

## El entrenamiento de la fuerza en mayores de 50 años: Consideraciones y perspectivas

### The training of the muscle power in persons over 50 years: Considerations and perspectives

Autor: Ramírez Villada Jhon Fredy, PhD

Facultad de Medicina

Laboratorio de Ciencias Morfofuncionales del Deporte

Universidad de Córdoba

E-mail: [jhon\\_f\\_ramirez@yahoo.es](mailto:jhon_f_ramirez@yahoo.es) // [mmammutt5@yahoo.es](mailto:mmammutt5@yahoo.es)

#### Resumen

Debido al deterioro sufrido por el sistema neuromuscular con el proceso natural de envejecimiento y la amenaza que representa para la capacidad de independencia funcional en personas ancianas, se vienen generando estudios, que partiendo del entrenamiento de la fuerza, buscan incidir sobre los aspectos funcionales (manifestación de la fuerza) y estructurales (tamaño de a fibra muscular ) del sistema muscular.

El objetivo de esta breve revisión es analizar la estructura de diversos programas de entrenamiento sobre la producción de fuerza (fuerza máxima y fuerza explosiva) y el incremento de la masa muscular (hipertrofia) en adultos envejecidos.

En la revisión se hace un análisis de las principales propuestas orientadas al incremento de la fuerza, teniendo en cuenta las características de intensidad, volumen, frecuencia y duración, usada en los procesos.

De igual forma se hace una relación entre estos componentes de la planificación de los programas usados y los cambios reportados a nivel de la composición corporal y la funcionalidad, por ser la evidencia más importante a la hora de evaluar el grado de impacto de los procesos sobre el sistema muscular de las personas de avanzada edad.

**Palabras clave:** Entrenamiento. Fuerza muscular. Mayores. Fuerza máxima. Fuerza explosiva.

#### Abstract

Due to the deterioration caused by the neuromuscular system that represents the capability of functional independence of advanced age, there are a lot of studies that, taking into account the power, look for incising upon the muscular system functional aspects (manifestation of power) and structural (size of the muscular fiber).

The purpose of this brief revision is to analyze the structure of various programs of training about the production of power (maximum power and explosive power) and the increment of the muscular mass (hypertrophy).

In this revision, there is also an analysis of the main proposals oriented to the increment of the power taking into account the characteristics of the intensity, volume, frequency and duration used in the processes.

There is also a relationship between these components of the planification of the used programs and the reported changes not only in the corporal composition but also in the functional character that is the most important one in the moment of evaluating the range of impact of the processes acting upon the muscular system of elderly.

**Key Words:** Training. Muscular power. Elderly. Maximum power. Explosive power.

**Periodo de revisión:** 1981-2007

## Introducción

El proceso de envejecimiento conlleva alteraciones considerables en la función cardiovascular, la presión sanguínea, la función aeróbica, el área de sección transversal muscular, la fuerza muscular, la densidad mineral ósea, la flexibilidad, la movilidad articular, entre otros [1,2].

Con el aumento de la población envejecida y las repercusiones para el gasto sanitario que se generan, se ha incrementado la preocupación por analizar la influencia de diferentes modelos o programas de actividad física, que contribuyan en el mantenimiento y mejora de la funcionalidad y el estilo de vida en estas poblaciones [3].

Entre los procesos, se destacan aquellos orientados de forma especial a la estimulación del sistema neuromuscular donde se han detectado alteraciones de tipo funcional y estructural (el deterioro de la fuerza manifestada, la atrofia muscular y la reducción de la activación nerviosa) que inciden directamente sobre la calidad y el estilo de vida [4,5,6].

La capacidad de manifestar fuerza, especialmente fuerza máxima y explosiva, es necesaria en la realización de muchas tareas de la vida cotidiana como levantarse de una silla, subir escaleras o saltar [7,8,9]. Estas expresiones cobran mayor importancia en los mayores, ya que actúan como un

mecanismo protector ante el riesgo de sufrir caídas o resbalones.

Por lo expresado y con el objetivo de atender estas necesidades de la población vieja, se viene generando multitud de propuestas de entrenamiento de la fuerza, donde se utilizan diferentes cargas de trabajo, distinto número de series, de repeticiones, de frecuencia, de recuperación, que merecen ser esclarecidas.

El objetivo de esta breve revisión es analizar la incidencia de diversas estructuras y/o programas de entrenamiento sobre la producción de fuerza (fuerza máxima y fuerza explosiva) y el incremento de la masa muscular (hipertrofia) de mayores de 50 años.

## **Efectos de la actividad física sobre la producción de fuerza.**

El ejercicio en edades avanzadas es especialmente importante por la influencia que ejerce sobre el deterioro de la actividad cognitiva y motriz causada por el proceso natural de envejecimiento [10,11].

La práctica habitual y continua de actividad física ha mostrado tener una influencia positiva en la salud cuando se comparan sujetos activos y sedentarios de avanzada edad, destacándose la capacidad para conducir las actividades de la vida diaria, una mejor recuperación, incremento en la velocidad de movimiento, menor riesgo de sufrir

enfermedades y accidentes, entre otros [12, 13, 14, 15].

A nivel neuromuscular y en el caso específico de las alteraciones funcionales y estructurales, varios estudios demuestran que pueden ser mejoradas tras la aplicación de programas de entrenamiento que vinculen actividades de fuerza máxima y fuerza explosiva [16, 17, 18, 19].

Sin embargo, cuando el entrenamiento de la capacidad fuerza hace parte de otros contenidos (caminar, danzar) dentro de la sesión, se presentan dudas sobre los efectos en el sistema muscular, ya que pasa a ser un contenido más general y menos estructurado.

*Es inevitable preguntar ante el panorama planteado ¿cuáles son las características estructurales (intensidad, volumen, frecuencia) de los programas que reportan efectos adaptativos en la fuerza y la masa muscular de los ancianos?*

Son varios elementos, dentro del diseño estructural de los programas, los que inciden directa o indirectamente sobre los resultados, ya que esta claro que la actividad física por si sola no garantiza adaptaciones significativas en el sistema neuromuscular [20, 21].

Al respecto, algunos estudios que evaluaron la manifestación de fuerza y la variación en la composición corporal en personas activas con una práctica no inferior a dos días por

semana y superior a seis meses, revelan pocas o nulas adaptaciones a nivel muscular y ligeras variaciones en la composición corporal [22, 23].

Otro ejemplo se revela con un entrenamiento a baja intensidad (> 50%) y volumen (series 1-3, repeticiones 2-6), ya que colabora en el mantenimiento de los valores en fuerza y composición corporal, pero se hace insuficiente cuando el objetivo es potenciar positivamente estas variables [4, 24, 25].

En este línea de estudios, un ensayo con mujeres saludables realizado sobre un año, combinando intensidades (80% y 40% de 1RM), con series (>2) y repeticiones bajas (>8), no halló variaciones significativas en la fuerza máxima [26]. En contraste, se reporta que con intensidades ligeras pueden obtenerse sutiles incrementos iniciales en la fuerza muscular de los mayores, pero no cambios substanciales en la composición corporal [27, 28, 29].

Otro elemento a considerar dentro de la estructura de los programas es la frecuencia de participación, ya que intervenciones inferiores a tres días por semana, sin un control y reajuste de la intensidad y el volumen de la carga, es inadecuado, tanto en el entrenamiento de jóvenes deportistas, como en el de personas de edad avanzada [30, 31, 32].

Aunque algunos autores han mencionado "que existe cierta sensibilidad reportada por sujetos ancianos relacionada con la duración, el volumen y el tipo de entrenamiento", se evidencia que no todos los programas son apropiados a la hora de estimular el sistema muscular [33, 34].

La variación en la intensidad y el volumen de entrenamiento (series, repeticiones, recuperación y velocidad de ejecución) de estos programas es por tanto, un factor determinante en las modificaciones de fuerza muscular y composición corporal, a lo cual debe sumarse la duración de los procesos, los contenidos y sobre todo, el tipo de dinamometría (isométrica, isocinética o isoinercial) usada a la hora de cuantificar, controlar y reajustar las cargas de entrenamiento [35].

### **Entrenando a nuestros mayores: un debate sobre el uso de las series únicas versus las series múltiples**

Desde hace algún tiempo se viene discutiendo sobre los beneficios de aplicar series únicas o series múltiples hasta el agotamiento, dentro de los programas de entrenamiento, generalmente orientados a deportistas y jóvenes principiantes [36, 37, 38].

En el año 1988 se inicia esta interesante polémica a partir de la revisión de más de 33 estudios orientados en comparar las ganancias de fuerza en relación al uso de

protocolos con series únicas y protocolos con series múltiples. Las deducciones surgidas de este trabajo es que ambos protocolos son igualmente efectivos cuando el objetivo es ganar fuerza [24].

Posteriores revisiones han ampliado este tema, revelando en un meta análisis de más de 140 estudios, que un protocolo con series únicas beneficia el incremento en fuerza, pero un protocolo con series múltiples es aconsejable cuando se alcanza cierto nivel de entrenamiento, ya que se hace necesario un estrés continuo, para maximizar las ganancias en esta capacidad [38, 39].

En el caso de lo mayores, gran parte de los estudios que se entrarán a analizar, han contado dentro de sus protocolos con el uso de series múltiples, revelando importantes adaptaciones en la expresión de fuerza y cambios estructurales significativos.

Sin embargo, teniendo en cuenta la edad, el género, el estado de salud, los objetivos y el tiempo disponible, es recomendable no descartar el uso de series únicas con adultos mayores de 50 años, ya que facilita la adherencia a los programas, el logro paulatino de los objetivos y el éxito formativo (enseñanza-aprendizaje) en nuevos hábitos de vida.

Superada esta etapa y como se entrará a considerar, se hace necesario dependiendo de la manifestación de

fuerza a entrenar, que tanto el volumen como las intensidades se reajusten con el objetivo de favorecer adaptaciones neuromusculares más marcadas.

**Programas con un enfoque especial en la capacidad fuerza (fuerza máxima y explosiva).**

En contraste con aquellos programas de entrenamiento donde las alteraciones en fuerza muscular son ligeras o nulas y donde no se evidencian cambios en los compartimientos corporales, se vienen sugiriendo nuevas propuestas que se caracterizan por unos modelos de planificación más rigurosamente estructurados y controlados [40, 41, 42].

Algunos de estos ensayos, han revelado la posibilidad de mejorar la fuerza en sujetos entre 50-75 años [30, 43, 44] e incluso en edades superiores entre los 88-96 años, con cambios substanciales en la manifestación de esta capacidad de hasta el 100% [45].

Además de los beneficios funcionales, atendiendo a la intensidad y la duración de los procesos, otros estudios dejan ver la posibilidad de aumentar el área de sección transversal muscular en población envejecida, sin la presencia de lesiones o problemas derivados de las intervenciones [46,30].

**Entrenamiento de la fuerza máxima.**

Varios estudios informan sobre la posibilidad de aumentar los niveles de fuerza máxima en los adultos envejecidos, con adaptaciones significativas observadas a partir de los 3 meses, y con unos efectos más notorios a nivel estructural y funcional, cuando se prolonga el entrenamiento entre los 6 y 12 meses [30, 43, 47, 48].

Las intensidades más usadas y que se relacionan con incrementos considerables de la fuerza o masa muscular en estas edades, se encuentran entre el 60% y el 80% de 1 RM [49, 50, 30]. Algunos trabajos que han analizado el comportamiento de la fuerza con intensidades menores, revelan resultados bajos en estas variables, incluso una vez se suspende la actividad, se describe una merma más acusada en contraste con aquellos grupos entrenados previamente a altas intensidades, los cuales mantienen sus valores más tiempo, a pesar de la inactividad [18, 51].

En algunos casos los cambios en fuerza se han asociado con incrementos del área de sección transversal de las fibras de contracción lenta (*Slow Twitch*) y rápida (*Fast Twitch*). Algunos ejemplos, son los incrementos logrados en el área de sección transversal muscular (AST) de los músculos cuádriceps "femoralis", reportados tras entrenamientos a intensidades superiores al 60% de 1 RM [46, 30].

Estas intensidades generalmente se relacionan con el uso de multiserias y repeticiones que se mantienen en un rango de 4 a 8, que se corresponden con estructuras sugeridas en la teoría del entrenamiento de la fuerza que ya han sido estudiadas en población activa o deportistas de alto rendimiento [52, 53].

Generalmente, los estudios que reportan aumentos significativos en fuerza y masa muscular, mantienen una frecuencia de participación semanal mínima de tres días por semana, mientras que aquellos que usaron estímulos inferiores revelaron adaptaciones menores en las variables analizadas.

### **Entrenamiento de la fuerza explosiva.**

El interés por estudiar todos los aspectos relacionados con la manifestación de fuerza explosiva en población envejecida es relativamente nuevo y, en consecuencia, los trabajos existentes aportan resultados variados cuyo origen está en el diseño metodológico, los protocolos de valoración, el tiempo total de experimentación, los tamaños y las características de la muestra.

Según estudios analizados, las intensidades con más influencia sobre la fuerza explosiva es un combinación de cargas elevadas (entre el 60% y el 80%) y cargas ligeras (entre el 30% y el 50%) [6, 32, 54]. Se han descrito

incrementos significativos tras la aplicación de este tipo de programas con cifras que van desde 18% [55, 56], hasta datos récord que informan de aumentos entre el 37% y 46% [50], cuando se emplea dinamometría de tipo isoinercial como los saltos, para evaluar y controlar los cambios.

Cuando se usan procedimientos de tipo isocinético, las ganancias son igualmente significativas e importantes ya que se sitúan entre 17% y el 25% como describen algunos trabajos [57, 54, 58]. Por otro lado, estos datos se relacionan con las variaciones observadas en la fuerza máxima isométrica y la pendiente máxima de fuerza en los primeros milisegundos de la curva fuerza-tiempo, las cuales se dan producto de una mejora en la capacidad de realizar movimientos rápidos [59, 60].

En Los programas analizados y cuando se usan intensidades menores (30%-50% de 1RM) con respecto a la manifestación máxima de fuerza, con series bajas (3-6), repeticiones situadas entre 6-12 y ejecutadas rápidamente, se describen importantes resultados a nivel funcional (aumento de la fuerza explosiva), tanto de miembros inferiores como superiores [60, 61, 62].

En este tipo de programas la frecuencia de participación semanal en las sesiones se sitúa entre dos y tres días, los cuales según los protocolos sugeridos, son suficientes siempre y

cuando las intensidades, las series, las repeticiones y la recuperación se ubiquen dentro de los criterios descritos anteriormente.

En cuanto a la duración de los procesos, se han reportado cambios en la fuerza explosiva con estructuras cortas que van desde los 3 meses [32, 58, 36], y con modificaciones más marcadas cuando se extiende la actividad entre los 6 y 12 meses [63, 6, 48, 61], debido en parte a la contribución de las adaptaciones estructurales (hipertrofia muscular y cambios en la velocidad de transmisión nerviosa).

#### **Nueva propuesta para el entrenamiento de la fuerza explosiva**

Se viene sugiriendo la inclusión de saltos en los procesos orientados al mejoramiento de la fuerza explosiva y el incremento de la densidad mineral ósea de los mayores activos [35, 64, 36].

Algunos estudios encuentran una respuesta osteogénica y muscular importante tras la aplicación de programas que vinculan saltos, especialmente en mujeres premenopáusicas y varones de edad avanzada, pero sin cambios en mujeres posmenopáusicas, a pesar de prolongarse la actividad sobre periodos superiores a seis meses [66, 67, 68, 69, 7]. Un ejemplo está descrito tras el

uso combinado de un sobrepeso de 5 kilogramos, control nutricional y saltos múltiples, donde se observó un descenso en la pérdida de densidad mineral ósea comparado con el grupo control respectivo, aunque sin incrementos significativos para la misma [68].

Por otro lado, se han descrito aumentos en la fuerza explosiva de los miembros inferiores y mejora en tareas funcionales como la velocidad de desplazamiento, aunque sin cambios en el área de sección transversal muscular, posiblemente causada por una respuesta adaptativa de tipo neural como sugieren los autores [69, 67].

Debido a la características de los sujetos, la duración de los programas, la frecuencia de participación, la cantidad de saltos, las pruebas dinamométricas usadas, entre otros aspectos, se presentan varias dudas relacionadas con el control de la intensidad, el volumen, la duración y la recuperación de estos procesos, que merecen esclarecerse, dada la posible contribución práctica de estas acciones.

#### **Programas con un enfoque especial en la capacidad resistencia aeróbica: implicaciones para la función muscular.**

Con el paso de los años hay una merma importante en la capacidad de resistencia aeróbica que condiciona la funcionalidad de los mayores [70, 71]. Esta cualidad física puede ser

mejorada, de hecho, algunos ensayos donde se aplican actividades aeróbicas han comprobado cambios similares entre sujetos mayores y de edad media, con incrementos que van del 10% al 30% para el consumo máximo de oxígeno ( $VO_2$  máx) [72, 73].

De igual forma se destaca que, aunque se empleen intensidades de entrenamiento similares entre ancianos y sujetos de edad media (75% al 85% de la reserva cardiaca máxima), las variaciones en  $VO_2$  máx se mantienen relativamente constantes entre los grupos, una vez cesa el entrenamiento [72].

Tanto el entrenamiento de la fuerza, como el de resistencia aeróbica, vienen siendo sugeridos y reconocidos como una estrategia efectiva a la hora de mejorar el nivel de independencia funcional y el estado de salud en mayores envejecidos [4, 13, 74].

De hecho, se viene recomendando programas mixtos, que atiendan tanto al sistema cardiorrespiratorio como neuromuscular para favorecer las capacidades de resistencia aeróbica y fuerza [13, 75, 76].

Estos programas combinados vienen demostrando su efectividad cuando son aplicados con personas de edad avanzada, ya que con una adecuada estructura y control del entrenamiento, favorecen cambios significativos en fuerza y resistencia,

sin necesidad de una frecuencia de participación muy alta [75, 77].

Las repercusiones de estos datos son importantes para la función muscular, puesto que un aumento en el  $VO_2$  máx se relaciona con la habilidad máxima del músculo para extraer oxígeno [73]. Además se ha comprobado tras la aplicación de programas que vinculan tareas aeróbicas, que estos ejercicios inciden sobre otros aspectos como la hipertensión, la hiperlipidemia, la obesidad, la diabetes tipo II, la tolerancia a la glucosa, entre otros [78, 79].

### **La fuerza y la independencia funcional**

Hay un deterioro importante del  $Vo_2$ máx y la fuerza muscular relacionada con el proceso de envejecimiento, donde se aprecia que con el paso de los años, el porcentaje de fibras musculares disminuye, viéndose de esta forma comprometida la capacidad de independencia funcional [70, 71, 55, 80].

Algunos estudios han descrito que la potencia muscular está más relacionada con las limitaciones funcionales en ancianos, que el pico de fuerza máxima de un músculo [81, 82, 83]. Así por ejemplo, la potencia muscular generada por los miembros inferiores y determinada por el salto vertical, se ha correlacionado con la capacidad de realizar diversas tareas,

sugiriendo la necesidad de mejorar la manifestación de esta capacidad con el objetivo de incidir sobre otros aspectos de la locomoción [84, 7, 85].

Otras correlaciones descritas son entre la fuerza y la velocidad de movimiento, que pueden variar de forma significativa con el incremento de la fuerza y la masa muscular [23, 71].

Asimismo, se ha sugerido la debilidad muscular como uno de los factores que influye sobre los problemas de equilibrio presentados en los ancianos. Al parecer, y como se demuestra experimentalmente, hay una correlación entre la capacidad de expresar fuerza rápidamente y la capacidad para realizar ajustes posturales, mantener la estabilidad y el equilibrio [6].

Por otro lado, el estado del sistema neuromuscular determinará la posibilidad de ejecutar cierto tipo de ejercicios destinados a mejorar otras cualidades físicas como la resistencia aeróbica, beneficiando de esta forma la calidad y cantidad de tareas que el sujeto puede realizar [88, 7, 89].

De acuerdo a lo expuesto y con el objetivo de minimizar una reducción funcional asociada con la edad, es recomendable incluir ejercicios con cargas elevadas y ejercicios de naturaleza explosiva en los programas de actividad física para personas mayores [6, 71].

## **Conclusiones**

Gracias a la dinámica misma de la ciencia experimental, tenemos una información valiosa relacionada con el comportamiento adaptativo del sistema muscular de los ancianos, que invita a reevaluar los procesos de diagnóstico, control, evaluación y contenidos de la actividad física en estas poblaciones, con miras a mejorar su salud y estilo de vida.

Para lograr este objetivo, es necesario diseñar cuidadosamente los programas de actividad física, con la idea de influir sobre los factores estructurales (área de la fibra y velocidad de transmisión nerviosa) y funcionales (manifestación de fuerza) del sistema muscular del anciano.

En este sentido, aunque la actividad física en estas edades debe estar inmersa en un marco lúdico y recreativo, atendiendo a necesidades totalmente diferentes a las del alto rendimiento, no es menos cierto, que mantener unos niveles mínimos y adecuados de salud y funcionalidad, obliga a una estructuración más precisa y racional de los contenidos, puesto que deben relacionarse adecuadamente aspectos como la intensidad, el volumen, la duración la recuperación y el control del entrenamiento.

**Referencias bibliográficas**

1. Daley MJ and Spinks WL. Exercise, Mobility and Aging. *Sport Med* 29(1): 1-12, 2000.
2. Skelton DA and Beyer N. Exercise and injury prevention older people. *Scand J Med Sci Sports* 13: 17:85, 2002.
3. Dolan P and Torgersson D. The cost of treating osteoporotic fractures in the United Kingdom female population. *Osteoporos Int* Vol 8: 611-617, 1998.
4. Buchner DM, Cress ME, Iatouris BJD, Esselman PC, Margherita AJ, Price R, and Wagner EH. The effect of strength and endurance training on gait, balance, fall risk, and health services use community-living older adults. *J Gerontol* Vol 52: M218-M224, 1997.
5. Kraemer WJ, Adams K, Cafarelli E, Dudley GA, Dooly C, Feigenbaum MS, J.Flek S, Franklin B, C.Fry A, Hoffman JR, Newton RU, Potteiger J, Stone MH, Ratamess NA, and Triplett-McBrindge T. American College of Sport Medicine: progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* Vol 34, No 2: 364-380, 2002.
6. Izquierdo M. Activación Neural, área de la sección transversal y producción de fuerza de los músculos extensores de los miembros inferiores. Adaptaciones neuromusculares durante el entrenamiento de fuerza en hombres de 40 y 70 años. Tesis doctoral *España: Universidad de León* pag: 1-111, 1997.
7. Bassey E, Fiatarone MA, O'Neill EF, Kelli M, Evans W, and Lipsitz L. Leg extensor power and functional performance in very old men and women. *Clin Sci* Vol 82.: 321-327, 1992.
8. Bassey E and Harries V. Force velocity characteristics of knee extensor muscles in young and elderly females. *J Physiol* Vol 384.: 32-38, 1987.
9. Pavol MJ, Owings TM, Foley KT, and Grabiner MD. Influence of Lower Extremity Strength of healthy Older Adults on the Outcome of an Induced Trip. *JAGS* Vol 50: 256-262, 2002.
10. Chodzko-Zaico WJ. Physical fitness, cognitive performance and aging. *Med Sci Sports Exerc* Vol 23: 868-872, 1991.
11. Buckwalter JA. Decreased mobility in the elderly: the exercise antidote. *Physician Sport Med* Vol 25: 126-128, 130-123, 1997.
12. National Health and Medical Research Council. Exercise and the older people: series on clinical management publishing service. Vol 2 Camberra, 1994.
13. American College of Sport Medicine. Position Stand: exercise and physical activity for older adults. *Med Sci Sports Exerc* Vol 30(6): 992-1008, 1998.
14. Skelton DA, Kennedy J, and Rutherford O. Lower limb muscle strength and power in community dwelling female fallers and non-fallers

- aged over 65 years. *J Physiol*: 531-548, 2001.
15. Lord S, Sherrington C, and Menz H. Falls in older people: risk factors and strategies for prevention. *Cambridge Cambridge University Press*, 2000.
16. Izquierdo M and Aguado X. Adaptaciones Neuromusculares Durante el Entrenamiento de Fuerza en Hombres de Diferentes Edades. *Apunts Vol 55*: 20-26, 1998.
17. Van-Custem M, Jacques D, and Karl. H. Changes in single motor unit behaviour contribute to the increase in contraction speed after dynamic training in humans. *J Physiol* 513: 295-305, 1998.
18. Häkkinen K, Alen M, Newton RU, and Kraemer WJ. Neuromuscular adaptation during prolonged strength, detraining and re-strength-training in middle-aged and elderly people. *Eur J App Physiol Vol 83*: 51-62, 2000.
19. Häkkinen K, Kraemer WJ, Pakarinen A, Triplett-McBride T, McGiugan JM, Bronks R, and Newton RU. Effects of heavy Resistance/Power training on Maximal Strength, Muscle Morphology, and Hormonal Response Patterns in 60-75 Year Old Men and Women. *Can J Appl Physiol Vol 27* (3): 213-231, 2002.
20. Ravé JMG, Fernández MD, and Abellan. MV. Anthropometric modifications derived from strength training in people from 50 to 70 years of age. *Arch Med Deporte XX*: 121-128, 2003.
21. Viana BH, Gómez JR, Paniagua MV, Silva MED, Núñez V, and Lancho JL. Características antropométricas y funcionales de individuos activos, mayores de 60 años, participantes en un programa de actividad física. *Rev Esp Geriatr Gerontol* 39 (5): 297-304, 2004.
22. Ramírez AIF and Ramírez ASF. Effect of an exercise program on physical fitness of institutionalized elderly men. *Arch Med Deporte Vol XVI*. No: 72: 325-332, 1999.
23. Ramírez JF, Viana BH, Gómez J, Silva MED, Núñez VM, and Lancho JL. Características antropométricas, de velocidad de movimiento y equilibrio dinámico en mayores físicamente activos. *Arch Med Deporte Vol 2* (3), 2006b.
24. Carpinelli RN and Otto RM. Strength training. Single versus multiple sets. *Sport Med Vol 26*: 73-84, 1998.
25. Buchner DM. Preserving Mobility in Older Adults. *West J Med* 167: 258-264, 1998.
26. Pruitt LA, Taaffe DR, and Marcus R. Effects of a one-year high-intensity resistance training program on bone mineral density in older women. *J Bone Miner Res Vol 10*: 1788-1795, 1995.
27. McMurdo ME and Rennie LM. Improvements in quadriceps strength with regular seated exercise in the institutionalized elderly. *Arch Phys Med Rehabil Vol 75*: 600-603, 1994.

28. Jette AM, Harris BA, Sleeper L, Lanchman ME, Helstein D, and Giorgetti M. A home-based exercise program for nondisabled older adults. *J Am Geriatric Soc* Vol 44: 644-649, 1996.
29. Krebs DE, Jette AM, and Assmann SF. Moderate exercise improves gait stability in disabled elders. *Arch Phys Med Rehabil* Vol 79: 1489-1495, 1998.
30. Frontera WR, Meredith CN, O'Reilly KP, Knuttgen HG, and Evans WJ. Strength conditioning in older men: skeletal muscle hypertrophy and improved function. *J Appl Physiol* Vol 71: 644-650, 1988.
31. Lexell J, Downham D, Larsson Y, Bruhn E, and Morsing B. Heavy resistance training in older Scandinavian men and women: short- and long-term effects on arm and leg muscles. *Scand J Med Sci Sports* Vol 5: 329-341, 1995.
32. Kraemer WJ, Häkkinen H, Newton RU, Nindl BC, Volek JS, McCormick M, Gotshalk LA, Grodon SE, J S, Fleck, Campell WW, Putukian M, and Evans WJ. Effects of heavy-resistance training on hormonal response patterns in younger vs. older men. *J Appl Physiol* 87(3): 982-992, 1999.
33. Komi PV. Training of muscle strength and power: interaction of neuromotoric, hypertrophic and mechanical factors. *J Sport Med* Vol 7: 10-15, 1986.
34. Häkkinen K and Parakinen A. Serum hormones and strength development during strength training in middle-aged and elderly men and women. *Acta Physiol Scand* Vol 150: 211-219, 1994.
35. Izquierdo M and Aguado X. Estimación de la producción explosiva de fuerza: consideraciones y tópicos. *Arch Med Deporte* Vol 62: 493-503, 1997.
36. American College of Sport Medicine. "Position Stand on Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults". *Med Sci Sports Exerc* Vol 34: 364-380, 2002.
37. Kemmler W, Engelke K, Lauber D, Weineck J, Hensen J, and Kalender W. Exercise effects on fitness and bone mineral density in early postmenopausal women: 1-year EFOPS results. *Med Sci Sports Exerc* Vol 34: 2115-2123, 2002.
38. Philips WT, Broman TE, Burkett LN, Swan PD. Single set strength training improves strength, endurance and functional fitness in community living older adults. *Activities, Adaptation and Aging*, Vol 27:1-18, 2004.
39. Rhea RM, Alvar BA, Burkett LN, and Ball SD. "A meta-analysis to determine the dose response for strength development". *Med Sci Sports Exerc* Vol: 35: 456-464, 2003a.
40. Rhea RM, Alvar BA, and Burkett LN. "Single versus multiple sets for strength: a meta-analysis to address the controversy". *Research Quarterly for Exercise and Sport* Vol: 73: 485-488, 2003b.

41. Fiatarone MA, Marks EC, Ryan ND, Meredith CN, Lipsitz LA, and Evans WJ. High-intensity strength training in nonagenarians. Effects on skeletal muscle. *JAMA* Vol 263: 3029-3034, 1990.
42. Skelton DA, Young A, Greig CA, and Malbut KE. Effects of resistance training on strength, power, and selected functional abilities of women aged 75 and older. *J Am Geriatric Soc* Vol 43: 1081-1087, 1995.
43. Häkkinen K, Kraemer WJ, Kallinen M, Linamo V, Pastinen UM, and Newton RU. Bilateral and unilateral neuromuscular function and Muscle cross-sectional area in middle-aged and elderly men and women. *J Gerontol* Vol 51A: B21-B29, 1996.
44. Hagberg JM, Seals DR, Yerg YE, Gavin J, Gingerich R, Premachandra B, and Holloszy JO. A physiological comparison of young and older endurance athletes. *J Appl Physiol* Vol 51: 634-650, 1998.
45. Charette SL, McEvoy L, Pyka G, Snow-Harter C, Guido D, Wiswel RA, and Marcus R. Muscle hypertrophy response to resistance training in older women. *J Appl Physiol* Vol 70: 1912-1916, 1991.
46. Fiatarone MA, O'Neill EF, Ryan ND, Clements KM, Solares GR, Nelson ME, Roberts SB, Kehayias JJ, Lipsitz LA, and Evans aWJ. Exercise Training and Nutritional Supplementation for Physical Frailty in Very Elderly People. *The New England Journal of Medicine* Vol 330: 1769-1775, 1994.
47. Häkkinen K and Häkkinen A. Muscle cross-sectional area, force production and relaxation characteristics in women at different ages. *Eur J App Physiol* Vol 62: 410-414, 1991.
48. Grimby G, Aniasson A, Hedberg M, Henning GB, Grandgard U, and Kvist H. Training can improve muscle strength and endurance in 78- to 84-yr old men. *J Appl Physiol* Vol 73: 2517-2523, 1992.
49. Rice C, Cunningham D, Paterson D, and Dickinson J. Stregth training alters contractile properties of the triceps brachii in men afed 65-78 years. *Eur J App Physiol* Vol 66: 275-280, 1993.
50. Häkkinen K and Komi PV. Effect of explosive type strength training on electromyographic and force production characteristics of leg extensor muscles during concentric and various strech-shortening cycle exercise. *Scand J Sports Sci* Vol 7 (2): 65-76, 1985.
51. Izquierdo M, Häkkinen K, Ibañez J, Garrúes M, Antón A, Zúñiga A, Larrion JL, and Gorostiaga EM. Effects of strenght training on muscle power and serum hormones in middle-age and older men. *J Appl Physiol* Vol 90 (4): 1497-1507, 2001.
52. Fatouros IG, Kampas A, Katrabasas I, Nikolaidis K, Chatzinikolaou A, and Taxildaris DLaK. older men are intensity dependent

- strength, anaerobic power, and mobility of inactive Strength training and detraining effects on muscular. *Br J Sport Med* Vol 39: 776-780, 2007.
53. Cometti G. Los métodos modernos de musculación. *Barcelona, Edit Paidotribo*, 1989.
54. Gonzáles JJ and Gorostiaga E. Fundamentos del entrenamiento de la fuerza. Aplicación al alto rendimiento deportivo. *INDE, Barcelona*, 1995.
55. Newton RU, Häkkinen K, Häkkinen A, McCormick M, Volek J, and Kraemer WJ. Mixed-methods resistance training increases power and strength of young and older men. *Med Sci Sports Exerc* Vol 34 (8): 1367-1375, 2002.
56. Häkkinen K, Kallinen M, Izquierdo M, Lassila H, Malkia E, Kraemer W, Newton R, and Alen M. Changes in agonista-antagonist EMG, muscle CSA, and force during strength training in middle age and older people. *J Appl Physiol* Vol 84 (4): 1341-1349, 1998.
57. Häkkinen K, Kraemer W, Newton R, and Alen M. Changes in electromyographic activity, muscle fibre and force production characteristics during heavy resitenance/power strength training in middle-aged and older men and women. *Acta Physiol Scand* Vol 171: 51-62, 2001.
58. Jozsi A, Campell W, Joseph L, Davey S, and Evans W. Changes in power with resitance training in older and younger men and women. *J Gerontol Sci* Vol 54: M591-506, 1999.
59. Earles D, Judge J, and Gunnarsson. O. Velocity training induces power-specific adaptations in highly functioning older adults. *Arch Phys Med Rehabil* Vol 82: 872-888, 2001.
60. Häkkinen K and Häkkinen A. Neuromuscular adaptations during strength training in middle-aged and elderly males and females. *En: Proceedings of the Second North American Congress in Biomechanics, Draganich et al(eds), Chicago, 61*, 1992.
61. Häkkinen K, Kraemer W, and Newton R. Muscle activation and force production during bilateral and unilateral concentric and isometric contractions of the knee extensors in men and women at differnent ages. *Electromyograph Clin Neurophysiol* Vol 37 (3): 131-142, 1997.
62. Izquierdo M, Häkkinen K, Antón A, Garrues M, Ibañez J, Ruesta M, and Gorostiaga. EM. Maximal strength and power, endurance performance, and serum hormones in middle-aged and elderly men. . *Med Sci Sports Exerc* Vol 33, No 9: 1577-1587, 2000.
63. Izquierdo M, Häkkinen K, Ibañez J, Garrúes M, Antón A, Zúñiga A, Larrion JL, and Gorostiaga EM. Effects of strenght training on muscle power and serum hormones in middle-age and older men. *J Appl Physiol* Vol 90 (4): 1497-1507, 2001.
64. Bassey EJ, Rothwell MC, Littlewood JJ, and Pye DW. Pre- and

- postmenopausal women have different bone mineral density responses to the same high-impact exercise. *JBMR* Vol 13(12): 1805-1814, 1998.
65. American College of Sport Medicine. Position stand: physical activity and bone health. *Med Sci Sports Exerc*: 1985-1996, 2004.
66. Ari H, Pekka K, Harri S, Pekka O, Matti P, Marjo R, Kirti U-R, and Iikka V. Randomised controlled trial of effect of high impact exercise on selected risk factors for osteoporotic fractures. *Lancet* Vol 348: 1343-1347, 1996.
67. Notelovitz M, Martín D, Tesar R, et al. Estrogen therapy and variable resistance weight training increase bone mineral in surgically menopausal women. *J Bone Miner Res*. Vol 6: 583-90, 1991.
68. Kohrt WM, Ehsani AA, and Birge SJ. Effects of exercise involving predominantly either joint-reaction or ground reaction forces on BMD in older women. *J Bone Miner Res* Vol 12: 1253-1261, 1997.
69. Heideken PWV, Littbrand H, Johansson A, Nordström P, and Gustafson Y. Jumping exercises with and without raloxifene treatment in healthy elderly women. *J Bone Miner Res* Vol 20: 376-382, 2002.
70. Snow CM, Shaw JM, Winters KM, and Witzke KA. Long-term exercise using weighted vest prevents hip bone loss in postmenopausal women. *J Gerontol* Vol 55: M489-M491, 2000.
71. Ramírez JF. Influencia de un programa de entrenamiento con saltos en la fuerza explosiva y la funcionalidad de varones longevos. Tesis Grado (Doctor en Ciencias Aplicadas a la Actividad Física y el Deporte) Universidad de Córdoba, Facultad de Medicina, Departamento de Ciencias Morfológicas (Spain), 2006 a.
72. Fleg JL and Lakkata EG. Role of muscle loss in the age associated reduction in VO<sub>2</sub>max. *J Appl Physiol* Vol 64: 1147-1151, 1988.
73. Rodgers M, Hagberg J, Martin W, Ehsahi AA, and Holloszy J. Decline in VO<sub>2</sub>max with aging in master athletes and sedentary men. *J Appl Physiol* Vol 68: 2195-2199, 1990.
74. Shwartz RS and Buchner DM. Exercise in the elderly: physiologic and functional effects. In: WR Hazzard, EL Bierman, JP Blass, WH Ettinger, JB Halter, editors. Principles of geriatric medicine and gerontology. 3rd ed New York: McGraw-Hill 91-105, 1993.
75. Shwartz RS, Shuman WP, Larson V, and et al. The effect intensive endurance exercise training on body fat distribution in young and older men. *Metabolism* Vol 40: 545-551, 1991.
76. Brown-Amy W. Perioral muscle activity young and older adults during speech and nonspeech tasks. *Journal of speech and hearing* Vol 39: 761-770, 1996.
77. Izquierdo M, Ibañez J, Häkkinen K, Kraemer WJ, and Larrión JI. Once weekly combined resistance and

- cardiovascular training in healthy older men. *Med Sci Sports Exerc* Vol 36(3): 435-443, 2004.
78. Wood RH, Reyes MA, Welsh J, and et al. Concurrent cardiovascular and resistance training in healthy older adults. *Med Sci Sports Exerc* Vol 33: 1751-1758, 2001.
79. Taaffe DR, Duret C, Wheelles S, and Marcus R. Once weekly resistance exercise improves muscle strength and neuromuscular performance older adults. *J Am Geriatric Soc* Vol 47: 1208-1214, 1999.
80. Astrand PO. Why exercise? *Med Sci Sports Exerc* Vol 24: 153-162, 1992.
81. Cononie CG, Graves JE, Pollock ML, and et al. Effect of exercise training on blood pressure in 70 to 79 yr old men and women. *Med Sci Sports Exerc* Vol 23: 505-511, 1991.
82. Izquierdo M, Ibañez J, Gorostiaga E, Garrues M, Zuñiga A, Antón A, Larrión JL, and Häkkinen. K. Maximal strength and power characteristics in isometric and dynamic actions of the upper and lower extremities in middle-aged and older men. *Acta Physiol Scand* 167: 167-168, 1999.
83. Bosco. C. La Fuerza Muscular: aspectos metodológicos. *INDE, Barcelona*, 1998.
84. Davies CTM and Young K. Effects of external loading on short term power output in children and young male adults. *Eur J App Physiol* Vol 52: 351-354, 1984.
85. Maud PJ and Shultz BB. Gender comparisons in anaerobic power and capacity test. *Sport Med* Vol 20: 51-54, 1986.
86. Suni JM, Miilunpalo SI, Asikainen TM, Laukkanen RT, Oja P, Pasanen MF, Bos K, Vuori IM. *Phys Ther* 1998; 78 (2): 134-148.
87. Rantanen T. Maximal isometric strength in older adults. Cross-national comparisons, background and association with mobility. *Studies in sport, physical education and health*. University of Leon (Spain). 1994.
88. Astrand PO and Rödaahl K. *Textbook of work physiology*. Ed *MacGrawhill C New York*: 1-334, 1986.
89. Nevitt MC, Cummings SR, Kidds S, and Black D. Risk factors for current nonsyncopal falls: a prospective study. *JAMA* Vol 261: 2663-2668, 1989