. Gea J, Pascual S, Casadevall C, Orozco M, Barreiro E. Muscle dysfunction in chronic obstructive pulmonary disease: update on causes and biological findings. *J Thorac Dis*. 2015;7(10):418-38. doi: 10.3978/j.issn.2072-1439.2015.08.04

13. Aldrich TK, Sinderby C, McKenzie DK, Estenne M, Gandevia SC. Electrophysiologic techniques for the assessment of respiratory muscle function. *Am J Respir Crit Care Med*, 2002;166(4):548-558.

14. Cristancho W. Fundamentos de Fisioterapia Respiratoria y Ventilación Mecánica. 3a ed. Madrid: Médica Panamericana;

2003.

15. Giménez MFB, Servera E, Vergara P. Prevención y rehabilitación en patología respiratoria crónica: fisioterapia, entrenamiento y cuidados respiratorios. España: Médica Panamericana; 2001.

16. Miranda G, Gómez A, Pleguezuelos E, Capellas L. Rehabilitación respiratoria en España. Encuesta SORECAR. Rehabilitación. 2011;45(3):247-255. doi: 10.1016/j.rh.2011.04.004

17. Geddes E, O'Brien K, Reid W, Brooks D, Crowe J. Inspiratory muscle training in adults with chronic obstructive pulmonary disease: an update of a systematic review. *Respir Med*. 2008;102(12):1715-29. doi: 10.1016/j.rmed.2008.07.005

18. O'Brien K, Geddes E, Reid W, Brooks D, Crowe J. Inspiratory muscle training compared with other rehabilitation interventions in chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review update. *J Cardiopulm Rehabil Prev*. 2008;28(2):128-41. doi: 10.1097/01.HCR.0000314208.40170.00

19. Lótters F, Van Tol B, Kwakkel G, Gosselink R. Effects of controlled inspiratory muscle training in patients with COPD: a meta-analysis. *Eur Respir J*. 2002;20(3):570-6. doi: 10.1183/09031936.02.00237402

20. Villafranca C, Borzone G, Leiva A, Lisboa C. Effect of inspiratory muscle training with an intermediate load on inspiratory power output in COPD. *Eur Respir J*. 1998;11(1):28-33. doi: 10.1183/09031936.98.11010028

21. Weiner P, Magadle R, Beckerman M, Weiner M, Berar Yanay N. Maintenance of inspiratory muscle training in COPD patients: one year follow-up. *Eur Respir J*. 2004;23(1):61-

5. doi: 10.1183/09031936.03.00059503

22. Restrepo R, Wettstein R, Wittnebe L, Tracy M. AARC clinical practice guideline, Incentive Spirometry. *Respir Care*. 2011;56(10):1600-604. doi: 10.4187/respcare.01471

23. Mota Casals S. Entrenamiento de los músculos respiratorios en la enfermedad pulmonar obstructiva crónica. En: Guell R, de Lucas Pilar, editores. *Tratado de rehabilitación respiratoria*. Barcelona: Ars Medica; 2005. 221- 30.

24. Balña A, Nuñez T, Martí J, Méndez J, Muñoz G, López D. Técnicas instrumentales para el manejo de secreciones. En: Martí J, Vendrell M, coordinadores. *Manual SEPAR de Procedimientos. Técnicas manuales e instrumentales para el drenaje de secreciones bronquiales en el paciente adulto [Internet]*. Barcelona: Sociedad Española de Neumología y Cirugía Torácica; 2013. 65-75. Disponible en: https://issuu.com/separ/docs/manual_27

25. Marco E, Coll-Artés R, Marín M, Coll-Fernández R, Pascual MT, Resa J, Muñoz L, et al. Recomendaciones sobre programas de rehabilitación pulmonar en pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica de la Sociedad de Rehabilitación. *Rehabilitacion*. 2016;50(4):233-262. doi.org/10.1016/j.rh.2016.04.004

26. Ramírez Sarmiento A, Orozco Levi M, Güell R, Barreiro E, Hernandez N, Mota S, et al. Inspiratory muscle training in patients with chronic obstructive pulmonary disease: structural adaptation and physiologic outcomes. *Am J Respir Crit Care Med*. 2002;166(11):1491-1497. doi: 10.1164/rccm.200202-075OC

27. Woolf May K. Prescripción de ejercicio: Fundamentos fisiológicos. Guía para profesionales de la salud, del deporte y del ejercicio físico. Barcelona: Elsevier; 2008.

28. Spruit M, Singh S, Garvey C, ZuWallack R, Nici L, Rochester C, et al. An Official American Thoracic Society/European Respiratory Society Statement: Key concepts and advances in pulmonary rehabilitation. *Am J Respir Crit Care Med*. 2013;188(8):13-64. doi.org/10.1164/rccm.201309-1634ST

29. Ries A, Bauldoff G, Carlin B, Casaburi R, Emery C, Mahler D, et al. Pulmonary Rehabilitation: Joint ACCP/AACVPR Evidence-Based Clinical Practice Guidelines. *Chest*. 2007;131(5): 4S-42S. doi: 10.1378/chest.06-2418

30. Bolton C, Bevan E, Blakey J, Crowe P, Elkin S, Garrod R, et al. British Thoracic Society guideline on pulmonary rehabilitation in adults. *Thorax*. 2013;68(2):1-30. doi: 10.1136/thoraxjnl-2013-203808

31. Seróna P, Riedemannb P, Muñoz S, Doussoulin A, Villarroel P, Cea X. Effect of Inspiratory Muscle Training on Muscle Strength and Quality of Life in Patients with Chronic Airflow Limitation: a Randomized Controlled Trial. *Arch Bronconeumol*. 2005;41(11):601-606. doi:10.1016/S1579-2129(06)60293-0

32. Güell R, Cejudo P, Rodríguez G, Galdiz J, Bautista J, Casolive V, Regueiro M, et al. Estándares de calidad asistencial en rehabilitación respiratoria en pacientes con enfermedad pulmonar crónica. *Arch Bronconeumol*. 2012;48(11):396-404. doi.org/10.1016/j.arbres.2012.05.009