

Gaceta Médica de México

Volumen **140**
Volume

Número **4**
Number




Julio-Agosto **2004**
July-August

Artículo:




Beneficios de la práctica del ejercicio en los ancianos

Derechos reservados, Copyright © 2004:
Academia Nacional de Medicina de México, A.C.

Otras secciones de
este sitio:

-  [Índice de este número](#)
-  [Más revistas](#)
-  [Búsqueda](#)

*Others sections in
this web site:*

-  [Contents of this number](#)
-  [More journals](#)
-  [Search](#)

Beneficios de la práctica del ejercicio en los ancianos

José Alberto Ávila-Funes,* Emilio José García-Mayo*

Recepción versión modificada: 3 de septiembre de 2003

aceptación: 2 de marzo de 2004

Resumen

El envejecimiento provoca múltiples cambios en la composición corporal como la pérdida de músculo esquelético (sarcopenia). La sarcopenia es un componente clave del modelo de fragilidad y su causa es desconocida. Diversas estrategias se han utilizado para preservar e incluso aumentar la masa muscular y la función en los ancianos.

El músculo es un sistema versátil y se ha demostrado su adaptación a un programa continuo de ejercicio.

El ejercicio aeróbico y el entrenamiento de la fuerza mejoran la capacidad funcional y pueden revertir y/o disminuir la sarcopenia en los ancianos, ya sean sanos, viejos-viejos y en los ancianos frágiles. La principal diferencia con los programas de ejercicio para adultos jóvenes es la forma como se aplica, "iniciar bajo y avanzar lento".

En esta revisión se mencionan los aspectos fisiopatológicos e implicaciones clínicas de la pérdida de músculo esquelético, así como los programas para mejorar la capacidad aeróbica y la fuerza muscular en la vejez.

Palabras clave: Sarcopenia, fuerza muscular, rehabilitación

Introducción

A partir de la tercera década de la vida, existen múltiples cambios en la composición corporal. La pérdida progresiva del músculo esquelético y su fuerza forma parte del envejecimiento.^{1,2} A este cambio se ha atribuido, al menos en parte, la disminución de la funcionalidad motriz lo que repercute en la capacidad funcional de la población geriátrica y en su calidad de vida. Esto provoca, asimismo, un aumento en el gasto de recursos económicos en el área de la salud.³⁻⁶

Summary

Advanced age is associated with changes in body composition such as muscular mass loss, which is defined as sarcopenia. The former term plays a key role in the frailty model, although its source is unknown. Myriad strategies have been used to improve and increase muscular mass and function in older persons. The muscle is a versatile system that owes its great capacity to adaptation to regular exercise programs.

Aerobic exercise and resistance training improve muscular function and can minimize and even reverse sarcopenia in the elderly (healthy, very elderly or frail). The main difference in prescribing exercise for healthy adults and elderly individuals is that intensity of training program is lower for the latter.

This review is aimed toward the physiopathologic aspects and clinical implications regarding muscular mass loss and to programs directed toward increasing strength and/or endurance in the elderly.

Key words: Sarcopenia, muscular strength, rehabilitation

Está ampliamente aceptado que la pérdida de la función que acompaña al envejecimiento es inevitable. Sin embargo, existen múltiples estrategias para preservar e incluso aumentar la masa muscular y la fuerza, lo que constituye un camino importante para conservar y restituir la independencia funcional de los ancianos, así como para disminuir la prevalencia de muchas enfermedades crónicas.⁷ Para esto se han utilizado modificaciones en la dieta y fármacos anabólicos, pero el ejercicio es la única medida que ha comprobado ser eficaz y segura para restaurar o mantener la función en los ancianos al

*Departamento de Geriátrica, Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición "Salvador Zubirán".

Correspondencia y solicitud de sobretiros: José Alberto Ávila Funes. Departamento de Geriátrica del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición "Salvador Zubirán". Vasco de Quiroga # 15, colonia sección XVI, Tlalpan, México, D.F., CP 14000. Tel. 57354785. Correo electrónico: avilaf1@hotmail.com

mejorar la fuerza muscular y éste es el argumento más convincente para promoverlo.⁸

Mucho se habla de la importancia del ejercicio en los jóvenes y poco se escucha sobre su relevancia en los ancianos cuando es precisamente el grupo de los adultos mayores el que más se beneficia del mismo,^{1,9} incluyendo a los viejos-viejos y a los frágiles.^{10,11} De esta manera, es importante mantener a la población geriátrica funcionalmente activa y buscar los indicadores que estiman la capacidad de los individuos para cooperar con el programa de ejercicio (potencial rehabilitatorio).^{10,12}

La rehabilitación es un componente fundamental del cuidado de la salud del anciano y el programa dependerá de las características individuales de cada paciente.^{7,13}

La siguiente revisión se ocupa de los cambios en el sistema músculo-esquelético asociados al envejecimiento, así como de los programas existentes para su tratamiento y prevención, debido a que la prescripción del ejercicio en los ancianos continúa siendo un reto.

Cuadro I. Mecanismos propuestos que llevan a la sarcopenia

- Pérdida de neuronas motoras α
- Disminución en las concentraciones de insulina, hormona del crecimiento y factor de crecimiento similar a la insulina tipo I
- Disminución en la producción de testosterona y estrógenos
- Disminución en la concentración de dehidroepiandrosterona
- Pobre ingesta de proteínas
- Aumento en las citocinas catabólicas: interleucina-1, factor de necrosis tumoral α , interleucina-6 e interferón γ .
- Disminución en la actividad física
- Daño oxidativo por radicales libres

Sarcopenia

La pérdida de músculo es la principal causa de la disminución de la fuerza.¹ Rosenberg utilizó el término de sarcopenia para referirse a la pérdida involuntaria del músculo esquelético (del griego sarcos-carne y penia-carencia).^{3,5,6,14,15} El término debe diferenciarse de la atrofia, misma que resulta del desuso o de un estado de hipermetabolismo o hipercatabolismo.⁶

La sarcopenia es un componente clave en el modelo de la fragilidad, la cual es una condición de la edad avanzada que se caracteriza por la vulnerabilidad a agentes estresantes y a la disminución de la capacidad para mantener la homeostasis.^{16,17}

La causa de la sarcopenia es desconocida y no hay un consenso acerca de si debe ser vista como una enfermedad o un proceso que norma el envejecimiento, porque incluso se pierde músculo en el envejecimiento llamado *exitoso*; por lo tanto, deberá considerarse como enfermedad sólo si induce disminución de la funcionalidad.^{5,18}

Varios mecanismos se han propuesto y relacionado a la aparición de la sarcopenia, entre los que se incluyen cambios en los niveles de hormonas anabólicas y alteraciones neuromusculares (cuadro I).^{3,14,19}

No hay un acuerdo acerca de cuánto músculo debe perderse para definir a la sarcopenia.^{3,16} Tal vez el criterio más aceptado es el que se concluye del estudio del condado de Bernalillo, realizado en Nuevo México, Estados Unidos, el cual definió a la sarcopenia como la masa muscular relativa que está en dos desviaciones estándar abajo del promedio específico para el sexo en relación a la población joven, donde su existencia se asoció a un riesgo tres a cuatro veces mayor de incapacidad.^{16,20,21}

La masa muscular se pierde de forma lineal y progresiva a partir de la tercera década de la vida y dicha pérdida puede ser de 35 a 40% entre los 20 y 80 años;²² esta pérdida ha sido demostrada de forma directa (pérdida de fibras musculares en biopsias y disminución de la masa muscular en cortes transversales de tomografía computada) e indirecta (disminución de la excreción de creatinina y de 3-metilhistidina en orina).^{1,10} Las fibras que forman el músculo esquelético se pierden de forma selectiva conforme avanza la edad; aunque disminuyen las fibras tipo I (de contracción lenta y alta capacidad oxidativa), son las fibras tipo II (de contracción rápida y alta capacidad glucolítica) las más afectadas particularmente las fibras tipo IIb.^{23,24}

Existen asimismo cambios ultraestructurales caracterizados por la disminución de la síntesis de proteínas mitocondriales musculares y miofibrilares, además de la disminución de hormonas miotrópicas cuya etiología es compleja y no del todo conocida.^{16,25} Poco se sabe sobre la regulación genética del recambio de proteínas en el músculo esquelético y su participación en la aparición de la sarcopenia.³

Los cambios en la composición corporal (específicamente la pérdida de la masa muscular) y sus implicaciones en la funcionalidad y supervivencia de los ancianos se presentan en el cuadro II.^{1,2,16,20,26,27} El cuadro III muestra los efectos clínicos de la sarcopenia.^{2,14,28,29}

La sarcopenia tiene aspectos claramente modificables. Se ha demostrado la capacidad de adaptación del músculo al ejercicio y a otros agentes. Esta capacidad se denomina plasticidad residual o plasticidad muscular y se observa incluso en los viejos-viejos y los ancianos frágiles.^{2,18} De esta manera, el aumento de la fuerza y el aumento de la masa muscular en el anciano, pueden ser el primer paso para una mejoría en la actividad física. El

ejercicio es una estrategia realista para mantener un estado funcional o de independencia.

Beneficios del ejercicio

El ejercicio en los ancianos produce efectos fisiológicos benéficos sin importar la edad y el nivel de incapacidad. El ejercicio puede usarse para mejorar el estado de salud en los ancianos sanos, ancianos frágiles, en nonagenarios y en aquellos con múltiples enfermedades.⁸

La capacidad de los hombres y mujeres ancianos para responder a la actividad física progresiva con mejoría en la capacidad aeróbica y/o fuerza, depende de la frecuencia, intensidad y duración del programa de ejercicios. Un programa de ejercicio que incluya actividad aeróbica y entrenamiento de fuerza es deseable, aunque sólo éste último es el que detiene o revierte la sarcopenia.^{1,2}

Tipos de ejercicio

Existen diversas modalidades de ejercicio para mejorar el estado funcional de los ancianos:

- Ejercicio aeróbico (EA).
- Entrenamiento de fuerza (EF):

- Baja intensidad [EFBI (< 40% de 1 Repetición Máxima)]
- Moderada intensidad [EFMI (40-60% de 1 RM)]
- Alta intensidad [EFAI (>60% de 1 RM)]
- Entrenamiento del equilibrio (EE)
- Regímenes mixtos

Una repetición máxima (1RM) se refiere a la máxima cantidad de fuerza que un grupo muscular puede generar con una sola contracción.

Ejercicio aeróbico

La caída del gasto cardiaco, la pérdida de la masa muscular y la disminución de la capacidad oxidativa muscular observada en ancianos sedentarios, provocan una pérdida en la capacidad aeróbica máxima a razón de 1% al año.³⁰

Una actividad aeróbica es aquella que requiere de ejercicio continuo de varios grupos musculares para aumentar la frecuencia cardiaca sobre su nivel en reposo por un periodo sostenido de tiempo. Este tipo de ejercicio tradicionalmente se ha recomendado para los ancianos sanos y en el tratamiento de enfermedades crónicas. La intensidad del EA se reporta como consumo de oxígeno máximo (VO₂max) o frecuencia cardiaca máxima (FCmax).^{1,2,30} La fuerza que se aplica en las articulaciones durante el EA es lo que determina el alto o bajo impacto.

El EA de alta intensidad, es decir llegar de 70 a 90% de la FCmax o del VO₂max, es recomendable para obtener beneficios tales como: el aumento del consumo de oxígeno alrededor de 30%, disminución de lactato en sangre, aumento de la capacidad oxidativa en más de 100% y aumento de la actividad enzimática mitocondrial.^{31,32} Estos cambios se reflejan en mayor sensibilidad a la insulina por parte de los tejidos, aumento en la expectativa de vida, disminución de la mortalidad y mejoría en la capacidad funcional.²

Al parecer, el EA de moderada intensidad (es decir, de 40 a 60% de la FC max) puede tener beneficios similares al de alta intensidad,³³ y el de baja intensidad (menos de 40% de la FC max), a largo plazo, puede tener efectos modestos pero clínicamente significativos.⁸ Estos hallazgos son importantes para aquellos pacientes que no pueden tolerar el programa de alta intensidad, sobre todo en los nonagenarios y en los frágiles, en quienes también su eficacia está probada.^{8,34}

Para obtener los efectos deseados, el EA en los ancianos se recomienda con intensidad de 60 a 75% de la FCmax, por 30 minutos al día, tres días por semana y al menos seis semanas; se recomienda supervisión. ¿Cómo obtener la FCmax?, puede realizarse una prueba de esfuerzo y así medirlo de manera directa o, simplemente, restarle a 220 la edad del paciente.⁷

Cuadro II. Efectos de la sarcopenia en la composición corporal

- Disminución en el metabolismo basal y en el gasto de energía
- Disminución en las necesidades calóricas
- Disminución en la función inmunológica
- Disminución en la síntesis y aumento de la degradación de las proteínas
- Disminución en la capacidad oxidativa
- Disminución en la capacidad termorreguladora
- Disminución en la densidad ósea
- Disminución en la sensibilidad a la insulina por los tejidos periféricos

Cuadro III. Efectos clínicos de la sarcopenia

- Pérdida de la función independiente
- Disminución en la velocidad para caminar
- Disminución de la flexibilidad y disminución de la capacidad para generar poder
- Aumenta el riesgo de caídas
- Aumento del riesgo de fracturas
- Aumento de la fatigabilidad
- Disminución de la tolerancia al ejercicio
- Disminución en la calidad de la vida

Entrenamiento de fuerza

Este tipo de ejercicio se define como el entrenamiento en el cual la resistencia contra la que el músculo genera fuerza aumenta de forma progresiva con el tiempo.^{1,10,21}

Este entrenamiento es importante en los ancianos y puede ser realizado virtualmente por cualquiera. El beneficio también está en relación a su intensidad y duración, y tiene grandes efectos anabólicos.²

El EFAl, es decir, el uso de 60 a 100% de 1RM, es el que ha demostrado mejorar y conservar la fuerza y el tamaño muscular. Su eficacia y seguridad ha sido documentada por múltiples estudios en ancianos sanos, ancianos viejos y en individuos frágiles.³⁵⁻³⁹ El uso de EFBI da resultados modestos e incluso ninguno.¹

El mecanismo por el cual el EFAl mejora la fuerza y el tamaño del músculo no está bien entendido, pero aumenta en la síntesis de ARN y, por lo tanto, de proteínas (incrementa el recambio de las proteínas miofibrilares), además de adaptaciones neuronales.^{2,23}

Los efectos del EFAl son el aumento en la fuerza de 107-227%, aumento en el área muscular en 11% (por TAC), aumento de las fibras tipo I y II (34 y 28% respectivamente), disminución de la grasa corporal, mejoría en la densidad ósea, mejoría en la utilización de glucosa y discreta mejoría en el consumo de oxígeno.^{1,2,3,38,40-42} Otros beneficios incluyen aumento del factor de crecimiento similar a la insulina tipo I, aumento de la miosina en fibras largas y cortas y disminución de la ruptura de las miofibrillas y de las banda Z de la sarcómera.²⁶

La mejoría en la fuerza clínicamente se traduce en la conservación de la autonomía, aumento de la realización de actividades de forma espontánea y favorece la realización de actividades aeróbicas.¹

El EFAl progresivo recomienda el uso de 60 a 80% de 1 RM, en tres series de ocho a 12 repeticiones, tres veces por semana. La condición física, la edad, el estado de salud, los grupos musculares entrenados, el nivel de supervisión del entrenamiento y la velocidad de la progresión, es lo que determina la cantidad de fuerza que se gana con este tipo de ejercicio.²³

Se deben considerar programas de menor intensidad para los ancianos que tienen dificultad para ejercitarse; esto puede ser por el miedo a caerse, dolor en las extremidades por el esfuerzo y dificultad para movilizarse por debilidad.³⁸

Entrenamiento del equilibrio

La importancia de la actividad física para la coordinación y el equilibrio en el anciano no ha sido completamente evaluada. Estos programas tienen el objetivo de mejorar las reacciones posturales y así disminuir el miedo a caer y la

frecuencia de las caídas. El impacto de este tipo de ejercicio en la marcha y equilibrio se ha reportado en algunos estudios, por lo que es recomendable.^{8,43} El EE puede ser estático o dinámico, éste último es aquel que incluye movimientos lentos, suaves y rítmicos; el Tai Chi es el ejemplo.

Aunque es deseable un programa de ejercicios con el que el anciano gane fuerza, capacidad aeróbica y equilibrio, en el entrenamiento deberán predominar las actividades que mejoren el sistema más afectado; por lo tanto, los programas de rehabilitación deberán ser individualizados y estarán dirigidos prácticamente a todas las edades.

Otras intervenciones

El estado nutricional y el equilibrio de energía es fundamental para la rehabilitación de la fuerza muscular, específicamente en los ancianos frágiles.²⁶ Al menos debe asegurarse un aporte adecuado de proteínas, 1-1.2g/kg/día, pero dependerá de la situación clínica del paciente.

La combinación del ejercicio y complementos nutricionales para mejorar la fuerza y el tamaño muscular tienen resultados aún controversiales. Probablemente éstos se relacionan al tipo de población y programa de ejercicios establecidos.^{3,26,38,44}

Productos que contienen picolinato de cromo (al que se atribuye aumento en la masa magra y aumento del tamaño y fuerza muscular), creatina (con supuestas propiedades ergogénicas) y dehidroepiandrosterona (ampliamente disponible y anunciado como *suplemento nutricional*) no han mostrado de forma contundente su beneficio en la ganancia de la fuerza, aun combinados con un programa de ejercicio.^{3,44,45}

A pesar de que pueden aumentar la masa muscular, no hay evidencia que apoye el uso de testosterona, androstenediona, clenbuterol, hormona de crecimiento u hormona liberadora de la hormona del crecimiento para mejorar la fuerza muscular y la funcionalidad en los ancianos.^{3,46-48} La electroestimulación tampoco ha mostrado su beneficio en la ganancia de fuerza.⁴⁹

¿Cómo iniciar un programa de ejercicio en el anciano?

Los programas de ejercicio realizados en la comunidad para los ancianos, han adquirido popularidad. Aunque el Colegio Americano de Medicina del Deporte recomienda que todos los que quieran iniciar un programa vigoroso de ejercicio deben ser sometidos a exámenes de estrés supervisados por médicos, la evaluación para todos puede ser impráctica y constituir un obstáculo para su realización. Si la recomendación es caminar o participar

en programas de baja intensidad, las pruebas probablemente no sean necesarias.¹

La gran diferencia entre los programas de ejercicios de jóvenes y ancianos es la forma de cómo se aplica el ejercicio. Las situaciones especiales a considerar son aquellas en las que el paciente presenta disminución de la agudeza visual, imposibilidad para la marcha o limitaciones músculo-esqueléticas, donde el especialista en rehabilitación tendrá particular atención. Los componentes del programa de ejercicio deberán incluir periodos de:^{1,2}

- Calentamiento
- Ejercicio aeróbico
- Entrenamiento de la fuerza
- Periodo de enfriamiento

Los periodos de calentamiento y enfriamiento son importantes en los ancianos porque la adaptación de la frecuencia cardiaca, tensión arterial y frecuencia respiratoria es más lenta.² El EA incluirá preferentemente actividades de bajo impacto (caminar, pedalear, nadar, remar, subir escaleras). En el caso del EF, éste debe dirigirse a los grandes grupos musculares que componen los hombros, brazos, columna, cadera y piernas, los cuales son importantes para las actividades de la vida diaria.¹

Calentamiento y enfriamiento

Para comenzar, cinco minutos de calentamiento son suficientes; pueden incluirse actividades como estiramiento, caminar despacio e incluso pedalear. El calentamiento aumentará el gasto cardiaco y mejora la perfusión central y periférica.

Como fase de enfriamiento puede realizarse una caminata lenta o, incluso, más estiramiento. Esta fase debe durar de 10 a 15 minutos e idealmente bajo observación. Esta parte del programa permitirá el retorno venoso a pesar de la vasodilatación periférica, además de disminuir la incidencia de complicaciones postejercicio asociadas al aumento de catecolaminas, hipotensión y pérdida de calor.^{1,2}

Es importante mencionar que tener una técnica adecuada de respiración durante el ejercicio, disminuirá el estrés cardiovascular, especialmente en el EF; en este caso, se deberá inhalar antes de levantar el peso, exhalar al levantarlo y al bajar, nuevamente, se debe inhalar.^{1,2}

Intensidad y duración del entrenamiento

Generalmente, el programa de ejercicio avanzará en tres etapas: Programa de inicio, lenta progresión y programa de mantenimiento.²

Las recomendaciones del Colegio Americano de Medicina del Deporte acerca de la cantidad y calidad del ejercicio se presentan en el cuadro IV.⁵⁰

Cuadro IV. Cantidad y calidad de ejercicio recomendado por el Colegio Americano de Medicina del Deporte⁵⁰

1. La frecuencia del entrenamiento debe de ser, al menos, tres veces por semana.
2. La intensidad del EA recomendada es de 50 a 85% del VO2max ó de la FC max.
3. La duración del EA debe ser de 20 a 60 minutos, dependiendo de la intensidad de la actividad.
4. El EA debe ser cualquier actividad que use los grandes grupos musculares de forma rítmica y continua como lo es caminar, trotar, correr, bicicleta, nadar, subir escaleras y cierto tipo de danza.
5. El EF de moderada intensidad es suficiente para mantener y desarrollar la masa muscular así como la densidad ósea, y debe de incluirse en el programa.
6. Se recomienda una serie de ocho a 12 repeticiones de ocho a 10 ejercicios que trabajen los grupos musculares principales, al menos dos veces por semana.
7. La intensidad progresará de forma gradual, habitualmente cada dos a tres semanas.
8. El programa total de ejercicio idealmente no durará más de una hora, por lo que se usarán sesiones alternadas para combinar los ejercicios.

Recomendaciones especiales para iniciar un programa de fuerza incluyen: iniciar con el peso más ligero del aparato o, si se usa 1RM, empezar de 30 a 40%; si levanta el peso cómodamente más de 15 veces o el paciente lo nota ligero, se aumentará 5% la próxima serie; la meta es que haga entre 8 y 12 repeticiones.

Con estas recomendaciones, los cambios en la capacidad aeróbica y la fuerza son apreciables en etapas muy tempranas del programa de ejercicios.

No es necesario el uso de equipo sofisticado para los programas de entrenamiento, sobre todo para el de resistencia. La técnica adecuada y el uso de dispositivos simple para levantar peso son suficientes; ejemplos son bolsas pegadas con velcro® en las muñecas y tobillos, llenas de arena, balines u objetos de la casa como botes de leche o jugo e incluso latas de comida de diferentes tamaños.

En el anciano, sobre todo en el frágil o con patologías múltiples, los programas son diferentes y primero se intentará mejorar la fuerza con ejercicio de baja intensidad para posteriormente aumentar la duración y la intensidad.^{1,2}

Complicaciones asociadas a los programas de ejercicios

Las complicaciones, sobre todo las cardiovasculares, no son frecuentes pero su aparición está relacionada al

estado físico inicial del sujeto.^{1,2,7} El riesgo es mayor en los viejos-viejos y en los frágiles, por lo que deberá tenerse más atención en ellos cuando ejecuten el programa.

La hipoglucemia, la hipotensión ortostática transitoria y lesiones articulares deberán tenerse en consideración. El calentamiento y enfriamiento son fases importantes para disminuir el número de complicaciones.

Conclusión

El ejercicio es el único método probado y seguro que puede mantener la condición física, además de impedir e incluso revertir los cambios en la composición corporal asociados al envejecimiento, específicamente la pérdida de músculo esquelético. Los ancianos son el grupo de la población que más se beneficia de esta actividad y la principal diferencia con los programas de los jóvenes es la forma como se aplica, es decir, *iniciar bajo y avanzar lento*.

El entrenamiento de la fuerza muscular debe ser un reto, pero sostenible. Trabajar en grupos o en familia mejorará el apego y la permanencia en los programas. La práctica continua de ejercicio mejorará la funcionalidad e independencia, así como también será benéfico para el estado de ánimo y la calidad de vida del paciente anciano. Si de forma entusiasta se recomienda un programa de rehabilitación realista, esto ayudará a los ancianos a conservar y/o recuperar la funcionalidad.

Agradecimientos

A Rocío Cervantes Gaytán y Leticia Valdez Martínez por sus valiosos comentarios.

Referencias

1. **Evans WJ.** Exercise training guidelines for the elderly. *Med Sci Sports Exerc* 1999;31(1):12-17.
2. **Evans W.** Functional and metabolic consequences of sarcopenia. *J Nutr* 1997;127:998S-1003S.
3. **Bross R, Javanbakht M, Bhasin S.** Anabolic interventions for aging-associated sarcopenia. *J Clin Endocrinol Metab* 1999;84(10):3420-3431.
4. **Graves J, Pollock M, Carroll J.** Exercise, age, and skeletal muscle function. *South Med J* 1994;87(5):S88-S95.
5. **Rosenberg IH.** Sarcopenia: origins and clinical relevance. *J Nutr* 1997;127:S990-S991.
6. **Roubenof R.** The pathophysiology of wasting in the elderly. *J Nutr* 1999;S256-S259.
7. **Schwartz RS, Buchner DM.** Exercise in the elderly: physiologic and functional effects. En: Hazzard W, Blass J, Ettinger W, Halter J, Ouslander J, editors. *Principles of geriatric medicine and gerontology*. 4th ed. McGraw-Hill; 1999. pp. 143-158.
8. **Duthie E, Katz R.** Duthie: 3rd Ed. *Practice of Geriatrics*; 1998.
9. **McMurdo M, Rennie L.** A controlled trial of exercise by residents of old peoples's homes. *Age Ageing* 1993;22:11-15.
10. **Pollock M, Graves J, Swart D, Lowenthal D.** Exercise training and prescription for the elderly. *South Med J* 1994;87(5):S88-S95.
11. **Larson EB, Bruce RA.** Health benefits of exercise in an aging society. *Arch Intern Med* 1987;147:353-356.
12. **Weber D, Fleming K, Evans J.** Rehabilitation of geriatric patients. *Mayo Clin Proc* 1995;70:1198-204.
13. **Brummel-Smith K.** Geriatric rehabilitation. *Clin Geriatr Med* 1993;9(4):XIII-XIV.
14. **Yarasheski K, Pak-Loduca J, Hasten D, Obert K, Brown MB, Sinacore D.** Resistance exercise training increases mixed muscle protein synthesis rate in frail women and men >76-yr.-old. *Am J Physiol* 1999;227:E118-E125.

15. **Holloszy JO.** Workshop on Sarcopenia: Muscle Atrophy in Old Age. *J Gerontol* 1995;50A:1-161.
16. **Walston J, Fried LP.** Frailty and the older man. *Med Clin North Am* 1999;83(5):1173-1194.
17. **Speechley M, Tinetti M.** Falls and injuries in frail and vigorous community elderly persons. *J Am Geriatr Soc* 1991;39:46.
18. **Pette D.** Historical perspectives: plasticity of mammalian skeletal muscle. *J Appl Physiol* 2001;90(3):1119-1124.
19. **Tracy BL, Ivey FM, Hurlbut D, Martel GF, Lemmer JT, Siegel EL 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.
20. **Baumgartner RN, Koehler KM, Gallagher D.** Epidemiology of sarcopenia among the elderly in New Mexico. *Am J Epidemiol* 1998;147:755-763.
21. **Ley-Acosta S.** Sarcopenia, factor de riesgo para morbilidad y mortalidad en el paciente anciano. En: Ruiz-Palacios G, Soto-Ramírez LE, Alberú-Gómez J, editores. *Actualidades en ciencias médicas*. Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán; 2001. pp. 89-93.
22. **Schoeller DA.** Changes in total body water with age. *Am J Clin Nutr* 1989;50:1176-1181.
23. **Fielding RA.** Effects of exercise training in the elderly: impact of progressive-resistance training on skeletal muscle and whole-body protein metabolism. *Proc Nutr Soc* 1995;54(3):665-675.
24. **Larsson L.** Motor units: remodeling in aged animals. *J Gerontol* 1995;50A:91-95.
25. **Evans W.** What is sarcopenia. *J Gerontol* 1995;50A:5-8.
26. **Fiatarone MA, Ding W, Mendredi T, Solares G, O'Neill EF, Clements K, et al.** Insulin-like growth factor I in skeletal muscle after weight-lifting exercise in frail elders. *Am J Physiol* 1999;277(40):E135-E143.
27. **Evans WJ.** Reversing sarcopenia: how weight training can build strength and vitality. *Geriatrics* 1996;51:46-47,51-54.
28. **Dutta C, Hadley EC.** The significance of sarcopenia in old age. *J Gerontol* 1995;50:S1-S4.
29. **Bassey EJ, Fiatarone MA, O'Neill EF, Nelly M, Evans WJ, Lipsitz LA.** Leg extensor power and functional performance in very old men and women. *Clin Sci* 1992;82:321-327.
30. **Flegg JL, Lakatia EG.** Role of muscle loss in the age-associated reduction in VO₂max. *J Appl Physiol* 1988;65:1147-1151.
31. **Coggan AR, Spina RJ, King DS, Rogers MA, Brown M, Nemath PM, et al.** Skeletal muscle adaptations to endurance training in 60 to 70-yr-old men and women. *J Appl Physiol* 1992;72:1780-1786.
32. **Meredith CN, Frontera WR, Evans WJ.** Body composition in elderly men: effect of dietary modification during strength training. *J Am Geriatr Soc* 1992;40:155-162.
33. **Hughes VA, Fiatarone MA, Fielding RA.** Exercise increases muscle GLUT 4 levels and insulin action in subjects with impaired glucose tolerance. *Am J Physiol* 1993;264:E855-E862.
34. **Naso F, Carner E, Blankfort-Doyle W, Coughy K.** Endurance training in the elderly nursing home patient. *Arch Phys Med Rehabil* 1990;71(3):241-243.
35. **Frontera W, Meredith C, O'Reilly KP.** Strength conditioning in older men: skeletal muscle hypertrophy and improved function. *J Appl Physiol* 1988;64:1038-1044.
36. **Charette SL, McEvoy L, Dyka G.** Muscle hypertrophy response to resistance training in older women. *J Appl Physiol* 1991;70:1912-1916.
37. **Fiatarone M, Marks E, Ryan N, Meredith C, Lipsitz LA, Evans WJ.** High intensity strength training in nonagenarians. *JAMA* 1990;263:3029-3034.
38. **Fiatarone M, O'Neill E, Ryan ND, Clements K, Solares G, Nelson M, et al.** Exercise training and nutritional supplementation for physical frailty in very elderly people. *N Engl J Med* 1994;330:1769-1775.
39. **Spin J, Prakash M, Froelicher V, Partington S, Marcus R, Do D, et al.** The prognostic value of exercise testing in elderly men. *Am J Med* 2002;112(6):453-459.
40. **Frontera WR, Meredith CN, O'Reilly KP, Evans WJ.** Strength training and determinants of VO₂max in older men. *J Appl Physiol* 1990;68:329-333.
41. **Millar JP, Pratley E, Goldberg AP.** Strength training increases insulin action in healthy 50- to 65-yr-old men. *J Appl Physiol* 1994;77:1122-1127.
42. **Nelson ME, Fiatarone MA, Morganti CM, Trice I, Greenber RA, Evans WJ.** Effects of high-intensity strength training on multiple risk factors for osteoporotic fractures. *JAMA* 1994;272:1909-1914.
43. **Wolf SL, Barnhart HX, Kutner NG, et al.** and the Atlantic FICSIT Group. Reducing frailty and falls in older persons: an investigation of Tai Chi and computerized balance training. *J Am Geriatr Soc* 1996;44(5):489-497.
44. **Meredith CN, Frontera WR, O'Reilly KP, Evans WJ.** Effect of diet on body composition changes during strength training in elderly men. *J Am Geriatr Soc* 1992;40:155-162.
45. **Campbell WW, Joseph LJO, Davey SL, Cry-Campbell D, Anderson RA, Evans WJ.** Effects of resistance training and chromium picolinate on body composition and skeletal muscle in older men. *J Appl Physiol* 1999;86(1):29-39.
46. **Morley JE.** Effects of testosterone replacement therapy in old hypogonadal males: a preliminary study. *J Am Geriatr Soc*. 1993;41:149-152.
47. **Rudman D, Feller AG, Nagraj HS.** Effects of human growth hormone in men over 60 years old. *N Engl J Med* 1990;323:1-6.
48. **Papadakis MA, Grady D, Black D.** Growth hormone replacement in healthy older men improves body composition but not functional ability. *Ann Intern Med* 1996;124:708-716.
49. **Pette D.** What does electrical stimulation teach us about muscle plasticity? *Muscle Nerve* 1999;22(6):666-77.
50. **American College of Sports Medicine.** The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardio-respiratory and muscular fitness in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 1990;22:265-274.