

Sáez Sáez de Villarreal, E. (2010). Efecto del entrenamiento pliométrico en tres grupos de mujeres adultas. Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte vol. 10 (39) pp. 393-409. <http://cdeporte.rediris.es/revista/revista39/artefecto168.htm>

ORIGINAL

EFFECTO DEL ENTRENAMIENTO PLIOMÉTRICO EN TRES GRUPOS DE MUJERES ADULTAS

EFFECT OF PLYOMETRIC TRAINING IN THREE AGE GROUPS OF WOMEN

Sáez Sáez de Villarreal, E.

Doctor en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Profesor Ayudante Doctor en la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Universidad Pablo de Olavide, Sevilla. esaesae@upo.es

Clasificación UNESCO: 5899 Educación Física y Deportes

Clasificación del Consejo de Europa: 6. Fisiología del ejercicio.

Recibido 27 de mayo de 2009

Aceptado 27 de mayo de 2010

RESUMEN

El objetivo fue investigar la influencia de 8 semanas de entrenamiento pliométrico (EP) sobre el rendimiento en fuerza del tren inferior, la velocidad y el salto vertical (SV) en tres grupos de mujeres de entre 40 y 70 años. Un programa de EP de bajo impacto con un moderado volumen de saltos produjo similares mejoras en el rendimiento del SV y la fuerza del tren inferior (15-24%) en todos los grupos. No hubo mejoras significativas en velocidad y 8 semanas de desentrenamiento produjeron similares pérdidas en la fuerza y en el SV en todos los grupos. El EP propuesto fue un estímulo óptimo para la mejora del SV y la fuerza del tren inferior en tratamientos de corta duración en mujeres adultas con edades entre 40 y 70 años.

PALABRAS CLAVE: salto vertical, fuerza, tren inferior, pliometría, entrenamiento, velocidad.

ABSTRACT

The main purpose of this study was to investigate the influence of 8-wk periodized plyometric training (PT) on chair-rise, jumping and sprinting performance in a three groups of women of different age (40-50; 50-60; 60-70 years). The primary finding of this investigation indicates that low impact PT

using moderate volume of jumps produced similar enhancements in the three age groups of women in jumping and chair-rise performance (ranging 15-24 %). There were no enhancements in 10m-sprint time in any of the age groups. In addition, 8 weeks of detraining following an 8 week PT program resulted in similar decreases in chair-rise and jumping performance in all training groups, whereas no further changes were observed in 10-m sprint time. In conclusion, the low impact PT proposed appears to be an optimal stimulus for improving vertical jump and chair-rise performance during short-term training periods in untrained middle-aged and elderly women.

KEY WORDS: aging, resistance training, sprinting, vertical jump performance, chair rising.

1. INTRODUCCIÓN

Está bien demostrado que la fuerza del tren inferior y especialmente la producción de fuerza máxima se deteriora con la edad (18, 26). Debido al incremento en la edad general de la población, la sarcopenia (la pérdida degenerativa de masa muscular y de fuerza en la senectud) es un problema de salud general. Así pues, la sarcopenia puede progresar de tal manera hasta limitar gravemente la capacidad del adulto mayor para vivir de manera independiente. Además, la sarcopenia es un importante predictor de la incapacidad en los estudios de población, ligado al poco equilibrio, velocidad de paso, caídas y fracturas. Con la edad, la atrofia muscular es el resultado de un proceso gradual de desinervación de las fibras y pérdida de muchas fibras y/o atrofia de muchas otras (12,31). Las fibras rápidas muestran mayor desinervación y atrofia que las fibras lentas (5), y esta atrofia, particularmente en las fibras rápidas, es casi siempre debido a la combinación de los efectos de la edad y los niveles de actividad física que han descendido a niveles crónicos de baja intensidad (9). Este declive progresivo en la fuerza y potencia muscular, especialmente en el tren inferior, tiene importantes consecuencias funcionales. La reducción de la fuerza y la potencia muscular han sido identificados como uno de los factores clave que puede poner en peligro la capacidad de movilidad e independencia física en los adultos mayores (14). La potencia en las extremidades inferiores ha sido relacionada con la capacidad para subir y bajar escaleras y la velocidad de paso en los adultos mayores (28,40). Se ha demostrado que el incremento de la fuerza del tren inferior reduce las caídas (37) y mejora la estabilidad en el paso (29). Estrategias para reducir, mitigar o atenuar esta pérdida progresiva de la fuerza y potencia muscular son por tanto esenciales.

El entrenamiento de fuerza ha sido consistentemente recomendado para prevenir la pérdida de funcionalidad muscular en adultos mayores (17). Recientes estudios han sugerido que los programas de fuerza muscular deberían ser diseñados preferiblemente para incrementar la potencia muscular debido a la relevancia funcional que conlleva el declive de esta capacidad (10,41). En este sentido, un método bien conocido para la mejora de la

potencia muscular es el entrenamiento pliométrico (EP). El EP se refiere a realizar movimientos que conlleven un ciclo de estiramiento-acortamiento (CEA), los cuales incluyen una intensa contracción excéntrica inmediatamente seguida de una rápida y poderosa contracción concéntrica (32). Para el tren inferior, el EP incluye la realización de varios tipos de ejercicios de saltos como saltos con contramovimiento, saltos horizontales, saltos con obstáculos, saltos desde diferentes alturas, etc (13). El EP se ha utilizado para mejorar la capacidad del salto vertical (SV) (11,32,44), la fuerza muscular (38) y el rendimiento en la velocidad (7, 36). Sin embargo, parece no existir información concerniente a la efectividad del EP para la mejora de la fuerza y potencia del tren inferior en adultos mayores. En este sentido, sería interesante examinar la capacidad de adaptación al EP entre adultos de diferentes grupos de edad.

1.1 OBJETIVOS

El principal objetivo de este estudio fue investigar la influencia de 8 semanas de EP sobre el rendimiento en la fuerza del tren inferior, la capacidad de salto y la velocidad en 10 m, en tres grupos de mujeres adultas (40-50; 50-60; 60-70 años). Se hipotetizó que dicho entrenamiento podría hacer mejorar el rendimiento en las tres variables medidas (fuerza, potencia y velocidad) de forma diferente en cada grupo de edad.

El segundo objetivo fue examinar el impacto de 8 semanas de desentrenamiento después del EP sobre las tres variables de rendimiento medidas.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. SUJETOS

En el estudio tomaron parte un grupo de 55 mujeres con edades comprendidas entre 40 y 70 años y sin experiencia en el EP (Tabla 1). Los sujetos participaban en un programa de gimnasia recreativa para adultos que no incluía saltos desde hace 5 años. Los criterios de exclusión incluían: sujetos con problemas médicos potenciales de cadera, rodilla, tobillo o espalda en los últimos tres años; sujetos con algún tipo de cirugía reconstitutiva en el tren inferior en los últimos 2 años o con problemas músculo-esqueléticos serios sin resolver. Todos los sujetos fueron informados detalladamente sobre los procedimientos experimentales y los posibles riesgos y beneficios asociados con la participación en el estudio y firmaron un informe de consentimiento antes de comenzar los test iniciales. El estudio fue realizado de acuerdo con la Declaración de Helsinki y fue aprobado por el Comité Ético del departamento responsable. El estudio fue realizado entre los meses de octubre y diciembre.

Tabla 1. Características iniciales de los grupos (media \pm DE).

	Edad (años)	Altura (cm)	Peso (kg)	Grasa Corporal (%)
40-50 (n = 11)	40.1 \pm 3.8	165.1 \pm 3.1	66.6 \pm 7.7	24.6 \pm 3.8*
50-60 (n = 20)	53.2 \pm 4.5	163.4 \pm 4.9	71.2 \pm 8.8	26.3 \pm 3.5*
60-70 (n = 24)	64.8 \pm 2.5	162.7 \pm 5.4	72.6 \pm 9.4	27.7 \pm 2.8*

* Diferencias estadísticamente significativas $p < 0.05$

2.2. PROCEDIMIENTOS DE LOS TEST

La estatura fue medida utilizando un estadiómetro (Seca 222, NY, USA). El peso fue medido con una escala médica con una precisión estimada de 0.1 kg. El porcentaje graso fue estimado utilizando el método de pliegues de Jackson y Pollock (24). Los sujetos fueron adecuadamente familiarizados con los procedimientos para los test en varias sesiones anteriores a los test iniciales y utilizando cargas submáximas. También los sujetos completaron varias acciones de tipo explosivo para familiarizarse con la técnica de ejecución requerida durante los test. Adicionalmente, se realizaron calentamientos generales y específicos previos a cada tipo de acción muscular. Todos los test para determinar los valores de fuerza del tren inferior, capacidad de salto vertical y velocidad en 10 m lisos fueron llevados a cabo antes (PRE), después (POST) y tras 8 semanas de descanso (DETRAINING) del entrenamiento pliométrico. Los test fueron completados en 3 días. Durante el primer día, se realizaron los siguientes test: medición de altura, peso, porcentaje graso, salto con contramovimiento en cm (CMJ). Durante el segundo día, el test de sentarse y levantarse de la silla ("Chair-Stand Test") para determinar la fuerza del tren inferior. En el último día se realizó la medición de velocidad en 10 m. Adicionalmente, durante los test se permitió suficiente descanso para limitar los efectos de fatiga sobre los subsiguientes test.

2.2.1. SALTO CON CONTRAMOVIMIENTO (CMJ)

El CMJ fue utilizado para medir la fuerza explosiva de los músculos de las extremidades inferiores. El test CMJ fue realizado utilizando una plataforma de contacto (Globus Tester, Codogno, Italia). La altura del salto fue determinada mediante la fórmula de Bosco y col. (4) utilizando el tiempo de vuelo. Durante el CMJ, los sujetos eran instruidos para dejar sus manos sobre la cintura y caer en una posición correcta durante la ejecución del salto vertical máximo. Se realizaron tres intentos con 10-15 segundos de descanso entre cada intento y se eligió el mejor intento para los subsiguientes análisis estadísticos. El coeficiente de correlación intraclase (ICC) fue de 0.92 (0.88-0.94).

2.2.2. 30-s CHAIR STAND TEST (30CST)

El test 30CST evalúa la fuerza del tren inferior. Consiste en sentarse y levantarse el mayor número de veces posibles en 30 segundos sin hacer uso de las manos. El 30CST test fue realizado utilizando una silla sin reposamanos, con una altura de 40 cm. La silla, con fundas de goma en las patas, se situó frente a una pared para evitar que se moviera durante la realización del test. El test comenzaba con el sujeto sentado en la silla, con la espalda recta y apoyada en el respaldo, los pies en paralelo y apoyados en el suelo y en línea recta con las rodillas para mantener el equilibrio durante el test. Los brazos se cruzaban en el pecho. A la voz de “ya” el sujeto se levantaba y se sentaba cuantas veces pudiera en 30 segundos, siempre manteniendo una posición correcta al levantarse y sentarse. Solo se contaban las ejecuciones correctas. Después de una demostración por parte del evaluador, se realizaban 3 intentos para corregir posibles errores y posteriormente se comenzaba el test. Este tipo de test tiene una alta fiabilidad (coeficiente de correlación intraclase 0.84-0.92) y una alta correlación con test de laboratorio para determinar la fuerza del tren inferior ($r = 0.71-0.78$) (25, 35), además de demostrar mejoras en la capacidad para subir escaleras, mejorar la velocidad de paso y evitar el riesgo de caídas (35).

2.2.3. VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO EN 10 m

La velocidad fue medida en la distancia de 10 m lisos. El test de 10 m fue realizado en una pista cubierta con suelo sintético. Se utilizaron células fotoeléctricas para determinar el tiempo (DSD-Sport SPEED 2.2, León, España). Cada sujeto realizó dos veces la distancia a media velocidad, después de un calentamiento específico, para familiarizarse con la distancia y el test. El calentamiento incluyó (5 min. de carrera continua, estiramientos, sentadillas y dos sprint de 20 y 10 m). Se realizaron tres intentos con 3 min. de descanso entre cada intento y se eligió el mejor resultado para el subsiguiente análisis estadístico. El coeficiente de correlación intraclase fue de 0.86 (0.84-0.87).

2.3. DISEÑO EXPERIMENTAL

Este estudio fue diseñado para responder a la pregunta de cómo 8 semanas de EP de bajo impacto podrían afectar sobre el rendimiento de fuerza, potencia y velocidad en mujeres adultas, así como conocer como afectaba en el rendimiento de esas variables el cese del entrenamiento durante 8 semanas.

Se realizaron diferentes test antes de comenzar el tratamiento pliométrico. Estos test se completaron en tres días (lunes, miércoles y viernes) como parte del programa establecido. Los sujetos participaban en un programa de gimnasia y recreación que incluía trabajo de flexibilidad, coordinación y fuerza general con especial atención en trabajar ejercicios para prevenir lesiones. Antes de comenzar con el tratamiento, todos los sujetos fueron

instruidos adecuadamente sobre la correcta ejecución de los ejercicios durante el periodo de entrenamiento. El protocolo de entrenamiento incluía diferentes tipos de saltos pliométricos de bajo impacto. Ninguno de los sujetos había realizado pliometría anteriormente. Todas las sesiones de entrenamiento fueron supervisadas y comenzaron a las 8.00 p.m. Los sujetos fueron instruidos a evitar cualquier actividad física extenuante y a mantener sus hábitos alimenticios durante toda la duración de la fase experimental.

2.4. ENTRENAMIENTO

Los sujetos participaron en un programa de entrenamiento pliométrico de 8 semanas con 3 sesiones semanales (lunes, miércoles y viernes). Cada sesión de entrenamiento tenía una duración de 45 min. dividida en las siguientes partes: 15 min. de calentamiento (10 min. de carrera continua y desplazamientos diversos, cambios de dirección y 5 min. de estiramientos), 20 min. de trabajo pliométrico y 10 min. de estiramientos. El trabajo pliométrico fue idéntico para todas las edades y consistió en diversos pliométricos de bajo impacto, siendo el número inicial de saltos de 75, incrementándose gradualmente hasta 300 al final del tratamiento (tabla 2). Las series consistían en 20 a 50 saltos cada una, separados por 3 min. de descanso. Los entrenamientos se realizaron en un pabellón interior con superficie sintética y con una temperatura estable de 26 ° C.

Tabla 2. Tratamiento pliométrico.

Semanas	Ejercicios	Volumen	Contactos totales
1-2	Saltos pequeños de tobillos	1x20	75
	Saltos pies juntos en zig-zag	1x20	
	Skipping	1x50m	
	Saltos horizontales pies juntos	1x20m	
3-4	Saltos pequeños de tobillos	2x20	150
	Saltos pies juntos en zig-zag	2x20	
	Skipping	2x50m	
	Saltos verticales en el sitio	1x50	
	Saltos horizontales pies	2x20m	

	juntos		
5-6	Saltos pequeños de tobillos	2x30	
	Saltos abriendo y cerrando piernas y brazos	2x30	225
	Skipping	3x50m	
	Saltos verticales en el sitio	2x50	
	Saltos horizontales pies juntos	3x20	
7	Saltos pequeños de tobillos	3x30	
	Saltos abriendo y cerrando piernas y brazos	3x30	300
	Skipping	3x50m	
	Saltos verticales en el sitio	3x50	
	Saltos horizontales pies juntos	3x20	
	Saltos a la pata coja	3x20	
8	Saltos pequeños de tobillos	2x30	
	Saltos abriendo y cerrando piernas y brazos	2x30	225
	Skipping	3x50m	
	Saltos verticales en el sitio	2x50	
	Saltos horizontales pies juntos	3x20	

2.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se calculó la estadística descriptiva (media \pm DE) para las diferentes variables. Para evaluar los efectos del entrenamiento sobre las variables de fuerza, SV y velocidad en 10 m. se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de 3 x 3 (3 grupos de edad x 3 mediciones) y un análisis de covarianza (ANCOVA). Cualquier tipo de diferencias significativas encontradas por la ANOVA fueron analizadas posteriormente con el análisis *post hoc* de Sheffé.

Todos los datos fueron analizados con el programa informático SPSS (Version 15.0; SPSS Inc., Chicago, IL, USA) para Microsoft Windows. Los niveles de significación (α) fueron de $p \leq 0.05$.

3. RESULTADOS

3.1. VALORES DEL PRETEST

No se encontraron diferencias significativas entre los grupos en los valores antropométricos de peso y altura pero si existieron diferencias significativas ($p < 0.05$) en el porcentaje de grasa. (Tabla 1). En los valores de rendimiento se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los grupos en la velocidad en 10 m, el SV y el test de 30CST (Figuras 1, 2 y 3). El rendimiento en las tres variables del grupo de sujetos mas joven (40-50 años) fue significativamente superior al resto de los dos grupos de edad.

3.2. VELOCIDAD 10m

Después las 8 semanas de entrenamiento pliométrico, no existieron mejoras estadísticamente significativas ($p < 0.05$) en la velocidad en 10 m lisos en ninguno de los grupos experimentales. Tampoco se observaron cambios significativos ($p < 0.05$) entre los grupos después de las 8 semanas de desentrenamiento. (Figura 1).

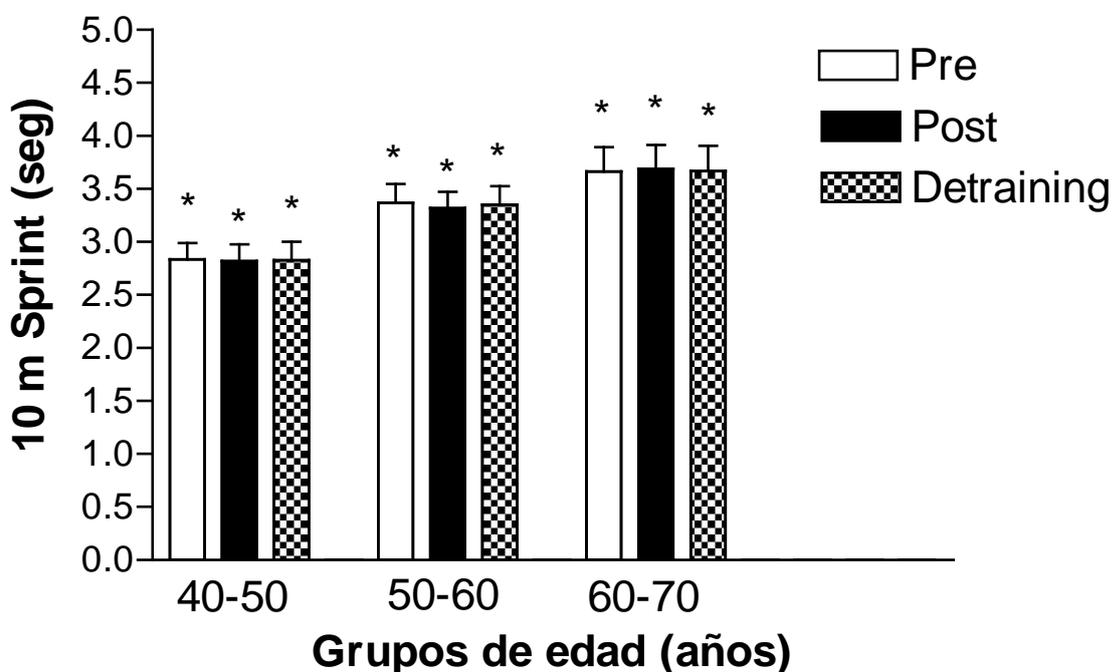


Figura 1. Rendimiento en 10-m sprint (segundos) para los grupos experimentales antes y después del entrenamiento, y tras 8 semanas de desentrenamiento. Los datos son expresados en medias \pm DE. * Diferencias significativas entre los grupos experimentales ($p < 0.05$) en el pre-test, post-test y con el desentrenamiento.

3.3. ALTURA DEL CMJ

Después las 8 semanas de entrenamiento pliométrico, se observaron mejoras estadísticamente significativas ($p < 0.05$) en la altura del CMJ en todos los grupos experimentales (2.90 cm; 15.19%, grupo 40-50 años), (2.96 cm; 20.25%, grupo 50-60 años) y (2.53 cm; 24.81% grupo 60-70 años) (Figura 2).

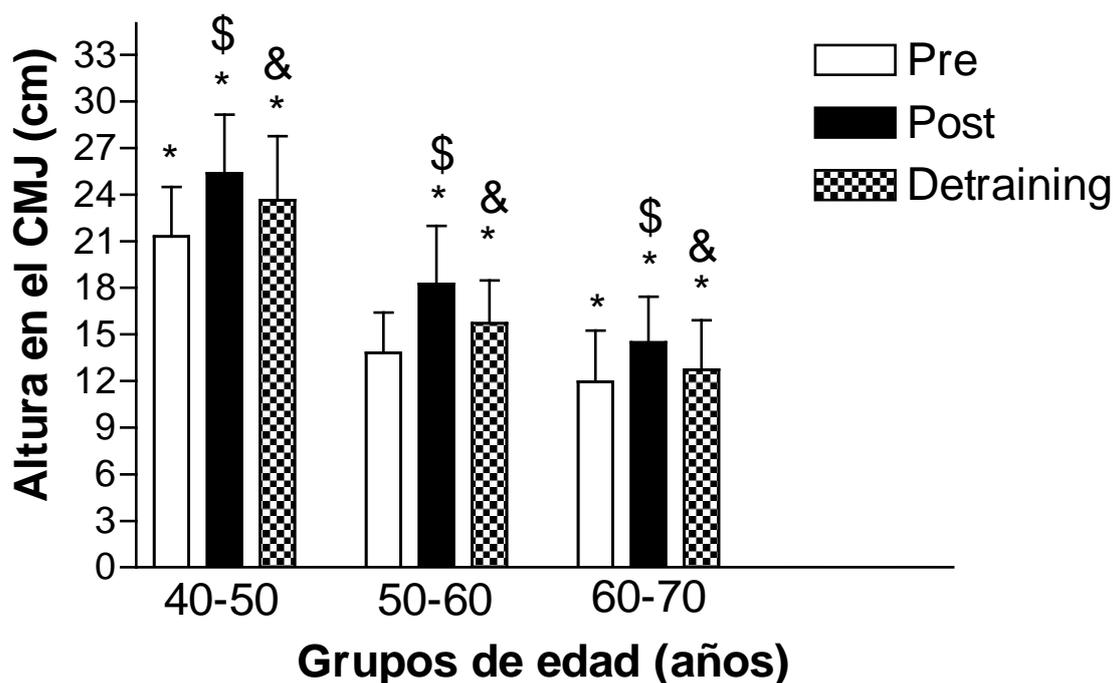


Figura 2. Rendimiento en el salto vertical CMJ (cm) para los grupos experimentales antes y después del entrenamiento, y tras 8 semanas de desentrenamiento. Los datos son expresados en medias \pm DE. * Diferencias significativas entre los grupos experimentales ($p < 0.05$) en el pre-test, post-test y con el desentrenamiento. \$ Diferencias significativas entre el pre-test y el post-test ($p < 0.05$). & Diferencias significativas entre el post-test y los valores del desentrenamiento ($p < 0.05$).

3.4. TEST 30CST

Después las 8 semanas de entrenamiento pliométrico, se observaron mejoras estadísticamente significativas ($p < 0.05$) en el test 30CST en todos los grupos experimentales (7.73 veces; 31.22%, grupo 40-50 años), (7.54 veces; 31.37%, grupo 50-60 años) y (7.12 veces; 39.19% grupo 60-70 años) (Figura 3).

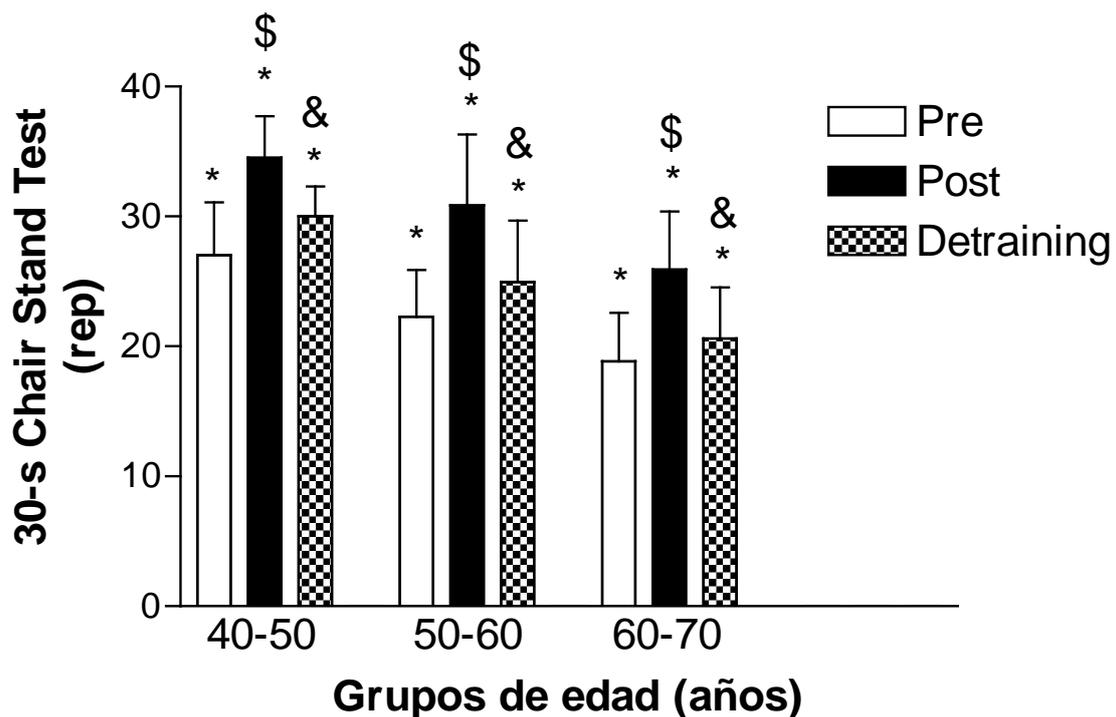


Figura 3. Rendimiento en el test 30CST (repeticiones) para los grupos experimentales antes y después del entrenamiento, y tras 8 semanas de desentrenamiento. Los datos son expresados en medias \pm DE. * Diferencias significativas entre los grupos experimentales ($p < 0.05$) en el pre-test, post-test y con el desentrenamiento. \$ Diferencias significativas entre el pre-test y el post-test ($p < 0.05$). & Diferencias significativas entre el post-test y los valores del desentrenamiento ($p < 0.05$).

3.5. DESENTRENAMIENTO

Después de 8 semanas de desentrenamiento, se observaron pérdidas significativas ($p < 0.05$) en la altura del CMJ en todos los grupos experimentales (1.83 cm; 13.33%, grupo 40-50 años), (1.96 cm; 15.81% grupo 50-60 años) y (1.75 cm; 12.08% grupo 60-70 años) (Figura 2) en comparación con los datos del postest. También se observaron pérdidas significativas ($p < 0.05$) en el test 30CST en todos los grupos experimentales (5.8 veces; 19.36%, grupo 40-50 años), (6.5 veces; 24.13% grupo 50-60 años) y (6.02 veces; 21.92% grupo 60-70 años) (Figura 3) en comparación con los datos del postest. Sin embargo, en la variable de velocidad en 10 m no se produjeron cambios significativos (Figura 1).

4. DISCUSIÓN

El enfoque novedoso de este estudio fue examinar el efecto de un EP de bajo impacto en las variables de fuerza del tren inferior, velocidad en 10 m y SV en tres grupos de mujeres adultas de diferentes edades. Los resultados indicaron que un EP de bajo impacto (ej. Skipping, saltos en el sitio, saltos pies juntos, etc) utilizando un volumen moderado de saltos (desde 75 a 300) produjo

similares mejoras en el rendimiento de fuerza en el tren inferior y en la capacidad de SV en todos los grupos de edad. Adicionalmente, no se produjeron mejoras en la velocidad de desplazamiento en 10 m en ninguno de los grupos experimentales. Conceptualmente, estos datos podrían indicar que seguir un tratamiento de ejercicios pliométricos de bajo impacto en mujeres adultas mayores no entrenadas durante un periodo corto de tiempo (8 semanas) parece ser un estímulo óptimo para la mejora del SV y la fuerza del tren inferior. Adicionalmente, 8 semanas de desentrenamiento después de 8 semanas de EP resultaron perjudiciales en todos los grupos de manera similar, ya que el rendimiento bajó significativamente en las variables de fuerza y SV, aunque no se produjeron cambios en la velocidad. Estos datos indican que un cese prolongado en el entrenamiento puede inducir los mismos efectos sobre los tres grupos de edad, y que los mayores efectos se producen sobre las variables de fuerza y potencia.

Las mejoras en la variable de fuerza del tren inferior (31-39%) se vieron acompañadas por un significativo incremento en la capacidad de SV (15-24%). El principal objetivo de este estudio fue examinar el desarrollo de la potencia en las mujeres de diferentes grupos de edad. El rendimiento en el test de fuerza (30CST) y en el SV (Test CMJ) fue significativamente superior en el grupo de mayor edad (60-70 años) después del periodo de entrenamiento. Los tres grupos de edad se adaptaron y mejoraron significativamente su rendimiento en potencia y fuerza muscular.

El porcentaje de cambio fue significativamente diferente entre el grupo de mujeres más jóvenes (40-50 años) y más adultas (60-70 años) solamente en la variable de potencia (SV) y no en el rendimiento en fuerza o velocidad. Es bien conocido que la fuerza muscular y la potencia disminuyen con la edad (19,22). Los presentes datos lo corroboran, ya que el grupo de mujeres de mayor edad produjeron un 26% de fuerza y un 43% de potencia menos que el grupo de mujeres más jóvenes antes de comenzar el EP (Figura 2 y 3). Estas diferencias entre las más jóvenes y las más adultas no se alteraron por efecto del entrenamiento, ya que los niveles de fuerza después del entrenamiento se mantuvieron en un 29% y los de potencia en un 41%. Por otro lado, se produjeron incrementos significativos en la fuerza en los tres grupos de edad después de 8 semanas de EP y esto concuerda con estudios previos que trabajaron con mujeres de diferentes edades que realizaban entrenamientos de fuerza (16,18,22). Sin embargo, no existen otros estudios que determinen la influencia de un EP sobre la mejora de fuerza en el tren inferior y la capacidad de SV y velocidad en mujeres de esta edad. Por esta razón, los resultados de este estudio se han discutidos en relación a investigaciones que han utilizado tratamientos de fuerza o potencia pero con poblaciones más jóvenes.

Con el avance de la edad existe una disminución en el rendimiento en muchas variables (39). En el presente estudio, el grupo de mujeres más adultas muestran niveles más bajos de rendimiento que las más jóvenes en el pretest, y se sabe que, cuando se comienza un ejercicio regular, las personas con peor estado de forma física logran mayores mejoras en comparación con aquellas

con mejor fitness (3). Esta puede ser una de las explicaciones de los mayores cambios producidos en el grupo de mayor edad en todas las variables de rendimiento medidas. Sin embargo, no existieron diferencias significativas entre la edad y el porcentaje de cambio en las variables entre el pre-test y post-test. Así mismo, se puede concluir que dentro de los parámetros de intensidad, frecuencia y duración utilizados, el grupo de mujeres de mayor edad se adaptó de manera similar al de las más jóvenes.

La literatura científica ha sugerido que el EP puede hacer mejorar la capacidad de velocidad, ya que la utilización del CEA durante el salto CMJ muestra una relación significativa con el sprint en 30 y 40 m (23). Los resultados del presente estudio están de acuerdo con otros estudios que concluyen que el entrenamiento con SV y los saltos horizontales no producen cambios significativos en la velocidad en 20 y 30 m. en sujetos previamente entrenados en fuerza (45). Como contraste, otros estudios muestran mejoras (9%) en la velocidad (25 m) después de seguir un tratamiento pliométrico de 12 semanas con saltos pliométricos de bajo impacto (33). La falta de mejoras en la velocidad en nuestro estudio podría ser explicada por la falta de especificidad en el entrenamiento, ya que no se realizaron saltos pliométricos específicos para la mejora de velocidad. También la velocidad demanda ciertos niveles de rendimiento técnico y por tanto se necesitan mayores niveles de técnica de carrera. Se puede asumir que la mayoría de los sujetos de este estudio no tenían una técnica de carrera depurada ni la mejoraron a lo largo del programa de entrenamiento.

El EP diseñado para la mejora del rendimiento del SV fue efectivo en los tres grupos de edad. Estos resultados concuerdan con otros autores que mostraron como sujetos adultos mejoraron su rendimiento en salto después de seguir un tratamiento de fuerza explosiva y con cargas altas (18). Estos resultados son importantes ya que la fuerza y la potencia muscular se han relacionado con el rendimiento funcional de las actividades diarias como andar, subir escaleras, levantarse de las sillas, etc (2). Por tanto, el EP utilizado en el presente estudio podría ser efectivo para la mejora y/o el mantenimiento de las capacidades funcionales en adultos mayores. Además, Further y col. (9) han sugerido que la potencia y la fuerza muscular pueden estar muy relacionadas con el riesgo de sufrir caídas. Se podría hipotetizar que utilizar un tipo de EP parecido al del presente estudio sería efectivo en la prevención de caídas en las personas mayores; sin embargo, esto requiere investigación clínica en el futuro. Claramente, los programas de entrenamiento pliométrico deberían ser diseñados para incrementar no solo la potencia muscular sino también la fuerza, ya que este factor tiene el mayor impacto sobre el rendimiento de las actividades de vida diarias, así como evitando caídas.

Un interesante resultado en el presente estudio es que todos los grupos mejoraron en el test de fuerza del tren inferior (30CST) después del EP. Estos resultados concuerdan con previos estudios (6), donde concluyen que los tratamientos pliométricos hacen mejorar la capacidad individual en desarrollar rápidamente la fuerza y permiten grandes mejoras en el desarrollo de la fuerza

explosiva y fuerza máxima. Los saltos incluyen una rápida producción de fuerza en la fase concéntrica. Varios estudios han mostrado mejoras en la fuerza máxima y explosiva (18,20), en la potencia (18, 19) y en la fuerza isométrica del tren inferior (26) en adultos mayores. Lo que si está claro es que el programa de EP utilizado en este estudio hizo mejorar el rendimiento en fuerza del tren inferior en todos los grupos de edad. Por tanto, se puede especular que el estímulo de fuerza muscular experimentado por mujeres físicamente inactivas durante el EP puede ser efectivo para mejorar su capacidad para levantarse y sentarse con más habilidad en las sillas. La mayor parte de las mejoras en sujetos desentrenados durante las semanas iniciales en un entrenamiento de fuerza-potencia es probablemente debido a las adaptaciones del sistema neural, así como a un incremento en la frecuencia de disparo, una mayor sincronización y excitabilidad de las unidades motoras. También, la reducción de la actividad de los músculos antagonistas y la mejora en la co-activación de los músculos sinergistas pueden explicar parte de estos cambios (15). En un estudio de Aagaard y col. (1) la mayor parte las mejoras en el rendimiento de fuerza después de un entrenamiento de fuerza de 14 semanas fue explicada por el incremento en las conexiones neurales eferentes.

En los tres grupos de edad, el rendimiento en la fuerza y en el SV disminuyó significativamente (entre -19% y -24%) después de 8 semanas de desentrenamiento. Sin embargo, el rendimiento en la velocidad de desplazamiento no se modificó en ninguno de los tres grupos. Previos estudios también han mostrado pérdidas en fuerza y en el efecto del entrenamiento después de pocas semanas de reposo (19,21). Los resultados obtenidos en el presente estudio, con pérdidas significativas en la capacidad de SV y en la fuerza del tren inferior después de 8 semanas no son consistentes con estudios previos que utilizaron poblaciones adultas (8,19,30). Es difícil explicar esta discrepancia entre los resultados de los estudios, pero posibles explicaciones podrían ser el mejor nivel inicial de entrenamiento de los sujetos; el menor volumen e intensidad de trabajo utilizado en el presente estudio y la menor duración del tratamiento que el utilizado por los otros estudios (34,42); o que los sujetos de este estudio fueran menos activos físicamente (42). También podría ser que con el uso del EP la fuerza no es mantenida de la misma manera que si se ha realizado un entrenamiento específico de fuerza. El hecho de que el desentrenamiento induce descensos en la capacidad funcional del sistema neuromuscular puede estar relacionado con la frecuencia del entrenamiento realizado anteriormente, el tipo y la duración del entrenamiento y con las actividades diarias durante el periodo de desentrenamiento (19,42). Por tanto, el nivel inicial de actividad física y la capacidad funcional puede influenciar mucho sobre el declive de la fuerza después del desentrenamiento en los sujetos de este estudio.

Los programas de ejercicios propuestos deberían ser suficientemente seguros para evitar riesgos o lesiones músculo-esqueléticas. Esto es especialmente importante en programas diseñados para adultos y adultos mayores. En el presente estudio el ratio de lesiones fue del 5% (40-50 años), 8% (50-60 años) y 11% (60-70 años) en los respectivos grupos de edad. Este

ratio es relativamente bajo, considerando el tipo de entrenamiento realizado (EP de bajo impacto). Se han documentado mayores índices de lesiones en deportes de resistencia (27). Cualquier interrupción en el entrenamiento debido a síntomas músculo-esqueléticos y lesiones fue de corta duración, sugiriendo que los tipos de lesiones que se produjeron no fueron de gravedad. El programa de entrenamiento fue supervisado constantemente teniendo en cuenta que los sujetos participantes en el estudio (señoras sedentarias de entre 40 y 70 años) son un grupo de riesgo para lesiones (43). La piedra angular del entrenamiento fue realizar un calentamiento general y específico muy bien controlado, realizar estiramientos antes y después del entrenamiento, utilizar una progresión en intensidad controlada, variar el contenido de las sesiones y finalmente incluir elementos no competitivos durante las clases. La relativamente baja incidencia en lesiones y en síntomas músculo-esqueléticos durante el entrenamiento determina la fiabilidad del programa.

5. CONCLUSIONES

Podemos concluir que señoras desde 40 hasta 70 años tienen una capacidad similar para mejorar su rendimiento en actividades de fuerza y SV si se realiza un programa de EP apropiado en volumen, intensidad y duración. El programa de entrenamiento utilizado combinando ejercicios pliométricos (desplazamientos verticales y horizontales) fue diseñado para incrementar el rendimiento en fuerza, potencia y velocidad. Los resultados muestran como hubo mejoras en fuerza y SV en todos los grupos de edad, sin embargo, la velocidad de desplazamiento en 10 m no se modificó. Por tanto, es muy importante que programas de EP para adultos y adultos mayores incluyan ejercicios explosivos y potentes para posibilitar una transferencia en las mejoras de fuerza. Futuros estudios experimentales podrían estar dirigidos a determinar la eficiencia de entrenar específicamente fuerza, específicamente trabajo pliométrico o la combinación de ambos ejercicios en poblaciones de adultos mayores. Estudios que contrasten el efecto de varios métodos sobre la fuerza (combinados o por separado), su influencia en las posibles lesiones durante su realización y los beneficios del entrenamiento de fuerza sobre las caídas.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aagaard P, Erik B, Jesper S, Andersen L, Magnusson P, Dyhre-Poulsen P. Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *J Appl Physiol* 2002;93:1318-26.
2. Bassey EJ, Fiatarone MA, O'Neill EF, Evans WJ, Lipstz LA. Leg extensor power and functional performance in very old men and women. *Clin Sci* 1992;82:321-27.
3. Blair SN, Connelly JC. How much physical activity should we do? The case for moderate amounts and intensities of physical activity. *Res Quart Exerc Sport* 1996;67:193-05.
4. Bosco C, Luhtanen P, Komi PV. A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *Eur J Appl Physiol* 1983;50:273-82.

5. Brunner F, Schmid A, Shikhzadeh A, Nordin M, Yoon J, Frankel V. Effects of aging on type II muscle fibers: a systematic review of the literature. *J Aging Phys Activ* 2007;15:336-48.
6. Clutch D, Wilton M, Mcgown C, Bryce GR. The effect of depth jumps and weight training on leg strength and vertical jump. *Res Quart* 1983;54:5-10.
7. Delecluse C, Van Coppenolle H, Willems E, Van Leemputte M, Diels R, Goris M. Influence of high-resistance and high-velocity training on sprint performance. *Med Sci Sports Exerc* 1995;27:1203-09.
8. Elliot KJ, Sale C, Cable NT. Effects of resistance training and detraining on muscle strength and blood lipid profiles in postmenopausal women. *Br J Sports Med* 2002;36:340-44.
9. Evans WJ, Campbell WW. Sarcopenia and age-related changes in body composition and functional capacity. *J Nutr* 1993;123:465-68.
10. Evans WJ. Exercise strategies should be designed to increase muscle power. *J Ger Series A: Biol Sci Med Sci* 2000;55:M309-10.
11. Fatouros I, Jamurtas GAZ, Leontsini D, Taxildaris K, Aggelousis N, Kostopoulos N. Evaluation of plyometric exercise training, weight training, and their combination on vertical jumping performance and leg strength. *J Strength Cond Res* 2000;14:470-76.
12. Faulkner JA, Brooks SV. Muscle fatigue in old animals: unique aspects of fatigue in elderly humans. *Adv Exp Med Biol* 1995;384:471-80.
13. Fleck SJ, Kraemer WJ. Designing resistance training program. Champaign, IL Human Kinetics, 2004.
14. Foldvari M, Clark M, Laviolette LC, Bernstein MA, Kaliton DC, Castaneda CT. Association of muscle power with functional status in community-dwelling elderly women. *J Ger Series A Biol Sci Med Sci* 2000;50:M192-99.
15. Hakkinen K. Neuromuscular fatigue in males and females during strenuous heavy resistance loading. *Electromyogr Neurophys* 1994;34:205-14.
16. Hakkinen K, Alen M, Komi PV. Changes in isometric force- and relaxation-time, electromyographic and muscle fibre characteristics of human skeletal muscle during strength training and detraining. *Acta Physiol Scand* 1985;3:573-85.
17. Hakkinen K, Hakkinen A. Muscle cross-sectional area, force production and relaxation characteristics in women at different ages. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1991;62:410-14.
18. Hakkinen K, Pakarinen A, Newton RU, Kraemer WJ. Acute hormone responses to heavy resistance lower and upper extremity exercise in young versus old men. *Eur J Appl Physiol* 1998;77:312-19.
19. Hakkinen K, Alen M, Kallinen M, Newton RU, Kraemer WJ. Neuromuscular adaptation during prolonged strength training, detraining and re-strength training in middle-aged and elderly people. *Eur J Appl Physiol* 2000;83:51-62.
20. Hakkinen K, Hakkinen A. Neuromuscular adaptations during intensive strength training in middle-aged and elderly males and females. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 1995;35:137-47.
21. Hakkinen K, Komi PV. Electromyographic changes during strength training and detraining. *Med Sci Sports Exerc* 1983;15:455-60.

22. Hakkinen K, Kraemer WJ, Newton RU, Alen M. Changes in electromyographic activity, muscle fibre 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.
23. Hennessy L, Kilty M. Relationship of the stretch-shortening cycle to sprint performance in trained female athletes. *J Strength Cond Res* 2001;15:326-31.
24. Jackson AG, Pollock ML. Prediction accuracy of body density, lean body weight and total body volume equations. *Med Sci Sports Exerc* 1977;9:197-01.
25. Jones CJ, Rikli RE, Beam WC. A 30-s chair stand test as a measure of lower body strength in community-residing older adults. *Res Q Exerc Sport* 1999;70:113-19.
26. Jozsi AC, Campbell WW, Joseph L, Davey SL, Evans WJ. Changes in power with resistance training in older and younger men and women. *J Ger Series A Biol Sci Med Sci* 1999;54:M591-96.
27. Koplán JP, Powell KE, Sikes RK, Shirley RW, Campbell CC. An epidemiologic study of the benefits and risk of running. *J Am Med Assoc* 1982;248:3118-121.
28. Kozakai R, Tsuzuku S, Yabe K, Ando F, Niino N, Shimokata H. Age-related changes in gait velocity and leg extension power in middle-aged and elderly people. *J Epidemiol* 2004;10:S77-81.
29. Krebs D, Jette A, Assmann S. Moderate exercise improves gait stability in disabled elders. *Arch Phys Med Rehabil* 1998;79:1489-95.
30. Lexell J, Downham DY, Larsson Y, Bhrun E, Morsin B. Heavy-resistance training in older Scandinavian men and women: short and long-term effects on arm and leg muscles. *Scand J Med Sci Sport* 1995;5:329-41.
31. Lexell J, Taylor CC, Sjostrom M. What is the cause of the ageing atrophy? Total number, size and proportion of different fiber types studied in whole vastus lateralis muscle from 15- to 83-year-old men. *J Neurol Sci* 1988;84:275-94.
32. Markovic G. Does plyometric training improve vertical jump height? A meta-analytical review. *Br J Sports Med* 2007;41:349-55.
33. Moore EWG, Hickey M.S, Reiser RF. Comparison of two twelve week off-season combined training programs on entry level collegiate soccer players' performance. *J Strength Cond Res* 2005;19:791-98.
34. Porter MM, Nelson ME, Fiatarone MA, Layne JE, Morganti CM, Trice I. Effects of long-term resistance training and detraining on strength and physical activity in older women. *J Aging Phys Activ* 2002;10:260-70.
35. Rikli RE, Jones CJ. Development and validation of a functional fitness test for community-residing older adults. *J Aging Phys Activ* 1999;7:129-61.
36. Rimmer E, Sleivert G. Effects of a plyometrics intervention program on sprint performance. *J Strength Cond Res* 2000;14:295-01.
37. Rubenstein LZ, Josephson KR, Trueblood PR, Loy S, Harker JO, Pietruszka FM. Effects of a group exercise program on strength, mobility, and falls among fall-prone elderly men. *J Gerontology Series A Biol Sci Med Sci* 2000;55A:M317-21.

38. Sáez-Sáez de Villarreal E, González-Badillo JJ, Izquierdo M. Low and moderate plyometric training frequency produces greater jumping and sprinting gains compared with high frequency. *J Strength Cond Res* 2008;22(3):715-25.
39. Samson MM, Meeuwssen IB, Crowe A, Dessens JA, Duursma SA, Vehaar HJ. Relationships between physical performance measures, age, height and body weight in healthy adults. *Age Aging* 2000;29:235-42.
40. Skelton DA, Greig CA, Davies JM, Young A. Strength, power and related functional ability of healthy people aged 65–89 years. *Age Aging* 1994;23:371-77.
41. Skelton DA, Kennedy J, Rutherford OM. Explosive power and asymmetry in leg muscle function in frequent fallers and non-fallers aged over 65. *Age Aging* 2002;31:119-25.
42. Smith K, Winegard K, Hicks AL, McCartney N. Two years of resistance training in older men and women: the effects of three years of detraining on the retention of dynamic strength. *Can J Appl Physiol* 2003;28:462-74.
43. Van Mechelen W. Running injuries. A review of the epidemiological literature. *Sports Med* 1992;14:320-35.
44. Wilson GJ, Newton RU, Murphy AJ, Humphries BJ. The optimal training load for the development of dynamic athletic performance. *Med Sci Sports Exerc* 1993;25:1279-1286.
45. Wilson GF, Murphy AJ, Giorgi A. Weight and plyometric training: effects on eccentric and concentric force production. *Can J Appl Physiol* 1996;21:301-15.

[Rev.int.med.cienc.act.fis.deporte](#) - vol. 10- número 39- septiembre 2010 - ISSN: 1577-0354

**ESPACIO RESERVADO PARA SU
PATROCINIO PERMANENTE DE ESTE
ARTÍCULO**

**PERMANENT SPACE FOR YOUR
SPONSORSHIP**

Information rsanzdelara@hotmail.com