

# Importancia de la dieta y del ejercicio físico en la prevención de la sarcopenia

M. Esperanza Dudet

Departamento de Nutrición humana y dietética. Escuela Universitaria de Ciencias de la Salud. Universidad de Vic. Barcelona

## Resumen

El envejecimiento se relaciona con cambios en la composición corporal, y uno de estos cambios es la sarcopenia, definida como la pérdida de masa muscular relacionada con la edad. La etiología de este proceso actualmente aún no es bien conocida, pero se puede considerar como un síndrome multifactorial. Las repercusiones clínicas y funcionales que conlleva afectan negativamente a la calidad de vida de la población anciana. Ante esta situación, el principal foco de investigación hoy en día es identificar cuales son las modalidades de actividad física y nutrición apropiadas para obtener efectos positivos en la fisiología muscular de los ancianos. Con esta finalidad se han realizado diversos estudios de intervención combinando dieta y ejercicio. La información obtenida a partir de la revisión bibliográfica nos permite sugerir la siguiente hipótesis: la suplementación energética, el ejercicio físico resistencia o la combinación de ambas intervenciones son herramientas de interés en la prevención de la sarcopenia. Futuros estudios nos proporcionarán la respuesta.

**Palabras clave:** Envejecimiento. Sarcopenia. Suplementación nutricional. Ejercicio físico.

## Introducción

El envejecimiento se relaciona con profundos cambios en la composición corporal: se produce un incremento de la grasa corporal, disminuye la densidad mineral del hueso y existe una progresiva disminución de la masa magra como resultado de la pérdida de tejido músculo-esquelético. Esta pérdida de masa muscular relacionada con la edad se denomina sarcopenia<sup>1-5</sup>.

Los conocimientos sobre el significado de la sarcopenia en los ancianos son limitados debido a la falta de datos epidemiológicos, una incompleta valoración de las consecuencias fisiopatológicas de la disminución de la masa muscular relacionada con la edad y los escasos conocimientos sobre los mecanismos res-

## Summary

Aging is associated with changes in body composition. One of these changes is sarcopenia, defined as the age-related loss in skeletal muscle mass. Etiology of sarcopenia remain not well known, but is a multifactorial syndrome. Clinical and functional repercussions affect in aging life quality negatively, and the focus of major investigations currently is the identification of appropriate modalities of physical activity and nutrition which have positive effects on muscle physiology in the aged. Several control studies have been performed with this aim, and with bibliographic review information we can suggest the hypothesis that energetic supplementation, resistance training or combination of two interventions are interesting instruments in sarcopenia prevention. Future studies will give us the answer.

**Key words:** Aging. Sarcopenia. Nutritional supplementation. Physical activity.

ponsables de este decremento. La sarcopenia supone una carga para la salud pública, y el mayor obstáculo es la determinación de terapias para prevenir o revertir este proceso. Así pues, las investigaciones van dirigidas a: a) determinar el significado clínico y funcional de la sarcopenia; b) conocer su etiología y c) determinar la eficacia de las intervenciones para prevenir o retrasar el desarrollo de la sarcopenia<sup>6</sup>.

## Repercusiones clínicas y funcionales de la sarcopenia

La vejez está asociada con un aumento en la incidencia de diversas enfermedades crónicas, como coronariopatías, Diabetes mellitus tipo 2, osteoporosis

Correspondencia:  
M<sup>a</sup> Esperanza Dudet Calvo  
C/ Asamblea de Catalunya,  
2, 2<sup>o</sup> 3<sup>a</sup>  
08500 Vic (Barcelona)  
E-mail:  
esperanza.dudet@uvic.es

sis, hipertensión<sup>3</sup>, y la sarcopenia puede contribuir a incrementar el riesgo de las mismas<sup>7</sup>. La sarcopenia está estrechamente relacionada con el aumento en el contenido de grasa corporal<sup>1</sup>, el cual se asocia con la hipertensión arterial<sup>8</sup> y con una tolerancia anormal a la glucosa<sup>4,8</sup>. La disminución del músculo-esquelético también puede contribuir a cambios en la sensibilidad a la insulina<sup>2</sup> y a la disminución de la densidad ósea<sup>2,8</sup>. La pérdida de músculo también daña las funciones vitales, como por ejemplo la respiración<sup>9</sup>.

La sarcopenia comporta una disminución de la fuerza muscular y, en consecuencia, una disminución de la independencia funcional<sup>1-4,9,10</sup>. La fuerza muscular es un componente crítico de la habilidad para caminar<sup>2,4</sup>, lo cual explica la pérdida de movilidad y alteración en el equilibrio y, como resultado, un mayor riesgo de caídas y lesiones en la población anciana<sup>2,4,7,9,11-13</sup>.

El gasto energético diario disminuye progresivamente a lo largo de la vida del adulto. En las personas sedentarias el principal determinante del gasto energético es la masa magra, la cual disminuye aproximadamente un 15% entre la tercera y octava década de la vida<sup>2,4,10</sup>, contribuyendo a una menor velocidad del metabolismo basal<sup>2,4,8,10</sup>. Por lo tanto, la sarcopenia puede contribuir en la disminución de los requerimientos energéticos en los ancianos<sup>4,8</sup>.

## Etiología de la sarcopenia

El mecanismo de la sarcopenia todavía no es bien conocido<sup>9,14</sup>, pero se puede hablar de ella como un síndrome multifactorial<sup>9,12</sup> que puede ser atribuido a cambios biológicos de la propia edad, acumulación de enfermedades agudas y crónicas, estilo de vida sedentario y nutrición inadecuada, ya sea de forma general o selectiva<sup>12</sup>.

*Cambios biológicos de la propia edad:* los cambios hormonales como la disminución de la hormona del crecimiento, la menopausia, la andropausia pueden explicar la alteración en la síntesis de proteínas<sup>9</sup>. Durante el envejecimiento existen modificaciones cualitativas y cuantitativas de proteínas en varios tejidos y, concretamente, en el tejido muscular las proteínas miofibrilares y mitocondriales resultan afectadas<sup>14</sup>. Estudios recientes han demostrado que la disminución de la velocidad de síntesis de varias proteínas musculares está relacionada con la edad, de forma que la disminución de la velocidad de síntesis de las proteínas miofibrilares (cadena pesada de la miosina) se ha correlacionado con una disminución de la fuerza muscular, y la de las proteínas mitocon-

driales con la disminución de la tolerancia al ejercicio<sup>15</sup>. También se produce una pérdida de motoneuronas<sup>14</sup>, dando lugar a alteraciones en la interacción nervio-músculo, y por lo tanto en el proceso de excitación-contracción<sup>16</sup>.

*Acumulación de enfermedades agudas y crónicas:* los acontecimientos de la vida y las enfermedades se han sugerido como uno de los principales factores involucrados en la lisis muscular. Las citoquinas y las hormonas del estrés (cortisol) inducen una rápida lisis proteica en el músculo. Las rápidas y sucesivas agresiones que aparecen durante la vida no pueden ser compensadas por la lenta síntesis<sup>9</sup>.

*Estilo de vida sedentario:* el desuso del músculo debido al sedentarismo, al encamamiento, puede explicar la destrucción crónica de proteínas<sup>9</sup>.

*Nutrición inadecuada:* se ha observado que el principal problema en la población anciana débil es la baja ingesta dietética debido a la inactividad<sup>17</sup>, y una inadecuada ingesta de proteínas puede ser una importante causa de sarcopenia<sup>4</sup>. Estas deficiencias nutricionales se han asociado con un incremento de la morbilidad y de la dependencia<sup>18</sup>.

## Medidas de intervención

Preservar y/o aumentar la masa y la fuerza muscular en los ancianos puede ser una vía importante para aumentar la independencia funcional y disminuir la prevalencia de las enfermedades crónicas relacionadas con la edad<sup>10</sup>.

Entre los factores involucrados en la pérdida de masa muscular mencionados anteriormente, el desuso del músculo y la desnutrición son frecuentemente citados como potenciales causas reversibles de la debilidad en los ancianos<sup>11,12,19</sup>. Así pues, el principal foco de investigación en la actualidad es identificar cuales son las modalidades de actividad física y nutrición apropiadas para obtener efectos positivos en la fisiología del músculo de las personas ancianas<sup>12</sup>, y así intentar modificar el proceso de la sarcopenia. Con esta finalidad se han realizado diferentes estudios de intervención combinando dieta y ejercicio.

La suplementación energética en forma de carbohidratos, grasas y proteínas incrementa significativamente el peso corporal<sup>18-20</sup>. Sin embargo no se observan cambios significativos en el tejido adiposo<sup>18,20</sup> ni en el tejido magro, así como tampoco tiene efecto sobre la fuerza muscular ni en los niveles habituales de actividad física<sup>18-20</sup>. Un ligero aumento

en los niveles de folato sérico y la tendencia a mejorar el estado de vitamina D puede atribuirse también a este tipo de suplementación<sup>20</sup>.

Los suplementos proteicos comportan un beneficio nutricional, pues las personas que lo reciben incrementan su peso corporal<sup>13,21</sup>, pero tampoco se asocian con una ganancia de fuerza muscular<sup>21</sup>.

Los suplementos a base de alimentos enriquecidos con micronutrientes (vitaminas y minerales) no dan lugar a cambios en el peso corporal<sup>22</sup>, aunque se observa una tendencia hacia la disminución del mismo<sup>17,23</sup>. Tampoco tienen efecto sobre la masa grasa ni sobre la masa corporal magra. Sin embargo, este tipo de suplemento mejora significativamente la masa ósea y el calcio óseo<sup>23</sup>, incrementa los niveles plasmáticos de 25-hidroxi-vitamina D, vitamina B-12, ácido ascórbico y 5-fosfato-piridoxal, y disminuye los de  $\alpha$ -transcetilasa eritrocitaria (ETK- $\alpha$ ) y  $\alpha$ -glutacion eritrocitaria (EGR- $\alpha$ ). También revela una ligera mejoría en los niveles plasmáticos de albúmina, prealbúmina y T4, pero otros indicadores bioquímicos y hematológicos como la proteína C reactiva, ferritina, transferrina, hemoglobina, hematocrito, hematíes, leucocitos y linfocitos no muestran diferencias significativas<sup>17</sup>.

El ejercicio físico no provoca cambios significativos en el peso corporal, aunque se ha observado una ligera tendencia hacia el incremento del mismo<sup>17,22-24</sup>. Revela una disminución en el porcentaje de grasa corporal<sup>24,25</sup>, aunque en algún estudio no se ha observado modificación alguna en este compartimento. No se ha observado que tenga efectos en los parámetros óseos ni en los indicadores bioquímicos y hematológicos anteriormente citados<sup>23</sup>. El ejercicio de resistencia aumenta la masa muscular<sup>19,24,25</sup> y la fuerza muscular<sup>19,25,26</sup>, y estos cambios están acompañados por una mejora en el nivel de actividad física<sup>19,26</sup>.

La suplementación con multinutrientes no tiene un efecto adicional sobre los resultados obtenidos con el ejercicio de resistencia respecto al tejido magro, la fuerza muscular y el nivel de actividad física<sup>19</sup>.

Una dieta rica en proteínas (dos veces las RDA para proteínas: 1,6 g/kg/día), complementada con un suplemento de multivitaminas y multiminerales, tampoco ejerce un efecto adicional al obtenido con el ejercicio de resistencia sobre la composición corporal, la fuerza muscular y la ingesta energética. Es decir, los cambios inducidos por este tipo de ejercicio no son influenciados por el consumo de una dieta rica en proteínas<sup>25</sup>.

El peso corporal no muestra cambios significativos en las personas sometidas a una intervención con-

junta de suplementación con micronutrientes y ejercicio físico centrado en la destreza, aunque se observa una tendencia hacia un ligero aumento<sup>17,23</sup>. Tampoco se observan variaciones en el tejido magro, la fuerza muscular, la capacidad funcional y los parámetros óseos. Sin embargo, se ha observado un aumento en los niveles plasmáticos de 25-hidroxi-vitamina D, vitamina B-12, ácido ascórbico y 5-fosfato-piridoxal, y por el contrario, no ejercen efecto alguno sobre los niveles de proteína C reactiva, ferritina, transferrina, hemoglobina, hematocrito, hematíes, leucocitos y linfocitos<sup>23</sup>.

## Discusión

A partir de los resultados de los diferentes estudios podemos observar que, tanto la suplementación nutricional como el ejercicio físico provocan cambios en el peso corporal, así como en la composición corporal, la fuerza muscular, capacidad funcional y en diversos indicadores bioquímicos y hematológicos (Tabla 1).

En función del tipo de suplemento dietético utilizado el peso corporal puede o no verse afectado. Una posible explicación se puede encontrar en la cantidad de kilocalorías extra que aportan los suplementos. La suplementación con micronutrientes (vitaminas y minerales) no supone un aumento en la ingesta energética, de forma que el peso no se modifica<sup>22</sup>. Por el contrario, los suplementos con multinutrientes o los suplementos proteicos aportan una cantidad extra de energía, y aunque este tipo de suplementación produce una disminución voluntaria en la ingesta energética de la dieta habitual<sup>19-21</sup>, y el incremento de energía no ha sido el previsto, la energía extra consumida es compatible con el incremento de peso observado<sup>18</sup>.

El ejercicio físico provoca un aumento del metabolismo basal, por un aumento de la actividad metabólica del tejido magro, dando lugar a un incremento de las necesidades energéticas y, consecuentemente, esto supone una disminución del peso corporal. Así pues, los ancianos requieren incrementar la ingesta energética aproximadamente un 15% durante el periodo de ejercicio físico para mantener el peso corporal<sup>25,26</sup> y, ciertamente, se ha encontrado un pequeño pero significativo incremento de la ingesta energética habitual en las personas que realizan ejercicio físico<sup>22</sup>, y también en aquellas que reciben intervenciones conjuntas de suplemento nutricional y ejercicio físico<sup>19</sup>, lo que explica que el peso no se modifique con el ejercicio.

Aunque la suplementación con multinutrientes no produce cambios significativos en el tejido adiposo, se observa una tendencia hacia el aumento de la grasa corporal<sup>18,20</sup>. En algunos estudios se ha descrito un aumento del peso corporal debido a la suplementación energética, sin encontrarse cambios significativos en la masa muscular, sin embargo la masa grasa se ha incrementado<sup>23</sup>. Por lo tanto, el aumento del peso que ocurre en las personas suplementadas energéticamente es explicado por el tejido adiposo y no por el tejido magro<sup>20</sup>.

Los suplementos con micronutrientes, como se ha dicho anteriormente, no suponen un suplemento energético, de forma que no se incrementa ni el peso, ni la masa grasa ni la masa magra.

El efecto del ejercicio físico sobre el tejido adiposo es variable. La explicación puede encontrarse en el tipo de programa realizado, pues cuando el ejercicio es de resistencia da lugar a una disminución en el porcentaje de grasa corporal<sup>24,25</sup>, pero cuando la actividad física da más énfasis a los ejercicios de destreza no se observan cambios en este tejido<sup>23</sup>.

Sea cual sea el tipo de suplemento nutricional utilizado (con multinutrientes, proteico o con micronutrientes), el tejido magro, la fuerza muscular y la capacidad funcional no resultan afectadas. Recientes estudios indican que la ingesta energética requerida para incrementar la masa corporal magra es considerablemente superior a la predeterminada entre los ancianos. A pesar de aumentar el peso corporal tras la suplementación energética con multinutrientes, esta energía es insuficiente como para mostrar cambios significativos en la masa muscular o pequeños cambios en la fuerza muscular, la cual está correlacionada con la masa corporal magra. Además, aunque se incrementa el peso corporal en un periodo corto de tiempo, no es suficiente como para mejorar el estado funcional<sup>18</sup>.

Aparentemente la intervención basada en la suplementación nutricional no ofrece resultados alentadores como para considerarla un posible recurso ante la prevención de la sarcopenia. Si la base metabólica para incrementar la fuerza y tamaño muscular es la estimulación de la síntesis de proteínas musculares, y la ingesta de alimentos puede estimular esta síntesis a partir del aumento en la secreción de insulina, la cual estimula directamente la síntesis proteica<sup>27</sup>, se puede sugerir que la ausencia de efecto sobre el tejido muscular, la fuerza muscular y la capacidad funcional puede ser debido a que el tiempo que ha durado la intervención ha sido corto. Además, no olvidemos que una de las razones para usar suplementos dietéticos es la optimización

Variable	Supl.	Ejercicio	Supl. + Ejer.
Peso corporal	↑/-	-	-
Tejido adiposo	-	↓/-	-
Tejido magro	-	↑	-
Masa ósea	↑	-	-
Calcio óseo	↑	-	-
Fuerza muscular	-	↑	-
Capacidad funcional	-	↑	-
25-hidroxi vitamina D	↑	-	↑
Vitamina B-12	↑	-	↑
Vitamina C	↑	-	↑
5-fosfato piridoxal	↑	-	↑
α-transcetoalasa eritrocitaria	↓	-	-
α-glutation eritrocitaria	↓	-	↑
Albumina	↑	-	-
Prealbúmina	↑	-	-
Tiroxina	↑	-	-
Proteína C reactiva	-	-	-
Ferritina	-	-	-
Transferrina	-	-	-
Hemoglobina	-	-	-
Hematocrito	-	-	-
Hemates	-	-	-
Leucocitos	-	-	-
Linfocitos	-	-	-
Folato	-	ND	ND

↑: aumenta, ↓: disminuye, -: no ejerce efecto, ND: no disponible

Tabla 1.  
Efecto de la  
suplementación  
nutricional y/o  
ejercicio físico

de la función celular, la cual puede ser justificada si la presencia de un nutriente es deficitario en la dieta debido a una inadecuada ingesta de alimentos o una pobre selección de los mismos. Si pensamos que los requerimientos de vitamina D aumentan con la edad debido a que la capacidad de síntesis en la piel es menor, la suplementación dietética con multinutrientes o micronutrientes sería importante en los ancianos para prevenir las consecuencias del déficit de la citada vitamina, como por ejemplo la osteoporosis<sup>28</sup> y la pérdida de fuerza muscular relacionada con la edad<sup>29</sup>, ambas relacionadas con la sarcopenia.

Los programas de ejercicios de resistencia, ya sean de mayor o menor duración (24 y 10 semanas respectivamente) se asocian con un aumento del tejido magro y, en consecuencia, se incrementan la fuerza muscular y la capacidad funcional. Aunque hay una significativa mejora en la síntesis neta de proteínas musculares después del ejercicio, el balance proteico es ligeramente negativo porque en ausencia de ingesta dietética, los aminoácidos necesarios para

sintetizar estas proteínas se obtienen de la ruptura de proteínas musculares<sup>27</sup>. Además, recientemente se ha observado que el ejercicio regular incrementa los requerimientos diarios de proteínas<sup>30</sup>. Por lo tanto, para lograr un balance proteico positivo en el músculo, se requiere la ingesta de alimento<sup>27</sup>.

Un suplemento proteico tomado inmediatamente después del ejercicio puede tener un mayor efecto en la síntesis de proteína muscular que si es ingerido más tarde, pues el músculo es más eficiente en la utilización de los aminoácidos proporcionados<sup>27</sup>. Este puede ser el motivo por el cual la suplementación dietética no ha proporcionado un efecto adicional al logrado con el ejercicio físico, pues no se ha tenido en consideración el momento en el que se ha administrado el suplemento.

Una posible explicación que justifique la ausencia de efecto del ejercicio físico sobre los parámetros óseos puede ser el tiempo que ha durado el programa, pues estudios de larga duración muestran que el ejercicio puede influenciar positivamente en la densidad ósea<sup>23,31</sup>.

## Conclusión

Ante la información revisada respecto a la relación entre dieta, ejercicio y sarcopenia podemos sugerir la siguiente hipótesis: *la suplementación nutricional energética, el ejercicio físico de resistencia o la combinación de ambas intervenciones son herramientas de interés en la prevención de la sarcopenia*.

Hemos podido comprobar que existen evidencias que confirman los efectos favorables de este tipo de ejercicio físico como medida preventiva, pero respecto a la suplementación dietética sería preciso realizar en el futuro intervenciones de mayor duración (superior a 12 semanas) para confirmar esta hipótesis. Así mismo, en el caso de la combinación de dieta y ejercicio también sería de interés tener en consideración, en los próximos estudios, el momento de la ingestión del suplemento en relación con el ejercicio físico, administrándolo inmediatamente después.

## Bibliografía

- Evans WJ, Campbell WW. Sarcopenia and age-related changes in body composition and functional capacity. *J Nutr* 1993;123(2Suppl):465-8.
- Evans WJ. What is sarcopenia? *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 1995;50(SpecNo):5-8.
- Fielding RA. The role of progressive resistance training and nutrition in the preservation of lean body mass in the elderly. *J Am Coll Nutr* 1995;14(6):587-94.
- Evans WJ. Functional and metabolic consequences of sarcopenia. *J Nutr* 1997;127(5Suppl):998S-1003S.
- Singh MA. Combined exercise and dietary intervention to optimize body composition in aging. *Ann N Y Acad Sci* 1998;854:378-93.
- Dutta C, Hadley EC. The significance of sarcopenia in old age. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 1995;50(Spec No):1-4.
- Dutta C. Significance of sarcopenia in the elderly. *J Nutr* 1997;127(5Suppl):992S-993S.
- Evans WJ. Reversing sarcopenia: how weight training can build strength and vitality. *Geriatrics* 1996;51(5):46-7,51-3;quiz 54.
- Moulias R, Meaume S, Raunaud-Simon A. Sarcopenia, hypermetabolism, and aging. *Z Gerontol Geriatr* 1999;32(6):425-32.
- Evans WJ, Cyr-Campbell D. Nutrition, exercise, and healthy aging. *J Am Diet Assoc* 1997;97(6):632-8.
- Fiatarone MA, O'Neill EF, Doyle N, Clements KM, Roberts SB, Kehayias JJ, Lipsitz L, Evans WJ. The Boston FICSIT study: the effects of resistance training and nutritional supplementation on physical frailty in the oldest old. *J Am Geriatr Soc* 1993;41(3):333-7.
- Fiatarone MA, Evans WJ. The etiology and reversibility of muscle dysfunction in the aged. *J Gerontol* 1993;48(Spec No):77-83.
- Johnson LE, Dooley PA, Gleick JB. Oral nutrition supplement use in elderly nursing home patients. *J Am Geriatr Soc* 1993;41(9):947-52.
- Beaufre B, Boirie Y. Aging and protein metabolism. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 1998;1(1):85-9.
- Proctor DN, Balagopal P, Nair KS. Age-related sarcopenia in humans is associated with reduced synthetic rates of specific muscle proteins. *J Nutr* 1998;128(2):351S-5S.
- McCarter RJ. Age-related changes in skeletal muscle function. *Aging (Milano)* 1990;2(1):27-38.
- De Jong N, Paw M, de Groot L.C, de Graaf C, Kok FJ, van Staveren WA. Functional biochemical and nutrient indices in frail elderly people are partly affected by dietary supplements but not by exercise. *J Nutr* 1999;129(11):2028-36.
- Gray-Donald K, Payette H, Boutier V. Randomized clinical trial of nutritional supplementation shows little effect on functional status among free-living frail elderly. *J Nutr* 1995;125(12):2965-71.
- Fiatarone M.A, O'Neill EF, Ryan ND, Clements KM, Solares GR, Nelson ME, Roberts SB, Kehayias JJ, Lipsitz LA, Evans WJ. Exercise training and nutritional supplementation for physical frailty in very elderly people. *N Engl J Med* 1994;330(25):1769-75.

20. Fiatarone MA, Berstein MA, Ryan AD, O'Neill EF, Clements KM, Evans WJ. The effect of oral nutritional supplements on habitual dietary quality and quantity in frail elders. *J Nutr Health Aging* 2000;4(1):5-12.
21. Lauque S, Arnaud-Battandier F, Mansourian R, Guisoz Y, Paintin M, Nourhashemi F, Vellas B. Protein-energy oral supplementation in malnourished nursing-home residents. A controlled trial. *Age Ageing* 2000;29(1):51-6.
22. De Jong N, Paw MJ, de Graaf C, van Staveren WA. Effect of dietary supplements and physical exercise on sensory perception, appetite, dietary intake and body weight in frail elderly subjects. *Br J Nutr* 2000;83(6):605-13.
23. De Jong N, Paw MJ, de Groot LC, Hiddink GJ, van Staveren WA. Dietary supplements and physical exercise affecting bone and body composition in frail elderly persons. *Am J Public Health* 2000;90(6):947-54.
24. Nichols JF, Omizo DK, Peterson KK, Nelson KP. Efficacy of heavy-resistance training for active women over sixty: muscular strength, body composition, and program adherence. *J Am Geriatr Soc* 1993;41(3):205-10.
25. Campbell WW, Crim MC, Joung VR, Evans WJ. Increased energy requirements and changes in body composition with resistance training in older adults. *Am J Clin Nutr* 1994;60(2):167-75.
26. Evans WJ. Exercise training guidelines for the elderly. *Med Sci Sports Exerc* 1999;31(1):12-7.
27. Wolfe RR. Protein supplements and exercise. *Am J Clin Nutr* 2000;72(suppl):551s-7s.
28. Zeisel SH. Is there a metabolic basis for dietary supplementation? *Am J Clin Nutr* 2000;72(2Suppl):507S-11S.
29. Bischoff HA, Stahelin HB, Urscheler N, Ehram R, Vonthein R, Perring Ciello P, Tyndall A, Theiler R. Muscle strength in the elderly: its relation to vitamin D metabolites. *Arch Phys Med Rehabil* 1999;80:1, 54-8.
30. Lemon PV. Beyond the zone: protein needs of active individuals. *J Am Coll Nutr* 2000;19(5 suppl):513s-521s.
31. Peterson M. Reversing sarcopenia: how weight training can build strength and vitality. *Geriatrics* 1996;51(5):46-53.

