

MODIFICACIONES ANTROPOMÉTRICAS CON EL ENTRENAMIENTO DE FUERZA EN SUJETOS DE 50 A 70 AÑOS

ANTHROPOMETRIC MODIFICATIONS DERIVED FROM STRENGTH TRAINING IN PEOPLE FROM 50 TO 70 YEARS OF AGE

RESUMEN

La cantidad de masa muscular y de producción de fuerza disminuye con el incremento de edad. Las disfunciones musculares implican finalmente una fase de dependencia funcional de otras personas. En la última década el entrenamiento de fuerza ha sido usado como el medio para reducir la sarcopenia, fenómeno que produce la disminución de masa muscular en relación a la edad.

El objetivo de esta investigación es examinar las diferencias de masa muscular, área de sección transversal y porcentaje de grasa en atletas y personas activas de 50 a 70 años, antes de un entrenamiento de fuerza, y después de 16 semanas de entrenamiento de fuerza basado en el contraste de cargas ligeras y pesadas en la sesión.

Una muestra de 23 sujetos dividida en dos grupos (atletas n=13- físicamente activos: n=10-) fueron medidos antes y después del entrenamiento (variable independiente). Las variables dependientes fueron medidas usando técnicas antropométricas e impedanciometría (BIA) (Impedanciómetro modelo Tanita BF-400) para el porcentaje de grasa.

Los resultados sugieren que los atletas y los sujetos activos no tienen diferencias significativas en peso, AST de brazo y muslo y masa muscular medidas con la ecuación de Doupe, aunque el grupo atleta tiene menor porcentaje de grasa y mayor masa muscular medidas con la ecuación de Martín. Un entrenamiento de fuerza basado en el contraste de cargas pesadas y ligeras causa en ambos grupos mejoras significativas en el área de sección transversal de brazo y muslo, masa muscular y disminuciones en el porcentaje de grasa medido con antropometría en el grupo atleta. No hubo cambios significativos en el peso corporal ni en el porcentaje de grasa medido con BIA en el grupo atleta.

En conclusión, tras el programa de entrenamiento de fuerza durante 16 semanas, aunque no se han producido cambios significativos en el peso corporal en ninguno de los dos grupos y tampoco en el porcentaje de grasa del grupo no deportista, se han producido en ambos incrementos altamente significativos de la masa muscular determinada con dos ecuaciones diferentes, aumentos del área de sección transversal de muslos y brazos, así como disminuciones del porcentaje de grasa en el grupo deportista.

Palabras clave: Entrenamiento. Fuerza. Contraste. Mayores. Antropometría. BIA.

SUMMARY

The amount of muscle mass and force production decreases as age increases. Ageing implies a decrease in muscle mass as well as neural dysfunctions that finally lead to a phase of functional dependence on other people. In the last decade, strength training has been used as a means of preventing or ameliorating sarcopenia, the phenomenon that causes age-related loss of muscle mass.

The objective of this study is to examine the differences in muscle mass (MM), cross sectional area (CSA), and percentage of fat in 50-70 year old athletes and active subjects, both before strength training and after a 16-week program of strength training based on alternating light and heavy loads.

For the purposes of this study, a sample of 23 subjects was divided into two groups (athletes, n=13; individuals who were physically active, n=10). Two tests were performed prior to and following strength training (independent variable). The dependent variables were measured with anthropometrics and BIA (Tanita BF-400 model) for percentage of fat. The results suggested that prior to strength training both athletes and physically active individuals have similar weight, arm and thigh CSA, and lean body mass as measured by Doupe et al's equation (1997), although the group of athletes had a lower percentage of body fat and a greater amount of lean body mass as determined by Martin et al's equation (1990).

Strength training based on alternating heavy and light loads brought about a significant improvement in arm and thigh CSA and lean body mass in both groups and, in the group of athletes, a decrease in percentage of body fat (as measured by anthropometry). No significant changes were detected in body weight in either group, nor were any significant changes in percentage of body fat found in the group of athletes. In conclusion, though no significant changes in body weight were observed in either of the two groups and no significant changes in percentage of fat were seen in the group of non-athletes, highly significant increases in lean mass were detected in both groups using two different equations following a 16-week program of strength training based on alternating heavy and light loads.

Key words: Training. Strength. Contrast. Aging. Anthropometry. BIA.

José María González Ravé¹

Manuel Delgado Fernández²

Manuel Vaquero Abellán³

¹Departamento de Actividad Física y CC del Deporte. Universidad de Castilla-La Mancha.

²Departamento de Educación Física y Deportiva. Universidad de Granada.

³Departamento de Enfermería. Universidad de Córdoba.

CORRESPONDENCIA:

José M^o González Ravé. Universidad de Castilla-La Mancha. Facultad de Ciencias del Deporte. Campus Antigua Fábrica de Armas. Avda. Carlos III s/n. 45071 Todelo (Spain). E-mail: josemaria.gonzalez@uclm.es. Tel: +34 925 268800 ext. 5528

Aceptado: 11-12-2002

INTRODUCCIÓN

El envejecimiento de la población es uno de los mayores desafíos en el siglo XXI a escala mundial, ya que impondrá mayores exigencias económicas y sociales a todos los países¹. Por su parte, 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 neuromuscular², provocando en personas mayores (60 ó más años), una disminución de su calidad de vida y autonomía funcional³. Este fenómeno ha sido descrito por diferentes autores⁴⁻⁷. Este fenómeno conlleva generalmente un aumento de peso, principalmente por un incremento en el porcentaje de grasa corporal y una reducción de la masa corporal magra⁵ y del área de sección transversal (AST) muscular^{3,4}. Los programas de entrenamiento para desarrollar la hipertrofia muscular en sujetos mayores no siguen en la literatura un enfoque homogéneo^{3,4,8-11}.

Ante esta situación, el entrenamiento de fuerza en adultos y mayores ha comenzado a ser considerado un medio para prevenir dicho proceso biológico^{3,6-13,23,24,35,37,38,45}. Entre las diferentes formas de realización de dicho entrenamiento, el método de contraste en la sesión, utilizado en esta investigación, es similar a los utilizados por Izquierdo¹², Hakkinen *et al*¹⁰, Tracy *et al*¹³, y parecido al método búlgaro, en el que se alternan cargas pesadas con cargas ligeras (contraste de cargas), habiéndose obtenido una mejora de la funcionalidad neuromuscular de diferente índole y cambios cineantropométricos de diferente orientación, reduciendo su porcentaje graso en algunos casos y aumentando su área de sección transversal (AST), así como su masa muscular (MM)^{3,5,6,8-12,15,16,23,28,30-33}. El objetivo de este estudio se centra en el análisis de las modificaciones producidas en la MM, AST y porcentaje graso, tras un programa de entrenamiento de fuerza, realizado a través del uso de la combinación de cargas pesadas y ligeras, durante 16 semanas en sujetos con edades comprendidas entre 50-70 años.

MATERIAL Y MÉTODOS

Atendiendo a los criterios de inclusión (edad entre 50 y 70 años, no sufrir de hipertensión e hipotensión, no tener antecedentes de problemas cardíacos, ni problemas de movilidad articular, ni osteoporosis, ni artrosis), de un total de 31 voluntarios, 23 (13 hombres y 10 mujeres) acabaron el estudio, siendo las causas de abandono las siguientes: 1 por causas laborales, 2 por enfermedad, 5 por causas familiares. Todos firmaron una fórmula de consentimiento. Para el estudio se utilizaron dos grupos, un grupo deportista (GD=7 hombres; 5 mujeres) compuesto por atletas federados de la especialidad de fondo, amateur, con una experiencia deportiva de 2 a 17 años. El otro grupo de sujetos físicamente activos, pero no deportista (GND=6 hombres; 5 mujeres), fueron captados de los cursos de gimnasia de mantenimiento del programa del Ayuntamiento de Córdoba. A todos los sujetos que participaron se les realizó previamente un reconocimiento médico. La edad y características biométricas de los dos grupos se muestran en la Tabla 1.

El diseño del trabajo se enmarca dentro del paradigma de la investigación cuantitativa, con una medida pretest, aplicación de un tratamiento y medida posttest a dos grupos diferentes. La valoración de la composición corporal se realizó mediante antropometría^{14,16}, determinando el porcentaje graso a través de la medición de pliegues cutáneos, e impedanciometría bioeléctrica (BIA). El motivo de utilizar estos dos métodos fue evitar el posible error al utilizar una sola técnica. Las medidas se tomaron siguiendo las recomendaciones que marcan el *International Working Group of Kinanthropometry* y el Grupo Español de Cineantropometría que la toma como referente en nuestro país¹⁷, utilizándose los pliegues grasos abdominal, supraespinal, subescapular, tricpital, crural y gemelar, aplicando ecuaciones diferenciadas para el cálculo del porcentaje graso en función de que sean hombres o mujeres, según las fórmulas de Siri⁴⁷. Por su parte, para el cálculo de dicho porcentaje mediante impedanciometro, el procedimiento a seguir fue el especificado en el

propio aparato, es decir, se introdujeron los datos de altura, sexo y nivel de AF realizado. Se subió a los sujetos con la menor ropa posible y sin ningún tipo de objeto metálico sobre la superficie del aparato, pidiendo que no se movieran, sin haber ingerido alimento ni líquido en las 2 horas previas a la realización del protocolo. Pasados 10 segundos se anotaba el resultado de porcentaje graso realizado automáticamente por la máquina.

Para el cálculo de MM se ha utilizado la ecuación de Martin¹⁸ y la ecuación de Doupe *et al.*¹⁹, como se exponen a continuación.

Martin¹⁸. $MM (Kg) = talla (cms) \times (0,0553x Mcc^2 + 0,0987 x pab^2 + 0,0331 x ppc^2) - 2445$, donde cada una de las siglas corresponde a las siguientes medidas: Mcc: perímetro muslo corregido δ veces por el pliegue muslo anterior; Ppc: perímetro pierna corregido π veces por el pliegue de la pierna medial; Pab: perímetro antebrazo.

Doupe *et al.*¹⁹: $MM (Kg) = talla (cms) \times (0,031 x mcc)^2 + (0,0987 x pb) + (0,064 x ppc)^2 - 3,006$, donde cada sigla corresponde con: pb: perímetro del brazo corregido δ veces por el promedio de los pliegues bicipital y tricipital.

Para determinar el AST del muslo se utilizó la ecuación de Housh *et al.*²⁰, y la de Heymsfield *et*

*al.*²¹ para el AST del brazo, tal y como se expone a continuación:

- AST del muslo²⁰ = $(4,68 \times PMM) - (2,09 \times Plma) - 80,99$, siendo PMM = perímetro del muslo y Plma = pliegue del muslo.
- AST del brazo²¹ = $[(PMB - p \times Pl. \text{triceps})^2 / (4 \times p)] - K$ (k = 10 hombres; k = 6,5 mujeres), siendo PMB = perímetro del brazo relajado y Pl tríceps = pliegue del tríceps.

El instrumental para la antropometría fue: plícómetro (Holtain ltd, Crymich U.K.), cinta

GRUPO FÍSICAMENTE ACTIVOS (N=13)					
		X	DS	Mx	Mn
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=10)					
		X	DS	Mx	Mn
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
X = media; DS = desviación estándar; Mx = máximo; Mn = mínimo					

TABLA 1.-
Edad y características biométricas de los sujetos

PRETEST	PLANIFICACIÓN DEL ENTRENAMIENTO DE FUERZA																POSTEST
Toma de datos pretest	(2 días/sem) 3 X 8-10				(3 días/sem) 3 X 12-15				(3 días/sem) 3 X 12-15				(3 días/sem) 3 X 12-15				Toma de datos pos-test
Cálculo de Fuerza máxima a partir de 3 RM	repeticiones al 40% 1RM				repeticiones al 45-50% 1RM				repeticiones al 45-50% 1RM				repeticiones al 45- 50% 1RM				
	2 X 4 - 6				2 X 6-8				2 X 6-8				2 X 4 - 6				
	repeticiones al 65% 1RM				repeticiones al 70-75% 1RM				repeticiones al 70-75% 1RM				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				
Microciclos																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
RM: Repetición Máxima.																	

TABLA 2.-
Programación del entrenamiento de fuerza

antropométrica y paquímetro. Por su parte, el impedanciometro utilizado fue el modelo Tanita BF-300P con licencia del Laboratorio de valoración biológica del esfuerzo de la Universidad de Granada.

En lo que respecta a la variable independiente, el protocolo de trabajo ha consistido en un programa de entrenamiento de 16 semanas cuyas características se muestran en la Tabla 2. 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 *et al*²². Los ejercicios fueron: Curl de piernas acostado en máquina femoral, extensores de pierna en máquina de cuádriceps ó media sentadilla, curl de bíceps con barra, press de banco horizontal, dorsal en polea alta tras nuca y contracciones abdominales (en éste no se halló la RM, ya que sirvió solamente para el mantenimiento del tono postural). Hubo durante la fase experimental un control de las manifestaciones de fuerza según el test de Bosco, como ya hemos mostrado en G. Ravé *et al*²³.

Para el análisis estadístico se utilizó el software SPSS 9.0 para Windows y las siguientes técnicas de análisis: tamaño de muestra, media, mínimo, máximo y desviación típica; prueba de Kolmogorov-Smirnov para comprobar la normalidad de la muestra. La prueba T de student para muestras relacionadas para la comparación pre-post y la prueba T de student para muestras independientes para la comparación entre GD y GND en las valoraciones pretest.

RESULTADOS

Antes de iniciar el entrenamiento, como se aprecia en la Tabla 3, el GND presenta valores significativamente mayores del porcentaje de grasa corporal tanto por antropometría como por BIA, así como niveles inferiores de MM según la ecuación de Doupe, mientras que no existen diferencias en el AST de brazo y muslo y

MM medida por la ecuación de Martin. Igualmente no existen diferencias en el peso corporal total (Tabla 1). Tras el entrenamiento de fuerza, se aprecia una ausencia de cambios en susodicho peso, aunque el GD tiende a disminuir (Tabla 1). Esta ausencia de cambios se acompaña en el GND o bien sin variación en el porcentaje graso utilizando medidas antropométricas o bien con incremento valorado mediante BIA (Tabla 3). Por su parte, en el GD, el entrenamiento de fuerza provoca descensos significativos en el porcentaje graso medido sólo con antropometría mientras que por BIA no se observan variaciones. En cuanto a la MM, tanto en el GND como en el GD, los resultados de los varones muestran un aumento altamente significativo, valorados tanto con la ecuación de Martin¹⁸, como con la de Doupe¹⁹, tras realizar el entrenamiento. En cuanto al AST, para el GND los resultados reflejan un aumento significativo en el AST del muslo y muy significativo en el AST del brazo tras el entrenamiento de fuerza. En el GD se muestra un aumento altamente significativo en el AST del muslo y del brazo tras el entrenamiento de fuerza.

DISCUSIÓN

El envejecimiento provoca gran acumulación de grasa corporal (aumentando el peso corporal), pérdida de MM, reducción de la densidad ósea, y disminución del gasto metabólico basal^{18,24,25}. Antes de comenzar el entrenamiento, el GD que realizaba actividades aeróbicas mantenía un menor porcentaje graso que los sujetos del GND que no practicaban actividad física habitual. Además, la mayor MM del GD puede explicarse por los entrenamientos y las competiciones que hacen, siendo más intensos sus estímulos, ya que actividades físicas como andar o caminar suave no previenen la pérdida de MM³⁴.

Tras el entrenamiento de fuerza no se han producido variaciones en el peso corporal en el GND, mientras que en el GD se aprecian indicios significativos de disminución en el peso corporal, coincidiendo con Sipila³ y Hurley *et*

VARIABLE	GND	GD	DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS ENTRE GRUPOS
Porcentaje grasa (antropometría)*:			
Pretest (X±DS)	27,89±9,77 %	16,10±2,56 %	(p<0,05)
Postest (X±DS)	26,09±10,11%	14,48±2,63%	
Diferencias pre-postest	NS	(p<0,01)	
Porcentaje grasa (BIA) *:			
Pretest	39,07±11,30%	12,53±3,99%	(p<0,001)
Postest	44,11±15,34%	13,61±3,68%	
Diferencias pre-postest	(p<0,05)	NS	
Masa muscular**:			
Fórmula Martin	30,47±7,83 Kg	33,42±4,73 Kg	NS
Pretest	34,46±8,27 Kg	37,12±4,90 Kg	
Postest	(p<0,001)	(p<0,001)	
Masa muscular**:			
Fórmula Doupe	22,51±6,86 Kg	27,79±4,85 Kg	(p<0,05)
Pretest	26,94±8,03 Kg	32,59±4,62 Kg	
Postest	(p<0,001)	(p<0,001)	
Diferencias pre-postest			
AST BRAZO*			
Pretest	145,6±17,93 cm ²	148,8±13,14 cm ²	NS
Postest	157,3±18,90 cm ²	157,5±11,02 cm ²	
Diferencias pre-postest	(p<0,01)	(p<0,001)	
AST MUSLO*			
Pretest	31,46±10,16 cm ²	37,73±5,77cm ²	NS
Postest	39,17±11,77 cm ²	48,17±9,90cm ²	
Diferencias pre-postest	(p<0,05)	(p<0,001)	

Abreviaturas: GND = grupo no deportista; GD = grupo deportista; X = media; DS = desviación estándar; NS = no significativo; AST = área de sección transversal.
*hombres y mujeres (n=23); **hombres (n=13).

TABLA 3.-
Resultados de
composición muscular

al.⁹. En nuestro estudio el GND ha ganado 0,41 Kg de peso, mientras que en el GD se ha producido un descenso de 1,05 Kg. En un reciente estudio longitudinal en el que se analiza la evolución en atletas de resistencia de 48 a 78 años durante 10 años, no hubo cambios significativos en el peso corporal y disminuciones en la MM, siendo ésta mayor en hombres que en mujeres²⁶. Tampoco existen variaciones en el peso corporal, utilizándose como variable independiente un entrenamiento de fuerza basado en contrastes en la serie²⁷. Respecto a las modificaciones del tejido grasa con la edad no están del todo claras, ya que los estudios al respecto muestran resultados diferentes en cuanto a su modificación y distribución corporal^{5,28,29}. El GND no presenta ninguna variación en el porcentaje grasa tras el entrenamiento de fuerza, mientras que el GD sí tuvo disminuciones muy

significativas (p<0,01) del mismo. Estos datos coinciden parcialmente con los de Sipilä y Suominen¹¹ y Sipilä³. Una posible explicación a estos resultados es que el GND sólo activó la vía metabólica anaeróbica aláctica durante el entrenamiento, mientras que el GD incluyó, además, la vía oxidativa, por la capacidad de éstos para la movilización de grasas debido a la especialidad atlética que practican. Si analizamos los resultados medidos con BIA, existen numerosas contradicciones. Mientras que el GND presenta aumentos significativos (p<0,05) en el porcentaje grasa, en el GD no se encontraron diferencias significativas en la variación de éste. Estos resultados no coinciden con las mediciones antropométricas realizadas y con la literatura consultada, por lo que, en el presente estudio creemos más satisfactoria la valoración antropométrica mediante pliegues

grasos que la BIA. Estas diferencias en el análisis de las diversas técnicas de medida son objeto de investigación en cuanto a la fiabilidad de sus resultados. En la actualidad las más utilizadas son DEXA y TAC, pero existen divergencias a la hora de utilizar una u otra³⁰⁻³², más aún en mayores donde su aplicación es menor.

En cuanto a la disminución de la MM asociada a la sarcopenia, ésta se debe a varias causas: pérdida de inervación de las fibras musculares, provocado por una disminución neuronal, y disminución en la síntesis proteica, debido a un elevado catabolismo de las cadenas de miosina y de proteínas mitocondriales, entre otros factores². Aunque la MM relativa (%) empieza a disminuir, no se puede determinar a partir de que edad comienza dicha pérdida, ya que los resultados no son homogéneos^{33,34,41}. La hipertrofia debe ser el efecto más positivo en el entrenamiento de fuerza, obtenida casi siempre a través de entrenamientos de resistencia a la fuerza³⁵. También se puede conseguir por entrenamientos dirigidos directamente a la hipertrofia como el método 10 x 10, pero los mismos son muy exigentes para aplicarlos con mayores. El entrenamiento de fuerza en mayores aumenta la MM^{3,8,9,11,35-38}. En nuestro estudio coincidimos con la literatura anterior, ya que el entrenamiento de fuerza en el GND y el GD en varones ha mostrado incrementos significativos de la MM, determinadas con dos ecuaciones diferentes, lo que demuestra la eficacia de dicho tipo de entrenamiento sobre otros tipos de actividad física, como podrían ser las actividades previas del GD, ya que actividades como caminar o carrera suave no tienen porqué prevenir la pérdida de MM³⁴. El método de contraste en la sesión mejora la MM^{39,12,10}, mientras que estu-

dios que utilizan el método de contraste en la serie no llega a provocar hipertrofia, debido posiblemente al poco tiempo de entrenamiento al que se sometieron los sujetos²⁷. La mayoría de las mediciones en hipertrofia tras un entrenamiento de fuerza se han recogido utilizando diferentes técnicas e instrumentos de medición como antropometría⁴⁰, resonancia magnética^{9,12,4,10}, BIA^{3,41}, TAC⁸, y DEXA^{18,34,27} o varios a la vez^{42, 46}. En cuanto al AST, tras el entrenamiento de fuerza, en el GND se muestran aumentos significativos ($p < 0,05$) del muslo, mientras que en el brazo los aumentos son muy significativos ($p < 0,01$). En el GD los aumentos en el AST tanto del brazo como del muslo son altamente significativos ($p < 0,001$). Estos resultados se corroboran con estudios anteriores^{8-12,39,43} aunque no se consiguen con contrastes en la serie, debido a los motivos ya expuestos²⁷, aunque durante 9 semanas se han obtenido aumentos del AST³⁹, ya que transcurridas las 4-5 primeras semanas los factores hipertróficos prevalecen sobre los neurales⁴⁴. Aunque en los dos grupos hay aumentos en el AST, el mayor incremento del GD podría ser explicado por la mejor adaptación a las cargas y por la mayor regularidad del entrenamiento previo. Al no haber datos similares sobre esta cuestión, no podemos comparar este resultado con otros.

En conclusión, tras el programa de entrenamiento de contraste durante 16 semanas, aunque no se han producido cambios en el peso corporal en los dos grupos y tampoco en el porcentaje graso del GND, se han producido en ambos incrementos significativos de la MM determinada con dos ecuaciones diferentes, aumentos del AST de muslos y brazos, así como disminuciones del porcentaje graso en el GD.

B I B L I O G R A F I A

1. O.M.S. El envejecimiento activo: de los hechos a la acción. Segunda Asamblea Mundial de las Naciones Unidas para el Envejecimiento. Madrid (abril de 2002).
2. Vandervoort AA, Simons TB. Functional and metabolic consequences of sarcopenia. *Can J Appl Physiol* 2001; 26(1):90-101.
3. Sipilä S. *Physical training and skeletal muscle in elderly women. A study of muscle mass, composition, fiber characteristics and isometric strength*. Jyväskylä: University of Jyväskylä, 1996.
4. Hakkinen K, Alen M, Kallinen M, Izquierdo M, Jokelainen K, Lassila H, Malkia E. 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* 1998;6(3):232-47.
5. Pollock ML, Mengelkoch LJ, Graves JE, Lowenthal DT, Limacher MC, Foster C, Wilmore JE. Twenty year follow-up of aerobic power and body composition of older track athletes. *J Appl Physiol* 1998;82(5):1508-16.
 6. González Ravé JM. *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, 2001.
 7. Rantanen T, Era P, Heikkinen E. 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* 1997;45:1439-45.
 8. Frontera W, Meredith CN, O'Reilly KP, Knuttgen HG, Evans WJ. Strength conditioning in older men: skeletal muscle hypertrophy and improved function. *J Appl Physiol* 1988;64(3):1038-44.
 9. Hurley BF, Redmond RA, Partley RE, Treuth MS, Rogers MA, Goldberg AP. Effects of strength training on muscle hypertrophy and muscle cell disruption in older men. *Int J Sports Med* 1995;16(6):378-84.
 10. Hakkinen K, Alen M, Kallinen M, Izquierdo M, Jokelainen K, Lassila H, Malkia E. Changes in agonist-antagonist EMG, muscle CSA, and force during strength training in middle-aged and older people. *J Appl Physiol* 1998;84(4):1341-9.
 11. Sipilä S, Suominen H. Effects of strength and endurance training on thigh and leg muscle mass and composition in elderly women. *J Appl Physiol* 1995;78(1):334-40.
 12. Izquierdo M. *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, 1997.
 13. Tracy BL, et al. Muscle quality II. Effects of strength training in 65- to 75-yr-old men and women. *J Appl Physiol* 1999;86(1):195-201.
 14. Heymsfield SB, Arteaga C, Mcmanus C, Smith J, Steven M. Measurement of muscle mass in humans: validity of the 24 hour urinary creatinine method. *Am J Clin Nutr* 1983;37:478-94.
 15. Viitasalo J, Era P, Leskinen AL, Heikkinen E. Muscular strength and anthropometry in random samples of men aged 31-35,51-55 and 71-75 years. *Ergonomics* 1985;28:1563-74.
 16. Madsen OR, Lauridsen UB, Hartkopp A, Sorensen OH. Muscle strength and soft tissue composition as measured by dual energy x-ray absorptiometry in women aged 18-87 years. *Eur Jour Appl Physiol Occup Physiol* 1997;75(3): 239-45.
 17. Esparza F. *Manual de Cineantropometría. Monografías FEMEDE*, nº3. Pamplona: Grupo Español de Cineantropometría, 1993.
 18. Martin AD, Spenst LE, Drinkwater DT, Clarys JP. Anthropometric estimation of muscle mass in men. *Medic Scienc Sport Exerc* 1990;22(5):729-33.
 19. Doupe MB, Martín AD, Kriellars DJ, Giesbrecht GG. A new formula for population-based estimation of whole body muscle mass in males. *Can J Appl Physiol* 1997;22(6):598-608.
 20. Housh DJ, Housh TJ, Weir JP, Weir LL, Johnson GO, Stout JR. Anthropometric estimation of thigh muscle cross-sectional area. *Medic Scienc Sport Exerc* 1995;27(5):784-91.
 21. Heymsfield SB, Mcmanus C, Smith J, Stevens V, NixON DW. Antropometric measurement of muscle mass: revised equations for calculating bone-free arm muscle area. *Am J Clin Nutr* 1982;36:680-90.
 22. Knutzen K, Brilla L, Caine D. Validity of 1 RM prediction equations for older adults. *J Strength Cond Res* 1999;13(3): 242-6.
 23. G Ravé JM, Delgado FM, Vaquero M. Changes in Explosive Force Production measured by the Bosco Protocol during 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* 2001;XVIII (85):541.
 24. Hurley BF, Roth SM. Strength training in the elderly: Effects on risk factors for age-related diseases. *Sports Medicine* 2000;30(4):249-68.
 25. Daley MJ, Spinks WL. Exercise, mobility and aging. *Sports Medicine* 2000;29(1):1-12.
 26. Hughes VA, Frontera WR, Wood M, Evans WJ, Dallal GE, Roubenoff R, Fiatarone MA. Longitudinal Muscle Strength Changes in Older Adults. *J. Geront. Series A: Biolog Scienc Med Scienc* 2001;56:B209-B217.
 27. Roth SM, Martel GE, Ivey FM, Lemmer JT, Metter J, Hurley BF, Rogers MA. High-volume, heavy-resistance strength training and muscle damage in young and older women. *J Appl Physiol* 2000;88(3):1112-8.
 28. Baumgartner RN, Stauber PM, Mchugh D, Koehler KM, Garry PJ. Cross-sectional age differences in body

- composition in persons 60+ years of age. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 1995;50(6):M307-16.
29. **Seidell JC, Visscher TL.** Body weight and weight change and their health implications for the elderly. *Eur J Clin Nutr* 2000;54(S3):S33-S39.
30. **Levine JA, Abboud L, Barry M, Reed JE, Sheedy PF, Jensen MD.** Measuring leg muscle and fat mass in humans: comparison of CT and dual-energy X-ray absorptiometry. *J Appl Physiol* 2000;88(2):452-6.
31. **Williams DP, Going SC, Milliken LA, Hall MC, Lohman TG.** Practical Techniques for assessing body composition in middle-aged and older adults. *Med Sci Sport Exerc* 1995; 27(5):776-83.
32. **Clasey JL, Kanaley JA, Wideman L, Heymsfield SB, Teates CD, Gutgesell ME, Thorner MO, Hartman ML, Weltman A.** Validity of methods of body composition assessment in young and older men and women. *J Appl Physiol* 1999; 86(5):1728-38.
33. **Gallagher D, Visser M, DE Meersman RE, Sepúlveda D, Baumgartner RN, Pierson RN, Harris T, Heymsfield SB.** Appendicular skeletal muscle mass: effects of age, gender, and ethnicity. *J Appl Physiol* 1997;83:229-39.
34. **Starling RD, Ades PA Poehlman, et al.** Physical activity, protein intake, and appendicular skeletal muscle mass in older men. *Amer J Clin Nutr* 1999;1:91-6.
35. **Porter MM.** The effects of strength training on sarcopenia. *Can J Appl Physiol* 2001;26(1):123-41.
36. **Fiatarone MA, Singh MA, Ding W, Manfredi TJ.** Insulin-like zgrowth factor I in skeletal muscle after weight-lifting exercise in frail elders. *Amer J Physiol* 1999;277:(E135-143).
37. **Warburton D, Glendhill N, Quinney A.** The effects of changes in musculoskeletal fitness on health. *Can J Appl Physiol* 2001;26(2):161-216.
38. **Warburton D, Glendhill N, Quinney A.** Musculoskeletal fitness and health. *Can J Appl Physiol* 2001;26(2):217-37.
39. **Hakkinen K, Hakkinen A.** Muscle cross-sectional area, force production and relaxation characteristic in women at different ages. *Eur Jour Appl Physiol Occup Physiol* 1995; 62(6):410-4.
40. **Welsh L, Rutherford OM.** Effects of isometric strength training on quadriceps muscle properties in over 55 year olds. *Eur Jour Appl Physiol* 1996;72(3):219-23.
41. **Janssen I, Heymsfield SB, Baumgartner SV, Ross R.** Estimation of skeletal muscle mass by bioelectrical impedance analisis. *J Appl Physiol* 2000;89:465-71.
42. **Treuth MS, Ryan AS, Pratley RE, Rubin MA, Miller JP, Nicklas BJ, Sorkin J, Harman SM, Goldberg AP, Hurley BF.** Effects of strenght training on total and regional body composition in older men. *J Appl Physiol* 1994;77(2):614-20.
43. **Grimby G, Aniansson A, Hedberg M, Henning GB, Grangard U, Kvist H.** Training can improve muscle strength and endurance in 78 to 84 years-old men. *J Appl Physiol* 1992; 73(6):2517-23.
44. **Narici MV, Roi GS, Landoni L, Minetti AE, Cerretelli P.** Changes in force, cross-sectional area and neural activation during strength training and detraining of the human cuadriceps. *Eur J Appl Physiol* 1989;59:310-9.
45. **Marcos JF.** Ejercicio, envejecimiento y longevidad. *Archivos de medicina del deporte* 2000;XVII(76):153-67.
46. **Sanchís C, Barber MJ, Sarti MA, Llorca J, Valverde MJ.** Validación de la plicometría frente a la ecografía en estimación del tejido adiposo subcutáneo. *Archivos de medicina del deporte* 1994;XI(41):21-8.
47. **Carter J.** Body composition of Montreal Olympic Athletes. En *Physical Structure of Olympic Athletes Parte I*, de J. Carter (Ed). 1982; 107-116. Montreal Olympic Games Anthropological Project. Karger. Basel.