

Influencia de un programa de entrenamiento con saltos en la fuerza explosiva, la velocidad de movimiento y el equilibrio dinámico de personas mayores

Jhon Fredy Ramírez Villada, Marzzo Edir Da Silva y José Luis Lancho Alonso

Laboratorio de Ciencias Morfofuncionales del Deporte. Departamento de Ciencias Morfológicas. Facultad de Medicina. Universidad de Córdoba. Córdoba. España.

RESUMEN

Objetivo: analizar la influencia de los saltos en la fuerza explosiva, la velocidad-agilidad y el equilibrio dinámico en una muestra de personas mayores, varones.

Material y métodos: el estudio fue conducido durante 24 semanas en Córdoba (España) en un grupo de participantes de un programa de gimnasia, con una edad media de $69,2 \pm 5,1$ años, divididos en 3 grupos: 45 varones grupo experimental (Em), 48 varones grupo control (Cm) y 45 mujeres grupo control (Cfem). El Em realizó 2 sesiones por semana, durante 22 semanas, de saltos continuos verticales y horizontales. Se aplicó las pruebas de salto (plataforma de rayos AFR Technology®), de velocidad-agilidad y de equilibrio dinámico, y pruebas antropométricas. Se estudió la relación entre variables con un nivel de significación $p < 0,05$ (intervalo de confianza [IC] del 95%).

Resultados: se observaron incrementos significativos ($p < 0,05$) de las alturas generadas en las diferentes pruebas de salto, una disminución significativa ($p < 0,05$) del tiempo medio en la prueba de velocidad-agilidad y ningún cambio significativo para la prueba de equilibrio dinámico en el Em. El grupo Cm reveló un deterioro de la fuerza (-0,49% y -2,48%) y la velocidad de desplazamiento ($p < 0,05$), sin cambios significativos para la prueba de equilibrio dinámico. En Cfem se observó merma en la capacidad de desplazamiento y equilibrio dinámico.

Conclusiones: estos resultados revelan una influencia significativa del programa de actividad física empleado sobre el incremento de la fuerza explosiva generada por los miembros inferiores, el mantenimiento del equilibrio dinámico y el aumento de la velocidad en varones.

Palabras clave

Entrenamiento. Fuerza. Mayores. Equilibrio. Velocidad.

Influence of a training programme with jumps on explosive force, speed of movement and dynamic balance in the elderly

ABSTRACT

Objective: to analyze the influence of a training programme with jumps on explosive force, speed-agility and dynamic balance in a sample of elderly men.

Material and methods: a 24-week study was carried out in Cordoba (Spain) in participants with a mean age of 69.2 ± 5.1 years divided into three groups: an experimental group with 45 men, a male control group with 48 men and a female control group with 45 women. The experimental group underwent two training sessions per week for 22 weeks; sessions comprised continuous vertical and horizontal jumping. The following tests were performed: jump test (using an AFR Technology® IR platform), speed-agility test, dynamic balance test, and anthropometric tests. The association between variables was studied with a significance level of $P < .05$ (95% CI).

Results: the experimental group showed a significant increase ($P < .05$) in jump test heights, a significant decrease ($P < .05$) in mean time in the speed-agility test and no significant change in dynamic balance. The male control group showed a decrease in strength (-.49% and -2.48%) and in speed of movement ($P < .05$), but no significant change in dynamic balance. The female control group showed decreases in movement and in dynamic balance.

Conclusion: these results highlight the significant influence of the physical training programme tested on increasing lower-limb explosive force and speed of movement, while maintaining dynamic balance.

Key words

Training. Strength. The elderly. Balance. Speed.

INTRODUCCIÓN

Diversos autores¹⁻³ apuntan a que la fuerza explosiva puede verse más dramáticamente disminuida que la fuerza máxima, debido principalmente a la pérdida de fibras musculares rápidas y a la reducción de la activación nerviosa relacionadas con el proceso de envejecimiento. Estos datos cobran fuerza con otros estudios^{4,5}, que al

Correspondencia: Dr. J.F. Ramírez Villada.
Facultad de Medicina.
Avda. Menéndez Pidal, s/n. 14071 Córdoba. España.
Correo electrónico: jhon_f_ramirez@yahoo.es y mmammutt5@yahoo.es

Recibido el 2-5-2006; aceptado el 7-5-2007.

comparar sujetos de 45 y 75 años, encuentran pérdidas en la fuerza explosiva entre el 38 y el 50%, y descensos de la fuerza máxima hasta del 30%, que influyen de forma importante en la motricidad humana.

Los cambios mencionados a nivel neuromuscular interfieren en las actividades cotidianas del sujeto y se han relacionado en otros trabajos con el riesgo de accidentes^{6,7}. El resultado de todo este fenómeno en su conjunto es el miedo psicológico a las tareas físicas, y consecuentemente, la afectación negativa del estilo de vida y el incremento de la dependencia funcional⁸. Entre las estrategias más usadas, cuyo objetivo es prevenir el deterioro neuromuscular y sus efectos en la motricidad de los mayores, se encuentra la actividad física, en especial los entrenamientos de fuerza muscular y el uso de medicamentos para mejorar la actividad muscular^{9,10}.

Los resultados que se desprenden del entrenamiento de las diferentes manifestaciones de fuerza muscular son variados^{11,12} y, aunque dejan claro que se puede mejorar esta capacidad física y aumentar la masa muscular (incluso las fibras IIb), son diversas las dudas que se presentan sobre las metodologías a aplicar, las pruebas de control, la periodización, los contenidos empleados y las intensidades de carga que deben usarse.

De los ensayos de fuerza aplicados con sujetos longevos, destaca por sus resultados el entrenamiento progresivo de la fuerza máxima combinado con ejercicios de ejecución rápida, con el objetivo de mejorar la fuerza máxima y la fuerza explosiva¹³⁻¹⁵. Otra alternativa para mejorar la fuerza máxima y explosiva podría ser el empleo de saltos para valorar y entrenar la potencia muscular^{16,17}, que al no valerse de máquinas que condicionen la velocidad del movimiento y facilitar la graduación consciente del ángulo articular, se asemejan más a los gestos técnicos y a la actividad funcional innata del ser humano.

Sin embargo, existen pocos estudios^{15,18,19} sobre el empleo de este tipo de acciones para estimular la fuerza y velocidad de contracción en población longeva, en donde las características de las muestras, su tamaño, el sexo, la intensidad, el volumen, la recuperación y la duración de las cargas aplicadas generan interrogantes.

Teniendo en cuenta las consideraciones previas, se diseñó el presente estudio, cuyos objetivos fueron:

1. Establecer el impacto de los saltos en la composición corporal.
2. Analizar la influencia de los saltos en el mantenimiento e incremento de la potencia mecánica de los miembros inferiores.
3. Investigar el grado de transferencia de las actividades propuestas, en la velocidad-agilidad y equilibrio dinámico.

MATERIAL Y MÉTODOS

Muestra

Se entrevistó a 123 varones y 60 mujeres de los programas promovidos por la Junta de Andalucía y el Ayuntamiento de la ciudad de Córdoba. Todos los sujetos eran sanos y físicamente activos, con una práctica de actividad física regular mínima de 2 veces por semana (caminata, gimnasia de mantenimiento, danza) no inferior a un año.

Para iniciar el proceso de selección y organización del programa, los sujetos aportaron un formulario de consentimiento informado donde se detallaban los objetivos, procedimientos e inconvenientes de la investigación, así como el uso confidencial de los datos. Este estudio fue conducido de acuerdo a la declaración de Helsinki.

Los candidatos potenciales fueron entrevistados y valorados clínicamente atendiendo a los siguientes aspectos: deformidad de la columna vertebral, de miembros superiores o inferiores, amputaciones, secuelas de fracturas, prótesis, tratamiento con esteroides, enfermedades cardiovasculares y afecciones articulares.

La muestra final estuvo compuesta por 93 varones y 45 mujeres que fueron agrupados de forma probabilística, simple y aleatoria en 3 grupos: grupo experimental (Em) compuesto por 45 varones, grupo control masculino (Cm) compuesto por 48 varones y un único grupo control femenino (Cfem) compuesto por 45 mujeres, al cual no se le aplicaron las pruebas de salto y el entrenamiento, debido a la dificultad de controlar el riesgo que las hace especialmente vulnerables a las acciones de alto impacto articular.

De los 93 varones que cumplieron los criterios de selección, 60 completaron el estudio; hubo una pérdida del 35,5%, y en el caso de las mujeres, iniciaron el estudio 45 y lo finalizaron 38, con una merma del 15,2%. La pérdida muestral total fue del 29,0%; en estos casos se observó asistencia irregular, abandono parcial o inasistencia a alguno de los controles programados durante la duración del estudio. No se refirieron lesiones, salvo dolores musculares («agujetas») y fatiga subjetiva en las primeras semanas de participación.

Diseño experimental

La estructura del presente estudio se presenta en la figura 1. Se comparó los 3 grupos finalizado el período control (punto 0 del gráfico) y posteriormente se condujo un entrenamiento durante 22 semanas, aplicado solamente en los grupos de varones. Las primeras 2 semanas sirvieron como período de control para las pruebas de velocidad-agilidad, equilibrio dinámico y fuerza dinámica explosiva; las mediciones se registraron 2 veces, con 6 días de separación entre ellas, para reducir el posible efecto aprendizaje y obtener unos datos de base más confiables antes de iniciar el programa.

Subgrupos	Período de control		Período de entrenamiento
	-1 (b, c)	0 (a, b, c)	22 (a, b, c)
Em (n = 45) (a, b, c)	Pruebas: a) Antropométricas: estatura, peso corporal, pliegues cutáneos, diámetros óseos		
Cm (n = 48) (a, b, c)	b) Funcionales: test de velocidad-agilidad y test de equilibrio		
Cfem (n = 45) (a, b)	c) Fuerza explosiva: salto vertical (SJ), salto en contramovimiento (CMJ) y salto en contramovimiento con uso de brazos (CMJas)		

Figura 1. Organización general de los grupos, controles y pruebas. Cfem: mujeres del grupo de control; Cm: varones del grupo de control; Em: varones del grupo experimental.

El programa de actividad física se desarrolló semanalmente, con sesiones separadas entre sí por 2-3 días y con una duración por sesión de 50-60 min. En cada sesión se respetó un tiempo de 10-15 min para una fase preparatoria o de calentamiento (caminar, danzar o coordinar acciones variadas) y destinaron entre 10 y 15 min al final de la rutina para la enseñanza de ejercicios de relajación y vuelta al reposo.

Las acciones destinadas a mejorar la producción de fuerza explosiva consistían en series de saltos verticales (de pie, con una extensión completa de las articulaciones de las rodillas, se bajaba a 90° y se saltaba verticalmente) y horizontales (de pie, partiendo de una extensión completa de las articulaciones de las rodillas, se bajaba a 90° y se saltaba desplazando el cuerpo horizontalmente) continuos con ambos miembros. La periodización de las cargas de entrenamiento aplicadas se muestra en la tabla 1.

Pruebas de evaluación

La valoración de la composición corporal se realizó siguiendo las indicaciones del grupo español de cineantropometría²⁰.

Se determinó el porcentaje graso a través de la medición de los pliegues cutáneos, bíceps, tríceps, subescapular y supracrestal, aplicando ecuaciones diferenciadas para la estimación del porcentaje graso según sean varones o mujeres, de acuerdo con la fórmula de Brozek et al²¹.

De igual forma, se calculó el índice de masa corporal teniendo en cuenta el peso y la estatura²². El instrumental usado para la antropometría constaba de: plicómetro Slimguide®, cinta métrica antropométrica Holtain® y paquímetro Berfer®.

Para el conocimiento de la función neuromuscular, los sujetos fueron familiarizados con las diferentes acciones (velocidad-agilidad, equilibrio dinámico y prueba de salto) 7 días antes del primer control.

La prueba de velocidad-agilidad²³ consiste en recorrer un trayecto de línea recta hasta completar 40 m. Se delimitó una línea recta de 20 m, sobre la cual se marcaron 3 puntos: A, que corresponde con un extremo de la línea; C, con el otro extremo de la línea, y B, ubicado en el centro de la línea (exactamente a 10 m de A o B). Se animó a los sujetos a recorrer el trayecto en el menor tiempo posible saliendo del punto B hasta llegar al punto A, inmediatamente girando y desplazándose al punto C, para finalmente cambiar de dirección retornando nuevamente al punto B. Los tiempos se registraron saliendo y girando por el lado derecho, buscando con ello controlar la calidad de la medición, y se establecieron puntos visibles para la prueba, que permitieran delimitar el trayecto.

En la prueba de equilibrio dinámico²⁴ el individuo debe recorrer de espaldas un trayecto de 6 m a lo largo de una línea recta dibujada en el suelo. Se considera una posición correcta de salida cuando los dos pies se encuentran juntos y en contacto, momento en que desplazará un pie atrás hasta tocar la parte posterior del talón de su pie de apoyo. Se registró el tiempo que tarda el sujeto en recorrer en el menor tiempo posible el trayecto total, y se consideraron como fallos: dar pasos largos, salirse de la línea recta y no tocar la cara posterior del talón del pie de apoyo que se esté empleando.

En cada prueba se ejecutaron 3 intentos y fue anotado el más representativo para su posterior análisis. En la valoración de la funcionalidad fueron empleados cronόμε-

TABLA 1. Periodización de un programa multisaltos aplicado en sujetos longevos

Orientación	Estrategia	Series	Repeticiones	Repeticiones totales de ejercicio	Recuperación entre series (Ro)	Repeticiones semanales	Volumen total, 22 semanas
Fuerza explosiva	Vertical	3	5	15	1-1,30 min	30	630
	Horizontal	3	5	15	1-1,30 min	30	630
						Volumen total	1.260

tros digitales Konus[®], pivotes y una cinta métrica de 30 m de longitud Holtain[®].

Para el conocimiento de la fuerza generada por los miembros inferiores, se aplicó la prueba de Bosco²⁵, con el uso de diferentes tipos de salto y variando el ángulo articular; de igual forma se estimó el índice de elasticidad sugerido por el autor.

La fuerza explosiva se midió por la respuesta del sujeto a un salto máximo vertical (*squat jump* [SJ]: partiendo desde una posición de flexión de la rodilla de 90°, con manos en la cintura, se salta elevado el centro de gravedad), un salto máximo con contramovimiento (*contramovement jump* [CMJ]: de pie, con extensión completa de las rodillas y las manos en la cintura, se baja a 90° y se salta) y un salto máximo con contramovimiento y coordinación de los miembros superiores (*contramovement jump arm swing* [CMJas]: similar al anterior, pero con la colaboración de los miembros superiores para lograr una mayor altura).

Se ejecutaron de 3 a 5 saltos por cada prueba (SJ, CMJ y CMJas) y se tomó la altura más representativa para su posterior análisis. En la medición de la fuerza explosiva dinámica se empleó una plataforma de rayos AFR Technology[®] y un sistema Gervarsport integrado al programa MuscleLabTM.

Análisis estadístico

Para el cálculo de medias, desviaciones estándar y coeficientes de correlación fueron empleados métodos es-

tadísticos estandarizados. Los datos se analizaron mediante análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de la t para las medias (muestras relacionadas e independientes). Se establecieron niveles de significación para una $p < 0,05$ y altamente significativos para una $p < 0,001$, con los respectivos intervalos de confianza [IC] del 95%.

RESULTADOS

Variables antropométricas

Al comparar los datos antropométricos en los 3 grupos antes de iniciar el programa, no se presentaron diferencias significativas entre los varones, pero sí entre varones y mujeres, excepto para la variable edad, que presentó una media similar. Tras las 22 semanas de programa, se mantuvieron las diferencias entre varones y mujeres, mientras entre los varones se registraron diferencias significativas ($p < 0,05$) para las variables peso, pliegue subescapular y pliegue supracrestal, que se corresponde con ligeros descensos en los valores de los pliegues del grupo Em y con ligeros aumentos en el grupo Cm. Estos datos se muestran en la tabla 2.

Variables funcionales

Los valores del equilibrio dinámico comparados en el período de control, para el Em y Cfem no fueron significativos, lo que asegura la fiabilidad de los datos de partida. En el grupo Cm, se hallaron diferencias significativas durante el período de control; sin embargo, al análisis de los

TABLA 2. Comparación de las variables antropométricas durante el período de control y al final del período experimental

Período de control (punto 0)	Cm	Cfem	Em	Cm-Cfem (p)	Cm-Em (p)	Cfem-Em (p)
Edad (años)	69,1 ± 5,4	69,4 ± 4,5	69,5 ± 4,02	NS	NS	NS
Peso (kg)	79,3 ± 8,4	73 ± 10,8	75,8 ± 9,5	> 0,001	NS	> 0,001
Estatura (cm)	165,3 ± 8,4	152,1 ± 0,07	161,1 ± 0,07	> 0,001	NS	> 0,001
Masa grasa (%)	23,9 ± 1,7	27,8 ± 0,9	21,6 ± 1,8	> 0,001	NS	> 0,001
Índice de masa corporal	28,1 ± 2,5	31,3 ± 4,4	27,1 ± 3,3	>0,001	NS	> 0,001
Bíceps (mm)	8,3 ± 2,1	11,6 ± 4,9	7,4 ± 1,5	> 0,001	NS	0,001
Tríceps (mm)	11,5 ± 0,6	22,1 ± 7,0	10,9 ± 0,9	> 0,001	NS	> 0,001
Subescapular (mm)	19,0 ± 1,5	26,0 ± 2,7	18,2 ± 1,7	> 0,001	NS	> 0,001
Supracrestal (mm)	22,6 ± 2,6	24,6 ± 5,7	21,3 ± 1,6	> 0,001	NS	> 0,001
Período experimental (punto 22)						
Peso (kg)	79,7 ± 6,4	73,6 ± 9,6	75,8 ± 9,5	> 0,05	> 0,05	> 0,001
Masa grasa (%)	23,4 ± 1,3	26,1 ± 3,9	21,3 ± 1,3	> 0,05	NS	> 0,001
Índice de masa corporal	28,9 ± 2,1	32,1 ± 2,2	27,2 ± 3,2	> 0,05	NS	> 0,001
Bíceps (mm)	8,6 ± 2,2	11,2 ± 3,4	6,7 ± 0,4	> 0,001	NS	> 0,001
Tríceps (mm)	11,8 ± 2,0	22,1 ± 4,0	10,1 ± 0,3	> 0,001	NS	> 0,001
Subescapular (mm)	19,5 ± 2,5	26,0 ± 7,9	17,5 ± 0,4	> 0,001	> 0,05	> 0,001
Supracrestal (mm)	22,8 ± 2,1	23,6 ± 6,7	19,7 ± 0,8	> 0,001	> 0,05	> 0,001

Cfem: mujeres del grupo de control; Cm: varones del grupo de control; Em: varones del grupo experimental. Los valores se expresan como media ± desviación estándar.

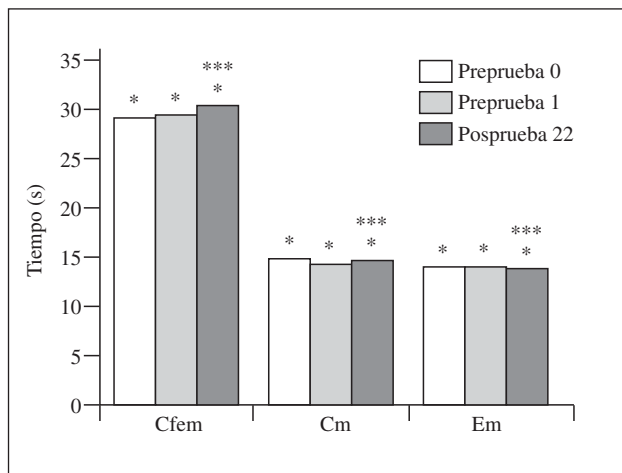


Figura 2. Comparación de los tiempos registrados por los grupos en la prueba de equilibrio dinámico.

Cfem: mujeres del grupo de control; Cm: varones del grupo de control; Em: varones del grupo experimental.

*No significativo. **Significativo ($p < 0,05$). ***Muy significativo ($p < 0,001$).

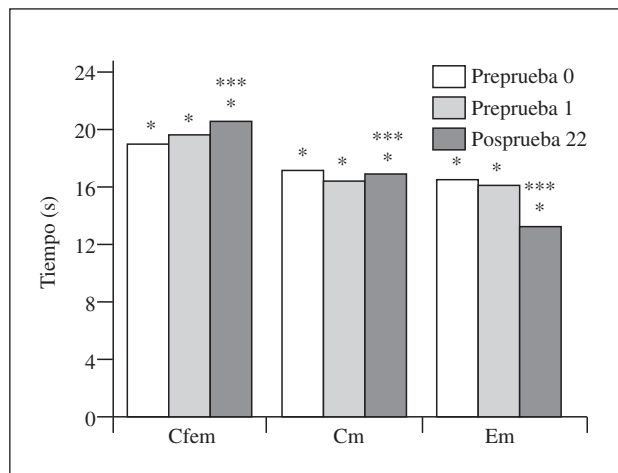


Figura 3. Comparación de los tiempos registrados por los grupos en la prueba de velocidad-agilidad.

Cfem: mujeres del grupo de control; Cm: varones del grupo de control; Em: varones del grupo experimental.

*No significativo. ** $p < 0,05$. *** $p < 0,01$. **** $p < 0,001$.

datos al final del programa no reveló cambios sustanciales en Cm. Una vez aplicado el programa, no hubo variaciones significativas en los grupos para la prueba de equilibrio dinámico, no se presentaron diferencias entre los grupos de varones y se mantuvieron las diferencias observadas en el período de control, entre los varones y las mujeres. Por otro lado, se advierte que tanto el Cfem como el Cm aumentaron el tiempo empleado en la prueba, aunque no de forma significativa. La magnitud de los cambios y las diferencias puede observarse en la figura 2.

Los valores para la prueba de velocidad-agilidad en los diferentes grupos durante el período de control no fueron significativos, lo que garantiza unos valores confiables de partida. Una vez finalizado el programa, hubo variaciones para la prueba de velocidad-agilidad. Se observó un aumento significativo del tiempo empleado para completar la prueba en los grupos Cfem y Cm frente al grupo Em, que disminuyó el tiempo de recorrido. Estos cambios y las comparaciones entre grupos se muestran en la figura 3.

Fuerza explosiva

Tras finalizar el programa, el Em salta más altura que el Cm, con valores estadísticamente significativos ($p < 0,05$), en contraste con ligeras pérdidas registradas en el Cm. Estos datos indican una ganancia en general de la fuerza explosiva producida por los miembros inferiores para las diferentes pruebas a favor del grupo participante del programa con saltos. Las ganancias y pérdidas porcentuales para ambos grupos y por cada prueba pueden observarse en la tabla 3. En la figura 4, se observan los registros en la prueba de SJ, entre el Em y el Cm. El grupo experimental aumentó la fuerza media generada después del pro-

TABLA 3. Cambios porcentuales registrados por cada grupo al final del programa

Pruebas	Grupo control	Grupo programa saltos
SJ	-0,49%	11,95%
CMJ	-0,59%	15,96%
CMJas	-2,48%	12,64%

CMJ: salto máximo con contramovimiento; CMJas: salto máximo con contramovimiento y coordinación de los miembros superiores; SJ: salto máximo vertical.

Valores calculados comparando las pruebas posprueba (punto 22) y las pruebas reprueba (punto 0) en cada grupo.

grama de saltos. En la figura 5, al comparar la prueba CMJ, apareció una diferencia de $p < 0,05$ (IC del 95%, 1,67-4,29), relacionada con un aumento de la altura media del salto para el Em.

En cuanto al índice de elasticidad, no se establecieron diferencias significativas entre los grupos para esta estimación. Sin embargo, el Em presentó una media final ligeramente superior ($16,8 \pm 6,9$) con respecto al grupo Cm ($13,9 \pm 6,3$), que físicamente debe tenerse en cuenta, aunque estadísticamente no sea significativo.

En la prueba de CMJas se encontró una diferencia significativa ($p < 0,05$; IC del 95%, 2,38-5,17), que se relaciona con el aumento de la altura media del salto en el Em. En la figura 6, se observa la magnitud y el sentido de los cambios, tanto en el Cm como en el Em.

Finalmente, al establecer correlaciones estadísticas entre los valores mostrados, en el Em se observa una relación con un nivel de significación estadística ($p < 0,05$) en las pruebas de velocidad-agilidad, el equilibrio dinámico,

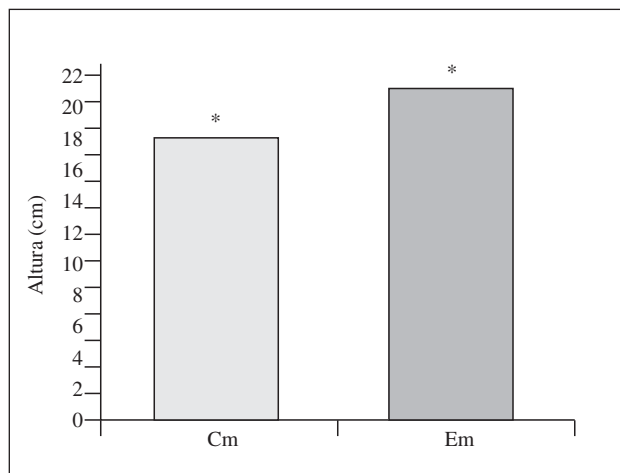


Figura 4. Comparación de las alturas medias alcanzadas en el salto vertical por varones longevos después de 22 semanas de actividad física.

Cm: varones del grupo de control; Em: varones del grupo experimental.

* $p < 0,001$.

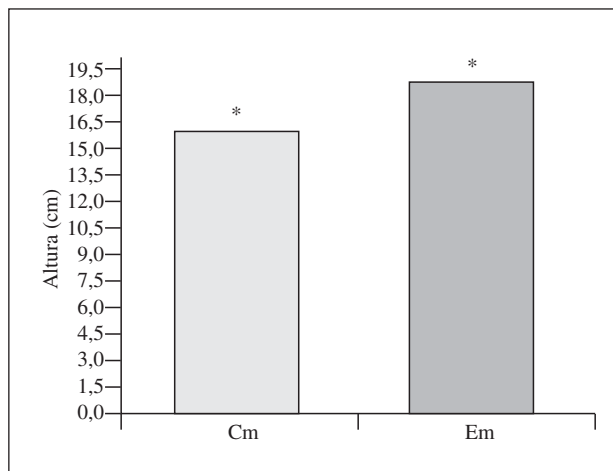


Figura 5. Comparación de las alturas medias alcanzadas en el salto con contramovimiento por varones longevos después de 22 semanas de actividad física.

Cm: varones del grupo de control; Em: varones del grupo experimental.

* $p < 0,001$.

el salto vertical, el salto en contramovimiento y el salto en contramovimiento con oscilación de brazos (tabla 4).

DISCUSIÓN

Algunos autores^{26,27} encuentran alteraciones significativas como consecuencia de un entrenamiento orientado a la fuerza muscular, donde al interrumpir la actividad física, se observa una tendencia a aumentar la masa grasa y a disminuir la masa magra. Sin embargo, otros estudios²⁸⁻³⁰ han sugerido que con el incremento de la edad y el estilo de vida, la magnitud de los cambios en la composición corporal es reducida, debido a que son más complejas las adaptaciones y hay un mayor deterioro del sistema muscular y endocrino. Es importante tener en cuenta que los cambios en las variables observadas en este estudio son muy inferiores a los publicados en muestras en las que se realizan entrenamientos con sobrecargas^{13,27,31}, lo cual puede sugerir que el programa con saltos no es el más adecuado, cuando el objetivo planteado es el aumento de la masa magra o la reducción de la grasa corporal.

Por otro lado, algunos programas que emplean saltos o combinación sobrecargas/saltos^{7,28} describen ligeras variaciones en el contenido graso corporal, aunque no se ha llegado a establecer diferencias significativas como las encontradas en este trabajo. Por tanto, no se puede descartar la posible influencia que puede ejercer este tipo de programas sobre la composición corporal en períodos superiores a 24 semanas.

Como consecuencia del programa aplicado, las alturas en las pruebas de salto han mejorado. Estas acciones se consideraron en varios estudios que encuentran correla-

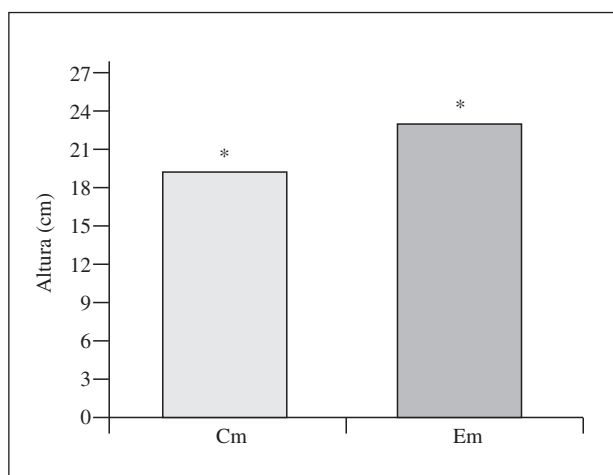


Figura 6. Comparación de las alturas medias alcanzadas en el salto con contramovimiento y utilización de brazos por varones longevos, después de 22 semanas de actividad física.

Cm: varones del grupo de control; Em: varones del grupo experimental.

* $p < 0,001$.

ciones significativas de las alturas con la potencia generada por los miembros inferiores en edades y acciones motrices diferentes^{2,5,32}. Los valores iniciales para las alturas medias del salto vertical y salto en contramovimiento en el Em y el Cm son ligeramente similares a los valores presentados con población española^{5,12,33,34}; sin embargo, son bajos con respecto a otros estudios³⁵.

Tras finalizar el programa de actividad física con saltos, las alturas del SJ, CMJ y CMJas se incrementaron variando sig-

TABLA 4. Correlaciones registradas al final del programa por el grupo experimental de varones

<i>Variable 1</i>	<i>Correlaciones</i>	<i>Variable 2</i>	<i>Nivel de significación</i>
Edad		Velocidad-agilidad	NS
Edad		Equilibrio dinámico	NS
Masa grasa (%)		Velocidad-agilidad	NS
Masa grasa (%)		Equilibrio dinámico	NS
Índice de masa corporal		Velocidad-agilidad	NS
Índice de masa corporal		Equilibrio dinámico	NS
Velocidad-agilidad		Equilibrio dinámico	r = 0,49; p < 0,05
Velocidad-agilidad		Salto vertical	r = -0,57; p < 0,051
Velocidad-agilidad		Salto con contramovimiento	r = -0,62; p < 0,05
Velocidad-agilidad		Salto con contramovimiento con oscilación de brazos	r = -0,56; p < 0,01

nificativamente ($p < 0,05$) en el Em. Estas observaciones concuerdan con estudios que informan de las adaptaciones del sistema neuromuscular de los mayores, derivadas de un trabajo continuo y prolongado en el tiempo, orientado a la capacidad de fuerza explosiva^{14,36,37}. Los datos permiten sugerir que, aunque el envejecimiento trae consigo una pérdida dramática de fuerza explosiva y alteraciones considerables en la masa muscular^{31,37}, es posible disminuir la velocidad con que se presenta este fenómeno e incluso se puede favorecer el potencial de expresión de la capacidad física fuerza, usando las acciones de salto.

Está claro que al comparar los datos con programas que vinculan fuerza, resistencia o mixtos (fuerza-resistencia), donde aplican sobrecargas superiores al 50% de una repetición máxima, pueden observarse incrementos en fuerza explosiva superiores^{13,14,36,38}. No obstante, es importante tener en cuenta el valor práctico del estudio, que demuestra mejorar la manifestación de fuerza explosiva sin hacer uso de un espacio o una infraestructura especial (máquinas-pesos), que no siempre están al alcance de los mayores.

Si bien los resultados revelan una mejor manifestación de la fuerza explosiva en acciones dinámicas, los datos deben interpretarse considerando la coincidencia de múltiples factores, como pueden ser la coordinación, la técnica, las pruebas dinamométricas usadas, etc.

El primer elemento que se debe considerar en los resultados encontrados tiene relación con la estructura del programa empleado, donde no hubo un aumento progresivo de la intensidad de los ejercicios (series, repeticiones, carga) como se realiza en los programas con sobrecargas, lo que se correspondió con adaptaciones del sistema neuromuscular a un programa de saltos con estímulos constantes.

La segunda consideración es que a la sensibilidad reportada por sujetos ancianos relacionada con la duración, el volumen y el tipo de entrenamiento^{5,39-41}, debe sumarse el

grado de transferencia de la fuerza incrementada por la familiarización con la técnica específica, cuando se emplean gestos similares a las pruebas dinamométricas usadas.

Para finalizar, la aportación de los saltos en el control e incremento de la fuerza explosiva se suma a experiencias de similar metodología^{18,19,28}. Sin embargo, existe un problema generado por la variabilidad de las muestras: su tamaño, los objetivos de cada estudio, la duración de los programas, la cantidad de saltos empleados y las diferentes pruebas dinamométricas usadas en la cuantificación y control de estos incrementos, que no permite establecer comparaciones precisas.

En cuanto a la prueba de equilibrio, los valores medios de los tiempos registrados por los grupos de varones fueron superiores a los tiempos de las mujeres antes de iniciar el programa, lo que refleja una condición física más elevada. Otros trabajos que han investigado estos aspectos⁴²⁻⁴⁷ han descrito pérdidas de la capacidad de equilibrio dinámico y estático por sexo, y han llegado a establecer la relación directa del equilibrio con la independencia motriz. Estas observaciones se corresponden con lo encontrado por algunos investigadores²⁴, quienes refieren en mujeres un deterioro de la capacidad física de equilibrio de hasta un 14,3% durante un año.

Una vez aplicado el programa, no existen diferencias significativas entre los grupos Em y Cm. Es posible, por tanto, que la estructura del programa aplicado fuera un estímulo suficiente para mantener la capacidad de equilibrio, pero no el más adecuado cuando el objetivo es mejorarlo.

Con respecto a la prueba de velocidad-agilidad, destaca que el tiempo empleado en recorrer el trayecto se correlaciona significativamente con la altura alcanzada en las pruebas de salto, lo cual refleja una posible transferencia de la potencia generada por los miembros inferiores a la acción de correr. Los diferentes valores y correlaciones por edad y sexo en la prueba de velocidad-agilidad se suman

a las consideraciones realizadas por algunos investigadores⁴⁸, que encuentran una disminución progresiva de la velocidad de marcha a los 60 años de edad, asociada con la estatura y la edad.

En la explicación del deterioro de la velocidad se debe considerar unos valores bajos en el consumo máximo de oxígeno ($VO_{2m\acute{a}x}$)⁴⁹, las pérdidas de la fuerza⁵ y la disminución de la cantidad de neuronas motrices⁵⁰, factores unidos que condicionan la independencia funcional y se hacen más evidentes pasados los 50 años de edad⁵¹. De igual forma, es posible que las diferencias en velocidad encontradas entre varones y mujeres, así como el bajo rendimiento en la prueba de velocidad del grupo de control tras finalizar la experimentación, estén relacionadas con los vínculos establecidos entre la longitud del paso, la cadencia, el sexo y la edad en algunos estudios^{47,52}.

En conclusión, los resultados revelan una influencia significativa del programa de actividad física aplicado al incremento de la fuerza explosiva generada por los miembros inferiores, el mantenimiento del equilibrio dinámico y el aumento de la velocidad, posiblemente por la relación de los diferentes movimientos en el acondicionamiento del sistema neuromuscular, el ajuste postural y la coordinación.

BIBLIOGRAFÍA

1. Bassey EJ, Harries V. Force velocity characteristics of knee extensor muscles in young and elderly females. *J Physiol*. 1987;384:32.
2. Bosco C, Komi P.V. Influence of aging on the mechanical behavior of leg extensor muscles. *Eur J Appl Physiol*. 1980;45:209-15.
3. Häkkinen K, Kraemer WJ, Kallinen WJ, Kallinen M, Linamo V, Pastinen UM, et al. Bilateral and unilateral neuromuscular function and muscle cross-sectional area in middle-aged and elderly men and women. *J Gerontol Biol*. 1996;51A:B21-B9.
4. Häkkinen K, Kramer WJ, Newton RU. Muscle activation and force production during bilateral and unilateral concentric and isometric contractions of the knee extensors in men and women at different ages. *Electromyog Clin Neurophysiol*. 1997;37:131-24.
5. Izquierdo M. Activación neural, área de la sección transversal y producción de fuerza de los músculos extensores de los miembros inferiores. Adaptaciones neuromusculares durante el entrenamiento de fuerza en hombres de 40 y 70 años. Tesis doctoral (1997 I, II); España, Universidad de León.
6. Vandervoort AA, McComas AJ. Contractile changes in opposing muscles of the human ankle joint with aging. *J Appl Physiol*. 1986;61:361-7.
7. Bassey EJ, Fiatarone MA, O'Neill EF, Kelly M, Evans WJ, Lipsitz L. Leg extensor power and functional performance in very old men and women. *Clin Sci*. 1992;82:321-7.
8. Dolan P, Torgerson DJ. The cost of treating osteoporotic fractures in the United Kingdom female population. *Osteoporosis Int*. 1998;8:611-7.
9. Buchner DM. Preserving Mobility in Older Adults. *West J Med*. 1997;167:258-64.
10. Daley MJ, Spinks WL. Exercise, Mobility and Aging. *Sport Med*. 2000;29:1-12.
11. Buchner DM. Understanding variability in studies of strength training in older adults: a meta-analytic perspective. *Top Geriatric Rehabil*. 1993;8:1-21.
12. Izquierdo M, Aguado X. Adaptaciones Neuromusculares Durante el Entrenamiento de Fuerza en Hombres de Diferentes Edades. Ed Física y Deportes. 1998;55:20-6.
13. Izquierdo M, Häkkinen K, Ibañez J, Garrús M, Antón A, Zúñiga A, et al. Effects of strength training on muscle power and serum hormones in middle-age and older men. *J Appl Physiol*. 2001;90:1497-507.
14. Häkkinen K, Kraemer WJ, Newton RU, Alen M. Changes in electromyographic activity, muscle fiber and force production characteristics during heavy resistance/power strength training in middle-aged and older men and women. *Acta Physiol Scand*. 2001;171:51-62.
15. Kemmler W, Engelke K, Lauber D, Weineck J, Hensen J, Kalender W. Exercise effects on fitness and bone mineral density in early postmenopausal women: 1-year EFOPS results. *Med Sci Sport Exerc*. 2002;34:2115-23.
16. Zanon S. Traducción de "Pliometrie Für die Sprünge. Leichtathletik" 1971 y 1974. En: Cometti G, editor. Los Métodos Modernos de Musculación. Barcelona: Edit. Paidotribo; 1989. p. 104-6.
17. Bosco C, Komi P.V. Mechanical characteristics and fiber composition of human leg extensor muscles. *Appl Physiol Scan*. 1981;111:135-40.
18. Bassey EJ, Rothwell MC, Littlewood JJ, Pye DW. Pre- and postmenopausal women have different bone mineral density responses to the same high-impact exercise. *J Bone Miner Res*. 1998;13:1805-14.
19. 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.
20. Esparza F. Manual de Cineantropometría. Monografías Femed. 1.a ed. Pamplona: Grupo Español de Cineantropometría (GREC); 1993.
21. Brozek J, Anderson JT, Keys A. Densitometric analysis of body composition: revision of some quantitative assumptions. *Ann N Y Acad Sci*. 1963;110:113-40.
22. Bistrian BR, Blackburn GL, Hallowell E, Heddl H. Prevalence of malnutrition in general medical patients. *JAMA*. 1976;235:1567-70.
23. Baker J, Ramsbottom R, Hezeldine R. Maximal shuttle running over 40m as a measure of anaerobic performance. *Br J Sport Med*. 1993;27:228-32.
24. Nelson ME, Fiatarone MA, Morganti CM, Trice I, Greenberg R, Evans WJ. Effects of high-intensity strength training on multiple factors for osteoporotic fractures. *JAMA*. 1994;272:1909-14.
25. Bosco, C. La Fuerza Muscular: aspectos metodológicos. Barcelona: INDE; 1998.
26. Gonzales JM, Delgado M, Vaquero M. Anthropometric modifications derived from strength training in people from 50 to 70 years of age. *Arch Med*. 2003;94:121-8.
27. Häkkinen K, Alen M, Kraemer J, Kallinen M, Newton RU, Kramer WJ. Neuromuscular adaptation during prolonged strength, detraining and re strength-training in middle-aged and elderly people. *Eur J Appl Physiol*. 2000;83:51-62.
28. Heideken PV, Littbrand H, Johansson A, Nordstöm P, Gustafson Y. Jumping exercises with and without raloxifene treatment in healthy elderly women. *J Bone Metab*. 2002;20:376-82.
29. Alastrúe A, Sitges S, Jaurrieta M, Sitges C. Valoración antropométrica del estado nutricional: normas y criterios de desnutrición y obesidad. *Med Clin (Barc)*. 1983;80:691-9.
30. Alastrúe A, Rull M, Camp I, Ginesta C, Melus MR, Salva JA. Nuevas normas y consejos en la valoración de los parámetros antropométricos en nuestra población: índice adiposo-muscular, índices ponderales y tablas de percentiles de los datos antropométricos útiles en una valoración nutricional. *Med Clin (Bar)*. 1988;91:223-36.
31. Kramer WJ, Häkkinen K, Newton RU, Nindl BC, Voleck J, McCormick M, et al. Effects of Heavy-resistance training on hormonal response patterns in younger vs older men. *J Appl Physiol*. 1999;87:982-92.
32. Vandewalle H, Pérès G, Monod H. Standard anaerobic during strength and power training. *Sport Med*. 1987;4:286-9.
33. Zaragoza JC, Serrano EO, Generelo EL. La medición de la condición física saludable: aplicación de la batería Eurofit para adultos. Ed Física y Deportes. 2004;68:10.
34. Izquierdo M, Ibañez J, Gorostiaga E, Garrús M, Zuniga A, Anton A, et al. Maximal strength and power characteristics and dynamic actions of the upper and lower extremities in middle-age and older men. *Acta Physiol Scand*. 1999;167:57-68.
35. Lee MS, Kiyogi T, Masaki Naka G, Fumio N, Kanji W, Nobuo T, et al. The relative utility of health-related fitness test and skilled motor performance test as measures of biological age in Japanese men. *Appl Human Sci*. 1996;15:97-104.
36. Häkkinen K, Kallinen M, Izquierdo M, Lassila H, Malkia E, Kraemer WJ, et al. Changes in agonist-antagonist EMG, muscle CSA, and force during strength training in middle age and older people. *J Appl Physiol*. 1998;84:1341-9.

37. Häkkinen K, Alen M, Kraemer WJ, Gorostiaga E, Izquierdo M, Rusko H, et al. Neuromuscular adaptations during concurrent strength training. *Eur J Appl Physiol.* 2003;89:42-52.
38. Izquierdo M, Ibañez J, Häkkinen H, Kraemer W, Larrion J, Gorostiaga E. Once weekly combined resistance and cardiovascular training in healthy older men. *Med Sci Sport Exerc.* 2003;35:435-43.
39. Komi PV. Training of muscle strength and power: interaction of neuromotoric, hypertrophic and mechanical factors. *Int J Sports Med Suppl.* 1986;7:10-5.
40. Häkkinen K, Parakinen A. Serum hormones and strength development during strength training in middle-aged and elderly men and women. *Acta Physiol Scand.* 1994;150:211-9.
41. Newton RU, Kraemer WJ. Developing explosive muscular: implications for a mixed methods training strategy. *Strength Conditioning.* 1994;14:20-31.
42. Cho BL, Scarpace D, Alexander NB. Test of stepping as indicators of mobility, balance, and fall risk in balance-impaired older adults. *J Am Geriatr Soc.* 2004;52:1168-73.
43. Rodríguez F, Valenzuela A, Gusi N, Nachere S, Gallardo I. valoración de la condición física saludable en adultos (I): antecedentes y protocolos de la batería AFILSAC-INEFC. *Revista Apuntes.* 1998, n.º 52-54.
44. Viana BH, Gómez JR, Paniagua MV, Da Silva ME, Núñez V, Lancho JL. Características antropométricas y funcionales de individuos activos, mayores de 60 años, participantes en un programa de actividad física. *Rev Esp Geriatr Gerontol.* 2004;39:297-304.
45. Speers RA, Asthon J.A, Schultz A.B, Alexander NB. Age differences in abilities to perform tandem stand and walk tasks of graded difficulty. *Gait Posture.* 1998;7:207-13.
46. Malmberg JJ, Miilunpalo SI, Vuori IM, Pasanen ME, Oja P, Haapanen-Niemi NA. A health-related fitness and functional performance test battery for middle-aged and older adults: feasibility and health-related content validity. *Arch Phys Med Rehabil.* 2002;83:666-77.
47. Islam MH, Nasu E, Rogers M, Koizumi D, Rogers N, Takeshima N. Effects of combined sensory and muscular training on balance in Japanese older adults. *Prev Med.* 2004;39:1148-55.
48. Hitman JE, Cunningham DA, Rechnitzer PA, Paterson DH. Age related changes in speed of walking. *Med Sci Sports Exerc.* 1988;20:161-6.
49. Pollock ML, Miller HS, Wilmore J. Physiological characteristics of champion American track athletes 40-75 years of age. *J Gerontol.* 1974;29:645-9.
50. Brizee KR. Neuron aging and neuron pathology. En: Jonson HA, editor. *Aging: relations between normal aging and disease.* New York: Urano; 1985. p. 191-224.
51. Grimby G, Saltin B. The aging muscle. *Clin Physiol.* 1983;3:209-18.
52. Blessey RL, Hislop HJ, Waters RL, Antoneli D. Metabolic energy cost of unrestrained walking. *Phys Ther.* 1976;56:1019-24.