Revista de Educación Física, (Rev Edu Fís / J Physical Edu) 2022, 1(4)

Selected Papers from Impact

Entrenamiento con Sobrecarga para Adultos Mayores: Manipulación de las Variables de Entrenamiento para Mejorar la Fuerza Muscular

Resistance Training for the Older Adult Manipulating Training Variables to Enhance Muscle Strength

Daniel A Galvão[1] y Dennis R Taaffe[2]

[1]*Edith Cowan University, Perth, Western Australia, Australia.*
[2]*The University of Queensland, Brisbane, Queensland, Australia.*

RESUMEN

El entrenamiento con sobrecarga ha mostrado incrementar en forma confiable y sustancial la fuerza muscular de adultos mayores, y estas mejoras se ven acompañadas de una mejora en el rendimiento funcional. Se deberían manipular las variables de entrenamiento para mejorar la fuerza muscular y minimizar el riesgo de lesión en esta población.

Palabras Clave: adultos mayores, variables de entrenamiento, rendimiento funcional

ABSTRACT

Resistance training has beenshowntoreliably and substantiallyenhancemusclefunction in olderadults and theseimprovements can be accompaniedbyimproved functional performance. Training variablesshould be manipulatedtoenhancemusclestrength and minimizeinjuryrisks in thispopulation.

Keywords: older adults, training variables, functional performance

INTRODUCCION

La reducción en la masa muscular y la fuerza (21, 28, 35), son características bien conocidas del envejecimiento normal y que contribuyen a la reducción de la función física, tal como la capacidad para levantarse de un asiento, subir escaleras,

cruzar en forma segura una calle, realizar las tareas del hogar y en consecuencia estos individuos experimentan una pérdida de la independencia (5, 51). Con el envejecimiento de la población, se produce una sobrecarga de los servicios de cuidados de la salud y de los servicios de cuidados de personas, para ayudar a los individuos con una disminuida función física. Sin embargo, el entrenamiento con sobrecarga es un modo de ejercicio que ha mostrado ser seguro para el acondicionamiento neuromuscular, para mejorar la fuerza y la potencia muscular y para mantener e incrementar modestamente la densidad mineral ósea en adultos mayores (16, 22, 35, 40, 50). Estos cambios fisiológicos, también están vinculados con la mejora del rendimiento funcional, reduciendo el riesgo de caídas y fracturas óseas (16, 50, 51). En adultos mayores saludables, se han observado mejoras del 12-18% en la velocidad de caminata luego de 4-5 meses de entrenamiento con sobrecarga (29, 49); mientras que otros han reportado mejoras en la capacidad para levantarse de un asiento (50), en el equilibrio dinámico (40) y en la resistencia durante la realización de ejercicios tales como ciclismo, caminata y subidas de escaleras (38). Estos beneficios parecen ser más sustanciales en adultos mayores frágiles, para los cuales el objetivo es depender menos de ayudas para la movilidad tales como caminadores y bastones (16, 17). A pesar de los reconocidos beneficios asociados con el entrenamiento de la fuerza, la efectividad de un programa de entrenamiento con sobrecarga depende de diversos factores tales como la intensidad del entrenamiento (la carga), el número de series y repeticiones, la frecuencia de entrenamiento, la velocidad de movimiento y la periodización (19, 31, 43). Por lo tanto, cuando se prescriben ejercicios con sobrecarga, el requerimiento de una dosis apropiada de entrenamiento es crítico para maximizar los beneficios sin el riesgo de inducir sobreentrenamiento o incrementar el riesgo de lesiones. Específicamente, en participantes muy ancianos o frágiles, se debe tener precaución respecto del potencial para provocar lesiones ortopédicas con el entrenamiento de alta intensidad (3), aunque los estudios llevados a cabo hasta la fecha indican que es una forma segura de ejercicio para estas poblaciones (16, 17). No obstante, la prescripción de un volumen de ejercicio inapropiado y de un tiempo insuficiente de recuperación podría, potencialmente, exacerbar el riesgo de lesiones o provocar dolor dificultando así la recuperación y el proceso de adaptación. Además, un alto volumen de trabajo o una gran frecuencia de entrenamiento pueden impactar negativamente el gusto de los sujetos por la sesión de ejercicio y el régimen de entrenamiento, lo cual reduciría la adherencia al ejercicio.

Recientemente el Colegio Americano de Medicina del Deporte (ASCM) ha publicado una declaración de posición respecto de los modelos de entrenamiento con sobrecarga progresivos para adultos mayores saludables incluyendo a los ancianos (31). En comparación con recomendaciones previas (1, 2), los agregados clave de esta declaración de posición para el entrenamiento de ancianos incluyen: el entrenamiento de la potencia muscular, utilización de variación en el entrenamiento (periodización) y en el incremento del número de series a medida que los individuos progresan en su entrenamiento. Sin embargo, aun faltan datos respecto de la cantidad apropiada de entrenamiento requerida en un programa de ejercicio para mejorar significativamente la fuerza en esta población, específicamente en ancianos frágiles. En el presenta artículo revisaremos brevemente (a) las variables del entrenamiento con sobrecarga a tener en cuenta para el desarrollo de la fuerza en adultos mayores y (b) discutiremos algunas guías y procedimientos para la implementación de programas de entrenamiento.

Intensidad

La intensidad del entrenamiento es una variable esencial del entrenamiento que puede manipularse para aumentar las ganancias de fuerza. El porcentaje de una repetición máxima (1RM) y de un número específicos de repeticiones máximas son estrategias utilizadas para manipular y controlar la intensidad del entrenamiento con sobrecarga (31). Se sabe bien que las mayores intensidades de entrenamiento (≤ 11 RM) inducen mayores ganancias en la fuerza y la hipertrofia muscular, mientras que las menores intensidades (≥ 20 RM) están relacionadas con un las adaptaciones asociadas a la resistencia muscular (12). Si bien la mayoría de los estudios llevados a cabo con adultos mayores han utilizado intensidades mayores del 65% de RM u 8-12 RM (14, 16, 17, 22, 36, 40, 45, 49, 50, 53), dos estudios que compararon el entrenamiento de baja y alta intensidad detectaron similares mejoras en la fuerza muscular con ambos regímenes (52, 54). El primer estudio, llevado a cabo por Taaffe y colaboradores (52), investigó los efectos de un programa de entrenamiento progresivo de la fuerza de un año de duración sobre la fuerza muscular, el área de sección cruzada de las fibras musculares, y la densidad mineral ósea en un grupo de individuos saludables de 65 años o más que residían en un asilo para ancianos. Los sujetos fueron aleatoriamente asignados a uno de tres grupos; entrenamiento de baja intensidad (LI) que realizó series de 14 repeticiones al 40% de 1RM, entrenamiento de alta intensidad (HI) que realizó series de 7 repeticiones al 80% de 1RM, o a un grupo control (CO) que no realizó ejercicio. Para las primeras dos semanas de entrenamiento, la intensidad fue del 35% y del 70% de 1RM para los grupos de baja y alta intensidad, respectivamente; y luego se incrementó hasta la intensidad objetivo. Para asegurar que el programa de entrenamiento fuera progresivo, se llevó a cabo la evaluación de la fuerza en 1RM cada dos semanas (en las primeras 15 semanas) y luego cada 3 semanas, y estos nuevos valores fueron utilizados para ajustar la carga de entrenamiento. Si bien hubo diferencias entre los grupos respecto de la intensidad, la cantidad de trabajo realizado fue similar. Sorprendentemente, ambas intensidades de entrenamiento fueron suficientes para promover ganancias de fuerza e hipertrofia significativas luego de 52 semanas de entrenamiento (Figura 1).

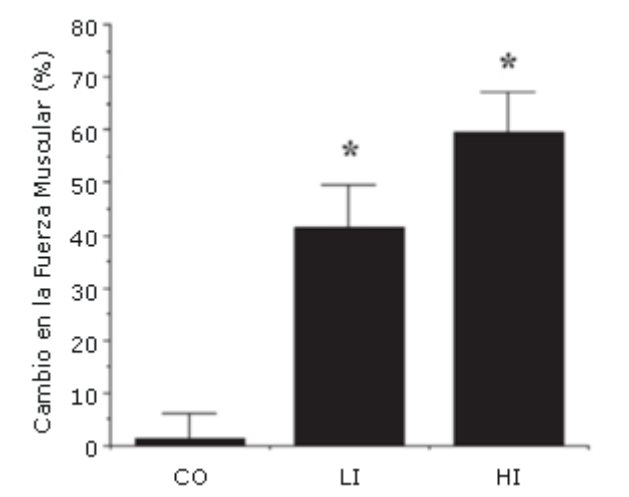

Figura 1. *Porcentaje de cambio en la fuerza muscular del tren inferior (prensa de piernas, extensiones de rodilla y flexiones de rodilla) luego de 52 semanas de entrenamiento en hombres ancianos. CO = control, LI = baja intensidad, HI = alta intensidad. *Significativamente diferente del grupo CO (p<0.001). Los valores son medias ± EE. (extraído de Taaffe DR,Pruitt L, Pyka G, Guido D,Marcus R.Comparative effects of high- and low-intensity resistance training on thigh muscle strength, fiber area, and tissue composition in elderly men. Clin. Physiol. 16:381–392. 1996.)*

Recientemente, Vincent y asociados (54) también examinaron los efectos de diferentes intensidades de entrenamiento con sobrecarga en adultos ancianos. Los participantes fueron aleatoriamente asignados a un grupo LI (series de 13 repeticiones al 50% de 1RM), a un grupo HI (series de 8 repeticiones al 80% de 1RM) o a un grupo CO durante 25 semanas. Los grupos de ejercicio realizaron un volumen similar de entrenamiento (series × repeticiones × peso levantado). En concordancia con los hallazgos de Taaffe et al. (52), no se observaron diferencias significativas respecto de las ganancias de fuerza entre los grupos. Además, se observó una reducción en el tiempo para subir escaleras sin observarse diferencias entre los grupos de entrenamiento, indicando que se produjo una mejora en el rendimiento funcional sin considerar la intensidad de entrenamiento. Si bien, la reciente declaración de posición del ASCM (31) sugiere la utilización de intensidades de entrenamiento en el rango del 60-80% de 1RM; estos dos estudios respaldan la noción de que pueden utilizarse intensidades de hasta el 40-50% de 1RM para promover ganancias comparables en la fuerza en individuos previamente desentrenados y en las etapas iniciales del un programa para el fortalecimiento. La utilización de menores intensidades puede ser útil para aquellos que experimentan cierta aprehensión por los programas de entrenamiento de alta intensidad (52). Dado que los beneficios derivan solo del ejercicio con sobrecarga, si estos se realiza la actividad en forma regular, la estrategia de utilizar bajas intensidades de entrenamiento en las primeras etapas, puede contribuir a promover la adherencia en aquellos que normalmente abandonan los programas de entrenamiento para la mejora de la aptitud física antes de que se vuelvan parte de su rutina semanal y antes de que puedan apreciar los efectos beneficiosos de su participación. La utilización de bajas intensidades también puede ser beneficiosa para reducir el riesgo de lesiones agudas y por sobreuso que se producen como resultado del régimen de entrenamiento. Además, un programa de entrenamiento con sobrecarga de baja intensidad puede ser de valor para mejorar la fuerza en las fases tempranas del programa de entrenamiento en aquellos sujetos con osteoartritis o en aquellos para los cuales la utilización de una alta sobrecarga articular está contraindicada.

Frecuencia de Entrenamiento

La planificación de una frecuencia apropiada de entrenamiento es esencial para promover adaptaciones y para permitir una adecuada recuperación entre las sesiones de entrenamiento (19). Si bien la mayoría de los estudios llevados a cabo con adultos ancianos han utilizado una frecuencia de 3 sesiones semanales (14, 16–18, 30, 36, 39, 40, 45, 49, 52, 54), la utilización de una menor frecuencia también ha resultado en una considerable mejora de la fuerza a corto plazo. Taaffe y colaboradores (50), compararon frecuencias de entrenamiento de 1, 2 y 3 sesiones semanales durante 24 semanas de entrenamiento, y no observaron diferencias estadísticamente significativas en respecto de la mejora de la fuerza muscular entre los tres grupos (Figura 2). La fuerza muscular promedio en 8 ejercicios para el tren superior e inferior se incrementó en un 37, 42 y 40% en los grupos que entrenaron 1, 2 y 3 veces por semana, respectivamente. Además, no se reportaron diferencias respecto de las ganancias de fuerza entre el tren superior e inferior, y todos los grupos que realizaron ejercicio exhibieron mejoras similares entre el inicio y la semana 24.

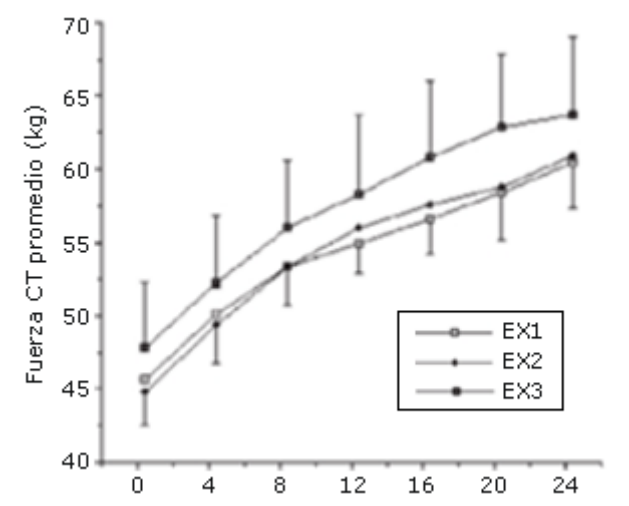

Figura 2. *Cambio en la fuerza muscular corporal total (CT), para frecuencias de entrenamiento de 1 sesión (EX1), 2 sesiones (EX2) y 3 sesiones (EX3) semanales durante 24 semanas de entrenamiento en hombres y mujeres ancianos previamente desentrenados. Los valores son medias ± EE. (Reimpreso con permiso de Taaffe DR, Duret C, Wheeler S, Marcus R.Once-weekly resistance exercise improves muscle strength and neuromuscular performance in older adults. J.Am.Geriatr.Soc.47:1208–1214. 1999.)*

Además, los grupos que se ejercitaron experimentaron cambios similares en los tests de rendimiento funcional tales como levantarse de una silla y realizar una caminata hacia atrás en 6 metros. Por lo tanto, los resultados de este estudio indican que el entrenamiento con sobrecarga llevado a cabo una y dos veces por semana puede estimular adaptaciones fisiológicas similares a las observadas con 3 sesiones de entrenamiento en una población de ancianos y durante las primeras 24 semanas del programa de entrenamiento.

Nelson et al (40) y McCartney et al (38) también utilizaron una frecuencia de dos sesiones semanales durante intervenciones a largo plazo y observaron ganancias en la fuerza similares a las observadas en aquellos estudios que emplearon una frecuencia de 3 sesiones semanales (14, 44, 45). A la inversa, se ha propuesto que en adultos jóvenes y de mediana edad, las adaptaciones neuromusculares al entrenamiento dependen de la frecuencia de entrenamiento (10, 23). Estos hallazgos contradictorios posiblemente pueden explicarse por el hecho de que muchos ancianos tienen un bajo nivel de aptitud física, lo que deriva en respuestas favorables al entrenamiento sin considerar la frecuencia de los estímulos semanales en comparación con los sujetos más jóvenes.

Los adultos ancianos pueden beneficiarse significativamente de una menor frecuencia de entrenamiento al reducir la probabilidad de sufrir lesiones por sobreuso como resultado del mayor tiempo de recuperación entre las sesiones. Además, algunas de las limitaciones que experimentan los sujetos ancianos para participar en un programa de entrenamiento incluyen la disponibilidad de tiempo y el transporte, por lo que puede ser más práctico utilizar frecuencias de 1 o 2 sesiones semanales, mejorando así el cumplimiento. En efecto, McCartney et al (38), propusieron que la utilización de una frecuencia de 2 sesiones semanales en lugar de la usual frecuencia de 3 sesiones semanales pudo haber sido un factor importante para obtener altas tasas de cumplimiento (84%) y asistencia (85%) en su estudio de 2 años de duración.

Número de Series

¿Cuál es el número óptimo de series para mejorar las ganancias en la fuerza máxima? Si bien esta cuestión provocado mucha discusión en los años recientes (11, 13), varios estudios recientes (8, 9, 34, 37, 42, 46–48) han confirmado los hallazgos de Berger (7), quién observó que, en adultos jóvenes, se producían mayores ganancias en la fuerza con la utilización de múltiples series. Si bien la mayoría de los estudios que han examinado los efectos del entrenamiento con sobrecarga en adultos mayores han utilizado protocolos con series múltiples (14, 16–18, 22, 27, 30, 36, 40, 44, 45, 49, 50), algunos han utilizado regímenes con series únicas (6, 54, 55) observando ganancias similares en la fuerza. Dado el estatus de desentrenado de muchos de los ancianos, todavía queda por determinar si es necesario utilizar series múltiples para incrementar significativamente u optimizar las ganancias de fuerza y mejorar el rendimiento funcional, al menos en los primeros meses de un régimen de entrenamiento.

Velocidad de Movimiento

Recientemente, se ha incrementado el interés por la velocidad de movimiento durante la realización de ejercicios con

sobrecarga, especialmente para adultos ancianos, debido al gran potencial de esta estrategia para mejorar la potencia muscular además de la fuerza. Esto es importante debido a que los adultos mayores pierden potencia muscular en mayor medida que fuerza muscular (18), y a que se ha observado que la potencia muscular tiene una alta asociación con la capacidad de los ancianos para realizar actividades cotidianas en forma independiente (4, 5, 18, 20, 39). Además, la capacidad para generar fuerza rápidamente es importante para responder a alteraciones en el ambiente, tal como la prevención de caídas debido a la pérdida de estabilidad postural. Fielding et al (18) recientemente compararon los efectos de un entrenamiento llevado a cabo a alta velocidad (HS) con los efectos del entrenamiento a baja velocidad (LS) llevado a cabo durante 16 semanas. Ambos grupos realizaron 3 series de 8 repeticiones al 70% de 1RM en los ejercicios de prensa bilateral de piernas y extensiones unilaterales de rodillas. El grupo HS fue estimulado para que completara la fase concéntrica lo más rápido posible habiendo completado la fase excéntrica en 2 segundos, mientras que el grupo LS completó tanto la fase concéntrica como excéntrica en 2 segundos. Los resultados indicaron que ambos grupos de entrenamiento exhibieron incrementos similares en la fuerza de las extremidades inferiores. Sin embargo, la potencia muscular pico fue significativamente mayor en el grupo HS que en el grupo LS, indicando mayores adaptaciones neurológicas asociadas con la mayor velocidad de movimiento. Recientemente, Miszko et al (39) también examinaron los efectos del entrenamiento de “potencia” (PT), del entrenamiento de la fuerza y la asociación de ambos protocolos de entrenamiento sobre el rendimiento funcional y la potencia anaeróbica. El programa de entrenamiento consistió de 3 ejercicios para el tren superior y 3 ejercicios para el tren inferior para ambos grupos de entrenamiento; sin embargo, el grupo PT utilizó una carga del 40% de 1RM para realizar las repeticiones a alta velocidad (1 segundo para la fase concéntrica y 2 segundos para la fase excéntrica), mientras que el grupo que entrenó la fuerza realizó las repeticiones en forma controlada y lenta (4 segundos para la fase concéntrica) con una carga del 80% de 1RM. En concordancia con Fielding et al (18), ambos grupos exhibieron incrementos similares en la fuerza y no se observaron diferencias significativas entre los grupos. Por otra parte, si bien no se detectaron diferencias en la potencia anaeróbica pico, el grupo PT exhibió mejoras en diversas tareas para valorar la función física en mayor medida que el grupo ST. Por lo tanto, como se mencionara en la reciente recomendación del ASCM (31), la inclusión del entrenamiento de la fuerza explosiva para adultos mayores puede tener un impacto significativo sobre la pérdida de la función física relacionada con la edad.

Variación del Entrenamiento (Periodización)

Algunos estudios llevados a cabo con adultos mayores utilizaron variables de entrenamiento constantes (14, 16, 17, 22, 40, 44, 45, 49, 50), mientras que otros (24–26, 32, 41) utilizaron la variación del entrenamiento durante la intervención. Si bien la importancia de la variación del entrenamiento respecto de la mejora de la fuerza en adultos jóvenes y de mediana edad ha sido demostrada previamente (33, 34), hasta la fecha solo un estudio que examinó la variación del entrenamiento (intensidad) en adultos mayores no observó adaptaciones adicionales con esta estrategia. Hunter et al (30) llevaron a cabo un estudio de 25 semanas de duración para valorar los efectos de la variación en la intensidad del entrenamiento sobre la fuerza muscular, la composición corporal, y el rendimiento en tareas funcionales. Los sujetos fueron aleatoriamente asignados a un grupo que entrenó a alta intensidad, con una carga del 80% de RM, 3 veces por semana o a un grupo que realizó la variación del entrenamiento, entrenado con cargas del 50, 65 y 80% de 1RM. Los sujetos realizaron 2 series de 10 repeticiones o repeticiones hasta el agotamiento, lo que se produjera primero, en 10 ejercicios. Si bien, nos se observaron diferencias significativas entre los grupos, es importante señalar que en adultos jóvenes se han observado ganancias adicionales con la periodización que estuvieron relacionadas con la variación del volumen y la intensidad del entrenamiento (33, 34).

La razón de implementar la variación del entrenamiento se relaciona con el hecho de evitar lesiones por sobreuso y maximizar los beneficios a nivel neuromuscular. Además, se ha propuesto que en adultos jóvenes, una vez que se ha alcanzado cierto nivel de fuerza muscular inicial, la variación del entrenamiento es una estrategia importante para producir adaptaciones neuromusculares adicionales (33, 34). Por lo tanto, aun queda por determinar si una intervención a largo plazo (> 25 semanas) periodizada (variación de la intensidad y el volumen) induciría mayores ganancias de fuerza en individuos ancianos que hayan alcanzado el estatus de entrenado. Sin embargo, se debe tener en mente que, los adultos mayores, en los primeros meses del entrenamiento puede exhibir ganancias substanciales en la fuerza muscular con el entrenamiento tradicional o no periodizado, y que el objetivo de entrenamiento en adultos mayores es mantener o mejorar su capacidad para realizar actividades cotidianas y por lo tanto preservar su independencia y calidad de vida. Para este fin, los programas de entrenamiento tradicionales o no periodizados pueden tener la capacidad de incrementar significativamente la fuerza muscular.

Recomendaciones para el Diseño de Programas de Entrenamiento

Lo que es claro de los estudios llevados a cabo con adultos mayores, incluyendo a individuos muy ancianos, es que el sistema neuromuscular, aun con el envejecimiento, mantiene un alto nivel de adaptabilidad. Además, debido a que muchos ancianos tienen una muy baja aptitud física, las respuestas favorables en la fuerza y la función resultan de una variedad de regímenes de entrenamiento, incluso aquellos que implican intensidades y frecuencias relativamente bajas, lo que puede reducir el riesgo de lesiones asociadas al entrenamiento. Además, los individuos ancianos pueden realizar entrenamientos

de alta velocidad en forma segura para aumentar la potencia muscular, lo cual puede tener un papel significativo en la restauración del rendimiento funcional en los ancianos. Por lo tanto, la clave es incorporar el entrenamiento con sobrecarga mediante actividades semanales. La realización de 1-3 series en varios ejercicios para el tren inferior y el tren superior a una intensidad del 40-50% de 1RM, y realizados a diferentes velocidades de movimiento, al menos una vez por semana será suficiente para mejorar significativamente la fuerza en individuos desentrenados. Es importante señalar que estas mejoras en la fuerza pueden estar acompañadas por la mejora del rendimiento funcional. El entrenamiento de alta intensidad también puede ser llevado a cabo en forma segura por los adultos mayores, quienes toleran bien este tipo de entrenamiento, aunque no es crucial para mejorar la fuerza a corto plazo. A medida que el entrenamiento progresa, puede implementarse el incremento en la intensidad y la variación del entrenamiento. Sin embargo se debe tener presente que lo más importante para estos sujetos es que el entrenamiento sea seguro. Se pueden utilizar diversas vías para monitorear el entrenamiento, aunque si el monitoreo del régimen de entrenamiento es muy riguroso, costoso o lleva mucho tiempo, los individuos pueden desistir del programa de entrenamiento. El ACSM recomienda realizar un test de ejercicio supervisado por un médico para hombres de 45 años y para mujeres de 55 años o más que planean participar en un programa de ejercicios vigorosos (3). De acuerdo con Evans (15), este test puede no ser necesario para aquellos que simplemente participan en un programa de entrenamiento con sobrecarga, y Evans (15) sugiere la utilización de un cuestionario desarrollado por Fiatarone para aquellos que participan en un programa de ejercicios, sería suficiente para determinar quién requiere de una evaluación médica. Debido a que los adultos mayores visitan regularmente a sus médicos para el manejo de diversas condiciones, otra forma de monitoreo es que los sujetos obtengan el permiso médico (luego de que este haya sido informado acerca de la naturaleza del régimen de ejercicio) y que completen un cuestionario sobre su historial de salud de manera que el profesional del ejercicio tenga un completo conocimiento del estatus de salud de su cliente. Además del apropiado monitoreo de los sujetos, un aspecto crítico al trabajar con adultos mayores proveer instrucción y supervisión de calidad a través de entrenadores calificados. Los entrenadores deben tener la capacidad de estimular la participación de los sujetos, realizar modificaciones apropiadas al entrenamiento en base a cualquier condición crónica (y en base al estatus diario de diversas condiciones tal como la osteoartritis), y de concentrarse en lo que es importante para los ancianos; para así asegurar que estos disfruten del entrenamiento y continúen con el mismo. La importancia de la interacción social entre el cliente y el entrenador nunca es más importante que cuando se trabaja con adultos mayores.

CONCLUSION

El entrenamiento con sobrecarga ha mostrado de manera consistente y substancial provocar mejoras en la fuerza muscular de adultos mayores, y esta mejora en la fuerza puede verse acompañada de una mejora en el rendimiento funcional. Una cuestión crítica que todavía debe resolverse es como hacer que los adultos mayores realicen este tipo de entrenamiento, especialmente aquellos que obtendrán los mayores beneficios, tal como los ancianos más frágiles. Existen diversas limitaciones a la participación de los ancianos en un programa de ejercicio tales como el estatus de salud, el conocimiento del ejercicio, el acceso a instalaciones y equipamiento y la disponibilidad de tiempo y de transporte. Se deben superar estas limitaciones si se desea la participación a gran escala de los ancianos y que se obtengan los beneficios tanto a nivel individual como comunal.

REFERENCIAS

1. American College of Sports Medicine position stand (1998). Exercise and physical activity for older adults. *Med. Sci. Sports Exerc. 30:992–1008*
2. American College of Sports Medicine position stand (1998). The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Med. Sci. Sports Exerc. 30:975–991*
3. American College of Sports Medicine, and E.P. Johnson (2000). ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. *Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins*
4. Bean, J.F., D.K. Kiely, S. Herman, S.G. Leveille, K. Mizer, W.R. Frontera, and R.A. Fielding (2002). The relationship between leg power and physical performance in mobility-limited older people. *J. Am. Geriatr. Soc. 50:461–467*
5. Bellew, J.W., J.W. Yates, and D.R. Gater (2003). The initial effects of low-volume strength training on balance in untrained older men and women. *J. Strength Cond. Res. 17:121–128*
6. Berger, R.A (1962). Effect of varied weight training programs on strength. *Res. Q. 33:168–181*
7. Blaak, J.B., T. Triplett-McBride, and J. McBride (2002). Effects of volume and exercise complexity on strength gains and lean body mass in untrained men and women [Abstract]. *J. Strength Cond. Res. 16:2*
8. Borst, S.E., D.V. De Hoyos, L. Garzarella, K. Vincent, B.H. Pollock, D.T. Lowenthal, and M.L. Pollock (2001). Effects of resistance

training on insulinlike growth factor-1 and IGF binding proteins. *Med. Sci. Sports Exerc. 33:648653*
9. Braith, R.W., J.E. Graves, M.L. Pollock, S.L. Leggett, D.M. Carpenter, and A.B. Colvin (1984). Comparison of 2 vs. N3 days/week of variable resistance training during 10- and 18-week programs. *Int. J. Sports Med. 10:450454*
10. Byrd, R., T.J. Chandler, M.S. Conley, A.C. Fry, G.G. Haff, A. Koch, F. Hatfield, K.B. Kirksey, J. McBride, T. McBride, (1999). H. Newton, O. Hs, M.H. Stone, K.C. Pierce, S. Plisk, M. Ritchie-Stone, and D. Wathen. Strength training: Single versus multiple sets. *Sports Med. 27:409416*
11. Campos, G.E., T.J. Luecke, H.K. Wendeln, K. Toma, F.C. Hagerman, T.F. Murray, K.E. Ragg, N.A. Ratamess, W.J. Kraemer, and R.S. Staron (2002). Muscular adaptations in response to three different resistancetraining regimens: Specificity of repetition maximum training zones. *Eur. J. Appl. Physiol. 88:50 60*
12. Carpinelli, R.N., and R.M. Otto (1998). Strength training: Single versus multiple sets. *Sports Med. 26:73 84*
13. Charette, S.L., L. McEvoy, G. Pyka, C. Snow-Harter, D. Guido, R.A. Wiswell, and R. Marcus (1991). Muscle hypertrophy response to resistance training in older women. *J. Appl. Physiol. 70:1912 1916*
14. Evans, W.J (1999). Exercise training guidelines for the elderly. *Med. Sci. Sports Exerc. 31:12 17*
15. Fiatarone, M.A., E.C. Marks, N.D. Ryan, C.N. Meredith, L.A. Lipsitz, and W.J. Evans (1990). High-intensity strength training in nonagenarians: Effects on skeletal muscle. *JAMA. 263:3029 3034*
16. Fielding, R.A., N.K. Lebrasseur, A. Cuoco, J. Bean, K. Mizer, and M.A. Fiatarone Singh (2002). High-velocity resistance training increases skeletal muscle peak power in older women. *J. Am. Geriatr. Soc. 50:655 662*
17. Fleck, S.J., and W.J. Kraemer (1997). Designing Resistance Training Programs. *Champaign, IL: Human Kinetics*
18. Foldvari, M., M. Clark, L.C. Laviolette, M.A. Bernstein, D. Kaliton, C. Castaneda, C.T. Pu, J.M. Hausdorff, R.A. Fielding, and M.A. Singh (2000). Association of muscle power with functional status in community-dwelling elderly women. *J. Gerontol. A. Biol. Sci. Med. Sci. 55:M192 M199*
19. Frontera, W.R., V.A. Hughes, R.A. Fielding, M.A. Fiatarone, W.J. Evans, and R. Roubenoff (2000). Aging of skeletal muscle: A 12-yr longitudinal study. *J. Appl. Physiol. 88:1321 1326*
20. Graves, J.E., M.L. Pollock, S.H. Leggett, R.W. Braith, D.M. Carpenter, and L.E. Bishop (1988). Effect of reduced training frequency on muscular strength. *Int. J. Sports Med. 9:316 319*
21. Hakkinen, K (1995). Neuromuscular fatigue and recovery in women at different ages during heavy resistance loading. *Electromyogr. Clin. Neurophysiol. 35:403 413*
22. Hakkinen, K., M. Kallinen, M. Izquierdo, K. Jokelainen, H. Lassila, E. Malkia, W.J. Kraemer, R.U. Newton, and M. Alen (1998). Changes in agonist antagonist EMG, muscle CSA, and force during strength training in middleaged and older people. *J. Appl. Physiol. 84:1341 1349*
23. Hakkinen, K., M. Kallinen, V. Linnamo, U.M. Pastinen, R.U. Newton, and W.J. Kraemer (1996). Neuromuscular adaptations during bilateral versus unilateral strength training in middle- aged and elderly men and women. *Acta Physiol. Scand. 158:77 88*
24. Hakkinen, K., W.J. Kraemer, A. Pakarinen, T. Triplett-McBride, J.M. McBride, A. Hakkinen, M. Alen, M.R. Mcguigan, R. Bronks, and R.U. Newton (2002). 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. 27:213 231*
25. Hughes, V.A., W.R. Frontera, M. Wood, W.J. Evans, G.E. Dallal, R. Roubenoff, and M.A. Fiatarone Singh (2001). Longitudinal muscle strength changes in older adults: Influence of muscle mass, physical activity, and health. *J. Gerontol. A. Biol. Sci. Med. Sci. 56:B209 B217*
26. Hunter, G.R., M.S. Treuth, R.L. Weinsier, T. Kekes-Szabo, S.H. Kell, D.L. Roth, and C. Nicholson (1995). The effects of strength conditioning on older women s ability to perform daily tasks. *J. Am. Geriatr. Soc. 43:756 760*
27. Hunter, G.R., C.J. Wetzstein, C.L. McLafferty, Jr., P.A. Zuckerman, K.A. Landers, and M.M. Bamman (2001). Highresistance versus variable-resistance training in older adults. *Med. Sci. Sports Exerc. 33:1759 1764*
28. Kraemer, W.J., K. Adams, E. Cafarelli, G.A. Dudley, C. Dooly, M.S. Feigenbaum, S.J. Fleck, B. Franklin, A.C. Fry, J.R. Hoffman, R.U. Newton (2002). J. Potteiger, M.H. Stone, N.A. Ratamess, and T. Triplett-McBride. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med. Sci. Sports Exerc. 34:364 380*
29. Kraemer, W.J., K. Hakkinen, R.U. Newton, B.C. Nindl, J.S. Volek, M. McCormick, L.A. Gotshalk, S.E. Gordon, S.J. Fleck, W.W. Campbell, M. Putukian, and W.J. Evans (1999). Effects of heavy-resistance training on hormonal response patterns in younger vs. older men. *J. Appl. Physiol. 87:982 992*
30. Kraemer, W.J., K. Hakkinen, N.T. Triplett-McBride, A.C. Fry, L.P. Koziris, N.A. Ratamess, J.E. Bauer, J.S. Volek, T. McConnell, R.U. Newton (2003). S.E. Gordon, D. Cummings, J. Hauth, F. Pullo, J.M. Lynch, S.A. Mazzetti, and H.G. Knuttgen. Physiological changes with periodized resistance training in women tennis players. *Med. Sci. Sports Exerc. 35:157 168*
31. Kraemer, W.J., N. Ratamess, A.C. Fry, T. Triplett-McBride, L.P. Koziris, J.A. Bauer, J.M. Lynch, and S.J. Fleck (2000). Influence of resistance training volume and periodization on physiological and performance adaptations in collegiate women tennis players. *Am. J. Sports Med. 28:626 633*
32. Lexell, J (1995). Human aging, muscle mass, and fiber type composition. *J. Gerontol. A. Biol. Sci. Med. Sci. 50(Suppl):11 16*
33. Lexell, J., D.Y. Downham, Y. Larsson, E. Bruhn, and B. Morsing (1995). Heavy-resistance training in older Scandinavian men and women: Short- and longterm effects on arm and leg muscles. *Scand. J. Med. Sci. Sports. 5:329 341*
34. Marx, J.O., N.A. Ratamess, B.C. Nindl, L.A. Gotshalk, J.S. Volek, K. Dohi, J.A. Bush, A.L. Gomez, S.A. Mazzetti, S.J. Fleck, K. Hakkinen, R.U. Newton, and W.J. Kraemer (2001). Low-volume circuit versus high-volume periodized resistance training in women. *Med. Sci. Sports Exerc. 33:635 643*
35. McCartney, N., A.L. Hicks, J. Martin, and C.E. Webber (1996). A longitudinal trial of weight training in the elderly: Continued improvements in year 2. J. Gerontol. *A. Biol. Sci. Med. Sci. 51: B425 B433*
36. Miszko, T.A., M.E. Cress, J.M. Slade, C.J. Covey, S.K. Agrawal, and C.E. Doerr (2003). Effect of strength and power training on physical function in community- dwelling older adults. *J. Gerontol. A. Biol. Sci. Med. Sci. 58:171 175*
37. Nelson, M.E., M.A. Fiatarone, C.M. Morganti, I. Trice, R.A. Greenberg, and W.J. Evans (1994). Effects of high-intensity strength training on multiple risk factors for osteoporotic fractures: A randomized controlled trial. *JAMA. 272:1909 1914*

38. Newton, R.U., K. Hakkinen, A. Hakkinen, M. McCormick, J. Volek, and W.J. Kraemer (2002). Mixed-methods resistance training increases power and strength of young and older men. *Med. Sci. Sports Exerc. 34:1367–1375*
39. Paulsen, G., D. Myklestad, and T. Raastad (2003). The Influence of Volume of Exercise on Early Adaptations to Strength Training. *J. Strength Cond. Res. 17:115–120*
40. Pollock, M.L., and W.J. Evans (1999). Resistance training for health and disease: Introduction. *Med. Sci. Sports Exerc. 31:10–11*
41. Pruitt, L.A., D.R. Taaffe, and R. Marcus (1995). Effects of a one-year high-intensity versus low intensity resistance training program on bone mineral density in older women. *J. Bone Miner. Res. 10:1788–1795*
42. Pyka, G., E. Lindenberger, S. Charette, and R. Marcus (1994). Muscle strength and fiber adaptations to a year-long resistance training program in elderly men and women. *J. Gerontol. 49:M22–M27*
43. Rhea, M.R., B.A. Alvar, S.D. Ball, and L.N. Burkett (2002). Three sets of weight training superior to 1 set with equal intensity for eliciting strength. *J. Strength Cond. Res. 16:525–529*
44. Schlumberger, A., J. Stec, and D. Schmidtbleicher (2001). Single- vs. multipleset strength training in women. *J. Strength Cond. Res. 15:284–289*
45. Taaffe, D.R., C. Duret, S. Wheeler, and R. Marcus (1999). Once-weekly resistance exercise improves muscle strength and neuromuscular performance in older adults. *J. Am. Geriatr. Soc. 47:1208–1214*
46. Taaffe, D.R., and R. Marcus (2000). Musculoskeletal health and the older adult. *J. Rehabil. Res. Dev. 37:245–254*
47. Taaffe, D.R., L. Pruitt, G. Pyka, D. Guido, and R. Marcus (1996). Comparative effects of high- and low-intensity resistance training on thigh muscle strength, fiber area, and tissue composition in elderly women. *Clin. Physiol. 16:381–392*
48. Taaffe, D.R., L. Pruitt, J. Reim, R.L. Hintz, G. Butterfield, A.R. Hoffman, and R. Marcus (1994). Effect of recombinant human growth hormone on the muscle strength response to resistance exercise in elderly men. *J. Clin. Endocrinol. Metab. 79:1361–1366*
49. Vincent, K.R., R.W. Braith, R.A. Feldman, P.M. Magyari, R.B. Cutler, S.A. Persin, S.L. Lennon, A.H. Gabr, and D.T. Lowenthal (2002). Resistance exercise and physical performance in adults aged 60 to 83. *J. Am. Geriatr. Soc. 50: 1100–1107*
50. Vincent, K.R., H.K. Vincent, R.W. Braith, V. Bhatnagar, and D.T. Lowenthal (2003). Strength training and hemodynamic responses to exercise. *Am. J. Geriatr. Cardiol. 12:97–106*

Cita Original

Galvão, D. A., & Taaffe, D. R. (2005). Resistance training for the older adult: manipulating training variables to enhance muscle strength. Strength and Conditioning Journal, 27(3), 48-54