

EFFECTOS DEL ENTRENAMIENTO FÍSICO SOBRE LA CAPACIDAD FÍSICA Y LOS MARCADORES DE LA INFLAMACIÓN CRÓNICA EN PERSONAS MAYORES: UNA REVISIÓN

Effects of physical training on physical capacity and chronic inflammation markers
in the elderly: a review

*Constanza Karelavic Aguayo, **Ignacia Pérez Flores

Karelavic, C. & Pérez, I. (2016). Efectos del entrenamiento físico sobre la capacidad física y los marcadores de la inflamación crónica en personas mayores: una revisión. *Revista de Ciencias de la Actividad Física UCM*. N° 17(2), 71-82.

RESUMEN

El propósito de esta revisión es de evidenciar la información sobre los efectos de distintos programas de entrenamiento en la capacidad funcional y en la inflamación crónica en adultos mayores (AM). Los datos se obtuvieron de consulta directa a la literatura científica indexada en las siguientes bases de datos: PubMed, Cochrane, ScienceDirect, Elsevier, Scielo, Proquest, Ebsco y Lilacs, entre los meses de Mayo y Septiembre del año 2015. Del análisis de los artículos obtenidos se concluyó que con programas de entrenamiento de resistencia o combinados aumenta la fuerza muscular en los AM. La capacidad aeróbica se incrementa más con el entrenamiento aeróbico, sin embargo también puede mejorar con otras modalidades de ejercicio. Por último, el entrenamiento tanto aeróbico como de resistencia pueden mejorar la inflamación crónica en los AM. No obstante, se necesita mayor investigación para establecer una relación directa entre los parámetros de entrenamiento, y la mejoría de la capacidad funcional y de los marcadores inflamatorios en los AM.

PALABRAS CLAVE

Adultos mayores, entrenamiento de resistencia, entrenamiento aeróbico, condición física, marcadores inflamatorios.

ABSTRACT

The purpose of this review is evidence the information about the effects of different training programs in functional capacity and chronic inflammation in older adults. The information was obtained directly from the research of scientific literature, of the following data base: PubMed, Cochrane, ScienceDirect, Elsevier, Scielo, Proquest, Ebsco and Lilacs, between May and September of 2015. The analysis of the obtained articles allowed concluding that, with resistance or combined training programs, an older adult can increase muscular strength. Cardiorespiratory fitness increases with the aerobic training, nevertheless it can also improve with other exercise modality. Lastly, either aerobic or resistance training generates positive changes on chronic inflammation in older adults. However, more research is needed to establish a direct link between the training parameters, and improvement in functional capacity and inflammatory markers in older adults.

Key words

Older adult, resistance training, aerobic training, fitness, inflammatory markers.

* Kinesióloga. Magister en Fisiología Clínica del Ejercicio. Facultad de Ciencias de la Salud. Escuela de Kinesiología, Universidad Mayor. Santiago. Chile.

** Kinesióloga. Magister en Fisiología Clínica del Ejercicio. Facultad de Ciencias de la Salud. Escuela de Kinesiología, Universidad Mayor. Santiago. Chile.



1. INTRODUCCION

El envejecimiento provoca en el ser humano una serie de cambios, induciendo al aumento del riesgo relativo de desarrollar patologías crónicas (enfermedad cardiovascular, diabetes tipo II, hipertensión, obesidad y algunos cánceres) y la prevalencia de condiciones músculo-esqueléticas degenerativas y discapacidad (Chodzko-Zajko. et al., 2009; Cadore et al., 2013; Montero y Serra, 2013). Además, con la edad disminuye la habilidad para realizar tareas y la tolerancia al ejercicio, como consecuencia de una variedad de factores, incluyendo cambios en la composición corporal (acumulación de grasa corporal y su redistribución a los depósitos centrales y viscerales), la pérdida de masa muscular o sarcopenia, y la disminución de la capacidad aeróbica máxima ($VO_{2m\acute{a}x}$) (Hunter et al., 2004; Montero y Serra, 2013). Está bien establecido que la disminución de la actividad física en los AM exacerba la sarcopenia, provoca un deterioro de la función física general y conduce a la fragilidad (Cadore et al., 2013; Montero & Serra, 2013).

La actividad física regular aumenta la expectativa de vida promedio a través de su efecto en la mitigación de cambios biológicos y la modificación los factores de riesgo asociados con el envejecimiento (Chodzko-Zajko. et al., 2009; Cadore et al., 2013). Además, mejora y preserva la capacidad física funcional (Hunter et al., 2004; Montero y Serra, 2013; Pereira et al., 2013), y se asocia con varios beneficios relacionados a la salud incluyendo la mejoría de la inflamación de bajo grado (Marques et al., 2013).

Los datos de la encuesta *Studyon global AGEing and AdultHealth* (SAGE) (Kowal et al., 2012) y la Encuesta Mundial de Salud de la Organización Mundial de la Salud (OMS) 2015, indican que alrededor de un tercio de las personas de entre 70 y 79 años de edad y la mitad de las personas de 80 años o más no cumplen con las directrices básicas de la actividad física en la vejez (OMS, 2015). La OMS recomienda 150 minutos semanales de actividad física moderada o vigorosa en la población adulta, para mantener una adecuada condición de salud (OMS 2010, Chodzko-Zajko. et al. 2009).

A pesar de que el ejercicio físico ha sido ampliamente utilizado en la práctica clínica, según lo señalado por el Chodzko-Zajko. et al. 2009, existe una falta de información necesaria para entender la naturaleza precisa de la relación entre ejercicio y capacidad funcional en los adultos mayores, además no hay consenso sobre qué tipo de entrenamiento y qué parámetros influyen en la regulación de la inflamación crónica en los adultos mayores (Pereira et al., 2012; Wandereley et al., 2013). Por lo que consideramos que a pesar de los beneficios de la aplicación de programas de entrenamiento para la población adulta mayor, no están claros los parámetros de los diferentes tipos de entrenamiento (aeróbico, resistencia, o combinado) para establecer una relación directa con las ganancias sobre la capacidad física funcional y la disminución de los indicadores de la inflamación crónica en los adultos mayores.

Por lo anterior, esta revisión tiene como objetivo evidenciar la información acerca de los efectos de los programas entrenamiento de resistencia (ER), y de entrenamiento aeróbico (EA) en la capacidad funcional y en los marcadores de inflamación crónica en adultos mayores.

2. METODOLOGÍA

Características de la investigación

Se efectuó una revisión bibliográfica de artículos publicados. La fuente de obtención de datos se obtuvo de la consulta directa a la literatura científica indexada en las siguientes bases de datos: PubMed, Cochrane, ScienceDirect, Elsevier, Scielo, Proquest, Ebsco y Lilacs. Dos revisores, de forma independiente realizaron la búsqueda, evaluando cada título y resumen, si la referencia parecía cumplir con los criterios de inclusión y exclusión, se obtuvo una copia completa del artículo.

Se analizaron los artículos publicados por instituciones o investigadores individuales, cuyo idioma fuera inglés, portugués o español; acotando la búsqueda desde el año 2005 en adelante. Los descriptores utilizados fueron: Older adult, resistance training, aerobic trai-



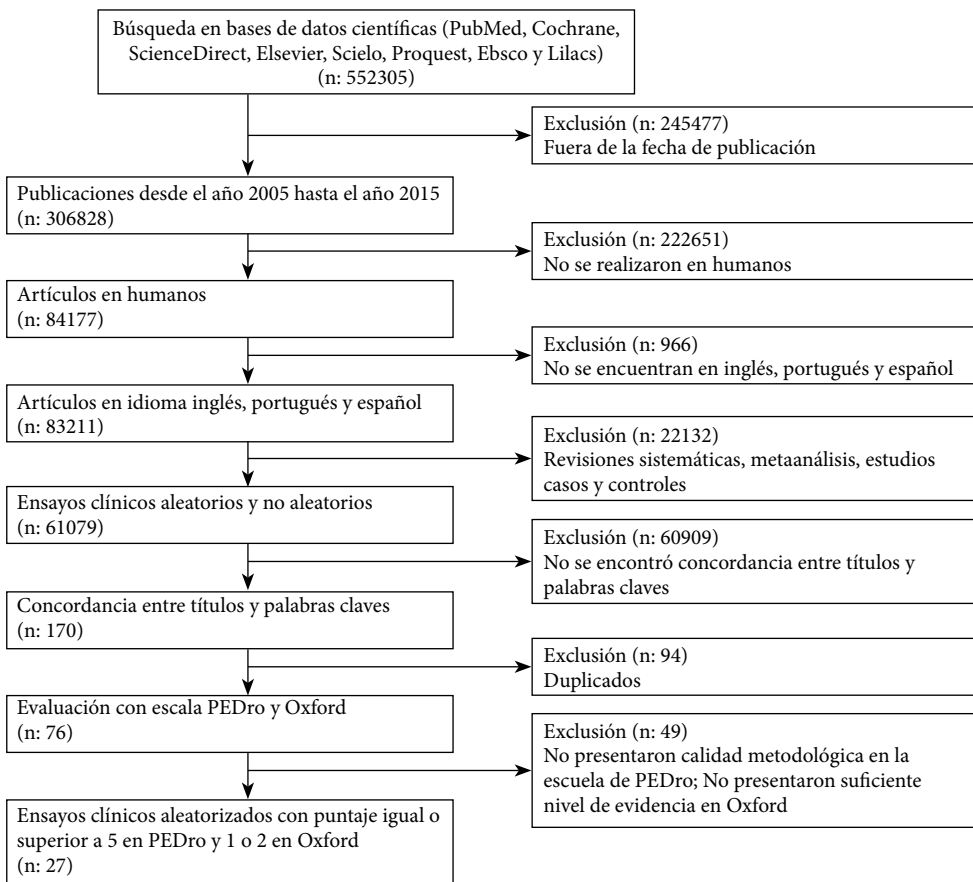
ning, fitness, inflammatory markers. Los límites empleados fueron: humanos, estudios controlados, estudios controlados aleatorizados y no aleatorizados. Los estudios debían estar publicados como originales en revistas documentadas. En la búsqueda se identificaron 552.305 referencias diferentes y 170 se encontraron relevantes. Se excluyeron 245.477 por estar fuera del año de publicación, 222.651 por no estar realizados en humanos, 966 por no estar en el idioma requerido y 22.132 por ser revisiones sistemáticas, metaanálisis y estudios de casos y controles. Se incluyeron 170 artículos que tenían concordancia entre el título y palabras claves, fueron seleccionados a partir del título y resumen de los mismos, 76 publicaciones se obtuvieron a texto completo para un análisis más detallado, de los cuales 27 ensayos clínicos aleatorizados fueron sometidos a revisión por dos revisores independientemente donde extrajeron los datos y puntuaron su calidad. Se eliminaron duplicaciones. No se ocultó a los autores la procedencia y autoría de los estudios y las discrepancias se resolvieron por consenso.

Los documentos debieron cumplir con los siguientes criterios:

Criterios de inclusión: Ensayos clínicos aleatorizados y no aleatorizados publicados en revistas indexadas en bases de datos internacionales, sujetas a revisión por pares y con acceso al texto completo. Estudios que relacionen las palabras claves con el título. Estudios con calidad metodológica igual o mayor a 5 en la escala de PEDro y que presenten evidencia tipo 1 o 2 en escala de Oxford.

Criterios de exclusión: Revisiones sistemáticas, metaanálisis, estudios casos y controles. Artículos duplicados y que no exista relación entre título y palabras claves. Artículos que no presentaron calidad metodológica en la escala de PEDro; y que no presentaban suficiente nivel de evidencia en Oxford.

A continuación se detalla el flujograma de la búsqueda de la revisión.



3. DESARROLLO DEL TEMA

En adultos mayores la funcionalidad se suele determinar a través de la medición de la fuerza muscular, flexibilidad, equilibrio, capacidad aeróbica, entre otras (Cyarto et al., 2008; Kalapotharakos I. et al., 2005; Marques et al., 2013; Beltran et al., 2014). Para evaluar la fuerza muscular se emplean diferentes pruebas, entre las que destacan la medición de una repetición máxima (1RM) o tres repeticiones máximas (3RM) (de Vos et al., 2008; Whiteford et al., 2010) y la prueba de sentarse y pararse en 30 segundos (Abrahin et al., 2014). Por otra parte, la flexibilidad es evaluada mayormente por el test de sentarse y alcanzar (Cyarto et al., 2008; Kalapotharakos et al., 2005) y el rascado de espalda (Mendes et al., 2013). Para valorar el equilibrio, una de las más utilizadas en esta revisión fue la prueba de pararse y caminar o timed up and go (TUG) (Marques et al., 2013). Finalmente, una de las variables más valoradas es la capacidad aeróbica y para ello la mayoría de los autores utiliza el test de marcha de 6 minutos (TM6M) (Fragala et al., 2014; Roma et al., 2013; Hallage et al., 2010) y como medición directa, el consumo de oxígeno (Fisher et al., 2013).

Efectos del ejercicio aeróbico y de resistencia sobre la capacidad física funcional en adultos mayores

Como es sabido, la pérdida de masa y fuerza muscular relacionada con el envejecimiento es concomitante con el riesgo de desarrollar enfermedades cardiovasculares y metabólicas (Hunter et al., 2004; Nilwik et al., 2013).

La intervención de entrenamiento de resistencia de moderada a alta intensidad puede mejorar la actividad neuromuscular, la composición corporal (aumento de la masa muscular y disminución de la masa grasa), la densidad mineral ósea, la fuerza, la potencia y la capacidad funcional en adultos mayores (Chodzko-Zajko. et. al. 2009, Cadore et al., 2013; Hunter et al., 2004).

La literatura muestra resultados variables entre los autores en relación a los entrena-

mientos de resistencia, entrenamiento aeróbico y entrenamiento combinado, y su influencia sobre los componentes de la capacidad funcional (Gerald A. et al. 2007; Cyarto et al., 2008; Kalapotharakos et al., 2010; Gudlaugsson et al., 2012; Wanderley et al., 2013; Beltran et al., 2014; Fragala et al., 2014).

Fuerza muscular

En relación a este componente de la capacidad física funcional (Rikli y Jones, 2001), está bien documentado que el entrenamiento de resistencia muscular puede mejorar la actividad neuromuscular, aumentar significativamente la fuerza, potencia y calidad muscular posterior a dicha intervención (Chodzko-Zajko et al., 2009; Cyarto et al., 2008; Fragala et al., 2014; de Vos et al., 2008; Strasser et al., 2009).

Whiteford et al., (2010) concluyó en su estudio que la intervención de ejercicio de resistencia es efectiva para mejorar la fuerza y masa muscular de las extremidades inferiores (EEII) medida a través de la 3RM en hombres adultos mayores. Hallazgos que concuerdan con los de Mendes A. et al., (2013), quien concluyó que 12 semanas de entrenamiento de resistencia son suficientes para causar cambios significativos en la fuerza muscular de EEII y extremidades superiores (EES) en mujeres adultas mayores.

El entrenamiento aeróbico también contribuye a mejorar la fuerza muscular de EESS y EEII, tal como lo determinó Hallage et al., (2010) en su estudio de 12 semanas de entrenamiento de *step* aeróbico. Fisher et al., (2013) por su parte, investigó los efectos de un entrenamiento combinado (aeróbico y resistencia) a distintas frecuencias semanales, obteniendo ganancias en la fuerza muscular de EESS y EEII. Similares resultados obtuvo Gudlaugsson et al., (2012) al evaluar los cambios en la fuerza muscular de EESS y EEII, y otras variables de la capacidad física, después de un entrenamiento combinado de 6 meses

De Vos et al. 2008, determinaron el efecto de un entrenamiento resistido al 20%, 50% y al 80% de 1RM observando cambios en la fuerza



y la velocidad en relación a la potencia muscular, demostrando que la fuerza tuvo mayores contribuciones a la potencia con intensidades moderadas a altas, y la velocidad se mantuvo sin cambios significativos. Por otro lado Gerald et al., (2007), también aplicaron un programa de entrenamiento de resistencia de similares intensidades al estudio de De Vos et al., (2008), con intensidad y volumen moderado, y velocidad de movimiento elevada; a una frecuencia de dos sesiones semanales entre el 50% y el 70% de 1RM tanto para ejercicios de EESS y de EEII, mostrando mejoras significativas (>8.7 kg) en la fuerza muscular, y promoviendo avances significativos para la dinámica de la fuerza muscular de las EEII y el rendimiento funcional. Ramírez et al., (2014) por su parte comparó los efectos de un entrenamiento de resistencia de alta con uno de baja velocidad, encontrando que ambas intervenciones son eficaces en mejorar la fuerza muscular medida a través de la 1RM en EESS, EEII y dinamometría, y pruebas de potencia muscular, siendo el entrenamiento de resistencia de alta velocidad más efectivo para las variables mencionadas. De lo anterior se puede concluir que es posible aumentar la potencia muscular (Bottaro, M et al., 2007), utilizando protocolos de entrenamiento de intensidades moderadas a altas, lo que permite mejorar tanto la fuerza muscular como el tiempo de ejecución de tareas motoras relacionadas con actividades de la vida diaria (AVD) (Gerald et al., 2007), favoreciendo el mantenimiento de la independencia funcional en los adultos mayores.

Existen variables que podrían determinar el éxito o el fracaso de un plan de entrenamiento al evaluar los resultados en diferentes componentes de la funcionalidad en los AM, lo que puede estar relacionado, entre otras cosas, a la metodología del entrenamiento, la cual puede realizarse de manera grupal o individual y a su vez, con o sin supervisión. Cyarto et al., (2008), evaluó y comparó la efectividad del mismo programa de entrenamiento de resistencia, entregado ya sea en un formato para el hogar o grupal, en la mejora de la capacidad funcional de adultos mayores mujeres y hombres, concluyendo que tanto un programa de entrenamiento de resistencia para el hogar como un entrenamiento de resistencia gru-

pal pueden ser útiles para mantener la fuerza y la capacidad funcional en adultos mayores. Williams et al., (2011) afirman lo anterior encontrando aumentos significativos en la fuerza muscular de EEII, después de un entrenamiento de resistencia basado en la comunidad y en el hogar de 16 semanas, por lo que podemos concluir que los entrenamientos grupales o en el hogar sin supervisión de un experto, pueden conducir a ganancias en la fuerza muscular, siempre que exista una fase de adaptación supervisada en la cual se asegure el aprendizaje del ejercicio, tal como lo realizaron los autores mencionados.

Otra forma de medir esta capacidad es a través de la prueba de sentarse y pararse en 30 segundos. En el estudio de Abrahin et al., (2014) se muestra aumentos significativos en esta prueba, luego de un entrenamiento de resistencia de igual intensidad (60% y 80% de 10RM), igual número de repeticiones (8 a 12), pero con distinto número de series (1 y 3), obteniendo ganancias similares en un grupo de mujeres AM. Respecto a esta misma test de medición Fragala et al., (2014); Cyarto et al., (2008); Bottaro et al., (2007); Gerald et al., (2007); Kalapotharakos et al., (2010) y Roma et al., (2013), también encuentran mejoras significativas del desempeño en la prueba de sentarse y pararse después un entrenamiento de resistencia. Cabe mencionar el estudio de Hallage et al., (2010), quien realizó un programa de 12 semanas de entrenamiento de *step* aeróbico entre el 50% y 70% de la frecuencia cardiaca de reserva, en el cual también ese encontraron mejoras en la prueba de sentarse y pararse.

Algunos autores (Kalapotharakos et al., 2010; Geirsdottir et al., 2015), además de evaluar un período de entrenamiento en adultos mayores, incluyeron un período de desentrenamiento en los estudios. Kalapotharakos et al. (2010), revelaron incrementos significativos en la fuerza de EESS y EEII en los grupos de entrenamiento, sin embargo, luego de un período de desentrenamiento de seis semanas se mostró una disminución del 60 al 86% de las ganancias de fuerza obtenidas. Geirsdottir et al., (2015) también encontraron una disminución de la fuerza muscular después de un período



de desentrenamiento, luego de finalizado el programa de entrenamiento de resistencia de 12 semanas. De modo que, con un entrenamiento de resistencia y con un entrenamiento combinado, se pueden producir cambios favorables en la fuerza muscular. Sin embargo estos cambios pueden verse disminuidos si el entrenamiento es interrumpido por un periodo de 6 o más semanas (Kalapotharakos et al., 2010; Geirsdottir et al., 2015).

Sólo un artículo de los seleccionados (Hallage et al., 2010) menciona cambios en la fuerza muscular con un entrenamiento aeróbico, pero es necesario respaldar este resultado con mayor evidencia

Flexibilidad

Sobre la flexibilidad, otro tema importante dentro de los componentes de la funcionalidad en los AM (Rikli y Jones, 2001), existen discrepancias en los resultados obtenidos por los diferentes autores (Cyarto et al., 2008; Mendes et al., 2013); Roma et al., (2013) compararon los efectos del ejercicio de resistencia y aeróbico de 12 meses sobre la capacidad física funcional de los adultos mayores, el grupo de entrenamiento de resistencia mostró una mejora significativa en la prueba de flexibilidad, concordando con Cyarto et al., (2008) y Kalapotharakos et al., (2005), mientras que en el grupo de entrenamiento aeróbico no se observaron mejoras significativas en esta variable. Sin embargo, los resultados de Hallage et al., (2010) si muestran una mejora en la flexibilidad con un entrenamiento de step aeróbico. Mendes et al., (2013), tampoco encontró diferencias significativas respecto a la flexibilidad, medida a través de la prueba de rascado de espalda, después de un entrenamiento de resistencia. Los estudios muestran resultados contradictorios, sin embargo es posible concluir que el entrenamiento de resistencia puede producir mejoras en la flexibilidad, al igual que el entrenamiento aeróbico (Cyarto et al., 2008; Kalapotharakos et al., 2005; Hallage et al., 2010).

Equilibrio

Gran parte de artículos incluidos en la revisión mostraron mejorías en la variable equilibrio. Marques et al., (2013) concluyen que un entrenamiento de resistencia de 32 semanas mejora el equilibrio dinámico en adultos mayores, medido con la prueba de pararse y caminar (TUG), afirmando así los hallazgos de Cyarto et al., (2008), quien obtuvo el mismo resultado con un entrenamiento de resistencia basado en comunidad y en el hogar en adultos mayores. Kalapotharakos et al. (2010) obtuvo también resultados favorables en el equilibrio dinámico después de un entrenamiento de resistencia en adultos mayores, cualidad que es luego perdida después de un periodo de desentrenamiento.

Por otra parte, Bottaro et al., (2007) y Ramírez et al., (2014) compararon los efectos de un entrenamiento de resistencia de alta velocidad y uno de baja velocidad, encontrando ambos autores mayores mejorías en el equilibrio dinámico luego del entrenamiento de resistencia de alta velocidad.

Roma et al., (2013) comparó los efectos de un programa de ejercicio aeróbico de 12 semanas y un programa de ejercicio de resistencia de 12 semanas, obteniendo con ambos mejorías en el equilibrio estático. Los estudios de Cancela y Ayán (2007), y Fisher et al., (2013) demostraron que un entrenamiento combinado (aeróbico y de resistencia) en adultos mayores mejora el equilibrio tanto estático como dinámico.

Y por último, con respecto al equilibrio y entrenamiento aeróbico, Hallage, T. et al., (2010), quien en su estudio evaluó el efecto de un programa de 12 semanas de step aeróbico en la capacidad física funcional de mujeres mayores, demostró mejores resultados en el equilibrio con esta modalidad de entrenamiento.

Por lo tanto, los antecedentes indican que el equilibrio estático y dinámico puede mejorar con cualquier tipo de entrenamiento aplicado a adultos mayores. Parece ser que la velocidad de la ejecución del ejercicio de resistencia tie-

ne una importante influencia en esta variable (Bottaro, M. et al., 2007, Ramírez, R. et al., 2014).

Capacidad aeróbica o cardiorrespiratoria

El entrenamiento aeróbico parece ser el modo de entrenamiento más efectivo en los adultos mayores para mantener y mejorar la potencia aeróbica máxima, la función cardiovascular y la resistencia sub-máxima (Hunter et al., 2004), induciendo adaptaciones centrales y periféricas que mejoran el consumo máximo de oxígeno ($VO_{2máx}$) y adaptaciones metabólicas incluyendo mayor control glicémico, aumento del aclaramiento de lípidos post prandiales, y la utilización preferencial del metabolismo oxidativo durante el ejercicio sub-máximo (Cadore et al., 2013; Chodzko-Zajko et al., 2009).

De especial interés es la evaluación de la capacidad aeróbica en los adultos mayores. En esta revisión múltiples autores utilizaron el TM6M para dicha medición (Wanderley et al., (2013); Kalapotharakos et al., (2010); Beltran et al., (2014); Roma et al., (2013); Hallage et al., (2010), demostrando un mejor rendimiento en esta prueba después del entrenamiento aeróbico. Por su parte, Martins et al. (2010), investigaron el efecto de un entrenamiento aeróbico y un entrenamiento de resistencia incremental de 16 semanas en adultos mayores, el grupo de entrenamiento aeróbico mostró diferencias significativas en el TM6M, respecto al entrenamiento de resistencia y al grupo control. Del mismo modo, Wanderley et al., (2013) al comparar los efectos de un ER y EA, hallaron que con el EA solamente se obtuvo una disminución significativa de la presión arterial sistólica (PAS), presión arterial diastólica (PAD) y frecuencia cardiaca (FC) de reposo, además de una tendencia a presentar mayor variabilidad cardiaca y mejor rendimiento en el TM6M.

De acuerdo a lo mencionado anteriormente, el entrenamiento aeróbico es el que produce mayores ganancias en la capacidad aeróbica medida a través del TM6M, sin embargo algunos autores afirman que también con un en-

trenamiento combinado (Gudlaugsson et al., 2012) e incluso con entrenamiento de resistencia (Whiteford et al., 2010) es posible obtener beneficios en esta variable.

Otra variable utilizada para medir la capacidad aeróbica es el VO_{2peak} (ml kg⁻¹ min⁻¹), la cual fue evaluada por Williams et al., (2011), quien encontró aumentos significativos después de un entrenamiento de resistencia de 16 semanas basado en la comunidad y en el hogar. Al igual que Williams et al., (2011), Strasser et al., (2009) previamente utilizaron también ésta y otras variables al comparar los efectos de un entrenamiento de resistencia y de un entrenamiento aeróbico, encontrando con éste último aumentos en la capacidad aeróbica medida a través del $VO_{2máx}$, en la capacidad de trabajo máxima (watts/kg), en el nivel de lactato máximo y en la $FC_{máx}$.

Fisher G. et al. (2013), evaluó la misma variable, pero con un entrenamiento combinado (aeróbico y resistencia) a distintas frecuencia semanales, donde encontró aumentos significativos del VO_{2peak} , independiente de la frecuencia semanal de entrenamiento. De la misma manera, Hunter G. et al. (2013) examinó el efecto de tres frecuencias semanales diferentes de ejercicio combinado (aeróbico y resistencia) en la capacidad aeróbica de mujeres mayores, medida a través de $VO_{2máx}$ (ml kg⁻¹ min⁻¹), obteniendo similares resultados a Fisher et al., (2013), es decir, la condición física aeróbica mejoró tanto a menor como a mayor frecuencia semanal de entrenamiento.

Por lo tanto, es posible concluir que el entrenamiento aeróbico y también un entrenamiento combinado de una frecuencia de dos veces o más veces por semana, pueden resultar en ganancias en la condición física aeróbica.

Efectos del ejercicio aeróbico y de resistencia sobre la inflamación crónica en adultos mayores

Existen antecedentes que demuestran que con el envejecimiento se produce un incremento en la actividad inflamatoria crónica de bajo grado, con una elevación sistémica de los niveles



de citoquinas inflamatorias como la interleucina (IL)-1, el factor de necrosis tumoral alfa (TNF- α), IL-6, y la proteína C reactiva (PCR), entre otras (Pereira et al., 2012, Colbert et al., 2004, Beavers et al., 2013). Lo cual se relaciona con una reducción del rendimiento físico y de la función muscular (Lima et al., 2015), y a una variedad de condiciones crónicas, incluyendo enfermedad cardiovascular, diabetes y una reducida capacidad física (Pereira et al., 2013, Beavers et al., 2013, Wanderley et al., 2013).

Cabe destacar que la obesidad está asociada con la inflamación, y el tejido adiposo es una fuente conocida de citoquinas pro-inflamatorias (Colbert et al., 2004). Además, el mecanismo subyacente por el cual estas citoquinas contribuyen a un deterioro funcional en adultos mayores parece ser su efecto catabólico, lo que lleva a la sarcopenia y la reducción de la fuerza muscular, de la función e independencia de la persona mayor (Pereira et al., 2012, Lima et al., 2015).

Se ha reportado que mayores niveles de actividad física se asocian con menores concentraciones plasmáticas de marcadores inflamatorios, como IL-6, TNF- α y PCR (Colbert et al., 2004, Beavers et al., 2010, Martins et al., 2010; Marques et al., 2013) en varios grupos etarios, desde adultos jóvenes a adultos mayores (Colbert et al., 2004). El ejercicio físico por lo tanto, puede reducir los niveles plasmáticos de marcadores inflamatorios en el adulto mayor a través de su efecto sobre el peso corporal y la adiposidad (Pereira et al., 2012, 2013; Colbert et al., 2004) y por inducción de un ambiente anti-inflamatorio, especialmente por una reducción de la producción de mediadores inflamatorios por las células inmunes (Lima et al., 2015; Beavers et al., 2010).

El estudio de Wanderley et al. (2013) concluyó que con el entrenamiento aeróbico se obtiene una reducción en los niveles de PCR-as e IL-6 en adultos mayores. Por su parte Martins et al. (2010), quien investigó los efectos de un programa de actividad física aeróbica y un entrenamiento de fuerza en la PCR-as y otras variables antropométricas y funcionales, demostró que ambos tipos de entrenamiento reducen las concentraciones de esta citoquina en adultos mayores, estableciendo además be-

neficios en la composición corporal y en la capacidad física funcional. Otro autor, Marques et al., (2013) concluye que con el entrenamiento de resistencia de 32 semanas hay disminución de algunos marcadores inflamatorios (PCR, IFN- γ), sin cambios en el TNF- α , y la IL-6 disminuyó sólo en adultos mayores hombres. Esto se contrapone con los resultados de Hunter et al. (2013) quien no observó cambios en la TNF- α e IL-6 después de un entrenamiento combinado aeróbico y de resistencia. De la misma manera, Beltran et al. (2014), no encontró cambios en las citoquinas IL-4, IL-6, IL-13, IL-15 después de un entrenamiento de resistencia moderado y explosivo en personas mayores.

De lo anterior podemos concluir que, a pesar gran variabilidad de resultados en los estudios que miden la respuesta en la inflamación crónica ante un programa de entrenamiento, el ejercicio aeróbico y de resistencia parecieran ser una alternativa para reducir el estado inflamatorio crónico en adultos mayores (Wanderley et al., 2013; Lima et al., 2015; Martins et al., 2010; Marques et al., 2013), sin embargo, no existe consenso sobre la modalidad de ejercicio más adecuada para mejorar estas variables, ya que los estudios utilizan distintos protocolos de entrenamiento.

4. RESULTADOS

De los resultados obtenidos en esta revisión sistemática, en relación a los tipos de entrenamiento sobre los componentes del *fitness* (fuerza muscular, flexibilidad, equilibrio y capacidad aeróbica) y los marcadores de inflamación crónica (TNF- α , IL-6, PCR), se obtuvo un total de 27 artículos que cumplieron los criterios de selección y que se incluyeron para el análisis final. Se reconocen 16 artículos que se relacionan con entrenamiento de resistencia en adultos mayores, 1 estudio enfocado al entrenamiento aeróbico, 4 artículos que realizan entrenamientos combinados (aeróbico y resistencia), 5 artículos que comparan los efectos de ambos tipos de entrenamiento (aeróbico y resistencia) y por último 1 artículo que realizó un programa multimodal que incluye entrenamiento aeróbico, resistencia, equilibrio y flexibilidad.



5. CONCLUSIÓN

La actualización de la información acerca de los efectos de programas de entrenamiento de resistencia y de entrenamiento aeróbico en la capacidad funcional y en los marcadores de inflamación crónica en adultos mayores, permitieron concluir que, tanto con un programa de entrenamiento de resistencia como con un programa de entrenamiento combinado, se pueden obtener aumentos en la fuerza muscular en adultos mayores, independiente del número de series del ejercicio y de la frecuencia semanal, mientras su diseño siga las recomendaciones del Colegio Americano de Medicina Deportiva.

Con respecto a la flexibilidad y al equilibrio estático y dinámico, pueden obtenerse mejoras en estos componentes de la capacidad física funcional, ya sea con una modalidad de ejercicio de resistencia, aeróbico, o combinado.

La capacidad aeróbica, medida a través del TM6M o $VO_{2máx}$, se ve incrementada con programas de entrenamiento aeróbico, sin embargo, existe evidencia que demuestra que también puede mejorar con un entrenamiento combinado, incluso con un programa de ejercicio de resistencia.

Por último, se ha demostrado que el ejercicio tanto aeróbico como de resistencia, puede producir cambios favorables en marcadores inflamatorios en los AM, sin que aún exista consenso sobre la modalidad de ejercicio más adecuada para generar cambios favorables en estos indicadores.

De acuerdo a lo planteado, es necesario, entonces, extender la investigación para aportar evidencia sobre la modalidad e intensidad de ejercicio adecuada y poder establecer una relación directa entre los parámetros de entrenamiento, la mejoría de capacidad física funcional y de los marcadores inflamatorios en los AM.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abrahin, O., Rodrigues, R.P., Nascimento, V.C., Da Silva-Grigoletto, M.E., Sousa, E.C., Marçal, A.C. (2014). Single- and multiple-set resistance training improves skeletal and respiratory muscle strength in elderly women. *Journal of Clinical Interventions in Aging*. 16(9), 1775-82.
- Beavers, K., Hsu, F., Isom, S., Kritchevsky, S., Church, T., & Goodpaster, B. et al. (2010). Long-Term Physical Activity and Inflammatory Biomarkers in Older Adults. *Medicine & Science In Sports & Exercise*, 42(12).
- Beavers, K., Ambrosius, W., Nicklas, B., and Rejeski, W. (2013). Independent and combined effects of physical activity and weight loss on inflammatory biomarkers in overweight and obese older adults. *Journal of the American Geriatrics Society*, 61(7), 1089-1094.
- Beltran Valls, M., Dimauro, I., Brunelli, A., Tranchita, E., Ciminelli, E., Caserotti, P., Duranti, G., Sabatini, S., Parisi, P., Parisi, A., Caporossi, D. (2014). Explosive type of moderate-resistance training induces functional, cardiovascular, and molecular adaptations in the elderly. *Age*, 36(2), 759-72.
- Bottaro, M., Machado, S.N., Nogueira, W., Scalles, R., Veloso, J. (2007). Effect of high versus low-velocity resistance training on muscular fitness and functional performance in older men. *European Journal of Applied Physiology*, 99(3), 257-64.
- Cadore, E., Rodríguez, L., Sinclair, A., and Izquierdo, M. (2013). Effects of different exercise interventions on risk of falls, gait ability, and balance in physically frail older adults: a systematic review. *Rejuvenation Research*, 16(2), 105-114.
- Cancela Carral, J.M., Ayán Pérez, C. (2007). Effects of high-intensity combined training on women over 65. *Gerontology*, 53(6), 340-6.



- Chodzko-Zajko, W., Proctor, D., Fiatarone Singh, M., Minson, C., Nigg, C., Salem, G., & Skinner, J. (2009). Exercise and Physical Activity for Older Adults. *Medicine & Science In Sports & Exercise*, 41(7), 1510-1530. <http://dx.doi.org/10.1249/mss.0b013e3181a0c95c>
- Colbert, L., Visser, M., Simonsick, E., Tracy, R., Newman, A., Kritchevsky, S., Pahor, M., Taaffe, D., Brach, J., Rubin, S., et al. (2004). Physical activity, exercise, and inflammatory markers in older adults: findings from the health, aging and body composition study. *Journal of the American Geriatrics Society*, 52(7), 1098-1104.
- Cyarto, E., Brown, W., Marshall, A., and Trost, S. (2008). Comparison of the effects of a home-based and group-based resistance training program on functional ability in older adults. *American Journal of Health Promotion*, 23(1), 13-17.
- De Vos, N.J., Singh, N.A., Ross, D.A., Stavrinou, T.M., Orr, R., Fiatarone Singh, M.A. (2008). Effect of power-training intensity on the contribution of force and velocity to peak power in older adults. *Journal of Aging and Physical Activity*, 16(4), 393-407.
- Fisher, G., McCarthy, J., Zuckerman, P., Bryan, D., Bickel, C., & Hunter, G. (2013). Frequency of Combined Resistance and Aerobic Training in Older Women. *Journal Of Strength And Conditioning Research*, 27(7), 1868-1876.
- Fragala, M.S., Fukuda D.H., Stout J.R., Townsend J.R., Emerson N.S., Boone C.H., Beyer K.S., Oliveira L.P., Hoffman J.R., (2014). Muscle quality index improves with resistance exercise training in older adults. *Experimental Gerontology*, 53, 1-6.
- Geirsdottir, O.G., Arnarson, A., Ramel, A., Briem, K., Jonsson, P.V., Thorsdottir, I. (2015). Muscular strength and physical function in elderly adults 6-18 months after a 12-week resistance exercise program. *Scandinavian Journal of Public Health*, 43(1), 76-82.
- Geraldes, A., Dias Júnior, Nand Albuquerque, R., Carvalho, J., and Farinatti, P. (2007). Efeitos de um programa de treinamento resistido com volume e intensidade moderados e velocidade elevada sobre o desempenho funcional de mulhere-sidasas. *Revista Brasileira de ciências e Movimento*, 15(3), 53-60.
- Gudlaugsson, J., Gudnason, V., Aspelund, T., Siggeirsdottir, K., Olafsdottir, A.S., Jonsson, P.V., Arngrimsson, S.A., Harris, T.B., Johannsson, E. (2012). Effects of a 6-month multimodal training intervention on retention of functional fitness in older adults: a randomized-controlled cross-over design. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 10(9), 107.
- Hallage, T., Krause, M., Haile, L., Miculis, C., Nagle, E., Reis, R., and Da Silva, S. (2010). The effects of 12 weeks of step aerobics training on functional fitness of elderly women. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(8), 2261-2266.
- Hunter, G., McCarthy, J., and Bamman, M. (2004). Effects of resistance training on older adults. *Sports medicine*, 34(5), 329-348.
- Hunter G, Bickel C, Fisher G, Neumeier W, McCarthy. (2013). Combined aerobic and strength training and energy expenditure in older women. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 45(7), 1386-93.
- Kalapotharakos, V., Michalopoulos, M., Tokmakidis, S.P., Godolias, G., Gourgoulis, V. (2005). Effects of a heavy and a moderate resistance training on functional performance in older adults. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2005 Aug;19(3), 652-7.



- Kalapotharakos, V., Diamantopoulos, K., and Tokmakidis, S. (2010). Effects of resistance training and detraining on muscle strength and functional performance of older adults aged 80 to 88 years. *Aging Clinical and Experimental Research*, 22(2), 134–140.
- Kowal, P., Chatterji, S., Naidoo, N., Biritwum, R., Fan, W., Lopez Ridaura, R., Maximova, T., Arokiasamy, P., Phaswana-Mafuya, N., Williams, S., Snodgrass, J.J., Minicuci, N., D'Este, C., Peltzer, K., Boerma, J.T., SAGE Collaborators. (2012). Data resource profile: the World Health Organization Study on global AGEing and adult health (SAGE). *International Journal of Epidemiology*, 41(6), 1639-49.
- Lima, L., Bonardi, J., Campos, G., Bertani, R., Scher, L., Louzada-Junior, P., Moriguti, J. C., Ferriolli, E., and Lima, N. (2015). Effect of aerobic training and aerobic and resistance training on the inflammatory status of hypertensive older adults. *Aging Clinical and Experimental Research*, 1–7.
- Marques, E., Mota, J., Viana, J., Tuna, D., Figueiredo, P., Guimarães, J., and Carvalho, J. (2013). Response of bone mineral density, inflammatory cytokines, and biochemical bone markers to a 32-week combined loading exercise programme in older men and women. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 57(2), 226–233.
- Martins, R., Neves, A., Coelho, M., Veríssimo, M., and Teixeira, A. (2010). The effect of aerobic versus strength-based training on high-sensitivity c-reactive protein in older adults. *European Journal of Applied Physiology*, 110(1), 161–169.
- Martins, R.A., Veríssimo, M.T., Coelho e Silva, M.J., Cumming, S.P., Teixeira, A.M., (2010). Effects of aerobic and strength-based training on metabolic health indicators in older adults. *Lipids in Health and Disease*, 22(9), 76.
- Mendes, A., Januário, R., Nascimento, M., Pina, F., and Cyrino, E. (2013). Impact of 12 weeks of resistance training on physical and functional fitness in elderly women. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*, 15(2), 145–154.
- Montero, N. and Serra, J. (2013). Role of exercise on sarcopenia in the elderly. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, 49(1), 131–143.
- Nilwik, R., Snijders, T., Leenders, M., Groen, B., van Kranenburg, J., Verdijk, L. B., and van Loon, L. (2013). The decline in skeletal muscle mass with aging is mainly attributed to a reduction in type ii muscle fiber size. *Experimental Gerontology*, 48(5), 492–498.
- Organización Mundial de la Salud. (2010). Recomendaciones mundiales sobre actividad física para la salud. Recuperado de: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44441/1/9789243599977_spa.pdf
- Organización Mundial de la Salud. (2015). Informe mundial sobre el envejecimiento y la salud. Recuperado de: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/186466/1/9789240694873_spa.pdf
- Pereira, D., Cueva, E., Zille, B., Assumpção, A., Miranda, A., Carvalho, D., Rocha, N., and dos Anjos, D. (2013). Tnf-a, il6, and il10 polymorphisms and the effect of physical exercise on inflammatory parameters and physical performance in elderly women. *Age*, 35(6), 2455–2463.
- Pereira, D., Queiroz, B., Mateo, E., Assumpção, A., Felicio, D., Miranda, A., Anjos, D., Jesus, F., Dias, R. C., Pereira, D., et al. (2012). Interaction between cytokine gene polymorphisms and the effect of physical exercise on clinical and inflammatory parameters in older women: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*, 13(1), 134.



- Rikli, R. E., & Jones, C. J. (2001). Development and validation of a functional fitness test for community-residing older adults. *Journal of Aging and Physical Activity*, 6, 127-159.
- Ramírez-Campillo, R., Castillo, A., de la Fuente, C., Campos-Jara, C., Andrade, D., Álvarez, C., Martínez, C., Castro-Sepúlveda, M., Pereira, A., Marques, M.C., Izquierdo, M., (2014). High-speed resistance training is more effective than low-speed resistance training to increase functional capacity and muscle performance in older women. *Experimental Gerontology*, 58, 51-7.
- Roma, M.F., Busse, A.L., Betoni, R.A., Melo, A.C., Kong, J., Santarem, J.,M., Jacob Filho, W. (2013). *Einstein (São Paulo)*, 11(2), 153-157.
- Strasser, B., Keinrad, M., Haber, P., Schobersberger, W. (2009). Efficacy of systematic endurance and resistance training on muscle strength and endurance performance in elderly adults--a randomized controlled trial. *Wiener Klinische Wochenschrift*, 121(23-24), 757-64.
- Wanderley, F., Moreira, A., Sokhatska, O., Palmares, C., Moreira, P., Sandercock, G., Oliveira, J., and Carvalho, J. (2013). Differential responses of adiposity, inflammation and autonomic function to aerobic versus resistance training in older adults. *Experimental Gerontology*, 48(3), 326-333.
- Whiteford, J., Ackland, T.R., Dhaliwal, S.S., James, A.P., Woodhouse, J.J., Price, R., Prince, R.L., Kerr, D.A. (2010). Effects of a 1-year randomized controlled trial of resistance training on lower limb bone and muscle structure and function in older men. *Osteoporosis International*, 21(9), 1529-36.
- Williams, A., Almond, J., Ahuja, K., Beard, D., Robertson, I., and Ball, M. (2011). Cardiovascular and metabolic effects of community based resistance training in an older population. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 14(4), 331-33.



Dirección para correspondencia:

Constanza Karelovic Aguayo
Kinesióloga
Magíster en Fisiología del ejercicio
Universidad Mayor

Contacto:
conikarelovic@gmail.com

Recibido: 15-07-2016
Aceptado: 20-10-2016