



ORIGINAL/Sección Biológica

Efecto de 24 semanas de entrenamiento de fuerza a moderada-alta intensidad en ancianos

Marta Solà Serrabou^{a,*}, José Luis López del Amo^a y Oliver Valero^b^a Departamento de Ciencias de la Actividad Física, Universidad de Vic, Vic, Barcelona, España^b Servei d'Estadística Aplicada, Universidad Autónoma de Barcelona, Bellaterra, Barcelona, España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 13 de junio de 2013

Aceptado el 16 de diciembre de 2013

On-line el 16 de febrero de 2014

Palabras clave:

Entrenamiento
Actividad física
Ancianos
Fuerza

R E S U M E N

Introducción: Los programas de fuerza han demostrado ser beneficiosos para minimizar los efectos de la sarcopenia, aunque los protocolos de intervención presentan características y contenidos en ocasiones muy diferentes. El objetivo de este estudio fue verificar la influencia de un determinado protocolo de fuerza en ancianos.

Material y métodos: Treinta y cinco sujetos participaron en el estudio, 18 en el grupo ejercicio (4 varones y 14 mujeres) y 17 en el grupo control (4 varones y 13 mujeres), con una media de edad de 73 años. Los del grupo ejercicio realizaron un entrenamiento de fuerza a velocidad moderada-alta durante 24 semanas. Se valoró la fuerza mediante el test *chair stand*, *step* de 2 min, y 2 saltos verticales, la fuerza explosiva o *squat jump* (SJ) y la fuerza elástico-explosiva o *countermovement jump* (CMJ). Adicionalmente se compararon las caídas de los 2 grupos, antes y después de la intervención, y su relación con la variable *chair stand*.

Resultados: Se observó una tendencia de mejora en todas las pruebas a excepción del CMJ, mientras que en el grupo control la tendencia fue en el sentido contrario. Al final de la intervención la comparación entre grupos es significativa en todas las pruebas. Se evidenciaron relaciones inversas entre la variable de fuerza *chair stand* y el número de caídas.

Conclusiones: Según con los resultados obtenidos se observó una influencia positiva del entrenamiento tanto en la fuerza de los ancianos como en la reducción del número de caídas, aumentado al final de la intervención, la distancia que separa el grupo que entrenó y el grupo control.

© 2013 SEGG. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

The effect of 24 weeks of moderate-to-high intensity strength training on the elderly

A B S T R A C T

Keywords:

Training
Physical activity
Elderly
Strength

Introduction: Strength programs have been seen to be useful in minimizing the effects of sarcopenia, although intervention protocols may vary in their content and characteristics. The aim of this study was to demonstrate the influence of a particular strength protocol for the elderly.

Material and methods: A total of 35 individuals took part in the study, with 18 in the exercise group (4 men and 14 women), and 17 in the control group (4 men and 13 women). The average age was 73. The exercise group carried out a strength training program at moderate to high intensity over 24 weeks. Strength was evaluated using the chair stand test, 2-minute step and 2 vertical jumps-squat jump (SJ), and countermovement jump (CMJ). Falls in both groups were also compared before and after the intervention, as well as their relationship with the chair stand variable.

Results: A tendency towards improvement was observed in all tests, with the exception of CMJ; while the control group showed a tendency in the opposite direction. Contrast between the two groups at the end of the intervention was notable in all the tests. An inverse relationship between the chair stand strength variable and the number of falls was evident.

Conclusions: According to the results achieved, the training was perceived to exercise a positive influence on both the strength of the elderly people and a reduction of the number of falls. The gap between the two groups widened towards the end of the intervention.

© 2013 SEGG. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: marta.sola@uvic.cat (M. Solà Serrabou).

Introducción

Uno de los fenómenos más significativos del envejecimiento es la sarcopenia, que se define como la pérdida de masa muscular y fuerza que se produce a partir de los 50 años a un ritmo aproximado de 1-2% por año¹. Los más importantes descensos de tejido muscular asociados con el envejecimiento se manifiestan en las extremidades inferiores², favoreciendo la pérdida de las capacidades funcionales en gestos tan vitales como subir escaleras, levantarse de una silla o cruzar una calle³. También es una de las causas principales de la pérdida de equilibrio en los ancianos al disminuir la capacidad de contrarrestar las perturbaciones inesperadas en la postura y el equilibrio, incrementando potencialmente el riesgo de caídas⁴. Las complicaciones derivadas de las caídas ocupan el sexto lugar como causa de muerte en personas mayores de 65 años¹. La disminución de los niveles de actividad física incrementa con el paso de los años⁵ y hace difícil distinguir la pérdida fisiológica causada por la sarcopenia de la atrofia por inactividad.

De los distintos objetivos de trabajo en actividad física, el entrenamiento de fuerza parece provocar consecuencias eficaces en personas mayores, incluso a una edad muy avanzada (> 80 años), favoreciendo la hipertrofia muscular junto con cambios sustanciales en la función neuromuscular⁶, y contrarrestando los efectos negativos que puede producir la sarcopenia. ¿Pero qué tipo de entrenamiento es el más eficaz? Son diversos autores los que destacan la necesidad de profundizar y sistematizar los programas de actividad física en gente mayor y sedentaria. Sánchez Bañuelos⁷ destaca que existe una idea incorrecta de que los efectos positivos se producen simplemente por practicar actividad física sin concretar contenidos, volúmenes e intensidades en función de las necesidades del individuo. La *American College of Sports Medicine (ACSM)*⁸ también manifiesta que los beneficios de salud obtenidos gracias a la actividad física están directamente relacionados con la carga de actividad física y cada persona ha de realizar la máxima cantidad de actividad física que sus condiciones le permitan. Y Jiménez⁹ dice que los programas de entrenamiento son extraordinariamente específicos para los deportistas de alto nivel, y altamente genéricos e indiferenciados para la población general. Partiendo de la evidencia científica de que los programas de fuerza muscular incrementan la fuerza de los ancianos, nuestro objetivo es profundizar y determinar cómo deben ser estos programas para encontrar la máxima efectividad.

Los primeros entrenamientos utilizados para revertir la sarcopenia utilizaron intensidades alrededor del 60% de una repetición máxima (1 RM), con un ritmo lento de velocidad de ejecución (2-4 s de acción concéntrica), 8-10 repeticiones, 2 o 3 veces por semana, durante unas 8-16 semanas¹⁰⁻¹².

Pero en la actualidad algunos estudios dan más importancia a la relación entre el entrenamiento de fuerza y su transferencia a la funcionalidad, sugiriendo que el aumento de fuerza no equivale necesariamente a un incremento directo y proporcional de la capacidad funcional. Esta aparente contradicción puede ser explicada por la relación no lineal entre fuerza y función de Buchner et al.¹³. Defendiendo este posicionamiento, el nuevo protocolo de entrenamiento prioriza el trabajo de fuerza a velocidades moderadas-altas^{14,15}, con intensidades del 40-50% de 1 RM, y de 15 a 20 repeticiones.

Para aclarar la terminología relacionada con la fuerza muscular que utilizaremos, debemos puntualizar que los estudios anglosajones, cuando hablan de estos 2 tipos de entrenamiento, utilizan las palabras *strength* y *power*. El primero se refiere al entrenamiento de fuerza a velocidades bajas y el segundo a velocidades moderadas-altas, es decir, enfatizado en la potencia. Son diversos los estudios que han comparado un entrenamiento de *strength* con un entrenamiento de *power* y su relación con los cambios de

fuerza y funcionalidad, aunque los resultados no son coincidentes. Miszko et al.¹⁶ y Bottaro et al.¹⁷ llegaron a la conclusión que el entrenamiento de *power* era más efectivo para mejorar la funcionalidad, aunque en relación a los cambios de fuerza, en el primer estudio se observaron ganancias de *strength* en el grupo de entrenamiento, mientras que en el segundo estudio la ganancia fue similar en los 2 métodos de entrenamiento. En los estudios de Kalapotharakos et al.¹⁸ y Sayers¹⁹ obtuvieron ganancias similares en las pruebas de funcionalidad en los 2 tipos de entrenamiento y los resultados en las pruebas de fuerza fueron mejores en el grupo de entrenamiento de *strength*. De todas formas en el estudio de Sayers la percepción del esfuerzo fue significativamente menor en el entrenamiento de *power*, lo que debe tomarse en consideración porque podría favorecer la adherencia a este tipo de programa. Henwood et al.²⁰ obtuvieron efectos similares en los 2 tipos de entrenamiento, aunque el grupo de entrenamiento de *power* lo consiguió con menos trabajo en cada sesión. Una de las explicaciones de estos resultados contradictorios puede atribuirse a la poca uniformidad en los parámetros de entrenamiento y protocolos de intervención.

Aunque algunos de los estudios consultados no dan una clara evidencia de que el entrenamiento de fuerza a velocidad elevada (*power*) sea mejor que el de fuerza a velocidad baja (*strength*), nosotros hemos optado por el entrenamiento de *power* por la significación de la velocidad y la capacidad de reacción en el entrenamiento de la fuerza en ancianos y su transferencia a las actividades de la vida diaria.

Teniendo en cuenta el impacto negativo de la sarcopenia en la vida de los ancianos, el presente estudio se justifica por la necesidad de un mayor número de investigaciones que profundicen en los métodos de entrenamiento para encontrar sistemas eficaces en los trabajos de fuerza y principalmente su transferencia a las necesidades diarias de la persona mayor.

Material y métodos

Grupo de estudio

Los participantes pertenecían a un centro para ancianos de Vic (Barcelona) y fueron reclutados mediante la exposición de carteles explicativos dentro del centro que pedían voluntarios de 65 años o más para participar en un estudio en relación a la «fuerza de las piernas». Como criterios de inclusión debían obtener la máxima puntuación en el test de independencia funcional²¹. Los participantes fueron informados del estudio y firmaron su consentimiento. Finalmente, 35 personas participaron en el estudio, 18 en el grupo ejercicio (4 varones y 14 mujeres) y 17 en el grupo control (4 varones y 13 mujeres), con una media de edad de 73 años. De estos 35 participantes, 5 del grupo control no finalizaron el programa, 2 de ellos por problemas de salud ajenos al estudio, uno por intervención quirúrgica y 2 por desinterés. Esta investigación ha respetado los principios éticos de la Declaración de Helsinki para la investigación biomédica.

Diseño de estudio

El diseño del estudio es cuasi experimental pre-post con 2 grupos de estudio (experimental y control). Se pasaron los tests *chair stand* y *step* 2 min de la batería de Rikli y Jones²², la fuerza explosiva o *squat jump* (SJ) y la fuerza elástico-explosiva o *countermovement jump* (CMJ) de la batería de saltos de Bosco²³ mediante la tecnología MuscleLab® (Ergotest, Noruega), y se les preguntó por las caídas de los últimos 6 meses.

El entrenamiento

Grupo experimental

La intervención duró 24 semanas (tabla 1), con 2 sesiones semanales (martes y jueves) de una hora de duración (de 10 a 11 h), en donde se realizaba un calentamiento, una parte principal con unos 20 min de ejercicios de fuerza y, finalmente, una vuelta a la calma. El entrenamiento de fuerza mantenía fijos 5 ejercicios desde el primer día: sentadilla de 120–140°; desde sentado, flexo-extensiones de rodilla con banda elástica; sentarse y levantarse de una silla; sentadilla en la pared; y equilibrio monopodal con flexo-extensiones. Las repeticiones progresaron de 8 a 15 y las series de 1 a 3. La variable intensidad no se ha centrado en el peso movilizado sino en los valores de potencia producidos y relacionados con la aceleración y velocidad de movimiento²⁴. El ritmo de ejecución lo dirigía un metrónomo que señalaba los segundos y se priorizaban las acciones dinámicas concéntricas a un ritmo más elevado que las dinámicas excéntricas, con una intensidad subjetiva de 5–6 en la escala de Borg²⁵.

Grupo control

El grupo control mantuvo el mismo estilo de vida previo a la intervención, controlando mediante un cuestionario que no hubieran cambios de hábitos significativos en relación a la actividad física.

Mediciones

Se valoraron distintas manifestaciones de la fuerza: la fuerza funcional, la resistencia a la fuerza, la SJ y la CMJ.

Chair stand

Para valorar la fuerza funcional de las extremidades inferiores en ancianos una de las pruebas más utilizadas es la de sentarse y levantarse de una silla de 43 cm de alto, durante 30 s con las manos cruzadas delante del pecho. Algunos estudios muestran que los resultados de este test se correlacionan con la velocidad al caminar, la capacidad de subir escaleras y el equilibrio²⁶, el riesgo de caídas²⁷, y para discriminar a las personas que caen de las que no caen.

Step 2 minutos

Valora la resistencia mixta relacionada con la fuerza resistencia de las extremidades inferiores. Consiste en caminar sin moverse del sitio contando los pasos. La rodilla debe alcanzar una altura media entre la rótula y la cadera.

Squat Jump y Countermovement Jump

SJ: consiste en realizar un salto vertical con las manos en la cintura partiendo de una posición estática de ½ squat, sin contramovimiento. Valora la SJ.

CMJ: se trata de realizar un salto vertical con contramovimiento partiendo de la posición de bipedestación con las manos en la cintura. Valora la fuerza elástico-explosiva.

Los 2 saltos se realizaron en una plataforma de contactos conectada a la tecnología MuscleLab® (Ergotest, Noruega), que mide la altura del salto vertical gracias a una alfombrilla que detecta los cambios de contacto del sujeto en la misma.

Caídas

Se preguntó a los participantes cuántas veces habían caído en los 6 meses anteriores al estudio, y al final de la intervención se

Tabla 1

Programa de entrenamiento de fuerza

Objetivo Intensidad	Fuerza Moderada-alta centrada en la velocidad de los movimientos 5–6 (10) en la escala de Borg
Percepción subjetiva del esfuerzo	
Volumen	
<i>Periodo inicial</i>	
1–2.ª semana: 1 serie × 5 ejercicios × 8 repeticiones	
3–4.ª semana: 2 series × 5 ejercicios × 8 repeticiones	
Una semana de descanso	
<i>Periodo de mejora</i>	
1–2.ª semana: 2 series × 5 ejercicios × 8 repeticiones	
3–4.ª semana: 2 series × 5 ejercicios × 10 repeticiones	
5–6.ª semana: 2 series × 5 ejercicios × 12 repeticiones	
7–8.ª semana: 2 series × 5 ejercicios × 15 repeticiones	
9–10–11.ª semana: 1 serie × 5 repeticiones × 15 repeticiones + 2 series × 5 repetición × 8 repeticiones	
12.ª semana: 1 serie × 5 ejercicios × 15 repeticiones + 2 series × 5 ejercicios × 10 repeticiones	
Una semana de descanso	
<i>Periodo de mantenimiento</i> (volumen constante. Se prioriza el trabajo de velocidad)	
1–8.ª semana: 1 serie × 5 ejercicios × 15 repeticiones + 2 series × 5 ejercicios × 10 repeticiones	
<i>Descanso:</i> 30 s entre repeticiones y 1 min entre series	
<i>Ritmo de ejecución:</i> moderado-alto (al ritmo de un metrónomo), priorizando la fase concéntrica	
Ejercicios utilizados	
1. Sentadilla de 120–140°	
1 s flexión y 1 s extensión	
1 s flexión, 1 s mantener la posición y 1 s extensión	
2 s flexión, 3 s mantener la posición y 2 s extensión	
3 s flexión, 3 s mantener la posición y 2 s extensión	
2. Extensión y flexión de rodilla en sedestación con banda elástica	
1 s extensión y 1 s flexión	
1 s extensión, 1 s mantener la posición y 1 s flexión	
1 s extensión, 2 s mantener la posición y 2 s flexión	
3. Sentarse y levantarse de la silla	
2 s subir y 2 s bajar	
2 s subir, 1 s mantener la posición y 2 s de bajada	
2 s subir, 3 s mantener la posición y 3 s de bajada	
4. Sentadilla en la pared (al principio sin pasos y más adelante con 3 pasos al final del ejercicio)	
1 s flexión y 1 s extensión	
2 s flexión, 1 s mantener la posición y 1 s extensión	
3 s flexión, 2 s mantener la posición y 1 s extensión	
5. Aguantarse sobre un pie (monopodal) con flexo-extensión de 20–30° de rodilla	
1 s flexión y 1 s extensión	
2 s flexión y 1 s extensión	

Tabla 2
Homogeneidad de las características basales de los grupos de estudio

	Control	Experimental	Valor de p
Varones, (N, %)	4 (24%)	4 (22%)	0,927
Edad, (media $\pm$ DE)	74,8 $\pm$ 6,1	71,9 $\pm$ 5	0,129
Estudios, (% estudios secundarios o universitarios)	5 (29,4%)	9 (50%)	0,314
Convivencia, (% viven solos)	4 (23,5%)	6 (33,3%)	0,306
Chair stand, (media $\pm$ DE)	12,4 $\pm$ 2,5	11,7 $\pm$ 2,2	0,401
Step 2 m, (media $\pm$ DE)	69,9 $\pm$ 13,4	76,7 $\pm$ 13,4	0,208
SJ, (media $\pm$ DE)	6,7 $\pm$ 2,6	7,7 $\pm$ 3,6	0,363
CMJ, (media $\pm$ DE)	8,0 $\pm$ 3,2	9,4 $\pm$ 4,0	0,294
Caídas, (%)	11 (64,7%)	5 (27,8%)	0,028

CMJ: countermovement jump; DE: desviación estándar; SJ: squat jump.

preguntó las veces que se habían caído durante los 6 meses del estudio.

Análisis estadístico

Para describir las características de los participantes (sexo, edad, nivel de estudios y convivencia) y los valores iniciales de las variables utilizadas para medir la fuerza y las caídas, se han obtenido frecuencias absolutas (N) y relativas (%) para las variables categóricas. Para las variables cuantitativas se ha calculado la media y la desviación estándar (DE). Se ha realizado un análisis de homogeneidad basal entre los 2 grupos mediante la prueba de Chi-cuadrado para las variables categóricas y un *t*-test o prueba no paramétrica para las variables cuantitativas en función de los criterios de aplicación.

Para comparar las diferencias entre grupos al inicio y al final del estudio, y las diferencias intragrupo, se ha utilizado un modelo de regresión lineal con medidas repetidas²⁸. Para analizar las caídas se ha utilizado un modelo de regresión logística para medidas repetidas. Todos los análisis se han realizado con el software SAS® v9.2 (SAS Institute Inc., Cary, NC, EE. UU.). El nivel de significación se ha fijado en 0,05.

Resultados

El seguimiento del grupo experimental fue del 100% y del grupo control del 70,6% (5 abandonos). La asistencia a las sesiones del grupo experimental fue del 90%.

Existió homogeneidad en las características basales de ambos grupos excepto en las caídas previas a la intervención (tabla 2).

Chair stand (levantarse y sentarse)

En el grupo control se observa una disminución del 12% ($p < 0,001$), inicialmente tiene una puntuación de 11,7 y al final una puntuación de 10,3. El grupo experimental mejora un 16,6% ($p < 0,001$), incrementando de 12,4 a 14,4. Al finalizar la intervención se observa una mejora del grupo experimental en relación al grupo control ($p < 0,001$).

Step 2 minutos

El grupo control ha empeorado pasando de 69,9 pasos a 65,9, aunque esta diferencia no es estadísticamente significativa ($p = 0,153$). El grupo experimental ha mejorado pasando de 76,9 pasos a 93,3 ($p < 0,001$). Al final de la intervención la comparación entre grupos se observa una mejora estadísticamente significativa ($p < 0,001$).

Squat Jump

El grupo control salta 6,7 cm y 5 cm al inicio y al final del estudio respectivamente ($p < 0,001$) mientras que el grupo experimental pasa de 7,7 cm a 8,5 cm ($p = 0,005$). Al final de la intervención se observa una mejora en el grupo experimental en relación al grupo control ($p = 0,003$).

Countermovement Jump

El grupo control disminuye 2,2 cm la altura del vuelo al final de la intervención, ($p < 0,001$). El grupo experimental prácticamente se mantiene igual, solamente reduce 0,2 cm ($p = 0,537$). Al final de la intervención se observa una mejora de 3,4 cm de altura del grupo experimental en relación al grupo control ($p = 0,009$).

Caídas

Al inicio del estudio se observa un mayor número de caídas en el grupo control que en el grupo experimental ($p = 0,028$). Al final de la intervención se observa una reducción en el número de caídas en los 2 grupos: el grupo control reduce el número de caídas a la mitad, aunque esta diferencia no es estadísticamente significativa ($p = 0,067$); en el grupo intervención solamente se observa una caída ($p = 0,027$).

Al relacionar las caídas con la fuerza funcional chair stand se observa como las personas con menor fuerza tienen más riesgo de caerse (OR = 1,41; $p = 0,046$).

Discusión

En este estudio se valora la efectividad de un entrenamiento de fuerza a velocidad moderada-alta y su relación con algunas manifestaciones de la fuerza y las caídas.

En esta investigación el grupo experimental ha ganado un 16,5% en la prueba chair stand, similar al observado por Henwood et al.²⁰, en un estudio mixto de 70 años de media durante 24 semanas, que mejora un 12,8% ($p < 0,002$).

Otras investigaciones obtuvieron mejores resultados. Capodaglio et al.²⁹, en un estudio mixto de 76 años de media durante un año, obtuvieron mejoras del 28% en mujeres y del 20% en varones ($p < 0,001$). Estos resultados podrían estar relacionados con el tipo de entrenamiento, ya que en este estudio a parte del entrenamiento de fuerza realizaron ejercicios de taichí, que diversos autores destacan que pueden comportar un aumento de fuerza en las piernas³⁰. También Kalapotharakos et al.¹⁸, en un estudio mixto de 65 años de media durante 12 semanas, obtuvieron mejoras del 28,7% ($p < 0,001$), Cavani et al.³¹ en un estudio mixto de 69 años de media durante 6 semanas, obtuvieron mejoras del 30% ($p < 0,008$), y Bottaro et al.¹⁷, en un estudio con varones de 66 años de media durante 12 semanas, obtuvieron mejoras del 42% (p -valor $< 0,05$). Probablemente estas diferencias están relacionadas con la menor edad de los participantes (entre 5 y 9 años). Destacamos los resultados de Hruđa et al.³², en un estudio mixto de 75 años de media durante 10 semanas, que observaron mejoras de fuerza del 66% ($p < 0,05$). Esta diferencia tan elevada respecto a nuestro estudio (16–66%) podría ser debida al hecho de que los participantes partían de un nivel de condición física bajo.

El grupo control ha perdido un 12% ($p = 0,0005$). Aunque similar al estudio de Capodaglio et al.²⁹, en el que las mujeres experimentan una disminución del 8% y los varones del 7% ($p < 0,001$), nuestros resultados son mayores a la mayoría de los consultados, pudiendo ser la diferencia de edades un elemento importante en la variabilidad de los resultados.

En relación a la prueba step 2 min, el grupo experimental ha incrementado un 21,7% ($p < 0,05$), inferior al observado en Hruđa

et al.³², con una mejora del 33% ($p < 0,05$), probablemente influenciada por la baja condición física previa de los participantes. Ganancias inferiores a las nuestras las observamos en Capodaglio et al.²⁹, con mejoras del 4,7% en mujeres y del 4,5% en varones ($p < 0,001$). Tampoco Cavani et al.³¹ y Earles et al.³³, obtuvieron mejoras significativas.

El grupo control ha experimentado pérdidas no significativas del 5,7% ($p = 0,221$). Capodaglio et al.²⁹ obtuvieron disminuciones mayores, 2,7% las mujeres y 2% los varones ($p < 0,001$), aunque esta diferencia podría ser debida al mayor tiempo de la intervención (un año). Comparando las pérdidas de las 2 manifestaciones de fuerza en el grupo control sugerimos que la resistencia a la fuerza se mantiene mejor con el paso del tiempo que la fuerza funcional.

La SJ del grupo experimental obtiene una ganancia de 10,4% ($p = 0,011$), inferior a la obtenida por Kalapotharakos et al.¹⁸ en un estudio con varones de 65 años de media durante 12 semanas, que obtuvo mejoras del 39% ($p < 0,001$). Posiblemente, la diferencia de edad en relación a nuestra muestra (7 años menor) pueda influir en estos resultados y, también, que la muestra está compuesta solo de varones.

En relación a la CMJ, el grupo experimental ha perdido un 2% ($p = 0,708$). Este valor no se corresponde con la puntuación obtenida en el salto previo, la SJ, teniendo en cuenta que diversos autores observan valores superiores de CMJ en relación al SJ³⁴, por la acumulación y aprovechamiento de la energía elástica. Una posible explicación sería la utilización incorrecta de la técnica de salto, ya apuntada en diferentes estudios^{35,36}. De todas formas es de destacar que al final de la intervención, en la comparación entre grupos, la diferencia control-experimental es significativa ($p = 0,038$).

Kalapotharakos et al.¹⁸ obtuvieron mejoras del 31% ($p < 0,001$) en el estudio mencionado en el test anterior, y el mismo Kalapotharakos³⁷, en un estudio anterior, obtuvo mejoras del 24,4% en la SJ y del 21,7% en la CMJ ($p < 0,001$). En este último estudio la media de edad era 9 años inferior a la nuestra. Häkkinen et al.³⁸, también encontraron mejoras superiores, del 24 y 18% ($p < 0,001$) en varones y mujeres respectivamente, aunque utilizaron un entrenamiento de potencia y fuerza de forma simultánea y esta diferencia podría haber influido en los resultados.

Respecto a la SJ y la CMJ del grupo control, esta ha experimentado una reducción del 25,5% ($p < 0,0001$) y 26,9% ($p = 0,0013$) respectivamente. Estos valores son superiores a todos los consultados. Kalapotharakos et al.¹⁸ y Bogaerts et al.³⁹ obtuvieron mejoras no significativas del 1 y 1,8% respectivamente, y Roelants et al.⁴⁰ y Russo et al.⁴¹, disminuciones no significativas. Estas diferencias podrían estar condicionadas por la edad de nuestra muestra, de media de 73 años, y que en otros estudios se encontraba alrededor de los 65 años. De todas formas, el marco teórico indica que de las diferentes manifestaciones de la fuerza, la que experimenta con el envejecimiento más reducciones es la que tiene un componente de velocidad^{42,43}, y hemos de destacar que de las 4 manifestaciones analizadas, las 2 que tienen relación con el componente de velocidad (SJ y CMJ) son las que más han disminuido.

La incidencia de caídas en España es de un 32,7% en personas de 75 años, y se observa una diferencia de género, las mujeres caen un 44,5% y los varones un 25,6%⁴⁴. En nuestro estudio, inicialmente los valores oscilan entre el 27 y 64%. Los resultados pre- post- del estudio muestran cierta tendencia hacia una reducción del riesgo de caídas de las personas mayores del grupo experimental, en relación al grupo control. Concretamente se observa una reducción del 22% ($p = 0,051$). Coincidimos con otros autores que consideran la fragilidad un riesgo de caídas y, contrariamente, los niveles óptimos de fuerza muscular, un factor importante para evitarlas^{45,46}. Aunque ha de tenerse en cuenta que el análisis previo no es homogéneo (circunstancia que podría deberse al reducido grupo de participantes que han caído), en el análisis final entre grupos sí que se

observan diferencias significativas entre el grupo control y el grupo experimental ($p = 0,0352$).

Para analizar la relación existente entre las caídas y las distintas manifestaciones de la fuerza hemos optado por analizar solo la variable fuerza funcional valorada con el test *chair stand*. Justificamos esta elección porque es un movimiento funcional importante en la vida diaria, y por la utilización de este test en la mayoría de estudios consultados. Coincidimos con otras intervenciones⁴⁷ en observar que las personas con más fuerza tienen menor riesgo de caerse ($p = 0,046$).

Conclusiones

Los resultados evidenciaron una influencia positiva del entrenamiento de fuerza a velocidades moderadas-altas en distintas manifestaciones de la fuerza y la reducción del número de caídas. Para las pruebas de fuerza funcional, resistencia y SJ las mejoras encontradas fueron estadísticamente significativas. Se detectaron mejoras relevantes en las caídas y es de destacar que aunque la CMJ no mejoró, al final de la intervención, las diferencias entre grupos control-experimental sí fueron significativas.

De forma general, parece importante señalar que la práctica habitual de ejercicio físico puede permitir a las personas mayores prevenir o retardar diversas alteraciones asociadas a la sarcopenia y contribuir a disminuir las pérdidas funcionales, incrementando significativamente al final de la intervención la distancia que separa el grupo control y el grupo experimental.

El presente trabajo presenta algunas limitaciones como la participación voluntaria, la no separación por edades y sexo, y el reducido número de participantes.

Recomendamos en futuros estudios añadir a las pruebas de fuerza, la de caminar 6 m, relacionada con la capacidad de cruzar una calle en un tiempo preestablecido por el semáforo, y la de subir escaleras, como actividad primordial de las actividades de la vida diaria. También sugerimos el entrenamiento previo de la técnica de salto vertical para evitar posibles errores en la técnica de ejecución.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

- Marcell TJ. Sarcopenia: Causes, consequences and preventions. *J Gerontol A Biol Med Sci*. 2003;58:M911–6.
- Frontera WR, Hughes VA, Fielding RA, Fiatarone MA, Evans WJ, Roubenoff R. Aging of skeletal muscle: A 12-yr longitudinal study. *J Appl Physiol*. 2000;88:1321–6.
- Bean JF, Kiely DK, LaRose S, Goldstein R, Frontera WR, Leveille SG. Are changes in leg power responsible for clinically meaningful improvements in mobility in older adults? *J Am Geriatr Soc*. 2010;58:2363–8.
- Fiatarone Singh MA, Singh NA, Hansen RD, Finnegan TP, Allen BJ, Diamond TH, et al. Methodology and baseline characteristics for the Sarcopenia and Hip Fracture study: A 5-year prospective study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2009;64:568–74.
- [No authors listed]. American College of Sports Medicine Position Stand. Exercise and physical activity for older adults. *Med Sci Sports Exerc*. 1998;30:992–1008.
- Aagaard P, Suetta C, Caserotti P, Magnusson S, Kjaer M. Role of the nervous system in sarcopenia and muscle atrophy with aging: Strength training as a countermeasure. *Scand J Med Sci Sports*. 2010;20:49–64.
- Sánchez Bañuelos F. La actividad física orientada hacia la salud. Madrid: Biblioteca Nueva; 2004.
- Chodzko-Zajko WJ, Proctor DN, Fiatarone Singh MA, Minson CT, Nigg CR, Salem GJ, et al. American College of Sports Medicine. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and physical activity for older adults. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41:1510–30.
- Jiménez A. Fuerza y Salud. La aptitud músculo esquelética, el entrenamiento de la fuerza y la salud. Barcelona: Ergo; 2003.
- Evans WJ. Exercise training guidelines for the elderly. *Med Sci Sports Exerc*. 1999;31:12–7.
- De Vos N, Singh NA, Ross DA, Stavrinou TM, Orr R, Fiatarone Singh MA. Optimal load for increasing muscle power during explosive resistance training in older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2005;60:638–47.

12. Fiatarone MA, Marks EC, Ryan ND, Meredith CN, Lipsitz LA, Evans WJ. High-intensity strength training in nonagenarians. Effects on skeletal muscle. *JAMA*. 1990;263:3029–34.
13. Buchner DM, Cress ME, Esselman PC, Margherita AJ, de Lateur BJ, Campbell AJ, et al. Factors associated with changes in gait speed in older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 1996;51:297–302.
14. Kraemer WJ, Newton RU. Training for muscular power. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2000;11:341–68.
15. Newton RU, Häkkinen K, Häkkinen A, McCormick M, Volek J, Kraemer WJ. Mixed-methods resistance training increases power and strength of young and older men. *Med Sci Sports Exerc*. 2002;34:1367–75.
16. Miszko TA, Cress ME, Slade JM, Covey CJ, Agrawal SK, Doerr CE. Effect of strength and power training on physical function in community-dwelling older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2003;58:171–5.
17. Bottaro M, Machado SN, Nogueira W, Scales R, Veloso J. Effect of high versus low-velocity resistance training on muscular fitness and functional performance in older men. *Eur J Appl Physiol*. 2007;99:257–64.
18. Kalapotharakos VI, Michalopoulos M, Tokmakidis SP, Godolias G, Gourgoulis V. Effects of a heavy and a moderate resistance training on functional performance in older adults. *J Strength Cond Res*. 2005;19:652–7.
19. Sayers SP. High-speed power training: A novel approach to resistance training in older men and women. A brief review and pilot study. *J Strength Cond Res*. 2007;21:518–26.
20. Henwood TR, Riek S, Taaffe DR. Strength versus muscle power-specific resistance training in community-dwelling older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2008;63:83–91.
21. Pincus T, Summey JA, Soraci SA, Wallston KA, Hummon NP. Assessment of patient satisfaction in activities of daily living using a modified Stanford Health Assessment Questionnaire. *Arthritis Rheum*. 1983;26:1346–53.
22. Rikli RE, Jones CJ. Senior fitness Test Manual. Human Kinetics: Champaign; 2001.
23. Bosco C. La valoración de la fuerza con el test de Bosco. Paidotribo: Barcelona; 1994.
24. González Badillo JJ, Ribas Serna J. Bases de la programación del entrenamiento de fuerza. Barcelona: Inde; 2002.
25. Borg G, Hassmén P, Langerström M. Perceived exertion related to heart rate and blood lactate during arm and leg exercise. *Eur J of Appl Physiol*. 1987;56:679–85.
26. Bohannon RW. Sit-to-stand test for measuring performance of lower extremity muscles. *Percept Mot Skills*. 1995;80:163–6.
27. Tinetti ME, Speechley M, Ginter SF. Risk factors for falls among elderly persons living in the community. *N Engl J Med*. 1988;319:1701–7.
28. Fitzmaurice G, Laird N, Ware J. *Applied Longitudinal Analysis*. New Jersey: Wiley; 2004.
29. Capodaglio P, Edd M, Fiacoli M, Saibene F. Long-term strength training for community-dwelling people over 75: Impact on muscle function, functional ability and life style. *Eur J Appl Physiol*. 2007;100:535–42.
30. Zhang JG, Ishikawa-Takata K, Yamazaki H, Morita T, Ohta T. The effects of tai chi chuan on physiological function and fear of falling in the less robust elderly: An intervention study for preventing falls. *Arch Gerontol Geriatr*. 2006;42:107–16.
31. Cavani V, Mier C, Musto A, Tummers N. Effects of a 6-week resistance-training program on functional fitness of older adults. *JAPA*. 2002;10:443–52.
32. Hruda KV, Hicks AL, McCartney N. Training for muscle power in older adults: Effects on functional abilities. *Can J Appl Physiol*. 2003;28:178–89.
33. Earles DR, Judge JO, Gunnarsson OT. Velocity training induces power-specific adaptations in highly functioning older adults. *Arch Phys Med Rehabil*. 2001;82:872–8.
34. Bobbert MF, Gerritsen KG, Litjens MC, van Soest AJ. Why is counter-movement jump height greater than squat jump height? *Med Sci Sports Exerc*. 1996;28:1402–12.
35. Izquierdo M, Aguado X, González R, López JL, Häkkinen K. Maximal and explosive force production capacity and balance performance in men of different ages. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1999;79:260–7.
36. Baratta R, Solomonow M, Zhou BH, Letson D, Chuinard R, D'Ambrosia R. Muscular coactivation. The role of the antagonist musculature in maintaining knee stability. *Am J Sports Med*. 1988;16:113–22.
37. Kalapotharakos VI, Tokmakidis SP, Smilios I, Michalopoulos M, Gliatis J, Godolias G. Resistance training in older women: Effect on vertical jump and functional performance. *J Sports Med Phys Fitness*. 2005;45:570–5.
38. Häkkinen K, Kallinen M, Izquierdo M, Jokelainen K, Lassila H, Mäkiä E, et al. Changes in agonist-antagonist EMG, muscle CSA, and force during strength training in middle-aged and older people. *J Appl Physiol*. 1998;84:1341–9.
39. Bogaerts A, Delecluse C, Claessens AL, Coudyzer W, Boonen S, Verschueren SM. Impact of whole-body vibration training versus fitness training on muscle strength and muscle mass in older men: A 1-year randomized controlled trial. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2007;62:630–5.
40. Roelants M, Delecluse C, Verschueren SM. Whole-body-vibration training increases knee-extension strength and speed of movement in older women. *J Am Geriatr Soc*. 2004;52:901–8.
41. Russo CR, Lauretani F, Bandinelli S, Bartali B, Cavazzini C, Guralnik JM, et al. High-frequency vibration training increases muscle power in postmenopausal women. *Arch Phys Med Rehabil*. 2003;84:1854–7.
42. Bosco C, Komi PV. Influence of aging on the mechanical behavior of leg extensor muscles. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1980;45:209–19.
43. Petrella JK, Kim JS, Tuggle SC, Hall SR, Bamman MM. Age differences in knee extension power, contractile velocity, and fatigability. *J Appl Physiol*. 2005;98:211–20.
44. Moreno-Martínez NR, Ruiz-Hidalgo D, Burdoy-Joaquim E, Vázquez-Mata G. Incidencia y factores explicativos de las caídas en ancianos que viven en la comunidad. *Rev Esp Geriatr Gerontol*. 2005;40:11–7.
45. Caserotti P, Aagaard P, Larsen JP, Puggaard L. Explosive heavy-resistance training in old and very old adults: Changes in rapid muscle force, strength and power. *Scand J Med Sci Sports*. 2008;18:773–82.
46. Moreland JD, Richardson JA, Goldsmith CH, Clase CM. Muscle weakness and falls in older adults: A systematic review and meta-analysis. *J Am Geriatr Soc*. 2004;52:1121–9.
47. Gillespie LD, Gillespie WJ, Robertson MC, Lamb SE, Cumming RG, Rowe BH. Interventions for preventing falls in elderly people. *Cochrane Database Syst Rev*. 2003;CD000340.