

Efectos del entrenamiento pliométrico sobre la velocidad de desplazamiento, fuerza resistencia y explosiva en mujeres mayores sedentarias

Effects of pliometric training on speed movement, resistance and explosive strenght in sedentary elderly women

* **Alexis Espinoza-Salinas, *Nicolas Gajardo-Piñones, *Ignacio González-Galdámez, *Luis Peiret-Villacura, *Igor Cigarroa, ***Claudio Farias-Valenzuela, * **Giovanny Arenas-Sánchez

*Universidad Santo Tomás (Chile), **Centro de Ejercicio y Salud (Chile), ***Universidad de las Américas (Chile)

Resumen: La mejora de la fuerza de las extremidades inferiores tiene implicancias significativas en la funcionalidad de las personas mayores. El objetivo del estudio fue evidenciar el efecto del entrenamiento pliométrico (EP) sobre los parámetros de velocidad de desplazamiento, fuerza resistencia y explosiva en mujeres mayores sedentarias. 30 mujeres entre 60-75 años fueron intervenidas en un programa de 4 semanas, 3 veces por semana divididas en Grupo Experimental (GE) y Grupo Control (GC). Fueron evaluadas pre y post intervención con el test velocidad en 10 metros, potencia mediante la prueba CMJ y la evaluación del Test 30s CST. Se analizaron las variables mediante la prueba estadística U de Mann-Whitney. Resultados: El EP mejoró en forma significativa la velocidad de desplazamiento ($p < 0,0001$) y potencia muscular ($p < 0,0001$), fuerza resistencia y explosiva no se encontraron diferencias significativas. Se concluye que cuatro semanas de EP es una estrategia eficaz para mejorar la velocidad de desplazamiento en mujeres mayores sedentarias.

Palabras clave: educación y entrenamiento físico, rendimiento físico funcional, fuerza muscular, anciano frágil, capacidad Funcional.

Abstract: The improvement of lower extremity strength has significant implications in the functionality of the elderly. The aim of the study was to demonstrate the effect of plyometric training (PT) on the variables gait speed, strength and explosive power in sedentary elderly women. 30 women between 60-75 years old were intervened in a 4-week program, 3 times per week divided into Experimental Group (EG) and Control Group (CG). They were evaluated pre- and post-intervention with the 10-meter speed test, power using the CMJ test and the evaluation of the 30s CST test. The variables were analyzed using the Mann-Whitney U statistical test. Results: The PE significantly improved displacement speed ($p < 0.0001$) and muscular power ($p < 0.0001$), endurance and explosive strength were not found to be significantly different. It is concluded that four weeks of PE is an effective strategy to improve running speed in sedentary older women.

Keywords: education and physical training, functional physical performance, muscle strength, frail elderly, Functional capacity.

Fecha recepción: 20-07-22. Fecha de aceptación: 23-12-22

Alexis Espinoza-Salinas
alespinozasalinas@gmail.com

Introducción

Según cifras de la Organización Mundial de la Salud (OMS), se ha estimado que para el 2025 la población mundial de Adultos Mayores (AM) superará a la población mundial de niños (OMS, 2015), donde el estilo de vida y el sedentarismo se ha vuelto un importante foco pues constituyen un alto riesgo de padecer patologías limitantes como la obesidad o la sarcopenia (Romero Blanco et al., 2017). Los programas de prevención y rehabilitación geriátrica han adquirido una relevancia importante como herramienta terapéutica capaz de ralentizar el desarrollo de la discapacidad y aumentar la reserva funcional (Jofré et al., 2021) en los AM que viven en la comunidad y que se están volviendo frágiles (Provencher et al., 2017), se ha mencionado que la capacidad funcional es una variable predictiva de autonomía en actividades instrumentales, mientras que la fragilidad y el riesgo de caídas son predictores significativos de autonomía en las actividades básicas de la vida diaria (Tornero-Quiñones y Sáez-Padilla, 2020).

Dentro de este declive funcional del envejecimiento, la sarcopenia es uno de los síndromes geriátricos relevantes del proceso de envejecimiento, el que se caracteriza por una disminución progresiva y generalizada de la masa y fuerza muscular, siendo una de las principales deficiencias a nivel funcional, además de ser un gran factor de mortali-

dad entre los AM (Vlietstra et al., 2018; Zhao et al., 2018). En esta línea, Al disminuir la masa muscular, no sólo tiene implicancias en la generación de fuerza, sino que también como órgano de almacenamiento de proteínas, regulación de la glucosa, producción de hormonas y otros mecanismos celulares (Yeung et al. 2019). Todo esto lleva a una disminución de la activación muscular, atrofia y un menor reclutamiento de fibras tipo II, conduciendo a una disminución de la velocidad, fuerza y potencia de los movimientos (Turusheva et al., 2017; Mitchell et al., 2012).

Así en la edad avanzada, la actividad física es eficaz para mitigar la sarcopenia, restaurar la función muscular y prevenir o retrasar el desarrollo de la discapacidad (Marzetti et al., 2017), los resultados apoyan la efectividad de las intervenciones de actividad física en la reducción de la fragilidad, el aumento de la fuerza muscular y el rendimiento físico (Haider y Grabovac, 2019). Es así, como la mejora de la fuerza de las extremidades inferiores puede tener implicancias significativas en la mantención del equilibrio, la movilidad y disminuir el riesgo de caídas en esta población de AM (Lazaro, 2020; Castro Jimenez et al. 2019)

Se sabe que para mejorar o mantener la función de las extremidades inferiores los AM sanos deben participar en intervenciones de entrenamiento que aumenten la fuerza y la potencia muscular (Mertz et al., 2019; Wages et al.,

2020) permitiendo una mayor autonomía e independencia para realizar las actividades de la vida diaria (Keating et al., 2021). En este sentido, se ha reportado que la disminución de la fuerza muscular, independientemente de la masa muscular, podría considerarse como el núcleo de la fragilidad, ya que puede predecir cambios en la velocidad de la marcha y la movilidad, lo que implica un mayor riesgo de mortalidad en las personas mayores (Lauretani, Meschi, Ticinesi, y Maggio, 2017). No obstante, se ha demostrado que un programa de entrenamiento de contra resistencia muscular en las extremidades superiores e inferiores mejora la fuerza dinámica máxima, así como la circunferencia del brazo y la pantorrilla, en mujeres mayores (Molina-Sotomayor et al., 2021). Asimismo, se ha sugerido que la velocidad de la marcha es más lenta entre los AM con niveles más bajos de aptitud funcional (Paulson y Gray, 2015).

La fuerza es considerada un importante predictor de funcionalidad en el AM, sin embargo, no está claro si el entrenamiento de fuerza o el entrenamiento de potencia es la intervención más eficaz para mejorar la función física y muscular en los AM. Se sabe que el entrenamiento de potencia podría ser superior al entrenamiento de resistencia a velocidad moderada, para mejorar las funciones en los AM, en un grado similar al entrenamiento de resistencia (Orssatto, Bezerra, Shield, y Trajano, 2020; Picón-Martínez et al. 2019).

De hecho, en el entorno clínico la potencia muscular relativa baja ha tenido una mayor relevancia que la fuerza de agarre baja y la sarcopenia confirmada entre las personas mayores (Losa-Reyna et al., 2020). No obstante, en otro estudio el entrenamiento de potencia de baja como de alta intensidad dio lugar a cambios clínicamente significativos en la potencia y son opciones viables para mejorar la potencia y la función en los AM (Katsoulis, Stathokostas, y Amara, 2019).

Al parecer, el entrenamiento pliométrico (EP) es una opción de entrenamiento factible y segura con potencial para mejorar varios resultados de desempeño, funcionales y relacionados con la salud de los AM (Vetrovsky y Steffl, 2019; Picón-Martínez et al. 2019), se ha reportado que ocho semanas de ejercicios pliométricos en una cinta de correr con soporte de masa corporal pueden mejorar significativamente la fuerza funcional y la potencia en los AM (Dobbs, Simonson, y Conger, 2018), argumentando además, que las intervenciones de ejercicio que se dirigen específicamente a la potencia muscular serían fundamentales en la prevención del deterioro funcional en esta población (Van Roie et al., 2011) en atención a que la tasa de desarrollo de potencia de los extensores de piernas disminuye durante el envejecimiento (Van Roie, Van Driessche, Delecluse, y Vanwanseele, 2020).

Actualmente, existen propuestas que señalan que el entrenamiento de fuerza velocidad podría provocar mejoras en la potencia y resistencia muscular (Moran, Ramirez-Campillo y Granacher 2018; Ramírez-Campillo et al., 2014). Por esta razón, este estudio se planteó como obje-

tivo evidenciar el efecto del entrenamiento pliométrico sobre los parámetros de velocidad de desplazamiento, fuerza resistencia y explosiva en mujeres mayores sedentarias.

Material y métodos

La muestra del estudio la conformaron 30 AM, de sexo femenino sin antecedentes mórbidos de enfermedades cardiorrespiratorias diagnosticados o reportados, ni que presentaran alguna lesión o enfermedad que les impidiera caminar. Se evaluó el nivel de sedentarismo a través del cuestionario internacional de actividad física (IPAQ). Las participantes fueron distribuidas en dos grupos al azar; 15 de ellas se clasificaron como el grupo experimental (GE) (edad = $68,6 \pm 4,2$ años) y 15 en el grupo control (GC) (edad = $69,5 \pm 3,02$ años). Los criterios de inclusión fueron: AM sobre 60 años, pertenecientes a la YMCA, sexo femenino, sin diagnóstico médico de enfermedades cardiovasculares, metabólica y/o muscular, y los de exclusión fueron: presión arterial sobre 130/85 mmHg no controlada y/o alguna patología músculo esquelética, metabólica o sistémica agudas o crónicas que les impidieron realizar el protocolo de ejercicios.

Procedimiento

El estudio se realizó en el laboratorio de fisiología del ejercicio de la Universidad Santo Tomás, sede Santiago, en conjunto con el YMCA. El GE realizó el EP 3 veces por semana. El protocolo de EP se realizó durante un periodo de 4 semanas, progresando el número de series y repeticiones. Durante la mañana (entre las 8 y 10 horas), se realizó la medición de velocidad en 10 metros, potencia mediante la prueba CMJ y la evaluación de 30s CST, dos días antes y después de las 4 semanas que duró la intervención. Se controló la correcta hidratación de las participantes y se evitó el consumo de alimentos en las dos horas anteriores a la medición. Se controló la frecuencia cardíaca, presión arterial, y percepción de esfuerzo a través de la escala Borg con fines de seguridad y control. El estudio consideró los aspectos éticos establecidos en la Declaración de Helsinki (actualizada en 2013) (World Medical Association 2013). Todas las participantes firmaron el consentimiento informado, y los procedimientos fueron aprobados por el comité de ética local. En la tabla 1 se describe la caracterización de los participantes.

Tabla 1.
Descripción de los participantes.

	Grupo Control (n=15)	Grupo Experimental (n=15)	Valor p
Edad, años	69,5 ± 3,02	68,6 ± 4,2	0,675
Peso, cm	68,1 ± 3,48	67,3 ± 6,76	0,329
Altura, cm	160,1 ± 2,10	160,2 ± 4,24	0,153
IMC, Kg/mt ²	26,4 ± 0,80	26,15 ± 2,26	0,718
Circunferencia Cintura, cm	103 ± 5,2	98 ± 5	0,088
PAS, mmHg	118,6 ± 3	115,2 ± 2	0,817
PAD, mmHg	87 ± 7	91 ± 8	0,954
FC, lpm	82 ± 4	76 ± 5	0,073

30s CST

La valoración de la fuerza resistencia se cuantificó con el test de Chair Stand Test (30s CST), el cual evalúa la cantidad de repeticiones que un sujeto puede realizar sentándose y levantándose completamente de una silla con respaldo sin el uso de los brazos durante 30 segundos, esta prueba fue validada en población chilena AM (Valdés-Badilla et al., 2018). Se controló presión arterial, frecuencia cardiaca, saturometría, escala de Borg y doble producto antes y después de la prueba. Antes de iniciar la prueba, se verificó que los participantes no hubieran realizado otro esfuerzo físico extenuante permitiéndoles descansar por lo menos 15 minutos antes del inicio.

Counter Movement Jump (CMJ)

La fuerza muscular explosiva del tren inferior fue cuantificada mediante el salto counter movement jump, esta fue registrada con un acelerómetro Myotest®, el cual fue ubicado a la altura de la cadera, La prueba se realizó desde una extensión de rodillas en bipedestación, realizando un movimiento rápido de flexo-extensión de las rodillas, para consecutivamente y sin pausa alguna efectuar un salto vertical máximo, se siguieron las indicaciones y recomendaciones utilizadas en el protocolo de Bosco y la adaptación según el protocolo de Valdés & Guzmán-Venegas (2016)

Velocidad 10 metros

La velocidad de desplazamiento fue evaluada con el 10 m Sprint Test, en esta prueba el sujeto debe recorrer una distancia de 10 metros en el menor tiempo, el registro fue obtenido mediante celdas fotoeléctricas. La evaluación se realizó en una superficie plana con una distancia de marcación de 10 metros. Se controló presión arterial, frecuencia cardiaca, saturometría y escala de Borg, antes y después de la prueba. Antes de realizar esta prueba, se verificó que los participantes no hubieran realizado otro esfuerzo físico extenuante, y se les hizo descansar por lo menos 15 minutos antes de realizarlo. Se siguieron las indicaciones y recomendaciones previas utilizadas en la revisión de (Abarzúa et al., 2019)

Entrenamiento Pliométrico

El protocolo de EP consistió en 5 ejercicios de saltos utilizando ambas extremidades simultáneamente, cada una con un tipo diferente de ejercicio con pausas de 3 minutos. Se realizó un calentamiento a intensidad leve según escala de Borg modificada en cicloergómetro durante 15 minutos.

El primer ejercicio corresponde a un salto vertical a máxima intensidad cayendo en el punto de inicio con las manos en la cintura. El siguiente es un salto horizontal a pies juntos a máxima intensidad hacia anterior y posterior con las manos en la cintura. El tercer ejercicio corresponde al gestor de impulso fundamentalmente a través de una flexión plantar, sin generar un despegue de la superficie, con las manos en la cintura. Posteriormente se realizaron

saltos horizontales en dirección oblicua (zig-zag) a máxima intensidad con las manos en la cintura y los pies juntos. El último, corresponde a saltos estilo tijera en el mismo plano horizontal sin generar un desplazamiento, generando una abducción hombro hasta juntar las manos. En la tabla 2 se describe la dosificación de los saltos.

Tabla 2.

Diseño experimental entrenamiento con multisaltos.

Nº Semanas	EMS	Nº de series x Repeticiones
1	Salto vertical	1 x 20
	Salto horizontal	1 x 10
	Salto de tobillo	1 x 20
	Salto Zig-Zag	1 x 10
	Salto tijeras	1 x 10
2	Salto vertical	1 x 30
	Salto horizontal	1 x 10
	Salto de tobillo	2 x 15
	Salto Zig-Zag	2 x 10
	Salto tijeras	2 x 15
3	Salto vertical	2 x 25
	Salto horizontal	2 x 20
	Salto de tobillo	2 x 25
	Salto Zig-Zag	3 x 10
	Salto tijeras	2 x 25
4	Salto vertical	3 x 20
	Salto horizontal	2 x 25
	Salto de tobillo	2 x 30
	Salto Zig-Zag	3 x 15
	Salto tijeras	2 x 25

Análisis estadístico

Se realizaron con el software estadístico IBM-SPSS Statistics v26. Los análisis descriptivos pre y post intervención fueron presentados en promedio y desviación estándar. Se realizó la prueba de Shapiro-Wilk a las variables de análisis para medir distribución normal. Para determinar diferencias entre la evaluación pre y post intervención para ambos grupos se calculó la prueba T de muestras pareadas o Wilcoxon según distribución de normalidad y se midió el delta de cambio y su respectivo intervalo de confianza del 95% (Δ ; IC 95%).

Para determinar diferencias entre los deltas de cambio de ambos grupos se realizó la prueba T de muestras independientes o U de Mann-Whitney según distribución y su respectivo intervalo de confianza del 95% (Δ ; IC 95%). Diferencias significativas fueron aceptadas con un valor $p < 0,05$.

Resultados

De las 30 AM que participaron en las 4 semanas de entrenamiento, no se encontraron daños ni efectos no deseados. Se observan las evaluaciones pre y post del grupo control y experimental en la Tabla 2. Se evidencia que hubo mayores cambios significativos ($p < 0,0001$) en el GE en las variables de Tiempo, Velocidad, Fuerza y Potencia mientras que en el GC no se evidenciaron cambios significativos en ninguna de las variables.

Además, se observó que en todas las variables consideradas en el GE hubo % de cambios beneficiosos; Tiempo ($\downarrow 17,61$), Velocidad ($\uparrow 47,30$), Fuerza ($\uparrow 11,85$), Potencia

(↑14,12), Altura (↑8,96) y 30sCST (↑15,77) siendo los mayores en Tiempo, Velocidad y Potencia, variables que tuvieron cambios significativos. Al contrario, en el grupo control los % de cambios fueron mínimos; Tiempo

(↓2,44), Potencia (↓1,01) y Altura (↓1,55). Incluso aumentaron su % de cambios en Velocidad (↑7,68), Fuerza (↑4,94) y 30sCST (↑1,62) (Tabla 3).

Tabla 3. Evaluación pre y post de grupo Control y Experimental.

	Pre		Post		% cambio	Valor p	Pre		Post		% cambio	Valor p
	Media	DE	Media	DE			Media	DE	Media	DE		
Tiempo (s)	2,12	±0,18	2,07	±0,16	↓2,44	0,066	2,16	±0,18	1,78	±0,16	↓17,61	<0,0001
Velocidad (m/s)	41,17	±3,93	44,33	±4,23	↑7,68	0,034	38,20	±3,65	56,27	±6,97	↑47,30	<0,0001
Fuerza (n/kg)	17,73	±2,30	18,60	±2,22	↑4,94	0,062	19,13	±2,60	21,39	±3,67	↑11,85	0,001
Potencia (W/kg)	20,65	±3,09	20,44	±3,24	↓1,01	0,759	18,65	±4,86	21,28	±6,11	↑14,12	<0,0001
Altura (cm)	13,65	±2,79	13,44	±2,57	↓1,55	0,429	11,19	±2,47	12,20	±2,77	↑8,96	0,030
30sCST (repeticiones)	15,39	±2,11	15,64	±2,03	↑1,62	0,191	13,53	±2,92	15,67	±3,89	↑15,77	0,001

Grupo control; n=15, grupo experimental; n=15. Se consideraron diferencias significativas entre los grupos con un p<0,05.

Tabla 4. Δ de cambio de las variables analizadas entre GE v/s GC.

Variables	Delta (Δ)	Inferior	IC 95% Superior	Valor p
Tiempo (s)	0,328	0,189	0,468	0,000
Velocidad (m/s)	-14,900	-19,442	-10,358	0,000
Fuerza (n/kg)	-1,392	-2,864	0,081	0,063
Potencia (W/kg)	-2,842	-4,562	-1,122	0,002
Altura (cm)	-1,214	-2,281	-0,146	0,027
30sCST (repeticiones)	-1,883	-2,975	-0,792	0,002

denció que en todas las variables analizadas existieron diferencias y gran parte de ellas lograron diferencias significativas (p=0,05) en Tiempo, Velocidad, Potencia, Altura y 30sCST siendo sólo la variable Fuerza que no obtuvo una diferencia significativa (p=0,063) (Tabla 4).

Δ=Delta de cambio entre promedio de la evaluación pre y post. Se consideraron diferencias significativas entre los grupos con un p<0,05. * Se consideraron diferencias significativas entre los grupos con un p<0,05.

La figura 1 permite apreciar las diferencias entre el GC y GE en las variables velocidad de desplazamiento (tiempo / velocidad), fuerza resistencia y fuerza explosiva en AM. Solo se observan diferencias significativas (p<0,05) en la velocidad de desplazamiento (tiempo / velocidad), potencia, altura y 30sCST.

Discusión

En este estudio se encontraron cambios significativos (p<0,001) en todas las variables de control medidas en el GE, evidenciando que EP o de resistencia orientado a la potencia, es una buena opción al considerarse como uno de los programas de ejercicio más efectivos para contrarrestar la disminución de la función física y neuromuscular relacionada con la edad (Rodríguez-Lopez et al., 2021). Lo que coincide con otro estudio, que ha reportado que el EP es más beneficioso que el entrenamiento de resistencia tradicional para mejorar la potencia, el rendimiento en el salto y en las subidas de escaleras, sin comprometer las ganancias de fuerza (Van Roie y Walker, 2020; Picón-Martínez et al. 2019). Sin embargo, este método de entrenamiento parece factible, pero contiene un riesgo inherente más alto de lesiones, que debe tenerse en cuenta al diseñar los programas para los adultos mayores.

En nuestros resultados, el EP evidenció cambios positivos en la velocidad de desplazamiento y en los parámetros de fuerza y potencia muscular, en comparación con el GC. En este sentido también, se ha informado que potencia muscular de las extremidades inferiores medida mediante la prueba de sentado y de pie de 30s se relaciona más fuertemente con la velocidad máxima de la marcha, en adultos mayores (Alcazar, Kamper et al., 2020). Lo anterior, podría ser explicado ya que el EP tiene una mayor activa-

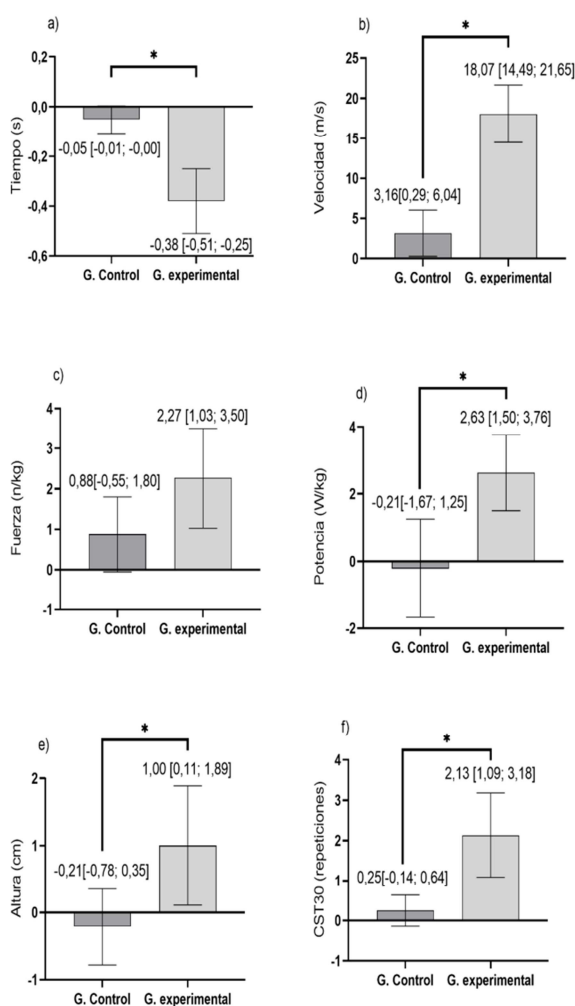


Figura 1. Δ de cambio de las variables analizadas entre GE v/s GC

En la tabla 4 se evidencian las diferencias de cambio (Δ) de las variables analizadas entre GE v/s GC. Se evi-

ción de fibras musculares tipo II, debido al estímulo mediado por una alta velocidad de ejecución durante un movimiento, mejorando la capacidad neuromuscular para producir una mayor cantidad de fuerza máxima en el menor de tiempo posible (Alfaro Jiménez et al. 2018).

Estos datos podrían indicar que seguir un programa de EP de bajo impacto en mujeres mayores sedentarias, durante un periodo de 4 semanas podría ser un estímulo eficaz para mejorar la capacidad de desplazamiento, el que ha sido concebido como un indicador clave en la predicción del riesgo de caídas en AM (Cruz-Jentoft et al., 2019; Fuentes-Barría, Aguilera-Eguia, and González-Wong 2018). Sin embargo, también se ha reportado que no hay evidencia concluyente que apoye la superioridad del entrenamiento de resistencia de velocidad rápida para mejorar la capacidad funcional, en comparación con el entrenamiento de resistencia de velocidad moderada (da Rosa Orsatto, de la Rocha Freitas, Shield, Silveira Pinto, & Trajano, 2019).

A pesar de los buenos resultados aquí encontrados en mujeres mayores de edad promedio 69 años, se ha informado que la potencia muscular relativa de extensores de rodilla comienza a disminuir por encima de los 40 años tanto en mujeres como en hombres, mostrando las mujeres una atenuación de la disminución por encima de los 75 años (Alcazar, Aagaard, et al., 2020). Probablemente, al existir cambios degenerativos en el envejecimiento natural, observamos modificaciones entre la síntesis de proteínas y la degradación muscular, además de otras alteraciones como: la sensibilidad a la insulina, menopausia, caquexia y obesidad sarcopénica (Concha-Cisternas et al. 2020) que provocarían cambios hormonales como la reducción de andrógenos, estrógenos y hormonas del crecimiento (IGF-1- factor de crecimiento similar a la insulina) generando debilidad y pérdida de fuerza manifestada mayoritariamente en las extremidades inferiores (Gutiérrez Cortés, Martínez Fernández y Olaya Sanmiguel, 2018)

De igual forma, aunque no haya suficientes estudios sobre el efecto del EP en adultos mayores y, la falta de consenso internacional sobre los criterios de diagnóstico de la sarcopenia, la baja masa magra, la pérdida de la fuerza muscular y una disminuida función física son factores de riesgo importantes para la discapacidad, la fragilidad y la mortalidad en las personas mayores, así como en una amplia gama de pacientes con pérdida muscular (Suetta et al., 2019). Se ha demostrado que la potencia del músculo esquelético es un predictor más fuerte de las limitaciones funcionales que cualquier otra capacidad física (Castro Jimenez et al. 2019; Alcazar et al., 2018). De todos modos, se ha sugerido que la fuerza del cuádriceps está relacionada con la velocidad de la marcha tanto en hombres como en mujeres, mientras que la fuerza de los músculos de flexión y abducción de la cadera está relacionada con la velocidad de la marcha, y la fuerza de los músculos de abducción de la cadera está relacionada con la variabilidad del ciclo de la marcha en las mujeres mayores (Inoue et al., 2017)

Por lo tanto, las características de la calidad de la marcha pueden contribuir a la identificación de personas con riesgo de caídas. Dado que los adultos mayores con alto riesgo de caídas tienden a caminar más lento (Huijben, van Schooten, van Dieën, y Pijnappels, 2018) pues al existir una reducción de la activación de las unidades motoras y en consecuencia la menor activación de las fibras tipo II se produce una disminución de la fuerza máxima y explosiva de los AM, como consecuencia un mayor riesgo de caídas, menor calidad de vida y el bajo rendimiento funcional en la edad avanzada (Fuentes-Barría, Aguilera-Eguia y González-Wong, 2018; Moran, Ramírez-Campillo y Granacher, 2018).

De igual manera, los resultados encontrados coinciden con los reportados en otro estudio que apoya claramente la aplicación del ejercicio pliométrico supervisado en personas mayores, ya que la potencia explosiva, la contractilidad muscular y la eficiencia electromecánica de las extremidades inferiores mejoraron notablemente después del entrenamiento (Zubac, Paravlić, Koren, Felicita, y Šimunič, 2019). Contrario a nuestros resultados, el estudio de Walker, Haff, Häkkinen y Newton (2017) evidenció que el entrenamiento de fuerza de resistencia muscular con carga moderada no mejoró la potencia máxima ni la capacidad funcional en hombres y mujeres mayores.

Entre las limitaciones del estudio radica en el tamaño de la muestra y el sexo de la misma, que es exclusivamente femenino, para futuras intervenciones sería pertinente analizar el comportamiento de estas variables en el sexo masculino. Adicionalmente, los resultados obtenidos en la presente investigación referidos a la fuerza y potencia se expresan en valores absolutos y no relativos, es por eso que ajustar estos resultados al peso corporal podría entregar información complementaria a lo ya expuesto. Dada la naturaleza de la intervención el programa de EP, podría haber afectado la densidad mineral ósea a nivel de las extremidades inferiores y columna, situación que desconocemos por no considerar esta variable en el análisis. A pesar de las limitaciones del estudio, este aporta novedad en las metodologías del entrenamiento para el AM, seguridad y adherencia de esta población a este tipo de intervención, cuyos hallazgos contribuyen en conducción de las directrices a considerar en la prescripción del entrenamiento por medio del EP comúnmente utilizado en la práctica deportiva.

Conclusión

Un programa de EP de cuatro semanas podría considerarse como una estrategia eficaz para mejorar la velocidad de desplazamiento, generando además pequeños cambios en la fuerza resistencia y explosiva en mujeres AM sedentarias. El EP puede ser aplicado bajo la supervisión profesional, pudiendo considerarse como una alternativa sobre el entrenamiento de fuerza tradicional, a pesar de nuestros resultados, se necesitan más investigaciones, y que sumadas a esta, orienten las directrices referidas a la prescrip-

ción del EP para el AM y su relación con parámetros funcionales.

Financiación

Este trabajo no ha recibido ningún tipo de financiación.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

- Abarzúa, Javiera, V., et al. High intensity interval training in teenagers. *Revista medica de Chile*, vol. 147, no. 2, Feb. 2019, pp. 221–30. <https://doi.org/10.4067/s0034-98872019000200221>.
- Alcazar, J., Aagaard, P., Haddock, B., Kamper, R. S., Hansen, S. K., Prescott, E., . . . Suetta, C. (2020). Age- and Sex-Specific Changes in Lower-Limb Muscle Power Throughout the Lifespan. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 75(7), 1369-1378. <https://doi.org/10.1093/gerona/glaa013>
- Alcazar, J., Kamper, R. S., Aagaard, P., Haddock, B., Prescott, E., Ara, I., & Suetta, C. (2020). Relation between leg extension power and 30-s sit-to-stand muscle power in older adults: validation and translation to functional performance. *Sci Rep*, 10(1), 16337. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-73395-4>
- Alcazar, J., Losa-Reyna, J., Rodriguez-Lopez, C., Alfaro-Acha, A., Rodriguez-Mañas, L., Ara, I., . . . Alegre, L. M. (2018). The sit-to-stand muscle power test: An easy, inexpensive and portable procedure to assess muscle power in older people. *Exp Gerontol*, 112, 38-43. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2018.08.006>
- Alfaro Jiménez, D. F., Salicetti Fonseca, A., & Jiménez Díaz, J. (2018). Efecto del Entrenamiento Pliométrico en la Fuerza Explosiva en Deportes Colectivos: Un Metaanálisis. *Pensar En Movimiento Revista de Ciencias Del Ejercicio Y La Salud*, 16(1), 27752. <http://dx.doi.org/10.15517/pensarmov.v16i1.27752>
- Castro jimenez, L. E., Galvez Pardo, A. Y., Guzman Quintero, G. A., & Garcia Muñoz, A. I. (2019). Fuerza explosiva en adultas mayores, efectos del entrenamiento en fuerza máxima (Explosive strength in older adults, training effects on maximum strength). *Retos Digital*, 36, 64–68. <https://doi.org/10.47197/retos.v36i36.66715>
- Concha-Cisternas, Y., Cigarroa, I., Matus-Castillo, C., Garrido-Méndez, A., Leiva-Ordoñez, A. M., Martínez-Sanguinetti, M. A., Troncoso-Pantoja, C., Ulloa, N., Gabler, M. F., Petermann-Rocha, F., Parra-Soto, S., Díaz, X., Celis-Morales, C., & (en representación de todos los integrantes del Consorcio ELHOC, Epidemiology of Lifestyle and Health Outcomes in Chile). (2020). [Prevalence of low hand grip strength in Chilean older adults. Findings from the national health survey 2016-2017]. *Revista medica de Chile*, 148(11), 1598–1605. <https://doi.org/10.4067/s0034-98872020001101598>
- da Rosa Orssatto, L. B., de la Rocha Freitas, C., Shield, A. J., Silveira Pinto, R., & Trajano, G. S. (2019). Effects of resistance training concentric velocity on older adults' functional capacity: A systematic review and meta-analysis of randomised trials. *Exp Gerontol*, 127, 110731. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2019.110731>
- Dobbs, T. J., Simonson, S. R., & Conger, S. A. (2018). Improving Power Output in Older Adults Using Plyometrics in a Body Mass-Supported Treadmill. *J Strength Cond Res*, 32(9), 2458-2465. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002718>
- Haider, S., & Grabovac, I. (2019). Effects of physical activity interventions in frail and prefrail community-dwelling people on frailty status, muscle strength, physical performance and muscle mass-a narrative review. 131(11-12), 244-254. *Wien Klin Wochenschr*. <https://doi.org/10.1007/s00508-019-1484-7>
- Huijben, B., van Schooten, K. S., van Dieën, J. H., & Pijnappels, M. (2018). The effect of walking speed on quality of gait in older adults. *Gait Posture*, 65, 112-116. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2018.07.004>
- Inoue, W., Ikezoe, T., Tsuboyama, T., Sato, I., Malinowska, K. B., Kawaguchi, T., . . . Ichihashi, N. (2017). Are there different factors affecting walking speed and gait cycle variability between men and women in community-dwelling older adults? *Aging Clin Exp Res*, 29(2), 215-221. <https://doi.org/10.1007/s40520-016-0568-8>
- Jofré, E., Villalobos, Á., Ferrero, P., Farías, C., & Gea, G. (2021). Is physical exercise a protective agent against the way we currently age? A narrative review. *Archivos de la Sociedad Chilena de Medicina del Deporte*, 66(1), 38-64.
- Katsoulis, K., Stathokostas, L., & Amara, C. E. (2019). The Effects of High- Versus Low-Intensity Power Training on Muscle Power Outcomes in Healthy, Older Adults: A Systematic Review. *J Aging Phys Act*, 27(3), 422-439. <https://doi.org/10.1123/japa.2018-0054>
- Keating, C. J., Cabrera-Linares, J. C., Párraga-Montilla, J. A., Latorre-Román, P. A., del Castillo, R. M., & García-Pinillos, F. (2021). Influence of Resistance Training on Gait & Balance Parameters in Older Adults: A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(4), 1759. <https://doi.org/10.3390/ijerph18041759>
- Kim, T. N., & Choi, K. M. (2013). Sarcopenia: definition, epidemiology, and pathophysiology. *Journal of Bone Metabolism*, 20(1), 1–10. <https://doi.org/10.11005/jbm.2013.20.1.1>
- Lauretani, F., Meschi, T., Ticinesi, A., & Maggio, M. (2017). "Brain-muscle loop" in the fragility of older persons: from pathophysiology to new organizing models. *Aging Clin Exp Res*, 29(6), 1305-1311. <https://doi.org/10.1007/s40520-017-0729-4>
- Lazaro, R. (2020). Effects of Lower Body Positive Pressure Treadmill Training on Balance, Mobility and Lower Extremity Strength of Community-Dwelling Older Adults: A Pilot Study. *J Allied Health*, 49(2), e99-e103. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32469381/>
- Losa-Reyna, J., Alcazar, J., Rodriguez-Gómez, I., Alfaro-Acha, A., Alegre, L. M., Rodríguez-Mañas, L., García-García, F. J. (2020). Low relative mechanical power in older adults: An operational definition and algorithm for its application in the clinical setting. *Exp Gerontol*, 142, 111141. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2020.111141>
- Marzetti, E., Calvani, R., Tosato, M., Cesari, M., Di Bari, M., Cherubini, A., Landi, F. (2017). Physical activity and exercise as countermeasures to physical frailty and sarcopenia. *Aging Clin Exp Res*, 29(1), 35-42.

- <https://doi.org/10.1007/s40520-016-0705-4>.
- Mertz, K. H., Reitelseder, S., Jensen, M., Lindberg, J., Hjulmand, M., Schucany, A., Holm, L. (2019). Influence of between-limb asymmetry in muscle mass, strength, and power on functional capacity in healthy older adults. *Scand J Med Sci Sports*, 29(12), 1901-1908. <https://doi.org/10.1111/sms.13524>.
- Molina-Sotomayor, E., Espinoza-Salinas, A., Arenas-Sánchez, G., Pradas de la Fuente, F., Leon-Prados, J. A., & Gonzalez-Jurado, J. A. (2021). Effects of Resistance Training Program on Muscle Mass and Muscle Strength and the Relationship with Cognition in Older Women. *Sustainability*, 13(14), 7687. <https://doi.org/10.3390/su13147687>.
- Orssatto, L. B. R., Bezerra, E. S., Shield, A. J., & Trajano, G. S. (2020). Is power training effective to produce muscle hypertrophy in older adults? A systematic review and meta-analysis. *Appl Physiol Nutr Metab*, 45(9), 1031-1040. <https://doi.org/10.1139/apnm-2020-0021>.
- Papa, E. V., Dong, X., & Hassan, M. (2017). Resistance training for activity limitations in older adults with skeletal muscle function deficits: a systematic review. *Clin Interv Aging*, 12, 955-961. <https://doi.org/10.2147/CIA.S104674>. eCollection 2017.
- Paulson, S., & Gray, M. (2015). Parameters of gait among community-dwelling older adults. *J Geriatr Phys Ther*, 38(1), 28-32. <https://doi.org/10.1519/JPT.000000000000018>.
- Picón-Martínez, M., Chulvi-Medrano, I., Cortell-Tormo, J. M., & Cardozo, L. A. (2019). La potenciación post-activación en el salto vertical: una revisión (Post-activation potentiation in vertical jump: a review). *Retos Digital*, 36, 44-51. <https://doi.org/10.47197/retos.v36i36.66814>
- Provencher, V., Béland, F., Demers, L., Desrosiers, J., Bier, N., Ávila-Funes, J. A., Hami, B. (2017). Are frailty components associated with disability in specific activities of daily living in community-dwelling older adults? A multicenter Canadian study. *Arch Gerontol Geriatr*, 73, 187-194. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2017.07.027>.
- Rodríguez-Lopez, C., Alcazar, J., Losa-Reyna, J., Martín-Espinosa, N. M., Baltasar-Fernandez, I., Ara, I., Alegre, L. M. (2021). Effects of Power-Oriented Resistance Training With Heavy vs. Light Loads on Muscle-Tendon Function in Older Adults: A Study Protocol for a Randomized Controlled Trial. *Front Physiol*, 12, 635094. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.635094>.
- Suetta, C., Haddock, B., Alcazar, J., Noerst, T., Hansen, O. M., Ludvig, H., Simonsen, L. (2019). The Copenhagen Sarcopenia Study: lean mass, strength, power, and physical function in a Danish cohort aged 20-93 years. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*, 10(6), 1316-1329. <https://doi.org/10.1002/jcsm.12477>.
- Tornero-Quiñones, I., & Sáez-Padilla, J. (2020). Functional Ability, Frailty and Risk of Falls in the Elderly: Relations with Autonomy in Daily Living. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 17(3). <https://doi.org/10.3390/ijerph17031006>.
- Valdés-Badilla, Pablo, et al. "[Reference values for the senior fitness test in Chilean older women]." *Revista medica de Chile*, vol. 146, no. 10, Dec. 2018, pp. 1143-50. <https://doi.org/10.4067/S0034-98872018001001143>.
- Valdés, María Ignacia, V., and Rodrigo Guzmán-Venegas. "Descripción Del Somatotipo Y Cualidades Físicas de Varones Surfistas Experimentados Chilenos." *International Journal of Morphology = Revista Internacional de Morfología*, vol. 34, no. 1, SciELO Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID), Mar. 2016, pp. 23-28. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022016000100004>
- World Medical Association. "World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects." *JAMA: The Journal of the American Medical Association*, vol. 310, no. 20, Nov. 2013, pp. 2191-94. <https://doi.org/10.1001/jama.2013.281053>.
- Van Roie, E., Van Driessche, S., Delecluse, C., & Vanwanseele, B. (2020). Age-related differences in vastus lateralis fascicle behavior during fast accelerative leg-extension movements. *Scand J Med Sci Sports*, 30(10), 1878-1887. <https://doi.org/10.1111/sms.13752>.
- Van Roie, E., Verschueren, S. M., Boonen, S., Bogaerts, A., Kennis, E., Coudyzer, W., & ODelecluse, C. (2011). Force-velocity characteristics of the knee extensors: an indication of the risk for physical frailty in elderly women. *Arch Phys Med Rehabil*, 92(11), 1827-1832. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2011.05.022>.
- Van Roie, E., & Walker, S. (2020). An age-adapted plyometric exercise program improves dynamic strength, jump performance and functional capacity in older men either similarly or more than traditional resistance training. *PloS One*, 15(8), e0237921. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0237921>
- Vetrovsky, T., & Steffl, M. (2019). The Efficacy and Safety of Lower-Limb Plyometric Training in Older Adults: A Systematic Review. *Sport Med* 49(1), 113-131. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-1018-x>.
- Vlietstra, L., Hendrickx, W., & Waters, D. L. (2018). Exercise interventions in healthy older adults with sarcopenia: A systematic review and meta-analysis. *Australasian Journal on Ageing*, 37(3), 169-183. <https://doi.org/10.1111/ajag.12521>
- Wages, N. P., Simon, J. E., Clark, L. A., Amano, S., Russ, D. W., Manini, T. M., & Clark, B. C. (2020). Relative contribution of muscle strength, lean mass, and lower extremity motor function in explaining between-person variance in mobility in older adults. *BMC Geriatr*, 20(1), 255. <https://doi.org/10.1186/s12877-020-01656-y>
- Walker, S., Haff, G. G., Häkkinen, K., & Newton, R. U. (2017). Moderate-Load Muscular Endurance Strength Training Did Not Improve Peak Power or Functional Capacity in Older Men and Women. *Front Physiol*, 8, 743. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00743>
- Yeung, S. S. Y., Reijnierse, E. M., Pham, V. K., Trappenburg, M. C., Lim, W. K., Meskers, C. G. M., & Maier, A. B. (2019). Sarcopenia and its association with falls and fractures in older adults: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, 10(3), 485-500. <https://doi.org/10.1002/jcsm.12411>
- Zhao, W.-T., Yang, M., Wu, H.-M., Yang, L., Zhang, X.-M., & Huang, Y. (2018). Systematic Review and Meta-Analysis of the Association between Sarcopenia and Dysphagia. *The Journal of Nutrition, Health & Aging*, 22(8), 1003-1009. <https://doi.org/10.1007/s12603-018-1055-z>
- Zubac, D., Paravlić, A., Koren, K., Felicita, U., & Šimunič, B. (2019). Plyometric exercise improves jumping performance and skeletal muscle contractile properties in seniors. *J Musculoskelet Neuronal Interact*, 19(1), 38-49. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30839302/>