

## EFFECTO DE INTERVENCIONES CON EJERCICIO Y/O SUPLEMENTACIÓN SOBRE LA MASA MUSCULAR DE PERSONAS MAYORES CON SARCOPENIA: UN META-ANÁLISIS

Wilson Solano García<sup>1</sup> y Pedro Carazo Vargas<sup>2</sup>

(1) Posgrado en Ciencias del Movimiento Humano, Universidad de Costa Rica

(2) Escuela de Educación Física y Deportes, Universidad de Costa Rica

Envío original: 2018-08-31. Reenviado: 2019-01-27. Aceptado: 2019-02-08. Publicado: 2019-02-20.

### Resumen

La sarcopenia se caracteriza por la pérdida de la masa muscular y la fuerza. Objetivo: determinar el tamaño de efecto global del tratamiento con ejercicio y/o suplementación sobre la masa muscular de personas adultas mayores diagnosticadas con sarcopenia, así como identificar las variables que moderan el efecto del tratamiento. Métodos: Se realizó una búsqueda de literatura en las bases de datos EBSCOhost, Ovid, ProQuest, PubMed; ScienceDirect, SpringerLink, Embase. De 4770 estudios recuperados, se incluyeron 14 que cumplieron los criterios de inclusión de analizar la masa muscular, emplear diseños experimentales, aportar la estadística descriptiva, administrar un programa de ejercicio, suplementación o combinado de estas intervenciones e incluir personas mayores de 60 años diagnosticadas con sarcopenia. Los estudios debían estar publicados en texto completo en inglés o español. El cálculo del tamaño de efecto global se siguió utilizando el modelo de efectos aleatorios. Resultados: Fueron analizados 818 sujetos pertenecientes al grupo experimental y 284 al grupo control. Se obtuvo un tamaño de efecto global de 0.16 ( $p=0.005$ ), procedente de 38 tamaños de efecto. El gráfico de Funnel plot y la prueba de Egger no evidenciaron la presencia de sesgo general, ni publicación. Se necesitan 23 estudios para que el tamaño de efecto global sea no significativo. Conclusión: Se evidencia un cambio significativo en la masa muscular de personas adultas mayores diagnosticadas con sarcopenia, utilizando el tipo de intervención de ejercicio contra-resistencia con o sin suplementación, asimismo, se establece una guía de recomendaciones sobre prescripción de ejercicio y suplementación.

**Palabras clave:** Ejercicio, nutrición, tratamientos, masa magra, adulto mayor.

### EFFECT OF INTERVENTIONS WITH EXERCISE AND/OR SUPPLEMENTATION ON MUSCLE MASS OF ELDERLY PEOPLE WITH SARCOPENIA: A META-ANALYSIS

Wilson Solano-García<sup>1</sup> - Pedro Carazo-Vargas<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Graduate Program in Human Movement Sciences, University of Costa Rica.

<sup>2</sup>School of Physical Education and Sports, University of Costa Rica.

### Summary:

Sarcopenia is characterized by the loss of muscle mass and strength. Objective: to determine the size of the overall effect of treatment based on exercise and / or supplementation on muscle mass in elderly adults diagnosed with Sarcopenia, as well as to identify the variables that can moderate the effect of the treatment. Methods: a literature search was conducted in the databases EBSCOhost, Ovid, ProQuest, PubMed, ScienceDirect, SpringerLink, Embase. Out of the 4770 studies recovered, there were 14 studies which met these criteria: analyzing muscle mass, using experimental designs,

providing descriptive statistics, administering a program based on exercise or supplementation or both, as well as including people over 60 years old diagnosed with sarcopenia. The aforementioned studies were required to be published completely in English or in Spanish. The calculation of the global effect size followed the random effects model. Results: 818 subjects belonging to the experimental group and 284 to the control group were analyzed. An overall effect size of 0.16 ( $p = 0.005$ ), from 38 effect sizes was obtained. The Funnel Plot graph and the Egger test do not reveal evidence of any presence of general bias nor publication. In addition, 23 studies are needed in order for the global effect size not to be significant. Conclusion: There is evidence of a significant change in the muscle mass of older adults diagnosed with sarcopenia when using the exercise against resistance type of intervention, with or without supplementation. In like manner, a guide of recommendations on prescription of exercise and supplementation is established.

**Key words:** Exercise, nutrition, treatments, lean mass, older adult.

## Introducción

El término de sarcopenia fue propuesto por Irwin Rosenberg en el año 1988 y, se ha definido originalmente como la pérdida de la masa muscular con la edad, y años después se definió como la disminución de la masa y fuerza muscular que se producen con el envejecimiento (Rosenberg, [1989](#); Rosenberg, [1997](#)).

Algunos riesgos que se le atribuyen a la sarcopenia, destacan el deterioro funcional, movilidad reducida, pérdida de independencia y aumento de caídas, los cuales se asocian con pérdida de fuerza muscular, disminución en la calidad de vida, alta carga de atención y necesidades médicas, fragilidad, fracturas, hospitalización, dependencia, institucionalización y finalmente la muerte (Kim et al., [2012a](#); Kim et al., [2012b](#); Lera et al., [2015](#); Zdzieblik, Oesser, Baumstark, Gollhofer y König, [2015](#)).

Dentro de las estrategias de intervención, Burgos ([2006](#)) y Rolland et al. ([2011](#)) concluyen que de todas las alternativas ya sean nutricionales, hormonales y farmacológicas, el ejercicio contra-resistencia ha demostrado mayor eficacia para incrementar la masa muscular ya sea que se complementara con suplementación nutricional o no.

Con respecto al ejercicio, se han realizado estudios en personas adultas mayores y se han obtenido efectos positivos en variables de masa y fuerza muscular, flexibilidad, equilibrio, capacidad aeróbica, entre otros (Palop, Párraga, Lozano y Arteaga, [2015](#); Vásquez, Wanden y Sanz, [2013](#)), sin embargo, la literatura reporta pocos estudios con intervenciones realizadas específicamente en personas adultas mayores diagnosticados con sarcopenia.

Se ha evidenciado que el ejercicio contra-resistencia provoca una mejora del sistema muscular, favoreciendo la función física en individuos que envejecen, contribuyendo a la prevención de sarcopenia, prolongación de la independencia y autonomía de las personas adultas mayores (Fiatarone et al., [1990](#); Frontera, Meredith, O'Reilly, Knuttgen, y Evans, [1988](#); Solano y Carazo, [2018](#); Vásquez et al., [2013](#)).

La suplementación con requesón, así como con proteínas y aminoácidos han demostrado ser otras de las posibles estrategias de intervención. Sin embargo, al igual que

el ejercicio, existen pocos estudios con intervenciones en personas adultas mayores diagnosticados con sarcopenia (Alemán, Macías, Esparza, Astiazaran y Blancas, [2012](#); Kim et al., [2012a](#); Maltais, Ladouceur y Dionne, [2016](#)).

Otros autores han preferido realizar combinaciones de ejercicio con suplementación en personas adultas mayores (Beudart et al., [2017](#); Drummond et al., [2008](#); Phillips, Tang y Moore, [2009](#)) y se han observado resultados positivos a nivel muscular y de funcionalidad, por lo tanto la combinación de ambas intervenciones (ejercicio y suplementación) podría tener una mejor efectividad como tratamiento en la sarcopenia.

Aunque se ha comprobado que los programas con ejercicio y/o suplementación mejoran variables musculares y funcionalidad en las personas adultas mayores, aún existe controversia respecto al tipo de suplementación adecuada y la correcta prescripción de ejercicio.

El objetivo del presente meta-análisis se basó en determinar cuál es el tamaño de efecto global del tratamiento con ejercicio y/o suplementación sobre la masa muscular en personas adultas mayores diagnosticadas con sarcopenia, así como identificar las variables que moderan el efecto del tratamiento.

## **Metodología**

El presente meta-análisis se realizó siguiendo los lineamientos generales para el reporte de revisiones sistemáticas y meta-análisis (PRISMA, por sus siglas en inglés) (Liberati et al., [2009](#)).

### *Criterios de Elegibilidad (inclusión/exclusión)*

Los estudios debían analizar la masa muscular, emplear diseños experimentales, aportar la estadística descriptiva necesaria para calcular el tamaño de efecto (promedio, desviación estándar y tamaños de muestra de cada grupo), administrar un programa de ejercicio, suplementación o combinado de estas intervenciones con mediciones pretest y postest, e incluir personas mayores de 60 años diagnosticadas con sarcopenia. Los estudios debían estar publicados en texto completo en inglés o español.

### *Revisión de literatura*

Los estudios fueron localizados por medio de búsquedas en bases de datos electrónicas, listas de referencias de artículos incluidos y revistas especializadas en el tema. La búsqueda abarcó toda la información disponible de Agosto del año 2017 hacia atrás, en las siguientes bases de datos: EBSCOhost, Ovid, ProQuest, PubMed, ScienceDirect, SpringerLink y Embase. Se utilizó la frase booleana en español e inglés: (sarcopenia OR sarcopenic) AND (supplementation OR supplement) AND (“muscle mass” OR “fat free mass”) AND (exercise OR “physical activity”) AND (elderly OR aging OR “older people”) NOT animals. Los estudios localizados que no se tuvo acceso al documento completo o a la estadística descriptiva necesaria, se les solicitó a los autores vía correo electrónico. Además, se incluyeron tres estudios que fueron localizados a través de referencias bibliográficas de otros estudios, los cuales cumplían con los criterios de inclusión.

### *Selección de estudios y codificación de variables moderadoras.*

Con respecto a la calidad de los estudios, se analizaron utilizando la escala TESTEX propuesta por Smart et al. (2015), la cual evalúa 12 criterios y da como valor final un máximo de 15 puntos, por lo tanto, a mayor puntaje mayor calidad.

Con respecto al proceso de búsqueda de información, selección de estudios y codificación de variables moderadoras, fueron realizadas de forma independiente por dos evaluadores, posteriormente se compararon las bases de datos y los desacuerdos fueron resueltos por discusión y consenso entre los mismos.

### *Análisis de datos*

Se realizaron los siguientes procedimientos: cálculo del tamaño de efecto (*TE*) individual y global para el diseño intra grupo, significancia de los tamaños de efecto, cálculo de efecto de trabajos archivados, análisis de sesgo y heterogeneidad de los datos, análisis de variables moderadoras

Los procedimientos descritos para el cálculo del tamaño de efecto individual y global con su respectiva significancia, los análisis adicionales de trabajos archivados y de heterogeneidad se realizaron con el programa de Microsoft Excel 2013, mientras que para los análisis de las variables moderadoras se utilizó el paquete estadísticos IBM-SPSS Statistics 23, estableciéndose un nivel de significancia de 95%.

Para cada nivel de las variables moderadoras se obtuvo un intervalo de confianza y se estableció la significancia del *TE*. Para determinar el efecto de las variables moderadoras se realizaron análisis de correlación (Pearson) o análisis de variabilidad (ANOVA), para variables continuas o discretas respectivamente (Tablas 2, 3, 4 y 5).

## **Resultados**

La figura 1 muestra el flujograma del proceso de búsqueda, selección, eliminación e inclusión de los estudios que cumplieron con los criterios de elegibilidad siguiendo la frase booleana. En el análisis se incluyeron 1102 sujetos de los cuales 818 corresponden al grupo experimental y 284 al grupo control.

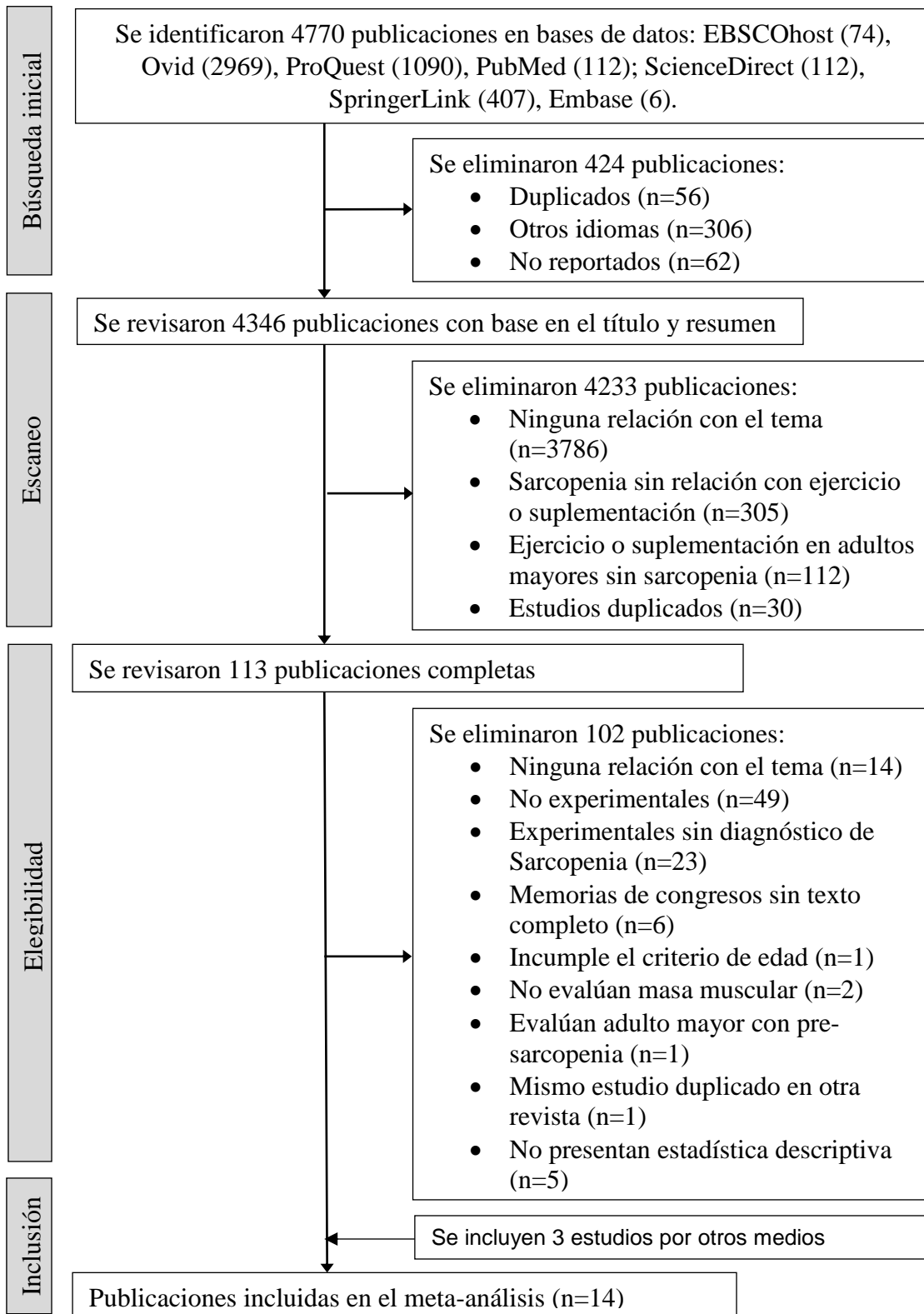


Figura 1. Diagrama de flujo para la selección de estudios incluidos.

Todos los estudios relevantes se incluyeron (Figura 2). Respecto al sesgo general, mediante el gráfico de Funnel plot, se obtuvo que no existe asimetría entre los estudios, por lo tanto no hay sesgo; del mismo modo, la prueba de Egger mostró ausencia de sesgo general ( $t=0.923$ ,  $p=0.361$ ). Con respecto al sesgo de publicación, mediante la fórmula para trabajos archivados ( $K_0$ ) se obtiene que son necesarios 23 estudios para que el  $TE$  global disminuya, dando como resultado un  $TE$  no significativo, así mismo se muestra mediante el gráfico de Forest plot el comportamiento de la dispersión de los  $TE$  (Figura 3)

De los 14 estudios meta-analizados (Alemán et al., 2012; Balachandran, Krawczyk, Potiaumpai y Signorile, 2014; Chen, Chung, Chen, Ho y Wu, 2017; Kemmler et al., 2016; Kim et al., 2012a; Kim et al., 2012b; Kim et al., 2016; Maltais et al., 2016; Papanicolaou et al., 2013; Perreault et al., 2016; Shahar et al., 2013; Wei, Pang, Ng y Ng, 2017; Yamamoto et al., 2017; Zdzieblik et al., 2015) se extrajo un total de 49  $TE$  (38 correspondientes al grupo experimental y 11 al grupo control), asimismo, de los 38  $TE$  del grupo experimental, 20 corresponden a intervenciones con ejercicio, 7 a intervenciones con suplementación y 11 a intervenciones donde combinan ejercicio con suplementación. Para efectos de este estudio, un tamaño de efecto positivo indica una mejora en variables asociadas a la masa muscular.

En la Tabla 1 se muestran las características de la estadística descriptiva ( $n$ ,  $TE$ ,  $IC$ ,  $p$ ,  $Q(p)$ ,  $I^2$  (%),  $F$  y  $p$ ) según el grupo control y experimental.

Tabla 1.  
Estadística descriptiva según el grupo control y experimental.

Grupo	$n$	$TE$	$IC$ (95%)	$p$	$Q(p)$	$I^2$ (%)	$F$	$p$
Control	11	0.00	-0.214 a 0.213	0.938	3.034 (0.981)	0	9.248	0.004*
Experimental	38	0.16	0.039 a 0.280	0.009	15.677 (0.999)	0		

Abreviaturas:  $n$ =tamaños de efecto;  $TE$ =tamaño de efecto;  $IC$ =intervalo de confianza;  $p$ =significancia;  $Q(p)$ = $Q$  de Cochran's y su significancia;  $I^2$ =prueba de consistencia;  $F$ =Anova;  $p<0.05^*$ .

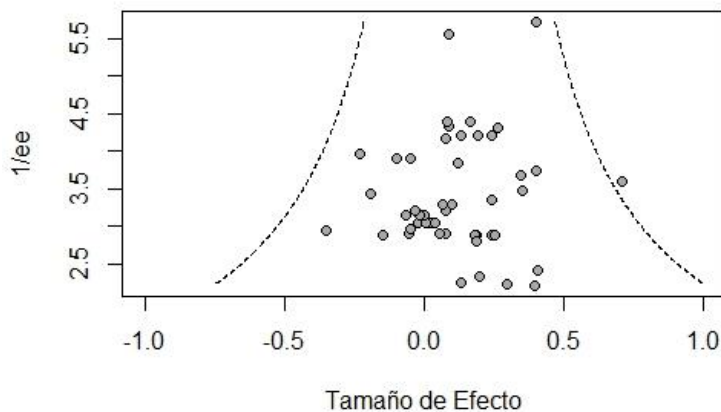


Figura 2. Sesgo general de publicación.

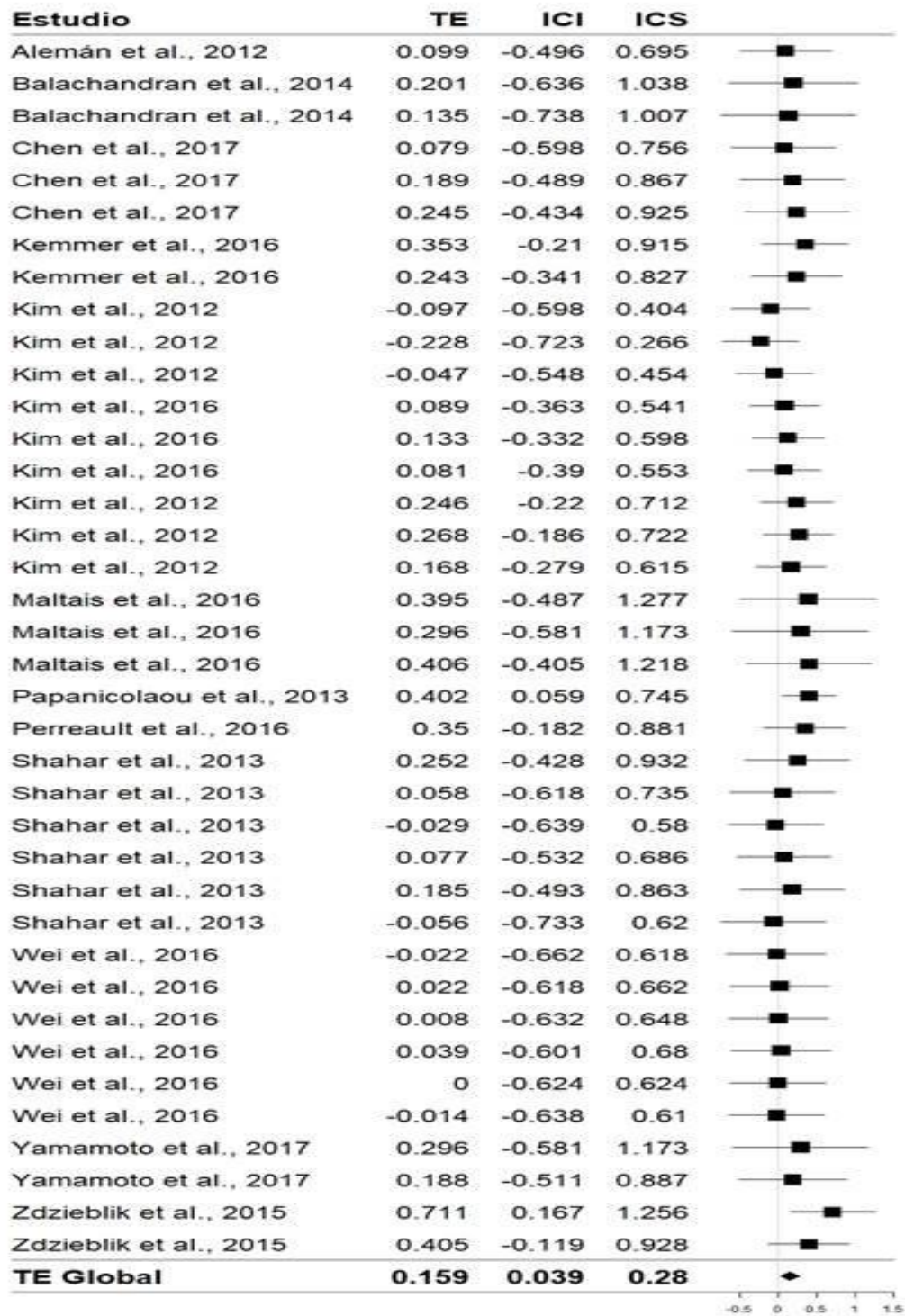


Figura 3. Tamaño de efecto con su intervalo de confianza al 95% entre la medición del pretest y posttest del grupo experimental.

### Variables moderadoras

En las Tablas 2, 3, 4 y 5 se presentan la estadística respectiva de las variables moderadoras según las características de la muestra, del diseño y de las intervenciones con ejercicio y suplementación.

Tabla 2.  
Significancia de los *TE* calculados en características de la muestra.

Variable Moderadora	<i>n</i>	<i>TE</i>	<i>ICI</i>	<i>ICS</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>r</i>	<i>p</i>
Edad	38	0.16	0.039	0.280	0.009		-0.322	0.049*
Sexo	38	0.16	0.039	0.280	0.009	12.772		0.000*
Masculino	6	0.44 <sup>a, b</sup>	0.108	0.781	0.010			
Femenino	13	0.14 <sup>a</sup>	-0.017	0.304	0.079			
Ambos	19	0.09 <sup>b</sup>	-0.123	0.300	0.411			
Masa corporal (Kg)	38	0.16	0.039	0.280	0.009		0.548	0.000*
Estatura corporal (cm)	20	0.08	-0.079	0.248	0.310		0.339	0.144
IMC (Kg/m <sup>2</sup> )	29	0.15	0.001	0.298	0.048*		0.049	0.800
Condiciones especiales	38	0.16	0.039	0.280	0.009	0.267		0.767
No reporta	26	0.15	0.019	0.288	0.025*			
Obesidad sarcopenica	10	0.17	-0.091	0.433	0.201			
Cáncer gástrico	2	0.24	-0.545	1.017	0.553			

Abreviaturas: *n*=tamaños de efecto; *TE*=tamaño de efecto; *ICI*=intervalo de confianza inferior; *ICS*=intervalo de confianza superior; *p*=significancia; *F*=Anova; *r*=correlación; \*, <sup>a, b</sup>*p*<0.05.

Tabla 3.  
Significancia de los *TE* calculados en características del diseño.

Variable Moderadora	<i>n</i>	<i>TE</i>	<i>ICI</i>	<i>ICS</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>r</i>	<i>p</i>
Criterio diagnóstico de sarcopenia	38	0.16	0.039	0.280	0.009	2.631		0.066
Método EWGSOP	6	0.36	0.010	0.719	0.044*			
(MMEA(Kg)/MC(Kg)*100)	3	0.17	-0.375	0.716	0.539			
Índices de masa muscular	19	0.16	-0.026	0.345	0.073			
Variedad de criterios	9	0.08	-0.121	0.271	0.454			
Instrumento de medición de masa muscular	38	0.16	0.039	0.280	0.009	18.097		0.000*
DXA	10	0.37 <sup>a, b</sup>	0.130	0.615	0.004			
Bioimpedancia	22	0.10 <sup>a</sup>	-0.065	0.267	0.232			
Ultrasonido	6	0.00 <sup>b</sup>	-0.320	0.331	0.974			
Variable de medición	38	0.16	0.039	0.280	0.009	8.440		0.000*
MMEA (Kg)	11	0.12 <sup>a, c</sup>	-0.041	0.285	0.143			
ÍMM (Kg/m <sup>2</sup> )	10	0.29 <sup>a, b</sup>	-0.032	0.610	0.121			
((MMEA/MC) (%))	3	0.17 <sup>d</sup>	-0.375	0.716	0.539			
Masa libre de grasa	2	0.55 <sup>c, d, e, f</sup>	0.112	0.995	0.014			
Masa muscular	6	0.08 <sup>e</sup>	-0.287	0.444	0.673			
ÁTVM (cm <sup>2</sup> )	6	0.00 <sup>b, f</sup>	-0.368	0.379	0.977			



Calidad del estudio	38	0.16	0.039	0.280	0.009		0.374	0.021*
Grupo	49	0.12	0.018	0.224	0.022	9.248		0.004*
Control	11	0.00	-0.214	0.213	0.938			
Experimental	38	0.16	0.039	0.280	0.009			
Tipo de intervención	49	0.12	0.018	0.224	0.022	4.333		0.009*
Control	11	0.00 <sup>a</sup>	-0.214	0.213	0.938			
Ejercicio	20	0.13	-0.047	0.306	0.132			
Suplementación	7	0.15	-0.084	0.382	0.210			
Combinados	11	0.23 <sup>a</sup>	0.002	0.454	0.048			

Abreviaturas: MMEA=masa muscular esquelética apendicular; MC=masa corporal; IMM=índices de masa muscular; ATVM=área transversal del vasto medial; *n*=tamaños de efecto; *TE*=tamaño de efecto; ICI=intervalo de confianza inferior; ICS=intervalo de confianza superior; *p*=significancia; F=Anova; r=correlación; \*, a, b, c, d, e, f=*p*<0.05.

Tabla 4.  
Significancia de los *TE* calculados en características de intervenciones con ejercicio.

Variable Moderadora	<i>n</i>	<i>TE</i>	<i>ICI</i>	<i>ICS</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>R</i>	<i>p</i>
Tipo de ejercicio	30	0.16	0.023	0.304	0.022	6.340		0.006*
Contra-resistencia	9	0.35 <sup>a,b</sup>	0.054	0.653	0.021			
Multicomponente	13	0.10 <sup>a</sup>	-0.099	0.306	0.316			
Vibración	8	0.08 <sup>b</sup>	-0.207	0.377	0.567			
Protocolo	30	0.16	0.022	0.302	0.024	0.004		0.948
Incremental	15	0.17	0.055	0.281	0.004*			
Constante	15	0.15	-0.094	0.398	0.225			
Tiempo de calentamiento	10	0.22	-0.044	0.490	0.102		-0.088	0.808
Tiempo de enfriamiento	9	0.16	-0.127	0.448	0.273		-0.531	0.142
Cantidad de semanas	31	0.16	0.025	0.303	0.020*		0.241	0.191
Frecuencia semanal	31	0.16	0.025	0.303	0.020*		0.137	0.463
Total de sesiones	31	0.16	0.025	0.303	0.020		0.420	0.019*
Duración por sesión	23	0.20	0.045	0.352	0.011*		-0.116	0.598
Medición de intensidad	22	0.19	0.032	0.351	0.019	1.751		0.200
1RM	10	0.26	-0.074	0.589	0.128			
Borg	4	0.06	-0.180	0.306	0.613			
No reporta	8	0.22	-0.003	0.439	0.053			
Intensidad	21	0.19	0.033	0.352	0.018	3.823		0.041*
No reporta	4	0.30 <sup>a</sup>	0.032	0.577	0.029			
Moderado	12	0.10 <sup>a,b</sup>	-0.120	0.321	0.372			
Vigoroso	5	0.33 <sup>b</sup>	-0.151	0.814	0.178			
Número de series	22	0.19	0.032	0.351	0.019	5.427		0.014*
No reporta	10	0.23 <sup>a</sup>	0.026	0.429	0.027			
1 a 2	2	-0.16 <sup>a,b</sup>	-0.644	0.318	1.494			
3	10	0.26 <sup>b</sup>	-0.074	0.589	0.128			
Número de repeticiones	22	0.19	0.032	0.351	0.019	2.549		0.126
No reporta	6	0.10	-0.226	0.418	0.560			

Mayor a 8	16	0.23	0.047	0.417	0.014*		
Método de entrenamiento	22	0.19	0.032	0.351	0.019	3.679	0.045*
MB	6	0.34 <sup>a</sup>	0.012	0.664	0.042		
Peso libre	8	0.07 <sup>ab</sup>	-0.170	0.306	0.576		
MB+Peso libre	8	0.24 <sup>b</sup>	-0.070	0.560	0.127		

Abreviaturas: MB=máquinas biomecánicas; *n*=tamaños de efecto; *TE*=tamaño de efecto; *ICI*=intervalo de confianza inferior; *ICS*=intervalo de confianza superior; *p*=significancia; *F*=Anova; *r*=correlación; \*, <sup>a</sup>, <sup>b</sup>, <sup>d</sup>=*p*<0.05.

Tabla 5.  
Significancia de los TE calculados en características de intervenciones con suplementación.

Variable Moderadora	<i>n</i>	<i>TE</i>	<i>ICI</i>	<i>ICS</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>r</i>	<i>p</i>
Tipo de suplemento	18	0.19	0.027	0.354	0.023	3.440		0.046*
Proteínas	7	0.15	-0.198	0.497	0.400			
Antioxidantes	2	-0.07 <sup>a</sup>	-0.571	0.426	1.223			
Aminoácidos	6	0.33 <sup>a</sup>	0.029	0.627	0.032			
Combinados	3	0.23	-0.025	0.484	0.078			
Momento de ingesta	16	0.17	-0.011	0.355	0.066	13.592		0.002*
IPE	3	0.52	-0.033	1.064	0.065			
No reporta	13	0.11	-0.098	0.327	0.290			
Frecuencia semanal	18	0.19	0.027	0.354	0.023*		-0.283	0.255
Cantidad de semanas	18	0.19	0.027	0.354	0.023*		0.172	0.495
Gramos de grasa	8	0.17	-0.161	0.506	0.310		0.120	0.977
Gramos de carbohidrato	8	0.17	-0.161	0.506	0.310		0.716	0.460
Gramos de proteína	9	0.22	-0.059	0.492	0.124		0.566	0.112
Aminoácidos esenciales	7	0.25	-0.006	0.505	0.056		-0.169	0.717
Leucina	8	0.25	0.021	0.485	0.033*		-0.173	0.682
Isoleucina	5	0.23	0.016	0.448	0.035*		-0.426	0.474
Valina	5	0.23	0.016	0.448	0.035*		-0.106	0.865
Vitaminas	18	0.19	0.027	0.354	0.023	0.010		0.922
Reporta	4	0.22	-0.045	0.491	0.103			
No reporta	14	0.18	-0.022	0.380	0.081			

Abreviaturas: IMP=inmediatamente pos ejercicio; *n*=tamaños de efecto; *TE*=tamaño de efecto; *ICI*=intervalo de confianza inferior; *ICS*=intervalo de confianza superior; *p*=significancia; *F*=Anova; *r*=correlación; \*, <sup>a</sup>=*p*<0.05.

## Discusión

En el presente estudio se propuso determinar cuál era el tamaño del efecto global del tratamiento con ejercicio y/o suplementación sobre la masa muscular en personas adultas mayores diagnosticadas con sarcopenia, así como identificar las variables que moderan el efecto del tratamiento, para ello se realizó un diseño meta-analítico de comparación entre mediciones.

Entre los principales hallazgos, se evidenció una diferencia significativa ( $p=0.004$ ) en la masa muscular del grupo experimental ( $TE=0.16$ ,  $p=0.009$ ), en comparación al grupo control ( $TE=0.00$ ;  $p=0.938$ ). Según lo reporta Cohen (1988), el  $TE$  es pequeño, sin embargo, aunque el efecto sea pequeño, es una población vulnerable por lo que cualquier cambio positivo en su masa muscular va a representar una ganancia en esta población.

Es importante mencionar que el grupo experimental presenta intervenciones con ejercicio, suplementación o la combinación de ambas por lo que los  $TE$  a discutir se deben realizar sobre cada tipo de intervención.

Con respecto a las intervenciones combinadas produjeron cambios significativos con respecto al grupo control, aun cuando se utilizaron distintas modalidades de ejercicio y distintas combinaciones de suplementación.

Algunos estudios reportan que mediante intervenciones que combinaron ejercicio y suplementación, han encontrado efectos positivos en variables asociadas a la masa muscular (Cermak, de Groot, Saris y van Loon, 2012; Chun et al., 2017), sin embargo, en otros estudios no se ha logrado evidenciar diferencias significativas (Antoniak y Greik, 2017; Carlsson et al., 2011; Wright y Baldwin, 2017).

Aunque la intervención realizada con ejercicio presentó un  $TE$  de 0.16 el cual presenta una magnitud baja, se identificó que existe diferencia significativa entre los tipos de ejercicio, siendo el ejercicio contra-resistencia el que genera una mayor magnitud de  $TE$ ; al analizarlo según los tipos de ejercicio se evidenció una diferencia significativa ( $p<0.006$ ) a favor del ejercicio contra-resistencia en comparación al ejercicio multicomponente y de vibración.

Un meta-análisis realizado por Csapo y Alegre (2016) evidencia aumentos en masa muscular, mediante ejercicio contra-resistencia, por el contrario, Lee, Kim y Kim (2017) no encontraron un efecto significativo en la masa corporal magra en adultos mayores de 60 años, mediante un programa de ejercicio contra-resistencia.

Al analizar la suplementación por sí sola ( $TE$  de 0.15) no genera beneficios, sin embargo, al estudiar los tipos de suplementación administrados, por sí solos o en combinación con el ejercicio, se evidenció una diferencia significativa ( $p<0.046$ ) a favor de los aminoácidos esenciales con respecto a los antioxidantes.

Tomando en cuenta los estudios anteriores y el nuestro, se muestra que los cambios a nivel muscular únicamente con tratamientos de suplementación no son significativos, por lo que no muestra una opción de tratamiento viable para mejorar la masa muscular, o quizás se necesita mayor evidencia para demostrar cambios significativos.

Al realizar el análisis de variables moderadoras, algunos cambios significativos relacionados con la muestra y el diseño, destacan que los hombres presentan mayores tamaños de efecto respecto a las mujeres, estos datos concuerdan con el meta análisis realizado por Chun et al. (2017) obteniendo que los hombres exhibieron cambios significativamente mayores en la masa corporal con respecto a las mujeres. Con respecto a los instrumentos de medición, el DXA es el que reporta mayores tamaños del efecto. Estudios mencionan que este método se considera muy preciso y cuando se compara la validez, confiabilidad y sensibilidad del BIA con el DXA, se observa que es más baja en el

BIA y que además, también el error de medición suele ser más alto (Balachandran et al., [2014](#); Mitsiopoulos et al., [1998](#)).

Otra de las variables moderadoras relacionadas con el diseño, como lo es el criterio diagnóstico de sarcopenia del EWGSOP (siglas en inglés del *European Working Group on Sarcopenia in Older People*, o Grupo de Trabajo Europeo sobre Sarcopenia en Personas Adultas Mayores) (Cruz-Jentoft, et al. 2010), no evidenció cambios significativos con respecto a otro método, sin embargo, mostró un tamaño de efecto diferente de cero.

Dentro de los principales cambios significativos relacionados con ejercicio, luego de realizar el análisis de variables moderadoras, destacan el número de sesiones la cual tuvo un rango de 12-36, indicando un mayor tamaño de efecto empleando 36 sesiones. Al analizar la intensidad, hay un mayor tamaño de efecto utilizando una intensidad vigorosa con respecto a la moderada, algunos autores han demostrado que el entrenamiento de contra-resistencia en personas adultas mayores debe ser conducido a altas intensidades y volúmenes para ver mejoras (Latham, Bennett, Stretton y Anderson, [2004](#); Liu y Latham, [2009](#); Peterson, Rhea, Sen y Gordon, [2010](#)), sin embargo, Kim et al. ([2012b](#)) mencionan que este tipo de intensidades son muy desafiantes aunque puedan aumentar la masa y fuerza muscular de manera más efectiva.

Al analizar las variables moderadoras relacionadas con la suplementación, algunas mostraron cambios significativos como lo son el momento de ingesta y tipo de suplementación el cual ya fue discutido anteriormente.

En cuanto al momento de ingesta, se obtuvo una diferencia significativa en la masa muscular, a favor de los que consumen suplementos inmediatamente pos ejercicio. Algunos estudios apoyan los datos obtenidos en el presente estudio (Beelen et al., [2008](#); Candow y Chilibeck, [2007](#); Cribb y Hayes, [2006](#); Esmarck et al., [2001](#); Koopman, Saris, Wagenmakers y van Loon, [2007](#)), sin embargo, otros no evidenciaron cambios positivos en la masa muscular luego de haber consumido algún suplemento alimenticio pos ejercicio (Carlsson et al., [2011](#); Mitchell et al., [2014](#)).

El presente meta-análisis intentó incluir otras variables moderadoras que podían influir en el tamaño de efecto global, sin embargo, no se pudieron analizar, debido a que solo existía un tamaño de efecto, así como mucha variabilidad entre los estudios, por lo tanto no se pudieron codificar, entre ellas destacan un método residual para el diagnóstico de sarcopenia, puntos de corte para determinar la disminución de masa muscular, características de calentamiento y enfriamiento en ejercicio, familiarización previa a la intervención de ejercicio, tiempo de descanso entre series, tiempo de descanso entre repeticiones, tempo por repetición de ejercicio, número y tipo de ejercicio a realizar por sesión, características relacionadas con ejercicio aeróbico, flexibilidad y neuromotor, dosis diaria de suplementos consumidos, cantidad y tipo de vitaminas y minerales.

Entre los mecanismos fisiológicos capaces de explicar los cambios a nivel muscular, luego de realizar ejercicio contra-resistencia o combinado con suplementación, se destaca un aumento en la tensión muscular, que es el estímulo principal para iniciar el proceso de crecimiento muscular; este estrés mecánico sobre los componentes del sistema muscular activa proteínas de señalización para mover los genes que traducen el ARN mensajero y estimula la síntesis de proteínas más que el metabolismo de las mismas (McArdle, Katch y Katch, [2015](#)).

Otro posible mecanismo corresponde a la vía de Akt/mTOR, la cual constituye una de las principales reguladoras en la iniciación de la síntesis de proteínas y cambios en la masa muscular esquelética a través de las proteínas p70S6K, eIF4E y 4EBP1, esta síntesis de proteínas procede por medio del complejo proceso de la traducción del ARNm: (1) Iniciación, en el que el iniciador metionil-ARNt y el ARNm se unen a la subunidad ribosomal 40S, (2) Elongación, mediante la cual los aminoácidos unidos al ARNt se incorporan en cadenas polipeptídicas en crecimiento y (3) Terminación, donde la proteína terminada se libera del ribosoma (Meng y Yu, [2010](#); Spangenburg, [2009](#); Vary y Lynch, [2007](#)).

Respecto a la suplementación, las proteínas se desdoblan en aminoácidos, los cuales se oxidan para producir ATP o se utilizan para la síntesis de nuevas proteínas destinadas al crecimiento y la reparación del cuerpo; el anabolismo de las proteínas se produce en los ribosomas de casi todas las células del cuerpo. Es importante mencionar que, aunque la ingesta proteica sea adecuada, el aumento de su ingestión no incrementará la masa muscular, solo con un programa regular de actividad muscular intensa con levantamiento de peso se puede lograr este objetivo (Tortora y Derrickson, [2013](#)).

Otros autores mencionan que para mejorar la masa muscular se debe emplear especialmente la leucina, ya que es el único aminoácido capaz de estimular el mTOR, el cual es un estimulante de la síntesis proteica a nivel muscular en respuesta a la ingesta de aminoácidos esenciales y/o contracción muscular (Goodman et al., [1997](#); Leenders y van Loon, [2011](#); Mascher, Andersson, Nilsson, Ekblom y Blomstrand, [2007](#); Morley et al., [2010](#)).

### Implicaciones y recomendaciones prácticas

Se obtiene una guía de recomendación específicamente sobre prescripción de ejercicio basada en población adulta mayor diagnosticada con sarcopenia, no obstante en relación con la suplementación, se requiere que se continúen elaborando estudios para poder llegar a una prescripción más clara (Tabla 6).

Tabla 6.  
Guía de recomendaciones sobre prescripción de ejercicio y suplementación en personas adultas mayores diagnosticados con sarcopenia.

Variable moderadora	Ejercicio Contra-resistencia	
	Máquinas Biomecánicas	Peso Libre
Criterio diagnóstico	EWGSOP●	EWGSOP●
Instrumento de medición	DXA*	DXA*
Variable de medición de masa muscular	IMMAE*	IMMAE*
Protocolo	Incremental●	Incremental●
Tiempo de calentamiento (min)	5 <sup>+</sup>	5 <sup>+</sup>
Tiempo de enfriamiento (min)	5 <sup>+</sup>	5 <sup>+</sup>
Familiarización (2 semanas)	si <sup>+</sup>	si <sup>+</sup>
Cantidad de semanas	12*	12*
Frecuencia semanal	3*	3*
Total de sesiones	36*	36*
Duración por sesión	41-60*	41-60*
Medición de intensidad	RM	Borg
Intensidad vigorosa	70-<85%*	14-17*

Número de series	3*	3*
Número de repeticiones	8 a 15*	8 a 15*
Número de ejercicios	8 a 10*	8 a 10*
Tiempo de descanso (min)	1 a 2 <sup>+</sup>	1 a 2 <sup>+</sup>
Tempo (s)	1 a 2 <sup>+</sup>	1 a 2 <sup>+</sup>
Tipo de suplemento	Aminoácidos esenciales*	Aminoácidos esenciales*
Momento de ingesta	Inm. post-ejercicio*	Inm. post-ejercicio*
Aminoácidos esenciales	Leu., Isoleu., Valina*	Leu., Isoleu., Valina*

Abreviaturas: Inm=inmediatamente; \*= $p \leq 0.05$ ; <sup>+</sup>=Tendencia; ●=TE diferente de cero; Leu=Leucina; Isoleu=Isoleucina.

## Implicaciones y recomendaciones para investigación

Se realiza una actualización de la materia en el área, desde la que se incentiva a todos los autores que utilizan algún diseño experimental, cuasi-experimental o pre-experimental, que reporten la estadística descriptiva (n, promedio y desviación estándar) tanto en el pre-test como el post-test, con el fin de que sus estudios puedan ser utilizados en futuros meta-análisis. Es importante que reporten con mayor claridad y especificidad los tratamientos específicamente en cuanto a prescripción de ejercicio. Por otra parte, es importante instar a los autores en realizar estudios confirmatorios del presente meta-análisis.

## Fortalezas y limitaciones del estudio

Se logra identificar los principales tratamientos para el síndrome de la sarcopenia, así como establecer una guía de recomendación sobre prescripción de ejercicio y suplementación en menor medida. Además, con base en la indagación realizada, los autores de la presente investigación expresan que, a su entender, este es el primer estudio meta-analítico con diseño intra grupos.

Existen otros estudios potenciales para ser incluidos en el meta-análisis, sin embargo, no presentan la estadística descriptiva para los correspondientes análisis. Se envió solicitud de esta información a los autores vía correo electrónico pero no se recibió respuesta. Por otra parte, es importante mencionar también que la literatura que se reporta en el área es poca y que existe gran diversidad de métodos para el diagnóstico de la sarcopenia, por lo tanto, no existe un consenso y eso causa controversia en la literatura.

Aunque el presente estudio de carácter meta-analítico permitió recopilar y analizar la evidencia generada hasta el momento en el área, se establece que las recomendaciones son de gran importancia. Sin embargo, se requiere seguir analizándolas.

## Conclusión

Se evidencia un aumento significativo en la masa muscular de personas adultas mayores diagnosticadas con sarcopenia, utilizando el tipo de intervención de ejercicio en combinación con suplementación. Sin embargo, el ejercicio contra-resistencia también mostró una mejora significativa en el aumento de masa muscular, con respecto a otros tipos de ejercicio. Asimismo, se evidencia que realizar un protocolo incremental de intensidades, trabajar ejercicio contra-resistencia tres veces por semana por 12 semanas, trabajar de 41-60 minutos por sesión, mantener una intensidad de 70 a <85% de un RM o un valor de 14-

17 en la escala de esfuerzo percibido de Borg, trabajar tres series por sesión, realizar de ocho a 15 repeticiones por ejercicio, suplementarse con aminoácidos, consumir suplementos inmediatamente pos ejercicio y consumir leucina, isoleucina y valina, estas variables de manera independiente están asociadas con aumentos en la masa muscular de personas adultas mayores diagnosticadas con sarcopenia.

**Los autores no declaran conflictos de intereses.**

## Bibliografía

- Alemán, H., Macías, L., Esparza, J., Astiazaran, H., & Blancas, A. L. (2012). Physiological effects beyond the significant gain in muscle mass in sarcopenic elderly men: evidence from a randomized clinical trial using a protein-rich food. *Clinical interventions in aging*, 7, 225-234. doi: <https://dx.doi.org/10.2147%2FCIA.S32356>
- Antoniak, A., & Greig, C. (2017). The effect of combined resistance exercise training and vitamin D3 supplementation on musculoskeletal health and function in older adults: a systematic review and meta-analysis. *BMJ open*, 7(7), e014619. doi: <http://dx.doi.org/10.1136/bmjopen-2016-014619>
- Balachandran, A., Krawczyk, S. N., Potiaumpai, M., & Signorile, J. F. (2014). High-speed circuit training vs hypertrophy training to improve physical function in sarcopenic obese adults: a randomized controlled trial. *Experimental gerontology*, 60, 64-71. doi: <https://doi.org/10.1016/j.exger.2014.09.016>
- Beudart, C., Dawson, A., Shaw, S., Harvey, N., Kanis, J., Binkley, N., Reginster, J., Chapurlat, R., Chan, D., Bruyère, O., Rizzoli, R., Cooper, C., & Dennison, E. (2017). Nutrition and physical activity in the prevention and treatment of sarcopenia: systematic review. *Osteoporosis International*, 28, 1817-1833. Recuperado de: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00198-017-3980-9>
- Beelen, M., Koopman, R., Gijsen, A., Vandereyt, H., Kies, A., Kuipers, H., ... & van Loon, L. J. (2008). Protein coingestion stimulates muscle protein synthesis during resistance-type exercise. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 295(1), E70-E77. doi: <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00774.2007>
- Burgos, R. (2006). Enfoque terapéutico global de la sarcopenia. *Nutrición Hospitalaria*, 21, 51-60. Recuperado de: [http://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S0212-16112006000600008&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S0212-16112006000600008&script=sci_arttext&tlng=pt)
- Candow, D., & Chilibeck, P. (2007). Timing of creatine or protein supplementation and resistance training in the elderly. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 33(1), 184-190. doi: <https://doi.org/10.1139/H07-139>
- Carlsson, M., Littbrand, H., Gustafson, Y., Lundin, L., Lindelöf, N., Rosendahl, E., & Häglin, L. (2011). Effects of high-intensity exercise and protein supplement on muscle mass in ADL dependent older people with and without malnutrition—A randomized controlled trial. *The journal of nutrition, health & aging*, 15(7), 554-560. doi: <https://doi.org/10.1007/s12603-012-0068-2>

- Cermak, N., de Groot, L., Saris, W., & van Loon, L. (2012). Protein supplementation augments the adaptive response of skeletal muscle to resistance-type exercise training: a meta-analysis. *The American journal of clinical nutrition*, 96(6), 1454-1464. doi: <https://doi.org/10.3945/ajcn.112.037556>
- Chen, H. T., Chung, Y. C., Chen, Y. J., Ho, S. Y., & Wu, H. J. (2017). Effects of Different Types of Exercise on Body Composition, Muscle Strength, and IGF-1 in the Elderly with Sarcopenic Obesity. *Journal of the American Geriatrics Society*, 65(4), 827-832. doi: <https://doi.org/10.1111/jgs.14722>
- Chun, D., Tsauo, J., Wu, Y., Cheng, C., Chen, H., Huang, Y., ... & Liou, T. (2017). Effects of protein supplementation combined with resistance exercise on body composition and physical function in older adults: a systematic review and meta-analysis. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 106(4), 1078-1091. doi: <https://doi.org/10.3945/ajcn.116.143594>
- Cribb, P., & Hayes, A. (2006). Effects of supplement-timing and resistance exercise on skeletal muscle hypertrophy. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 38(11), 1918-1925. Recuperado de: <http://vuir.vu.edu.au/1436/>
- Cruz-Jentoft, A.J., Baeyens, J.P., Bauer, J.M., Boirie, Y., Cederholm, T., Landi, F., ... & Zamboni, M. (2010). Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. *Age & Ageing*, 39(4),412-423. doi: 10.1093/ageing/afq034
- Csapo, R., & Alegre, L. (2016). Effects of resistance training with moderate vs heavy loads on muscle mass and strength in the elderly: A meta-analysis. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 26(9), 995-1006. doi: <https://doi.org/10.1111/sms.12536>
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral sciences*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers. Recuperado de: <http://www.utstat.toronto.edu/~brunner/oldclass/378f16/readings/CohenPower.pdf>
- Drummond, M., Dreyer, H., Pennings, B., Fry, C., Dhanani, S., Dillon, E., Sheffield, M., Volpi, E., & Rasmussen, B. (2008). Skeletal muscle protein anabolic response to resistance exercise and essential amino acids is delayed with aging. *Journal of applied physiology*, 104(5), 1452-1461. doi: <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00021.2008>
- Esmarck, B., Andersen, J., Olsen, S., Richter, E., Mizuno, M., & Kjær, M. (2001). Timing of postexercise protein intake is important for muscle hypertrophy with resistance training in elderly humans. *The Journal of physiology*, 535(1), 301-311. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1469-7793.2001.00301.x>
- Fiatarone, M., Marks, E., Ryan, N., Meredith, C., Lipsitz, L., & Evans, W. (1990). High-intensity strength training in nonagenarians: effects on skeletal muscle. *Jama*, 263(22), 3029-3034. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/20814302\\_High-Intensity\\_Strength\\_Training\\_in\\_Nonagenarians\\_Effects\\_on\\_Skeletal\\_Muscle](https://www.researchgate.net/publication/20814302_High-Intensity_Strength_Training_in_Nonagenarians_Effects_on_Skeletal_Muscle)



- Frontera, W., Meredith, C., O'Reilly, K., Knuttgen, H., & Evans, W. (1988). Strength conditioning in older men: skeletal muscle hypertrophy and improved function. *Journal of applied physiology*, 64(3), 1038-1044. doi: <https://doi.org/10.1152/jappl.1988.64.3.1038>
- Goodman, C., Henry, G., Dawson, B., Gillam, I., Beilby, J., Ching, S., ... & Morling, P. (1997). Biochemical and ultrastructural indices of muscle damage after a twenty-one kilometer run. *Australian journal of science and medicine in sport*, 29(4), 95-98. doi: [10.1016/S1076-0512\(97\)80027-1](https://doi.org/10.1016/S1076-0512(97)80027-1)
- Kemmler, W., Teschler, M., Weissenfels, A., Bebenek, M., von Stengel, S., Kohl, M., ... & Engelke, K. (2016). Whole-body electromyostimulation to fight sarcopenic obesity in community-dwelling older women at risk. Results of the randomized controlled FORMOsA-sarcopenic obesity study. *Osteoporosis International*, 27(11), 3261-3270. doi: [10.1007/s00198-016-3662-z](https://doi.org/10.1007/s00198-016-3662-z)
- Kim, H., Kim, M., Kojima, N., Fujino, K., Hosoi, E., Kobayashi, H., ... & Yoshida, H. (2016). Exercise and nutritional supplementation on community-dwelling elderly Japanese women with sarcopenic obesity: a randomized controlled trial. *Journal of the American Medical Directors Association*, 17(11), 1011-1019. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2016.06.016>
- Kim, H., Suzuki, T., Saito, K., Yoshida, H., Kobayashi, H., Kato, H., & Katayama, M. (2012a). Effects of exercise and amino acid supplementation on body composition and physical function in community-dwelling elderly Japanese sarcopenic women: a randomized controlled trial. *Journal of the American Geriatrics Society*, 60, 16-23. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2011.03776.x>
- Kim, H., Suzuki, T., Saito, K., Yoshida, H., Kojima, N., Kim, M., ... & Tokimitsu, I. (2012b). Effects of exercise and tea catechins on muscle mass, strength and walking ability in community-dwelling elderly Japanese sarcopenic women: a randomized controlled trial. *Geriatrics & gerontology international*, 13(2), 458-465. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1447-0594.2012.00923.x>
- Koopman, R., Saris, W., Wagenmakers, A., & van Loon, L. (2007). Nutritional interventions to promote post-exercise muscle protein synthesis. *Sports medicine*, 37(10), 895-906. doi: [10.2165/00007256-200737100-00005](https://doi.org/10.2165/00007256-200737100-00005)
- Latham, N., Bennett, D., Stretton, C., & Anderson, C. (2004). Systematic review of progressive resistance strength training in older adults. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 59(1), M48-M61. doi: <https://doi.org/10.1093/gerona/59.1.M48>
- Lee, J., Kim, D., & Kim, C. (2017). Resistance Training for Glycemic Control, Muscular Strength, and Lean Body Mass in Old Type 2 Diabetic Patients: A Meta-Analysis. *Diabetes Therapy*, 8, 459-473. doi: <https://dx.doi.org/10.1007%2Fs13300-017-0258-3>
- Leenders, M., & van Loon, L. (2011). Leucine as a pharmaconutrient to prevent and treat sarcopenia and type 2 diabetes. *Nutrition reviews*, 69(11), 675-689. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2011.00443.x>

- Lera, L., Ángel, B., Sánchez, H., Picrin, Y., Hormazabal, M., Quiero, A., & Albala, C. (2015). Estimación y validación de puntos de corte de índice de masa muscular esquelética para la identificación de sarcopenia en adultos mayores chilenos. *Nutrición Hospitalaria*, 31(3), 1187-1197. Recuperado de: [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0212-16112015000300027](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112015000300027)
- Liberati, A., Altman, D., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gøtzsche, P., Ioannidis, J., ... & Moher, D. (2009). The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *PLoS medicine*, 6(7), e1000100. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000100>
- Liu, C., & Latham, N. (2009). Progressive resistance strength training for improving physical function in older adults. *The Cochrane Library*. doi: <https://dx.doi.org/10.1002%2F14651858.CD002759.pub2>
- Maltais, M., Ladouceur, J., & Dionne, I. (2016). The effect of resistance training and different sources of postexercise protein supplementation on muscle mass and physical capacity in sarcopenic elderly men. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(6), 1680-1687. doi: <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001255>
- Mascher, H., Andersson, H., Nilsson, P., Ekblom, B., & Blomstrand, E. (2007). Changes in signalling pathways regulating protein synthesis in human muscle in the recovery period after endurance exercise. *Acta Physiologica*, 191(1), 67-75. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.2007.01712.x>
- McArdle, W., Katch, F., & Katch, V. (2015). *Fisiología del ejercicio: nutrición rendimiento y salud*. Wolters Kluwer Health España, S.A. Recuperado de: <https://www.casadellibro.com/libro-fisiologia-del-ejercicio-nutricion-rendimiento-y-salud/9788416004706/2516279>
- Meng, S., & Yu, L. (2010). Oxidative stress, molecular inflammation and Sarcopenia. *International journal of molecular sciences*, 11(4), 1509-1526. doi: <http://dx.doi.org/10.3390/ijms11041509>
- Mitchell, C., Oikawa, S., Ogborn, D., Nates, N., MacNeil, L., Tarnopolsky, M., & Phillips, S. (2014). Daily chocolate milk consumption does not enhance the effect of resistance training in young and old men: a randomized controlled trial. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 40(2), 199-202. Recuperado de: <http://www.nrcresearchpress.com/doi/abs/10.1139/apnm-2014-0329#.W3epxehKjIU>
- Mitsiopoulos, N., Baumgartner, R., Heymsfield, S., Lyons, W., Gallagher, D., & Ross, R. (1998). Cadaver validation of skeletal muscle measurement by magnetic resonance imaging and computerized tomography. *Journal of applied physiology*, 85(1), 115-122. doi: <https://doi.org/10.1152/jappl.1998.85.1.115>
- Morley, J., Argiles, J., Evans, W., Bhasin, S., Cella, D., Deutz, N., ... & Kalantar, K. (2010). Nutritional recommendations for the management of sarcopenia. *Journal of the American Medical Directors Association*, 11(6), 391-396. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2010.04.014>

- Palop, M., Párraga, J., Lozano, E., & Arteaga, M. (2015). Intervención en la sarcopenia con entrenamiento de resistencia progresiva y suplementos nutricionales proteicos. *Nutrición Hospitalaria*, 31(4), 1481-1490. Recuperado de: [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0212-16112015000400004](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112015000400004)
- Papanicolaou, D. A., Ather, S. N., Zhu, H., Zhou, Y., Lutkiewicz, J., Scott, B. B., & Chandler, J. (2013). A phase IIA randomized, placebo-controlled clinical trial to study the efficacy and safety of the selective androgen receptor modulator (SARM), MK-0773 in female participants with sarcopenia. *The journal of nutrition, health & aging*, 17(6), 533-543. doi: [10.1007/s12603-013-0335-x](https://doi.org/10.1007/s12603-013-0335-x).
- Perreault, K., Courchesne-Loyer, A., Fortier, M., Maltais, M., Barsalani, R., Riesco, E., & Dionne, I. J. (2016). Sixteen weeks of resistance training decrease plasma heat shock protein 72 (eHSP72) and increase muscle mass without affecting high sensitivity inflammatory markers' levels in sarcopenic men. *Aging clinical and experimental research*, 28(2), 207-214. doi: [10.1007/s40520-015-0411-7](https://doi.org/10.1007/s40520-015-0411-7).
- Peterson, M., Rhea, M., Sen, A., & Gordon, P. (2010). Resistance exercise for muscular strength in older adults: a meta-analysis. *Ageing research reviews*, 9(3), 226-237. doi: <https://doi.org/10.1016/j.arr.2010.03.004>
- Phillips, S., Tang, J., & Moore, D. (2009). The role of milk-and soy-based protein in support of muscle protein synthesis and muscle protein accretion in young and elderly persons. *Journal of the American College of Nutrition*, 28(4), 343-354. doi: <https://doi.org/10.1080/07315724.2009.10718096>
- Rolland, Y., Onder, G., Morley, J. E., Gillette-Guyonet, S., van Kan, G. A., & Vellas, B. (2011). Current and future pharmacologic treatment of sarcopenia. *Clinics in geriatric medicine*, 27(3), 423-447. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cger.2011.03.008>
- Rosenberg, I. (1989). Summary comments. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 50(5), 1231-1233. doi: <https://doi.org/10.1093/ajcn/50.5.1231>
- Rosenberg, I. (1997). Sarcopenia: origins and clinical relevance. *The Journal of nutrition*, 127(5), 990S-991S. doi: <https://doi.org/10.1093/jn/127.5.990S>
- Shahar, S., Kamaruddin, N., Badrasawi, M., Sakian, N., Manaf, Z., Yassin, Z., & Joseph, L. (2013). Effectiveness of exercise and protein supplementation intervention on body composition, functional fitness, and oxidative stress among elderly Malays with sarcopenia. *Clinical interventions in aging*, 8, 1365-1375. doi: <https://dx.doi.org/10.2147%2FCIA.S46826>
- Smart, N., Waldron, M., Ismail, H., Giallauria, F., Vigorito, C., Cornelissen, V., & Dieberg, G. (2015). Validation of a new tool for the assessment of study quality and reporting in exercise training studies: TESTEX. *International journal of evidence-based healthcare*, 13(1), 9-18. doi: [10.1097/XEB.0000000000000020](https://doi.org/10.1097/XEB.0000000000000020)
- Solano, W. y Carazo, P. (2018). Intervenciones con ejercicio contra-resistencia en la persona adulta mayor diagnosticada con sarcopenia. Una revisión sistemática.

- Pensar en Movimiento: *Revista de Ciencias del Ejercicio y la Salud*, 16(1), 1-19. doi: <https://doi.org/10.15517/pensarmov.v16i1.30000>
- Spangenburg, E. E. (2009). Changes in muscle mass with mechanical load: Possible cellular mechanisms. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*, 34, 328-335. Recuperado de: <http://www.nrcresearchpress.com/doi/abs/10.1139/H09-010#.W3esF-hKjIU>
- Tortora, G., & Derrickson, B. (2013). *Principios de anatomía y fisiología*. Panamericana. Recuperado de: <https://www.medicapanamericana.com/tortora/>
- Vary, T., & Lynch, C. (2007). Nutrient signaling components controlling protein synthesis in striated muscle. *The Journal of nutrition*, 137(8), 1835-1843. doi: <https://doi.org/10.1093/jn/137.8.1835>
- Vásquez, A., Wanden, C., & Sanz, J. (2013). Ejercicio físico y suplementos nutricionales: efectos de su uso combinado en las personas mayores de 65 años; una revisión sistemática. *Nutrición hospitalaria*, 28(4), 1077-1084. Recuperado de: <http://scielo.isciii.es/pdf/nh/v28n4/14original05.pdf>
- Wei, N., Pang, M. Y., Ng, S. S., & Ng, G. Y. (2017). Optimal frequency/time combination of whole-body vibration training for improving muscle size and strength of people with age-related muscle loss (sarcopenia): A randomized controlled trial. *Geriatrics & gerontology international*, 17(10), 1412-1420. doi: <https://doi.org/10.1111/ggi.12878>
- Wright, J., & Baldwin, C. (2017). Oral nutritional support with or without exercise in the management of malnutrition in nutritionally vulnerable older people: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Nutrition*. doi: <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2017.09.004>
- Yamamoto, K., Nagatsuma, Y., Fukuda, Y., Hirao, M., Nishikawa, K., Miyamoto, A., ... & Tsujinaka, T. (2017). Effectiveness of a preoperative exercise and nutritional support program for elderly sarcopenic patients with gastric cancer. *Gastric Cancer*, 20(5), 913-918. doi: <https://doi.org/10.1007/s10120-016-0683-4>
- Zdzieblik, D., Oesser, S., Baumstark, M., Gollhofer, A., & König, D. (2015). Collagen peptide supplementation in combination with resistance training improves body composition and increases muscle strength in elderly sarcopenic men: a randomised controlled trial. *British Journal of Nutrition*, 114(8), 1237-1245. doi: <https://doi.org/10.1017/S0007114515002810>