



apunts

MEDICINA DE L'ESPORT

www.apunts.org



ORIGINAL

Efectos del entrenamiento de la fuerza funcional en personas mayores



Elena Rodríguez-Berzal* y Xavier Aguado Jódar

Grupo de Biomecánica Humana y Deportiva, Universidad de Castilla-La Mancha, Toledo, España

Recibido el 6 de abril de 2015; aceptado el 15 de junio de 2015

Disponible en Internet el 18 de septiembre de 2015

PALABRAS CLAVE

Fragilidad;
Biomecánica;
Prevención de caídas

Resumen

Introducción: Los estudios publicados demuestran que los mayores que realizan actividad física tienen una mejor calidad de vida, funcionalidad y equilibrio. Este estudio tiene como objetivo observar cambios en la fuerza explosiva y en la capacidad de equilibrarse en personas mayores tras una intervención para la mejora de la fuerza funcional.

Material y métodos: Participaron 27 sujetos físicamente activos de $69,2 \pm 4,9$ años y $1,613 \pm 0,092$ m de estatura. Se realizó una toma de datos inicial, 8 semanas de intervención (dos sesiones por semana) y una toma de datos final. Se usó un test de salto con contramovimiento sobre una plataforma de fuerzas Quattro Jump (Kistler, Suiza) y un test de los límites de estabilidad con la trayectoria del centro de presiones sobre una plataforma de fuerzas 9281CA (Kistler, Suiza). Tras 3 meses de finalizar la intervención se realizó un test de seguimiento.

Resultados: Se observó un aumento del stiffness de las extremidades inferiores ($p < 0,01$) y una disminución de la altura de salto ($p < 0,05$) en el test de salto con contramovimiento. En el test de los límites de estabilidad se obtuvo un aumento del área y de la velocidad media de desplazamiento del centro de presiones tras la intervención ($p < 0,05$). Esta mejora se mantuvo después del periodo de seguimiento de 3 meses.

Conclusión: El entrenamiento de la fuerza funcional en personas mayores ha mejorado los límites de estabilidad del centro de presiones, por lo tanto ha mejorado su equilibrio a pesar de ser un grupo de mayores físicamente activos.

© 2015 Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: elena.rodriguez.berzal@gmail.com (E. Rodríguez-Berzal).

KEYWORDS

Fragility;
Biomechanics;
Falls

Effects of training functional strength of elderly**Abstract**

Introduction: Published research studies show that elderly subjects who do physical activities achieve a better quality of life, functional abilities and balance. This study aimed to observe changes produced in explosive power and balancing ability after an intervention to improve functional strength.

Material and methods: 27 physically active subjects aged 69.2 ± 4.9 years with a height of 1.613 ± 0.092 m participated. The method was as follows: initial data were gathered at the beginning, 8 weeks of intervention (2 sessions a week) and then data were gathered again at the end. A countermovement jump test on a Quattro Jump force plate (Kistler, Switzerland) was carried out, as well as centre of pressure tracking for stability limits test using a 9281CA force platform (Kistler, Switzerland). After 3 months of intervention the final tracking test was performed.

Results: Increases in lower limb stiffness ($p < 0.01$) and jump height ($p < 0.05$) were shown while doing the countermovement jump tests. Increases in centre of pressure shifting area and average speed were achieved on the stability limits test, comparing the initial and final data ($p < 0.05$). This improvement was maintained after follow-up of 3 months.

Conclusion: Functional strength training in elderly people improved the centre of pressure track of stability limits test, so balance was also improved in a group of physically active senior citizens.

© 2015 Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Introducción

En las sociedades occidentales la población de personas mayores crece de forma importante. Este sector de la población sufre frecuentes caídas por pérdida de equilibrio que se incrementan con la fragilidad asociada a la edad^{1,2} lo que supone un coste económico, un problema de salud importante^{3,4} y repercute en la esperanza de vida³. Los estudios publicados hasta la fecha demuestran que los mayores que realizan actividad física tienen una mejor calidad de vida, funcionalidad y equilibrio⁵⁻¹⁸. También destacan que los entrenamientos de fuerza mejoran su equilibrio ya que este se ve afectado por la carencia de la fuerza mínima requerida para mantenerlo^{9,19}. Esta introducción se descompone en los siguientes puntos, que luego son abordados en un programa de intervención en personas mayores: la fuerza estudiada mediante el salto, el equilibrio, la masa muscular, los tipos de entrenamiento y los objetivos de este estudio.

La fuerza estudiada mediante el salto

Estudiar la fuerza de las extremidades inferiores mediante el salto supone una ventaja al no necesitar de sofisticadas máquinas y al ser un movimiento natural que puede ser realizado por los mayores sin el riesgo de tener que tomar precauciones especiales. Los métodos más comunes usados con personas mayores son el salto con contramovimiento (CMJ) y salto sin contramovimiento (SJ)^{9,20}.

En los trabajos publicados se expone que respecto a los adultos los ancianos saltan menos, generan menores picos de fuerza vertical y de potencia mecánica en la batida, tienen

un mayor stiffness y descienden menos el centro de gravedad en el contramovimiento²¹.

Además, al comparar ancianos españoles físicamente activos con personas asiáticas de características similares, detectamos que los españoles muestran menor fuerza y rango de movimiento (ROM) de las extremidades inferiores al realizar el test CMJ sobre plataforma de fuerzas²¹. En los estudios publicados los ancianos asiáticos descienden más el centro de gravedad en el contramovimiento que los europeos, lo que influirá en tener unos valores de stiffness menores²¹.

Un alto nivel de rigidez (mayor stiffness) unido a un ROM acortado y a valores bajos de fuerza explosiva en los ancianos europeos y en particular los españoles influyen negativamente en el correcto mantenimiento del equilibrio postural, lo que puede favorecer caídas.

El equilibrio

Investigaciones como la de Izquierdo et al.²² que se realiza con 3 grupos de diferentes edades concluyen que los ancianos tardan más en desplazar el centro de presiones (COP) hasta la diana iluminada y permanecen menos tiempo dentro: de ello se revela un menor equilibrio postural. Observaron también una correlación importante entre las variables de los test de equilibrio y la máxima velocidad de desarrollo de la fuerza isométrica en los grupos de mayores, lo que no sucedía en sujetos jóvenes. Así concluían que tener más fuerza no mejora el equilibrio en jóvenes pero sí en personas mayores. En este sector de la población, tener un nivel de fuerza limitado les afecta en el desarrollo de

actividades de la vida diaria como la marcha, subir escalones o reequilibrarse de un traspie²³.

Baydal-Bertomeu et al.²⁴ describen patrones de comportamiento postural en test de equilibrio estático en diferentes grupos de población sana española. Entre ellos incluyen un grupo de ancianos, del que no especifican si son activos o sedentarios, aunque por sus resultados se desprende que probablemente sean sedentarios.

En nuestra opinión faltarían más estudios de test de fuerza y equilibrio sobre personas mayores físicamente activas de población española.

Los tipos de entrenamiento

En los años ochenta se comenzó a estudiar el mecanismo de caída en los mayores y cómo prevenirlo mediante diferentes tipos de programas de entrenamiento. En un principio los trabajos se centraron en el de fuerza de la extremidad inferior con máquinas de musculación para reducir las caídas²⁵. Estos estudios observaron un efecto positivo en la funcionalidad de la vida diaria²⁶. No obstante no nos vamos a centrar en los estudios con entrenamientos específicos de fuerza en mayores para compensar la sarcopenia asociada a la edad porque es un tema ampliamente estudiado²⁶.

Para reducir el riesgo de caídas en las personas mayores se han propuesto entrenamientos combinados de patrones de movimiento y equilibrio^{24,27,28}. Varios estudios afirman que el entrenamiento del equilibrio es un buen método de prevención de caídas en mayores por el deterioro que sufre esta capacidad con el paso de los años^{9,24,29}. Para el trabajo del equilibrio se han utilizado métodos de trabajo tradicionales como el Tai-Chi^{30,31}.

La disminución del ROM de las extremidades inferiores se considera un factor de riesgo importante en las caídas. Por ello se han propuesto también entrenamientos de trabajo de fuerza y flexibilidad para contrarrestar su disminución³²⁻³⁵. Pero algunos autores han observado mejores resultados en la ampliación del ROM con entrenamientos específicos de equilibrio³⁶.

En los últimos años se usan cada vez más diferentes ejercicios funcionales en las intervenciones. Entendiendo funcional como un ejercicio similar a actividades que se realicen en la vida diaria. Por ejemplo la marcha, subir escaleras o sentarse y levantarse de sillas, que se combinan con tareas cognitivas y con otras capacidades físicas³⁷⁻⁴¹. Un patrón de marcha variable es propio de los ancianos con elevado riesgo de sufrir caídas. Estos ante un traspie se reequilibran mediante pasos más cortos y frecuentes que son considerados como signos del denominado síndrome de fragilidad de los mayores⁴²⁻⁴⁵, que se asocia a una importante disminución de la esperanza de vida⁴⁶.

El efecto de los programas de intervenciones se evalúa con test que podríamos dividir en dos grupos: funcionales y no funcionales. Los test funcionales son en su mayoría evaluaciones de la marcha combinada con tareas cognitivas o coordinativas^{37,38,47} y los no funcionales examinan las respuestas ante un desequilibrio dando un paso⁴⁸⁻⁵¹ o miden los cambios en una determinada capacidad física como por ejemplo en la flexibilidad mediante la medida del ROM⁵¹.

Objetivos

El presente estudio surge por la escasez de investigaciones que analicen los cambios que sufre la fuerza funcional en sujetos sanos y físicamente activos aplicando intervenciones con ejercicios funcionales, ya que es la fuerza útil para la vida diaria y es justamente en el que nos interesa que haya mejoras.

Así el objetivo de este estudio ha sido analizar los cambios que se producen en la fuerza explosiva y en la capacidad de equilibrarse tras una intervención que pretende mejorar la fuerza funcional del tren inferior en personas mayores físicamente activas.

Material y métodos

Participantes

En el estudio participaron voluntariamente 27 sujetos sanos y físicamente activos (12 hombres y 15 mujeres) de $69,2 \pm 4,9$ años, $1,613 \pm 0,092$ m de estatura y $73,10 \pm 14,90$ kg. Los sujetos practicaban gimnasia de mantenimiento para mayores en sesiones de una hora, tres veces por semana. Se excluyó del estudio a personas con trastornos osteomusculares, prótesis en la extremidad inferior, problemas en la vista o vestibulares, patologías que afectaran el equilibrio y que pudieran alterar el resultado de los test.

Se realizó una familiarización previa con los test, una toma de datos inicial, 8 semanas de intervención y una toma de datos final. Posteriormente, tras 3 meses de inactividad se hizo una última toma de datos como seguimiento, a 13 de los 27 sujetos participantes.

El estudio siguió las recomendaciones de la Declaración de Helsinki y fue aprobado por el Comité de Investigación Clínica del Hospital General Universitario de Ciudad Real. Todos los participantes firmaron una carta de consentimiento informado y podían abandonar libremente el estudio si así lo decidían en cualquier momento.

Protocolo y variables

Se realizó un test de salto CMJ y un test de los límites de estabilidad con la trayectoria del COP. Se utilizaron dos plataformas de fuerzas en la toma de datos. Para el CMJ una Quattro Jump (Kistler, Suiza) y para el recorrido del COP una 9281CA (Kistler, Suiza).

El CMJ se realizó con una frecuencia de muestreo de 500 Hz. El sujeto adoptaba una posición inicial de bipedestación con el tronco vertical y mirada al frente. Las extremidades inferiores estaban extendidas y las manos colocadas en la cintura comprobándose que no se despegaben en ningún momento. La caída debía realizarse con las extremidades inferiores extendidas y sin desequilibrios hasta volver a la bipedestación inicial. Se realizaban dos saltos válidos de los que se usó el de mayor altura de vuelo. Se estudió la altura de vuelo (% de estatura), la velocidad de descenso (m/s) y el *stiffness* vertical en el contramovimiento (BW/% de estatura).

Después se realizó el test de los límites de estabilidad. Se registró con una frecuencia de 50 Hz. Tenía una duración de 30 s, de los que se usaron 5 s para explorar la máxima

Tabla 1 Variables descriptivas pre-, postintervención y seguimiento

Variables antropométricas	Preintervención	Postintervención	Seguimiento
Sujetos	27	27	13
Edad (años)	69,67 ± 4,62	69,67 ± 4,62	69,23 ± 4,62
Peso (kg)	71,33 ± 12,73	71,28 ± 12,74	73,10 ± 14,90
Estatura (m)	1,584 ± 0,088	1,584 ± 0,091	1,613 ± 0,092

amplitud lograda en el desplazamiento del COP en cada uno de los siguientes límites: delante, atrás, derecha e izquierda. El sujeto lo ejecutaba descalzo en apoyo bipodal, con ojos abiertos y brazos cruzados sobre el pecho. Los pies se colocaron con una abertura interna de 40° que se comprobaba mediante una planilla y por detrás se comprobó mediante otra tabla que los talones estuvieran alineados, sin que se tocaran. Se le indicaba al sujeto cuándo debía desplazar el COP a cada extremo. Se realizaron dos test válidos de los que se usó el de mayor área recorrida por el COP. Se analizaron el área del recorrido del COP (cm²), sus rangos en X e Y (cm²) y su velocidad media (cm/s).

Entrenamiento

Los participantes recibieron 25 minutos de entrenamiento por sesión, 2 veces a la semana durante 8 semanas. Las sesiones eran dirigidas por un licenciado en Educación Física especialista en trabajo con personas mayores. La intervención se realizaba durante las clases de gimnasia para mayores a las que asistían los sujetos. Las sesiones se llevaban a cabo después de 25 minutos de ejercicios de calentamiento dirigidos por su monitor habitual.

La intervención se dirigió al aumento de la fuerza funcional ya que es la fuerza útil. Se utilizaron ejercicios funcionales, similares a las actividades de la vida cotidiana como andar, subir escaleras o recoger objetos del suelo y ejercicios de flexibilidad. No se utilizaron cargas externas. Todos los ejercicios se realizaban con el propio peso corporal. El trabajo se propuso en forma de circuito. A lo largo de las 8 semanas se fue incrementando la intensidad de los ejercicios con mayor ROM y la dificultad en la coordinación.

Análisis estadístico

La estadística se realizó con el paquete estadístico SPSS V17.0 (IBM, EE. UU.). Se realizó ANOVA de medidas

repetidas de dos vías para analizar los efectos de la intervención y su comparación con los sujetos usados de control, después de un periodo de descanso, durante la fase de seguimiento. Cuando apareció un efecto principal se utilizó el *post hoc* de Bonferroni. Solo se consideraron niveles de significación de $p < 0,05$.

Resultados

La [tabla 1](#) muestra las variables descriptivas (edad, peso y estatura) de los sujetos participantes.

En la [tabla 2](#) se exponen los resultados obtenidos en el test de salto CMJ. Se observaron aumentos del stiffness ($p < 0,01$) y un descenso de la altura de salto ($p < 0,05$) entre pre- y postintervención. Se observaron también un ligero aumento del pico de potencia de la batida y un ligero descenso del centro de masas en el contramovimiento entre pre- y postintervención (no significativos).

Los resultados de trayectorias del COP en el test de límites de estabilidad obtenidos en los distintos momentos de medida se describen en la [tabla 3](#). Se obtuvo un aumento del área y de la velocidad media de desplazamiento del COP entre pre- y postintervención ($p < 0,05$). Aunque el aumento más significativo fue en el rango de desplazamiento en X (eje medio lateral) ($p < 0,01$).

Discusión

La mayoría de los estudios con personas mayores que desarrollan intervenciones con entrenamiento funcional se realizan o con sujetos sanos sedentarios o con enfermos^{47,49,52-54}. Como Arampatzis et al.⁴⁹ que realizan su estudio con sujetos sedentarios sanos o Braure y Morris⁴⁷ que llevan a cabo su estudio con enfermos de Parkinson. Por lo contrario en el presente estudio se realiza la intervención funcional utilizando sujetos sanos físicamente activos, de los que hay carencia de información. A pesar de ser

Tabla 2 Variables del CMJ pre-, postintervención y seguimiento

Variables CMJ	Preintervención	Postintervención	Seguimiento
Pico potencia batida (W/kg)	25,82 ± 5,00	25,95 ± 4,68	24,85 ± 5,23
Descenso en el contramovimiento (% estatura)	-9,90 ± 3,53	-9,69 ± 3,88	-11,67 ± 4,74
Altura salto (m)	0,104 ± 0,042	0,098 ± 0,039 *	0,10 ± 0,005
Stiffness (kN/m)	10,75 ± 5,29	11,28 ± 5,50	9,02 ± 5,49
Stiffness (BW/% estatura)	0,16 ± 0,05	0,18 ± 0,05 **	0,18 ± 0,06
Altura salto (% estatura)	6,51 ± 2,43	6,11 ± 2,23 *	6,12 ± 3,05

* $p < 0,05$.

** $p < 0,01$.

Tabla 3 Variables del test de equilibrio estático pre-, postintervención y seguimiento

Variables trayectorias del COP	Preintervención	Postintervención	Seguimiento
Área (cm ²)	82,21 ± 42,67	93,34 ± 43,72*	93,11 ± 51,64
Velocidad media (cm/s)	4,1 ± 0,9	4,4 ± 1,1*	4,3 ± 1,1
Rango en X (cm)	13,8 ± 4,5	15,2 ± 4,5**	14,9 ± 5,4
Rango en Y (cm)	11,0 ± 3,0	11,6 ± 2,8 [†]	11,5 ± 3,2

COP: centro de presiones.

* p < 0,05.

** p < 0,01.

*** p < 0,001.

físicamente activos hemos observado en esta población tras la intervención realizada mejoras tanto en test de fuerza para la extremidad inferior como en test de equilibrio y estos cambios se mantienen 3 meses después.

La duración de las intervenciones habituales en la bibliografía para personas mayores es variada, llegando hasta los 6 meses. En este estudio se han obtenido algunos cambios significativos en los test realizados con una intervención de 8 semanas. Silsupadol et al.^{37,38} realizaron el entrenamiento de 4 semanas de marcha con tareas cognitivas a mayores sanos y obtuvieron mejoras en la velocidad de la marcha y concluían que los entrenamientos de doble tarea con variación de instrucciones eran más eficaces para mejorar en el equilibrio.

En esta investigación los ejercicios funcionales utilizados fueron actividades similares a la vida cotidiana como andar o recoger objetos del suelo y se fue incrementando la intensidad y dificultad de los ejercicios a lo largo de la intervención.

Tanto en intervenciones con ejercicios funcionales como estudios sin intervención realizados a personas mayores los tipos de test utilizados de forma más habitual para observar los cambios son los test de marcha^{37,38,54-58}.

En este estudio en vez de incluir test de marcha se decidió realizar test específicos para ver los cambios en la fuerza funcional de las extremidades inferiores mediante el test CMJ. Por otro lado se completó con un test de los límites de estabilidad con la trayectoria del COP para examinar los cambios en el equilibrio.

Tras la intervención los participantes mostraron un stiffness significativamente mayor (pre: 0,16 ± 0,05 BW/% estatura; pos: 0,18 ± 0,005 BW/% estatura; p < 0,01) que se mantiene tras 3 meses de inactividad y una altura del salto menor (pre: 6,51 ± 2,43% estatura; post: 6,11 ± 2,23% estatura; p < 0,05). El pico de potencia de la batida (pre: 25,82 ± 5,00 W/kg; post: 25,95 ± 4,68 W/kg) tuvo un ligero aumento pero no fue significativo y no cambió en el periodo de seguimiento. En esta investigación los sujetos obtuvieron una altura de salto postintervención en el CMJ (0,098 ± 0,039 m) menor que los sujetos de Izquierdo et al.⁹ (0,11 ± 0,01 m), aunque estos eran más altos que nuestros participantes. Pero se consiguió una altura de salto y pico de potencia de batida (25,95 ± 4,68 W/kg) mayor que los ancianos daneses de Larsen et al.⁵⁹. Se observó que en la bibliografía no es habitual que se contemple el mantenimiento del efecto de la intervención a pesar de su interés práctico.

Los ancianos de Liu et al. (1,72 ± 0,78 kN/m)²¹ producían un stiffness mucho menor que los participantes en este estudio (11,28 ± 5,50 kN/m). Esto puede ser debido a que pesaban menos, ya que frecuentemente los ancianos asiáticos tienen un estilo de vida más activo, lo que les facilita descender el centro de masas en la batida del salto.

Si comparamos a los sujetos del presente estudio con los también ancianos españoles del estudio de Rodríguez-Berzal et al.⁶⁰ observamos que los de este estudio han obtenido valores más bajos en el pico de potencia de batida, descenso en el contramovimiento y altura de salto, lo que explica que hayan mostrado un mayor stiffness.

Solà et al.⁶¹ obtuvieron una altura de salto basal en el CMJ (9,4 ± 4,0 cm) menor que los sujetos de esta investigación (10,4 ± 4,2 cm) pero comentan que tras la intervención encontraron una reducción de la altura de salto 0,2 cm mientras que en este estudio los participantes lo han reducido 0,6 cm. Esto puede ser debido a que su tipo de intervención era más enfocada a la fuerza de la extremidad inferior y realizaban muchos ejercicios similares al movimiento del CMJ durante 24 semanas, mientras que en esta intervención tenía ejercicios similares a actividades de la vida diaria durante las 8 semanas que duró la intervención. En nuestra opinión se podrían haber obtenido mejores resultados en el test del CMJ si el grupo hubiera sido más reducido y así prestar más atención a la ejecución de ejercicios como bajar a coger un objeto o sentarse y levantarse. Ya que muchos de estos sujetos han comenzado a realizar actividad física con edad avanzada y no ejecutan los ejercicios de forma suficientemente correcta, a pesar de la atención recibida. Por ello creemos que el tamaño del grupo que recibe una intervención es un factor importante que debería ser tenido en cuenta en futuros estudios.

En el presente estudio, tras la intervención los sujetos obtuvieron mejoras significativas en el test de límites de estabilidad. Después de la cual la trayectoria del COP aumentó el área (pre: 82,21 ± 42,67 cm²; pos: 93,34 ± 43,72 cm²; p < 0,05) como en el de velocidad media (pre: 4,1 ± 0,9 cm/s; pos: 4,4 ± 1,1 cm/s; p < 0,05) en el test de límites de estabilidad. Estos cambios se mantuvieron tras 3 meses de inactividad. El aumento de la mantuvieron permite hacer correcciones de forma rápida ante posibles perturbaciones del equilibrio por lo que se considera un efecto positivo.

Al igual que en el presente estudio, Lee y Park⁶² obtuvieron mejoras en el área del test de equilibrio aunque ellos realizaban una intervención de fuerza tradicional. Los

coreanos obtuvieron en el test de los límites de estabilidad una mejora tras la intervención de $31,6 \text{ cm}^2$ mientras que en esta investigación se obtuvo una mejora de $11,13 \text{ cm}^2$. Esta diferencia en las mejoras en el área pueden deberse a que ellos realizaban una intervención de 12 semanas mientras que la de este estudio era solo de 8 semanas. Además partían de un área preintervención ($41,7 \pm 23,2 \text{ cm}^2$) menor (peor) que la de los sujetos de esta investigación ($82,21 \pm 42,67 \text{ cm}^2$) por lo que, como ellos mismos concluyen, la posibilidad de mejora se reduce cuando los sujetos presentan unos datos basales mejores, como eran los nuestros.

Se han realizado muchos estudios sobre los efectos del entrenamiento de fuerza en las actividades de la vida diaria de las personas mayores. Al igual que se han realizado muchos estudios con intervenciones de equilibrio con el fin de reducir el número de caídas en este sector de la población. Joshua et al.⁶³ comparan, en su estudio de 6 meses, el efecto de un entrenamiento de fuerza, un entrenamiento tradicional de equilibrio y la combinación de ambos. Consiguieron mejoras significativas en la evaluación funcional de los grupos de fuerza y combinado comparados con el grupo de entrenamiento tradicional de equilibrio. Concluyen que el entrenamiento de fuerza es más efectivo para la mejora de los límites de estabilidad en mayores que el entrenamiento de equilibrio tradicional, siempre que el entrenamiento esté bien estructurado, sea progresivo, dirigido a los principales músculos y esté supervisado. La presente intervención estaba basada en un entrenamiento funcional de fuerza y equilibrio, basado en tareas propias de la vida diaria. Los participantes lograron una mejora en el área del test de límites de estabilidad de $11,13 \text{ cm}^2$ mientras que los sujetos del sur de la India tras una intervención de fuerza de 6 meses obtuvieron en su test de evaluación funcional una mejora de 7 cm^2 en el grupo de entrenamiento de fuerza y 6 cm^2 en el entrenamiento combinado. Así la presente intervención de tipo funcional ha mostrado ser más eficaz en la mejora de los límites de estabilidad que la de entrenamientos tradicionales de fuerza, equilibrio o combinados.

Teniendo en cuenta lo que hemos expuesto y pensando en limitaciones del presente estudio y en el interés de futuros trabajos creemos que deberíamos focalizar más la atención en la mejora de la fuerza funcional de la extremidad inferior y deberíamos realizar también algún test funcional para evaluar el efecto de la intervención, como por ejemplo sentarse y levantarse o caminar en el exterior.

Conclusiones

Tras este estudio hemos llegado a las siguientes conclusiones:

- El entrenamiento realizado, dirigido al aumento de la fuerza funcional en personas mayores físicamente activas ha incrementado los límites de estabilidad de las trayectorias del centro de presiones y el aumento se ha mantenido después de 3 meses. Esto significa una mejora del equilibrio en el grupo sometido a la intervención.
- De cara a futuras intervenciones sería interesante trabajar con grupos más reducidos y así poder prestar una atención más personalizada durante el entrenamiento.

Creemos que de esta manera los cambios tras la intervención podrían ser mayores.

Financiación

Este proyecto ha sido financiado por el Consejo Superior de Deportes, referencia 089 UPB10/12 (2012).

El proyecto también recibió el apoyo en forma de material deportivo por parte de Decathlon, Toledo.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Agradecimientos

Se agradece al Ayuntamiento de Getafe (Madrid), al Polideportivo Cerro Buenavista de Getafe (Madrid) y a todos los participantes en el estudio su colaboración.

Bibliografía

1. Milat AJ, Watson WL, Monger C, Barr M, Giffin M, Reid M. Prevalence, circumstances and consequences of falls among community-dwelling older people: results of the 2009 NSW Falls Prevention Baseline Survey. *New South Wales Public Health Bulletin*. 2011;22(3-4):43-8.
2. Dougherty J, Kancel A, Ramar C, Meacham C, Derrington S. The effects of a multi-axis balance board intervention program in an elderly population. *Missouri Medicine*. 2011;108:128-32.
3. Gaxatte C, Nguyen T, Chourabi F, Salleron J, Pardessus V, Delabrière I, et al. Fear of falling as seen in the multidisciplinary falls consultation. *Ann Phys Rehabil Med*. 2011;54:248-58.
4. Lim J-Y, Jang S-N, Park W-B, Oh MK, Kang EK, Paik N-J. Association Between Exercise and Fear of Falling in Community-Dwelling Elderly Koreans: Results of a Cross-Sectional Public Opinion Survey. *Arch Phys Med Rehabil*. 2011;92:954-9.
5. Rodríguez-Berzal E, Alegre L, Ara I, Aguado X. Entrenamientos funcionales frente a espejismo de la precencia de caídas en las personas mayores. *Apunts Med Esport*. 2013;48:153-64.
6. McAuley E, Mihalko SL, Rosengren K. Self-efficacy and balance correlates of fear of falling in the elderly. Correlation entre la confiance en soi, l'equilibre et la peur de tomber chez les personnes âgées. *J Aging Phys Act*. 1997;5:329-40.
7. Mihalko SL, McAuley E. Strength training effects on subjective well-being and physical function in the elderly. *J Aging Phys Act*. 1996;4:56-68.
8. Perhonen M, Komi PV, Hakkinen K, von Bonsdorff H, Partio E. Strength training and neuromuscular function in elderly people with total knee endoprosthesis. *Scand J Med Sci Sports*. 1992;2:234-43.
9. Izquierdo M, Aguado X, Gonzalez R, Lopez JL, Hakkinen 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.
10. Porter MM, Vandervoort AA, Lexell J. Aging of human muscle: structure, function and adaptability. *Scand J Med Sci Sports*. 1995;5:129-42.
11. Topp R, Mikesky A, Bawel K. Developing a strength training program for older adults: planning, programming, and potential outcomes. *Rehabil Nurs*. 1994;19:266.
12. Truth MS, Ryan AS, Pratley RE, Rubin MA, Miller JP, Nicklas BJ, et al. Effects of strength training on total and regional body composition in older men. *J Appl Physiol*. 1994;77:614-20.

13. Hakkinen K, Pastinen UM, Karsikas R, Linnamo V. Neuromuscular performance in voluntary bilateral and unilateral contraction and during electrical stimulation in men at different ages/Performance neuromusculaire lors d'une contraction bilatérale ou unilatérale volontaire et lors d'une stimulation électrique chez des hommes de différents âges. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1995;70:518-27.
14. Häkkinen K, Kraemer WJ, Kallinen M, Linnamo V, Pastinen UM, Newton RU. Bilateral and unilateral neuromuscular function and muscle cross-sectional area in middle-aged and elderly men and women. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 1996;51: B21-B9.
15. Liu-Ambrose T, Khan KM, Eng JJ, Lord SR, McKay HA. Balance confidence improves with resistance or agility training. Increase is not correlated with objective changes in fall risk and physical abilities. *Gerontology*. 2004;50:373-82.
16. Graafmans WC, Lips P, Wijnhuizen GJ, Pluijm SM, Bouter LM. Daily physical activity and the use of a walking aid in relation to falls in elderly people in a residential care setting. *Z Gerontol Geriatr*. 2003;36:23-8.
17. Gillespie LD, Robertson MC, Gillespie WJ, Lamb SE, Gates S, Cumming RG, et al. Interventions for preventing falls in older people living in the community. *Cochrane Database Syst Rev* (Online). 2009;2:CD007146.
18. Gillespie LD, Robertson MC, Gillespie WJ, Sherrington C, Gates S, Clemson LM, et al. Interventions for preventing falls in older people living in the community. *Cochrane Database Syst Rev* (Online). 2012;9:CD007146.
19. Hakkinen K, Kallinen M, Linnamo V, Pastinen UM, Newton RU, Kraemer WJ. Neuromuscular adaptations during bilateral versus unilateral strength training in middle-aged and elderly men and women (Adaptations neuromusculaires au cours d'un entraînement de force unilatérale ou bilatérale chez des hommes et des femmes adultes d'âge moyen et âgés). *Acta Physiol Scand*. 1996;158:77-88.
20. Wang LI. The kinetics and stiffness characteristics of the lower extremity in older adults during vertical jumping. *J Sports Sci Med*. 2008;7:379-86.
21. Liu Y, Peng C-H, Wei S-H, Chi J-C, Tsai F-R, Chen J-Y. Active leg stiffness and energy stored in the muscles during maximal counter movement jump in the aged. *J Electromyogr Kinesiol*. 2006;16:342-51.
22. Izquierdo M, Ibañez J, Gorostiaga E, Garrues M, Zúñiga A, Antón A, et al. Maximal strength and power characteristics in isometric and dynamic actions of the upper and lower extremities in middle-aged and older men. *Acta Physiol Scand*. 1999;167:57-68.
23. Batista FS, Gomes GAdO, D'Elboux MJ, Cintra FA, Neri AL, Guariento ME, et al. Relationship between lower-limb muscle strength and independence among elderly people according to frailty criteria: a cross-sectional study. *Sao Paulo Med J*. 2014;132:282-9.
24. Baydal-Bertomeu JM, Barberà i Guillem R, Soler-Gracia C, Peydro de Moya MF, Prat JM, Barona de Guzmán R. Determination of postural behaviour patterns in the Spanish healthy population. *Acta Otorrinolaringol Esp*. 2004;55:260-9.
25. Orr R, Raymond a, Singh MF. Efficacy of progressive resistance training on balance performance in older adults. *Sports Med*. 2008;38:317-43.
26. Hunter GR, McCarthy JP, Bamman MM. Effects of resistance training on older adults. *Sports Med*. 2004;34:329-48.
27. Winter DA. Human balance and posture control during standing and walking. *Gait Posture*. 1995;3:193-214.
28. Horak FB, Shupert CL, Mirka A. Components of postural dyscontrol in the elderly: a review. *Neurobiol Aging*. 1989;10: 727-38.
29. Davis JC, Donaldson MG, Ashe MC, Khan KM. The role of balance and agility training in fall reduction. A comprehensive review. *Europa Medicophysica*. 2004;40:211-21.
30. Low S, Ang LW, Goh KS, Chew SK. A systematic review of the effectiveness of Tai Chi on fall reduction among the elderly. *Archives Of Gerontology And Geriatrics*. 2009;48:325-31.
31. Wu G. Evaluation of the effectiveness of Tai Chi for improving balance and preventing falls in the older population—A review. *J Am Geriatr Soc*. 2002;50:746-54.
32. Leslie M, St Pierre RW. An Integrated Risk Assessment Approach to Fall Prevention Among Community-Dwelling Elderly. *Am J Health Stud*. 1999;15:57.
33. Klein DA, Stone WJ, Phillips WT, Gangi J, Hartman S. PNF training and physical function in assisted-living older adults./Entraînement a l'aisance neuromusculaire proprioceptive et fonction physique chez des adultes âgés et assistés. *J Aging Phys Act*. 2002;10:476-88.
34. Zakas A, Balaska P, Grammatikopoulou MG, Zakas N, Vergou A. Acute effects of stretching duration on the range of motion of elderly women. *J Bodyw Mov Ther*. 2005;9:270-6.
35. Billson JH, Cilliers JF, Pieterse JJ, Shaw BS, Shaw I, Toriola AL. Comparison of home- and gymnasium-based resistance training on flexibility in the elderly. *S Afr J Res Sport Res*. 2011;33:1-9.
36. Sherrington C, Whitney JC, Lord SR, Herbert RD, Cumming RG, Close JCT. Effective exercise for the prevention of falls: a systematic review and meta-analysis. *J Am Geriatr Soc*. 2008;56:2234-43.
37. Silsupadol P, Shumway-Cook A, Lugade V, van Donkelaar P, Chou L-S, Mayr U, et al. Effects of Single-Task Versus Dual-Task Training on Balance Performance in Older Adults: A Double-Blind, Randomized Controlled Trial. *Arch Phys Med Rehabil*. 2009;90:381-7.
38. Silsupadol P, Lugade V, Shumway-Cook A, van Donkelaar P, Chou L-S, Mayr U, et al. Training-related changes in dual-task walking performance of elderly persons with balance impairment: A double-blind, randomized controlled trial. *Gait Posture*. 2009;29:634-9.
39. De Vreede PL, Samson MM, van Meeteren NL, van der Bom JG, Duursma SA, Verhaar HJ. Functional tasks exercise versus resistance exercise to improve daily function in older women: a feasibility study. *Arch Phys Med Rehabil*. 2004;85:1952-61.
40. De Vreede PL, Samson MM, van Meeteren NLU, Duursma SA, Verhaar HJJ. Functional-task exercise versus resistance strength exercise to improve daily function in older women: a randomized, controlled trial. *J Am Geriatr Soc*. 2005;53:2-10.
41. Fleuren MAH, Vrijotte S, Jans MP, Pin R, van Hespene A, van Meeteren NLU, et al. The implementation of the functional task exercise programme for elderly people living at home. *BMC Musculoskelet Disord*. 2012;13:128.
42. Toulotte C, Thevenon A, Watelain E, Fabre C. Identification of healthy elderly fallers and non-fallers by gait analysis under dual-task conditions. *Clin Rehabil*. 2006;20:269-76.
43. García-García FJ, Larrión Zugasti JL, Rodríguez Mañas L. Frailty: a phenotype under review. *Gac Sanit*. 2011;25 Suppl 2:51-8.
44. Makary MA, Segev DL, Pronovost PJ, Syin D, Bandeen-Roche K, Patel P, et al. Frailty as a predictor of surgical outcomes in older patients. *J Am Coll Surg*. 2010;210:901-8.
45. Garcia-Garcia FJ, Gutierrez Avila G, Alfaro-Acha A, Amor Andres MS, de Los Angeles de La Torre Lanza M, Escibano Aparicio MV, et al. The prevalence of frailty syndrome in an older population from Spain. The Toledo study for healthy aging. *J Nutr Health Aging*. 2011;15:852-6.
46. Teixeira-Salmela LF, Santiago L, Lima RCM, Lana DM, Camargo FFO, Cassiano JG. Functional performance and quality of life related to training and detraining of community-dwelling elderly. *Disabil Rehabil*. 2005;27:1007-12.
47. Brauer SG, Morris ME. Can people with Parkinson's disease improve dual tasking when walking? *Gait & Posture*. 2010;31:229-33.
48. Karamanidis K, Arampatzis A, Mademli L. Age-related deficit in dynamic stability control after forward falls is affected by

- muscle strength and tendon stiffness. *J Electromyogr Kinesiol.* 2008;18:980–9.
49. Arampatzis A, Peper A, Bierbaum S. Exercise of mechanisms for dynamic stability control increases stability performance in the elderly. *J Biomech.* 2011;44:52–8.
 50. Rogers MW, Johnson ME, Martinez KM, Mille M-L, Hedman LD. Step training improves the speed of voluntary step initiation in aging. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2003;58: M46–M.
 51. González-Ravé JM, Sanchez-Gómez A, Santos-García DJ. Efficacy of two different stretch training programs (passive vs. proprioceptive neuromuscular facilitation) on shoulder and hip range of motion in older people. *J Strength Cond Res.* 2012;26:1045–51.
 52. Rogers MW, Tamulevicius N, Coetsee MF, Curry BF, Semple SJ. Knee osteoarthritis and the efficacy of kinesthesia, balance & agility exercise training: a pilot study. *Int J Exerc Sci.* 2011;4:122–32.
 53. Kubo K, Ishida Y, Suzuki S, Komuro T, Shirasawa H, Ishiguro N, et al. Effects of 6 months of walking training on lower limb muscle and tendon in elderly. *Scan J Med Sci Sports.* 2008;18: 31–9.
 54. Fraga MJ, Cader SA, Ferreira MA, Giani TS, Dantas EHM. Aerobic resistance, functional autonomy and quality of life (QoL) of elderly women impacted by a recreation and walking program. *Arch Gerontol Geriatr.* 2011;52:e40–3.
 55. Kemoun G, Thibaud M, Roumagne N, Carette P, Albinet C, Tous-saint L, et al. Effects of a physical training programme on cognitive function and walking efficiency in elderly persons with dementia. *Dement Geriatr Cogn Disord.* 2010;29:109–14.
 56. Stergiou N, Giakas G, Byrne JE, Pomeroy V. Frequency domain characteristics of ground reaction forces during walking of young and elderly females. *Clin Biomech.* 2002;17:615–7.
 57. Helbostad JL, Moe-Nilssen R. The effect of gait speed on lateral balance control during walking in healthy elderly. *Gait Posture.* 2003;18:27.
 58. Bierbaum S, Peper A, Karamanidis K, Arampatzis A. Adaptational responses in dynamic stability during disturbed walking in the elderly. *J Biomech.* 2010;43:2362–8.
 59. Larsen AH, Sorensen H, Puggaard L, Aagaard P. Biomechanical determinants of maximal stair climbing capacity in healthy elderly women. *Scan J Med Sci Sports.* 2009;19:678–86.
 60. Rodríguez-Berzal E, Ara I, Mata E, Aguado X. Capacidad de salto y equilibrio en jóvenes y ancianos físicamente activos. *Apunts Med Esport.* 2012;47:83–9.
 61. Solà M, López JL, Valero O. Efecto de 24 semanas de entrena-miento de fuerza a moderada-alta intensidad en ancianos. *Rev Esp Geriatr Gerontol.* 2014;49:115–20.
 62. Lee I, Park S. Balance Improvement by strength training for the elderly. *J Phys Ther Sci.* 2013;25:1591–3.
 63. Joshua A, D'Souza V, Unnikrishnan B, Mithra P, Kamath A, Acharya V, et al. Effectiveness of progressive resistance strength training versus traditional balance exercise in improv-ing balance among the elderly A randomised controlled trial. *J Clin Diagn Res.* 2014;8:98–102.