

Efectos de la velocidad de entrenamiento en fuerza sobre diversas manifestaciones de la fuerza en mujeres adultas mayores

Effect of the velocity resistance training on various manifestations of resistance in older women

Jairo Alejandro Fernandez Ortega, Luz Amelia Hoyos Cuartas
Universidad Pedagógica Nacional de Colombia (Colombia)

Resumen. La realización de tareas diarias, como caminar, subir escaleras o levantar objetos, requiere fuerza y potencia muscular. Las reducciones asociadas a la edad en la fuerza y la potencia pueden afectar la capacidad del adulto mayor para llevar a cabo este tipo de actividades. **Objetivo:** El propósito de este estudio fue examinar los efectos de dos tipos de entrenamiento en fuerza (PEF) de 16 semanas, uno realizado a alta velocidad (GAV), versus uno a baja velocidad (GBV), sobre la fuerza y potencia máxima muscular, en un grupo de adultas mayores. **Metodología:** 86 mujeres con edades entre 60-81 años participaron de forma voluntaria en el estudio y fueron asignadas de forma aleatoria al GAV (Tres series a una velocidad de 0.60m/s, con pérdidas máxima del 10% de velocidad) o al GBV. (Tres series de 10 repeticiones al 70% de 1RM) Los grupos realizaron tres entrenamientos semanales. Antes y después del PE se evaluó: la fuerza máxima (1RM), la potencia pico (Pp) y la velocidad media propulsiva (VMP), en extensión en piernas y de brazos, la fuerza prensil, la velocidad de la marcha (VM), y la fuerza resistencia y agilidad (batería senior fitness test). **Resultados:** después del periodo de entrenamiento se observaron mejoras significativas ($p < 0.05$) en todas las pruebas en los dos grupos. Sin embargo, los resultados obtenidos por el GAV fueron significativamente ($p < 0.05$) superiores a los del GBV, en las pruebas de capacidad funcional, VM, VMP y Pp. En las pruebas de fuerza máxima y fuerza prensil las diferencias no fueron significativas. **Conclusión:** El entrenamiento en fuerza realizado a altas velocidades parece tener un mejor efecto en la fuerza resistencia y agilidad y en la potencia muscular, que el entrenamiento de fuerza realizado a baja velocidad.

Palabras clave: Entrenamiento de potencia, ejercicios de fuerza, envejecimiento, fuerza, rendimiento físico, alta velocidad, entrenamiento de fuerza.

Abstract. Performing daily tasks, such as walking, climbing stairs or lifting objects, requires strength and muscular power. Age-related reductions in strength and potency may affect the ability of the elderly to carry out these types of activities. **Objective:** the purpose of this study was to examine the effects of a sixteen-week strength training program (PE) performed at high speed (GAV) versus a traditionally executed program (GBV), on functional performance, maximum strength, and muscle power in a group of elderly women. **Methodology:** 86 women aged between 60-81 years old participated voluntarily in the study and were assigned randomly to the GAV (three series at 0.60m/s speed, with maximum losses of 10% speed) or to the GBV (three series with three sets at 70% of 1RM). Both groups performed three weekly training sessions. The maximum strength of upper and lower limbs (1RM), prehensile strength, walking speed, maximum power, mean propulsive velocity (MPV), and functional performance (senior fitness test) were evaluated before and after the PE. **Results:** significant improvements were observed ($p < 0.05$) in all the tests in the two groups after the twelve weeks of training. However, the results of GAV were significantly ($p < 0.05$) higher than those of GBV regarding agility and dynamic equilibrium, stationary walking, sitting and standing, walking speed over 4 and 6 meters/hour, MPV, and peak power. The differences were not significant in the tests of maximum strength and prehensile force. **Conclusion:** Strength training performed at high speed seems to have a better effect on functional performance and muscle power than strength training performed at low speed.

Keywords: Power training, Resistance exercise, Aging, Strength, Physical performance, high-velocity, resistance training.

Introducción

La mayor parte de adultos mayores son mujeres lo que ha generado el fenómeno de la feminización del envejecimiento (Enriquez, Bautista, & Orocio, 2018). El envejecimiento genera desgaste muscular y alteración estructural del sistema nervioso (Faulkner, Larkin, Claflin, & Brooks, 2007) que limita la movilidad funcional de los sujetos, que está asociada con una disminución de la fuerza y potencia muscular que es definida como dinapenia (Manini & Clark, 2012). Esta pérdida de fuerza y potencia muscular, está asociada con aspectos neuromusculares entre los cuales se destaca la sarcopenia que ocurre principalmente por la pérdida progresiva de unidades motoras, acompañada de la atrofia de las fibras musculares. También contribuyen las alteraciones en el tipo de fibra y la expresión de la isoforma de la cadena pesada de la miosina que conduce a una contracción más

débil, más lenta y menos potente de la musculatura (Power, Dalton, & Rice, 2013). Igualmente, presentan cambios significativos en la ultraestructura mitocondrial y subcelular del músculo esquelético, lo que conlleva a una reducción del 25-30% en su capacidad funcional, entre los 30 y 70 años (Seo & et al.; 2016). Se cree que esta disfunción está estrechamente relacionada con la pérdida de masa muscular durante el envejecimiento

Esta serie de eventos neuromusculares y bioquímicos conducen a una disminución de la fuerza máxima entre los 30 y 80 años superior al 40% (Merletti, Farina, Gazzoni, & Schieroni, 2002) y una pérdida de velocidad contráctil voluntaria que provoca reducciones de la potencia superiores a las reportadas en la fuerza máxima (Reid & Fielding, 2012). Estos eventos indican que la fuerza y la velocidad de contracción están influenciados de forma independiente por el envejecimiento (Sayers & Gibson 2012).

Los adultos mayores presentan velocidades máximas de contracción 30% o 40% más bajas que los jóvenes (McNeil, Vandervoort, & Rice, 2007), lo que puede conducir a deficien-

cias marcadas en la capacidad funcional (Kent-Braun, Callahan, Fay, Foulis, & Buonaccorsi, 2014). Evans (2000) formuló la hipótesis que la potencia tiene una relación estrecha con las limitaciones funcionales debido a que esta implica tanto la producción de fuerza como la velocidad de contracción y la realización de muchas de las actividades de la vida diaria dependen de la fuerza y la velocidad. En personas mayores por ejemplo una velocidad de marcha inferior a 0.6 m/s está asociada con mayor dependencia en la realización de las actividades de la vida diaria y mayor riesgo de hospitalización. (Studenski, Perera, Wallace, Chandler, Duncan, Rooney, Guralnik, 2003).

El entrenamiento en fuerza (EF) ha demostrado que puede atenuar de forma sensible la disminución de estas capacidades por vías estructurales o neuromusculares, por ejemplo Power, Allen, Gilmore, Stashuk, Doherty, Hepple & Rice, (2016) informaron valores más elevados en el número de unidades motoras en el tibial anterior en 10 corredores master (edad media 64 años) en comparación con las personas no atléticas de edad similar.

El EF a alta velocidad se ha convertido en una intervención segura, factible y eficaz para mejorar la potencia muscular de las extremidades inferiores en las personas mayores (de Vos, Singh, Ross, Stavrinou, Orr, & Fiatarone, 2005; Earles, Judge, y Gunnarsson, 2001; Evans, 2000; Reid & Fielding, 2012).

El propósito de este estudio fue comparar los efectos de dos PEF con sobrecargas, uno realizado a alta velocidad (GAV) y baja carga (40% de 1RM) y otro con cargas altas (70% de 1RM) ejecutado a baja velocidad (GBV), sobre el rendimiento funcional y la potencia muscular en mujeres adultas mayores. Se eligió comparar estas dos intensidades de entrenamiento por la diversidad en las implicaciones neuromusculares que tiene cada una de estas formas de entrenamiento y su efecto en la capacidad funcional de los adultos mayores donde las actividades de la vida diaria, como caminar rápido, subir escaleras, pararse de una silla requiere de ciertos niveles de potencia.

Metodología

Se trata de un ensayo de intervención de ejercicio simple ciego, aleatorizado, de 16 semanas que comparó los efectos de GAV y GBV sobre la potencia muscular y la capacidad funcional en mujeres adultas mayores.

Población

La muestra estuvo compuesta por 86 mujeres entre 60-81 años, adscritas a un programa de ejercicio físico, que accedieron a participar voluntariamente en el estudio y cumplieron con los siguientes criterios de inclusión: no estar bajo tratamiento por enfermedades cardíacas u osteomusculares y estar aptas para realizar actividad física regular.

Criterios de exclusión; padecer enfermedades crónicas no controladas u osteomusculares; tomar medicamentos hipotensivos, diuréticos, antiinflamatorios, hipolipemiantes u hormonales; ser fumadoras o bebedoras habituales, participar o haber participado en el último año en un programa de entrenamiento en fuerza.

Las participantes fueron distribuidas de manera aleatoria

a los grupos GAV GBV.

Aspectos éticos

El estudio fue diseñado siguiendo las normas deontológicas reconocidas por la Declaración de Helsinki y la resolución 008430 de 1993 del Ministerio de Salud de Colombia, las cuales regulan la investigación clínica en humanos. Por ello las participantes fueron informadas de los riesgos, beneficios y objetivos del estudio y firmaron el consentimiento informado. El estudio fue aprobado por el comité de ética de la investigación de la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia. Inicialmente se revisaron los antecedentes clínicos y estado de salud, en este último se realizó un tamizaje para detección temprana de riesgo frente a las actividades físicas mediante el Physical Activity Readiness Questionnaire (PAR-Q).

Procedimientos

Se realizaron evaluaciones antes y después del PEF en cinco variables de interés, fuerza máxima (dinámica e isométrica), fuerza resistencia y agilidad, VM, VMP y potencia pico. Días previos a las valoraciones las participantes fueron cuidadosamente familiarizadas con el procedimiento de cada una de las pruebas de fuerza y potencia. Una vez realizadas las pruebas iniciales las participantes se distribuyeron de manera aleatoria en los grupos (GAV y GBV) y se procedió a verificar la homogeneidad entre los grupos en las variables de fuerza máxima, condición física, VMP y potencia pico, y se constató que no se presentaron diferencias significativas de estas variables entre los dos grupos.

Las valoraciones se realizaron en tres sesiones: 1) VM, fuerza isométrica, 1RM de miembros superiores e inferiores, 2) peso corporal, talla y la fuerza resistencia y agilidad, 3) potencia pico y la VMP (72 horas después). Antes de cada prueba las participantes realizaban un calentamiento general de 10 minutos a baja velocidad (5-7kh) en banda rodante o en bicicleta estática (60RPM), y 10 minutos de ejercicios específicos. Las pruebas se realizaron siempre a la misma hora (9:00 AM) por los efectos que pueden tener los ritmos circadianos en el rendimiento neuromuscular.

Medidas antropométricas

La masa corporal total se evaluó utilizando una báscula electrónica (HealthMetter 599 KL con .50 grs. de precisión), la estatura con un tallmetro (Detecto D52, Usa), el índice de masa corporal (IMC) se calculó con la fórmula $IMC = \text{peso (kg)} / \text{Talla (m)}^2$.

Fuerza máxima

La fuerza máxima de miembros superiores se valoró en una prensa de pecho y los inferiores una máquina de extensión de piernas, utilizando el método de 1RM con los protocolos establecidos para la determinación de la fuerza máxima en adultos mayores (Ratamess; Alvar; Evetoch; Housh; Kibler, & Kraemer, 2009). Para los miembros superiores se inició realizando cuatro repeticiones a máxima velocidad, con una carga de 5 libras para obtener la estimación de la 1RM. Seguidamente se efectuaron incrementos progresivos de 3 libras y se realizaban dos repeticiones hasta que la VMP alcanzada era de .35m/s. Posteriormente, se ajustó la carga

con incrementos más pequeños (1-2 lbs), acorde a cada sujeto, hasta que solo podían realizar una repetición y la velocidad era inferior a .20m/s. Se dejaron 3 minutos de recuperación entre cada uno de los incrementos. La carga más elevada que cada sujeto pudo movilizar correctamente hasta la extensión completa, se consideraba su 1RM (Sanchez-Medina, Perez & Gonzalez-Badillo, 2010). Para el registro y control de la velocidad de desplazamiento de la carga y predicción de la 1RM, se utilizó el transductor lineal de velocidad (T-FORCE DynamicMeasurement System2, Ergotech Consulting S.L.; Murcia, España, velocidad de muestreo de 1000 Hz y precisión de .0002m) que es un sistema integrado que presenta los valores de velocidad, rango de movimiento, número de series y repeticiones, potencia media y pico. (Sanchez-Medina, Gonzalez-Badillo, Perez, & Pallares, 2014). Para el caso de miembros inferiores se utilizó el mismo protocolo pero la carga de inicio fue de 10 lbs, y la subsiguiente de 5 libras.

Potencia muscular

La potencia se valoró en los mismos movimientos y máquinas de la fuerza máxima. Las participantes realizaron dos repeticiones a máxima velocidad con cargas del 30%,40%, 50,60% y 70% del valor del 1RM obtenido en la prueba de fuerza máxima (Izquierdo, Hakkinen, Gonzalez-Badillo, Ibanez, & Gorostiaga, 2002). Durante todo el procedimiento se alentaba a las participantes para que realizaran a máxima velocidad la ejecución. Se dejaron tres minutos de recuperación entre series. Para obtener la velocidad de desplazamiento de la carga y la potencia media se utilizó el transductor de velocidad lineal (T-FORCE DynamicMeasurement System2, ErgotechConsulting S.L.; Murcia, España).

Fuerza resistencia y agilidad

Se evaluó mediante pruebas extraídas de la Batería Senior Fitness Test, (Rikli & Jones, 2013) que considera que la condición física funcional tiene cinco dominios principales: composición corporal, fuerza muscular, resistencia cardiorrespiratoria, flexibilidad y equilibrio, (Castañeda, Macias, Gallegos & Villarreal, 2020) y que están asociados con la capacidad funcional, la movilidad y la dependencia en población adulta. Las pruebas que se utilizaron fueron: 1) sentarse y pararse en 30 segundos (30-Chair Stand Test); 2) agilidad y equilibrio dinámico (8 Foot up and go), 3) marcha estacionaria de dos minutos (2-min Minute Step Test). Las pruebas se aplicaron de acuerdo al protocolo establecido por Riky & Jones, (2013). Se tomaron estas tres pruebas, por su asociación con la fuerza resistencia y la agilidad, por el tipo de entrenamiento que se realizó y por qué compromete la musculatura de los miembros inferiores.

Velocidad de la marcha

Se valoró la velocidad de la marcha (*Short Physical Performance Battery*), como parámetro de la aptitud funcional tanto en clínica como en investigación, debido la relación que esta tiene con la salud y la mortalidad en los adultos mayores (Lowry, Vallejo, & Studenski, 2012).

La prueba consiste en caminar lo más rápido posible pero de forma cómoda una distancia de 4 y 6 metros. Para el registro se utilizó el sistema de fotocélulas de luz infrarroja mode-

lo WL34-R240. (Sick ® Alemania). Cada participante realizó 2 ensayos, separados por un intervalo de recuperación de tres minutos y se registró la velocidad más alta.

Fuerza Isométrica

Se valoró la fuerza prensil de ambas manos utilizando un dinamómetro análogo Takei 5001 (Scientific Instruments Co. Ltd, Tokyo,Japan). Se realizaron dos intentos con cada mano, con periodos de recuperación de tres minutos y se registró el mejor resultado.

Intervención

Se llevaron a cabo 16 semanas de entrenamiento con una frecuencia de 3 sesiones semanales en días no consecutivos, cada sesión con una duración de una hora para cada participante. Se inició con dos semanas de adaptación y familiarización con los ejercicios que se iban a ejecutar en el entrenamiento. Los protocolos de entrenamiento fueron diseñados acorde a las guías de entrenamiento en fuerza para adultos mayores, (Armstrong &,et al.; 2007; T. Henwood, Riek, y Taaffe, 2008; Pereira &,et al.; 2012), los dos grupos efectuaron cuatro series en la máquina de extensión de piernas y en la prensa de pecho, ejecutando las repeticiones a la máxima velocidad posible y se dejó un tiempo de recuperación entre series de tres minutos. Se realizó en un calentamiento de 10 minutos que incluyó estiramientos, ejercicios de fuerza sin cargas (press de banca, flexión y extensión de piernas, y extensión de la pierna) y abdominales.

El grupo GAV realizó las repeticiones con el peso obtenido en el proceso de valoración individual inicial, que permitía la ejecución del movimiento a velocidades de 0.60m/s. (Izquierdo ,et al.; 2002). En cada serie realizaban el mayor número de repeticiones posibles hasta el momento en que se presentara una pérdida del 10% de la VMP, que fue contralada durante todo el entrenamiento con el transductor de velocidad lineal.

El grupo GBV efectuó el entrenamiento con doce repeticiones con una carga del 70% de 1RM obtenido en el proceso de valoración individual inicial (Gonzalez-Badillo, Rodriguez-Rosell, Sanchez-Medina, Gorostiaga, & Pareja-Blanco, 2014) que condujera a velocidades de ejecución no superiores a .40 m/s, que fue contralada durante todo el entrenamiento con el transductor de velocidad lineal.

Cada cuatro semanas se incrementó en un 10 % la carga para los dos grupos. Al finalizar la intervención se realizaron nuevamente las evaluaciones en las mismas condiciones descritas anteriormente.

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó *IBM SPSS Statistic™* versión 23.0, previa depuración y crítica de datos. La normalidad y homoscedasticidad de la distribución de las medidas de resultado se probó mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov y Levene. Posteriormente, se realizó un análisis de varianza múltiple (Manova) (2 grupos X 2 veces X 10 variables), y los valores se ajustaron mediante análisis de covarianza (Ancova), considerando los supuestos de linealidad, homogeneidad e independencia. Se compararon las diferencias entre los grupos antes y después del entrenamiento, y se realizó el ajuste de Bonferroni para determinar el

valor P de las comparaciones. La potencia estadística se calculó utilizando valores entre .75 y .80 y $p < .005$ se consideró estadísticamente significativo.

Para efectos del análisis comparativo de los efectos del entrenamiento dentro del mismo grupo, se utilizó la prueba T de Student para datos pareados. En todas las pruebas inferenciales se tomó como criterio de significancia a una $p < .05$.

Resultados

Características de los participantes

Un total de 92 mujeres cumplieron con los criterios de inclusión, de las cuales 6 no finalizaron el programa por razones personales, médicas o familiares, las 92 mujeres fueron asignadas al azar a GBV ($n=40$) y GAV ($n=46$). En la tabla 1 se presentan las características de generales de las participantes. Tal como se observa en las figuras 1, 2 no se presentaron diferencias significativas entre GBV y GAV en los valores de las diferentes variables de estudio en la línea de base, lo que indica la homogeneidad de los grupos antes de iniciar el proceso de entrenamiento.

Tabla 1

Características de línea de base de la composición corporal de las participantes				
Variables	GAV= 46		GBV=40	P valor
Edad (años)	66,52 ± 5,3	66,95 ± 5,0	0,70	
Talla (cm)	152,9 ± 0,06	152,1 ± 0,5	0,53	
Peso (kg)	61,13 ± 9,4	64,58 ± 10,4	0,11	
IMC (kg/m ²)	26,17 ± 3,8	27,85 ± 4,12	0,58	

Valores expresados en media y DS

IMC índice de masa corporal

Efectos de los dos tipos de entrenamiento

Según lo previsto y contemplado en la literatura, los dos tipos de entrenamiento generaron ganancias significativas en la totalidad de las variables del estudio. En la tabla dos, se presentan de forma detallada dichos efectos, que indican incrementos significativos ($p < .001$) en los dos grupos en el conjunto de componentes de la condición física (sentarse y pararse en 30 segundos, agilidad y equilibrio dinámico y marcha estacionaria de dos minutos), en la fuerza y potencia máxima de miembros superiores e inferiores, en la velocidad de la marcha y la fuerza prensil. Sin embargo, es importante resaltar que el porcentaje de incremento fue superior en el GV en todas las variables, excepto en la fuerza prensil y fuerza máxima de miembros superiores e inferiores, que fue mayor en el GBV.

Fuerza resistencia y agilidad

GAV reportó incrementos significativamente ($p < .01$) mayores que GBV en: la velocidad en la prueba de agilidad

Tabla 2

Efectos de los dos tipos de entrenamiento en cada una de las variables

Variables	GAV= 46				GBV=40			
	Pre	Post	%	p.valor	Pre	Post	%	p.valor
Fuerza prensil (kg)	21,87 ± 4,8	25,35 ± 4,3	16%	**	22,21 ± 4,4	26,62 ± 4,0	20%	**
Agilidad equilibrio dinámico (s)	6,13 ± 1,14	4,85 ± 0,48	-21%	**	6,36 ± 1	5,39 ± 0,6	-15%	**
Marcha estacionaria (Rep.)	86,58 ± 17,7	108,80 ± 19,78	26%	**	83,6 ± 15	98,27 ± 15	18%	**
Sentarse y pararse (Rep.)	16,58 ± 3,95	29,63 ± 7,74	79%	**	16,12 ± 4,5	24,2 ± 5,6	50%	**
Velocidad marcha 4 mt (m/s)	1,36 ± 0,13	1,72 ± 0,17	26%	**	1,38 ± 0,2	1,60 ± 0,3	16%	**
Velocidad marcha 6mt (m/s)	1,47 ± 0,10	1,87 ± 0,2	27%	**	1,49 ± 0,2	1,68 ± 0,2	13%	**
IRM brazos (kg)	9,29 ± 3,2	13,3 ± 3,1	43%	**	9,25 ± 3,4	14,07 ± 3,3	52%	**
IRM piernas(kg)	13,39 ± 4,5	19,6 ± 3,5	46%	**	12,99 ± 5,1	20,4 ± 4	57%	**
Velocidad media propulsiva (m/s)	0,519 ± 0,08	0,67 ± 0,10	29%	**	0,511 ± 0,1	0,548 ± 0,1	7%	**
Potencia pico (watts)	106,2 ± 17,8	141,7 ± 17,9	33%	**	106 ± 23	116,4 ± 21	10%	**

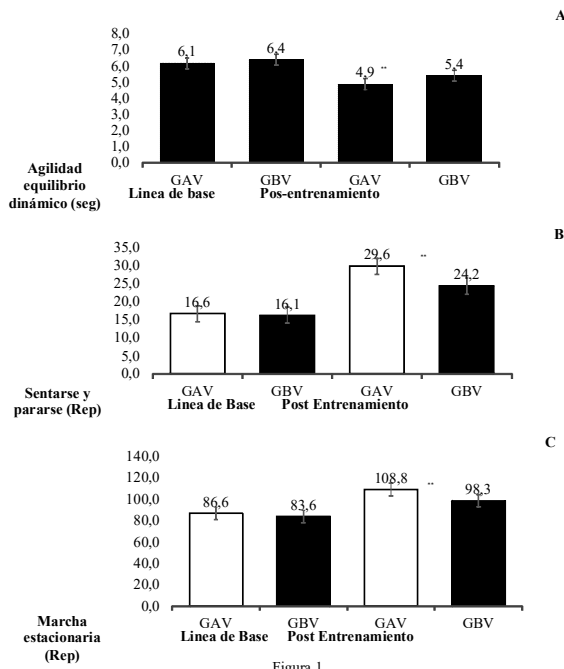
Valores expresados en media y DS

Rep repeticiones

* = diferencia significativa entre el grupo después del entrenamiento ($P < .05$).

**= diferencia significativa entre el grupo después del entrenamiento ($P < .01$)

equilibrio dinámico y en el número de repeticiones en las pruebas de marcha estacionaria y de sentarse y pararse (figura 1).



Velocidad de la marcha

Las mejoras en la velocidad de la marcha sobre 4 y 6m posteriores a las 16 semanas de entrenamiento fueron en GAV significativamente superiores ($p < .01$) a las de GBV (figura 2).

Se produjeron aumentos de .36 m/s y .40m/s en la velocidad sobre 4m y 6 metros respectivamente en GAV, frente incrementos de .22 m/s en las dos distancias para GBV.

Velocidad Media propulsiva

El incremento de la VMP fue significativamente superior ($p < .01$) en el GAV que el obtenido por GBV. (Figura 2), presentando aumentos de .15 m/s en GAV, frente .037 m/s en GBV.

Potencia Pico

El aumento en la potencia pico fue significativamente ($p < .01$) superior en GAV que GBV (figura 1), presentando incrementos de 18watts en GAV y 14 watts en GBV.

Fuerza máxima

El incremento de la fuerza máxima de miembros superiores e inferiores posterior al entrenamiento fue muy similar entre los grupos no presentando diferencias significativas. En los miembros superiores se presentaron aumentos de 3.1 kg, en GAV y 3.3 kg en GBV, y en los inferiores 3.5kg para GAV y 4 kg para GBV.

Fuerza prensil

Al igual que la fuerza máxima la FP presento aumentos equivalentes entre los

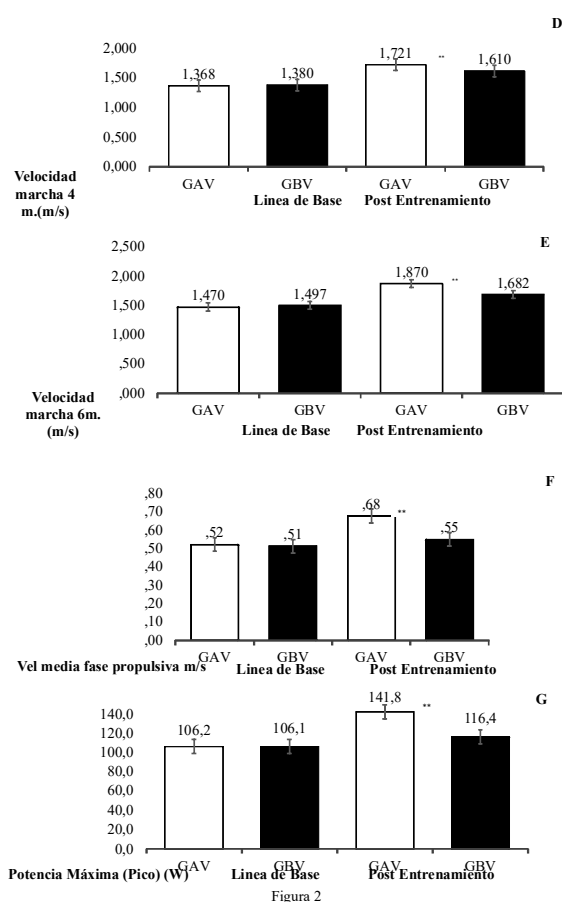


Figura 2

dos grupos sin presentar diferencias significativas entre ellos. Se presentaron aumentos de 3.48kg para GAV y 4.41kg para GBV.

Discusión

Se sugiere que el incremento en la fuerza de los miembros inferiores inducidos por el entrenamiento es importante para disminuir las limitaciones funcionales en los adultos mayores. Los hallazgos del presente estudio demostraron que el entrenamiento de fuerza realizado a alta velocidad, fue más efectivo que el ejecutado a baja velocidad en la mejora de la condición física, velocidad de la marcha, y potencia muscular, en un grupo de mujeres adultas mayores. Sus resultados son concordantes con trabajos previos de entrenamiento en fuerza y/o potencia realizados con adultos mayores como el desarrollado por Brochu y ,et al.; (2002) en mujeres con enfermedad coronaria, o el programa combinado de fuerza y resistencia en adultos sanos (Cress & ,et al.; 1999), o los estudios donde compararon los efectos del entrenamiento en fuerza realizado a alta y baja velocidad (Bottaro, Machado, Nogueira, Scales, & Veloso, 2007; Miszko & ,et al.; 2003), que reportan mejoras en el rendimiento funcional en los adultos mayores que realizaron entrenamiento de fuerza ejecutado a alta velocidad.

Se observó que en todas las pruebas de fuerza máxima el resultado fue superior en el GBV, en aproximadamente un 11%. El incremento de la fuerza máxima fue del 57% para GBV y 46% para GAV, resultados que son comparables con lo reportado en otros estudios. (Pereira & ,et al.; 2012) Por el contrario, en las pruebas de condición física funcional, velocidad de la marcha y potencia, las ganancias promedio fue-

ron superiores en el GAV en aproximadamente un 14%.

Estudios realizados en mujeres mayores sanas y con movilidad limitada, observaron mejoría en la potencia muscular en programas de entrenamiento donde las repeticiones se realizaron a alta velocidad. (Bean & ,et al.; 2004; Earles & ,et al.; 2001; Fielding & ,et al.; 2002). Otro estudio comparó los efectos del entrenamiento de fuerza realizado a baja velocidad vs uno de alta velocidad y observaron mejoras similares en la fuerza máxima en ambos sistemas de entrenamiento, e incrementos de casi el doble en la potencia muscular de los miembros inferiores en el grupo que entreno a alta velocidad. (Fielding & ,et al.; 2002)

En cuanto a la capacidad física funcional varios estudios (Pereira & ,et al.; 2012; Bottaro & ,et al.; 2007; Sayers & ,et al.; 2003) han indicado que el entrenamiento en fuerza realizado a alta velocidad es más eficiente en el mejoramiento capacidad funcional en los adultos mayores y reportaron incrementos importantes en la fuerza muscular y en el rendimiento en la prueba de pararse y sentarse de una silla.

Los resultados del presente estudio se sitúan en la misma dirección, se observó un mejor rendimiento con diferencias significativas ($p < .001$) en el grupo GAV en las pruebas utilizadas de la batería senior fitness test, en comparación con el grupo GBV. Estos resultados son similares a los reportados por Miszko & et al. (2003), donde observo que la capacidad física (a través de la Continuous Scale Physical Functional Performance), fue significativamente mayor para el grupo que realizaba el trabajo de potencia, en comparación con el grupo de fuerza ($p < .033$) y control ($p < .016$). También son consistentes con el estudio de Cocuo & et al. (2004), que observaron mejoras significativas en Stairclimb, Chairrise time, en el grupo que se entrenó a alta velocidad, y lo identificado en la revisión realizada por Brady & Straight (2014).

Ramírez & et al. (2014) observaron reducciones significativas ($\ll 18\%$, $\ll 1.0$ ES; y $\ll 10\%$, $\ll .5$ ES, respectivamente) en el tiempo de la prueba de agilidad y equilibrio dinámico, en los dos grupos de entrenamiento (alta velocidad y baja velocidad), e incrementos significativo (21%, .8 ES; y 19%, .4 ES, respectivamente) en el número de repeticiones en la prueba de sentarse y pararse de una silla. Sin embargo, en las dos pruebas la variación en el rendimiento fue significativamente superior en grupo de alta velocidad, lo que respalda el hecho de que el entrenamiento en fuerza de alta velocidad puede ser una estrategia más óptima para aumentar el rendimiento funcional en mujeres mayores.

Otro estudio (Puthoff & Nielsen, 2007) comparó los efectos del entrenamiento de fuerza a alta y baja velocidad en relación con las limitaciones funcionales, en adultos mayores con discapacidad física. El entrenamiento con bajas cargas (40% 1RM) y alta velocidad explicó mejor la varianza en la velocidad de la marcha habitual, subir escaleras y levantarse de una silla, que el entrenamiento realizado al 70% 1-RM. En el presente estudio, el entrenamiento a alta velocidad explica mejor la varianza de las pruebas, agilidad y equilibrio dinámico, sentarse y pararse de una silla, marcha estacionaria, así como la velocidad de 4-6 m, que el entrenamiento a baja velocidad, esto puede ser debido a que las exigencias sobre el sistema neuromuscular son más elevadas en el entrenamiento a alta velocidad.

Sin embargo, es importante resaltar que existen estudios

que indican que los dos tipos de entrenamiento conducen a ganancia en fuerza, pero no en la capacidad funcional de los adultos mayores. (Henwood, Riek, & Taaffe, 2008) Este desacuerdo podría deberse entre otros a problemas de orden metodológico en el diseño y/o control o del entrenamiento. Desafortunadamente la información proporcionada por los estudios no permite profundizar en el análisis y no se identificaron metaanálisis que revisaran esta situación.

El entrenamiento de fuerza a alta velocidad en este estudio condujo a ganancias del 43%, en la potencia pico, valores similares (44%) a los reportados por Pereira &, et al. (2012) en una población de 56 mujeres adultas mayores, en el grupo que entreno a alta velocidad. Igualmente se observaron incrementos de .17 m/s en la velocidad de la marcha valor que coincide con los resultados del reciente meta análisis de Hortobagyi &, et al. (2015) que observan un incremento en la velocidad de la marcha de .11m/s. También se presentaron mejoras significativas en la fuerza prensil en los dos grupos, pero en el GAV fue la cualidad que tuvo la menor ganancia, lo cual podría explicarse por la baja correlación que existe entre la fuerza prensil y la potencia. (Fernández & Hoyos 2017)

La fuerza prensil ha sido descrita como como un buen indicador de riesgo de mortalidad por cualquier causa en adultos mayores, una reducción de 5 kg en la fuerza de agarre se asocia con una proporción de probabilidades de 1.5 para la dificultad de realizar tres o más actividades de la vida diaria (Prasitsiriphon & Pothisiri, 2018).

Varios autores sugieren que el entrenamiento en potencia, genera una mayor activación neural que el entrenamiento con cargas altas. Las revisiones de Reid &, et al. (2012) y Byrne &, et al. (2016), indican que en los adultos mayores la potencia muscular presenta una mayor correlación con el desempeño funcional que la fuerza muscular, que puede ser debido a una combinación de patrones mejorados de reclutamiento de unidades motoras y a incremento en las tasas de descarga (Griffin & Cafarelli, 2005). De acuerdo a lo reportado en estudios donde emplearon la medición de la actividad electromiografía integrada (EMG) parte del rendimiento mejorado de la potencia muscular podría provenir de adaptaciones neuromusculares, tales como, mayor inhibición de los músculos antagonistas, mejor contracción sinérgica del músculo, aumento en la activación de los músculos sinérgicos, inhibición de los mecanismos de protección neuronal y / o una mayor excitabilidad de las motoneuronas (Hakkinen, Kraemer, Newton, & Alen, 2001). Otro posible mecanismo de adaptación neural debida al entrenamiento de fuerza realizado a alta velocidad, es la frecuencia de desconexión de la unidad motora y mayor sincronización y activación de las unidades motoras. (Sale, 1988)

Sin embargo, Piasecki & et al. (2016) indican que no hay diferencias sustanciales entre individuos mayores sanos y atletas master, ya sea en términos del tamaño muscular, fuerza, unidades motoras, o estructura muscular, lo que indicaría que contrariamente a lo esperado, los atletas master no están protegidos de las variaciones en la remodelación de las unidades motoras relacionadas con la edad. Estos resultados que aparentemente van en contravía de lo anteriormente dicho, por el contrario reafirman los efectos del entrenamiento de fuerza o potencia en los mecanismos de activación

neuromuscular, debido a que la totalidad de atletas master del estudio, no realizaron entrenamiento de fuerza.

Otra de las observaciones importantes del presente estudio es la eficiencia del entrenamiento. Después de las 16 semanas el grupo GAV tuvo un volumen de entrenamiento por sesión y absoluto inferior (32%) al del grupo GBV. Estos resultados ratifican observaciones previas (Miszko &, et al.; 2003) que sugieren que las mejoras significativas en la función física no dependen exclusivamente del volumen de entrenamiento, por el contrario están más asociadas al componente cualitativo como lo es la intensidad del ejercicio y la velocidad del movimiento. Si bien es cierto que ambos protocolos de entrenamiento presentaron efectos positivos en el la mejora de las variables del estudio, el conjunto de investigaciones previas y los resultados del presente estudio, indican que la es la velocidad y no la carga del entrenamiento en fuerza, la variable que genera efectos más importantes.

Igualmente se identificó que las ganancias en fuerza máxima y potencia inducidas por el entrenamiento se relacionan con la mejora de la condición funcional del adulto mayor. Una diferencia importante entre los resultados del presente estudio y trabajos anteriores, es que el entrenamiento realizado a alta velocidad presentó mejor correlación con todas las variables de condición física, que el de baja velocidad y los cambios observados son más marcados que los encontrados en otros estudios que utilizaron diferentes protocolos. El pico de potencia máxima de miembros inferiores tuvo una fuerte correlación con la velocidad de la marcha, agilidad y equilibrio dinámico, sentarse y pararse de una silla y marcha estacionaria.

Por otra parte este es el primer estudio que reporta valores de VMP de miembros inferiores en población de adultos mayores. Se tienen datos de población joven donde la VMP a una carga del 40% de 1RM oscila entre 1.15 y 1,17m/s. (Gonzalez-Badillo & Sanchez-Medina, 2010) En el presente estudio para el mismo porcentaje de 1RM, los valores iniciales fueron de .51m/s lo que indicaría una pérdida en la VMP de un 56% entre jóvenes y adultos mayores. Con el entrenamiento a alta velocidad esta pérdida se redujo al 39%.

El presente estudio sugiere que en mujeres adultas mayores el entrenamiento de fuerza realizado a alta velocidad es más eficiente que uno realizado a baja velocidad y se puede configurar como un medio para mejorar la resistencia general y Fitness funcional en mujeres adultas mayores.

Una posible limitación del presente estudio fue la ausencia de mediciones morfofisiológicas, y electromiográficas que permitieran comprender los mecanismos subyacente de las adaptaciones inducidas por los dos tipos de entrenamiento.

Referencias

- Armstrong, L.; Casa, D.; Millard-Stafford, M.; Moran, D.; W Pyne, S.; y Roberts, W. (2007). American College of Sports Medicine position stand: Exertional heat illness during training and competition *Med Sci Sports Exerc*; 39(3)556- 72 <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31802fa199>
- Bean, J.; Herman, S.; Kiely, D.; Frey, I.; Leveille, S.; Fielding, R. y Frontera, W. (2004). Increased Velocity Exercise Specific to Task (InVEST) training: a pilot study exploring

- effects on leg power, balance, and mobility in community-dwelling older women. *J Am Geriatr Soc*, 52(5), 799-804. doi: 10.1111/j.1532-5415.2004.52222.x
- Bottaro, M.; Machado, S.; Nogueira, W.; Scales, R.; y Veloso, J. (2007). Effect of high versus low-velocity resistance training on muscular fitness and functional performance in older men. *Eur J Appl Physiol*, 99(3), 257-264. doi: 10.1007/s00421-006-0343-1
- Brady, A.; y Straight, C. (2014). Muscle capacity and physical function in older women: What are the impacts of resistance training? *Journal of Sport and Health Science*, 3(3), 179-188. doi: 10.1016/j.jshs.2014.04.002
- Brochu, M.; Savage, P.; Lee, M.; Dee, J.; Cress, M. E.; Poehlman, E.; Ades, P. A. (2002). Effects of resistance training on physical function in older disabled women with coronary heart disease. *J Appl Physiol*, 92(2), 672-678. doi: 10.1152/jappphysiol.00804.2001
- Byrne, C.; Faure, C.; Keene, D.; y Lamb, S. (2016). Ageing, Muscle Power and Physical Function: A Systematic Review and Implications for Pragmatic Training Interventions. *Sports Med*, 46(9), 1311-1332. doi: 10.1007/s40279-016-0489-x
- Castañeda-Lechuga CH, Macias-Ruvalcaba S, Gallegos-Sánchez JJ, Villarreal-Angeles MA. (2020) Mejora de constructos físicos en adultos mayores de la zona norte de México. *Retos* 37, 258,263
- Cress, M.; Buchner, D.; Questad, K.; Esselman, P.; deLateur, B.; y Schwartz, R. (1999). Exercise: effects on physical functional performance in independent older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 54(5), M242-248. doi.org/10.1093/gerona/54.5.M242
- Cuoco, A.; Callahan, D.; Sayers, S.; Frontera, W.; Bean, J. y Fielding, R. (2004). Impact of Muscle Power and Force on Gait Speed in Disabled Older Men and Women. *The Journals of Gerontology: Series A*, 59(11), 1200-1206. doi: 10.1093/gerona/59.11.1200
- de Vos, N.; Singh, N.; Ross, D.; Stavrinou, T.; Orr, R.; y Fiatarone Singh, M. (2005). Optimal Load for Increasing Muscle Power During Explosive Resistance Training in Older Adults. *The Journals of Gerontology: Series A*, 60(5), 638-647. doi: 10.1093/gerona/60.5.638
- Earles, D.; Judge, J.; y Gunnarsson, O. (2001). Velocity training induces power-specific adaptations in highly functioning older adults. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 82(7), 872-878. doi/10.1053/apmr.2001.23838
- Enriquez-Reyna, M., Bautista, D., & Orocio, R. (2018). Nivel de actividad física, masa y fuerza muscular de mujeres mayores de la comunidad: Diferencias por grupo etario. *Retos*, 35, 121-125
- Evans, W. (2000). Exercise strategies should be designed to increase muscle power. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 55(6), M309-310. doi.org/10.1093/gerona/55.6.M309
- Faulkner, J.; Larkin, L.; Claflin, D.; y Brooks, S. (2007). Age-related changes in the structure and function of skeletal muscles *Clin Exp Pharmacol Physiol*. 2007; 34(11):1091-6. doi/10.1111/j.1440-1681.2007.04752.x
- Fernandez, J; Hoyos, L. (2017) Relaciones entre diversas manifestaciones de la fuerza en diferentes grupos musculares en adultos jóvenes. *Rev. U.D.C.A.Act. & Div. Cient.* 20(1): 33-42.
- Fielding, R.; LeBrasseur, N.; Cuoco, A.; Bean, J.; Mizer, K.; y Fiatarone Singh, M. (2002). High-velocity resistance training increases skeletal muscle peak power in older women. *J Am Geriatr Soc*, 50(4), 655-662. doi:/10.1046/j.1532-5415.2002.50159.
- Gonzalez-Badillo, J.; Rodriguez-Rosell, D.; Sanchez-Medina, L.; Gorostiaga, E.; y Pareja-Blanco, F. (2014). Maximal intended velocity training induces greater gains in bench press performance than deliberately slower half-velocity training. *Eur J Sport Sci*, 14(8), 772-781. doi: 10.1080/17461391.2014.905987
- Gonzalez-Badillo, J.; y Sanchez-Medina, L. (2010). Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. *Int J Sports Med*, 31(5), 347-352. doi: 10.1055/s-0030-1248333
- Griffin, L.; y Cafarelli, E. (2005). Resistance Training: Cortical, Spinal, and Motor Unit Adaptations. *Can J Appl Physiol.*, 30(3):328-40. doi:10.1139/h05-125
- Hakkinen, K.; Kraemer, W.; Newton, R.; y Alen, M. (2001). Changes in electromyographic activity, muscle fibre and force production characteristics during heavy resistance/power strength training in middle-aged and older men and women. *Acta Physiol Scand*, 171(1), 51-62. doi: 10.1046/j.1365-201X.2001.00781.x
- Henwood, T.; Riek, S.; y Taaffe, D. (2008). Strength Versus Muscle Power-Specific Resistance Training in Community-Dwelling Older Adults. *The Journals of Gerontology: Series A*, 63(1), 83-91. doi: 10.1093/gerona/63.1.83
- Hortobagyi, T.; Lesinski, M.; Gabler, M.; VanSwearingen, J.; Malatesta, D.; y Granacher, U. (2015). Effects of Three Types of Exercise Interventions on Healthy Old Adults' Gait Speed: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med*, 45(12), 1627-1643. doi: 10.1007/s40279-015-0371-2
- Izquierdo, M.; Hakkinen, K.; Gonzalez-Badillo, J.; Ibanez, J.; y Gorostiaga, E. (2002). Effects of long-term training specificity on maximal strength and power of the upper and lower extremities in athletes from different sports. *Eur J Appl Physiol*, 87(3), 264-271. doi: 10.1007/s00421-002-0628-y
- Kent-Braun, J.; Callahan, D.; Fay, J.; Foulis, S.; y Buonaccorsi, J. (2014). Muscle weakness, fatigue, and torque variability: Effects of age and mobility status. *Muscle Nerve*, 49(2), 209-217. doi: 10.1002/mus.23903
- Lowry, K.; Vallejo, A. y Studenski, S. (2012). Successful Aging as a Continuum of Functional Independence: Lessons from Physical Disability Models of Aging. *Aging and Disease*, 3(1), 5-15.
- Manini, T.; y Clark, B. (2012). Dynapenia and aging: an update. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 67(1), 28-40. doi: 10.1093/gerona/ghr010
- McNeil, C.; Vandervoort, A.; y Rice, C. (2007). Peripheral impairments cause a progressive age-related loss of strength and velocity-dependent power in the dorsiflexors. *J Appl Physiol*, 102(5): 1962-8 doi: 10.1152/jappphysiol.01166.2006
- Merletti, R.; Farina, D.; Gazzoni, M.; y Schieroni, M. (2002). Effect of age on muscle functions investigated with

- surface electromyography. *Muscle Nerve*, 25(1), 65-76. doi:10.1002/mus.10014
- Miszko, T.; Cress, M.; Slade, J.; Covey, C.; Agrawal, S. y Doerr, C. (2003). Effect of strength and power training on physical function in community-dwelling older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 58(2), 171-175. doi:10.1093/gerona/58.2.M171
- Pereira, A.; Izquierdo, M.; Silva, A. J.; Costa, A. M.; Bastos, E.; Gonzalez-Badillo, J. y Marques, M. (2012). Effects of high-speed power training on functional capacity and muscle performance in older women. *Exp Gerontol*, 47(3), 250-255. doi: 10.1016/j.exger.2011.12.010
- Piasecki, M.; Ireland, A.; Coulson, J.; Stashuk, D. W.; Hamilton Wright, A.; Swiecicka, A.; Jones, D. (2016). Motor unit number estimates and neuromuscular transmission in the tibialis anterior of master athletes: evidence that athletic older people are not spared from age related motor unit remodeling. *Physiological Reports*, 4(19), e12987. doi: 10.14814/phy2.12987
- Power, G.; Allen, M.; Gilmore, K.; Stashuk, D.; Doherty, T.; Hepple, R.; Rice, C. (2016). Motor unit number and transmission stability in octogenarian world class athletes: Can age-related deficits be outrun? *Journal of Applied Physiology*, 121(4), 1013-1020. doi: 10.1152/jappphysiol.00149.2016
- Power, G.; Dalton, B.; y Rice, C. (2013). Human neuromuscular structure and function in old age: A brief review. *J Sport Health Sci*, 2(4), 215-226. doi: 10.1016/j.jshs.2013.07.001
- Prasitsiriphon, O y Pothisiri W. (2018) Associations of Grip Strength and Change in Grip Strength With All-Cause and Cardiovascular Mortality in a European Older Population. *Clin Med Insights Cardiol*.12: doi:1179546818771894.
- Puthoff, M.; y Nielsen, D. (2007). Relationships among impairments in lower-extremity strength and power, functional limitations, and disability in older adults. *Phys Ther*, 87(10), 1334-1347. doi: 10.2522/ptj.20060176
- Ramirez-Campillo, R.; Castillo, A.; De la Fuente, C.; Campos, C.; Andrade, D.; Álvarez, C.; Izquierdo, M. (2014). High-Speed Resistance Training is More Effective than Low-Speed Resistance Training to Increase Functional Capacity and Muscle Performance in Older Women. *Exp Gerontol*. 58:51-7. doi:10.1016/j.exger.2014.07.001 .
- Ratamess, N.; Alvar, B.; Evetoch, T.; Housh, T.; Kibler, W.; y Kraemer, W. (2009). Progression models in resistance training for healthy adults [ACSM position stand]. *Med Sci Sports* 41:687-708. doi:10.1249/MSS.0b013e3181915670
- Reid, K.; y Fielding, R. (2012). Skeletal muscle power: a critical determinant of physical functioning in older adults. *Exerc Sport Sci Rev*, 40(1), 4-12. doi: 10.1097/JES.0b013e31823b5f13
- Rikli, R.; y Jones, C. (2013). Development and validation of criterion-referenced clinically relevant fitness standards for maintaining physical independence in later years. *Gerontologist*, 53(2), 255-267. doi: 10.1093/geront/gns071
- Sale, D. (1988). Neural adaptation to resistance training. *Med Sci Sports Exerc*, 20(5 Suppl), S135-145.
- Sanchez-Medina, L.; Gonzalez-Badillo, J.; Perez, C.; y Pallares, J. (2014). Velocity- and power-load relationships of the bench pull vs. bench press exercises. *Int J Sports Med*, 35(3), 209-216. doi: 10.1055/s-0033-1351252
- Sanchez-Medina, L.; Perez, C.; y Gonzalez-Badillo, J. (2010). Importance of the propulsive phase in strength assessment. *Int J Sports Med*, 31(2), 123-129. doi: 10.1055/s-0029-1242815
- Sayers SP, Gibson K. High-speed power training in older adults: a shift of the external resistance at which peak power is produced. *J Strength Cond Res*. 2014;28(3):616-21.
- Sayers, S.; Bean, J.; Cuoco, A.; LeBrasseur, N.; Jette, A.; y Fielding, R. (2003). Changes in function and disability after resistance training: does velocity matter?: a pilot study. *Am J Phys Med Rehabil*, 82(8), 605-613. doi: 10.1097/01.phm.0000078225.71442.b6
- Seo, D.; Lee, S.; Kim, N.; Ko, K.; Rhee, B.; y Han, J. (2016). Age-related changes in skeletal muscle mitochondria: the role of exercise. *Integr Med Res*, 5(3), 182-186. doi: 10.1016/j.imr.2016.07.003
- Studenski, S.; Perera, S.; Wallace, D.; Chandler, J.; Duncan, P.; Rooney, E.; Guralnik, J. (2003). Physical performance measures in the clinical setting. *J Am Geriatr Soc*, 51(3), 314-322.

