

MODIFICACIONES DE LA CAPACIDAD DE SALTO EN LAS PRUEBAS DEL TEST DE BOSCO TRAS LA APLICACIÓN DE UN ENTRENAMIENTO DE FUERZA BASADO EN EL MÉTODO DE CONTRASTE ENTRE SUJETOS DE 50 A 70 AÑOS CON DIFERENTES NIVELES DE ACTIVIDAD FÍSICA

González, JM.(*); Delgado M.(**); Vaquero, M. (***); Contreras, O. (*)

(*)Departamento de Actividad Física y Ciencias del Deporte. Facultad de Ciencias del Deporte. Universidad de Castilla - La Mancha.

(**)Departamento de Educación Física y Deportiva. Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Universidad de Granada.

(***) Departamento de Enfermería. Universidad de Córdoba.

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue el análisis de las modificaciones producidas en la capacidad de salto de los miembros inferiores, tras un programa de entrenamiento de fuerza realizado a través del uso de la combinación de cargas pesadas y ligeras durante 16 semanas medidas a través del test de Bosco: SJ, CMJ y DJ. 23 sujetos, 13 hombres y 10 mujeres divididos en dos grupos: deportistas(GD) y físicamente activos(GND) se sometieron al programa de entrenamiento. El instrumental utilizado para la medición fue la plataforma de presión (licencia Fac. Ciencias Activ. Física y Deporte Univ. Granada) Se realizó un diseño experimental con un diseño de medida pretratamiento, aplicación de un tratamiento y medida post-tratamiento a dos grupos diferentes. Los resultados muestran que la fuerza explosiva, la elástico-explosiva, la explosivo-elástico-reactiva y la resistencia de fuerza rápida medidas indirectamente a través de la altura de salto son mayores en sujetos deportistas respecto a sujetos físicamente activos antes del entrenamiento de fuerza. La aplicación de un entrenamiento de fuerza basado en el método de contraste en la sesión durante 16 semanas ha mejorado significativamente en las extremidades inferiores las diferentes manifestaciones de fuerza previamente referidas en el GND y en el GD.

Palabras clave: entrenamiento, contraste, mayores, fuerza.

ABSTRACT

The aim of this study is to examine the differences of force production in 50 -70 year old athletes and active subjects, both before and after the strength training and, on the other hand the effects of such a 16 week strength training on height jump in bosco protocol (SJ, CMJ, DJ). The strength training is based on the alternative use of light and heavy loads.

A population sample of 23 subjects was studied which was divided into two groups (athletes n=11- and active subjects n=12-) and two test were performed, before and after strength training (independent variable). The dependent variables were maximum jumping height in Bosco protocol (SJ, CMJ, DJ) measured with pressure platform (licensed faculty of Physical activity and sport sciences, Granada University). The results suggested that the maximum jumping height in SJ, CMJ, DJ is higher in athletes than in active subjects of the same ages. A strength training based on heavy and light load contrast caused both groups to significantly improve their maximum jumping height. To sum up, we suggest that an improve on force production can

be achieved by a 16-week strength training programme based on a one-session heavy and light loads contrast method.

Key Words: training, contrast, aging, strength

INTRODUCCIÓN

Según la OMS (1998), en todo el mundo, la proporción de personas que tienen 60 años, y más, está creciendo con más rapidez que ningún otro grupo de edad. Entre 1970 y 2025, se prevé que la población con más edad aumente en unos 870 millones, o el 380 %. En 2025, habrá un total de cerca de 1,2 billones de personas con más de 60 años. Así, este envejecimiento progresivo de la población ocurrido en las últimas décadas constituye una de las principales cuestiones que la sociedad deberá afrontar en los próximos años (Espejo, 1998). España, en el año 2010, contará con más de 8.350.000 mayores de 60 años, lo que supone un incremento en términos absolutos del 27% respecto a 1986. Esta cifra representa más del 20% de la población total española, que según las previsiones del I.N.E. se acercará a 41.200.000 habitantes en la fecha.

La cantidad de fuerza y de masa muscular disminuye con el incremento de edad, fenómeno conocido como sarcopenia, que asociada con el proceso normal de envejecimiento y con los efectos de un estilo de vida sedentario en los adultos, produce una reducción significativa en la capacidad de reserva del sistema neuromuscular (Vandervoort, y Simons, 2001), provocando en personas mayores (60 ó más años), una disminución de su calidad de vida y autonomía funcional (Sipila, 1996). Este fenómeno ha sido estudiado y descrito por diferentes autores (Hakkinen et al, 1998a, Pollock et al, 1997, G. Ravé, 2001, Rantanen, Era y Heikkinen, 1997). Por ejemplo, hace falta una potencia del extensor unilateral del miembro inferior de al menos 3 W. Kg.⁻¹ de peso corporal para subir escaleras sin ayuda, por lo que personas con una potencia unilateral de menos de 2 W. Kg.⁻¹ no pueden subir escaleras salvo que lo hagan muy lentamente y con ayuda (Young y Skelton, 1994). Las manifestaciones de fuerza explosiva en mayores mejoran sus actividades diarias (Young y Skelton, 1994; Berg, y Lapp, 1998; Westhoff, Stemmerik y Boshuizen, 2000; Salem et al, 2000; Warburton, Glendhill y Quinney, 2001), ya que hace falta un desarrollo de fuerza explosiva para ciertas actividades en las que, por debajo de un umbral, no es posible la independencia funcional. El aumento de fuerza y masa muscular obtenido gracias al entrenamiento por estos sujetos supone una ganancia de independencia funcional, y con ello una mejora en la calidad de vida, lo que conlleva menor dependencia de otras personas, reducción del riesgo de contraer patologías músculo-esqueléticas y osteo-articulares. Los programas de entrenamiento para desarrollar la hipertrofia muscular en sujetos mayores no siguen en la literatura un enfoque homogéneo (Frontera et al., 1998; Hurley et

al,1995; Hakkinen et al.,1998a; Hakkinen et al., 1998b; Sipila, 1996; Sipila y Suominen, 1995). El método de contraste en la sesión utilizado en esta investigación es similar a los utilizados en investigaciones anteriores por Izquierdo, (1997), Hakkinen y Hakkinen, (1998), Hakkinen et al (1998b) y Tracy et al (1999), y muy parecido al método búlgaro, en el que alternamos cargas pesadas con cargas ligeras; se realiza, lo que se denomina contrastes de cargas pesadas con ligeras. El programa de entrenamiento que se ha diseñado tiene la finalidad de mejorar varios grupos musculares, incluidos los músculos de interés para nuestro estudio: flexo-extensores de rodilla y flexo-extensores de codo. El objetivo de este estudio se centra en el análisis de las modificaciones producidas en la capacidad de salto de los miembros inferiores, tras un programa de entrenamiento de fuerza realizado a través del uso de la combinación de cargas pesadas y ligeras durante 16 semanas.

MATERIAL Y MÉTODOS

23 sujetos, 13 hombres y 10 mujeres, saludables, físicamente activos, se presentaron voluntarios para la realización de este estudio firmando una fórmula de consentimiento. De un total de 31 interesados que acudieron a la reunión preliminar en la que se informó del estudio, duración, ejercicios, pruebas que se les iba a realizar, instalaciones, y causas de exclusión (edad entre 50 y 70 años, no sufrir de hipertensión e hipotensión, no tener antecedentes de problemas cardiacos, ni problemas de movilidad articular, ni osteoporosis, ni artrosis) del programa de entrenamiento, sólo 23 acabaron el estudio (medidas pretest-entrenamiento-medidas postest), siendo las causas de abandono las siguientes: 1 por causas laborales, 2 por enfermedad, 5 por causas familiares. Para el estudio se utilizaron dos grupos, un grupo deportista (GD) compuesto por atletas federados de la especialidad de fondo y gran fondo, todos ellos amateur, con una experiencia deportiva de 2 a 17 años. El otro grupo de sujetos físicamente activos (GND), son voluntarios captados de los cursos de gimnasia de mantenimiento del programa de mayores del Ayuntamiento de Córdoba. A todos los sujetos que participaron en el estudio se les realizó previamente un reconocimiento con el fin de detectar cualquier patología que fuera contraindicada para el esfuerzo al que se le iba a someter. Las características de los dos sujetos se muestran en la tabla 1.

El diseño del trabajo se enmarca dentro del paradigma de la investigación cuantitativa, con un diseño de medida pretratamiento, aplicación de un tratamiento y medida post-tratamiento a dos grupos diferentes. Las pruebas fueron realizadas en días distintos para establecer así la línea base.

Tabla 1. Características de los sujetos.

GRUPO FÍSICAMENTE ACTIVOS (N=11) GND					
Edad		63,55	6,89	50	70
Peso (Kg.)	Pre	85,25	19,04	64	128,6
	Post	85,66	19,31	64,8	129,4
Talla (cms.)	Pre	162,66	7,43	151	170
GRUPO DEPORTISTA (N=12) GD					
Edad		55,30	5,18	50	65
Peso (Kg.)	Pre	77,91	8,60	62	93,2
	Post	76,86	8,22	62	95
Talla (cms.)	Pre	171	5,76	151	178

Las medidas realizadas fueron el rendimiento en las pruebas de salto del test de Bosco (altura máxima del salto sin contramovimiento (SJ) para valorar la fuerza explosiva, la capacidad de reclutamiento y la utilización de las fibras FT; altura máxima del salto en contramovimiento (CMJ) para medir la fuerza elástico-explosiva, mediante la utilización del ciclo estiramiento-acortamiento, expresión del porcentaje de FT y coordinación intra e intermuscular; altura máxima en drop jump (DJ) para valorar la fuerza explosivo-reactivo-balística gracias a la elasticidad muscular, el comportamiento viscoelástico, el reflejo miotático y el comportamiento de los órganos tendinosos de Golgi. Todos los test fueron realizados según el protocolo descrito por Bosco (1994). Antes de realizar el test, hubo un periodo de familiarización que consistió en una sesión dedicada a adquirir cierta automatización del gesto de los tests.

El instrumental utilizado para la recogida de datos en las pruebas de salto fue la Plataforma de presión. Se trata de un instrumento diseñado en la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte que mide el salto vertical, gracias a una alfombrilla de contacto que detecta los cambios de presión cuando el sujeto está encima y cuando

abandona la alfombra al iniciarse el vuelo. Los cambios son un estímulo que activa el sistema (encendiendo y apagando), enviando una señal eléctrica que se introduce en el ordenador (una señal TTL) y que conectada al reloj interno nos permite medir, a la milésima, el tiempo de vuelo. Para la medición de los ángulos articulares se utilizó un goniómetro electrónico.

Nuestro protocolo de trabajo ha consistido en un programa de entrenamiento de 16 semanas, en el que las primeras 4 semanas sólo se han realizado 2 sesiones semanales, mientras los sujetos se adaptan al programa. Posteriormente, hasta finalizar el programa, se realizarán 3 sesiones semanales en días alternativos. Las cargas de entrenamiento respetaron el principio de individualización y progresión de cada uno de los sujetos. Las sesiones previas al entrenamiento de fuerza consistieron en hallar la fuerza máxima en un test de 3 RM prediciendo el valor de 1 RM según la propuesta de Knutzen, Brilla y Caine (1999). A partir de dichos valores se estableció la intensidad de cada uno de los ejercicios en función del mesociclo de la planificación. Los ejercicios fueron los siguientes: flexores de rodilla (Ejercicio de curl de piernas acostado en máquina femoral), extensores de rodilla (Ejercicio de extensores de pierna en máquina de cuádriceps ó media sentadilla), flexores de codo (Ejercicio de curl de bíceps con barra), pectorales (Ejercicio de press de banco horizontal), dorsales (Ejercicio de dorsal en polea alta tras nuca) y flexores de tronco (Ejercicio de contracciones abdominales, en éste no se halló la RM, ya que sirvió solamente para mantenimiento del tono postural). Para el contraste de cargas se utilizaron las intensidades de carga siguientes: la carga ligera se realiza las cuatro primeras semanas al 35-40% de 1 RM, para posibilitar el proceso de adaptación. Posteriormente se aumentó la carga al 45-50% de 1 RM. Las cargas pesadas se realizaron las cuatro primeras semanas al 60-65% de 1 RM, y posteriormente al 70-80% de 1 RM tal y como se aprecia en la tabla 2. Las repeticiones varían en función de la utilización de la carga y en función del mesociclo. Para cargas ligeras se utilizaron las primeras 4 semanas de 8 a 10 repeticiones, y a partir de la quinta semana de 12 a 15 repeticiones. Para cargas pesadas se empezó con 4-6 repeticiones y siguió con 6-8 repeticiones a partir de la quinta semana. En el cuarto mesociclo se pasó de nuevo a 4-6 repeticiones. Las series en cargas ligeras son 3 durante las dieciséis semanas de entrenamiento y en cargas pesadas se realizan 2-3 series durante todo el entrenamiento según se aprecia en la tabla 2. Pasadas las 16 semanas de entrenamiento se procedió de nuevo a la medición de los sujetos para comprobar las modificaciones surgidas por el entrenamiento. Además, hubo durante la fase experimental un control adicional de las variables antropométricas tal y como muestran G. Ravé, Delgado y Vaquero (2001).

Para el análisis estadístico se utilizó el software SPSS 9.0 para Windows, y las siguientes técnicas de análisis para las diferentes variables manejadas en nuestro estudio han sido las siguientes: estadística descriptiva, (tamaño de muestra, media, mínimo, máximo y desviación típica); prueba de Kolmogorov- Smirnov para comprobar la normalidad de la muestra. En la comparación de las mediciones pre-post, se utilizó la T de student para muestras relacionadas, y para comparar las mediciones de dos muestras diferentes utilizamos la T de student para muestras independientes. y el procedimiento de Correlaciones bivariadas para medir cómo están relacionadas las variables o los órdenes de los rangos.

Tabla.2 Planificación del entrenamiento de fuerza

PRETEST	PLANIFICACIÓN DEL ENTRENAMIENTO DE FUERZA																POSTEST
-Toma de datos pretest)	(2 días/sem)				(3 días/sem)				(3 días/sem)				(3 días/sem)				-Toma de datos posttest
Calculo de Fuerza máxima a partir de 3 RM.	3 X 8-10 repeticiones al 40% 1RM .				3 X 12-15 repeticiones al 45-50% 1RM.				3 X 12-15 repeticiones al 45-50% 1RM.				3 X 12-15 repeticiones al 45-50% 1RM.				Test de Bosco (SJ; CMJ; DJ).
Test de Bosco (SJ; CMJ; DJ).	2 X 4 - 6 repeticiones al 65% 1RM.				2 X 6-8 repeticiones al 70-75% 1RM.				2 X 6-8 repeticiones al 70-75% 1RM.				2 X 4 - 6 repeticiones al 80% 1RM.				
	3´ recuperación entre series.				3´ recuperación entre series.				3´ recuperación entre series.				3´ recuperación entre series.				
	MESOCICLO 1				MESOCICLO 2				MESOCICLO 3				MESOCICLO 4				
	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	
	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
RM: Repetición Máxima; SJ: Salto sin contramovimiento; CMJ: Salto con contramovimiento; DJ: Drop Jump.																	

RESULTADOS

En la tabla n°3 se presentan los datos de los resultados obtenidos en los valores de altura en salto en el SJ, CMJ y DJ. Se puede observar que éstos son mayores en el postest que en el pretest en los dos grupos y que los resultados son superiores en el GD que en el GND. Los resultados del test de Bosco muestran que la media (\pm SD) de los valores en la altura de salto es mayor siempre en el grupo deportista que en el grupo no deportista. EL SJ muestra un valor de $18,76 \pm 3,20$ cms. mientras que en el GND se registraba un valor de $12,69 \pm 7,01$ cms. En el resto de valores siempre estuvieron por encima los sujetos correspondientes al GD. En el CMJ: $21,28 \pm 3,63$ vs. $13,90 \pm 7,95$ cms. En el DJ : $22,04 \pm 3,43$ vs. $13,65 \pm 8,33$ cms existen diferencias significativas ($p < 0,05$) en el SJ, y diferencias muy significativas ($p < 0,01$) en los test CMJ y DJ, siempre a favor del grupo deportista.

Tabla 3. Resultados del test de Bosco pretest y postest. Prueba T de muestras independientes

		SJ (cm) pre	CMJ (cm) pre	DJ (cm) pre	SJ (cm) pos	CMJ (cm) pos	DJ (cm) pos	peso (kg) pos
GND n=11	x	12,69	13,90	13,65	16,19	17,71	18,56	85,2
	ds	7,01	7,95	8,33	7,69	8,11	8,19	19,0
	z sig asint	,444	,797	,241	1,01	,86	,87	,724
GD n=12	x	18,76	21,28	22,04	23,69	24,78	23,81	77,9
	ds	3,20	3,63	3,43	5,36	4,56	4,07	8,6
	z sig asint	,667	,353	,617	,775	,543	,515	,982
prueba T muestras independien- tes		,012*	,008**	,004**	,014	,017	,060	

Los resultados de la comparación pretest-postest muestra en el GND que el entrenamiento de fuerza basado en métodos de contraste produce mejoras altamente significativas ($p < 0,001$) en el SJ ($12,69 \pm 7,01$ vs $16,19 \pm 7,69$ cms), en el CMJ ($13,90 \pm 7,95$ vs $17,71 \pm 8,11$ cms), y en el DJ ($13,65 \pm 8,33$ vs $18,56 \pm 8,19$ cms). Las diferencias pretest-postest del GD, mostraron que el entrenamiento de fuerza basado en métodos de contraste produce diferencias altamente significativas ($p < 0,001$) en el incremento de altura del SJ ($18,76 \pm 3,20$ vs $23,69 \pm 5,36$ cms) y CMJ ($21,28 \pm 3,63$ vs $24,78 \pm 4,56$ cms). La comparación pre-post muestra ganancias significativas ($p < 0,05$) en el DJ ($22,04 \pm 3,43$ vs $23,81 \pm 4,07$ cms) tras el entrenamiento de fuerza. Estos resultados se indican en la tabla 4.

Tabla 4. Resultados de la prueba T para muestras relacionadas

Prueba T (comparación pre-post)	SJ (cm)	CMJ (cm)	DJ (cm)
GND n=15	,000	,001	,000
GD n=15	,000	,000	,005

En las figuras 1, 2 y 3 se aprecian los cambios entre las mediciones pre y post en el SJ, CMJ, DJ en el GD y en el GND, apreciándose las diferencias significativas previamente descritas tras el tratamiento experimental.

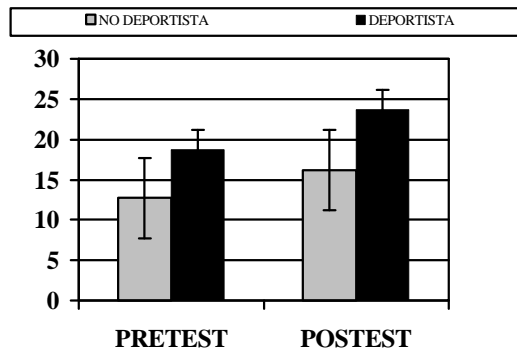


Figura 1. Evolución de la altura de salto en cms. en el salto sin contramovimiento (SJ).

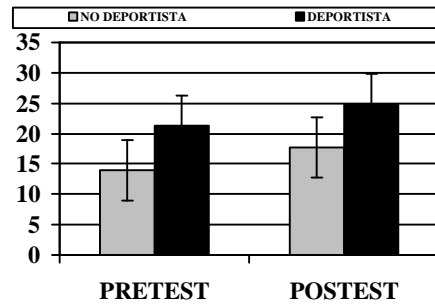


Figura 2. Evolución de la altura de salto en cms. en el salto con contramovimiento (CMJ).

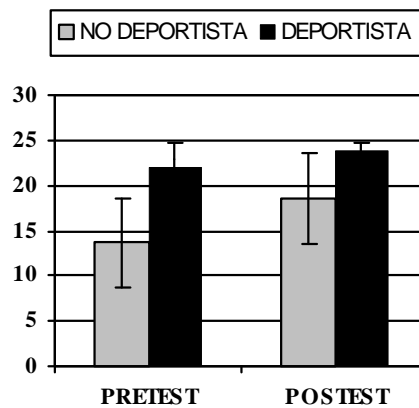


Figura 3. Evolución de la altura de salto en cms. en el Drop Jump (DJ).

Respecto a las correlaciones, encontramos que en el pretest se produce una correlación negativa entre la edad y la fuerza, tal y como se muestra en la tabla 5, ya que a mayor edad los resultados en el test parcial de Bosco son inferiores. En la valoración posttest se mantienen dichas correlaciones.

Tabla 5. Correlación en la valoración pretest de la edad con las diferentes manifestaciones de fuerza.

		SJ	CMI	DJ
Edad	Correlación de Pearson	-,700	-,647	-,737
	Sig. (bilateral)	,000	,001	,000
	N	22	22	22

DISCUSIÓN

Los resultados muestran una correlación negativa entre la edad y la fuerza. El envejecimiento provoca una disminución en los valores de fuerza, y de masa muscular. Esta pérdida de masa muscular y de su funcionalidad, definida como sarcopenia, está asociada a la pérdida de fuerza, pero esto puede ser evitado ganando masa muscular mediante entrenamiento y, por tanto, mejorando la fuerza, (Frontera et al, 1991; Aoyagi y Shephard, 1992; Hurley, 1995; Ross y Heymsfield, 2001). La edad y la fuerza se correlacionan inversamente, sin embargo la pérdida de fuerza anisométrica es mayor en los flexores y extensores de rodilla y menor en los flexores y extensores de codo. Parece que las pérdidas de fuerza no son iguales según el miembro estudiado (Hughes et al, 2001; Frontera et al, 2001), aunque estudios menos recientes, como el de Rantanen et al (1997), no coinciden con estos resultados, ya que verifican una disminución de la fuerza flexoextensora de codo y sin cambios en la fuerza extensora de rodilla en un estudio longitudinal de 5 años. Así mismo Frontera et al (1991), llegan a la conclusión que la pérdida de fuerza es independiente de la localización del músculo (extremidad superior o inferior) o de la función (flexora o extensora).

Se ha demostrado la importancia de la fuerza máxima isométrica (Avlund et al., 1994) y de la fuerza explosiva (Young y Skelton, 1994; Izquierdo, 1997; Berg, y Lapp, 1998; Westhoff, Stemmerik y Boshuizen, 2000; Salem et al., 2000) en las actividades de la vida diaria. Los resultados en el pretest del SJ muestran valores significativamente mayores ($p < 0,05$) a favor del GD, con lo cual, el nivel de entrenamiento previo de dicho grupo influye en la fuerza explosiva, pese a lo

inespecífico de éste. Debe afectar además, la escasa actividad física del GND, lo que verifica la relación inversamente proporcional entre la edad y la fuerza muscular, cuando la misma no es entrenada (G. Ravé, 2001).

Las ganancias de fuerza explosiva por el entrenamiento, medidas a través del SJ en mayores mejoran sus actividades diarias (Young y Skelton, 1994; Berg, y Lapp, 1998; Westhoff, Stemmerik y Boshuizen, 2000; Salem et al., 2000), ya que hace falta un desarrollo de fuerza explosiva para ciertas actividades en las que, por debajo de un umbral, no es posible la independencia funcional. Los adultos y mayores poseen un menor umbral de pérdida de fuerza muscular que los jóvenes, de tal forma que una pequeño descenso en su fuerza muscular puede hacer que pierdan la movilidad por un déficit de la misma y, por tanto, la independencia funcional (Young y Skelton, 1994; Warburton, Glendhill y Quinney, 2001). El entrenamiento de fuerza mediante método de contraste ha mejorado la fuerza explosiva de las extremidades inferiores medida con el S-J. La diferencia entre las medidas inicial y final (pre-post) ha mejorado de manera altamente significativa ($p < 0,001$) en el GND y en el GD, coincidiendo con los resultados de Izquierdo (1997) y Hakkinen, (1998b). Las mejoras en la altura del salto dependen de la velocidad de despegue, y ésta de la capacidad del sujeto para aplicar fuerza explosiva (Bosco, 1994; G. Badillo y Gorostiaga, 1995; Bosco, 2000). Además, aunque no tenemos datos sobre ello, las mejoras neurológicas se han podido producir, ya que durante las 4-5 primeras semanas de entrenamiento, las ganancias de fuerza se originan por las modificaciones en la activación nerviosa y, transcurridas éstas, los factores hipertróficos prevalecen sobre los neurales (Narici et al, 1989).

Aunque la pérdida de masa muscular, proceso que anteriormente hemos mencionado como asociado al envejecimiento, conlleva una menor producción de fuerza (Hugues y Schiaffino, 1999), DeVita y Hortobagyi (2000) obtienen resultados similares en cuanto a rendimiento motor durante la marcha en un estudio comparativo entre la fuerza de los jóvenes y los mayores. Esto se explica por la redistribución de los picos de fuerza y la potencia entre un grupo y otro, de tal manera que los mayores ponen mayor énfasis en los extensores de cadera, y menos en los extensores de rodilla y flexor plantar del tobillo comparados con sus colegas más jóvenes. Por tanto, no solo la disminución de los componentes neuromusculares influyen en la pérdida de funcionalidad, sino que hay cambios biomecánicos importantes debido a esa pérdida. En conjunto, se puede apreciar, en este estudio, que los sujetos físicamente activos parten de un nivel de fuerza inicial menor que el grupo deportista y que los valores de mejora en ambos grupos han sido muy altos en ambos casos; por lo tanto, el método de contraste utilizado en esta investigación ha sido eficaz en la mejora de la fuerza

explosiva. La utilización de un método de contraste en la serie obtiene mejoras en fuerza explosiva, solo por la adaptación de tipo neurológico y no únicamente por el aumento de masa muscular. Tracy et al (1999).

En cuanto al CMJ, la fuerza explosivo-elástica tiene también importancia en los movimientos de locomoción, con más énfasis en la carrera que en la marcha. Ya que los movimientos que incluyen en su realización la presencia de una fase excéntrica se verán favorecidos. Aunque estos movimientos elástico explosivos son más propios de actividades deportivas (saltos para bloquear en voleibol, flexo-extensión de rodillas en la ejecución de un lanzamiento a canasta, etc.), también los encontramos en actividades cotidianas como la locomoción humana y en la carrera. En esta última sobre todo, ya que se favorece el almacenamiento de la energía elástica durante la fase de amortiguamiento para su posterior reutilización en la fase de impulso (Bosco, 1994). En el pretest, hay diferencias muy significativas ($p < 0,01$) entre los dos grupos a favor del grupo deportista, con lo que las medidas de fuerza inicial en el grupo deportista son mayores sin un entrenamiento específico previo de fuerza. En este caso las diferencias pretest son mayores que en el SJ, lo cual puede ser debido a que en este test actúan además de los factores anteriores, a las propiedades viscoelásticas del colágeno que forma el tendón del músculo, responsable del almacenamiento de la energía elástica, que empeora con la edad. La rigidez muscular es superior en mayores que en jóvenes, y éstas también pueden alterarse por el efecto del entrenamiento de resistencia. Esta explicación se sustenta con el estudio realizado durante 10 semanas utilizando un entrenamiento de resistencia, con mayor incidencia en la disminución de esta rigidez del tendón muscular en mayores que en jóvenes. (Gosselin et al., 1998). Estas propiedades viscoelásticas actúan en el test CMJ. Por tanto el entrenamiento previo en el grupo deportista puede haber actuado como modificador en los resultados previos.

Al realizar la comparación pre-post tras el entrenamiento de fuerza con método de contraste comprobamos como se producen incrementos altamente significativos ($p < 0,001$) en el CMJ de los grupos físicamente activos y deportista, con lo cual se producen aumentos en la fuerza elástico-explosiva. Ésta se apoya en los mismos factores que la fuerza explosiva, más el componente elástico que actúa por efecto del estiramiento previo. Por tanto, todas las transferencias ya mencionadas de fuerza explosiva a las actividades de vida diaria se han mejorado a través de este entrenamiento. En este sentido, Los beneficios del entrenamiento de fuerza sobre la locomoción han sido medidos sobre todo en enfermos con osteoartritis, evidenciando mejoras sobre su estatus funcional (Ettinger et al., 1997), los sujetos de nuestro estudio, con independencia funcional también han generado una mayor fuerza explosivo-elástica

con el entrenamiento de fuerza mediante contraste de cargas ligeras y pesadas. Esta mejora del CMJ, según los estudios de DeVita y Hortobagyi (2000), provocarían una redistribución de los picos de fuerza y de potencia gracias a las mejoras conseguidas, aunque esto no ha sido posible medirlo por las limitaciones del estudio.

En cuanto al DJ, las propiedades viscoelásticas del músculo actúan con mayor énfasis que en el CMJ, debido a que la fase de estiramiento es mayor y debe realizarse en menos tiempo que en el CMJ. En este estudio se parten con valores pretest superiores muy significativos ($p < 0,01$) de DJ a favor del GD, con lo que coincidimos con Gosselin et al. (1998) que muestran como la rigidez muscular es mayor en mayores que en jóvenes, y que ésta también puede alterarse por el efecto del entrenamiento de resistencia que hacía este grupo, como ha sido explicado antes. Asumiendo las teorías de Bosco (1994) acerca del Drop-Jump, el incremento en el salto supone unas mejoras en la fuerza explosivo-elástico-reactiva en mayores, tanto en deportistas de resistencia, como en sujetos físicamente activos. La comparación pre-post muestra incrementos altamente significativos ($p < 0,001$) en el DJ en el GND, e incrementos muy significativos ($p < 0,01$) en el GD, por lo que el tiempo de acoplamiento en el CEA debe haberse manifestado más rápido en el posttest que en el pretest al mejorar la altura de salto de ambos grupos (Vittori, 1990).

La medición de la altura en el DJ debía haberse complementado con mediciones de las contracciones concéntricas y excéntricas que se suceden en los grupos musculares que intervienen en el salto (Hakkinen, 1986), para comprender mejor la evolución de las ganancias de fuerza que intervienen en el salto. Otra información que hubiera sido útil es la relativa a modificaciones por el entrenamiento de tendones, ligamentos y músculo esquelético que suceden con la edad (Daley y Spinks, 2000). Todas ellas por los medios técnicos disponibles no han podido ser valoradas. A pesar de ello, se ha verificado en el estudio un aumento de la masa muscular y de AST del muslo, que correlaciona positivamente con el rendimiento en las diferentes pruebas de salto del test de Bosco. (G. Ravé, JM; Delgado, M; Vaquero, 2001).

En resumen, podemos concluir que la fuerza explosiva, la elástico-explosiva y la explosivo-elástico-reactiva medidas indirectamente a través de la altura de salto con plataforma de contacto, son mayores en sujetos deportistas respecto a sujetos físicamente activos antes del entrenamiento de fuerza, a pesar de que la actividad físico-deportiva que realizan (entrenamiento de resistencia) es inespecífica para el desarrollo de la fuerza. La aplicación de un entrenamiento de fuerza basado en el método de contraste (cargas pesadas y ligeras) en la sesión durante un periodo de 16 semanas, han mejorado significativamente en las extremidades inferiores las diferentes

manifestaciones de fuerza previamente referidas en el grupo físicamente activos y en el grupo deportista, medidas indirectamente a través de la altura máxima en las pruebas de SJ, CMJ y DJ.

REFERENCIAS

- VLUND, K; SCHROLL, M; DAVIDSEN, M; LOVBORG, B; RANTANEN, T. (1994). Maximal isometric muscle strength and functional ability in daily activities among 75- year-old men and women. *Scand. Journ. Med. Science Sports*;4: 32-40.
- AOYAGI, A; SHEPHARD, RJ (1992). Aging and muscle function. *Sports Medicine*. 14 (6): 376-396
- BERG, W; LAPP, BA. (1998). The effect of a practical resistance training intervention on mobility in independent, community dwelling older adults. *J. Aging Phys. Activity*.; 6: 18-35.
- BOSCO, C.(2000). *La fuerza muscular*. Barcelona. INDE.
- BOSCO, C.(1994). *La valoración de la fuerza mediante el test de Bosco*. Barcelona. Paidotribo.
- DALEY, MJ; SPINKS, WL.(2000). Exercise, mobility and aging. *Sports Medicine*.29(1): 1-12.
- DE VITA, P; HORTOBAGYI, T.(2000) Age causes a redistribution of joint torques and powers during gait. *J. Appl. Physiol*. 88: 1804-1811.
- ESPEJO, J (1998). *Valoración Sociosanitaria de la población mayor de 60 años de la ciudad de Córdoba*. Universidad de Córdoba. Tesis Doctoral. No publicada.
- ETTINGER, WH JR; ET AL. (1997). A randomized trial comparing aerobic exercise and resistance exercise with a health education program in older adults with knee osteoarthritis. The fitness arthritis and seniors trial (FAST). *J. Amer. Med. As*.277: 25-31.
- FRONTERA, W; MEREDITH, C N; O'REILLY, KP; KNUTTGEN, HG; EVANS, WJ. (1988). Strength conditioning in older men: skeletal muscle hypertrophy and improved function. *J. Appl. Physiol*. 64 (3): 1038-1044.

- FRONTERA, WR; HUGHES, VA, LUTZ, KJ; EVANS, WJ. (1991). A cross-sectional study of muscle strength and mass in 45- to 78-yr-old men and women. *J. Appl. Physiol.* 71 (2): 644-650.
- G. BADILLO, J; GOROSTIAGA, E . (1995). *Bases para el Entrenamiento de la Fuerza*. Barcelona. INDE.
- G. RAVÉ, JM; DELGADO, M; VAQUERO, M. (2001). Changes in muscle mass and muscle CSA after a strength training based in weight load and light load during the set (contrast method) in people of 50 to 70 years. *Archivos de Medicina del Deporte*. XVIII (85): 541.
- GONZÁLEZ RAVÉ, JM. (2001). *Efectos de un programa de entrenamiento de fuerza basado en el método de contraste (cargas pesadas y ligeras) sobre la fuerza y la masa muscular en sujetos de 50 a 70 años*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- GOSSELIN, LE; ADAMS C; COTTER, TA; MCCORMICK, RJ, THOMAS, DP. (1998). Influence of exercise training on passive stiffness in locomotor skeletal muscle: role of extracellular matrix. *J. Appl. Physiol.* 85 (3): 1011-1016.
- HAKKINEN K, HAKKINEN A. (1995). Neuromuscular adaptations during intensive strength training in middle-aged and elderly males and females. *Electromyogr Clin Neurophysiol* . 35 (3):137-147.
- HAKKINEN, K. (1986). *Training and detraining adaptations in electromyographic, muscle fibre and force production characteristics of human leg extensor muscles*. University of Jyväskylä. Jyväskylä.
- HAKKINEN, K; ALEN, M; KALLINEN, M; IZQUIERDO, M; JOKELAINEN, K; LASSILA, H; MALKIA, E. (1998 a) Muscle CSA, force production, and activation of leg extensors during isometric and dynamic actions in middle-aged and elderly men and women. *J. Aging Phys. Activity*. 6 (3): 232-247.
- HAKKINEN, K; ALEN, M; KALLINEN, M; IZQUIERDO, M; JOKELAINEN, K; LASSILA, H; MALKIA, E. (1998 b) Changes in agonist-antagonist EMG, muscle CSA, and force during strength training in middle-aged and older people. *J. Appl. Physiol* . 1998; 84(4):1341-1349.
- HICKS, AL; MC CARTNEY, N. (1996). Gender differences in isometric contractile properties and fatigability in elderly human muscle. *Can. J. Appl. Physiol.* 21 (6) : 441-454.

- HUGUES, SM; SCHIAFFINO, S. Control of muscle fibre size: a crucial factor in ageing. *Acta Physiol. Scand.* 1999;167: 307-312.
- HURLEY, BF; REDMOND RA; PARTLEY, RE; TREUTH, MS; ROGERS, MA; GOLDBERG AP. (1995). Effects of strength training on muscle hypertrophy and muscle cell disruption in older men. *Int J. Sports Med.*16(6): 378-384
- IZQUIERDO, M. (1997). *Activación neural, área de sección transversal y producción de fuerza de los músculos extensores de los miembros inferiores durante acciones isométricas y dinámicas. adaptaciones neuromusculares durante el entrenamiento de fuerza en hombres de 40 a 70 años.* Tesis Doctoral. Universidad de León.
- KNUTZEN, K; BRILLA, L; CAINE, D. (1999). Validity of 1 RM prediction equations for older adults. *J. Strength Cond. Res.* 13 (3) 242-246.
- MELTZER, DE. (1996). Body-mass dependence of age related deterioration in human muscular function. *J. Appl. Physiol.* 80(4): 1149-1155.
- NARICI, MV; ROI, GS; LANDONI, L; MINETTI, AE; CERRETELLI P. (1989). Changes in force, cross-sectional area and neural activation during strength training and detraining of the human cuadriceps. *Eur. J. Appl. Physiol.* 59: 310-319.
- OMS (1998). *Life in the 21 st Century: A Vision For All (World Health Report).* Ginebra: Organización Mundial de la Salud.
- POLLOCK, ML; MENGELKOCH, LJ; GRAVES, JE; LOWENTHAL, DT; LIMACHER, MC; FOSTER, C; WILMORE, JE.(1997). Twenty year follow-up of aerobic power and body composition of older track athletes. *J. Appl. Physiol.* 82 (5): 1508-1516.
- RANTANEN T; ERA P; HEIKKINEN E. (1997). Physical activity and the changes in maximal isometric strength in men and women from the age of 75 to 80 years. *J Am Geriatr Soc.* 45: 1439-1445.
- ROSS, R; HEYMSFIELD, SB (2001). Sarcopenia (muscle wasting) and aging: Significance of exercise. Introduction to the symposium. *Can J. Appl. Physiol.* 26 (1): 76-77.

- SALEM, GJ; WANG, YW, YOUNG, JT; MARION, M; GREENDALE, GA. (2000). Knee strength and lower- and higher-intensity functional performance in older adults. *Med. Sci. Sports Exerc.* 32 (10): 1679-1684.
- SIPILA, S. (1996). Physical training and skeletal muscle in elderly women. A study of muscle mass, composition, fiber characteristics and isometric strength. Jyväskylä: University of Jyväskylä.
- SIPILA, S; SUOMINEN, H. (1995). Effects of strength and endurance training on thigh and leg muscle mass and composition in elderly women. *J. Appl. Physiol.* 78(1): 334-340.
- STROJNIK, V; KOMI PV. (1998). Neuromuscular fatigue after maximal stretch-shortening cycle exercise. *J. Appl. Physiol.* 84 (1): 344-350.
- TRACY, BL; et al. (1999). Muscle quality II. Effects of strength training in 65- to 75-year-old men and women. *J. Appl. Physiol.* 86 (1): 195-201.
- VANDERVOORT, AA; SIMONS, TB. (2001). Functional and metabolic consequences of sarcopenia. *Can. J. Appl. Physiol.* 26 (1): 90-101.
- VITTORI, C. (1990). El entrenamiento de la fuerza en el sprint. *Atleticastudi.* 1,2: 3-25 (traducción de JM Vélez y PA Galilea, Sant Cugat C.A.R.).
- WARBURTON, D; GLENDHILL, N; QUINNEY, A.(2001). Musculoskeletal fitness and health. *Can. J. Appl. Physiol.* 26 (2): 217-237.
- WARBURTON, D; GLENDHILL, N; QUINNEY, A.(2001). The effects of changes in musculoskeletal fitness on health. *Can. J. Appl. Physiol.* 26 (2): 161-216.
- WESTHOFF, MJ; STEMMERIK, L; BOSHUIZEN, HC.(2000) Effects of a low-intensity strength-training program on knee-extensor strength and functional ability of frail older people. *J. Aging Phys. Activ.* 8: 325-342.
- YOUNG, A; SKELTON, DA.(1994). Applied Physiology of strenght and power in old age. *Intern. J. Sports Medic.* 15 (3): 149-151.