

# Efectos de programas de entrenamiento de fuerza isopotenciales, diferenciados según la velocidad de ejecución y la intensidad de la carga sobre la Condición Física Relacionada con la Salud de personas mayores

Enrique Fraga Germade

---

Tesis doctoral UDC 2023

Directores:

Eliseo Iglesias Soler

Eduardo Carballeira Fernández

Programa oficial de doctorado en ciencias del deporte, educación física y actividad física saludable



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Los directores designados para la supervisión de este documento,

Eliseo Iglesias Soler y Eduardo Carballeira Fernández,

confirman que la tesis titulada

**EFFECTOS DE PROGRAMAS DE ENTRENAMIENTO DE FUERZA ISOPOTENCIALES,  
DIFERENCIADOS SEGÚN LA VELOCIDAD DE EJECUCIÓN Y LA INTENSIDAD DE LA CARGA SOBRE  
LA CONDICIÓN FÍSICA RELACIONADA CON LA SALUD DE PERSONAS MAYORES**

escrita por el candidato

**ENRIQUE FRAGA GERMADE**

cumple los requisitos para su presentación a defensa ante tribunal optando al título de doctor.

Lugar y fecha

Dr. Eliseo Iglesias Soler

Dr. Eduardo Carballeira Fernández

Copyright por

Enrique Fraga Germade

© 2023



*A mi familia. La que me acompaña día a día y motivo de esta tesis.*

*A nuestros mayores, a los que nos acompañan e inspiran y a los que ya no están y añoramos.*

*A nuestros niños, nuestro futuro y motivación.*

## Agradecimientos

Como no podría ser de otro modo, en primer lugar, agradecer profundamente a mis directores los doctores Eliseo Iglesias Soler y Eduardo Carballeira Fernández, su implicación y su apoyo en este proceso de formación. No podría haber encontrado mejores profesionales para guiarme en este camino.

Agradecer también el doctor Joaquín Gómez Varela su apoyo y sus sabios consejos, además de agradables momentos en torno a una taza de café o un nudo de ocho.

Aunque se la dedico a mi familia, quiero agradecerle Lu, que me animases a hacer la solicitud en el programa de doctorado, así sin pensar, mira donde hemos llegado. A Manuel, porque es el que más ilusión tiene de que papá termine la “tesis”, y a Lola... también, aunque es la que más dificultades me ha puesto, algún día serás consciente de lo que significa. Gracias, también a Encarnita, Toñito, Paco; por el día a día, por estar ahí, mi familia.

Mi más profundo agradecimiento a mis conejillos de indias, a mis mayores de Termaria, nunca podré agradecer suficientemente vuestra disposición y compromiso. No nos olvidemos nunca de todo lo que nos aportan los mayores, intentemos estar a la altura cuando nos toque serlo.

Agradecer como no podría ser de otro modo a la empresa Espacios Termolúdicos S.A., a su staff y al personal, por permitir realizar el estudio en sus instalaciones y con sus usuarios. Ha sido mi centro de trabajo y mi casa durante 16 años de mi vida.



## Resumen

El progresivo envejecimiento de la población debido a la mejora de las condiciones de vida y a la baja natalidad tiene como consecuencia la aparición de nuevos problemas asociados al envejecimiento. Los diferentes programas de ejercicio físico, especialmente aquellos encaminados a mejorar la potencia, han demostrado su eficacia en la mejora de la capacidad funcional y en la prevención de la discapacidad en los adultos mayores. La potencia, es el resultado del producto de fuerza por la velocidad, y en base a la relación inversa entre la fuerza aplicada y la velocidad de contracción se observa una relación parabólica entre la potencia y la velocidad. Al movilizar una carga óptima se identifica un vértice en la parábola que se denomina pico de potencia, y éste está asociado a una velocidad óptima y a su vez a una fuerza óptima. Este perfil parabólico determina puntos isopotenciales que pueden registrarse movilizandocargas diferentes y por lo tanto a velocidades diferentes y con fuerzas diferentes. No existe consenso sobre los cambios en la funcionalidad y el rendimiento muscular en adultos mayores cuando entrenan con cargas asociadas a potencias relativas al vértice de la parábola potencia-velocidad. Es decir, si entrenamientos isopotenciales con diferentes componentes de fuerza o velocidad afectan a la funcionalidad al rendimiento muscular de manera diferenciada. El objetivo de esta tesis doctoral fue explorar los efectos de dos protocolos de entrenamiento con potencias equiparadas, ejecutadas con diferentes cargas y por lo tanto distintas velocidades, sobre la funcionalidad, el rendimiento muscular y la composición corporal de una muestra de adultos mayores físicamente activos. Tras la realización del estudio, los resultados mostraron que cuando la potencia es equiparada, la carga no produce efectos diferenciados en la mejora de la fuerza muscular, la potencia muscular y el equilibrio dinámico (TUG); sin embargo, cuando se emplean cargas altas, el entrenamiento de la potencia muscular se presenta como una opción válida para incrementar la resistencia cardiovascular. Los datos observados tras nuestra

intervención indicaron que los programas de entrenamiento de la potencia muscular con cargas prescritas en base al pico de potencia son eficaces cuando se añaden al ejercicio multicomponente no supervisado a la hora de mejorar la capacidad funcional y el rendimiento muscular de los adultos mayores sanos físicamente activos.

**Palabras clave:** Entrenamiento de potencia, capacidad funcional, adultos mayores, carga óptima, velocidad óptima, fuerza óptima.

## Resumo

O progresivo envellecemento da poboación debido ás melloras das condicións de vida e á baixa natalidade teñen como consecuencia a aparición de novos problemas asociados a o envellecemento. Os diferentes programas de exercicio físico, especialmente aqueles encamiñados a mellorar a potencia, veñen demostrando a súa efectividade na mellora da capacidade funcional e na prevención da discapacidade dos adultos maiores. A potencia, é o resultado do produto da forza pola velocidade, e en base á relación inversa entre a forza aplicada e a velocidade de contracción obsérvase unha relación parabólica entre a potencia e a velocidade. Ao mobilizar unha carga óptima se identifica unha vertixe na parábola que se denomina pico de potencia, o cal está asociado a unha velocidade óptima e á súa vez cunha forza óptima. Este perfil parabólico determina que existen puntos iso potenciais que se poden rexistrar mobilizando cargas diferentes e polo tanto a velocidades diferentes con forzas diferentes. Non existe consenso sobre os cambios na funcionalidade e o rendemento muscular en adultos maiores cando adestran con cargas asociadas a potencias relativas ó vértice da parábola potencia-velocidade. É dicir, si adestramentos isopotenciais con diferentes compoñentes de forza ou velocidade afectan á funcionalidade e ó rendemento muscular de xeito diferenciado. O obxectivo de esta tese de doutoramento estivo centrado en explorar os efectos de dous protocolos de adestramento con potencias equiparados executadas, pero con cargas diferenciadas e polo tanto velocidades, sobre a funcionalidade, o rendemento muscular e a composición corporal de unha mostra de adultos maiores fisicamente activos. Tras realizar o estudo, os resultados mostraron que cando a potencia se equipara, a carga non produce efectos diferenciados na mellora da forza muscular, a potencia muscular e o equilibrio dinámico (TUG); non obstante, cando se empregan cargas altas o adestramento da potencia muscular preséntase como unha opción válida para incrementar a resistencia cardiovascular. Os datos observados tras a nosa intervención, indicaron que os programas de adestramento da potencia muscular con cargas prescritas en base a o pico de potencia demostraron son eficaces cando se

engaden ao exercicio multicompoñente non supervisado á hora de mellorar a capacidade funcional e o rendemento muscular dos adultos maiores sans fisicamente activos.

**Palabras clave:** Adestramento da potencia, capacidade funcional, adultos maiores, carga óptima, velocidade óptima, forza óptima.

## Abstract

The improvement of living conditions and the lower birth rate implies the increase of problems associated with the ageing process. The different exercise programs, in special those that aimed to improve the muscle power, have demonstrated their effectiveness in improving the functional capacity and in the prevention of disability in older adults. Power, results from the product of force and velocity, and based on the inverse relationship between the applied force and the rate of contraction a parabolic relationship between power and velocity is observed. When an optimal load is mobilized, a vertex in the parabola is identified, which is called the peak power, and this is related with an optimal speed and in turn with an optimal force. This parabolic profile means that there are equated power points with paired power levels that can be recorded with different loads at different velocities and with different force levels. There is no consensus on changes in functionality and muscle performance in older adults when training with loads associated with powers relative to the vertex of the power-speed parabola. That is, if training with equated power levels with different components of force and velocity affect functionality and muscle performance in a differentiated manner. This doctoral thesis aimed to contrast the effects of two different power training protocols performed with the maximum intended velocity with different loads but equated regarding the relative power on functionality, muscle performance and body composition of a sample of active older adults. After the study, the results showed that when the power levels are equated, the load does not produce differentiated effects in the improvement of muscle strength, muscle power, and dynamic balance (TUG); however, when high loads are employed, muscle power training is presented as a valid option to increase cardiovascular endurance. The data observed after our intervention indicated that muscle power training programs with prescribed loads close to the peak power are effective when added to non-supervised multi-component exercise to improve functional capacity and muscle performance of physically active healthy older adults.



**Keywords:** Power training, functional capacity, older adults, optimal load, optimal velocity, optimal force.



# Índice

Índice de tablas .....	XVII
Índice de figuras .....	XVIII
Listado de abreviaturas .....	XX
1. Introducción general .....	1
2. Marco Teórico .....	6
2.1. El proceso de envejecimiento. ....	7
2.1.1. El patrón de deterioro funcional.....	8
2.2. Efecto de la actividad física y el ejercicio físico sobre el envejecimiento. ....	17
2.3. Recomendaciones de ejercicio físico .....	18
2.3.1. Ejercicio físico para la mejora de la fuerza .....	21
2.3.2. Ejercicio físico para la mejora de la potencia muscular. ....	22
2.4. Intervenciones de entrenamiento de la potencia muscular sobre el rendimiento muscular y la funcionalidad de las personas mayores.....	23
2.5. Resumen de la revisión bibliográfica y planteamiento del problema.....	26
3. Estudio: “Efectos de dos programas de entrenamiento de potencia isopotenciales, diferenciados según la velocidad de ejecución y la intensidad de la carga sobre la condición física relacionada con la salud de las personas mayores” .....	28
3.1. Hipótesis y objetivos .....	29
3.2. Objetivos .....	30
3.3. Material y métodos .....	33
3.3.1. Diseño experimental .....	33
3.3.2. Muestra .....	35
3.3.3. Procedimientos .....	36
3.3.4. Evaluaciones.....	40
3.3.5. Intervención .....	46
3.3.6. Análisis estadístico .....	47
3.4. Resultados .....	50
3.4.1. Verificación de la equiparación del volumen y los niveles de potencia de entrenamiento. 51	
3.4.2. Valoración del rendimiento muscular.....	52
3.4.3. Cambios en la capacidad funcional tras el entrenamiento.....	60
3.4.4. Efectos sobre la composición corporal tras el entrenamiento .....	62
3.5. Discusión .....	64

3.6. Limitaciones del estudio.....	75
4. Conclusiones.....	78
4.1. Conclusiones generales.....	79
4.2. Conclusiones específicas.....	79
5. Futuras líneas de investigación.....	81
6. Referencias.....	83
Anexo 1: Consentimiento informado.....	101
Anexo 2: Informe favorable del comité de ética autonómico.....	107
Anexo 3: Producción científica asociada a la tesis.....	110

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Descripción de la muestra .....	36
<b>Tabla 2.</b> Cargas relativas empleadas en las cinco semanas de entrenamiento isopotenciales y repeticiones empleadas por grupo. ....	52
<b>Tabla 3.</b> Pico relativo de potencia antes (Pre) y después (Post) de cinco semanas de un programa de entrenamiento de la potencia con potencias equiparadas.....	55
<b>Tabla 4.</b> Carga con que se alcanza el pico de potencia antes (Pre) y después (Post) de cinco semanas de un programa de entrenamiento de la potencia con potencias equiparadas..	56
<b>Tabla 5.</b> Datos estadísticos de los test de capacidad funcional antes (Pre) y después (Post) de 5 semanas de entrenamiento de la potencia muscular con niveles de potencia equiparados.	61
<b>Tabla 6.</b> Datos estadísticos de la valoración de la composición corporal antes (Pre) y después (Post) de 5 semanas de entrenamiento de la potencia muscular con niveles de potencia equiparados.....	63

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> El patrón de deterioro funcional. Adaptado de Verbrugge,(58).....	10
<b>Figura 2.</b> Representación gráfica de la relación fuerza velocidad en los movimientos multiarticulares y la existencia de valores isopotenciales diferenciados en la intensidad de la carga. Adaptado de Jaric, S. (32).....	25
<b>Figura 3.</b> Representación esquemática del estudio. A) Diseño experimental de las sesiones. B) Metodología para la selección de la carga de entrenamiento. ....	34
<b>Figura 4.</b> Posición inicial y final del ejercicio de tracción sentado (TS).....	37
<b>Figura 5.</b> Posición inicial y final del ejercicio de empuje sentado (ES).....	38
<b>Figura 6.</b> Posición inicial y final del Ejercicio de prensa de piernas (PPI).....	38
<b>Figura 7.</b> Equipamiento empleado para la realización del entrenamiento de potencia muscular y la valoración del rendimiento muscular. a) Tracción sentado. b) Empuje sentado. c) Prensa de piernas. d) Entrenamiento con protocolo tradicional. d) Entrenamiento con protocolo de potencia.....	40
<b>Figura 8.</b> Test de evaluación de la composición corporal. Imagen resultante del escaneo de la superficie corporal con los perímetros corporales aportados por el software.....	41
<b>Figura 9.</b> Ejecución del test de MFV, información aportada por el software y con su posición inicial y final. ....	42
<b>Figura 10.</b> Representación esquemática del test de perfil carga-potencia. Abreviaturas: %MFV: carga relativa a la máxima fuerza isocinética voluntaria. ....	43
<b>Figura 11.</b> A) Representación de la pista empleada en el test de marcha de 6 minutos. Rikli & Jones,(105). B) Posición para la ejecución del test de equilibrio sobre una pierna. ....	44
<b>Figura 12.</b> A) Realización de la prueba de levantarse, caminar y volver a sentarse (TUG). B) Realización del test de flexibilidad sentado. ....	46
<b>Figura 13.</b> Comparación de volumen de entrenamiento y potencia media entre grupos durante la intervención. ....	51
<b>Figura 14.</b> Máxima fuerza voluntaria isocinética para remo sentado (a), pres de pecho (b) y prensa de piernas (c); antes (pre) y después (post) de cinco semanas de entrenamiento de la potencia muscular empleando métodos isopotenciales.....	53
<b>Figura 15.</b> Relación carga potencia para el ejercicio tracción sentado (TS). ....	58
<b>Figura 16.</b> Perfil carga potencia para el ejercicio de empuje sentado (ES).....	59
<b>Figura 17.</b> Perfil carga potencia para el ejercicio de prensa de piernas (PPI).....	60



## Listado de abreviaturas

Algunas abreviaturas corresponden con siglas del término en inglés debido a su uso extendido entre la comunidad científica.

1RM: Una repetición máxima.

6MWT: Del inglés, *six-minute walk test* (test de marcha de 6 minutos).

$\Sigma$ MFV: Sumatorio de valores de máxima fuerza isocinética voluntaria.

%PP: Carga relativa en base a la carga óptima (carga con la que se obtiene el pico de potencia).

%MFV: Carga relativa en base a la máxima fuerza isocinética voluntaria.

AC-BV: Grupo experimental que desarrolló un entrenamiento con alta carga y baja velocidad.

ANOVA: Análisis de la varianza.

BC-AV: Grupo experimental que desarrolló un entrenamiento con baja carga y alta velocidad.

CON: Grupo control.

EPM: Entrenamiento de la potencia muscular.

ES: Empuje sentado.

FV: Fuerza velocidad.

G: G de Hedge's.

IC: Intervalo de confianza.

ICC: Índice cintura cadera.

IMC: Índice de masa corporal.

MFV: Máxima fuerza isocinética voluntaria.

PP: Pico de potencia.

PPI: Prensa de piernas.

RFD: Del inglés, *rate of force development* (tasa de desarrollo de la fuerza).

SD: del inglés, *standard deviation* (desviación estándar).



TUG: del inglés, Timed up and Go (tiempo para levantarse y caminar).

TS: Tracción sentado.

## 1. Introducción general

---

La mejora de las condiciones de vida, de la educación y de los medios tecnológicos, así como el acceso a los servicios de salud en los países occidentales ha permitido un considerable aumento en la esperanza de vida al nacimiento y especialmente en la esperanza de vida en la edad adulta, a partir de los 65 años (1,2). Estos hechos sumados a la baja natalidad, han resultado en un progresivo envejecimiento de la población con la aparición de nuevos problemas asociados al envejecimiento. La pérdida de funcionalidad o salud funcional (3) con el envejecimiento, es decir, la capacidad para realizar tareas diarias de forma autónoma, se asocia con un aumento de la fragilidad y la dependencia y, en consecuencia, una disminución de la calidad de vida de esta población (2,4). En este sentido, la fragilidad se ha definido como un síndrome geriátrico con múltiples causas y contribuyentes que se caracteriza, entre otros factores por una disminución de la fuerza y de la resistencia, unido a una reserva fisiológica reducida, lo cual aumenta la vulnerabilidad del individuo ante los diferentes estresores que lo afecten y la posibilidad de desarrollar una mayor dependencia y / o muerte (2,5). La sarcopenia como la pérdida de masa muscular relacionada con la edad ha sido identificada como una de las principales causas del deterioro de la salud funcional y el desarrollo de la fragilidad (2,6,7). Sin embargo, se ha observado que la pérdida de funcionalidad y de rendimiento muscular (i.e. dinapenia), en particular la capacidad de generar fuerza y potencia, se produce antes y en mayor medida que la pérdida de masa muscular (2,3,6-8). Por lo tanto, la proporción del cambio en la manifestación de la fuerza, explicada por los cambios en la masa muscular, se ha cuantificado en solo el 2% en hombres (9,10), lo que indicaría que factores adicionales como las alteraciones de índole neuromuscular, además de las de tipo estructural, podrían causar una reducción importante de capacidad funcional y de rendimiento muscular (11).

Uno de los principales factores de riesgo de padecer fragilidad y discapacidad funcional en los adultos mayores es la inactividad física (2), que determina en gran medida la aparición de deterioro del músculo esquelético y la pérdida de masa muscular (sarcopenia y dinapenia) (12,13). Las intervenciones para corregir el deterioro de la función muscular se han dirigido

principalmente a optimizar los parámetros relacionados con la función física y la nutrición al ser factores modificables (1,14-16). En particular, los beneficios de la actividad física y el ejercicio físico en el síndrome de fragilidad han sido objeto de investigaciones científicas recientes (2,17,18). En este sentido, las intervenciones físicas han demostrado su eficacia en retrasar e incluso revertir la fragilidad, al mismo tiempo que mejoran el bienestar emocional y la calidad de vida de los pacientes (16), además de reducir el riesgo de sarcopenia, el deterioro cognitivo y funcional, y los síntomas depresivos (19). Los estudios observacionales han descrito que las personas mayores que mantuvieron una actividad física regular tienen menos probabilidades de manifestar fragilidad que las que han mantenido un estilo de vida sedentaria, los cuales desarrollan estados de fragilidad severa con mayor frecuencia y precocidad (20). Además, las intervenciones físicas han demostrado ser eficaces en reducir la prevalencia y la gravedad de la fragilidad en personas mayores no institucionalizadas con un estilo de vida sedentario y problemas de movilidad (21). Las diferentes revisiones previas sobre las intervenciones con ejercicio físico, han demostrado que el ejercicio físico de múltiples componentes, especialmente los que incluyen programas de mejora de la fuerza, fueron efectivos para mejorar significativamente la capacidad funcional (22) y para prevenir la discapacidad en adultos mayores frágiles (23), pero todavía es necesario definir las características específicas de cara a configurar un programa óptimo (24).

En este contexto, el entrenamiento de fuerza y potencia surge como una herramienta para combatir tanto la sarcopenia como la pérdida de funcionalidad y rendimiento muscular asociada con la edad o dinapenia (25) y, por lo tanto, como un instrumento para combatir la reducción de la reserva funcional y el desarrollo de la fragilidad (4,14,26,27). Sin embargo, debe tenerse en cuenta que el deterioro relacionado con la edad se produce a diferentes velocidades entre las diferentes expresiones de rendimiento muscular. En este sentido, la pérdida de la capacidad de generar altos niveles de potencia comienza antes y se produce a un ritmo mayor que el deterioro de la fuerza máxima (3,6,28). De manera similar, la relación entre la funcionalidad y el

rendimiento muscular es mayor con la potencia máxima en comparación con la fuerza máxima (2,3,7,14,29,30). Por estas razones, dado que la potencia es el resultado del producto entre la fuerza y la velocidad, la influencia de la velocidad de ejecución (velocidad óptima) y la fuerza (fuerza óptima) con la que se moviliza una carga (carga óptima), para producir el valor máximo de potencia (potencia pico) y sus efectos sobre la funcionalidad, han sido objeto de análisis recientemente (3,7,28,31). Así, varios estudios han sugerido que la velocidad óptima explica en mayor medida los cambios en la funcionalidad en comparación con la fuerza óptima (3,28,31).

La existencia de la llamada velocidad y fuerza óptimas se deriva de la relación inversa entre la velocidad de acortamiento muscular y la fuerza de contracción. La relación inversa entre la fuerza muscular y la velocidad de acortamiento cuando se consideran los ejercicios multiarticulares y más funcionales, se ha ajustado típicamente mediante modelos de regresión lineal (32-34). La linealidad de la relación fuerza-velocidad (FV) se ha explicado por la integración compleja de las propiedades mecánicas y morfológicas musculares, los mecanismos neuronales y factores mecánicos como la dinámica segmentaria (34,35). Este modelo se ha empleado ampliamente para caracterizar los perfiles mecánicos de varias tareas y poblaciones (32,36-40), incluidas las personas mayores (32,37,41,42).

Esta relación FV inversa implica implícitamente una relación parabólica entre la potencia y la velocidad y, por lo tanto, la existencia de un valor pico de potencia obtenido con una carga denominada carga óptima. Esta carga óptima es desplazada a una velocidad óptima, que a su vez se asocia con un valor de fuerza denominada fuerza óptima. Si representamos gráficamente la relación entre la velocidad obtenida con un abanico amplio de cargas y la potencia obtenida con ellas obtendremos el perfil potencia-velocidad. Este perfil potencia-velocidad se ajusta a una parábola, como ya comentamos anteriormente, por lo que observaremos puntos isopotenciales, es decir, niveles de potencia que pueden realizarse movilizandocargas diferentes, por lo tanto con fuerzas aplicadas diferentes, a diferentes velocidades (32,43,44).

Teniendo en cuenta la importancia de la preservación de la potencia para el mantenimiento de la funcionalidad y, a su vez, la importancia de la velocidad óptima, nos planteamos cual será la influencia que tienen la carga y la velocidad del movimiento en las adaptaciones funcionales y musculares en las personas mayores. Algunos estudios recientes han demostrado la efectividad del entrenamiento de fuerza a alta velocidad para mejorar la salud funcional de la población mayor (14,45-47). Sin embargo, el uso de magnitudes de carga notablemente diferentes en estas intervenciones o de ejercicios realizados a velocidades voluntariamente lentas nos lleva a pensar que se compararon protocolos de entrenamiento que diferían en la potencia muscular (48,49).

Esta tesis doctoral trata de abordar esta cuestión, enmarcada en el contexto de la identificación de los componentes de la carga que permiten optimizar los programas de ejercicio para personas mayores físicamente activas. Por lo tanto, nuestra propuesta ha consistido en contrastar los efectos de dos protocolos de entrenamiento con niveles de potencia equiparadas, pero ejecutados con diferentes cargas seleccionadas en base al pico de potencia individual de cada sujeto; y, por lo tanto, a diferentes velocidades de ejecución. En la presente tesis se planteó un programa de entrenamiento con ejercicios poliarticulares realizados en máquinas con resistencia, empleadas con frecuencia por muestras de edad avanzada (28,30,50,51), para posteriormente analizar sus efectos sobre el rendimiento muscular, la funcionalidad y la composición corporal de adultos mayores de 60 años.

## 2. Marco Teórico

---

## 2.1. El proceso de envejecimiento.

El incremento de la esperanza de vida al nacer debido a las mejoras en la calidad de vida (1,2), unido al descenso de la natalidad en algunos países desarrollados (52), está originando un incremento acelerado del porcentaje de personas de edad avanzada, el cual tiene como consecuencia el envejecimiento de la población. Para el año 2050, una de cada cuatro personas que viven en Europa y América del Norte podría tener 65 o más años (53); así, según el Instituto nacional de estadística (INE, 2022), la población en España de 65 años o más alcanzaría un máximo del 30,4% en la mitad del siglo XXI.

El tamaño y la distribución por grupos de edad de una población se determinan a través de tres procesos demográficos: La fertilidad (o tasa de natalidad), la mortalidad y la migración (53). En base a los datos antes citados y al progresivo aumento de defunciones, siempre superior al número de nacimientos, se observa que la previsión actual arroja un saldo vegetativo negativo (nacimientos menos defunciones) al menos durante los próximos 15 años, el cual unido a los procesos migratorios, se traduce en un proceso de envejecimiento de la población residente en España.

El envejecimiento, definido como la acumulación de cambios comunes a una misma especie, posteriores a la madurez (54), a consecuencia de múltiples alteraciones por factores tipo intrínseco (biológicos) y de tipo extrínseco (ambientales) que afectan a los diferentes sistemas orgánicos (sistema cardiovascular, musculoesquelético, nervioso central e inmunológico) (55), ha sido reconocido como el mayor responsable del aumento de probabilidad de enfermedad y muerte del individuo (55,56). El proceso de envejecimiento tal y como lo hemos definido se caracteriza por ser universal, ya que afecta de forma heterogénea a todos los individuos; por ser intrínseco, ya que es una propiedad propia de los seres vivos; por ser inevitable y por ser deletéreo, o degenerativo para el organismo favoreciendo las posibilidades de morir (15). En



consecuencia, el envejecimiento de la población se ha convertido en una de las transformaciones sociales más significativas del siglo XXI, con consecuencias para casi todos los sectores de la sociedad ya que el envejecimiento está asociado al incremento de la incidencia de patologías y a la aparición de mayores niveles de discapacidad y dependencia, tengamos en cuenta que, en España, según el INE, la tendencia actual de tasa de dependencia (relación entre la población menor de 16 años o mayor de 64 años y la población entre 16 a 64 años) alcanzaría un máximo en torno al año 2050 (76,8%).

Estos efectos de deterioro debido a la edad acarrear elevados costes a la sociedad, razón por la cual el proceso de deterioro ligado a la edad se ha estudiado (17,57,58) para intentar posteriormente revertirlo o ralentizarlo siguiendo dos direcciones: encontrar cuales son los mecanismos que provocan la disfunción y encontrar estrategias para revertirlo (59).

### 2.1.1. El patrón de deterioro funcional.

La pérdida de funcionalidad física con el envejecimiento, se asocia con un aumento de la dependencia y, en consecuencia, una disminución de la calidad de vida de los adultos mayores. En este aspecto, el proceso de envejecimiento implica una progresiva afectación del sistema nervioso y musculoesquelético, cuyo deterioro afecta a la capacidad de los adultos mayores para llevar a cabo sus actividades de la vida diaria y por lo tanto de pérdida de independencia (59). Para la comprensión de las causas y posterior abordaje de estrategias que permitan disminuir los efectos del envejecimiento, se ha desarrollado el concepto de *“patrón de deterioro funcional”*. El concepto de *“patrón de deterioro funcional”*, ha sido descrito inicialmente por Verbrugge (58) en 1993 como el *“proceso hacia la discapacidad”*, el cual describe como las diferentes condiciones y estresores tanto crónicos como agudos a las que está expuesto el individuo, afectan al funcionamiento de los sistemas específicos, las acciones mentales (procesos cognitivos) y las acciones físicas generales; además de a las actividades de la vida diaria. Para ello realiza una descripción de los factores internos y externos que aceleran o

ralentizan la discapacidad, llamados factores de riesgo, intervenciones (que ralentizan el proceso de deterioro) y agravantes (58).

El proceso de discapacidad de Verbrugge, se ha descrito como un continuo que evoluciona en cuatro fases (Figura 1)

1. Patología: Fase inicial en la que se detectan alteraciones fisiológicas o biomecánicas detectadas y diagnosticadas como enfermedad, lesión o daño congénito o adquirido. Habitualmente son afectaciones con una duración estimada menor de tres meses.
2. Disfunción: La patología no recuperada deriva en una alteración o cambio estructural en un sistema específico, que puede tener consecuencias a nivel físico, mental o social. Habitualmente se solucionan con tratamiento en el hogar.
3. Limitación funcional: A consecuencia de la disfunción se produce una reducción de la capacidad de llevar a cabo acciones físicas y mentales básicas de la vida diaria. Suelen ser acciones genéricas empleadas en numerosas acciones específicas como subir y bajar escaleras, desplazarse caminando, responder adecuadamente en una conversación, etc.
4. Discapacidad: Dificultad para realizar las actividades de la vida diaria con independencia debido a un problema de salud o físico, afectando en primer lugar a un solo dominio y posteriormente a los tres dominios, cuidado personal, tareas del hogar y laboral.

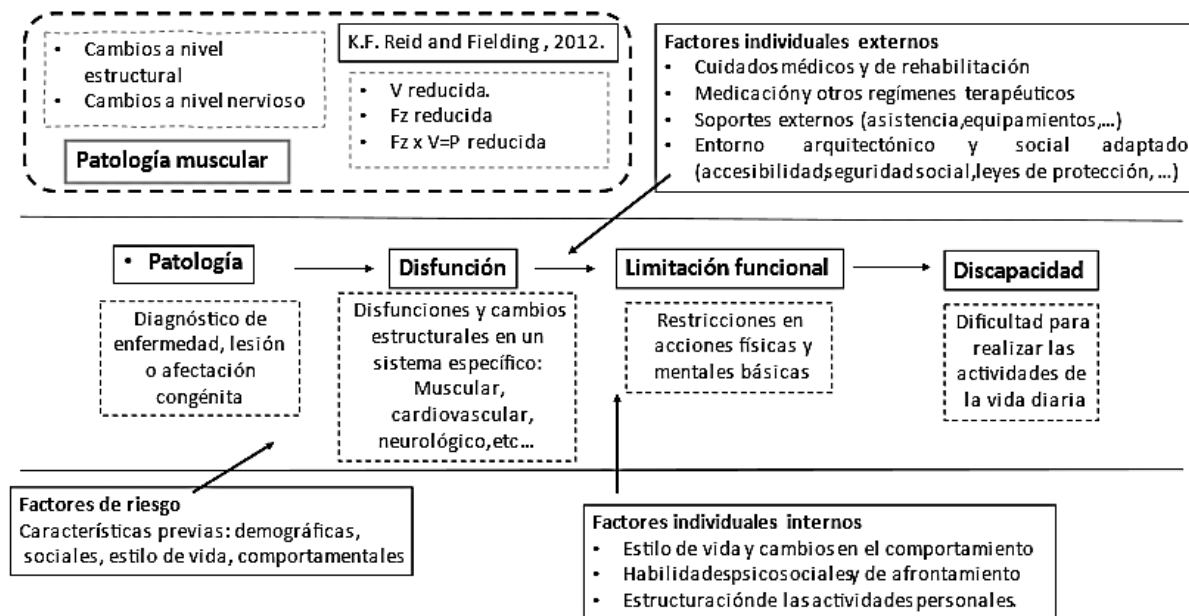


Figura 1. El patrón de deterioro funcional. Adaptado de Verbrugge,(58).

Posteriormente el “proceso de discapacidad” de Verbrugge (58), se ha completado con el “patrón de deterioro funcional”, descrito en 2012 por K.F. Reid and Fielding (3) y relacionado con los niveles de fuerza y potencia muscular. El proceso de deterioro debido al envejecimiento, se inicia con la aparición de la patología y posterior disfunción, referida a la pérdida de propiedades en un tejido concreto, un órgano o a nivel de un sistema corporal. Esta disfunción deriva de cambios a nivel estructural y a nivel nervioso, unidos a la disminución de los niveles de actividad física y ejercicio físico de calidad (2), que se traducen en la pérdida de capacidad para generar altos niveles de fuerza, reducción en la velocidad de contracción y en consecuencia menores niveles de potencia muscular, con el consecuente aumento de riesgo de discapacidad, comorbilidad y de padecer fragilidad (60-62). La “fragilidad”, o también conocido como “fenotipo de fragilidad”, se ha definido como un síndrome caracterizado por la disminución de la reserva funcional y de la capacidad de resistencia del organismo ante el efecto de los diferentes estresores, debido al deterioro acumulativo de los diferentes sistemas fisiológicos, causando aumento de vulnerabilidad y de consecuencias adversas sobre la salud (60). Las causas que desembocan en el diagnóstico de la fragilidad, no están todavía del todo claras debido a que

es un síndrome multifactorial (61,63). Por esta razón, se han utilizado dos mecanismos complementarios entre sí para asignar el status de “fragilidad”, con el objetivo de aplicar estrategias que permitan revertir las consecuencias negativas para la salud de los adultos mayores (60). Por un lado, el fenotipo de fragilidad física, se evalúa mediante la valoración de los posibles déficits detectados en los diferentes sistemas fisiológicos, a través de cinco valoraciones del rendimiento físico (61): debilidad (pérdida de capacidad de generar fuerza), menor velocidad de la marcha, disminución de los niveles de actividad física, deterioro de la capacidad de resistencia a la fatiga y pérdida de peso involuntaria (60,61). Por otro lado, se ha establecido un índice de déficits acumulativos, que valora diferentes dominios funcionales y de sistemas orgánicos, los cuales engloban tanto síntomas, enfermedades, déficits de salud, que afectan tanto al componente cognitivo, como al componente físico (60,64). En cuanto a esta pérdida de rendimiento neuromuscular y de capacidad funcional relacionada con el aumento de posibilidades de desarrollar fragilidad, se ha observado que las diferentes disfunciones que la propician, ocurren a diferentes ratios, en base a las diferentes manifestaciones del rendimiento muscular. Así, la pérdida de capacidad de producir altos niveles de potencia muscular ocurre antes y en mayor grado que el deterioro de la fuerza máxima (2,14,65), a raíz de los cambios degenerativos citados previamente y que pasamos a describir a continuación.

#### Disfunción muscular

La pérdida de rendimiento muscular (capacidad de generar fuerza y potencia) y la sarcopenia (pérdida de masa muscular) relacionada con la edad ha sido identificada como una de las principales causas del deterioro de la salud funcional física y aparición de la fragilidad (2,3,5). Como hemos descrito previamente, la fragilidad se describe como un síndrome degenerativo de tipo multifactorial (61,64), en el que se establece el status de fragilidad a través de una serie de cuestionarios, test de rendimiento o la combinación de ambos (62). Dentro de los diferentes componentes que se evalúan para establecer el fenotipo de fragilidad, encontramos que se

valoran aspectos relacionados con el rendimiento muscular y la funcionalidad, los cuales vienen causados por cambios en el sistema muscular de tipo estructural y de tipo nervioso (60,61,66,67)

Esta pérdida de rendimiento debido al envejecimiento y caracterizada por cambios de tipo estructural ( a nivel mecánico) y a nivel neuromuscular, ha sido analizada recientemente en la bibliografía (5,7,59).

A nivel mecánico o desde el punto vista estructural, Wu et al.,(59) realizaron una completa revisión en la que se describen los cambios significativos en la unidad músculo -tendinosa. A nivel general, se produce una reducción del volumen muscular y del número total de fibras musculares, con una mayor pérdida en hombres que en mujeres. Además, se observa una pérdida de la calidad muscular con una infiltración significativa de tejido no contráctil (tejido graso). El fenómeno caracterizado por la pérdida de masa muscular en la edad avanzada, ha sido definido por Rosenberg (68) como "*sarcopenia*". Actualmente, no existe consenso en cuanto a su definición, ya que diferentes corrientes han fundamentado la integración de la pérdida de masa muscular y la pérdida de capacidad funcional en torno al término (5) y otras corrientes en que el rendimiento muscular y la capacidad funcional han demostrado tener una mayor asociación que la masa muscular por si sola con en el deterioro de la función muscular y en el aumento de la mortalidad (25). En base a los diferentes trabajos previos, parece razonable describir la sarcopenia como un deterioro de tipo estructural, caracterizado por la pérdida de masa muscular debido al proceso de envejecimiento, el cual figura como un factor más, en el proceso de deterioro de la capacidad funcional de los adultos mayores (25,69,70).

De forma más detallada se han descrito entre los cambios en la arquitectura muscular, la disminución del *thickness* muscular, o distancia entre la aponeurosis profunda y la superficial; acompañada de una disminución del ángulo de penneación (ángulo de inserción de los fascículos musculares en la aponeurosis profunda), aunque no siempre observada; unida a la disminución de la longitud de los fascículos musculares (medida entre las inserciones del fascículo desde la

aponeurosis superior a la profunda). Cambios que favorecen en consecuencia una disminución de la capacidad de generar fuerza y de la velocidad de contracción, ya que se ha descrito que el descenso del área fisiológica del músculo puede representar una pérdida de un 50% en la función muscular. Además, se ha descrito un descenso en el número y el tamaño de las fibras musculares especialmente en el miembro inferior, y en mayor medida en las fibras de tipo II, se ha observado un descenso de síntesis proteica miofibrilar y de la capacidad de generar células satélite tipo II; unido a un descenso de la calidad fibrilar, de la capacidad de ejercer tensión específica y de la propiedad contráctil, además de una menor velocidad de acortamiento. Estos cambios vienen relacionados por un descenso de las isoformas de miosina de cadena pesada especialmente de tipo II.

Dentro de los efectos sobre la unidad músculo-tendinosa: Se observa una menor rigidez (*Stiffness*) del tendón y el descenso en el módulo de Young (relación entre tensión y deformación). Aunque los resultados han sido heterogéneos, ningún estudio encontró el efecto contrario. Como consecuencia una menor rigidez tendinosa provoca una menor capacidad de transmisión de las fuerzas del músculo al hueso y por lo tanto un enlentecimiento del acortamiento muscular, acompañado de que a nivel de estructura tendinosa se conoce que disminuye el área transversal del músculo, pero no la longitud del tendón.

Al igual que en el plano estructural, Wu et al., también describen cambios a nivel neuromuscular que afectan al comportamiento del sistema musculoesquelético (59):

En un primer nivel se producen efectos de la edad sobre la unidad motora, con una reducción de su número de forma previa a la pérdida de masa muscular, siendo esta pérdida de masa muscular probablemente originada por la reducción de las unidades motoras. Debido a la pérdida de unidades motoras se produce un remodelado que tiene como consecuencia el incremento del tamaño de las preservadas, disminución de la eficacia de perfusión capilar el lecho muscular y una re inervación ineficaz, con denervación selectiva de las de tipo rápido y re

inervación de las de tipo lento. En un segundo nivel, sobre la motoneurona, existe un descenso del número de motoneuronas, unido a un descenso en el número y el diámetro de los axones de la raíz nerviosa, lo que provoca una disminución de la velocidad de conducción nerviosa y de la tasa de disparo media en contracciones isométricas voluntarias. Sobre la unión neuromuscular, se produce un aumento de la complejidad principalmente en el espacio post sináptico y degeneración de los pliegues de la unión entre el terminal axonal y la placa motora de la fibra muscular.

El continuum de deterioro funcional: De la robustez a la dependencia.

Como hemos descrito anteriormente el proceso de envejecimiento implica una progresiva afectación del sistema musculoesquelético, cuyo deterioro afecta a la capacidad de los adultos mayores para llevar a cabo sus actividades de la vida diaria y en consecuencia para mantener su autonomía (59). Estas disfunciones provocadas por el envejecimiento, en base a los cambios degenerativos descritos previamente, ocurren a diferentes ratios según las diferentes manifestaciones del rendimiento muscular (2,3,7,14,67).

En el caso de la fuerza máxima, suele alcanzar su máximo en torno a la 2ª o 3ª década de vida, descendiendo en una ratio de 1,0-1,5% por año de vida con un decremento mayor en torno a los 65/70 años (67,71), mayormente preservada en el miembro superior que en el miembro inferior (72). Se ha observado una especificidad en el descenso de los niveles de fuerza máxima con respecto al tipo de contracción, sufriendo un mayor deterioro en la máxima fuerza isocinética voluntaria (especialmente a velocidades altas) durante las contracciones de tipo concéntrico, comparado con las de tipo isométrico y excéntrico (7,67). Unos mayores niveles de fuerza durante las contracciones de tipo excéntrico se pueden deber por un lado al aumento de la resistencia pasiva al estiramiento por el mayor contenido de tejido conectivo intramuscular, al descenso de la inestabilidad sarcomérica por la desaparición selectiva de los sarcómeros más débiles o a la menor velocidad de relajación en el ciclo de puentes cruzados durante la fase

excéntrica (7). Por otro lado, se ve afectada la aplicación de fuerza a altas velocidades, ya que, al descender la velocidad de contracción, se dispone de menos tiempo para alcanzar el pico de fuerza en los movimientos de alta velocidad (67). No solo los niveles de fuerza descienden, también se reduce el control de las fluctuaciones de fuerza cuando se aplica en intensidades submáximas, o lo que es lo mismo, aumenta la variabilidad en la aplicación de la fuerza cuando se solicita mantener una fuerza submáxima estable (activación isométrica) durante un determinado tiempo (73). Este fenómeno se ha observado especialmente con intensidades bajas y probablemente es debido al incremento en la oscilación del input de las motoneuronas procedentes de las regiones corticales y subcorticales que descargan a bajas frecuencias, que se ve alterado por el proceso de envejecimiento (74). De hecho, la pérdida asociada a la edad en el control de las fluctuaciones de fuerza se correlaciona con un rendimiento disminuido en una variedad de actividades de la vida diaria (AVD) y se especula que tiene una importancia mayor para la capacidad funcional que las disminuciones asociadas a la edad en la fuerza máxima (75). Cuando estudiamos los efectos del envejecimiento sobre la relación fuerza-velocidad, observamos que los cambios producidos en la calidad muscular (descenso de masa muscular, cambios en su arquitectura, descenso de activación voluntaria) provocan un descenso y un desplazamiento hacia la izquierda de la curva (F-V), o lo que es lo mismo, un descenso de los niveles de fuerza y de la velocidad de contracción (7,66,67).

La velocidad como capacidad (medida como velocidad de contracción o de movimiento) es un predictor de la funcionalidad igual o incluso mayor que la fuerza (14). Numerosos estudios han revisado los efectos de la edad sobre la relación entre la velocidad y la funcionalidad de los adultos mayores (28,76,77). Se ha observado una pérdida de la velocidad de contracción de entre un 20 y un 40% en adultos entre los 70 y 80 años, cuando se compara con adultos jóvenes (7). A lo largo de los años se produce una transformación de fibras y motoneuronas rápidas (tipo II) a lentas, una reducción en el flujo de  $Ca^{2+}$ , que unido a alteraciones en la función y expresión contráctil tienen como consecuencia una prolongación del tiempo necesario para alcanzar el



pico de fuerza y un incremento del tiempo necesario para la relajación del músculo (66), lo que afecta a la tasa de desarrollo de la fuerza (RFD, por sus siglas en inglés) y a la velocidad de contracción.

Dado que la potencia es el producto de la fuerza por la velocidad, el descenso de la velocidad de contracción y de la capacidad de generar altos niveles de fuerza descritos previamente, se puede deducir que existirá un descenso de los niveles de potencia muscular. Sin embargo, el descenso de los niveles de potencia muscular ocurre antes y en mayor medida que el descenso de los niveles de fuerza (2,14,78), lo que es especialmente relevante ya que la potencia ha sido descrita como la variable más determinante a la hora de preservar la funcionalidad (30,50,79,80). La mayor parte de las actividades de la vida diaria están influenciadas por la capacidad de generar altos niveles de potencia muscular (14,67) o lo que es lo mismo, de aplicar altos niveles de fuerza a alta velocidad (ej.: recolocar el centro de gravedad sobre la base de sustentación y evitar una caída, generar inercia para desplazar el cuerpo hacia delante y hacia arriba para levantarnos de una silla). Esto ocurre especialmente en el miembro inferior, el cual ha sido descrito como el más afectado por el deterioro de la capacidad de generar altos niveles de potencia muscular (3). En este aspecto, recientemente se ha puntualizado que la potencia relativa (relación entre la potencia y la masa corporal) es más relevante a la hora de evaluar el rendimiento físico (81-83) que la potencia absoluta, debido a que durante la realización de las AVD los sujetos soportan su peso corporal durante largos periodos de tiempo (83), razón por la cual es conveniente utilizar la potencia relativa a la hora de analizar la influencia de la potencia sobre la reserva funcional de los adultos mayores. La potencia específica, definida como la potencia en relación a la masa muscular del miembro evaluado en (habitualmente la masa del miembro inferior), se ha observado que desciende especialmente a partir de los 40 años, debido a la pérdida de capacidad de generar altos niveles de potencia (en el miembro inferior) y al aumento observado en la masa corporal, mientras que a partir de los 70 años se ha descrito un descenso en los niveles de potencia absoluta, de la potencia específica y de la masa muscular de los miembros

inferiores (83). Cuando se analizan los cambios en la relación fuerza-velocidad, se observa por un lado un descenso de la potencia máxima o potencia pico (PP), y por otro lado un descenso de la fuerza desarrollada en el PP (fuerza óptima) unido al descenso de la velocidad con la que se obtiene el PP (velocidad óptima) (7). De todos modos, se ha observado que esta pérdida de rendimiento muscular no ocurre por igual en todos los tipos de colectivos de adultos mayores, ya que, en adultos mayores sanos se ha observado un efecto importante tanto de la fuerza como de la velocidad sobre los niveles de potencia, mientras que en adultos mayores con limitaciones en la movilidad se ha observado una importancia mayor de la velocidad (28).

Las disminuciones en el rendimiento muscular descritas, derivan en un descenso en la función muscular y en una alteración de los hábitos del adulto mayor (58) hacia un estilo de vida más sedentario, que pueden desencadenar un cambio de fenotipo de actividad física y fisiológica (2) que retroalimenta el proceso de deterioro y favorece el desarrollo de la fragilidad, la pérdida de independencia y la discapacidad (2,3,15).

## 2.2. Efecto de la actividad física y el ejercicio físico sobre el envejecimiento.

Como hemos visto hasta el momento, los diferentes cambios provocados por el proceso de envejecimiento pueden verse potenciados o revertidos mediante factores externos (3,58). Uno de los principales factores de riesgo de fragilidad y discapacidad funcional en los adultos mayores es la inactividad física (61). Recientemente se han descrito dos tipos de fenotipo de envejecimiento consecuencia de los hábitos de vida relacionados con la actividad física y el ejercicio físico (12,13); y se ha remarcado que el mantenimiento de unos niveles recomendados de actividad física influye en el mantenimiento de una buena salud de los adultos mayores (2,15). La actividad física, es cualquier movimiento corporal producido por las contracciones del músculo esquelético que aumentan el gasto energético por encima de metabolismo basal (84), durante el cual la intensidad y la duración pueden variar sustancialmente, mientras que el

ejercicio físico se refiere a la modalidad de actividad física planificada cuyo objetivo es la mejora o mantenimiento de uno o varios componentes de la condición física (85).

Las intervenciones para corregir el deterioro de la función muscular se han dirigido principalmente a optimizar los parámetros relacionados con el ejercicio físico y la nutrición de cara a prevenir o revertir el proceso de deterioro debido al envejecimiento(15) .Las revisiones previas sobre los efectos del ejercicio físico en relación con el envejecimiento, han demostrado que el ejercicio físico de múltiples componentes, son efectivos para mejorar significativamente la capacidad funcional y para prevenir la discapacidad en adultos mayores (6,7). En este aspecto, el Colegio americano de medicina del deporte (ACSM) (85), señala que la actividad física y el ejercicio físico beneficia a las personas mayores, a nivel fisiológico, mejora su composición corporal, a nivel psicológico y a nivel cognitivo. El ejercicio físico permite atenuar los efectos de las enfermedades crónicas, reduce el riesgo de discapacidad física e incrementa la longevidad (85). El efecto positivo del ejercicio sobre la salud de las personas mayores no solo se limita a prevenir enfermedades, sino que es coadyuvante de los tratamientos médicos, sustituto de otros tratamientos con mayores efectos secundarios y se convierte en el principal tratamiento en condiciones para las que no existe otro tipo de tratamiento claramente efectivo (15).

### 2.3. Recomendaciones de ejercicio físico

Dada la importancia de la actividad física y del ejercicio físico en la salud y la funcionalidad de las personas mayores, se han venido realizando una serie de recomendaciones sobre los niveles adecuados de actividad física (86) y sobre la estructuración y planificación adecuada del ejercicio físico (15,85,87). La organización mundial de la salud (OMS), realiza una serie de recomendaciones de los niveles de actividad física mínimos para mantener una adecuada salud, las cuales, en el caso de los adultos mayores de 65 años coinciden con las de los adultos de entre 18 y 64 años (86):

- Deberían realizar actividades físicas aeróbicas moderadas durante al menos 150 a 300 minutos a la semana.
- O bien realizar actividades físicas aeróbicas intensas durante al menos 75 a 150 minutos; o una combinación equivalente de actividades moderadas e intensas a lo largo de la semana.
- Del mismo modo, se recomienda complementar con actividades físicas variadas y con diversos componentes, que hagan hincapié en el equilibrio funcional y en un entrenamiento de la fuerza muscular moderado o de mayor intensidad, tres o más días a la semana, para mejorar la capacidad funcional y prevenir las caídas.

Como se ha descrito previamente, a diferencia de la actividad física, el ejercicio físico se caracteriza por ser planificado y estructurado (85) en base a una serie de parámetros que definen el estímulo de entrenamiento: frecuencia, intensidad, tipo, tiempo o duración, volumen y progresión (FITT-VP). El consejo internacional de expertos en ejercicio con adultos mayores (ICSFR) estableció una serie de recomendaciones en el año 2021 con el objetivo de optimizar el uso del ejercicio físico y la actividad física como una medicina preventiva y un agente terapéutico, por lo que recomiendan (15):

- Incrementar los niveles de actividad física habituales y de ejercicio físico, ya que pueden atenuar muchos de los efectos negativos sobre la capacidad funcional atribuidos al envejecimiento.
- Realizar asesoramientos de ejercicio físico individualizados en base al objetivo a conseguir.
- A pesar de que existe un consenso sobre la conveniencia del ejercicio multimodal o multicomponente, se recomienda priorizar inicialmente el entrenamiento de la fuerza, ya que posee un efecto simultáneo sobre el componente muscular, cardiorrespiratorio y de equilibrio.

- Tener en cuenta a la hora de seleccionar los ejercicios:
  - La secuenciación de los ejercicios en base a la importancia de las acciones físicas que permitan realizar las actividades de la vida diaria, siguiendo una progresión lógica: trabajar la fuerza y la potencia muscular para permitir levantarse de una silla, el equilibrio para mantenerse de pie y la resistencia para ser capaz de caminar una distancia determinada.
  - Prestar atención a los determinantes fisiológicos de las habilidades que permiten las transferencias, la deambulación y en consecuencia la independencia. Por ejemplo: la fuerza de los extensores del codo es necesaria para permitir las transferencias de una silla a una cama o frenar una caída, la potencia en el miembro inferior es necesaria para levantarse de una silla.
  - Se debe seleccionar la modalidad de ejercicio en base a la tolerancia, cuando una capacidad se pueda beneficiar a través de diferentes tipos de entrenamiento.
  - La elección de uno u otro ejercicio vendrá determinada por la valoración previa de los riesgos y beneficios.
  - Se debe prestar atención a los gustos y preferencias de los sujetos, con la finalidad de conseguir una adherencia al ejercicio físico a largo plazo.

Si bien es cierto que las diferentes revisiones previas han demostrado que el ejercicio físico de múltiples componentes son efectivos para mejorar significativamente la capacidad funcional (22) y para prevenir la discapacidad en adultos mayores frágiles (23), se ha sugerido que la inclusión de entrenamiento con resistencias en las intervenciones de entrenamiento multicomponente, pueden producir mayores mejoras en la funcionalidad de las personas mayores que aquellas intervenciones que no lo incluyen como uno de los componentes de entrenamiento a desarrollar (15). De todos modos, el hecho de que las diferentes intervenciones empleasen protocolos de entrenamiento muy heterogéneos (empleo de diferentes

componentes de entrenamiento, equipamientos, o FITT-VP), implica que las características de este tipo de programas aún no estén claras (24). Así que en primer lugar analizaremos las características de los programas de entrenamiento con resistencias de cara a comprender las diferentes variables que influyen en su eficacia y favorecen su óptima aplicación.

### 2.3.1. Ejercicio físico para la mejora de la fuerza

El entrenamiento con resistencias ha surgido como un componente esencial de la prescripción de ejercicio con adultos mayores debido a su capacidad para mitigar los efectos de la edad en la función neuromuscular y en incrementar la capacidad funcional (1). En este aspecto se recomienda realizar el entrenamiento de la fuerza de forma previa al de la resistencia (85) ya que las mejoras alcanzadas implicarían cambios positivos en el componente cardiorrespiratorio y el equilibrio además de en el muscular (15).

Dentro de las diferentes modalidades de entrenamiento con resistencias, el entrenamiento denominado de fuerza muscular se refiere al entrenamiento que tiene por objetivo mejorar la máxima fuerza (medido con un dinamómetro) o el mayor torque (medido con un aparato isocinético) (88). De todos modos, la valoración de la fuerza máxima se ha realizado habitualmente en base a la carga movilizada, con una buena técnica de ejecución, en una (1RM) o en varias ocasiones (3RM, 5 RM, 10 RM) (1,85,88,89). Las recomendaciones para la programación y asesoramiento de un correcto entrenamiento de la fuerza en adultos mayores consisten, en reglas generales, en la realización de 2-3 sesiones semanales (15,85,87) con un mínimo de un día a la semana (15), ejecutando 1 serie para los principiantes progresando a 3 series de 8 a 12 repeticiones de los grandes grupos musculares del miembro superior e inferior (15,85,87). En cuanto a la intensidad se recomiendan cargas ligeras entre el 30 y el 50% del 1 RM para los principiantes o personas con fragilidad, progresando a cargas moderadas o vigorosas (60-80% del 1RM) en base a las necesidades individuales (15,85,87). Se ha observado que las mayores mejoras en la fuerza se producen progresando desde cargas moderadas a

intensidades de carga entre el 70 y el 80% del 1RM (15). A la hora de seleccionar la intensidad en el trabajo con adultos mayores, se puede utilizar una escala de esfuerzo percibido, con valores de 0 a 10, representando la intensidad ligera valores menores de 5, la moderada valores de 5 – 6 y la intensidad vigorosa valores mayores de 7 (85). Se recomienda seleccionar de 6 a 10 ejercicios que incluyan movimientos multiarticulares y mono articulares (15,85,87), con solo 3-4 ejercicios para los principiantes (15). Se debería recuperar al menos 1 día entre sesiones y se debería de proveer de una correcta supervisión para evitar lesiones, principalmente en la primera fase del programa (15,85,87).

### 2.3.2. Ejercicio físico para la mejora de la potencia muscular.

El entrenamiento de la potencia muscular (EPM) se considera una modalidad específica de entrenamiento contra resistencias, en la que la característica principal es que se intenta movilizar la resistencia a la mayor velocidad posible (15).

En cuanto al entrenamiento contra resistencias para la mejora de la potencia muscular, la característica principal es que se ejecuta la fase concéntrica del movimiento a la mayor velocidad posible seguido por una fase excéntrica controlada (3,15,85,87). Las recomendaciones actuales sobre la distribución del volumen del entrenamiento (series x repeticiones) no difiere del genérico del entrenamiento contra resistencias (15,85,87). En cuanto a la integración del entrenamiento de la potencia muscular en los programas de ejercicio físico y sus diferentes componentes, el entrenamiento de la potencia se puede realizar aislado o dentro de una misma sesión de entrenamiento contra resistencias, pero evitando el fallo muscular para preservar la velocidad (47). En cuanto a la intensidad, se recomienda el uso de cargas entre el 35 y el 45% del 1RM para ejercicios del miembro superior y de cargas entre el 60 y el 70% del 1RM para ejercicios del miembro inferior (15). Aunque se ha reportado que se pueden obtener incrementos similares en el valor del pico de potencia utilizando un amplio abanico de cargas (46,71,80).

## 2.4. Intervenciones de entrenamiento de la potencia muscular sobre el rendimiento muscular y la funcionalidad de las personas mayores.

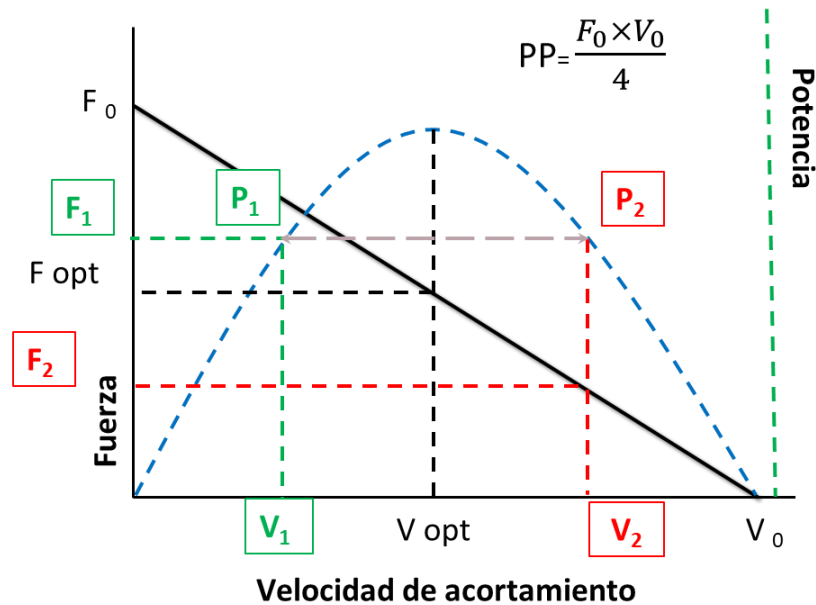
Como hemos descrito con anterioridad el entrenamiento contra resistencias se ha convertido en un componente fundamental de la prescripción del ejercicio con adultos mayores debido a su capacidad para mitigar los efectos del envejecimiento sobre la función neuromuscular y la capacidad funcional (1). Entre las modalidades de entrenamiento contra resistencias, el entrenamiento de la potencia muscular ha demostrado un mayor efecto para mejorar la capacidad funcional de los adultos mayores que el entrenamiento contra resistencias tradicional (14,17,30,82,90,91). Además, el entrenamiento para la mejora de la potencia muscular es prioritario en el adulto mayor porque el deterioro de la capacidad de generar altos niveles de potencia muscular ocurre antes y en mayor medida que la fuerza máxima (14,78,92). En este aspecto, la relación entre el entrenamiento de la fuerza y la velocidad sobre la funcionalidad de los adultos mayores ha suscitado gran interés y varios estudios (14,28,31,76) han obtenido mejoras en los que los niveles de potencia muscular utilizando cargas muy diferentes (46,71,80). En base a los estudios previos, se ha observado que los niveles de potencia muscular se pueden incrementar a través de la mejora de los niveles de fuerza muscular (con incrementos en el tamaño muscular y en los factores nerviosos) o de la velocidad de ejecución (incrementos en la longitud del fascículo y mejoras en la efectividad del ciclo de estiramiento acortamiento) (14,42,93). Con el objetivo de mejorar los niveles de potencia muscular en los adultos mayores se han realizado entrenamientos contra resistencias previamente, en los cuales se han movilizado las cargas similares a las del descritas para el entrenamiento con resistencias tradicional, tomando como referencia el 1RM (14); utilizando cargas ligeras entre el 20 y el 40% del 1RM para la mejora de la velocidad, o cargas de entre el 50 y el 80% del 1RM para mejorar la fuerza (46,47,71,76,80). Como consecuencia, surgen dos cuestiones:



- Por un lado, el uso de cargas tan heterogéneas y la ejecución a velocidades voluntariamente lentas realizadas en diferentes intervenciones tiene como consecuencia que los niveles de potencia alcanzados y el trabajo mecánico acumulado durante la sesión sean considerablemente diferentes entre los protocolos previamente utilizados (14,46,47,93,94). Por lo tanto, los efectos de las intervenciones previas que emplean EPM sobre el rendimiento muscular, la funcionalidad (17,95,96) y la composición corporal de los adultos mayores (20) no están realmente claros
- Por otro lado, la selección de cargas de trabajo calculadas en base a la fuerza máxima isotónica (ej., %1RM), en vez de en relación con el pico de potencia (ej., %PP y/o % de la carga óptima), implica que las primeras cargas, pueden representar un abanico muy amplio de dosis de entrenamiento en los sujetos en relación a la variable independiente del EPM, la potencia (97).

La relación inversa entre la fuerza muscular y la velocidad de acortamiento se describió inicialmente mediante funciones ascendentes cóncavas, no lineales, como ecuaciones exponenciales o hiperbólicas (98,99). Sin embargo, cuando se consideran los ejercicios multiarticulares, la relación FV se ha ajustado típicamente mediante modelos de regresión lineal (32-34). La linealidad de FV se ha explicado por la integración compleja de las propiedades mecánicas y morfológicas musculares, los mecanismos neuronales y factores mecánicos como la dinámica segmentaria (34,35). El FV lineal se expresa mediante  $F(V) = F_0 - SV$ , donde  $F_0$  corresponde a la intersección del eje de fuerza (es decir, la fuerza máxima teórica a velocidad nula) y  $S$  es la pendiente de la regresión lineal. Además, de esta ecuación se obtiene el valor máximo teórico de  $V$  ( $V_0$ ) cuando la fuerza es igual a cero (es decir, la intersección con el eje de velocidad). Esta relación FV inversa descrita implica una relación parabólica entre la potencia y la velocidad y, por lo tanto, la existencia de un valor pico de potencia obtenido con una carga denominada óptima, asociado con una velocidad óptima, que a su vez se asocia con un valor de fuerza óptima en la relación fuerza-velocidad. En este perfil parabólico de la relación potencia-

velocidad se pueden registrar puntos isopotenciales, es decir, niveles de potencia equiparados que pueden obtenerse movilizand o diferentes cargas (i.e. diferentes fuerzas), a diferentes velocidades de ejecución (32,43,44) (Figura 2).



**Figura 2.** Representación gráfica de la relación fuerza velocidad en los movimientos multiarticulares y la existencia de valores isopotenciales diferenciados en la intensidad de la carga. Adaptado de Jaric, S. (32). Abreviaturas:  $F_0$ : mayor valor teórico de la fuerza.  $V_0$ : mayor valor teórico de la velocidad. PP: pico de potencia.  $F_{opt}$ : fuerza óptima.  $V_{opt}$ : velocidad óptima. Línea discontinua azul: representación parabólica de la potencia.  $P_1$ : valor isopotencial ejecutado a una velocidad menor  $V_1$  con una fuerza mayor  $F_1$ .  $P_2$ : valor isopotencial efectuado a una velocidad mayor  $V_2$  con una fuerza menor  $F_2$ . Línea gris discontinua entre  $P_1$  y  $P_2$ : valores de potencia isopotenciales.

Teniendo en cuenta la importancia de la preservación de la potencia para el mantenimiento de la funcionalidad y, a su vez, la importancia de la velocidad óptima nos cuestionamos cuál fue la influencia que tienen la carga y la velocidad del movimiento en las adaptaciones musculares de las personas mayores. Hasta donde alcanza nuestro conocimiento, no hay trabajos en la literatura científica que hayan estudiado el efecto de la carga y la velocidad sobre el rendimiento muscular y la funcionalidad cuando los protocolos de entrenamiento están igualados por la potencia prescrita.

## 2.5. Resumen de la revisión bibliográfica y planteamiento del problema

El envejecimiento se caracteriza por la suma de cambios dependientes del tiempo, ocurridos durante la vida del individuo, que son comunes a todos los miembros de una misma especie (54) y los cuales acumulados en el tiempo, son responsables del aumento de la probabilidad de enfermedad y muerte (56). Estos cambios debidos al envejecimiento desembocan en un proceso de deterioro (3,58) , con modificaciones a nivel estructural y a nivel nervioso en el sistema muscular (59,67) que derivan en una pérdida de rendimiento muscular, principalmente en la capacidad de generar altos niveles de potencia (3,7), una alteración de los hábitos de actividad física hacia estilos de vida más sedentarios (2) favoreciendo la aparición de la fragilidad, la pérdida de independencia y la aparición de la discapacidad (3,15).

Dentro de lo factores externos que pueden ayudar a revertir el deterioro producido por el envejecimiento, el ejercicio físico multicomponente ha demostrado ser efectivo para mejorar la capacidad funcional y prevenir la discapacidad en adultos mayores (6,7). Dentro de los diferentes componentes del ejercicio físico recomendado, se encuentra el entrenamiento contra resistencias encaminado a mejorar el rendimiento muscular y la funcionalidad (15,86,87). Entre las modalidades de este tipo de entrenamiento, el de la potencia muscular ha demostrado un mayor efecto sobre la mejora de la capacidad funcional de los adultos mayores comparado con el entrenamiento encaminado a mejorar la fuerza máxima (14,17,30,93,100). Debido a que la potencia es el producto de la fuerza por la velocidad, los efectos del entrenamiento de la fuerza y la velocidad sobre la funcionalidad de los adultos mayores ha sido recientemente estudiada (14,28,31). En estos estudios se ha observado que los niveles de potencia muscular se incrementan a través de la mejora de los niveles de fuerza muscular o de la velocidad de ejecución (14,42), empleando para ello cargas de muy diferentes magnitudes (46,71,80). En las intervenciones previas se han empleado cargas similares a las descritas en el entrenamiento de

fuerza tradicional, seleccionadas en base a la fuerza máxima (14); utilizando cargas altas con el objetivo de mejorar la fuerza o cargas ligeras de cara a mejorar la velocidad (46, 47, 64, 69, 73). El uso de cargas muy heterogéneas y el empleo de velocidades de ejecución muy diferenciadas, incluso en ocasiones solicitando a los participantes la reducción de la velocidad de la repetición de forma voluntaria indujo a que los niveles de potencia y el trabajo mecánico fuesen muy diferenciados (14,46,93,94). Por otro lado, el uso de la selección de cargas en base a la fuerza máxima, en lugar de su selección en base a la carga óptima (carga movilizada con la que se obtiene el PP), puede representar dosis muy diversas de entrenamiento en relación a la variable independiente del EPM, la potencia (97).

Cuando se analizan los movimientos poliarticulares se observa, una relación parabólica entre la potencia y la velocidad, que determina la existencia de niveles de potencia equiparados, pero que se obtienen movilizando cargas diferenciadas, desarrollando niveles de fuerza y ejecutándose a velocidades diferentes (32,43,44). Debido a que la preservación de la potencia y la velocidad de ejecución, cobran suma importancia en el mantenimiento del rendimiento muscular y la funcionalidad de los adultos mayores, la influencia de la carga y la velocidad de ejecución sobre las adaptaciones musculares de las personas mayores deben ser estudiadas.

Por todo lo citado anteriormente, el objetivo de esta tesis doctoral fue comparar los efectos de dos programas de entrenamiento de la potencia muscular, con potencias equiparadas, pero movilizando cargas diferentes y por la tanto a velocidades diferentes, que hayan sido calculadas de manera individual en base al pico de potencia (%PP), y comparar los cambios en la funcionalidad, el rendimiento muscular y la composición corporal de un grupo de adultos mayores con los cambios en un grupo que mantenían sus hábitos de entrenamiento multicomponente no supervisado.

3. Estudio: “Efectos de dos programas de entrenamiento de potencia isopotenciales, diferenciados según la velocidad de ejecución y la intensidad de la carga sobre la condición física relacionada con la salud de las personas mayores”.
-

## 3.1. Hipótesis y objetivos

### Hipótesis generales

- El entrenamiento con altos niveles de producción de potencia, añadido al entrenamiento multicomponente habitual, pero diferenciados en la carga empleada y, por lo tanto, en la velocidad de ejecución, produce efectos positivos sobre el rendimiento muscular y la funcionalidad de las personas mayores activas.
- El entrenamiento de la potencia muscular, realizado con cargas próximas a la carga óptima (carga con la que se obtiene la potencia pico) y realizado con niveles de potencia equiparados, pero diferenciados en la carga, producen efectos diferenciados sobre el rendimiento muscular y la funcionalidad de las personas mayores activas.

### Hipótesis específicas

- El entrenamiento con alta producción de potencia realizado con potencias equiparadas pero diferenciado en la intensidad de la carga (y por lo tanto en la velocidad de ejecución), provocará mayores incrementos en la máxima fuerza isocinética voluntaria cuando se emplean cargas más altas (ejecutadas a menor velocidad), con respecto a la utilización de cargas más bajas (ejecutadas a mayor velocidad).
- El entrenamiento con alta producción de potencia (ejecutado a la máxima velocidad voluntaria en la fase concéntrica) realizado con potencias equiparadas pero diferenciado en la intensidad de la carga (y por lo tanto en la velocidad de ejecución), provocará efectos similares sobre el pico de potencia independientemente de la utilización de cargas altas (y velocidades de ejecución más bajas) o cargas bajas (y velocidades de ejecución más altas).

- El entrenamiento con alta producción de potencia realizado con potencias equiparadas pero diferenciado en la intensidad de la carga (y por lo tanto en la velocidad de ejecución), favorecerá el incremento de los niveles de potencia en el espectro de cargas más ligeras del perfil carga-potencia cuando se entrena con intensidades de carga más bajas (y por lo tanto a mayor velocidad de ejecución), mientras que la ejecución del entrenamiento con cargas más altas favorecerá el incremento de los valores de potencia en el espectro de cargas más altas del perfil carga potencia de los adultos mayores activos.
- El entrenamiento de la potencia muscular realizado con cargas próximas a la carga óptima y con niveles de potencia equiparados, pero con mayor carga (y por lo tanto menor velocidad y mayor fuerza) provocará mayores beneficios en aquellas tareas funcionales relacionadas con tareas que requieran altos valores de fuerza (levantarse de una silla, subir escaleras o desplazarse durante un largo periodo de tiempo), mientras que el entrenamiento con cargas más ligeras provocará mayores incrementos en las tareas relacionadas con la alta velocidad (equilibrio, cambios de dirección).
- El entrenamiento de la potencia muscular, realizado con cargas próximas a la carga óptima, con niveles de potencia y trabajo mecánico equiparados, pero diferenciados en la intensidad de la carga (y por lo tanto en la velocidad de ejecución), provocará efectos similares sobre la composición corporal de los adultos mayores activos.

## 3.2. Objetivos

### Objetivos Generales

- Comprobar la eficacia dos programas de entrenamiento con altos niveles de producción de potencia con potencias equiparadas (isopotenciales) pero diferenciados en cuanto a la intensidad de la carga (y por lo tanto en la velocidad), cuando se realiza de manera

adicional al entrenamiento multicomponente no supervisado habitual de los adultos mayores activos, sobre la funcionalidad, el rendimiento muscular y la composición corporal.

- Contrastar el efecto de dos entrenamientos de la potencia muscular, realizados con cargas próximas a la carga óptima (carga con la que se obtiene la potencia pico) y realizados con niveles de potencia equiparados, pero diferenciados en la intensidad de la carga (y por lo tanto en la velocidad de ejecución); sobre el rendimiento muscular, la funcionalidad y la composición corporal de los adultos mayores activos.

### Objetivos específicos

- Comprobar los efectos diferenciados de dos entrenamientos de la potencia muscular empleando niveles de potencia equiparados, pero a diferentes intensidades de carga sobre la máxima fuerza isocinética voluntaria en adultos mayores activos.
- Verificar la efectividad sobre el pico de potencia del entrenamiento con alta producción de potencia realizado con potencias equiparadas y diferenciado en la intensidad de la carga (y por lo tanto en la velocidad) independientemente de la magnitud de carga empleada cuando esta está próxima a la carga óptima.
- Analizar la repercusión de dos protocolos de entrenamiento de la potencia muscular realizados con valores isopotenciales, pero diferenciados en cuanto a la intensidad de la carga (y en la velocidad de ejecución), sobre el perfil carga -potencia de adultos mayores activos.
- Contrastar el resultado de utilizar cargas próximas a la carga óptima sobre la funcionalidad de los adultos mayores activos, tras realizar dos entrenamientos con alta producción de potencia, a valores isopotenciales, pero diferenciados en la intensidad de la carga (y por lo tanto en la velocidad).



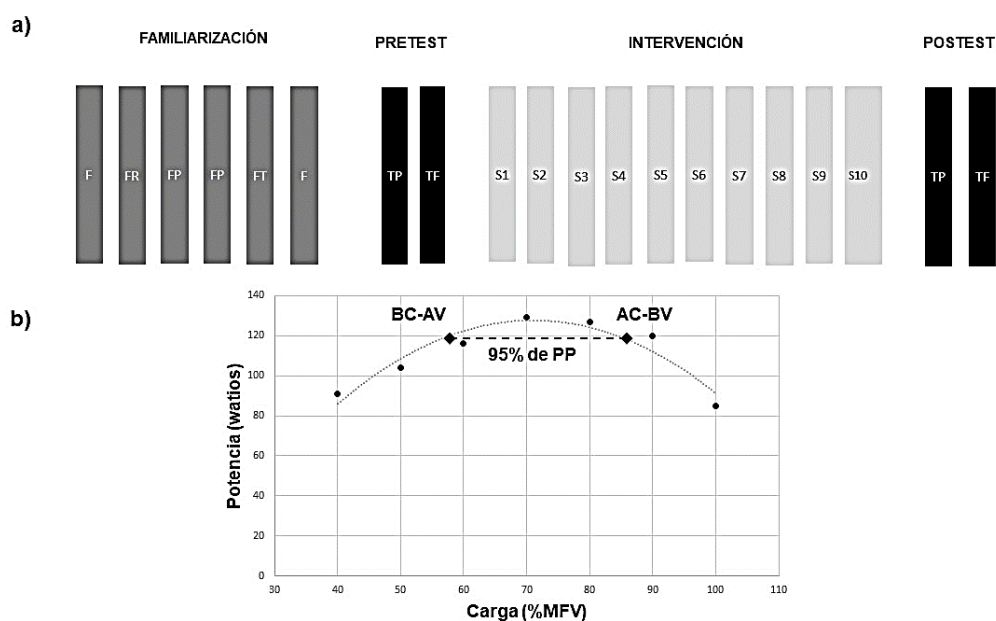
- Valorar las modificaciones en la composición corporal de adultos mayores activos, inducidos por entrenamientos en alta producción de potencia cuando las potencias y el trabajo mecánico están equiparados, a pesar de emplear cargas diferenciadas (y por lo tanto velocidades de ejecución).

## 3.3 Material y métodos

### 3.3.1. Diseño experimental

Con el objetivo de analizar las hipótesis previamente planteadas se diseñó un estudio aleatorizado de dos grupos experimentales, uno que entrenó con alta carga y baja velocidad (AC-BV), otro que entrenó con baja carga y alta velocidad (BC-AV); y un grupo control (CON), con 10 semanas de duración. Todos los participantes realizaron seis sesiones iniciales con el objetivo de familiarizar a los participantes con el equipamiento seleccionado (sesiones 1-6), en la que se realizó una primera sesión de calibración individual de cada equipamiento (sesión 1), así como la realización de la batería de test de la capacidad funcional y del componente muscular (pico de potencia, máxima fuerza isocinética voluntaria y relación carga-potencia) para los ejercicios seleccionados: remo sentado (TS), pres de pecho (ES) y prensa de piernas (PPI) (Figura 3A). Posteriormente se realizó una sesión de valoración del rendimiento muscular (sesión 7) y una sesión de valoración de la capacidad funcional y de la composición corporal (sesión 8). Una vez realizados los pre-test, se distribuyeron de forma aleatoria los participantes en los dos grupos experimentales (AC-BV, BC-AV, y CON). Para ello se consideró el sexo y la fuerza máxima compuesta ( $\Sigma$ MFV) obtenida mediante el sumatorio de los valores de fuerza isocinética máxima voluntaria (MFV) obtenido en los tres ejercicios seleccionados TS, ES y PPI. Los sujetos asignados a los grupos experimentales (AC-BV y BC-AV) realizaron 10 sesiones de entrenamiento de la potencia muscular, con potencias y volúmenes de entrenamiento equiparados, pero diferenciados en la carga empleada, y en consecuencia en la velocidad de ejecución (Figura 3B). Los dos grupos experimentales realizaron el entrenamiento pautado dos veces a la semana con una recuperación entre sesiones de entrenamiento de cuarenta y ocho horas. Al igual que el grupo CON, mantuvieron su práctica habitual de ejercicio multicomponente no supervisado, asistiendo a sus sesiones de Tai-chi, natación y actividades de acondicionamiento aeróbico,

propias de los servicios deportivos de la instalación, durante el periodo de tiempo que duró el experimento. Con el objetivo de mantener la supervisión de la práctica habitual no supervisada de todos los sujetos, se encuadró el periodo del estudio en una época del año en la que la oferta de servicios deportivos de la instalación permanecía estable; además, se controló que el grupo CON no realizase entrenamiento de potencia muscular en el equipamiento del estudio deshabilitando la opción en el software del sistema. Todos los participantes en el estudio realizaron las sesiones de valoración de la capacidad funcional, de MFV, de la relación carga potencia y de la composición corporal, tanto al inicio como al final del experimento (sesiones 7-8 y sesiones 19-20).



**Figura 3.** Representación esquemática del estudio. A) Diseño experimental de las sesiones. B) Metodología para la selección de la carga de entrenamiento.

Abreviaturas:

F: sesión de familiarización. TF: sesión de familiarización de test. FTF: sesión de familiarización con los test de funcionalidad. FR: sesión de familiarización protocolo regular. FP: sesión de familiarización protocolo de potencia. S: sesión de entrenamiento. PP: pico de potencia. BC-AV: carga baja y velocidad alta. AC-BV: alta carga y baja velocidad.

### 3.3.2. Muestra

Se reclutaron sesenta y nueve sujetos a través de anuncios y comunicación oral en el centro deportivo Termaria, situado en el edificio de La Casa del Agua en la ciudad de La Coruña. Veinticinco de estos participantes abandonaron el estudio debido a las restricciones provocadas por la pandemia del COVID-19, por lo que cuarenta y cuatro sujetos completaron el estudio. Todos los participantes eran abonados de la instalación deportiva y usuarios habituales del centro donde realizaban práctica deportiva regular durante al menos los dos años previos al estudio. El estudio fue aprobado por el Comité de Ética de la investigación de Galicia (código 2019/339, ver anexo I) y se realizó conforme a la Declaración de Helsinki sobre la experimentación con seres humanos. La participación en la investigación fue completamente voluntaria. Los participantes expresaron su consentimiento informado (anexo II) y se les indicó que podrían abandonar el estudio en cualquier momento si así lo deseaban. A todos ellos se les indicó que no alterasen sus hábitos nutricionales ni de actividad diaria, incluyendo su práctica deportiva habitual. Adicionalmente, se les instruyó para que no realizasen actividad física intensa en las 48 horas previas a los test o las sesiones de intervención. Los datos descriptivos de la muestra se presentan en la tabla 1.

**Tabla 1.** Descripción de la muestra

Grupo	N	Edad (años)	Masa corporal (kg)	Altura (m)	IMC (kg/m <sup>2</sup> )	ΣMFV (kg)
AC - BV	13 (H:6; M:7)	67,5 ± 4,6	62,9 ± 11,0	1,62 ± 0,09	23,8 ± 3,3	247,4 ± 60,5
BC - AV	15 (H:7; M:8)	66,2 ± 3,5	73,0 ± 1,3	1,65 ± 0,08	26,4 ± 4,1	262,4 ± 105,9
CON	16 (H:8; M:8)	65,5 ± 5,1	69,2 ± 13,8	1,64 ± 0,10	25,3 ± 3,3	297,2 ± 102,6
Total	44 (H:21; M:23)	66,3 ± 4,5	68,6 ± 13,9	1,64 ± 0,09	25,2 ± 3,7	270,6 ± 93,8

Datos representados como media ± SD. IMC: Índice de masa corporal; ΣMFV: sumatorio del test de máxima fuerza isocinética voluntaria en kilogramos en tracción sentado, empuje sentado y prensa de piernas; H: hombre; M: mujer; AC-BC: grupo alta carga y baja velocidad; BC-AV: grupo de baja carga y alta velocidad; CON: grupo control.

### 3.3.3. Procedimientos

#### Descripción de los ejercicios.

Los ejercicios a realizar durante la intervención se llevaron a cabo con dispositivos de entrenamiento con un sistema de frenado isoelectrico por servo-control, Egym (Egym fitness GmbH, Alemania). El sistema Egym se caracteriza por disponer de un software que permite la calibración y memorización de las regulaciones individuales de cada usuario, las cuales se registran en la primera sesión de familiarización. Para la realización del estudio se seleccionaron los dispositivos de entrenamiento de TS, ES y PPI. Durante todas las sesiones de familiarización de entrenamiento de potencia y durante las sesiones de intervención, se instruyó a los participantes que ejecutasen la fase concéntrica lo más rápido posible y la fase excéntrica de forma controlada.

Para el ejercicio de TS se reguló la altura del asiento de tal forma que el centro del soporte de apoyo de pecho coincidiese con el centro del esternón. La posición de inicio del movimiento se calibró con los codos extendidos y la espalda en posición neutra, la posición de final de movimiento se calibró en el punto en el que las manos llegasen a la altura del soporte de pecho. Con el objetivo de aislar al máximo los posibles efectos de los músculos estabilizadores y de estandarizar la posición se solicitó a los participantes que no despegasen el pecho del soporte de apoyo (Figura 4).



**Figura 4.** Posición inicial y final del ejercicio de tracción sentado (TS).

Para la realización del ejercicio ES, se reguló la altura del asiento de forma que los agarres de empuje se sitúan a la altura del centro del pecho. En la posición inicial, se calibró la máquina de forma que las manos se sitúan en línea con el pecho, la posición final del ejercicio se calibró en el punto en el que se realiza la extensión de los codos, manteniendo la espalda en posición neutra y sin separarse del soporte de apoyo dorsal (Figura 5).



**Figura 5.** Posición inicial y final del ejercicio de empuje sentado (ES).

Para ejecutar el ejercicio PPI, se calibró el punto inicial de la máquina a 100° de flexión de la articulación coxofemoral y 90° de flexión de rodillas. EL punto final del movimiento se calibró a 180° de extensión de rodillas, manteniendo la espalda apoyada en el respaldo del asiento en todo momento. (Figura 6).



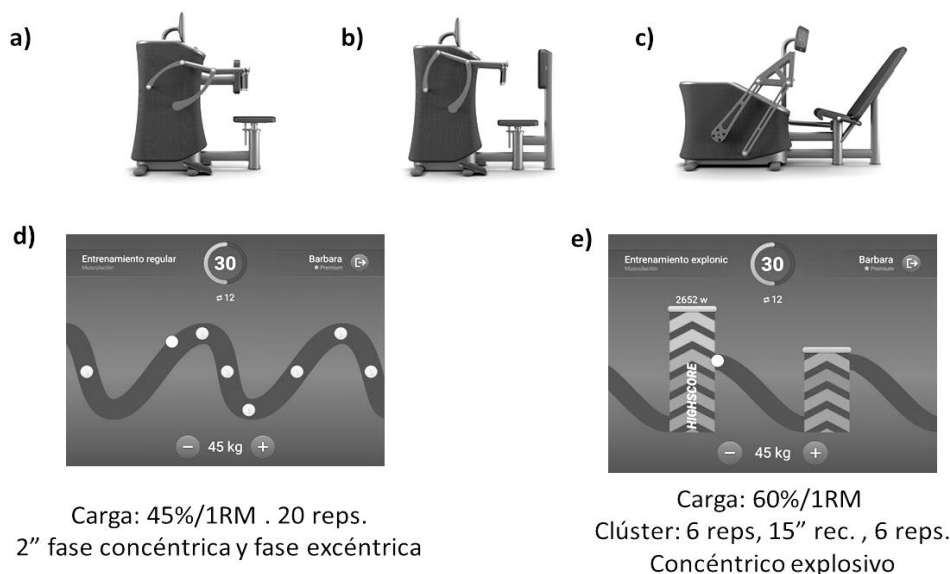
**Figura 6.** Posición inicial y final del Ejercicio de prensa de piernas (PPI).

### Familiarización.

Se llevaron a cabo seis sesiones de familiarización, todas con cuarenta y ocho horas de recuperación entre ellas. Todas las sesiones (familiarización, test y entrenamiento) comenzaron

con un calentamiento estandarizado de 5 minutos pedaleando entre 60 y 80 rpm en un cicloergómetro (Assault fitness, Air Bike Elite, Life Core fitness, USA). En la primera sesión, todos los participantes se familiarizaron con los diferentes ejercicios a realizar, se individualizaron los ajustes de cada máquina para cada sujeto en función de sus características morfológicas para cada ejercicio y posteriormente se ejecutó el primer test de MFV (detallado en el apartado de valoración de la fuerza y la potencia muscular) y dos series de 20 repeticiones con el 45% del MFV para cada uno de los ejercicios seleccionados de un protocolo de entrenamiento con resistencias tradicional (2 segundos de fase concéntrica y 2 segundos de fase excéntrica). En este protocolo de entrenamiento, el sujeto observa en la pantalla una bola que se acciona con las palancas de la máquina, esta bola debe seguir una línea que indica la velocidad y la amplitud de movimiento a realizar (Figura 7d). En la segunda sesión todos los participantes realizaron una sesión de entrenamiento de tres series para cada ejercicio, con la misma carga y configuración de la serie que en la sesión 1. A posteriori, con el objetivo de familiarizarse con el protocolo de entrenamiento EPM (fase concéntrica tan rápido como sea posible y excéntrica controlada), se realizan tres sesiones de familiarización de EPM (Sesiones 3 y 4 y 6) realizando tres series de doce repeticiones tipo clúster (seis más seis) con el 60% del MVF. En este protocolo de entrenamiento, el sujeto observa en la pantalla una columna con una flecha hacia arriba y una barra a modo de techo, en cada repetición debe empujar la bola que representa su movimiento contra el techo de cada columna lo más fuerte y rápido posible (Figura 7e), tras cada repetición se observa el valor en watos. En la sesión 5, todos los participantes realizaron la familiarización de los test a realizar en las sesiones 7 y 8, consistentes en el test incremental para obtener la relación carga-potencia (detallado en el apartado de valoración de la fuerza y de la potencia muscular) y con la batería de test de evaluación de la capacidad funcional (detallada en el apartado de valoración de la capacidad funcional).



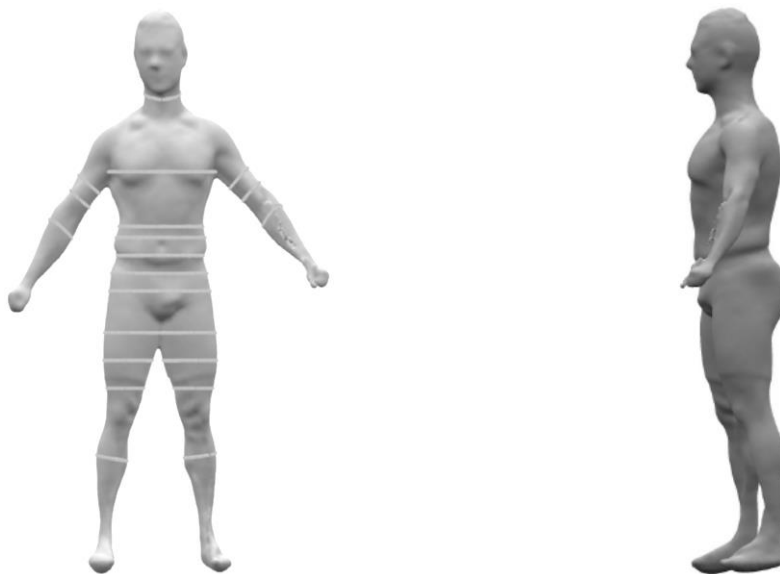


**Figura 7.** Equipamiento empleado para la realización del entrenamiento de potencia muscular y la valoración del rendimiento muscular. a) Tracción sentado. b) Empuje sentado. c) Prensa de piernas. d) Entrenamiento con protocolo tradicional. e) Entrenamiento con protocolo de potencia.

### 3.3.4. Evaluaciones

#### Valoración de la composición corporal.

Se evaluó la composición corporal en las sesiones 8 y 20. Se midió la altura y la masa corporal con un estadiómetro y una báscula (Seca 711, Seca Ltd. Hamburgo, Alemania) respectivamente. Mediante el sistema Styku 3D S100 scanner de cuerpo entero (Styku 3D S100, Styku LLC, Los Ángeles, USA) y configurado en base a las especificaciones técnicas del fabricante, se evaluó el índice cintura-cadera (ICC), el índice de masa corporal (IMC), los perímetros de cintura, cadera, muslo (derecho e izquierdo), bíceps (derecho e izquierdo), la masa magra, la masa grasa y sus porcentajes, así como la masa ósea. El software Styku Phoenix 4.1 (Styku 3D S100, Styku LLC, Los Ángeles, USA) utiliza una tecnología de reconocimiento que automáticamente detecta la superficie corporal para determinar los diferentes perímetros corporales de todo el cuerpo y las diferentes superficies corporales y sus volúmenes (Figura 8). Este dispositivo y el protocolo de valoración utilizado han sido descritos y validados previamente (101,102).



**Figura 8.** Test de evaluación de la composición corporal. Imagen resultante del escaneo de la superficie corporal con los perímetros corporales aportados por el software.

#### Valoración de la fuerza y de la potencia muscular.

Para la evaluación de la máxima capacidad de aplicar fuerza en cada uno de los tres ejercicios seleccionados (TS, ES y PPI), se realizó un test de MFV. Para desarrollar el test de MFV, se empleó un dinamómetro con servo control (Egym fitness GmbH, Alemania) que regula la resistencia y el desplazamiento durante todo el recorrido en cada ejercicio seleccionado. El software del dinamómetro seleccionado dispone de un protocolo de test MFV específico, consistente en un test isocinético voluntario máximo, durante el cual se mide la fuerza durante todo el recorrido previamente individualizado. El dispositivo regula la resistencia a vencer durante la fase concéntrica para que la ejecución se realice en dos segundos, mientras el sujeto ejecuta el movimiento lo más fuerte y rápido posible, desde el punto inicial hasta el punto final. El dispositivo mide el torque aplicado durante todo el rango de recorrido y se obtiene el torque pico, valor que es exportado en kilogramos en la pantalla del dispositivo (Figura 9). En nuestro estudio, se realizaron dos test submáximos para familiarizarse con la ejecución del test y posteriormente se realizó el MFV lo más rápido y fuerte posible durante todo el rango del

movimiento. Tal y como se mencionó previamente, se realizaron dos sesiones de familiarización previas (sesiones 1 y 5) con el objetivo de maximizar la precisión de la valoración, tal y como se ha recomendado previamente en la bibliografía (103).



**Figura 9.** Ejecución del test de máxima fuerza isocinética voluntaria, información aportada por el software y con su posición inicial y final.

Con el objetivo de obtener el PP y el perfil carga potencia, desarrollamos un test de carga incremental empleando el dinamómetro antes descrito. Con al citado propósito, los participantes realizaron cada uno de los tres ejercicios seleccionados con cargas desde el 40 al 100% del MFV, con incrementos de carga del 10%. Para minimizar la fatiga, se realizaron dos repeticiones con cada carga seleccionada, con 30 segundos de pausa entre repeticiones, para las cargas entre el 40 y el 80% del MFV; y solo una repetición con un segundo intento tras una pausa de tres minutos para las cargas correspondientes al 90 y el 100% del MFV (Figura 10). Entre las diferentes cargas se aplicó una pausa de 60 segundos para las cargas ligeras (40%, 50% y 60% de MVF), 120 segundos para las cargas moderadas (70% y 80% de MVF) y 180 segundos para las cargas altas (90% y 100% de MVF). El equipo investigador animó a los participantes a ejecutar cada repetición tan rápido y fuerte como fuese posible durante la fase concéntrica. El orden de realización de los ejercicios fue: TS, PPI y ES. De cada una de las cargas se seleccionó

para su análisis el valor en vatios más alto de cada una de las repeticiones realizadas con cada carga.



**Figura 10.** Representación esquemática del test de perfil carga-potencia. Abreviaturas: %MFV: carga relativa a la máxima fuerza isocinética voluntaria.

Una vez obtenidos los datos de potencia de cada una de las cargas, las relación carga -potencia de cada individuo se modelaron mediante regresión polinómica de segundo grado (i.e., cuadrática). Las medias y rangos de los coeficientes de determinación de dichas regresiones para cada ejercicio fueron los siguientes: 0,91 (0,99 - 0,80) para TS, 0,90 (0,99 - 0,80) para ES y 0,93 (0,99 - 0,80) para PPI. Posteriormente se estimó el PP como el valor de potencia correspondiente al valor de carga para el que la primera derivada de la función cuadrática era nula.

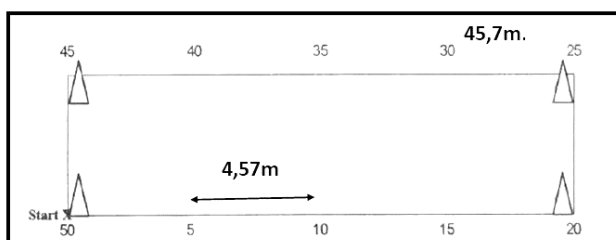
#### Valoración de la capacidad funcional.

Con el objetivo de valorar la capacidad funcional de los participantes se realizó una batería de pruebas entre las que se seleccionaron: Seis minutos en pista caminando (T6MM) para evaluar la resistencia cardiovascular, el equilibrio monopodal con visión, el test de tiempo necesario para levantarse caminar volver a sentarse (TUG) y el test de flexión hacia delante sentado para evaluar la flexibilidad de la cadena posterior. Todas estas pruebas fueron realizadas en el mismo

espacio dentro de la instalación deportiva, en el mismo orden y por el mismo equipo tanto en el pretest como en el postest.

La prueba del T6MM se realizó con el objetivo de estimar la resistencia cardiovascular y determinar la máxima distancia en metros (m) que los participantes pueden recorrer durante seis minutos a lo largo de una pista rectangular de 45,7m (Figura 11A), con marcas cada 4,57m (104). A la voz de “ya”, los participantes comenzaron a caminar lo más rápido posible, sin correr, alrededor de la pista intentando dar el mayor número de vueltas posibles en seis minutos. Al finalizar, se registraron el total de metros recorridos en 6 minutos hasta la marca más cercana superada de 4,57 m.

A)



B)



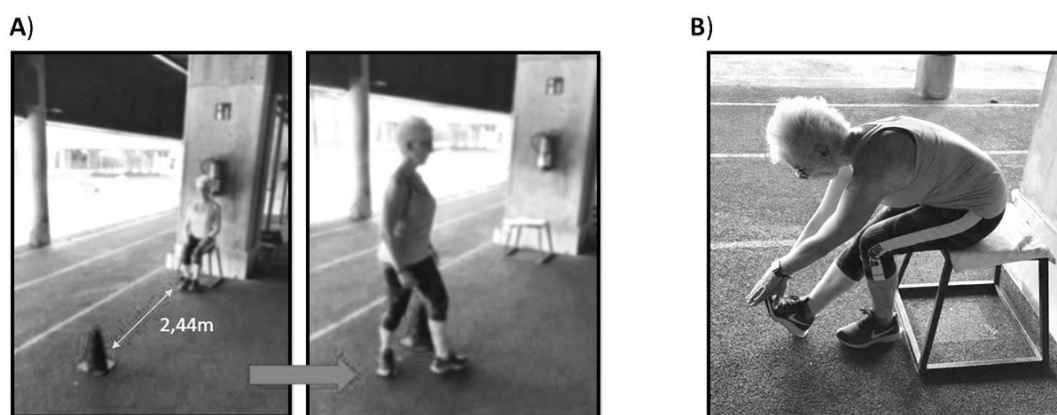
**Figura 11.** A) Representación de la pista empleada en el test de marcha de 6 minutos. Rikli & Jones,(105). B) Posición para la ejecución del test de equilibrio sobre una pierna.

Para la realización del el equilibrio monopodal con visión, se empleó el protocolo descrito previamente por Ávila Funes en 2006 (106), ya que se caracteriza por tener una buena facilidad de aplicación y poca necesidad de espacio (107,108). La prueba consiste en que los participantes deben intentar mantenerse sobre apoyo unipodal el mayor tiempo posible con los ojos abiertos. En primer lugar, se solicita al participante que coloque las manos en la cintura y que las mantengan durante el test. Posteriormente, se solicita que intenten elevar uno de sus pies del

suelo, cerca del tobillo de la extremidad que está apoyada sin tocarla (Figura 11B). Se registra el tiempo empleado desde que se separa el pie del suelo hasta que se vuelve a apoyar, se separan las manos de la cintura o se mantiene la postura durante sesenta segundos.

El test TUG, valora el equilibrio dinámico representado por el tiempo empleado para levantarse de una silla, caminar 2,44m, girar para cambiar de sentido y volver a sentarse (105). El participante permaneció sentado en una silla sin apoyabrazos y a la voz de “ya”, se levantó, caminó lo más rápido posible sin llegar a correr hasta un cono situado a 2,44m, giró para cambiar de sentido y se volvió a sentar. A cada sujeto, se les indicó de forma previa, que caminasen lo más rápido posible sin llegar a correr. Se registró el mejor tiempo de dos intentos desde la voz de “ya”, hasta que el sujeto se sienta en la silla, en segundos y centésimas, mediante cronometraje manual (Figura 12A).

El test de flexión hacia delante sentado, es una adaptación del test de sit-and-reach en el suelo, la cual está incluida en la batería Senior fitness test (105). El sujeto se sentó en el borde de una silla con una de sus piernas extendidas al frente, con el tobillo en dorsiflexión y el talón apoyado en el suelo, se realizó una flexión de columna y cadera intentando llegar lo más lejos posible con los dedos de las dos manos juntos (Figura 12B). Se registró la distancia necesaria para alcanzar la punta del pie (en valor negativo) o la distancia alcanzada más allá de la punta del pie (en positivo) en centímetros (cm).



**Figura 12.** A) Realización de la prueba de levantarse, caminar y volver a sentarse (TUG). B) Realización del test de flexibilidad sentado.

### 3.3.5. Intervención

Una vez realizadas las evaluaciones de los diferentes componentes analizados, se realizó la aleatorización previamente descrita (apartado sobre el Diseño experimental). En esta fase de intervención sólo los dos grupos experimentales AC-BV y BC-AV, realizaron dos sesiones supervisadas de EPM a la semana durante cinco semanas (diez sesiones en total) separadas cuarenta y ocho horas entre sí. Las resistencias empleadas por cada grupo y para cada ejercicio (TS, ES y PPI) fueron equiparadas en los niveles de potencia y en el volumen de entrenamiento, pero diferenciadas en cuanto a la intensidad de la carga empleada (individualizadas para cada sujeto) y por lo tanto en la velocidad de ejecución. Para cada grupo de entrenamiento se seleccionaron cargas asociadas al 95% del PP (Figura 3b). EL grupo BC-AV entrenó con la menor carga asociada al 95% del PP (carga relativa movilizada al 95% del PP a la izquierda del PP en el perfil carga-velocidad), mientras que el grupo AC-BV entrenó con la mayor carga asociada al 95% del PP (carga relativa movilizada al 95% del PP a la derecha del PP en el perfil carga - velocidad). Como se ha descrito previamente, el volumen y las recuperaciones fueron equiparadas y distribuidas en 3 series. Para la selección de las repeticiones a ejecutar se empleó la siguiente ecuación:



$$\text{Repeticiones por serie} = 8 \times (0,7 \times \text{MFV}) / \% \text{MFV}$$

En la cual, “8” y “0,7 x MFV” (ej. 70% del MFV) representan un habitual y factible número de repeticiones y carga relativa, respectivamente, que se ha utilizado previamente en el entrenamiento con resistencias con adultos mayores (47). Por otro lado, “%MFV” en la fórmula, se refiere al porcentaje de carga asociada al 95% del PP (menor o mayor que el PP para AC-BV y BC-AV respectivamente) representada como carga relativa del MFV. Por ejemplo, si el %MFV fuese 60 en la carga asociada con el 95% del PP, sería el 60% del MFV de ese sujeto. Durante la ejecución del programa de entrenamiento, el equipo investigador supervisó que todas las repeticiones se ejecutasen lo más rápido y fuerte posible en la fase concéntrica, con una fase excéntrica controlada. A mayores, se solicitó a todos los participantes que mantuviesen sus estilos de vida habituales durante las cinco semanas de intervención y que continuasen con su entrenamiento multicomponente no supervisado regular, al igual que el grupo CON.

### 3.3.6. Análisis estadístico

Los diferentes análisis estadísticos se realizaron empleando el software SPSS 24.0 (IBM, Armonk, NY, USA), Comprehensive Meta-Analysis V.2 (Biostat, Englewood, NY, USA) para el cálculo de los tamaños del efecto mediante la G de Hedge (200) y GraphPad Prism v.9 (GraphPad Software, San Diego, CA, USA). Los valores descriptivos se presentan como media  $\pm$  desviación típica (SD, por sus siglas en inglés). Para comprobar la distribución normal de las variables se llevó a cabo la prueba de Shapiro-Wilk, y la prueba de Levene para comprobar la homogeneidad de la varianza.

Previamente al análisis de los efectos del entrenamiento se realizó la comprobación de la equiparación de los valores medios de potencia y del volumen de entrenamiento entre los dos grupos experimentales durante la intervención. Para el contraste a lo largo de las sesiones de la potencia desarrollada, se realizó un análisis de la varianza (ANOVA) de dos vías con un factor inter-sujeto (grupo) y un factor de medidas repetidas (sesión). El volumen total de



entrenamiento (kg) entre grupos experimentales fue contrastado mediante prueba t de muestras independientes.

Los diferentes efectos del entrenamiento sobre las variables descritas fueron analizados mediante ANOVA de dos vías: un factor de medidas repetidas (factor tiempo) y un factor inter sujetos (grupo). Para el análisis de los efectos del entrenamiento sobre el perfil carga-potencia se realizó un ANOVA de tres vías, con el análisis de medidas repetidas de dos factores (tiempo y carga) y un factor inter sujetos (grupo). Cuando se detectó una interacción significativa, se realizaron análisis *post-hoc* empleando pruebas t con ajuste de Bonferroni. El nivel de significación se estableció en  $P \leq 0,05$ . El tamaño del efecto para cada factor del ANOVA se reporta utilizando la eta cuadrados parciales ( $\eta_p^2$ ). Para las comparaciones por pares se utilizó la G de Hedge (G) y su intervalo de confianza del 95% (CI). Tanto la  $\eta_p^2$  como la G se reportan cuando se detectan un efecto significativo en la comparación *post-hoc*. Los límites mínimos para considerar el efecto pequeño, medio y grande fueron 0,0099; 0,0588 y 0,1379 para  $\eta_p^2$  (109) y 0,2; 0,5 y 0,8 en el caso de la G de Hedge.

Se realizó un análisis *post-hoc* de potencia estadística mediante el software G Power (versión 3.1.9.2). Así, para una muestra de 44 sujetos, la potencia estadística ( $1-\beta$ ) para la un ANOVA de tres grupos y dos medidas (pre y post test), una correlación entre las dos medidas repetidas de 0.5 y para un tamaño del efecto medio ( $f = 0,25$ ) es de 0,82 (82%). Adicionalmente, se calculó la sensibilidad del ANOVA para detectar las interacciones entre grupos para un nivel alfa de 0.05, una potencia de 0.90, una muestra total de 44 sujetos y una correlación entre las medidas repetidas de 0.5, obteniendo que el test era sensible (es decir, tenía una potencia estadística del 90%) para detectar un tamaño del efecto medio ( $f = 0,28$ ).

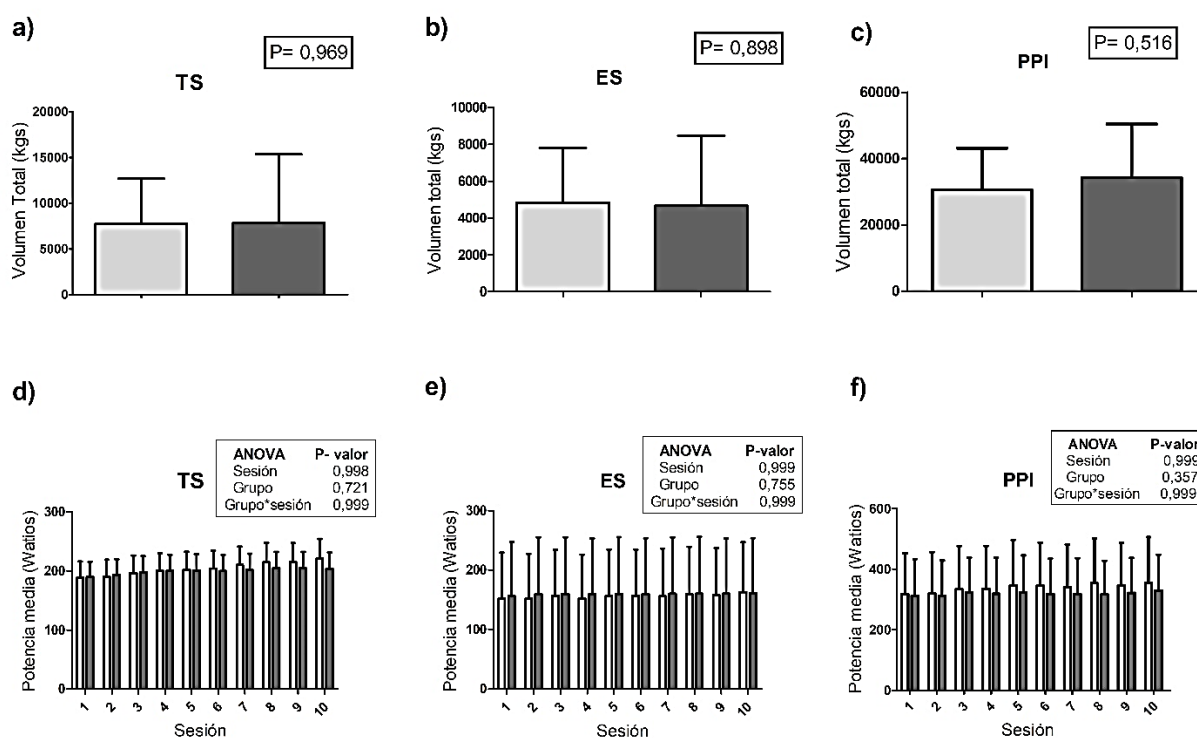
Estudio: *Material y métodos.*

## 3.4. Resultados

---

### 3.4.1. Verificación de la equiparación del volumen y los niveles de potencia de entrenamiento.

No existieron diferencias entre los grupos experimentales (AC-BV y BC-AV) en la potencia media de entrenamiento por sesión (vatios) ni en el volumen total (kg) a lo largo de las diez sesiones del programa de entrenamiento realizado (Figura 13). Las cargas relativas (%MFV) empleadas y el número de repeticiones ejecutadas durante el programa de entrenamiento para cada grupo y cada ejercicio, se presentan en la tabla 2 con los valores representados a través de la media  $\pm$  SD.



**Figura 13.** Comparación de volumen de entrenamiento y potencia media entre grupos durante la intervención. Volumen total (kg) para TS (a), ES (b) y PPI (c). Media de potencia por grupo y por sesión para TS (d), ES (e) y PPI (f). Datos representados como media  $\pm$  SD.

Abreviaturas:

AC-BV: grupo de alta carga y baja velocidad en gris claro. BC-AV: grupo de baja carga y alta velocidad en gris oscuro.

TS: tracción sentado. ES: empuje sentado. PPI: prensa de piernas.

**Tabla 2.** Cargas relativas empleadas en las cinco semanas de entrenamiento isotérmicas y repeticiones empleadas por grupo.

Carga	AC - BV	BC - AV	Repeticiones	AC - BV	BC - AV
TS (%MFV)	84,2 ± 15,2	75,4 ± 22,8	TS	4,22 ± 1,68	5,09 ± 3,12
ES (%MFV)	73,4 ± 8,33	61,3 ± 9,86	ES	3,94 ± 1,41	4,66 ± 2,38
PPI (%MFV)	83,8 ± 11,7	68,8 ± 27,5	PPI	9,00 ± 2,52	12,2 ± 5,62

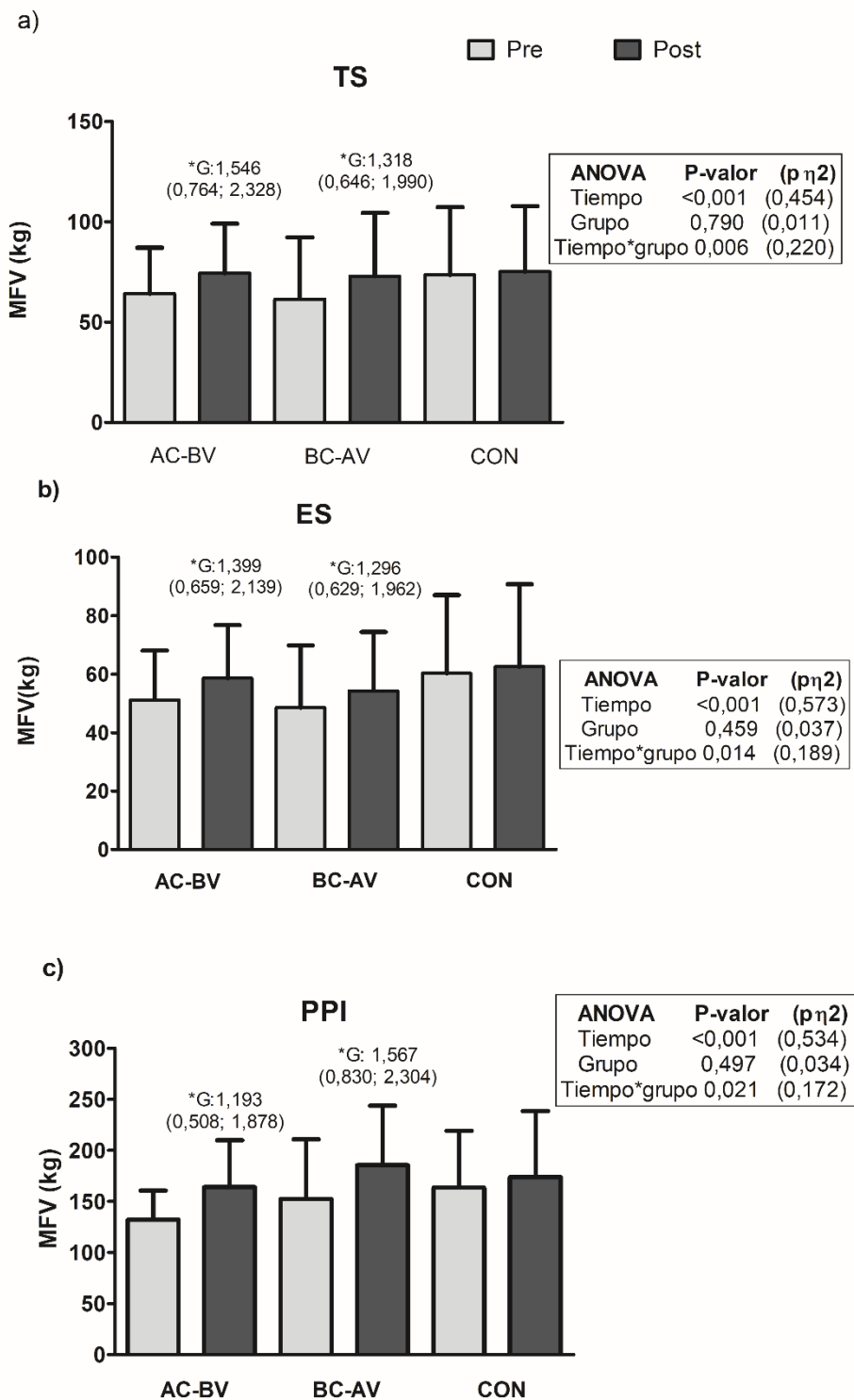
Datos presentados como media ± SD. AC-BV: carga alta y velocidad baja. BC-AV: carga baja y velocidad alta. TS: tracción sentado. ES: empuje sentado. PPI: prensa de piernas.

### 3.4.2. Valoración del rendimiento muscular

Cambios detectados tras el programa de entrenamiento sobre la máxima fuerza isocinética voluntaria.

Los datos de la valoración de MFV pre y post intervención se presentan en la figura 14. Se detectó un efecto principal del tiempo para los tres ejercicios (TS (P < 0,001), ES (P < 0,001) y PPI (P < 0,001)), no se detectó efecto del grupo en ninguno de los tres ejercicios (TS (P = 0,790), ES (P = 0,459) y PPI (P = 0,497)), observándose interacción tiempo x grupo para los tres ejercicios ejecutados (TS, P = 0,006; ES, P = 0,014; y PPI, P = 0,021).

Tras el análisis *post-hoc* se observaron incrementos significativos para el grupo AC-BV en los tres ejercicios, (TS, P < 0,001; ES, P < 0,001; y PPI, P < 0,001); al igual que el grupo BC-AV (TS, P < 0,001; ES, P < 0,001; y PPI, P < 0,001). No se detectaron diferencias entre los valores del pre y del post para el grupo CON en TS (P = 0,476), ES (P = 0,051) y PPI (P = 0,093).



**Figura 14.** Máxima fuerza voluntaria isocinética para remo sentado (a), pres de pecho (b) y prensa de piernas (c); antes (pre) y después (post) de cinco semanas de entrenamiento de la potencia muscular empleando métodos isotopotenciales. Datos presentados como media ± SD.

Abreviaturas:

TS: tracción sentado. ES: empuje sentado. PPI: prensa de piernas.; AC-BV: grupo de alta carga y baja velocidad; BC-AV: grupo de baja carga y alta velocidad; CON: grupo control. G: G de Hedges'. Diferencias significativas intra grupos entre el pre y el post: \* (P ≤ 0,005) y # (P ≤ 0,001).

### Efectos del programa de entrenamiento sobre el pico de potencia.

Los datos sobre el PP relativo (W/kg masa corporal) para TS, ES y PPI se presentan en la tabla 3.

Para el ejercicio TS, se detectó un efecto principal del factor tiempo ( $P = 0,005$ ), y una interacción tiempo x grupo ( $P < 0,001$ ); sin embargo, no se observó efecto del grupo ( $P = 0,426$ ). El PP relativo (W/kg) se incrementó para AC-BV ( $P = 0,006$ ) y BC-AV ( $P < 0,001$ ) pero no para CON ( $P = 0,104$ ).

Para el ejercicio ES, se detectó interacción del factor tiempo x grupo ( $P = 0,050$ ), sin embargo, no se encontró efecto del tiempo ( $P = 0,052$ ), ni efecto grupo ( $P = 0,305$ ). El análisis post-hoc mostró sólo incrementos significativos en AC-BV ( $P = 0,010$ ), a diferencia de BC-AV ( $P = 0,190$ ) y CON ( $P = 0,458$ ).

En el caso de PPI, se detectó efecto principal del factor tiempo en PPI ( $P < 0,001$ ), e interacción tiempo x grupo ( $P < 0,001$ ), pero sin efecto del factor grupo ( $P = 0,268$ ). Los dos grupos experimentales incrementaron de forma significativa sus valores de PP relativo ( $P < 0,001$  y  $P = 0,004$  para AC-BV y BC-AV, respectivamente), pero no hubo incrementos en CON ( $P = 0,650$ ).

**Tabla 3.** PP relativo antes (Pre) y después (Post) de cinco semanas de un programa de entrenamiento de la potencia con potencias equiparadas.

Variable	Grupo	Pre	Post	G (95%CI)	P -valor ( $p_{\eta^2}$ )		
					Grupo	Tiempo	T × G
TS PP ( $W \cdot kg^{-1}$ )	AC-BV	3,04 ± 0,38	3,39 ± 0,39*	0,653 (0,085; 1,220)			
	BC-AV	2,41 ± 0,36	2,82 ± 0,37#	0,989 (0,394; 1,585)	0,426 (0,041)	0,005 (0,176)	<0,001 (0,298)
	CON	3,28 ± 0,35	3,10 ± 0,36	-0,564 (-1,117; -0,056)			
ES PP ( $W \cdot kg^{-1}$ )	AC-BV	2,37 ± 0,31	2,51 ± 0,31*	0,790 (0,197; 1,382)			
	BC-AV	1,98 ± 0,29	2,05 ± 0,28	0,386 (-0,112; 0,884)	0,305 (0,056)	0,052 (0,089)	0,050 (0,136)
	CON	2,64 ± 0,28	2,61 ± 0,27	-0,145 (-0,613; 0,322)			
PPI PP ( $W \cdot kg^{-1}$ )	AC-BV	4,53 ± 0,34	5,57 ± 0,41#	0,983 (0,349; 1,617)			
	BC-AV	4,12 ± 0,32	4,62 ± 0,38*	0,933 (0,350; 1,517)	0,268 (0,062)	<0,001 (0,428)	0,001 (0,285)
	CON	5,03 ± 0,31	5,11 ± 0,37	0,197 (-0,273; 0,667)			

Datos presentados como media ± SD. Tamaño del efecto Pre - Post presentado como G de Hedges' y su 95% IC. TS PP: pico de potencia tracción sentado; ES PP: pico de potencia empuje sentado; PPI PP: pico de potencia prensa de piernas. AC-BC: grupo alta carga y baja velocidad (n= 13); BC-AV: grupo de baja carga y alta velocidad (n=15); CON: grupo control (n=16). Diferencias significativas intra grupos Pre - Post: \*(P < 0,05) y #(P<0,001).

Los cambios observados en la intensidad de la carga movilizada (%MFV) con la que se alcanza el pico de potencia aparecen representados en la tabla 4.

Para el ejercicio TS, se detectó efecto principal del factor tiempo (P = 0,002), pero no interacción tiempo x grupo (P = 0,887) ni efecto del factor grupo (P = 0,234). Sólo se detectó efecto principal del tiempo (P < 0,001) en ES, sin interacción tiempo x grupo (P = 0,780) ni efecto del factor grupo (P = 0,310). Para PPI se observó tanto efecto principal del factor tiempo



Resultados

(P = 0,049), como interacción tiempo x grupo (P = 0,031), no así efecto del factor grupo (P = 0,843). El análisis post hoc para el ejercicio PPI mostró un descenso significativo del %MVF con el que se alcanzó el PP en el grupo BC-AV (P = 0,002), sin embargo, no se observaron cambios significativos en los grupos AC-BV (P = 0,413) y CON (P = 0,567).

**Tabla 4.** Carga con que se alcanza el pico de potencia antes (Pre) y después (Post) de cinco semanas de un programa de entrenamiento de la potencia con potencias equiparadas.

Variable	Grupo	Pre	Post	G de Hedges' (95%CI)	P -valor ( $p_n^2$ )		
					Grupo	Tiempo	T x G
TS PP (%MVF)	AC-BV	77,8 ± 5,73	69,6 ± 3,77	-0,715 (-1,293; -0,137)	0,234 (0,068)	0,002 (0,215)	0,887 (0,006)
	BC-AV	86,4 ± 5,34	78,2 ± 3,51	-0,360 (-0,855; 0,136)			
	CON	79,8 ± 5,17	68,8 ± 3,40	-0,551 (-1,054; -0,048)			
ES PP (%MVF)	AC-BV	64,5 ± 2,64	56,3 ± 2,79	-0,731 (-1,276; -0,186)	0,301 (0,057)	<0,001 (0,264)	0,780 (0,012)
	BC-AV	67,7 ± 2,46	62,5 ± 2,60	-0,529 (-1,077; 0,019)			
	CON	65,6 ± 2,38	58,9 ± 2,51	-0,514 (-1,012; -0,016)			
PPI PP (%MVF)	AC-BV	73,6 ± 5,95	67,0 ± 9,70	-0,187 (-0,701; 0,327)	0,843 (0,008)	0,049 (0,091)	0,031 (0,155)
	BC-AV	76,8 ± 5,53	52,8 ± 9,03*	-1,125 (-1,750; -0,500)			
	CON	64,8 ± 5,36	67,0 ± 8,75	0,124 (-0,343; 0,591)			

Datos presentados como media ± SD. Tamaño del efecto Pre - Post presentado como G de Hedges' y su 95% CI. TS PP: pico de potencia tracción sentado; ES PP: pico de potencia empuje sentado; PPI PP: pico de potencia prensa de piernas. AC-BV: grupo alta carga y baja velocidad (n= 13); BC-AV: grupo de baja carga y alta velocidad (n=15); CON: grupo control (n=16). Diferencias significativas intra grupos Pre - Post: \*(P < 0,05) y #(P<0,001).

### Efectos del programa de entrenamiento sobre la relación carga -potencia

Los resultados del análisis de los efectos del programa de entrenamiento sobre la relación carga–potencia se presentan para TS en la Figura 15, para ES en la Figura 16 y para PPI en la Figura 17.

Después de las cinco semanas de programa de entrenamiento de la potencia muscular se detectó para TS efecto de la carga ( $P < 0,001$ ), interacción tiempo x grupo ( $P < 0,001$ ) e interacción tiempo x carga ( $P = 0,005$ ). Una vez realizado el análisis *post hoc* para la primera interacción (tiempo x grupo), se detectó un incremento global de los niveles de potencia para el conjunto de cargas relativa (%MVF) en BC-AV ( $P = 0,009$ ), pero no para AC-BV ( $P = 0,092$ ), además de un descenso significativo global en CON ( $P = 0,009$ ). En cuanto a la interacción del tiempo x carga, se produjo un incremento de los niveles de potencia par las cargas más ligeras, entre el 40% y el 70% del MVF ( $P < 0,001$ ), sin cambios para las cargas medias 80% ( $P = 0,96$ ) y 90% ( $P = 0,449$ ) del MVF, pero con un descenso en los niveles de potencia para el 100% del MVF ( $P = 0,044$ ).

Tracción sentado

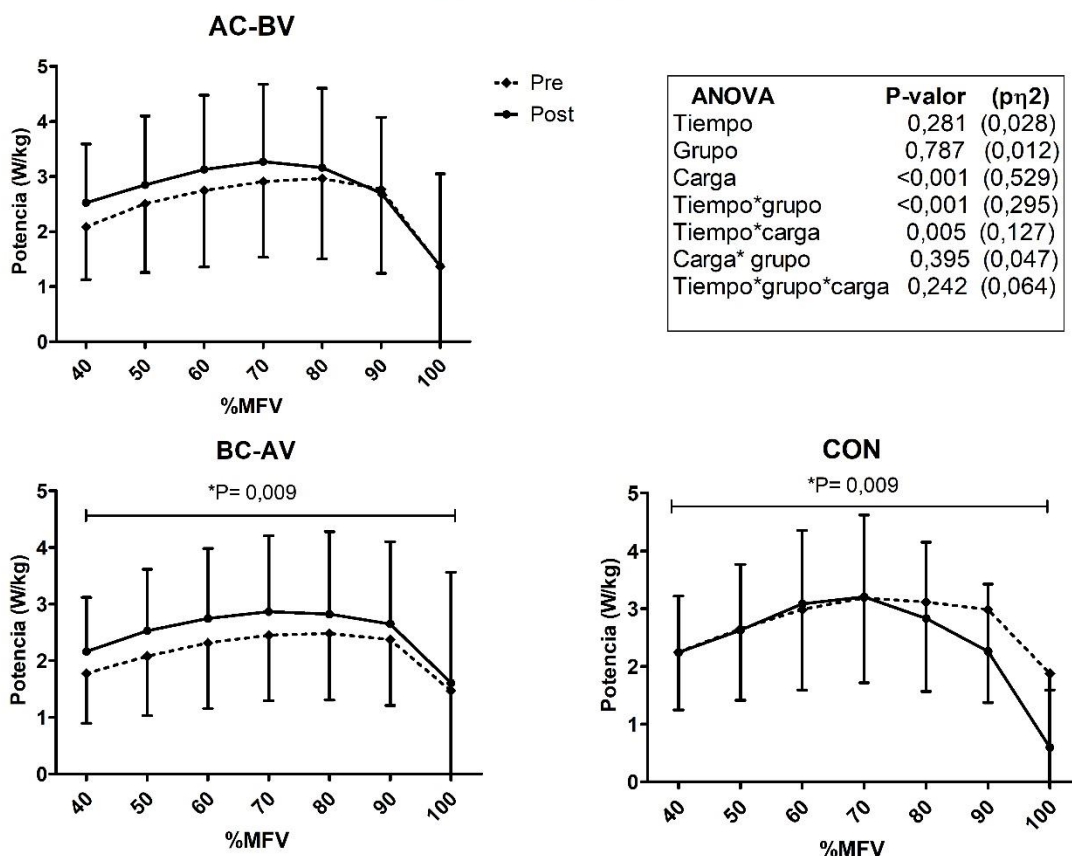


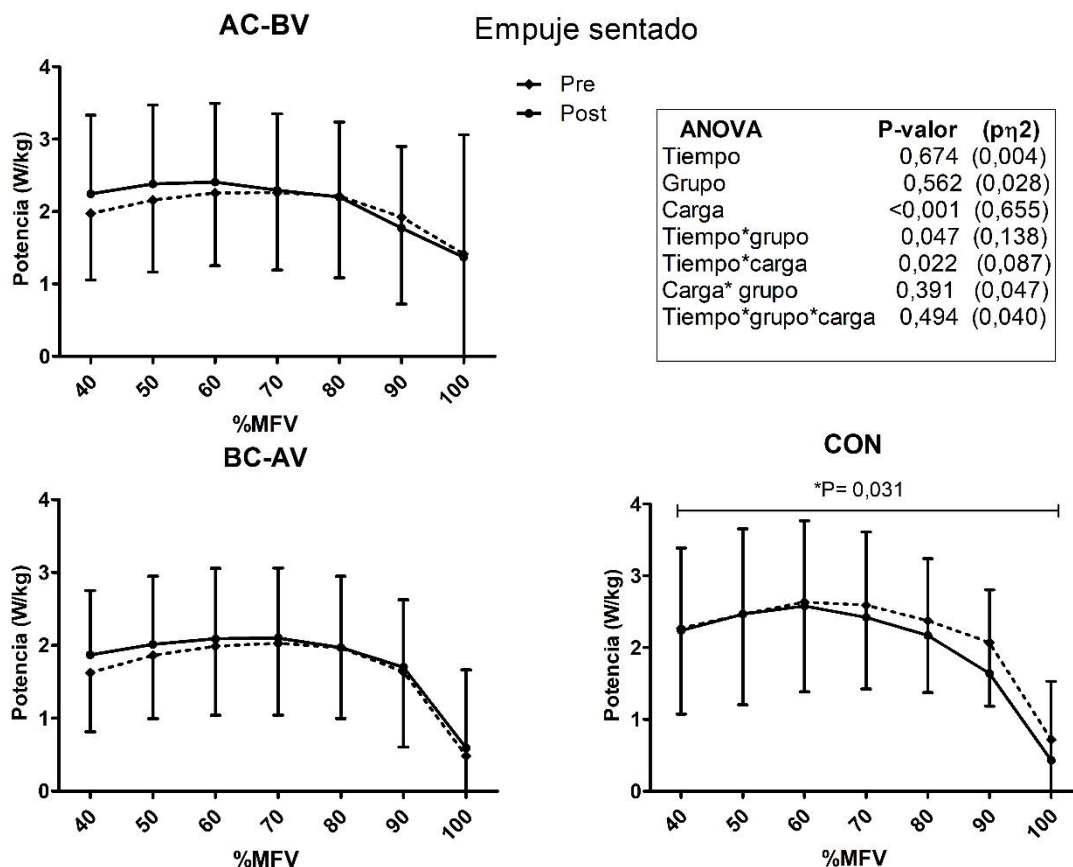
Figura 15. Relación carga potencia para el ejercicio tracción sentado (TS). Datos presentados como media  $\pm$  SD.

Abreviaturas:

AC-BV: Grupo de alta carga y baja velocidad; BC-AV: Grupo de baja carga y alta velocidad; CON: Grupo control. Valores marcados entre líneas con corchetes, indican las diferencias globales entre el pre y el post. Diferencias significativas intra grupos entre el pre y el post: \* (P < 0,005).

Para el ejercicio ES, se detectó efecto de la carga (P < 0,001), interacción tiempo x grupo (P = 0,047) e interacción del tiempo x carga (P = 0,022). Tras los análisis *post hoc*, en cuanto al tiempo x grupo, no se detectaron diferencias en los valores de potencia para la globalidad de cargas (%MFV) en los dos grupos experimentales (HL-LV, P = 0,177; LL-HV, P = 0,970), pero si un descenso significativo en CON (P = 0,031). Cuando se realiza el análisis *post hoc* para la interacción tiempo x carga, se observó un incremento de los niveles de potencia con el 40% y el 50% del MVF (P<0,001), así como una tendencia de aumento para el 60% del MVF (P=0,051), sin

cambios para el resto de las cargas (70% MVF (P= 0,910); 80% MVF (P=0,325); 90% MVF (P=0,113); 100%MVF (P=0,745).

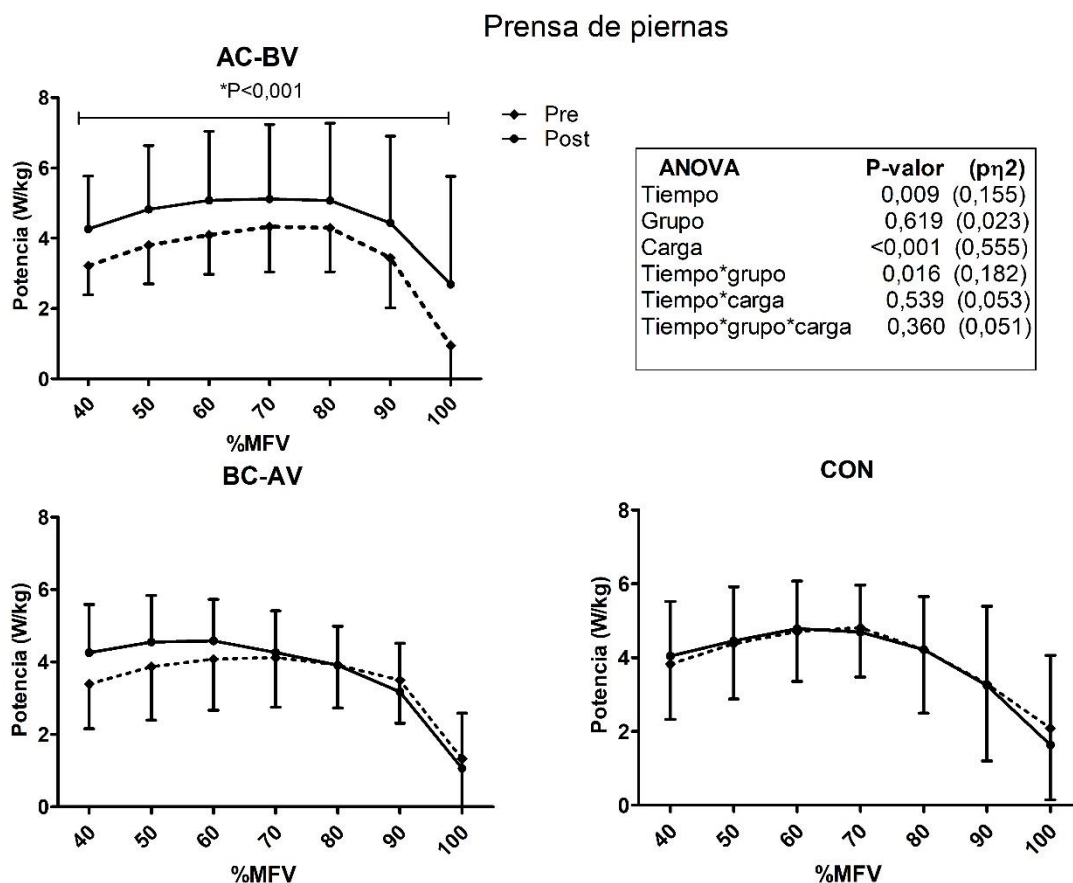


**Figura 16.** Perfil carga potencia para el ejercicio de empuje sentado (ES). Datos presentados como media  $\pm$  SD.

Abreviaturas:

AC-BV: Grupo de alta carga y baja velocidad; BC-AV: Grupo de baja carga y alta velocidad; CON: Grupo control. Valores marcados entre líneas con corchetes, indican las diferencias globales entre el pre y el post. Diferencias significativas intra grupos entre el pre y el post: \* (P < 0,005).

Para el ejercicio PPI, se detectó efecto del tiempo (P = 0,009), efecto de la carga (P < 0,001) e interacción tiempo x grupo (P = 0,016). En el análisis *post hoc* se detectó un incremento significativo global de los valores de potencia para los diferentes %MFV en AC-BV (P < 0,001), sin cambios significativos para BC-AV (P = 0,377) y CON (P = 0,868).



**Figura 17.** Perfil carga potencia para el ejercicio de prensa de piernas (PPI). Datos presentados como media  $\pm$  SD.

Abreviaturas:

AC-BV: Grupo de alta carga y baja velocidad; BC-AV: Grupo de baja carga y alta velocidad; CON: Grupo control. Valores marcados entre líneas con corchetes, indican las diferencias globales entre el pre y el post. Diferencias significativas intra grupos entre el pre y el post: \* ( $P < 0,005$ ).

### 3.4.3. Cambios en la capacidad funcional tras el entrenamiento

Los resultados de la valoración de la capacidad funcional tras las cinco semanas de intervención se presentan en la Tabla 5. Para el T6MM, se detectó efecto del tiempo ( $P = 0,034$ ) e interacción tiempo x grupo ( $P = 0,047$ ), pero sin diferencias entre grupos ( $P = 0,686$ ). Tras el análisis *post hoc*, se observó un incremento de la distancia recorrida únicamente en AC-BV ( $P = 0,009$ ), mientras que no hubo cambios significativos ni en AC-BV ( $P = 0,118$ ) ni en CON ( $P = 0,485$ ). En cuanto al TUG, se detectó efecto del tiempo ( $P = 0,004$ ) e interacción del tiempo x grupo ( $P = 0,001$ ), pero no se observaron diferencias entre grupos ( $P = 0,925$ ). En el análisis *post hoc* se

Resultados

observó una reducción del tiempo necesario para realizar la prueba para AC-BV (P = 0,001) y BC-BV (P = 0,003) pero no así para CON (P = 0,408).

**Tabla 5.** Datos estadísticos de los test de capacidad funcional antes (Pre) y después (Post) de 5 semanas de entrenamiento de la potencia muscular con niveles de potencia equiparados.

Variable	Grupo	Pre	Post	G de Hedge's (95%CI)	P-valor ( $p_{\eta^2}$ )		
					Grupo	Tiempo	T x G
<b>6MM (m)</b>	AC-BV	514,3 ± 89,0	552,6 ± 65,4*	0,691 (0,117; 1,265)			
	BC-AV	538,9 ± 62,5	559,7 ± 64,5	0,392 (-0,107; 0,890)	0,686 (0,018)	0,034 (0,105)	0,047 (0,138)
	CON	558,9 ± 74,4	550,1 ± 69,0	-0,171 (-0,044; 0,543)			
<b>TUG (seg)</b>	AC-BV	4,82 ± 0,83	4,38 ± 0,65*	-0,839 (-1,442; -0,237)			
	BC-AV	4,74 ± 0,69	4,39 ± 0,69*	-0,911 (-1,489; -0,332)	0,925 (0,004)	0,004 (0,226)	0,001 (0,232)
	CON	4,47 ± 0,56	4,56 ± 0,41	0,187 (-0,283; 0,656)			
<b>EUP derecha (seg)</b>	AC-BV	44,6 ± 17,5	44,3 ± 17,3	-0,016 (-0,525; 0,493)			
	BC-AV	32,7 ± 22,5	43,5 ± 16,6	0,573 (0,053; 1,094)	0,589 (0,025)	0,056 (0,086)	0,268 (0,062)
	CON	37,4 ± 18,6	42,8 ± 18,5	0,291 (-0,185; 0,767)			
<b>EUP Izquierda (seg)</b>	AC-BV	44,9 ± 15,3	49,6 ± 16,6	0,314 (-0,209; 0,837)			
	BC-AV	34,1 ± 22,5	41,8 ± 20,7	0,519 (0,006; 1,032)	0,368 (0,048)	0,009 (0,154)	0,869 (0,007)
	CON	41,7 ± 21,4	47,7 ± 18,1	0,354 (-0,127; 0,835)			
<b>FS derecha (cm)</b>	HL-LV	7,65 ± 9,17	8,55 ± 9,65	-0,183 (-0,697; 0,331)			
	LL-HV	8,87 ± 8,63	14,4 ± 9,10	0,697 (0,158; 1,237)	0,092 (0,110)	0,002 (0,203)	0,077 (0,117)
	CON	4,66 ± 5,47	6,53 ± 5,93	0,418 (-0,069; 0,905)			
<b>FS Izquierda (cm)</b>	HL-LV	5,58 ± 9,93	9,84 ± 10,1	1,120 (0,454; 1,787)			
	LL-HV	8,60 ± 9,11	15,0 ± 9,85	0,973 (0,381; 1,565)	0,137 (0,093)	<0,001 (0,410)	0,145 (0,090)
	CON	4,77 ± 5,53	7,26 ± 6,02	0,403 (-0,083; 0,888)			

Datos presentados como media ± SD. Tamaño del efecto Pre - Post presentado como G de Hedges' y su 95% CI. TUG: Test de levantarse caminar y Volver a sentarse; EUP: Test de equilibrio sobre una pierna; FS: Test de flexibilidad sentado en silla; T6MM: Test de 6 minutos marcha. AC-BV: Grupo alta carga y baja velocidad (n= 13); BC-AV: Grupo de baja carga y alta velocidad (n=15); CON: Grupo control (n=16). Diferencias significativas intra grupos Pre - Post: \*(P < 0,05).

#### 3.4.4. Efectos sobre la composición corporal tras el entrenamiento

Tras las cinco semanas de intervención no se han detectado cambios significativos a nivel general para las variables representativas de la composición corporal. Los datos relativos a la composición corporal se presentan en la Tabla 6.

Únicamente se han detectado efectos significativos para el bíceps derecho y para el ICC. Para el bíceps derecho, se ha detectado efecto del tiempo ( $P = 0,015$ ) e interacción tiempo x grupo ( $P = 0,043$ ), sin efecto del factor grupo ( $P = 0,375$ ). Tras el análisis *post hoc* se observó un incremento del perímetro del bíceps derecho en el grupo AC-BV ( $P = 0,002$ ;  $G = 0,662$ ; 95% CI: [0,093; 1,230]). Sin embargo, tanto el grupo BC-AV ( $P = 0,415$ ;  $G = 0,256$ ; 95% CI: [-0,232; 0,743]) como CON ( $P = 0,999$ ;  $G = -0,036$ ; 95% CI: [-0,502; 0,429]) no cambiaron significativamente. En cuanto al ICC, se detectó interacción tiempo x grupo ( $P = 0,043$ ), pero no efecto del factor tiempo ( $P = 0,107$ ) ni efecto del factor grupo ( $P = 0,788$ ). Tras el análisis *post hoc* se observó un incremento del índice cintura cadera en CON ( $P = 0,004$ ;  $G = 0,476$ ; [0,018; 0,969]), mientras que AC-BV ( $P = 0,560$ ;  $G = 0,006$ ; 95% CI: [-0,503; 0,515]) y BC-AV ( $P = 0,516$ ;  $G = -0,032$ ; 95% CI: [-0,792; 0,189]) no modificaron sus valores con respecto a los medidos previamente a la intervención.

Resultados

**Tabla 6.** Datos estadísticos de la valoración de la composición corporal antes (Pre) y después (Post) de 5 semanas de entrenamiento de la potencia muscular con niveles de potencia equiparados.

Variable	Grupo	Pre	Post	P -valor (p $\eta$ 2)		
				Grupo	Tiempo	T $\times$ G
Masa magra (kg)	AC-BV	41,0 $\pm$ 7,2	41,6 $\pm$ 7,3	0,393 (0,044)	0,094 (0,067)	0,395 (0,044)
	BC-AV	45,8 $\pm$ 9,8	46,1 $\pm$ 9,8			
	CON	45,9 $\pm$ 12,0	45,8 $\pm$ 12,0			
Masa grasa (kg)	AC-BV	20,0 $\pm$ 5,2	20,3 $\pm$ 6,4	0,103 (0,105)	0,987 (0,000)	0,380 (0,046)
	BC-AV	25,7 $\pm$ 8,6	25,2 $\pm$ 8,3			
	CON	21,9 $\pm$ 4,8	22,1 $\pm$ 5,3			
Masa grasa (%)	AC-BV	31,5 $\pm$ 6,4	30,9 $\pm$ 6,0	0,630 (0,022)	0,057 (0,085)	0,218 (0,072)
	BC-AV	33,9 $\pm$ 6,4	33,2 $\pm$ 6,7			
	CON	32,1 $\pm$ 6,5	32,2 $\pm$ 6,3			
Masa ósea (kg)	AC-BV	1,94 $\pm$ 0,32	1,97 $\pm$ 0,32	0,460 (0,037)	0,115 (0,060)	0,114 (0,101)
	BC-AV	2,10 $\pm$ 0,33	2,12 $\pm$ 0,33			
	CON	2,10 $\pm$ 0,36	2,08 $\pm$ 0,37			
Masa corporal (kg)	AC-BV	62,9 $\pm$ 11,0	63,0 $\pm$ 11,0	0,168 (0,083)	0,913 (0,000)	0,759 (0,013)
	BC-AV	73,0 $\pm$ 15,3	72,8 $\pm$ 15,1			
	CON	69,2 $\pm$ 13,8	69,5 $\pm$ 14,5			
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	AC-BV	23,8 $\pm$ 3,3	23,8 $\pm$ 3,3	0,177 (0,081)	0,977 (0,000)	0,801 (0,011)
	BC-AV	26,4 $\pm$ 4,1	26,4 $\pm$ 4,1			
	CON	25,3 $\pm$ 3,3	25,4 $\pm$ 3,6			
Muslo derecho (cm)	AC-BV	47,2 $\pm$ 4,4	47,5 $\pm$ 4,6	0,037 (0,149)	0,418 (0,016)	0,361 (0,048)
	BC-AV	51,9 $\pm$ 4,3	51,4 $\pm$ 5,3			
	CON	50,1 $\pm$ 3,8	49,7 $\pm$ 3,5			
Muslo izquierdo (cm)	AC-BV	46,5 $\pm$ 3,7	46,9 $\pm$ 4,2	0,005 (0,227)	0,370 (0,020)	0,242 (0,067)
	BC-AV	52,1 $\pm$ 4,2	51,4 $\pm$ 4,9			
	CON	50,1 $\pm$ 3,3	49,8 $\pm$ 3,2			
Bíceps derecho (cm)	AC-BV	25,9 $\pm$ 2,8	26,9 $\pm$ 3,4*	0,375 (0,047)	0,015 (0,136)	0,043 (0,142)
	BC-AV	27,4 $\pm$ 3,3	27,7 $\pm$ 3,0			
	CON	28,0 $\pm$ 3,2	27,9 $\pm$ 2,9			
Bíceps izquierdo (cm)	AC-BV	26,1 $\pm$ 2,4	26,9 $\pm$ 3,0	0,588 (0,026)	0,177 (0,044)	0,177 (0,081)
	BC-AV	27,4 $\pm$ 2,9	27,6 $\pm$ 3,1			
	CON	27,6 $\pm$ 3,1	27,4 $\pm$ 3,1			
Cintura (cm)	AC-BV	82,4 $\pm$ 9,3	81,6 $\pm$ 8,2	0,316 (0,055)	0,053 (0,089)	0,153 (0,088)
	BC-AV	87,8 $\pm$ 10,5	86,8 $\pm$ 11,0			
	CON	83,8 $\pm$ 9,3	84,1 $\pm$ 8,1			
Cadera (cm)	AC-BV	95,9 $\pm$ 6,6	95,2 $\pm$ 6,5	0,107 (0,103)	0,006 (0,168)	0,840 (0,008)
	BC-AV	101,1 $\pm$ 7,5	100,2 $\pm$ 6,8			
	CON	98,7 $\pm$ 4,7	98,0 $\pm$ 5,1			
ICC	AC-BV	0,85 $\pm$ 0,57	0,85 $\pm$ 0,57	0,788 (0,012)	0,107 (0,062)	0,043 (0,142)
	BC-AV	0,86 $\pm$ 0,55	0,86 $\pm$ 0,56			
	CON	0,84 $\pm$ 0,51	0,85 $\pm$ 0,53*			

Datos presentados como media  $\pm$  SD. AC-BV: Grupo alta carga y baja velocidad (n= 13); BC-AV: Grupo de baja carga y alta velocidad (n=15); CON: Grupo control (n=16). Diferencias significativas intra grupos Pre - Post: \*(P < 0,05).



### 3.5. Discusión

---

El objetivo principal del estudio que conforma esta tesis doctoral fue comparar los efectos de dos programas de entrenamiento orientados al desarrollo de la potencia muscular realizados con potencias equiparadas. Es decir, se emplearon dos programas con cargas isotenciales; pero diferenciados en la intensidad de la carga y por lo tanto en la velocidad de ejecución, añadidos a la práctica habitual de ejercicio multicomponente no supervisado, sobre la funcionalidad, el rendimiento muscular y la composición corporal de los adultos mayores.

Los principales hallazgos obtenidos durante el estudio fueron:

- A. La ejecución de programas de entrenamiento de la potencia muscular con potencias y volúmenes de trabajo equiparados, añadidos a la práctica regular de ejercicio multicomponente no supervisado, produjo mejoras en el rendimiento muscular y la funcionalidad de los adultos mayores activos, independientemente de la carga empleada.
- B. En cuanto al perfil carga potencia, BC-AV mejoró los valores de potencia de manera global en TS y AC-BV, mejoró los valores de potencia globalmente en el ejercicio PPI.
- C. Los adultos mayores que realizaron entrenamiento de la potencia muscular, mejoraron su equilibrio dinámico (TUG) y su resistencia cardiovascular (T6MM) después de una intervención de corta duración de cinco semanas, con una frecuencia de dos días a la semana, añadido a su práctica multicomponente no supervisada habitual.

El estudio de las adaptaciones neuromusculares y cardiovasculares producidas por programas de entrenamiento de la potencia muscular realizados bajo diferentes cargas ha recibido recientemente gran atención en la literatura (14,87,94). No obstante, en los estudios previos se emplearon cargas muy diferenciadas y niveles de potencia no equiparados (29,94,110,111) dificultando la interpretación de los efectos de la carga y la velocidad sobre el rendimiento muscular y la funcionalidad de los adultos mayores. Hasta donde tenemos conocimiento, este es el primer estudio con personas mayores de sesenta años, que compara los efectos de dos programas de entrenamiento orientados a la mejora de la potencia muscular, con cargas

isopotenciales próximas al pico de potencia individual, pero diferenciados en la intensidad de la carga y por lo tanto en la velocidad de ejecución.

Una novedad de nuestro estudio está relacionada con el contexto ecológico en el que se realizó la intervención. En nuestro caso, se estudiaron los efectos del EPM sobre una muestra de adultos mayores físicamente activos que desarrollaban habitualmente entrenamiento multicomponente no supervisado en un centro deportivo, comparándolos con los cambios observados en un grupo control que mantuvo su práctica multicomponente habitual. En este aspecto, los estudios previos sobre los efectos del entrenamiento de la potencia muscular, utilizaron para tal fin grupos control que no hacían ejercicio (29,50,96,112) o simplemente no utilizaron grupo control (94,111,113), lo que dificulta la interpretación de los efectos reales del EPM sobre la capacidad funcional de los adultos mayores activos. Así, por un lado, se han reportado efectos similares tras el EPM sobre la funcionalidad y el rendimiento muscular en los grupos experimentales (94), a los observados en otros estudios en los grupos control que no entrenaron (50,95), generando la duda de si los efectos reportados tras las intervenciones de EPM en los grupos experimentales se debieron al EPM. Por lo tanto, creemos que la utilización de un grupo control puede ser una estrategia adecuada para valorar la efectividad real del EPM sobre la funcionalidad, el rendimiento muscular y la composición corporal de los adultos mayores. En consecuencia, en nuestro estudio, se puede afirmar que se confirman los efectos reportados del EPM sobre el rendimiento muscular y la funcionalidad, tras la intervención realizada con sujetos físicamente activos y con experiencia, cuando los comparamos con una muestra de sujetos idéntica que mantuvo su práctica de ejercicio habitual pero no realizaba el EPM.

Como sabemos, la potencia, es la relación entre la fuerza y la velocidad; consecuentemente, los déficits en la potencia muscular pueden originarse por déficits en la fuerza o en la velocidad (81). El presente estudio mostró que el EPM independientemente de la carga empleada, incrementó

la MVF en mayor medida que el entrenamiento multicomponente no supervisado, para los tres ejercicios seleccionados (TS, ES y PPI), sin diferencias significativas entre los dos grupos experimentales (AC-BV y BC-AV). Los estudios previos que estudiaron los efectos del entrenamiento con resistencias enfocado al incremento de los niveles de potencia con adultos mayores activos presentaron efectos de diferente magnitud sobre la MFV, desde efectos muy leves (114) , moderados (95,110,111) a grandes efectos (47). En este aspecto, incluso existe cierta controversia, entre aquellos estudios que encontraron adaptaciones específicas con respecto a la carga empleada, es decir ,mayores incrementos de los niveles de fuerza máxima en los grupos que entrenaron con mayor carga (110,114) y aquellos que encontraron adaptaciones similares en los grupos experimentales independientemente de la carga utilizada (47,110). A la hora de la comparar los efectos del EPM en los diferentes estudios realizados con adultos mayores, es importante tener en cuenta algunas cuestiones metodológicas. Por ejemplo, algunos trabajos previos no equipararon el trabajo mecánico (volumen x carga) realizado durante el entrenamiento entre los grupos experimentales, por lo tanto, cuando se interpretan los resultados, es complicado diferenciar si se deben al efecto del volumen de entrenamiento o al efecto de la intensidad de la carga movilizada. Muchos estudios que emplearon EPM, utilizaron cargas relativas a la fuerza máxima isotónica (ej., %1RM) no relacionándola con el PP (ej., %PP o, % de la carga óptima) de cada sujeto. La carga óptima, o carga con la que se alcanza el PP, puede representar una carga relativa diferente (en base a la fuerza máxima) en cada participante y en cada ejercicio de entrenamiento (97), por lo que someteríamos a los sujetos a un abanico muy amplio de dosis de entrenamiento sobre la variable independiente del EPM, la potencia. En nuestro estudio, los sujetos de los grupos experimentales entrenaron con cargas individualizadas próximas al 95% del PP para cada ejercicio, con el objetivo de individualizar las dosis de entrenamiento, lo que pudo favorecer que se produjesen mejoras en el PP con una intervención de duración menor que las reportadas en la literatura (14). De hecho, las cargas relativas (%MFV) empleadas en las sesiones de

entrenamiento fueron muy diferentes entre los diferentes sujetos (rango de cargas %MFV amplio entre la menor y la mayor empleada por cada sujeto) y ejercicios (rango de cargas %MFV empleadas en cada ejercicio), pero la potencia y el volumen de trabajo fueron equiparados. De todos modos, se atisba una interesante línea de trabajo para una mejor comprensión de los efectos sobre la fuerza, la potencia y la capacidad funcional de diferentes magnitudes de cargas isopotenciales en el EPM.

Las dos configuraciones de entrenamiento, AC-BV y BC-AV, fueron eficaces a la hora de incrementar el PP relativo. AC-BV produjo un cambio moderado en TS y ES, mientras que en PPI produjo un efecto grande. Del mismo modo, BC-AV, provocó un efecto grande para TS y PPI, pero un efecto entre pequeño y medio para ES. Estos resultados están en concordancia con estudios previos en los cuales se reportó que la potencia muscular se puede incrementar mediante la utilización de un amplio abanico de intensidades (29,46,115) ya que, la utilización de cargas bajas, medias y altas produjo incrementos en el PP sin diferencias significativas entre grupos a pesar de la utilización de magnitudes de carga diferenciadas (29,46,50), sugiriendo que los diferentes patrones de carga empleados tienen diferentes efectos tanto en las variables relacionadas con la capacidad funcional como en las relacionadas con la potencia mecánica (28,116). En este sentido, un trabajo reciente indicó que un déficit en la capacidad de generar potencia muscular puede deberse a déficits tanto en la fuerza como en la velocidad (81). La existencia de déficits en el componente de fuerza y en el de velocidad se asociaron con una menor capacidad física y calidad de vida, además de con un mayor índice de fragilidad, mientras que un déficit únicamente en la fuerza se asoció con una menor función cognitiva (81). En un trabajo más reciente del mismo grupo, los autores determinaron que el entrenamiento con cargas relativas más altas era más efectivo en mejorar la capacidad de generar altos niveles de fuerza, mientras que el entrenamiento de la potencia con cargas ligeras contribuye a la mejora de la velocidad de movimiento en los adultos mayores. De todos modos, no se observaron diferencias significativas entre los dos tipos de intervención en la potencia muscular y en la

hipertrofia muscular (110). Estos resultados tienen gran importancia de cara a la prescripción del ejercicio por parte de los profesionales de la actividad física y del deporte, ya que la velocidad como capacidad, ha demostrado una mayor relación con la capacidad de generar altos niveles de potencia en los adultos mayores con limitaciones en la movilidad, mientras que tanto la fuerza como la velocidad se han relacionado con los niveles de potencia desarrollados por adultos mayores sanos (28). Por lo tanto, los profesionales del ejercicio deberán seleccionar las cargas en base a las características individuales y al objetivo buscado de cara a optimizar los efectos del mismo sobre la capacidad funcional y la salud de los adultos mayores.

Cuando analizamos el perfil carga-potencia, encontramos que AC-BV incrementó los niveles de potencia en todo el espectro de cargas movilizadas para PPI, sólo en la zona de baja carga y alta velocidad (40%, 50%, 60% de MFV) en TS, pero sin cambios en ES. El grupo BC-AV, incrementó el rendimiento global de potencia en TS, solo en la zona de baja carga y alta velocidad (40%, 50%, 60% de MFV) para PPI, pero sin cambios en ES. Por su parte, CON disminuyó los niveles de potencia en el perfil carga-potencia para los tres ejercicios evaluados. En base a estos resultados, AC-BV parece ser mejor para incrementar los niveles de potencia en los miembros inferiores (PPI), que es uno de los mejores predictores de la capacidad funcional en aquellas tareas relacionadas con la movilidad y la capacidad de deambulación (3,30). Por otro lado, BC-AV se muestra más eficaz que AC-BV a la hora de incrementar los niveles de potencia del miembro superior (TS), en particular en el espectro de alta velocidad y baja carga de la relación carga-potencia.

Actualmente, la magnitud de carga de entrenamiento óptima con la que se pueden obtener las mayores mejoras sobre la capacidad funcional de los adultos mayores, dista de estar completamente clara. Previamente, varios estudios analizaron los efectos del EPM en la funcionalidad de los adultos mayores (17,42,47,94,117) debido a que la potencia muscular es uno de los factores más determinantes de la capacidad funcional (2,79). En nuestro estudio,

sólo se encontraron adaptaciones específicas en el TUG y en el T6MM tras las cinco semanas de entrenamiento. Los adultos mayores de los grupos de intervención, tanto de AC-BV como de BC-AV, mejoraron el rendimiento en el TUG, prueba que podría ser considerada como una estimación del equilibrio dinámico, además de que se ha considerado un indicador del riesgo de caídas en adultos mayores (118). Estos resultados contrastan con los obtenidos en un estudio previo (117), en el cual se compararon dos grupos con magnitudes de carga diferenciadas (grupo de alta carga y grupo de baja carga), pero con una intervención de mayor duración que la de nuestro estudio, en la que se analizaron los cambios tras 24 y 48 semanas. Tras la intervención, tanto el grupo control como el grupo que entrenó con baja carga y alta velocidad mejoraron en el TUG, pero los resultados de este trabajo se debe interpretar con cautela, ya que en las primeras 24 semanas los grupos de intervención entrenaron con un protocolo de entrenamiento con cargas altas (80% de 1 RM y 2 segundos de ejecución en la fase concéntrica) y sólo en las posteriores 24 semanas (24-48) el grupo de alta velocidad y baja carga entrenó en la fase concéntrica a máxima velocidad de ejecución, por lo que no puede ser descartado un efecto de la periodización previa (117). En otro estudio que buscaba mejorar la potencia muscular en adultos mayores, encontraron cambios similares a nuestro estudio comparando dos grupos que entrenaron utilizando cargas individualizadas en base a los déficits observados en el perfil de fuerza-velocidad (114). Es decir, aquellos que tenían un déficit de fuerza entrenaban con cargas altas, y aquellos que tenían un déficit de velocidad entrenaban con cargas bajas. Además, compararon los resultados obtenidos con otro grupo que entrenó con cargas altas y bajas combinadas (114). Por lo tanto, el EPM ha demostrado ser efectivo en provocar adaptaciones positivas sobre el TUG, pero la utilización de magnitudes de carga diferenciadas a lo largo de intervenciones de diferentes duraciones hace preciso realizar más estudios de cara a identificar el protocolo óptimo de entrenamiento de potencia para mejorar el equilibrio dinámico y la agilidad de los adultos mayores.

AC-BV incrementó la distancia recorrida en T6MM con un efecto moderado a grande. EL efecto positivo del EPM sobre el T6MM ha sido descrito previamente en un trabajo realizado por Earles en 2001 (95), en el que un grupo de adultos mayores entrenó con el 50% del 1RM (grupo EPM) y se comparó con un grupo control de adultos mayores activos que únicamente caminaba 30 minutos a intensidad moderada, 6 días a la semana durante las 12 semanas que duró el estudio. Después de la intervención, solo el grupo que realizó entrenamiento de potencia mejoró el PP, mientras que, en lo referente a las valoraciones de la capacidad funcional, los dos grupos mejoraron de forma similar el T6MM, pero el grupo que realizó entrenamiento de potencia mejoró en mayor medida la distancia recorrida en el test de 6 minutos. Comparado con nuestro estudio, en el T6MM, solo se observaron incrementos significativos para el grupo AC-BV. Estos diferentes efectos observados, con respecto al estudio de Earles (95), pueden deberse a la existencia de un efecto de especificidad de la carga (48), relacionado con la carga relativa (%MFV) con la que se obtiene la potencia en el test de PP y en el de obtención del perfil carga-potencia. Por ejemplo, Cuoco y colaboradores en 2004 (30), analizaron el impacto de la magnitud de la carga sobre la realización de tareas funcionales, en este trabajo observaron que la potencia muscular desarrollada con el 40% del 1RM explicó una mayor varianza en la velocidad de la marcha que la potencia muscular desarrollada con el 70% del 1RM. Estos autores, sugirieron que la magnitud de carga de entrenamiento empleadas en el entrenamiento orientado al desarrollo de la potencia muscular produce efectos diferenciados en las pruebas de la valoración de la funcionalidad. Es decir, que el empleo de diferentes cargas tiene un efecto directo sobre la velocidad de ejecución en la fase concéntrica de los ejercicios ejecutados, y que existe una especificidad de las adaptaciones en base a la velocidad de ejecución tras el entrenamiento de la potencia muscular en adultos mayores (119). En este aspecto, el ejercicio de alta velocidad (como la pliometría) produjo adaptaciones positivas relacionadas con la capacidad de desarrollar alta velocidad (aumentando la longitud del fascículo y la efectividad del ciclo de estiramiento acortamiento)(93). Por otro lado, el entrenamiento con resistencias de alta



intensidad de carga favorece adaptaciones relacionadas con el incremento de la capacidad de generar altos niveles de fuerza, como por ejemplo levantarse de una silla (76,110) o caminar a lo largo de una distancia más larga como por ejemplo durante el test de T6MM (91). En este sentido, el TUG, tarea que precisa de una combinación de fuerza para levantarse de una silla y de velocidad de desplazamiento, no obtuvo diferencias significativas entre los dos grupos experimentales, lo que sugiere que se produjeron adaptaciones tanto en la capacidad de generar altos niveles de velocidad como en la capacidad de generar mayores niveles de fuerza, tras el entrenamiento de cinco semanas. Sin embargo, las mejoras en el T6MM, se han relacionado previamente con incrementos en la potencia a través de la movilización de cargas altas (91), debido probablemente a que unos mayores niveles de fuerza relativa, en relación a la masa corporal, favorecen una mayor capacidad del sujeto para desplazar la masa corporal durante un espacio prolongado. Por lo tanto, el EPM con cargas altas es una actividad relevante de cara a mejorar la capacidad funcional en tareas relacionadas con la movilidad y la capacidad de deambulación (3,30), especialmente cuando estas tareas se realizan durante un tiempo prolongado.

Los efectos de nuestra intervención sobre la composición corporal fueron limitados, con cambios significativos observados solo en el bíceps derecho y en el ICC. Para el bíceps derecho, sólo AC-BV aumento su perímetro. El efecto del EPM sobre la hipertrofia muscular se ha descrito recientemente (120), aunque el efecto de las diferentes intervenciones sobre las adaptaciones musculares produjo efectos muy heterogéneos entre las diferentes investigaciones previas (20). En los adultos mayores, el trabajo mecánico se considera el mayor determinante de la hipertrofia inducida por el entrenamiento con resistencias, por lo que no es extraño que en nuestro estudio las diferencias fuesen mínimas, teniendo en cuenta que el trabajo mecánico se ha equiparado entre grupos (121). En este aspecto, nuestro estudio concuerda con otros trabajos previos que no encontraron diferencias significativas en la composición corporal (50,110,114,117). A pesar de que se han observado previamente incrementos destacables en la

masa muscular del miembro inferior (110) y menores en el miembro superior (117) tras el entrenamiento de la potencia muscular con adultos mayores. Estos incrementos pueden deberse a diferencias en el trabajo mecánico realizado en base a los protocolos de entrenamiento planteados, en los que se observaron diferencias cuando se equipararon los volúmenes de trabajo y los niveles de potencia desarrollados entre los diferentes grupos de intervención comparados. En nuestra intervención, el trabajo mecánico fue equiparado (repeticiones x series x potencia en watos) entre los dos grupos experimentales, pero de todos modos se han observado incrementos destacables en el perímetro del bíceps en el grupo AC-BV. Los mecanismos mediante los cuales se producen adaptaciones de la masa muscular son variados, por un lado el stress mecánico, provocado por la tensión mecánica generada por cargas relativas altas, además de por cargas relativas bajas cuando la ejecución se acerca al fallo muscular (122); y por otro lado el stress metabólico, provocado por la acumulación de fatiga (especialmente cuando el ejercicio es próximo al fallo muscular) cuando se emplean cargas más ligeras a lo largo de series más largas; han sido descritos como los factores más determinantes de las adaptaciones musculares al entrenamiento con resistencias (123). En nuestro caso, creemos que las diferencias en los perímetros se pueden deber al mayor stress mecánico y posiblemente metabólico alcanzado durante el entrenamiento con cargas más elevadas en AC-BV ya que, en ninguna de las dos configuraciones de EPM el número de repeticiones desarrollado estuvo cerca del fallo muscular. En cuanto a las variaciones observadas en el ICC en el grupo CON, la no existencia de cambios en los grupos experimentales, podría deberse al mayor gasto calórico experimentado por los grupos experimentales, ya que debemos tener en cuenta que éstos han añadido a su práctica habitual de ejercicio el entrenamiento objeto de estudio, mientras que CON únicamente mantuvo su práctica habitual de ejercicio multicomponente no supervisado. De todos modos, aunque se ha indicado a todos los participantes del estudio que deberían mantener constantes sus rutinas de vida diaria, no se ha aplicado ninguna estrategia de control de ingesta calórica o de hábito alimenticio, por lo que

## Discusión

esto representa una limitación del estudio para poder interpretar los cambios o ausencia de cambios en la composición corporal.

### 3.6. Limitaciones del estudio

---

Nuestro estudio presenta ciertas limitaciones que pasamos a discutir a continuación. En primer lugar, la muestra seleccionada se limitó a adultos mayores sanos y físicamente activos, que a mayores tenían experiencia previa en el entrenamiento contra resistencias. En este aspecto, se abre una interesante línea de futuras investigaciones intentando estudiar los efectos de diferentes configuraciones de EPM con cargas isopotenciales en otras poblaciones, como por ejemplo adultos mayores institucionalizados, frágiles o sanos, pero con niveles bajos de actividad física. Nuestro estudio ha buscado enmarcarse en un contexto real de práctica de ejercicio físico, lo que por un lado nos ha limitado la duración del estudio debido a la necesidad de implantar la intervención dentro de la práctica habitual de los participantes y dentro de la rutina habitual de la instalación deportiva donde se llevó a cabo. Si bien uno de los puntos fuertes del estudio ha sido la consecución de mejoras con una intervención corta, sería interesante comparar nuestros resultados con los observados en intervenciones previas de mayor duración que observaron cambios en los efectos del EPM sobre el rendimiento muscular, la funcionalidad y la composición corporal, cuando se mantiene en el tiempo el EPM. Otra de las limitaciones de nuestro estudio estuvo relacionada con el equipamiento seleccionado para las valoraciones del componente muscular y para la realización del EPM. A pesar de sus ventajas, como son la facilidad para individualizar la configuración del equipamiento, la selección de las cargas de entrenamiento, la obtención de los datos de potencia o el registro de las cargas de entrenamiento; no nos permitió medir la velocidad de ejecución de cada una de las cargas relativas durante el pretest y el post-test. Debido a este hecho, no hemos podido comprobar en qué medida el componente de la velocidad ha mejorado. Por último, en nuestra intervención empleamos cargas próximas al PP debido a que el software del equipamiento seleccionado, en su protocolo de entrenamiento de potencia (descrito en el apartado de procedimientos), el cual utilizamos para la realización del EPM, no nos permitía un abanico muy amplio de repeticiones de cara a ejecutar el entrenamiento (máximo 25 repeticiones). Sería interesante comprobar los

### *Limitaciones del estudio*

efectos de la carga utilizando para ello cargas relativas más alejadas del PP, pero para ello necesitaríamos emplear un equipamiento diferente.

## 4. Conclusiones

---

#### 4.1. Conclusiones generales

- Adicionar al entrenamiento multicomponente no supervisado habitual en adultos mayores, dos programas de entrenamiento con altos niveles de producción de potencia realizados con potencias equiparadas (isopotenciales), pero diferenciados en cuanto a la intensidad de la carga (y por lo tanto en la velocidad), fue eficaz a la hora de producir mejoras sobre la funcionalidad y el rendimiento muscular de los adultos mayores activos, aunque no produjo cambios en la composición corporal.
- Entrenamientos con altos niveles de producción de potencia, realizado con cargas próximas a la carga óptima, con niveles de potencia equiparados, pero diferenciados en la intensidad de la carga (y por lo tanto en la velocidad de ejecución), producen efectos similares sobre el rendimiento muscular y la composición corporal, pero diferenciados sobre la funcionalidad.

#### 4.2. Conclusiones específicas

- El entrenamiento de la potencia muscular con niveles de potencia equiparados, pero diferenciados en la intensidad de la carga, produjo mejoras similares en la fuerza isocinética máxima voluntaria de los adultos mayores físicamente activos, independientemente de la carga empleada, y por lo tanto de la velocidad de ejecución.
- Los dos programas de entrenamiento con alta producción de potencia, realizados con potencias equiparadas y diferenciados en la intensidad de la carga (y por lo tanto en la velocidad) fueron efectivos en el incremento del valor pico de potencia, independientemente de la magnitud de la carga relativa a la carga óptima empleada.
- El entrenamiento con altos niveles de producción de potencia realizado con cargas altas y baja velocidad, incrementó los niveles de potencia desarrollados en el perfil carga



potencia del miembro inferior, mientras que la utilización de cargas bajas y alta velocidad incrementó los niveles de potencia del perfil carga potencia en el ejercicio de tracción sentado.

- La utilización de cargas próximas a la carga óptima al realizar entrenamiento con alta producción de potencia, fue efectivo a la hora de producir mejoras en la funcionalidad de los adultos mayores activos. El grupo que entrenó con cargas por encima de la carga óptima produjo mejoras en la resistencia cardiovascular y los dos grupos mejoraron en el equilibrio dinámico, es decir esta capacidad mejoró independientemente de la carga empleada.
- Cuando los niveles de potencia y el trabajo mecánico se equipararon, la utilización de cargas diferenciadas (y por lo tanto velocidades de ejecución diferentes), no produce cambios en las diferentes variables de la composición corporal de los adultos mayores activos, a pesar de adicionar entrenamiento con altos niveles de producción de potencia al entrenamiento multicomponente no supervisado habitual.

## 5. Futuras líneas de investigación

---

A raíz de las diferentes limitaciones encontradas en nuestro estudio y de las diferentes conclusiones alcanzadas, creemos que se abren varias líneas de trabajo de interés de cara a nuevos trabajos de investigación.

- Comparar los efectos de dos entrenamientos para mejorar la potencia muscular sobre la velocidad de ejecución con cada carga de la relación carga-potencia y sus efectos sobre la funcionalidad de los adultos mayores.
- Comparar los efectos de intervenciones de mayor duración (8, 12 o 24 semanas) basadas en el EPM con potencias equiparadas, sobre el rendimiento muscular, la funcionalidad y la composición corporal de adultos mayores.
- Evaluar comparativamente los efectos del EPM con potencias equiparadas con diferentes poblaciones de adultos mayores: frágiles, institucionalizados, con deterioro cognitivo, etc., ...
- Valorar los cambios neurofisiológicos inducidos por el EPM con cargas isopotenciales alejadas de la carga óptima que podrían explicar los cambios en la funcionalidad, el rendimiento muscular y la composición corporal de los adultos mayores.

## 6. Referencias

---

## Referencias

Lopez P, Pinto RS, Radaelli R, Rech A, Grazioli R, Izquierdo M, et al. Benefits of resistance training in physically frail elderly: a systematic review. *Aging Clin Exp Res* 2018 -08;30(8):889-899

Izquierdo M, Cadore EL. Muscle power training in the institutionalized frail: a new approach to counteracting functional declines and very late-life disability. *Current Medical Research & Opinion* 2014 Jul;30(7):1385-1390

Reid K. Skeletal muscle power: a critical determinant of physical functioning in older adults. *Exercise & Sport Sciences Reviews* 2012;40(1):4-12

Brill PA, Macera CA, Davis DR, Blair SN, Gordon N. Muscular strength and physical function. *Medicine and science in sports and exercise* 2000 Feb;32(2):412

Morley JE, Vellas B, Abellan van Kan G, Anker SD, Bauer JM, Bernabei R, et al. Frailty Consensus: A Call to Action. *Journal of the American Medical Directors Association* 2013;14(6):392-397

Alcazar J, Guadalupe-Grau A, García-García FJ, Ara I, Alegre LM. Skeletal Muscle Power Measurement in Older People: A Systematic Review of Testing Protocols and Adverse Events. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2018 -06-14;73(7):914-924

Raj IS, Bird SR, Shield AJ. Aging and the force–velocity relationship of muscles. *Experimental gerontology* 2010;45(2):81-90

Li R. Associations of Muscle Mass and Strength with All-Cause Mortality among US Older Adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 2018;50(3):458-467

## Referencias

- Hughes VA, Frontera WR, Wood M, Evans WJ, Dallal GE, Roubenoff R, et al. Longitudinal Muscle Strength Changes in Older Adults: Influence of Muscle Mass, Physical Activity, and Health. *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences* 2001 May;56(5):B209-B217
- Goodpaster BH, Carlson CL, Visser M, Kelley DE, Scherzinger A, Harris TB, et al. Attenuation of skeletal muscle and strength in the elderly: The Health ABC Study. *J Appl Physiol* (1985) 2001 Jun;90(6):2157-2165
- Aagaard P, Suetta C, Caserotti P, Magnusson SP, Kjaer M. Role of the nervous system in sarcopenia and muscle atrophy with aging: strength training as a countermeasure. *Scand J Med Sci Sports* 2010;20(1):49-64
- Lazarus NR, Izquierdo M, Higginson IJ, Harridge SDR. Exercise Deficiency Diseases of Ageing: The Primacy of Exercise and Muscle Strengthening as First-Line Therapeutic Agents to Combat Frailty. *J Am Med Dir Assoc* 2018 -09;19(9):741-743
- Harridge SDR, Lazarus NR. Physical Activity, Aging, and Physiological Function. *Physiology (Bethesda)* 2017 -03;32(2):152-161
- Byrne C. Ageing, Muscle Power and Physical Function: A Systematic Review and Implications for Pragmatic Training Interventions. *Sports Medicine* 2016;46(9):1311-1332
- Izquierdo M, Merchant RA, Morley JE, Anker SD, Aprahamian I, Arai H, et al. International Exercise Recommendations in Older Adults (ICFSR): Expert Consensus Guidelines. *J Nutr Health Aging* 2021

## Referencias

Casas-Herrero A, Izquierdo M. Physical exercise as an efficient intervention in frail elderly persons. *An Sist Sanit Navar* 2012;35(1):69-85

Cadore EL, Casas-Herrero A, Zamboni-Ferraresi F, Idoate F, Millor N, Gómez M, et al. Multicomponent exercises including muscle power training enhance muscle mass, power output, and functional outcomes in institutionalized frail nonagenarians. *Age (Dordr)* 2014 Apr;36(2):773-785

Binder EF, Yarasheski KE, Steger-May K, Sinacore DR, Brown M, Schechtman KB, et al. Effects of Progressive Resistance Training on Body Composition in Frail Older Adults: Results of a Randomized, Controlled Trial. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2005;60(11):1425-1431

Landi F. Moving against frailty: does physical activity matter? 2010; Available at: <http://hdl.handle.net/10807/31711>

Peterson M. Influence of resistance exercise on lean body mass in aging adults: a meta-analysis. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 2011;43(2):249-258

Cesari M, Vellas B, Hsu F, Newman AB, Doss H, King AC, et al. A physical activity intervention to treat the frailty syndrome in older persons-results from the LIFE-P study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2015 Feb;70(2):216-222

Paw, Marijke J. M. Chin A., A C, van Uffelen, Jannique G. Z., Riphagen I, Mechelen Wv. The Functional Effects of Physical Exercise Training in Frail Older People. *Sports Medicine* 2008;38(9):781-793

## Referencias

Daniels R, Metzelthin S, van Rossum E, de Witte L, van den Heuvel W. Interventions to prevent disability in frail community-dwelling older persons: an overview. *Eur J Ageing* 2010 Feb 9;7(1):37-55

de Labra C, Guimaraes-Pinheiro C, Maseda A, Lorenzo T, Millán-Calenti JC. Effects of physical exercise interventions in frail older adults: a systematic review of randomized controlled trials. *BMC Geriatr* 2015 Dec 2;15:154-4

Clark BC, Manini TM. Sarcopenia  $\neq$  dynapenia. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2008 Aug;63(8):829-834

Cruz-Jentoft AJ, Landi F, Schneider SM, Zúñiga C, Arai H, Boirie Y, et al. Prevalence of and interventions for sarcopenia in ageing adults: a systematic review. Report of the International Sarcopenia Initiative (EWGSOP and IWGS). *Age Ageing* 2014 Nov;43(6):748-759

Volaklis KA, Halle M, Meisinger C. Muscular strength as a strong predictor of mortality: A narrative review. *Eur J Intern Med* 2015 Jun;26(5):303-310

Pojednic R. The specific contributions of force and velocity to muscle power in older adults. *Exp Gerontol* 2012;47:608-13

de Vos NJ, Singh NA, Ross DA, Stavrinou TM, Orr R, Fiatarone Singh MA. Optimal load for increasing muscle power during explosive resistance training in older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2005 May;60(5):638-647

Cuoco A, Callahan DM, Sayers S, Frontera WR, Bean J, Fielding RA. Impact of Muscle Power and Force on Gait Speed in Disabled Older Men and Women. *The*



## Referencias

journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences 2004 Nov 1,;59(11):1200-1206

Cléménçon M, Hautier C, Rahmani A, Cornu C, Bonnefoy M. Potential Role of Optimal Velocity as a Qualitative Factor of Physical Functional Performance in Women Aged 72 to 96 Years. Arch Phys Med Rehabil 2008;89:1594-9

Jaric S. Force-velocity Relationship of Muscles Performing Multi-joint Maximum Performance Tasks. Int J Sports Med 2015;36

SAMOZINO P, REJC E, DI PRAMPERO PE, BELLI A, MORIN J. Optimal Force–Velocity Profile in Ballistic Movements—Altius. Medicine and science in sports and exercise 2012 Feb;44(2):313-322

Bobbert M. Why is the force-velocity relationship in leg press tasks quasi-linear rather than hyperbolic? Journal of applied physiology (Bethesda, Md : 1985) 2012;112:1975-83

Yamauchi J, Mishima C, Nakayama S, Ishii N. Force-velocity, force-power relationships of bilateral and unilateral leg multi-joint movements in young and elderly women. J Biomech 2009 Sep 18;42(13):2151-2157

Rahmani A, Viale F, Dalleau G, Lacour JR. Force/velocity and power/velocity relationships in squat exercise. Eur J Appl Physiol 2001;84(3):227-232

Yamauchi J. Force-velocity, force-power relationships of bilateral and unilateral leg multi-joint movements in young and elderly women. J Biomech 2009;42(13):2151-2157

## Referencias

Cuk I, Markovic M, Nedeljkovic A, Ugarkovic D, Kukolj M, Jaric S. Force-velocity relationship of leg extensors obtained from loaded and unloaded vertical jumps.

Arbeitsphysiologie 2014;114:1703-1714

Driss T, Vandewalle H, Le Chevalier J, Monod H. Force-velocity relationship on a cycle ergometer and knee-extensor strength indices. Can J Appl Physiol 2002

Jun;27(3):250-262

García-Ramos A, Jaric S, Padial P, Feriche B. Force-Velocity Relationship of Upper Body Muscles: Traditional Versus Ballistic Bench Press. J Appl Biomech 2016

Apr;32(2):178-185

Yamauchi J, Mishima C, Nakayama S, Ishii N. Aging-related differences in maximum force, unloaded velocity and power of human leg multi-joint movement. Gerontology

2010;56(2):167-174

Alcazar J, Rodriguez-Lopez C, Ara I, Alfaro-Acha A, Mañas-Bote A, Guadalupe-Grau A, et al. The Force-Velocity Relationship in Older People: Reliability and Validity of a Systematic Procedure. International journal of sports medicine 2017 Dec;38(14):1097-

1104

Rudsits BL, Hopkins WG, Hautier CA, Rouffet DM. Force-velocity test on a stationary cycle ergometer: methodological recommendations. J Appl Physiol (1985) 2018 Apr

1;124(4):831-839

Stock MS, Beck TW, Defreitas JM, Dillon MA. Relationships among peak power output, peak bar velocity, and mechanomyographic amplitude during the free-weight bench press exercise. J Sports Sci 2010 -10;28(12):1309-1317

## Referencias

Englund DA, Sharp RL, Selsby JT, Ganesan SS, Franke WD. Resistance training performed at distinct angular velocities elicits velocity-specific alterations in muscle strength and mobility status in older adults. *Exp Gerontol* 2017 May;91:51-56

Reid K. Comparative effects of light or heavy resistance power training for improving lower extremity power and physical performance in mobility-limited older adults. *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences* 2015;70(3):374-380

Ramirez Campillo R. High-Speed Resistance Training is More Effective than Low-Speed Resistance Training to Increase Functional Capacity and Muscle Performance in Older Women. *Exp Gerontol* 2014;58

Schaun G. High-velocity resistance training as a tool to improve functional performance and muscle power in older adults. *Exp Gerontol* 2021;156:111593

Rodriguez-Lopez C, Alcazar J, Losa-Reyna J, Carmona-Torres J, Cruz-Santaella AM, Ara I, et al. Acute Physiological Response to Light- and Heavy-load Power-oriented Exercise in Older Adults. *Int J Sports Med* 2021;42(14):1287-1296

de Vos NJ, Singh NA, Ross DA, Stavrinou TM, Orr R, Fiatarone Singh MA. Effect of power-training intensity on the contribution of force and velocity to peak power in older adults. *J Aging Phys Act* 2008 Oct;16(4):393-407

Reid KF, Martin KI, Doros G, Clark DJ, Hau C, Patten C, et al. Comparative effects of light or heavy resistance power training for improving lower extremity power and physical performance in mobility-limited older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2015 Mar;70(3):374-380

## Referencias

Beard JR. The World Report on Ageing and Health. *The gerontologist*. 2016;163-6

United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population

Division. World Population

Prospects 2022: Summary of Results. . 2022

Finch CE. Handbook of the biology of aging. New York: van Nostrand; 1977

Zhang X, Englund DA, Aversa Z, Jachim SK, White TA, LeBrasseur NK. Exercise

Counters the Age-Related Accumulation of Senescent Cells. *Exerc Sport Sci Rev*

2022;50(4):213-221

Barja G. El problema del envejecimiento. Madrid: Ediciones akal; 1998

Reid KF, Pasha E, Doros G, Clark DJ, Patten C, Phillips EM, et al. Longitudinal decline

of lower extremity muscle power in healthy and mobility-limited older adults: influence

of muscle mass, strength, composition, neuromuscular activation and single fiber

contractile properties. *Eur J Appl Physiol* 2014 Jan;114(1):29-39

VERBRUGGE, Verbrugge L, Jette AM. The disablement process. *Social science &*

*medicine* (1982.Print) 1994;38(1):1-14

Wu R. Age-related Changes in Motor Function (I). Mechanical and Neuromuscular

Factors. *Int J Sports Med* 2020;41(11):709-719

Kwak D, Thompson LV. Frailty: Past, present, and future? *Sports medicine and health*

*science* 2021;3(1):10

## Referencias

Fried LP, Tangen CM, Walston J, Newman AB, Hirsch C, Gottdiener J, et al. Frailty in Older Adults: Evidence for a Phenotype. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2001;56(3):M146-M157

de Vries NM, Staal JB, van Ravensberg CD, Hobbelen JSM, Olde Rikkert, M. G. M., Nijhuis-van der Sanden, M. W. G. Outcome instruments to measure frailty: A systematic review. *Ageing Research Reviews* 2011;10(1):104-114

Cesari M, Gambassi G, Abellan van Kan G, Vellas B. The frailty phenotype and the frailty index: different instruments for different purposes. *Age Ageing* 2013;43(1):10-12

Mitnitski AB. Accumulation of deficits as a proxy measure of aging. *TheScientificWorld*. 2001;1:323-336

Reid KF, Fielding RA. Skeletal muscle power: a critical determinant of physical functioning in older adults. *Exerc Sport Sci Rev* 2012 Jan;40(1):4-12

Wu R, De Vito G, Delahunt E, Ditroilo M. Age-related Changes in Motor Function (I). Mechanical and Neuromuscular Factors. *Int J Sports Med* 2020 -10;41(11):709-719

Wu R, Ditroilo M, Delahunt E, De Vito G. Age Related Changes in Motor Function (II). Decline in Motor Performance Outcomes. *Int J Sports Med* 2020 -11-02

Rosenberg IH. Summary comments. *Am J Clin Nutr* 1989;50(5):1231-1233

Bülow J, Ulijaszek S, Holm L. Rejuvenation of the term Sarcopenia. *J Appl Physiol* 2018;126

Davies B, García García F, Ara I, Artalejo F, Rodriguez-Mañas L, Walter S. Relationship Between Sarcopenia and Frailty in the Toledo Study of Healthy Aging: A

## Referencias

Population Based Cross-Sectional Study. Journal of the American Medical Directors Association 2017;19

Macaluso A, De Vito G. Muscle strength, power and adaptations to resistance training in older people. Eur J Appl Physiol 2004;91:450-72

Frontera W. Aging of skeletal muscle: a 12-yr longitudinal study. J Appl Physiol 2000;88(4):1321-1326

Enoka RM, Christou EA, Hunter SK, Kornatz KW, Semmler JG, Taylor AM, et al. Mechanisms that contribute to differences in motor performance between young and old adults. Journal of Electromyography and Kinesiology 2003;13(1):1-12

Lodha N, Christou EA. Low-Frequency Oscillations and Control of the Motor Output. Frontiers in Physiology 2017;8

Pethick J, Taylor MJD, Harridge SDR. Aging and skeletal muscle force control: Current perspectives and future directions. Scand J Med Sci Sports 2022;32(10):1430-1443

Sayers SP, Gibson K. A Comparison of High-Speed Power Training and Traditional Slow-Speed Resistance Training in Older Men and Women. The Journal of Strength & Conditioning Research 2010;24(12)

Cléménçon M, Hautier C, Rahmani A, Cornu C, Bonnefoy M. Potential Role of Optimal Velocity as a Qualitative Factor of Physical Functional Performance in Women Aged 72 to 96 Years. Arch Phys Med Rehabil 2008;89:1594-9

## Referencias

Reid K. Longitudinal decline of lower extremity muscle power in healthy and mobility-limited older adults: influence of muscle mass, strength, composition, neuromuscular activation and single fiber contractile properties. *Eur J Appl Physiol* 2014;114(1):29-39

Fielding RA, LeBrasseur NK, Cuoco A, Bean J, Mizer K, Fiatarone Singh MA. High-velocity resistance training increases skeletal muscle peak power in older women. *J Am Geriatr Soc* 2002 Apr;50(4):655-662

Orr R, de Vos NJ, Singh NA, Ross DA, Stavrinou TM, Fiatarone-Singh MA. Power Training Improves Balance in Healthy Older Adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2006;61(1):78-85

Alcazar J, Rodriguez-Lopez C, Ara I, Alfaro-Acha A, Rodríguez-Gómez I, Navarro-Cruz R, et al. Force-velocity profiling in older adults: An adequate tool for the management of functional trajectories with aging. *Exp Gerontol* 2018;108:1-6

Skelton DA, Greig CA, Davies JM, Young A. Strength, power and related functional ability of healthy people aged 65-89 years. *Age Ageing* 1994 Sep;23(5):371-377

Alcazar J, Aagaard P, Haddock B, Kamper R, Krarup Hansen S, Prescott E, et al. Age- and Sex-Specific Changes in Lower-Limb Muscle Power Throughout the Lifespan. *The Journals of Gerontology: Series A* 2020;75

Caspersen CJ, Powell KE, Christenson GM. Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Rep* 1985;100(2):126-131

## Referencias

- Chodzko-Zajko WJ, Proctor DN, Fiatarone Singh MA, Minson CT, Nigg CR, Salem GJ, et al. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and physical activity for older adults. *Med Sci Sports Exerc* 2009 -07;41(7):1510-1530
- Organización Mundial de, la Salud. Plan de acción mundial sobre actividad física 2018-2030: personas más activas para un mundo más sano. 2019
- Fragala MS, Cadore EL, Dorgo S, Izquierdo M, Kraemer WJ, Peterson MD, et al. Resistance Training for Older Adults: Position Statement From the National Strength and Conditioning Association. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 2019 August;33(8):2019–2052
- Abernethy P, Wilson G, Logan P. Strength and Power Assessment. *Sports Medicine* 1995;19(6):401-417
- Jaric S. Muscle strength testing: use of normalisation for body size. *Sports Med* 2002;32(10):615-631
- Bean J, Kiely D, BA S, Leveille S, Mizer K, Frontera W, et al. The Relationship Between Leg Power and Physical Performance in Mobility-Limited Older People. *J Am Geriatr Soc* 2002;50:461-467
- Puthoff ML, Nielsen DH. Relationships Among Impairments in Lower-Extremity Strength and Power, Functional Limitations, and Disability in Older Adults. *Physical therapy* 2007 Oct 01,;87(10):1334-1347
- Cadore EL, Casas-Herrero A, Zambom-Ferraresi F, Idoate F, Millor N, Gómez M, et al. Multicomponent exercises including muscle power training enhance muscle mass,



## Referencias

power output, and functional outcomes in institutionalized frail nonagenarians. *Age* (Dordrecht, Netherlands) 2014;36(2):773-785

Rodriguez Lopez C. 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. *Frontiers in physiology* 2021;12:143

Englund D. Resistance training performed at distinct angular velocities elicits velocity-specific alterations in muscle strength and mobility status in older adults. *Exp Gerontol* 2017;91:51-56

Earles D. Velocity training induces power-specific adaptations in highly functioning older adults. *Arch Phys Med Rehabil* 2001;82(7):872-878

Pereira A, Izquierdo M, Silva AJ, Costa AM, Bastos E, González-Badillo JJ, et al. Effects of high-speed power training on functional capacity and muscle performance in older women. *Exp Gerontol* 2012;47(3):250-255

Kawamori N. The optimal training load for the development of muscular power. *Journal of Strength & Conditioning Research* 2004;18(3):675-684

Hill AV. The heat of shortening and the dynamic constants of muscle. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B - Biological Sciences* 1938;126(843):136-195

Fenn WO, Marsh BS. Muscular force at different speeds of shortening. *J Physiol (Lond)* 1935;85(3):277-297

## Referencias

Izquierdo M, Aguado X, Gonzalez R, López JL, Häkkinen K. Maximal and explosive force production capacity and balance performance in men of different ages. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1999 Feb;79(3):260-267

Bourgeois B, Ng BK, Latimer D, Stannard CR, Romeo L, Li X, et al. Clinically applicable optical imaging technology for body size and shape analysis: comparison of systems differing in design. *Eur J Clin Nutr* 2017;71(11):1329-1335

Derouchey J. Reliability of the Styku 3D Whole-Body Scanner for the Assessment of Body Size in Athletes. *Measurement in physical education and exercise science* 2020;24(3):228-234

Amarante do Nascimento M, Borges Januário RS, Gerage AM, Mayhew JL, Cheche Pina FL, Cyrino ES. Familiarization and Reliability of One Repetition Maximum Strength Testing in Older Women. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 2013 June;27(6):1636–1642

Rikli RE, Jones CJ. Development and Validation of Criterion-Referenced Clinically Relevant Fitness Standards for Maintaining Physical Independence in Later Years. *Gerontologist* 2013;53(2):255-267

Rikli R, Jones J. Development and validation of a functional fitness test for a community-residing adults. *J Aging Phys Act* 1999;7:129-161

Avila Funes J. Medición de las capacidades físicas de adultos mayores de Quebec: un análisis secundario del estudio NuAge. *Salud Publica De Mexico - SALUD PUBLICA MEXICO* 2006;48

## Referencias

Guralnik JM, Winograd CH. Physical performance measures in the assessment of older persons. *Aging Clinical and Experimental Research* 1994;6(5):303-305

Winograd CH, Lemsky CM, Nevitt MC, Nordstrom TM, Stewart AL, Miller CJ, et al. Development of a Physical Performance and Mobility Examination. *Journal of the American Geriatrics Society* 1994;42(7):743-749

Richardson JTE. Eta squared and partial eta squared as measures of effect size in educational research. *Educational Research Review* 2011;6(2):135-147

Rodriguez Lopez C. Neuromuscular adaptations after 12 weeks of light- vs. heavy-load power-oriented resistance training in older adults. *Scand J Med Sci Sports* 2022;32(2):324-337

Rodriguez Lopez C. Acute Physiological Response to Light- and Heavy-load Power-oriented Exercise in Older Adults. *Int J Sports Med* 2021;42(14):1287-1296

Ramirez-Campillo R, Castillo A, De la Fuente C, Campos C, Andrade D, Álvarez C, et al. High-Speed Resistance Training is More Effective than Low-Speed Resistance Training to Increase Functional Capacity and Muscle Performance in Older Women. *Exp Gerontol* 2014;58

Rodriguez-Lopez C, Alcazar J, Sanchez-Martin C, Baltasar-Fernandez I, Ara I, Csapo R, et al. Neuromuscular adaptations after 12 weeks of light- vs. heavy-load power-oriented resistance training in older adults. *Scand J Med Sci Sports* 2022;32(2):324-337

Lindberg K, Lohne-Seiler H, Fosstveit SH, Sibayan EE, Fjeller JS, Løvold S, et al. Effectiveness of individualized training based on force-velocity profiling on physical function in older men. *Scand J Med Sci Sports* 2022 Mar 19

## Referencias

Cormie P. Developing maximal neuromuscular power: Part 1--biological basis of maximal power production. *Sports Medicine* 2011;41(1):17-38

Cormie P. Developing Maximal Neuromuscular Power. *Sports Medicine* 2012;41(2):125-146

Gray M. Longitudinal comparison of low- and high-velocity resistance training in relation to body composition and functional fitness of older adults. *Aging Clinical and Experimental Research* 2018;30(12):1465-1473

Jiménez-Lupión D. Effects of Power Training on Functional Capacity Related to Fall Risk in Older Adults: A Systematic Review and Meta-analysis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* Texto impreso]/

Petrella J. Contributions of force and velocity to improved power with progressive resistance training in young and older adults. *Eur J Appl Physiol* 2007;99(4):343-351

Orssatto L. Is power training effective to produce muscle hypertrophy in older adults? A systematic review and meta-analysis. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism* 2020;45(9):1031-1040

Csapo R, Alegre LM. Effects of resistance training with moderate vs heavy loads on muscle mass and strength in the elderly: A meta-analysis. *Scand J Med Sci Sports* 2016;26(9):995-1006

Lasevicius T. Effects of different intensities of resistance training with equated volume load on muscle strength and hypertrophy. *European journal of sport science* 2018;18(6):772-780

*Referencias*

Schoenfeld BJ. Potential Mechanisms for a Role of Metabolic Stress in Hypertrophic Adaptations to Resistance Training. *Sports Medicine* 2013;43(3):179-194

## Anexo 1: Consentimiento informado

---

## HOJA DE INFORMACIÓN AL/LA PARTICIPANTE ADULTO/A

**TÍTULO DEL ESTUDIO:** *“Efectos de programas de entrenamiento de fuerza isopotenciales, diferenciados según la velocidad de ejecución y la velocidad de carga sobre la Condición Física relacionada con la Salud de personas mayores.”*

INVESTIGADOR: Eliseo Iglesias Soler

CENTRO: Universidade da Coruña.

Este documento tiene por objeto ofrecerle información sobre un **estudio de investigación** en el que se le invita a participar. Este estudio fue aprobado por la **red de comités de ética de la investigación de Galicia**

Si decide participar en el mismo, debe recibir información personalizada del investigador, **leer antes este documento** y hacer todas las preguntas que precise para comprender los detalles sobre el mismo. Si así lo desea puede llevar el documento, consultarlo con otras personas y tomar el tiempo necesario para decidir si participa o no.

La participación en este estudio es completamente **voluntaria**. Ud. puede decidir no participar o, se acepta hacerlo, cambiar de parecer retirando el consentimiento en cualquier momento sin dar explicaciones. Le aseguramos que esta decisión no afectará a la atención y servicios que usted recibe o utiliza en Termaria.

### ¿Cuál es la finalidad del estudio?

El objetivo de este estudio es analizar los cambios en la condición física (la flexibilidad, la agilidad, la resistencia cardiovascular y el equilibrio) relacionada con las actividades de la vida diaria, después de un entrenamiento de la potencia muscular a diferentes velocidades de ejecución.

El envejecimiento poblacional en las sociedades avanzadas es hoy una realidad y supone varios desafíos desde el punto de vista social, económico y de salud pública. De hecho, el ejercicio físico se ha revelado como una herramienta eficaz para mejorar el estado físico según va avanzando la edad. En este sentido, la importancia del ejercicio físico y, en particular el ejercicio de fuerza con los adultos mayores se ha divulgado extensamente en la literatura. Sin embargo, es un punto clave para producir conocimiento científico sobre las intensidades y metodologías óptimas para mejorar los programas de ejercicio que mejoren la salud y calidad de vida de los adultos mayores.

Este es precisamente el objetivo principal de este proyecto, que trata de identificar la importancia de la velocidad de ejecución del ejercicio cuando se realizan programas de entrenamiento de potencia muscular sobre la capacidad física y la calidad de vida de los mayores

No se espera que Vd. obtenga beneficio directo por participar en el estudio. El único beneficio es la obtención de información en relación a su rendimiento en estos ejercicios (1RM, carga de máxima potencia y perfil mecánico).

### ¿Por qué me ofrecen participar a mí?

La selección de las personas invitadas a participar depende de unos criterios que están descritos en el protocolo de la investigación. Estos criterios sirven para seleccionar a la población en la que se responderá el interrogante de la investigación. Vd. es invitado a participar porque potencialmente cumple los siguientes criterios:

Ser usuario de Termaria	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
Mayor de 60 años	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
Físicamente activo	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
Sin contraindicación al entrenamiento de la fuerza	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>

### ¿En qué consiste mi participación?

Usted podrá ser asignado al azar en el llamado grupo control o en alguno de los grupos experimentales. En el primer caso su participación incluirá 5 sesiones de familiarización y 5 sesiones de evaluación, con una duración estimada por sesión de 1h. En el caso de ser incluido en alguno de los grupos experimentales, a las sesiones anteriores se le sumarán 10 sesiones de entrenamiento desarrolladas a lo largo de 5 semanas con una frecuencia de dos entrenamientos semanales. Las sesiones de evaluación se desarrollarán antes y después del periodo de entrenamiento (o tras 5 semanas sin intervención en el caso del grupo control) y conllevarán un test con cargas progresivas en los ejercicios de remo dorsal, extensión de cuádriceps, press de pecho, flexión de rodilla, tracción vertical de dorsal sentado, prensa de piernas; al objeto de obtener la máxima carga movilizable y la potencia de salida a 7 cargas diferentes con el objeto de registrar la curva de potencia para cada ejercicio. Asimismo, se valorarán aspectos relacionados con su composición corporal, el equilibrio estático y dinámico, la flexibilidad y con variables cardiovasculares registradas durante el ejercicio submáximo (frecuencia cardiaca). Todas las sesiones deberán ir separadas por un periodo de al menos 48 horas. En todas las sesiones de entrenamiento de los grupos experimentales habrá una monitorización de diferentes variables mecánicas asociadas a su rendimiento (fuerza, potencia,) mediante el sistema de entrenamiento E gym fitness.

Para garantizar unas condiciones experimentales adecuadas se deberá:

- Realizar todas las pruebas en la misma franja horaria según la disponibilidad individual
- No ingerir alimentos, alcohol, productos con cafeína ni tabaco en las 2-3 horas previas a cada intervención
- No modificar de manera significativa la alimentación de los días previos.
- No realizar un esfuerzo alto o inusual en las 24 horas previas a las mediciones, manteniendo el régimen habitual de actividad física en todo caso
- Llevar ropa y calzado adecuado y cómodo.

Es necesario que si Vd. decide participar en este estudio, se comprometa a asistir a las sesiones de toma de datos. En el caso en que la falta de asistencia sea repetida y provoque que no se cumplan los periodos de tiempo fijados, nos veremos obligados a apartarle del estudio.

### ¿Qué molestias o inconvenientes tiene mi participación?

La realización de las cargas de trabajo diseñadas puede generar fatiga y dolor muscular de aparición tardía (“agujetas”). Para reducir cualquier riesgo de lesión, todas las valoraciones irán precedidas por un calentamiento específico diseñado y dirigido por un especialista. Las ejecuciones de los ejercicios serán supervisadas por al menos un investigador experimentado.



Si durante el transcurso del estudio se conociera información relevante que afecte a la relación entre el riesgo y el beneficio de la participación, se le transmitirá para que pueda decidir abandonar o continuar.

#### **¿Obtendré algún beneficio por participar?**

No se espera que Vd. obtenga beneficio directo por participar en el estudio. Su participación contribuirá a aumentar el conocimiento acerca de la efectividad de un programa de entrenamiento en personas de edad avanzada. Esta información podrá ser de utilidad en un futuro para otras personas.

No se espera que la participación en el estudio genere gastos adicionales para el participante. Todas las mediciones se llevarán a cabo en las instalaciones de Termaria Casa del Agua y con usuarios de la instalación deportiva. Por lo que el estudio no genera ningún tipo de coste adicional.

#### **¿Recibiré la información que se obtenga del estudio?**

Si Vd. lo desea, se le facilitará un resumen de los resultados del estudio. También podrá recibir los resultados de las pruebas que se le practiquen si así lo solicita. Estos resultados pueden no tener aplicación clínica ni una interpretación clara, por lo que, si quiere disponer de ellos, deberían ser comentados con el investigador principal del estudio.

#### **¿Se publicarán los resultados de este estudio?**

Los resultados de este estudio serán remitidos a publicaciones científicas para su difusión, pero no se transmitirá ningún dato que permita la identificación de los participantes.

#### **Información referente a sus datos:**

La obtención, tratamiento, conservación, comunicación y cesión de sus datos se hará conforme a lo dispuesto en el Reglamento General de Protección de Datos de la Unión Europea y la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre de protección de datos y garantías de derechos digitales. La institución en la que se desarrolla esta investigación es la responsable del tratamiento de sus datos, pudiendo contactar con la Delegada de Protección de Datos de la Universidade da Coruña (Luz María Puente Alba) a través de los siguientes medios: correo electrónico: [dpd@udc.es](mailto:dpd@udc.es)/Tfno. 881 01 1605

Los datos necesarios para llevar a cabo este estudio serán recogidos y conservados de modo:

- **Seudonimizados (Codificados)**, la seudonimización es el tratamiento de datos personales de manera tal que no pueden atribuirse a un/a interesado/a sin que se use información adicional. En este estudio solamente el equipo investigador conocerá el código que permitirá saber su identidad

La normativa que regula el tratamiento de datos de personas le otorga el derecho a acceder a sus datos, oponerse, corregirlos, cancelarlos, limitar su tratamiento, restringir o solicitar la supresión de los mismos. También puede solicitar una copia de éstos o que ésta sea remitida a un tercero (derecho de portabilidad).

Para ejercer estos derechos puede Ud. dirigirse a la Delegada de Protección de Datos de la Universidade da Coruña a través de los medios de contacto antes indicados o al investigador/a principal de este estudio en el correo electrónico: [eliseo.iglesias.soler@udc.es](mailto:eliseo.iglesias.soler@udc.es) y/o tfno 981167000 (ext 4061)

Así mismo, Ud. tiene derecho a interponer una reclamación ante la Agencia Española de Protección de datos cuando considere que alguno de sus derechos no haya sido respetado.

Únicamente el equipo investigador y las autoridades sanitarias, que tienen el deber de guardar la confidencialidad, tendrán acceso a todos los datos recogidos por el estudio. Se podrá transmitir a terceros información que no pueda ser identificada. En el caso de que alguna información se transmita a otros países, se realizará con un nivel de protección de datos equivalente, como mínimo, al establecido por la normativa española y europea.

Al finalizar el estudio, o el plazo legal establecido, los datos recogidos serán eliminados o guardados anónimos para su uso en futuras investigaciones según lo que Ud. escoja en la hoja de firma del consentimiento.

**¿Existen intereses económicos en este estudio?**

Esta investigación es promovida por la Universidade da Coruña (proyecto de investigación para Tese doutoral).

El investigador no recibirá retribución específica por la dedicación al estudio.

Ud. no será retribuido por participar. Es posible que de los resultados del estudio se deriven productos comerciales o patentes; en este caso, Ud. no participará de los beneficios económicos originados.

**¿Cómo contactar con el equipo investigador de este estudio?**

Puede contactar con el investigador principal del proyecto (Eliseo Iglesias Soler) en la siguiente *dirección de correo electrónico*: [eliseo.iglesias.soler@udc.es](mailto:eliseo.iglesias.soler@udc.es)

**Muchas gracias por su colaboración**

**DOCUMENTO DE CONSENTIMIENTO PARA LA PARTICIPACIÓN EN UN ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN**

TÍTULO del estudio: *“Efectos de programas de entrenamiento de fuerza isopotenciales, diferenciados según la velocidad de ejecución y la velocidad de carga sobre la Condición Física relacionada con la Salud de personas mayores.”*

Yo, .....

- Leí la hoja de información al participante del estudio arriba mencionado que se me entregó, pude conversar con: Eliseo Iglesias Soler y hacer todas las preguntas sobre el estudio.
- Comprendo que mi participación es voluntaria, y que puedo retirarme del estudio cuando quiera, sin tener que dar explicaciones y sin que esto repercuta en mis cuidados médicos.
- Accedo a que se utilicen mis datos en las condiciones detalladas en la hoja de información al participante.
- Presto libremente mi conformidad para participar en este estudio.

Al terminar este estudio acepto que mis datos sean:

- Eliminados
- Conservados anonimizados para usos futuros en otras investigaciones

Fdo.: El/la participante,

Fdo.: El/la investigador/a que solicita el consentimiento

Nombre y Apellidos:

Nombre y Apellidos:

Fecha:

Fecha:

## Anexo 2: Informe favorable del comité de ética autonómico

---



## **DICTAMEN DEL COMITÉ DE ÉTICA DE LA INVESTIGACIÓN DE A CORUÑA - FERROL**

Natalia Cal Purriños, secretaria del Comité de Ética de la Investigación de A Coruña-Ferrol **CERTIFICA:**

Que este Comité evaluó en su reunión del día 18/11/19 el estudio:

**Título:** Efectos de programas de entrenamiento de fuerza isopotenciales, diferenciados según la velocidad de ejecución y la intensidad de caria sobre la Condición Física Relacionada con la Salud de las personas mayores **Versión:**

**Promotor/a:** Eliseo Iglesias Soler

**Investigador/a:** Eliseo Iglesias Soler

**Código de Registro:**2019/399

Y que este Comité, tomando en consideración la pertinencia del estudio, el conocimiento disponible, los requisitos éticos, metodológicos y legales exigibles a los estudios de investigación con seres humanos, sus muestras o registro y los Procedimientos Normalizados de Trabajo del Comité, emite un dictamen **FAVORABLE\*** para la realización del citado estudio.

**NOTA\*:** Este comité considera que el estudio se puede realizar siempre que el medio de difusión para informar sobre el estudio a posibles candidatos a participar sea el cartel presentado para nuestra evaluación y que ponían el correo electrónico del delegado de Protección de Datos de la UDC, dpd@udc.gal, dado que el investigador principal no es delegado de protección de datos.



**Y HACE CONSTAR QUE:**

1. El Comité Territorial de Ética de la Investigación de A Coruña-Ferrol cumple los requisitos legales vigentes
2. La composición actual del Comité Territorial de Ética de la Investigación de A Coruña-Ferrol es:

**Carmen Mella Pérez (Presidenta).** Médica especialista en Medicina Interna. Área de Gestión Integrada Ferrol.

**Ángel Lopez-Silvarrey Varela. (Vicepresidente).** Médico especialista en Pediatría. Área de Gestión Integrada A Coruña.

**Natalia Cal Purriños. (Secretaria).** Licenciada en Derecho. Fundación “Profesor Novoa Santos”. A Coruña.

**Sonia Pértega Díaz. (Vicesecretaria).** Matemática. Área de Gestión Integrada A Coruña.

**Juana M.ª Cruz del Río.** Trabajadora social. Consellería de Sanidad.

**María Ángeles Freire Fojo.** Farmacéutica. Especialista en Farmacia Hospitalaria. Área de Gestión Integrada Ferrol.

**Portal González Lorenzo.** Médica especialista en Medicina Familiar y Comunitaria. Área de Gestión Integrada Ferrol.

**Begoña Graña Suárez.** Médica especialista en Oncología Médica. Área de Gestión Integrada A Coruña.

**Isaac Martínez Bendayán.** Médico especialista en Cardiología. Área de Gestión Integrada A Coruña.

**María Otero Santiago.** Médica especialista en Medicina Preventiva y Salud Pública. Área de Gestión Integrada A Coruña.

**Alejandro Pazos Sierra.** Médico. Universidad de A Coruña.

**Gonzalo Peña Pérez.** Médico especialista en Cardiología. Hospital de San Rafael. A Coruña.

**Carlos Rodríguez Moreno.** Médico especialista en Farmacología Clínica. Área de Gestión Integrada Santiago.

**José M.ª Rumbo Prieto.** Diplomado en Enfermería. Área de Gestión Integrada Ferrol.

**María Isabel Sastre Gervás.** Farmacéutica Atención Primaria. Área de Gestión Integrada A Coruña.

Para que conste donde proceda, y a petición de quien corresponda, en A Coruña.

**La Secretaria del Comité Territorial de Ética de la Investigación de A Coruña – Ferrol,**

**Natalia Cal Purriños**

Firmado digitalmente por:  
CAL PURRIÑOS  
NATALIA MARIA -  
79321490X  
Fecha y hora: 28.11.2019 13:04:43

## Anexo 3: Producción científica asociada a la tesis

---

Artículo:

- Fraga-Germade E, Carballeira E, Iglesias-Soler E. Effect of resistance training programs with equated power on older adults' functionality and strength: A randomized controlled trial. *J Strength Cond Res.* 2023

Apr 27, 2023

RE: JSCR-08-19189R2, entitled "Effect of resistance training programs with equated power on older adults' functionality and strength: a randomized controlled trial"

Dear Dr. Carballeira,

I am pleased to inform you of the official acceptance of your manuscript, JSCR-08-19189R2, entitled "Effect of resistance training programs with equated power on older adults' functionality and strength: a randomized controlled trial" for publication in the Journal of Strength and Conditioning Research. Congratulations to you and your co-authors in meeting the very high standard of quality that is required for publication in this Journal.

The production staff at Lippincott, Williams and Wilkins (LWW) will be sending galley proofs and work with you to put your manuscript into proper format for publication.

I want to take this opportunity to remind you to check the page proofs promptly and carefully for accuracy when you eventually receive them. You will receive them via email so please be attentive to such communications.

**OPEN ACCESS**

If you indicated in the revision stage that you would like your submission, if accepted, to be made open access, please go directly to step 2. If you have not yet indicated that you would like your accepted article to be open access, please follow the steps below to complete the process:

1. Notify the journal office via email that you would like this article to be available open access. Please send your Email to [jscrjoanme@gmail.com](mailto:jscrjoanme@gmail.com). Please include your article title and manuscript number.
2. A License to Publish (LTP) form must be completed for your submission to be made available open access. Please download the form from <http://links.lww.com/LWW-ES/A49>, sign it, and email the completed form to the journal office.
3. You will be receiving an Open Access Publication Charge letter from the Journal's Publisher, Wolters Kluwer, with instructions on how to submit any open access charges. The email will be from [no-reply@copyright.com](mailto:no-reply@copyright.com) with the subject line 'Please Submit Your Open Access Article Publication Charge(s)'. Please complete payment of the Open Access charges within 48 hours of receipt.

Finally, please be aware that there is usually a delay at this point in time of about 9-12 months before the article will appear in print, due to the high demand for space in the Journal. However, your paper will appear in an "ahead of print" format prior to its formal publication.

Follow the JSCR on Twitter: [@JSCRonline](https://twitter.com/JSCRonline)

We look forward to the submission of other manuscripts from your laboratory. Thank you for your contribution to the JSCR.

We wish you all the best in your future research projects.

Kind Regards,

Sandor Dorgo, PhD  
Senior Editor

CC: Nicholas A. Ratamess, Ph.D., CSCS\*D, FNCSA  
Editor-In-Chief

Journal of Strength and Conditioning Research



# Effect of Resistance Training Programs With Equated Power on Older Adults' Functionality and Strength: A Randomized Controlled Trial

Enrique Fraga-Germade,<sup>1</sup> Eduardo Carballeira,<sup>1,2</sup> and Eliseo Iglesias-Soler<sup>1</sup>

<sup>1</sup>University of A Coruña, Performance and Health Group, Department of Physical Education and Sport, Faculty of Sports Sciences and Physical Education, A Coruña, Spain; and <sup>2</sup>University of A Coruña, Gerontology & Geriatrics Research Group, Biomedical Research Institute of A Coruña (INIBIC), University Hospital Complex of A Coruña (CHUAC), Galician Health Service (SERGAS), Department of Physical Education and Sport, Faculty of Sport Sciences and Physical Education, A Coruña, Spain

## Abstract

Fraga-Germade, E, Carballeira, E, and Iglesias-Soler, E. Effect of resistance training programs with equated power on older adults' functionality and strength: a randomized controlled trial. *J Strength Cond Res* XX(X): 000–000, 2023—This study aimed to compare the effect of 2 training programs of equated power but differing in load intensity on older adults' functionality, strength, performance, and body composition. Forty-four active (23 female) older adults ( $66.3 \pm 4.5$  years) were randomly assigned to low-load high-velocity (LL-HV), high-load low-velocity (HL-LV), and control (CON) groups. Low-load high-velocity and HL-LV performed, twice weekly for 5 weeks, a resistance training program at 95% of their individual peak power (PP) but with different load intensities for 3 exercises: chest press (CHP), leg press (LP), and seated row (SR). Before and after the intervention, body composition, functional performance, maximal voluntary isokinetic force (MVF), PP, and a relative load-power profile (L-PP) were evaluated for every exercise. PP similarly improved in the experimental groups for SR and LP ( $p < 0.05$ ). Both groups increased their MVF for the 3 exercises ( $p < 0.05$ ). Positive effects on L-PP were observed in LL-HV for SR ( $p = 0.009$ ) and HL-LV for LP ( $p < 0.001$ ). CON decreased its global power performance in SR ( $p = 0.009$ ) and CHP ( $p = 0.031$ ) compared with the baseline. Both experimental groups improved Timed Up and Go performance ( $p < 0.05$ ), but only HL-LV increased 6-minute walking performance (pre:  $514.3 \pm 89.0$  m, post:  $552.6 \pm 65.4$  m;  $p < 0.05$ ). In conclusion, adding short-term power training (i.e., 10 sessions throughout 5 weeks) with loads slightly above the optimal load to nonsupervised multicomponent training might improve active older adults' functional performance and cardiovascular endurance.

**Key Words:** power training, functional performance, optimal load, velocity training, maximal voluntary isokinetic force, load-power profile

## Introduction

The aging process is characterized by a progressive affection of the musculoskeletal system, which, at some point, will imply an impaired ability to perform daily living activities and, consequently, the loss of autonomy (20). On the other hand, age-related impairment occurs at different rates between different expressions of muscular performance. Thus, it has been observed that the loss of the ability to generate high levels of power begins earlier and occurs at a higher rate than the deterioration of maximum strength (5,19,35).

Resistance training has become an essential component of exercise prescribed for older adults because of its ability to mitigate aging effects on neuromuscular function and improve functional capacity (25). Recent resistance training recommendations for older adults have suggested including power-oriented resistance exercises (PRT), which refers to the ability to overcome resistance dynamically in the shortest time frame, performing the concentric phase as fast as possible, followed by a controlled slower eccentric phase (20). In this regard, PRT programs were more effective than

traditional resistance training in improving the functional capacity of older adults (5,19).

Power is the product of the force acting on an object and the velocity at which the object is moving. Namely, mechanical muscle power output results from the force of contraction at a determined muscle-shortening velocity. The existence of optimal velocity and force derives from the inverse relationship between muscle-shortening speed and force of contraction. Thus, the inverse force-velocity relationship implies a parabolic relationship between power and velocity, power and force, and power and load. The existence of a peak value of power (PP) is associated with a specific velocity (i.e., optimal velocity), which in turn is related to a value of force (i.e., optimal force) produced against a determined load (i.e., optimal load) (21). Furthermore, the parabolic profile of the relative load-power profile (L-PP) means that there are equated power points at the 2 sides of the parabola, that is, paired power levels that can be performed with different loads (or different forces) at different velocities.

As previous studies have shown, the levels of mechanical power could be improved by increasing the force levels (improvements in muscle size and neural drive) or the execution velocity (increased fascicle length and effectiveness of the stretch-shortening cycle) (1,5,39). However, these experiments have used markedly different load magnitudes or exercises performed at submaximal

Address correspondence to Eduardo Carballeira, [eduardo.carballeira@udc.es](mailto:eduardo.carballeira@udc.es).

*Journal of Strength and Conditioning Research* 00(00)/1–11

© 2023 National Strength and Conditioning Association



intended velocities, entailing that training protocols also differed in power output (39).

From a practical standpoint, it is known that correct management of training parameters, such as frequency, intensity, time, and volume, can improve the physical condition of older adults (20). Nevertheless, it is crucial to identify brief and efficient training strategies for active older adults with less room for improvement. This means that physically active older adults' bodies have already adapted to exercise stimuli, making them less sensitive to improvement and requiring higher stimulus levels to achieve continued physical improvement (44). Consequently, a training program that is effective for sedentary older adults may not provide enough stimulation for physically active older adults to make further progress. To address this challenge, identifying the most efficient power training configuration for active older adults is crucial to enhance their functional reserve through effective training that will slow and delay the onset of age-related conditions.

To the best of our knowledge, no previous study has explored the importance of load and, therefore, the execution velocity to modulate the adaptation of older adults to PRT programs equated by power output. Consequently, the objective of this study was to contrast the effects of 2 PRT programs performed at the maximum intended velocity with different loads (and therefore different velocities) but equated regarding the relative power (i.e., % of PP) on functionality, strength performance, and body composition of a sample of active older adults. Thus, we conducted a randomized controlled trial with 2 experimental groups training at the same relative power (i.e., ~95% of PP) but with loads lower or higher than the optimal load (i.e., high-velocity and low-velocity programs, respectively). Furthermore, we established a control group to monitor the impact of short-term power training prescribed with loads close to the optimal load in active older adults who continued their regular nonsupervised multicomponent training. Including a control group of active older adults

strengthens the experimental design by controlling for potential changes induced by regular nonsupervised training.

**Methods**

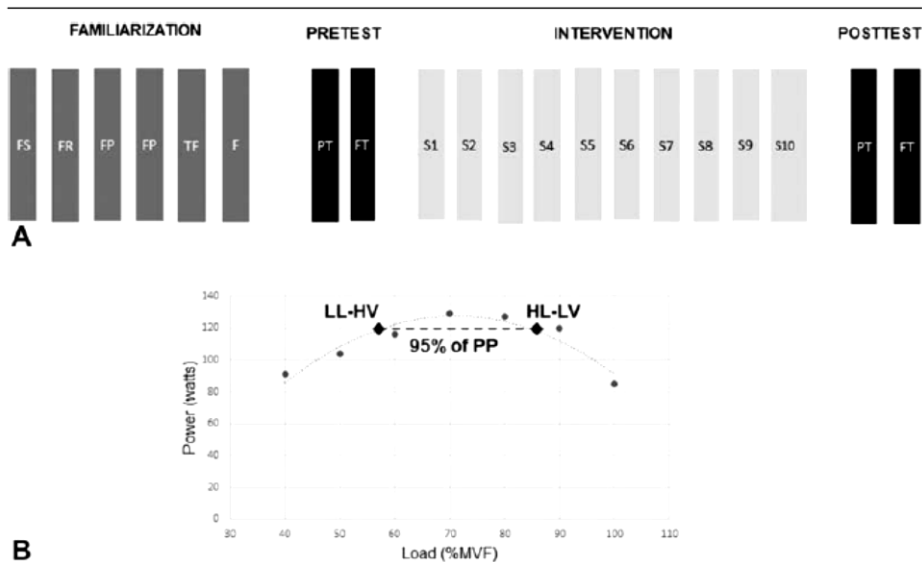
**Experimental Approach to the Problem**

The study was a 10-week randomized controlled trial with 2 intervention groups and a control group (CON). All the subjects completed 6 initial sessions to familiarize themselves with the training equipment (sessions 1 to 6), with functional tests and the progressive incremental protocol seeking to obtain the PP (session 5) (Figure 1A) for the resistance training exercises: seated row (SR), chest press (CHP), and leg press (LP).

After completing the pretest (sessions 7 and 8), the subjects were allocated by block randomization to low-load high-velocity (LL-HV), high-load low-velocity (HL-LV), or CON groups considering their sex and the composite force (i.e., the sum of the maximal voluntary isokinetic force (MVF) in SR, CHP, and LP; ΣMVF). The subjects assigned to LL-HV and HL-LV completed 10 power and volume-equated PRT sessions (sessions 9 to 18) but were differentiated by load intensity, which in turn affected execution velocity (Figure 1B). Both experimental groups performed the PRT sessions twice per week while also maintaining their usual nonsupervised multicomponent training, as did CON. This nonsupervised multicomponent training included fitness, Tai-chi, swimming, and aerobic sessions throughout the duration of the experiment. Before and after the intervention, all the subjects accomplished the battery of tests: functional capacity, MVF, relative L-PP, and body composition (sessions 7–8 and 19–20).

**Subjects**

Sixty-nine subjects were recruited through advertisements and oral communications in a sports center. Nevertheless, 25 subjects dropped out of the investigation because of the COVID-19



**Figure 1.** Schematic representation of the study. A) Experimental design. F = familiarization session; TF = test familiarization session; FT = functional test session; PT = power test session; S = training session. B) Load selection methodology. PP = peak power; LL-HV = low load high velocity; HL-LV = high load low velocity.

restrictions; hence, 44 individuals completed the study. The subjects were subscribers of the sports center and were involved in regular physical activity for at least 2 years. All of them gave their written informed consent to participate in the study. This study followed the process approved by the Galician Regional Committee for Research Ethics (code 2019/339) and agreed with the Declaration of Helsinki. Subjects who met the inclusion criteria ( $n = 44$ ; age =  $66.3 \pm 4.5$  years; body mass =  $68.6 \pm 13.9$  kg; height =  $1.64 \pm 0.09$  m) were randomly distributed into the 3 groups: CON ( $n = 16$ ; age =  $65.5 \pm 5.1$  years; body mass =  $69.2 \pm 13.8$  kg; height =  $1.64 \pm 0.1$  m), HL-LV ( $n = 13$ ; age =  $67.5 \pm 4.6$  years; body mass =  $62.9 \pm 11.0$  kg; height =  $1.62 \pm 0.09$  m), and LL-HV ( $n = 15$ ; age =  $66.2 \pm 3.5$  years; body mass =  $73.0 \pm 1.3$  kg; height =  $1.65 \pm 0.08$  m).

### Procedures

**Familiarization Sessions.** To minimize the potential learning effect, subjects completed 6 familiarization sessions, with at least 48 hours of rest between them. All the sessions (familiarization, testing, and training) started with a standardized warm-up of 5-minute cycling at 60–80 rpm on a cycle ergometer (Assault Fitness, AirBike Elite, Life Core Fitness). In the first session, researchers settled and registered the individual full range of motion for each exercise, and the subjects performed a specific MVF test for every exercise. Afterward, subjects completed their first session with 2 sets of 20 repetitions with 45% of the MVF to familiarize themselves with the selected machines (Egym Fitness GmbH, Germany). In session 2, subjects completed 3 sets with the same load and repetitions as in session 1, representing a volume increment. In sessions 3 and 4, subjects completed a PRT with 2 sets of 12 repetitions at 60% of the MVF, representing an intensity increment. In session 5, subjects familiarized themselves with a customized incremental load test (I-PP) and the functional tests (descriptions reported below). At the last familiarization session (session 6), all the subjects repeated the PRT of the third and fourth sessions.

**Training Intervention.** HL-LV and LL-HV groups performed 2 supervised PRT sessions per week for 5 weeks (i.e., 10 training sessions) separated by at least 48 hours. Resistance used at the 3 training exercises (i.e., SR, CHP, and LP) by both training groups was equated in power output but differentiated by the load intensity and, consequently, by execution velocity. Both experimental groups trained with loads associated with the power representing 95% of the PP (Figure 1B). Low-load high-velocity trained with the lowest load associated with 95% of the PP, and HL-LV trained with the highest load associated with 95% of the PP. Volume and rest were equated between intervention groups; in fact, total volume was distributed in 3 sets, and the number of repetitions within each set was calculated for each subject using the following formula:

$$\text{Repetitions per set} = 8 \times \frac{(0.7 \times \text{MVF})}{\% \text{MVF}}$$

where “8” and “ $0.7 \times \text{MVF}$ ” represent a habitual and feasible number of repetitions (i.e., 8 repetitions) and relative load (i.e., 70% of the MVF), respectively, previously used in resistance training of older adults (32).

On the other hand, “%MVF” in the formula is obtained from the relative value that the associated load to the 95% of the PP represented from MVF. For example, the %MVF would be 60 if the load associated with 95% of the PP represented 60% of the MVF. Accordingly, it can be deduced that LL-HV trained with a

lower %MVF than HL-LV. The researchers encouraged the subjects to perform each repetition as fast as possible during the concentric phase. All the subjects were asked to continue their usual lifestyles during the 5-week study period to maintain their regular nonsupervised multicomponent training previously described.

### Body Composition, Strength and Performance, and Functional Assessments.

**Body Composition Assessment** Height and body mass were measured with a stadiometer and scale (Seca 711, Seca Ltd., Hamburg, Germany) to the nearest 0.1 cm and the nearest 0.1 kg, respectively. Body mass index, hip, waist, waist-to-hip ratio, lean mass, fat mass and percentage, bone mass, left and right thigh perimeters, and left and right biceps perimeters were assessed using a Styku 3D S100 whole-body scanner (Styku 3D S100, Styku LLC, Los Angeles, CA), which was configured using the manufacturer’s specifications. The Styku Phoenix 4.1 software (Styku 3D S100, Styku LLC) uses recognition technology to automatically locate surface landmarks to extract circumferences and whole-body and segmental surface areas and volumes. The body composition assessment protocol used in this study has been reported as highly reliable (4,12).

**Strength and Power Performance Assessment** An MVF test was performed to obtain the maximal capacity to apply force in 3 fundamental resistance exercises (i.e., SR, CHP, and LP). To implement the MVF test, we used 1 servo-controlled dynamometer (Egym Fitness GmbH, Germany) that controlled force and displacement during the whole movement in each resistance exercise. Thus, the dynamometer software had a specific MVF test protocol that consisted of an isokinetic test. The dynamometer autoregulated the resistance applied when the subject performed the concentric phase to ensure that the movement took 2 seconds from the starting position to the end of the range of motion individually established during the first familiarization session. The subjects were instructed to perform each concentric action “as fast and strongly as possible.” The produced torque was measured throughout the individualized range of motion previously recorded by the software, and the peak value of the movement was obtained. Finally, the system converted the torque values into kilograms, which represented the maximum voluntary force (i.e., MVF) produced during the exercise. In this study, subjects first performed 2 submaximum efforts to familiarize themselves with the measurements and then exerted an MVF as explosively as possible during the whole range of motion. As aforementioned, subjects completed 2 familiarization sessions to maximize measurement precision as previously recommended (3).

We developed an incremental load test using the dynamometers to assess the PP and the I-PP. For this purpose, the subjects performed each of the 3 exercises with increasing resistances from 40 to 100% MVF at 10% load increments. To minimize fatigue, subjects completed 2 repetitions, pausing 30 seconds between repetitions, with loads from 40 to 80% MVF and only 1 repetition for 90 and 100% load. The resting time between sets was 60 seconds for low loads (i.e., 40, 50, and 60% of MVF), 120 seconds for moderate loads (i.e., 70 and 80% of MVF), and 180 seconds for high loads (i.e., 90 and 100% of MVF). The researchers encouraged the subjects to execute each repetition as fast and strongly as possible during the concentric phase. The order of execution of the 3 exercises was SR, LP, and CHP. The highest power (watts) recorded with each load was considered for analysis.



**Functional Performance Assessment** Subjects performed the 6-minute walking test (6MWT) to assess their cardiovascular endurance, the one-leg standing balance test, the timed up-and-go test (TUG), and the chair sit-and-reach test to evaluate their neuromuscular performance. All these protocols were performed in the same facility, order, and time and supervised by the same researchers before and after the training program.

The 6MWT estimates cardiovascular endurance and determines the maximum distance (m) the subject walks in 6 minutes, along with a 45.7-m rectangular court (37). On the verbal instruction "go," the subjects walked as fast as possible around the course as many times as they could in 6 minutes. The score was the total number of meters walked in 6 minutes to the nearest 4.57-m mark. The single-leg balance test was assessed using the protocol previously described (45), which has good administration feasibility in areas with limited space (18,45). The subjects tried to stand up on 1 foot as long as possible with open eyes. First, the subjects were asked to put their hands on their waist and keep that posture during the test. Then, they tried to elevate their non-dominant foot near the ankle on the ground (without touching). Time (in seconds) started when the foot separated from the ground and finished when the foot touched the ground, the hands were separated from the waist, or the subject kept the posture for 60 seconds. The timed up-and-go test assesses dynamic balance represented by the total time required for the subjects to rise from a seated position, walk 2.44 m, turn around, and return to a seated position (37). The chair sit-and-reach test is a modified version of the floor sit-and-reach tests included in the Senior Fitness Test Battery (37). The subjects sat on the front edge of a chair and then extended one leg straight out in front of the hip, maintaining the foot flexed and the heel resting on the floor and then reached forward toward the toes by bending at the hip. The unit of measurement for chair sit and reach was centimeters.

#### Statistical Analyses

Standard statistical methods were used for the calculation of mean and SD. The normality and homoscedasticity assumptions were checked with the Shapiro-Wilk and the Levene tests, respectively. The training-related effects were assessed using a two-way ANOVA with a repeated measures factor (time) and an intersubject factor (group), and the changes in L-PP effects were analyzed using a three-way ANOVA with 2 repeated measures factors (time and load) and an intersubject factor (group). When a significant interaction was detected, post hoc *t*-tests were conducted with Bonferroni's adjustment. The significance level was established at a value of  $p \leq 0.05$ . The effect size for each factor of the ANOVA was determined using partial eta squared ( $\eta^2$ ), whereas Hedges' *G* (*G*) values along with their corresponding 95% confidence intervals (CIs) were calculated for pairwise comparisons. Whenever a significant main effect or post hoc pairwise contrast was identified, both  $\eta^2$  and *G* values were reported. The lower thresholds to consider an effect size as small, medium, and large were 0.0099, 0.0588, and 0.1379 for  $\eta^2$  (36) and 0.2, 0.5, and 0.8 in the case of the Hedges' *G*, respectively.

All statistical analyses were performed using IBM SPSS Statistics for Windows Version 24.0 (IBM Corp. Armonk, NY). A post hoc power analysis was calculated using the GPower software (version 3.1.9.2). Statistical power ( $1 - \beta$ ) for a within-between interaction of an ANOVA with 3 groups and 2 measurements (i.e., pretest and posttest), for a sample size of 44, a correlation among repeated measures of 0.5, and for detecting a medium effect size ( $f = 0.25$ ) is 0.82 (i.e., 82%). In addition, we

calculated the sensitivity of the ANOVA to detect a within-between interaction for an alpha level of 0.05, a power of 0.90, a total sample of 44 subjects, and a correlation between repeated measurements of 0.5, obtaining that the test was sensitive (i.e., had a statistical power of 90%) to detect a medium effect size ( $f = 0.28$ ). The level of significance adopted was  $p \leq 0.05$ .

## Results

### Verification of the Equated Power and Volume of Training

Experimental groups did not differ in total volume (kg) completed during the training program for SR (7,747  $\pm$  4,942 kg and 7,842  $\pm$  7,517 kg for HL-LV and LL-HV, respectively;  $p = 0.969$ ), CHP (4,837  $\pm$  2,960 kg and 4,667  $\pm$  3,804 kg for HL-LV and LL-HV, respectively;  $p = 0.898$ ), and LP (30,559  $\pm$  12,583 kg and 34,212  $\pm$  16,213 kg for HL-LV and LL-HV, respectively;  $p = 0.516$ ). There were no effects of session ( $p = 0.998$ ,  $0.999$ , and  $0.999$  for SR, CHP, and LP, respectively), group ( $p = 0.721$ ,  $0.755$ , and  $0.357$  for SR, CHP, and LP, respectively), nor time  $\times$  group interaction ( $p = 0.999$  for SR, CHP, and LP, respectively) for mean power performed throughout sessions. %MVF used in SR, CHP, and LP throughout the training program for HL-LV was 84  $\pm$  15%, 73  $\pm$  8%, and 84  $\pm$  12%, respectively. By contrast, LL-HV trained with 75  $\pm$  23%, 61  $\pm$  10%, and 69  $\pm$  28% of MVF, for SR, CHP, and LP, respectively.

**Body Composition Assessment.** Only a significant increase in the right biceps was observed in HL-LV ( $p = 0.002$ ;  $G = 0.662$ ; 95% CI: [0.093–1.230]), whereas the waist-to-hip ratio raised in CON ( $p = 0.004$ ;  $G = 0.476$ ; [0.018–0.969]). Data for the body composition measurements are shown in Table 1.

### Strength and Power Performance Assessment

The repeated measures ANOVA for the MVF in SR detected a significant effect of time ( $p < 0.001$ ;  $\eta^2 = 0.454$ ) and a significant time  $\times$  group interaction ( $p = 0.006$ ;  $\eta^2 = 0.220$ ), whereas the effect of group was nonsignificant ( $p = 0.790$ ;  $\eta^2 = 0.011$ ). Post hoc analysis showed a significant increase in both HL-LV (64.2  $\pm$  22.9 kg and 74.4  $\pm$  24.7 kg for pretest and posttest, respectively;  $p < 0.001$ ;  $G = 1.546$ ; [0.764–2.328]) and LL-HV (152.3  $\pm$  58.8 kg and 185.7  $\pm$  58.2 kg for pretest and posttest, respectively;  $p < 0.001$ ;  $G = 1.318$ ; [0.646–1.990]). For CHP, the repeated measures ANOVA revealed a time effect ( $p < 0.001$ ;  $\eta^2 = 0.573$ ) and a time  $\times$  group interaction ( $p = 0.014$ ;  $\eta^2 = 0.189$ ). Post hoc analyses indicated a significant increase in HL-LV (51.2  $\pm$  16.8 kg and 58.6  $\pm$  21.3 kg for pretest and posttest, respectively;  $p < 0.001$ ;  $G = 1.399$ ; [0.659–2.139]) and in LL-HV (48.5  $\pm$  21.3 and 54.2  $\pm$  20.2 for pretest and posttest, respectively;  $p < 0.001$ ;  $G = 1.296$ ; [0.629–1.962]) after the 5 weeks of PRT. Finally, the analysis of MVF in LP showed an effect of time ( $p < 0.001$ ;  $\eta^2 = 0.534$ ) and time  $\times$  group interaction ( $p = 0.021$ ;  $\eta^2 = 0.172$ ). Maximal voluntary isokinetic force increased significantly in HL-LV (132.0  $\pm$  28.8 kg and 164.2  $\pm$  45.9 kg for pretest and posttest, respectively;  $p < 0.001$ ;  $G = 1.193$ ; [0.508–1.878]) and LL-HV (152.3  $\pm$  58.8 kg and 185.7  $\pm$  58.2 kg for pretest and posttest, respectively;  $p < 0.001$ ;  $G = 1.567$ ; [0.830–2.304]) after the intervention. No significant changes in MVF were detected after the intervention in CON for any of the 3 exercises ( $p \geq 0.139$ ).

The evolution of relative peak power (PP) in SR, CHP, and LP is presented in Table 2. After the intervention, SR relative PP

**Table 1**  
Body composition measurement values before (pre) and after (post) 5 weeks of training using equated power methods.\*†

	Group	Pre	Post	$p$ ( $p\eta^2$ )		
				Group	Time	T × G
Lean mass (kg)	HL-LV	41.0 ± 7.2	41.6 ± 7.3	0.393 (0.044)	0.094 (0.067)	0.395 (0.044)
	LL-HV	45.8 ± 9.8	46.1 ± 9.8			
	CON	45.9 ± 12.0	45.8 ± 12.0			
Fat mass (kg)	HL-LV	20.0 ± 5.2	20.3 ± 6.4	0.103 (0.105)	0.987 (0.000)	0.380 (0.046)
	LL-HV	25.7 ± 8.6	25.2 ± 8.3			
	CON	21.9 ± 4.8	22.1 ± 5.3			
Fat mass (%)	HL-LV	31.5 ± 6.4	30.9 ± 6.0	0.630 (0.022)	0.057 (0.085)	0.218 (0.072)
	LL-HV	33.9 ± 6.4	33.2 ± 6.7			
	CON	32.1 ± 6.5	32.2 ± 6.3			
Bone mass (kg)	HL-LV	1.94 ± 0.32	1.97 ± 0.32	0.460 (0.037)	0.115 (0.060)	0.114 (0.101)
	LL-HV	2.10 ± 0.33	2.12 ± 0.33			
	CON	2.10 ± 0.36	2.08 ± 0.37			
Body mass (kg)	HL-LV	62.9 ± 11.0	63.0 ± 11.0	0.168 (0.083)	0.913 (0.000)	0.759 (0.013)
	LL-HV	73.0 ± 15.3	72.8 ± 15.1			
	CON	69.2 ± 13.8	69.5 ± 14.5			
BMI (kg m <sup>-2</sup> )	HL-LV	23.8 ± 3.3	23.8 ± 3.3	0.177 (0.081)	0.977 (0.000)	0.801 (0.011)
	LL-HV	26.4 ± 4.1	26.4 ± 4.1			
	CON	25.3 ± 3.3	25.4 ± 3.6			
Right thigh (cm)	HL-LV	47.2 ± 4.4	47.5 ± 4.6	0.037 (0.149)	0.418 (0.016)	0.361 (0.048)
	LL-HV	51.9 ± 4.3	51.4 ± 5.3			
	CON	50.1 ± 3.8	49.7 ± 3.5			
Left thigh (cm)	HL-LV	46.5 ± 3.7	46.9 ± 4.2	0.005 (0.227)	0.370 (0.020)	0.242 (0.067)
	LL-HV	52.1 ± 4.2	51.4 ± 4.9			
	CON	50.1 ± 3.3	49.8 ± 3.2			
Right biceps (cm)	HL-LV	25.9 ± 2.8	26.9 ± 3.4‡	0.375 (0.047)	0.015 (0.136)	0.043 (0.142)
	LL-HV	27.4 ± 3.3	27.7 ± 3.0			
	CON	28.0 ± 3.2	27.9 ± 2.9			
Left biceps (cm)	HL-LV	26.1 ± 2.4	26.9 ± 3.0	0.588 (0.026)	0.177 (0.044)	0.177 (0.081)
	LL-HV	27.4 ± 2.9	27.6 ± 3.1			
	CON	27.6 ± 3.1	27.4 ± 3.1			
Waist (cm)	HL-LV	82.4 ± 9.3	81.6 ± 8.2	0.316 (0.055)	0.053 (0.089)	0.153 (0.088)
	LL-HV	87.8 ± 10.5	86.8 ± 11.0			
	CON	83.8 ± 9.3	84.1 ± 8.1			
Hip (cm)	HL-LV	95.9 ± 6.6	95.2 ± 6.5	0.107 (0.103)	0.006 (0.168)	0.840 (0.008)
	LL-HV	101.1 ± 7.5	100.2 ± 6.8			
	CON	98.7 ± 4.7	98.0 ± 5.1			
WHR	HL-LV	0.85 ± 0.57	0.85 ± 0.57	0.788 (0.012)	0.107 (0.062)	0.043 (0.142)
	LL-HV	0.86 ± 0.55	0.86 ± 0.56			
	CON	0.84 ± 0.51	0.85 ± 0.53‡			

\*HL-LV = high-load low-velocity group ( $n = 13$ ); LL-HV = low-load high-velocity group ( $n = 15$ ); CON = control group ( $n = 16$ ).

†Data are represented as mean ± SD.

‡Significant differences within groups ( $p < 0.05$ ).

improved in HL-LV ( $p = 0.006$ ) and LL-HV ( $p < 0.001$ ) but not in CON ( $p = 0.104$ ), with no significant differences between groups. Significant improvement in CHP relative PP was observed for HL-LV ( $p = 0.010$ ), but not for LL-HV ( $p = 0.190$ ) and CON ( $p = 0.458$ ). Significant increases in relative PP for LP were detected both in HL-LV ( $p < 0.001$ ) and LL-HV ( $p = 0.004$ ), but not in CON ( $p = 0.650$ ).

A significant time × group interaction was observed in L-PP for SR ( $p < 0.001$ ;  $p\eta^2 = 0.295$ ), CHP ( $p = 0.047$ ;  $p\eta^2 = 0.138$ ), and LP ( $p = 0.016$ ;  $p\eta^2 = 0.0182$ ) (Figures 2–4, respectively). Post hoc analysis in SR showed a global increase in LL-HV ( $p = 0.009$ ), but not in HL-LV ( $p = 0.092$ ), and a significant global decrease in CON ( $p = 0.009$ ). Post hoc analysis in CHP detected only a global relative power decrease in CON ( $p = 0.031$ ), with no significant changes for LL-HV ( $p = 0.970$ ) and HL-LV ( $p = 0.177$ ). Post hoc analysis in LP revealed a significant improvement in relative power for HL-LV ( $p < 0.001$ ), but not for LL-HV ( $p = 0.377$ ) and CON ( $p = 0.868$ ).

### Functional Performance Assessment

Results for functional performance tests are presented in Table 3. Time × group interactions were observed for 6MWT and TUG. Post hoc contrasts revealed that 6MWT improved only in HL-LV ( $p = 0.009$ ; LL-HV,  $p = 0.118$ ; CON,  $p = 0.485$ ). The TUG did not present significant differences between groups, although within-group analysis showed a performance improvement in HL-LV ( $p = 0.001$ ) and LL-HV ( $p = 0.003$ ), but not in CON ( $p = 0.408$ ).

### Discussion

The main findings of this study were (a) 2 power-oriented resistance training programs equated regarding power output and volume and concurrent with a nonsupervised multicomponent training were effective for additional improvements in force, relative PP, and functionality, regardless of the external load used during exercises; (b) LL-HV improved the L-PP in the SR exercise

**Table 2**  
Relative peak power before (pre) and after (post) 5 weeks of equated power resistance training programs.\*†‡

Variable	Group	Pre	Post	Hedges' G (95% CI)	$\rho$ ( $p, \eta^2$ )		
					Group	Time	T × G
SR PP ( $W \cdot kg^{-1}$ )	HL-LV	3.04 ± 0.38	3.39 ± 0.39§	0.653 (0.085–1.220)	0.426 (0.041)	0.005 (0.176)	<0.001 (0.298)
	LL-HV	2.41 ± 0.36	2.82 ± 0.37	0.989 (0.394–1.585)			
	CON	3.28 ± 0.35	3.10 ± 0.36	−0.564 (−1.117 to −0.056)			
CHP PP ( $W \cdot kg^{-1}$ )	HL-LV	2.37 ± 0.31	2.51 ± 0.31§	0.790 (0.197–1.382)	0.305 (0.056)	0.052 (0.089)	0.050 (0.136)
	LL-HV	1.98 ± 0.29	2.05 ± 0.28	0.386 (−0.112 to 0.884)			
	CON	2.64 ± 0.28	2.61 ± 0.27	−0.145 (−0.613 to 0.322)			
LP PP ( $W \cdot kg^{-1}$ )	HL-LV	4.53 ± 0.34	5.57 ± 0.41	0.983 (0.349–1.617)	0.268 (0.062)	<0.001 (0.428)	0.001 (0.285)
	LL-HV	4.12 ± 0.32	4.62 ± 0.38§	0.933 (0.350–1.517)			
	CON	5.03 ± 0.31	5.11 ± 0.37	0.197 (−0.273 to 0.667)			

\*SR PP = seated row peak power; CHP PP = chest press peak power; LP PP = leg press peak power; HL-LV = high-load/low-velocity group (n = 13); LL-HV = low-load/high-velocity group (n = 13); CON = control group (n = 16).

†Data are represented as mean ± SD. Effect size from pre to post is represented by Hedges' G and its 95% CI.

‡Significant differences within groups between pre to post.

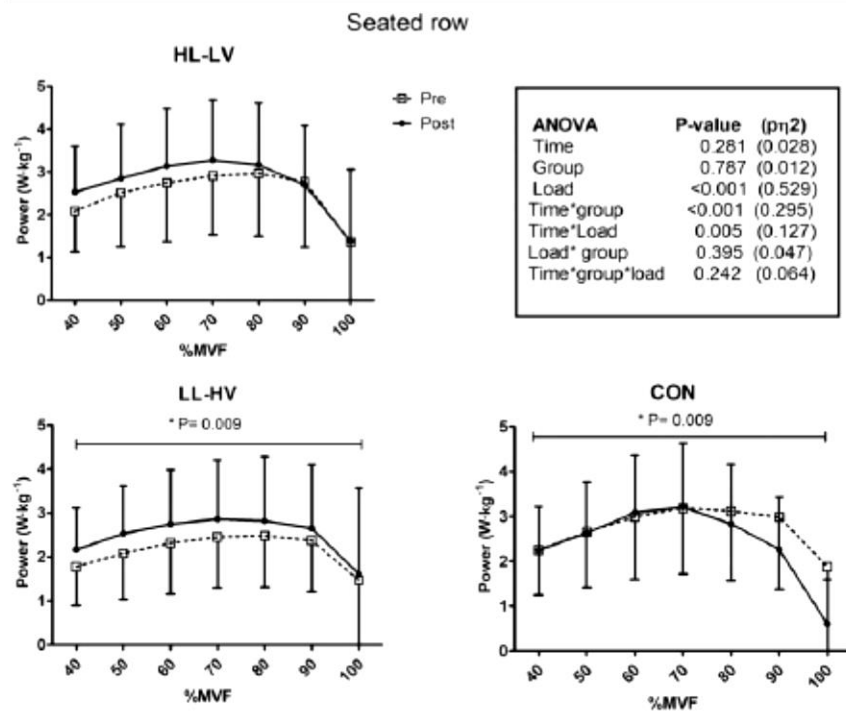
§p < 0.05.

||p < 0.001.

and HL-LV in the LP exercise; (c) older adults allocated in the intervention groups enhanced their dynamic balance (i.e., TUG); and (d) HL-LV improved the cardiovascular endurance (i.e., 6MWT) after only a 5-week, twice sessions weekly, PRT.

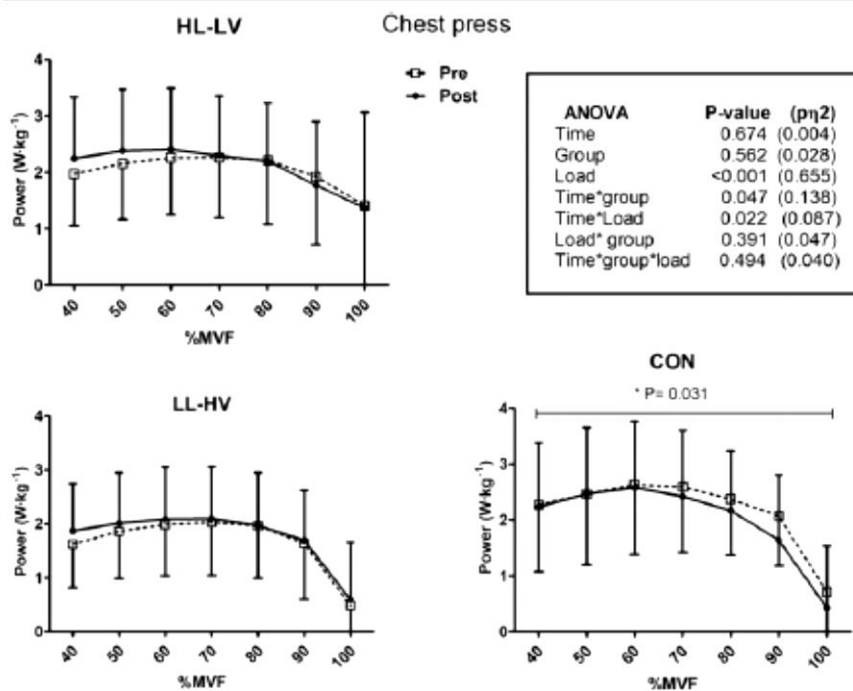
The study of the cardiovascular and neuromuscular adaptations produced by power training programs conducted under

different loading conditions has received increasing attention (5,14,16). However, these and other studies used markedly different loads related to not equated levels of power (11,14,38,40); thus, the effects of load and velocity on the strength performance and functionality of older adults remain unclear. To the best of our knowledge, this is the first study on older people comparing



**Figure 2.** Load-power profile (L-PP) for SR. Data are represented as mean ± SD. Pre = before the intervention; post = after the intervention; HL-LV = high-load/low-velocity group; LL-HV = low-load/high-velocity group; CON = control group. Square brackets indicate significant global differences between pre and post. \*Significant differences within groups between pre and post (p < 0.05).





**Figure 3.** Load-power profile (L-PP) for CHP. Data are represented as mean  $\pm$  SD. Pre = before the intervention; post = after the intervention; HL-LV = high-load low-velocity group; LL-HV = low-load high-velocity group; CON = control group. Square brackets indicate significant global differences between pre and post. \*Significant differences within groups between pre and post ( $p < 0.05$ ).

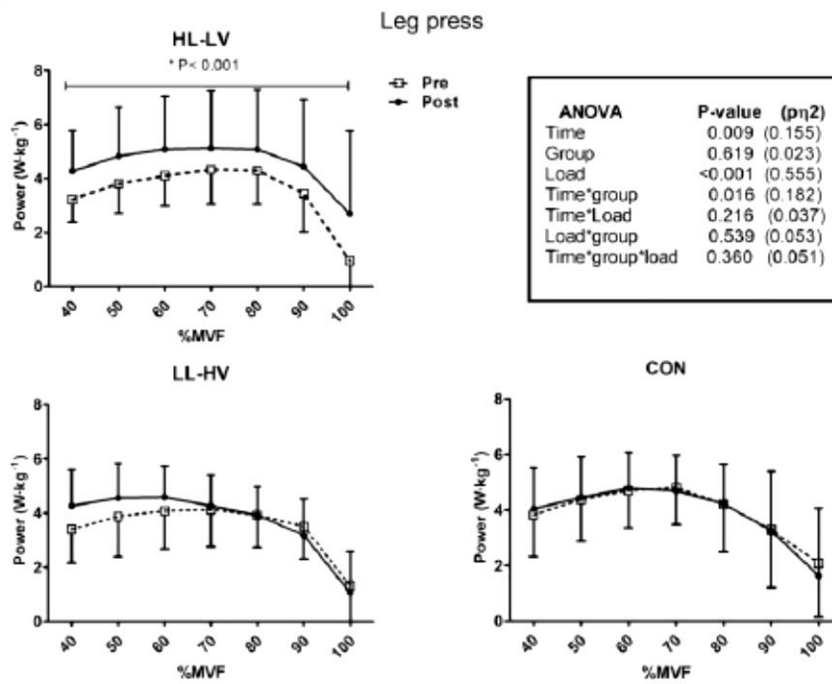
the effects of 2 PRT equated by the power level close to the PP but differing in load and, consequently, in velocity.

A novelty of our study is that we contrasted the effects on strength and functionality of adding PRT in a sample of physically active older adults in comparison with the evolution of control older adults who also performed a regular traditional non-supervised multicomponent training but not PRT. Previous studies have explored the effects of PRT interventions without control groups (14,38,40) or by contrast with control groups that did not exercise (11,27,32). In this regard, the lack of a group that maintains their physical exercise routines may hinder the assessment of the actual effect of the addition of a PRT on the functional capacity of active older adults. Our study confirms that PRT truly enhances functionality even in active older adults.

Muscular power deficits in older adults could be related to suboptimal force or velocity values (2). This study showed that PRT, independently of the load used, increased MVF largely for SR, CHP, and LP, with no significant differences between HL-LV and LL-HV. Previous studies on the effects of resistance training programs oriented to increase power in active older adults have reported effects of diverse magnitude in MVF (i.e., from trivial to large effect sizes) (13,24,32,40). In addition, there is some controversy regarding the role of load because certain studies have reported significant differences between groups that trained with different intensities (40), but this finding has not been consistently observed in other studies (32,40). Some methodological issues prevent the comparison between different studies on the topic of PRT in older adults. Some works have not equated training work

(volume  $\times$  total load) between groups, and thus, when interpreting the results, it is difficult to differentiate whether the effect is due to the total volume or the load used. Most PRT studies have selected relative training loads without reporting the load associated with the PP. Because PP can represent a different relative load on each subject and exercise training (22), fixed relative loads used during those resistance training designs can implicate a wide range of heterogenic power doses applied to the subjects. In our study, the subjects trained with loads associated with 95% of the individual PP in each resistance exercise to individualize training doses. In fact, relative loads (%MVF) used in training sessions varied between groups and exercises, but relative power output was equated. Future studies on the PRT topic are warranted to analyze the effects of different training loads on the power output when the power output is equated to better understand the effect of relative loads on the force, power, and functional performance.

Both HL-LV and LL-HV training configurations were efficient for improving relative PP. Specifically, HL-LV produced a medium effect in SR and CHP and a large effect in LP. Furthermore, LL-HV caused a large effect for SR and LP but a small to medium effect for CHP. These outcomes are in accordance with previous works that report that muscle power may improve using a variety of intensities (8,11,34), suggesting that loading patterns have different effects on both functional performance variables and mechanical power (30). In this sense, a recent study (2) suggested that impaired muscle power might have its origin in deficits in both force and velocity, being both deficits associated with a



**Figure 4.** Load-power profile (L-PP) for LP. Data are represented as mean  $\pm$  SD. Pre = before the intervention; post = after the intervention; HL-LV = high-load low-velocity group; LL-HV = low-load high-velocity group; CON = control group. Square brackets indicate significant global differences between pre and post. \*Significant differences within groups between pre and post ( $p < 0.05$ ).

**Table 3**

Functional test measurements before (pre) and after (post) 5 weeks of equated power resistance training programs.\*†

Variable	Group	Pre	Post	Hedges' G (95% CI)	$\rho$ ( $\eta^2$ )		
					Group	Time	T $\times$ G
6MWT (m)	HL-LV	514.3 $\pm$ 89.0	552.6 $\pm$ 65.4†	0.691 (0.117–1.265)	0.686 (0.018)	0.034 (0.105)	0.047 (0.138)
	LL-HV	538.9 $\pm$ 62.5	559.7 $\pm$ 64.5	0.392 (–0.107 to 0.890)			
	CON	558.9 $\pm$ 74.4	560.1 $\pm$ 69.0	–0.171 (–0.44 to 0.543)			
TUG (s)	HL-LV	4.82 $\pm$ 0.83	4.38 $\pm$ 0.65†	–0.839 (–1.442 to –0.237)	0.925 (0.004)	0.004 (0.226)	0.001 (0.232)
	LL-HV	4.74 $\pm$ 0.69	4.39 $\pm$ 0.69†	–0.911 (–1.489 to –0.332)			
	CON	4.47 $\pm$ 0.56	4.56 $\pm$ 0.41	0.187 (–0.283 to 0.656)			
OLB right (s)	HL-LV	44.6 $\pm$ 17.5	44.3 $\pm$ 17.3	–0.016 (–0.525 to 0.493)	0.589 (0.025)	0.056 (0.086)	0.268 (0.062)
	LL-HV	32.7 $\pm$ 22.5	43.5 $\pm$ 16.6	0.573 (0.053–1.094)			
	CON	37.4 $\pm$ 18.6	42.8 $\pm$ 18.5	0.291 (–0.185 to 0.767)			
OLB left (s)	HL-LV	44.9 $\pm$ 15.3	49.6 $\pm$ 16.6	0.314 (–0.209 to 0.837)	0.368 (0.048)	0.009 (0.154)	0.869 (0.007)
	LL-HV	34.1 $\pm$ 22.5	41.8 $\pm$ 20.7	0.519 (0.006–1.032)			
	CON	41.7 $\pm$ 21.4	47.7 $\pm$ 18.1	0.354 (–0.127 to 0.835)			
CSR right (cm)	HL-LV	7.6 $\pm$ 9.2	8.5 $\pm$ 9.6	–0.183 (–0.697 to 0.331)	0.092 (0.110)	0.002 (0.203)	0.077 (0.117)
	LL-HV	8.9 $\pm$ 8.6	14.4 $\pm$ 9.1	0.697 (0.158 to 1.237)			
	CON	4.7 $\pm$ 5.5	6.5 $\pm$ 5.9	0.418 (–0.069 to 0.905)			
CSR left (cm)	HL-LV	5.6 $\pm$ 9.9	9.8 $\pm$ 10.1	1.120 (0.454–1.787)	0.137 (0.093)	<0.001 (0.410)	0.145 (0.090)
	LL-HV	8.6 $\pm$ 9.1	15.0 $\pm$ 9.8	0.973 (0.381–1.565)			
	CON	4.8 $\pm$ 5.5	7.3 $\pm$ 6.0	0.403 (–0.083 to 0.888)			

\*TUG = timed up and go test; OLB = one-leg balance test; CSR = chair seat and reach test; 6MWT = 6-minute walking test; HL-LV = high-load low-velocity group ( $n = 13$ ); LL-HV = low-load high-velocity group ( $n = 15$ ); CON = control group ( $n = 16$ ).

†Data are represented as mean  $\pm$  SD. Effect size from post to pre change is represented by Hedges' G with 95% CI.

‡Significant differences within groups between pre and post ( $p < 0.05$ ).



lower physical function, quality of life, and higher frailty, whereas only force deficit was associated with a lower cognitive function. A more recent study by the same group (38) found that heavy-load power training improved the capability to generate large forces, whereas low-load power training enhanced movement velocity in older adults. Nevertheless, both interventions promoted similar increases in muscle power and muscle hypertrophy (38). This fact has important implications for the exercise prescribers because velocity capacity demonstrated a stronger association with power output in mobility-limited older adults, whereas both force and velocity are correlated with power in healthy older adults (30). Therefore, it might be suggested that coaches should select training loads attending to the individual characteristics of older adults.

HL-LV increased the power output in the broad spectrum of the L-PP in LP, only in the LL-HV (40, 50, and 60% of MVF) zone of the L-PP in SR, but without changes in CHP. On the other hand, LL-HV increased power output in the wide spectrum of the L-PP in SR, only in the LL-HV (40, 50, and 60% of MVF) zone in LP, but without changes in CHP. CON decreased the power output in the 3 resistance exercises. In light of these results, HL-LV appears to be better for improving the power of the lower limbs (LP), which is a better predictor of functional performance in tasks related to mobility and ambulation capacity (10,33). On the other hand, LL-HV seems more efficient than HL-LV for improving the power level of the upper body (SR), particularly for the high-velocity low-load portion of the L-PP. Interestingly, CON exhibited a decrease in performance for upper-body exercises, showing the indispensability of adding specific power training to nonsupervised multicomponent training to preserve or increase the upper limbs' performance of active older adults.

The magnitude of load that would allow for the most remarkable improvement in physical function to be achieved by older adults remains not fully understood. It has been reported that functional performance changes are consistent with the specificity of the training used (7). Several studies analyzed the effects of PRT on the functionality of older adults (1,6,14,17,24,32) because muscle power is a determinant factor for functional performance (15,19). In our study, we detected specific adaptations for TUG and 6MWT. Notably, both LL-HV and HL-LV showed large improvements in TUG performance. The results of our study contrast with those reported in a prior work (17), where a high-velocity low-load group of older adults improved TUG after a long-term intervention conversely to a low-velocity high-load group. However, the results of this work must be interpreted with caution because the high-velocity low-load group had trained with high loads for 24 weeks preceding the intervention, which might have affected the results (17). Conversely, comparable changes in TUG performance have been observed in 2 groups: one group trained with high or low loads based on their force-velocity profile deficit, whereas the other group received a nonindividualized power training intervention consisting of a combination of high and low loads (24). Given the significant positive adaptations observed after PRT on the TUG, further studies are warranted to identify the optimal power training protocol (i.e., relative load and repetitions) to enhance dynamic balance and agility among diverse populations of older adults, such as institutionalized individuals or nonactive older adults.

On the other hand, HL-LV significantly improved the 6MWT, reaching medium to large changes after the intervention. The effect of PRT on the 6MWT in active older adults has been previously reported (13). In the mentioned study, a group of older

adults trained at 50% of 1 repetition maximum (1RM) (PRT group) and was compared with an active control group (walking group). After the intervention, both groups improved similarly the 6MWT, although the PRT group improved more than CON. In our study, only HL-LV obtained significant improvements. The different results observed are likely influenced by the relative load at which power is measured, which implies a load-specific effect (42). For example, in a study examining the impacts of loads on functional tasks, muscle power developed at 40% of 1RM explained more variance in gait speed than power developed at 70% of 1RM, suggesting that training loads used in power training have a different effect on functional outcomes (10). Furthermore, velocity-specific adaptations after power training have been previously reported in older adults (29). The results indicate that high-velocity exercises, such as plyometrics, increased high-velocity adaptations (i.e., augmenting fascicle length and effectiveness of the stretch-shortening cycle). By contrast, high-intensity resistance training (i.e., heavy loads) favored high-force adaptations such as rising from a chair (40,41) or completing a long-distance walk, as performed in the 6MWT (31). In our study, TUG, which measures the force required to rise from a chair and the velocity displacement, improved in both experimental groups. This finding suggests that both high-velocity and high-force adaptations may contribute to the observed improvements in TUG performance. However, the improvements in 6MWT have been related to enhancing power by high load training (31). In this regard, PRT with higher loads has been suggested as an impactful activity for improving functional performance in tasks related to mobility and ambulation capacity (10,33), mainly when these tasks are executed for a long time.

Our interventions barely affected body composition, and only significant changes were observed for the right biceps and waist-to-hip ratio. For the right biceps, only the HL-LV improves the right perimeter. The positive effect of PRT on muscle hypertrophy has been described recently (26), although the effect of the different interventions reported on muscular adaptation is inconsistent across investigations (28). Because mechanical work is considered the major determinant of resistance training-induced hypertrophy in older adults, it is not surprising that the differences are weak when mechanical work is matched between groups (9). In accordance with previous studies, we did not find significant changes in body composition (11,17,24,40). Although noticeable muscle mass improvements in the lower limb (40) and modest improvements in lean mass (17) have been observed after PRT with older adults, being these changes related to differences in mechanical work performed. Although the mechanical work (repetitions  $\times$  set  $\times$  load) was matched in our study between experimental groups, an increase in the right biceps perimeter was detected only in HL-LV. Mechanisms that mediate muscle mass adaptations are diverse, and 2 factors have been identified as critical determinants. First, the mechanical stress produced for relatively heavier loads (23), and second, the metabolic stress induced by being closer to muscular failure, as produced by using heavy loads compared with low loads (43). Therefore, we attribute the differences in the perimeter improvements to higher mechanical stress and likely higher metabolic stress reached during training sessions in HL-LV. Finally, the increase in the waist-to-hip ratio in CON and the lack of changes in experimental groups can be related to the greater caloric expenditure of the experimental groups because they added the PRT to their regular nonsupervised multicomponent training.

Our study is not free of some limitations. First, the subjects were healthy, active older adults with previous experience in

resistance training. Future works are warranted to compare our outcomes with institutionalized or mobility-limited older adults. Another limitation was derived from the training equipment used because we could not measure the velocity and the relative loads of the pretest at the L-PP after the PRT period. Therefore, we do not know certainly whether the velocity component improved. Finally, we developed PRT with loads close to the PP, and it would be interesting to analyze the effects of this PRT on the L-PP performed with loads equated but not close to the PP, although different training equipment and intervention designs would be needed.

In conclusion, our results suggest that a power-orientated resistance program at an equated relative power and volume performed at maximum intended velocity causes similar improvements in muscle strength, power, and dynamic balance of older physically active adults, regardless of the load and the velocity used throughout the sessions. High-load low-velocity power-oriented training improved cardiovascular endurance and the L-PP of the lower limbs more than low-load high-velocity and nonsupervised multicomponent training. In general, power training with loads between 61 and 84% of MVF and at 95% of maximum power in a SR, CHP, and LP demonstrated benefits in muscular and functional performance compared with non-supervised multicomponent training.

### Practical Applications

Our findings have important implications for professionals looking to optimize functional outcomes in older adults. Our results suggest that supervised resistance training programs that focus on polyarticular exercises with high power output levels (exceeding 95% of maximum PP for each exercise) are more effective in improving the functionality of both female and male active older individuals. Using different loads close to the PP but at different velocities enhances maximum strength and power for the exercises used. In addition, the TUG test improves independently of the combination of load and velocity used. However, higher loads are recommended to improve the 6MWT. Furthermore, selecting training loads close to the PP of basic resistance exercises may be more effective in improving functionality, requiring shorter training intervention than the current exercise recommendations for older adults, as even 30-minute sessions twice per showed effectiveness in active older adults.

### Acknowledgments

The authors acknowledge Espacios Termoludicos S.A. and all the subjects involved in this study. The authors declare that the study results are presented clearly, honestly, and without fabrication, falsification, or inappropriate data manipulation. The authors have no conflicts of interest to disclose. This study and its results do not constitute an endorsement of the product by the authors or the National Strength and Conditioning Association.

### References

- Akazar J, Rodríguez-López C, Ara I, et al. The force-velocity relationship in older people: Reliability and validity of a systematic procedure. *Int J Sports Med* 38: 1097–1104, 2017.
- Akazar J, Rodríguez-López C, Ara I, et al. Force-velocity profiling in older adults: An adequate tool for the management of functional trajectories with aging. *Exp Gerontol* 108: 1–6, 2018.
- Amarante do Nascimento M, Januário RSB, Gerage AM, et al. Familiarization and reliability of one repetition maximum strength testing in older women. *J Strength Cond Res* 27: 1636–1642, 2013.
- Bourgeois B, Ng BK, Latimer D, et al. Clinically applicable optical imaging technology for body size and shape analysis: Comparison of systems differing in design. *Eur J Clin Nutr* 71: 1329–1335, 2017.
- Byrne C, Faure C, Keene DJ, Lamb SE. Ageing, muscle power and physical function: A systematic review and implications for pragmatic training interventions. *Sports Med* 46: 1311–1332, 2016.
- Cadore EL, Casas-Herrero A, Zambom-Ferraresi F, et al. Multicomponent exercises including muscle power training enhance muscle mass, power output, and functional outcomes in institutionalized frail nonagenarians. *Age* 36: 773–785, 2014.
- Carballeira E, Censi KC, Maseda A, López-López R, Lorenzo-López L, Millán-Calemi JC. Low-volume cycling training improves body composition and functionality in older people with multimorbidity: A randomized controlled trial. *Sci Rep-UK* 11: 13364, 2021.
- Carmie P, McGuigan MR, Newton RU. Developing maximal neuromuscular power. *Sports Med* 41: 17–38, 2011.
- Caapo R, Alegre LM. Strength training: High vs higher loads. *Scand J Med Sci Sports* 26: 995–1006.
- Cuoco A, Callahan DM, Sayers S, et al. Impact of muscle power and force on gait speed in disabled older men and women. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 59: 1200–1206, 2004.
- de Vos NJ, Singh NA, Ross DA, et al. Optimal load for increasing muscle power during explosive resistance training in older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 60: 638–647, 2005.
- Drouot J, Tomkinson GR, Rhoades JL, Fitzgerald JS. Reliability of the Styku 3D whole body scanner for the assessment of body size in athletes. *Meas Phys Educ Exerc Sci* 24: 228–234, 2020.
- Earles DR, Judge JO, Gunnarsson OT. Velocity training induces power-specific adaptations in highly functioning older adults. *Arch Phys Med Rehabil* 82: 872–878, 2001.
- England DA, Sharp RL, Selsby JT, Ganesan SS, Franke WD. Resistance training performed at distinct angular velocities elicits velocity-specific alterations in muscle strength and mobility status in older adults. *Exp Gerontol* 91: 51–56, 2017.
- Fielding RA, LeBrasseur NK, Cuoco A, et al. High-velocity resistance training increases skeletal muscle peak power in older women. *J Am Geriatr Soc* 50: 655–662, 2002.
- Fragala MS, Cadore EL, Dorigo S, et al. Resistance training for older adults. Position statement from the National Strength and Conditioning Association. *J Strength Cond Res* 33: 2019–2052, 2019.
- Gray M, Powers M, Boyd L, Garver K. Longitudinal comparison of low- and high-velocity resistance training in relation to body composition and functional fitness of older adults. *Ageing Clin Exp Res* 30: 1465–1473, 2018.
- Garañnik JM, Winograd CH. Physical performance measures in the assessment of older persons. *Ageing Clin Exp Res* 6: 303–305, 1994.
- Izquierdo M, Cadore EL. Muscle power training in the institutionalized frail: A new approach to counteracting functional declines and very late-life disability. *Curr Med Res Opin* 30: 1385–1390, 2014.
- Izquierdo M, Merchant RA, Morley JE, et al. International exercise recommendations in older adults (ICFSR): Expert consensus guidelines. *J Nutr Health Aging* 25: 824–853, 2021.
- Jaric S. Force-velocity relationship of muscles performing multi-joint maximum performance tasks. *Int J Sports Med* 36: 699–704, 2015.
- Kawamori N, Haff GG. The optimal training load for the development of muscular power. *J Strength Cond Res* 18: 675, 2004.
- Lasevicus T, Ugrinowitsch C, Schoenfeld BJ, et al. Effects of different intensities of resistance training with equated volume load on muscle strength and hypertrophy. *Eur J Sport Sci* 18: 772–780, 2018.
- Lindberg K, Lohne-Seiler H, Fossvold SE, et al. Effectiveness of individualized training based on force-velocity profiling on physical function in older men. *Scand J Med Sci Sports* 32: 1013–1025, 2022.
- Lopez P, Pizzo RS, Radtelli R, et al. Benefits of resistance training in physically frail elderly: A systematic review. *Ageing Clin Exp Res* 30: 889–899, 2018.
- Orsatto LBR, Bezerra ES, Shield AJ, Trajano GS. Is power training effective to produce muscle hypertrophy in older adults? A systematic review and meta-analysis. *Appl Physiol Nutr Metab* 45: 1031–1040, 2020.
- Pereira A, Izquierdo M, Silva AJ, et al. Effects of high-speed power training on functional capacity and muscle performance in older women. *Exp Gerontol* 47: 250–255, 2012.
- Peterson MD, Sen A, Gordon PM. Influence of resistance exercise on lean body mass in aging adults. *Med Sci Sports Exerc* 43: 249–258, 2011.



Participaciones en congresos:

- Fraga-Germade E, Iglesias-Soler E, Carballeira E,. *Effects of iso-potential strength training programs differentiated according to the speed of execution and load intensity on the Maximal strength related to the health of elderly people.* 25th Anniversary Congress of the European College of Sport Science, Germany (October 2020). Oral Presentation.

---

Pre-recorded Oral presentations

**EFFECTS OF ISO-POTENTIAL STRENGTH TRAINING PROGRAMS DIFFERENTIATED ACCORDING TO THE SPEED OF EXECUTION AND LOAD INTENSITY ON THE MAXIMAL STRENGTH RELATED TO THE HEALTH OF ELDERLY PEOPLE.**

FRAGA-GERMADE, E., IGLESIAS-SOLER, E., CARBALLEIRA, E.

UNIVERSIDADE DA CORUÑA

**INTRODUCTION:**

It has been observed that the loss of muscular performance with aging, in particular the ability to generate strength and power, occurs earlier and at a higher rate than the loss of muscle mass (1). Given that the power is the result of the product of force and velocity, the influence of the velocity and force at which the maximum power is reached on functionality has been recently analysed (2).

The inverse force-velocity relationship (FV) implicitly implies a parabolic relationship between power and velocity and therefore the existence of a peak value of power with an optimal velocity, which in turn it's equivalent to a value of force in the FV. This parabolic profile of the power-velocity relationship means that there are iso-power points, that is, power levels that can be performed at different velocities (2).

Considering the relevance of the preservation of power for the maintenance of functionality, and in turn the importance of optimal velocity, we hypothesized that iso-potential training, performed at different load at different velocity, would be associated with different values of the variables representative of the physical condition related to health.

**METHODS:**

Thirty-seven active adults, older than sixty years were randomized (high velocity, HV; low velocity, LV; and control, CON) to obtain the one repetition maximum (Egym, Germany) the load-power ratio (% 1RM-W) through a progressive load test (lat pull, LP; chest press, CP; leg press, LgP), before and after a power training intervention (5 weeks; 2 sessions per week). The power training was developed in two training isopower models, where load intensity and speed of execution were differentiated when performing at maximum intended velocity. The total volume and recovery were equated between experimental groups.

**RESULTS:**

1RM increased after training in both HV ( $p<0,001$ ; Hedge's  $g: 0,324$ ) and LV ( $p<0,001$ ; Hedge's  $g:0,423$ ). Similar results were observed for LgP ( $p<0,001$ ; Hedge's  $g:0,505$ ;  $p<0,001$ ; Hedge's  $g:0,404$  for HV and LV respectively). For CP the 1RM increase in all the groups, although the effect size was lower in C ( $p<0,039$ ; Hedge's  $g:0,089$ ) than in both HV ( $p<0,001$ ; Hedge's  $g:0,385$ ) and LV ( $p<0,001$ ; Hedge's  $g: 0,731$ ).

**CONCLUSION:**

Power training with older adults is a good method for increase the maximal strength. For a similar power performance, the effects were similar for high load-low velocity and low load-high velocity protocols.

**References:**

- 1.Reid KF, Fielding RA. Skeletal muscle power: a critical determinant of physical functioning in older adults. *Exerc Sport Sci Rev* 2012;40(1):4-12.
- 2.Jaric S. Force-velocity Relationship of Muscles Performing Multi-Joint Maximum Performance Tasks. *Int J Sports Med* 2015 Aug;36(9):699-704.

- Fraga-Germade E, Iglesias-Soler E, Carballeira E,. *Positive effects of two iso-potential strength training programs, differing in speed of execution and load intensity, on the dynamic balance and change of direction skill of healthy older adults.* 25th Virtual Congress of the European College of Sport Science, Germany (October 2020). Oral Presentation.

## OP-AP10 Biological age and master athletes

### POSITIVE EFFECTS OF TWO ISO-POTENTIAL STRENGTH TRAINING PROGRAMS, DIFFERING IN SPEED OF EXECUTION AND LOAD INTENSITY, ON THE DYNAMIC BALANCE AND CHANGE OF DIRECTION SKILL OF HEALTHY OLDER ADULTS.

CARBALLEIRA, E., FRAGA-GERMADE, E., IGLESIAS-SOLER, E.

A CORUÑA UNIVERSITY

#### INTRODUCTION:

The ability to generate strength and power declines earlier and at a higher rate than the loss of muscle mass (1). Power production is the result of the product of force and velocity, and the influence of the velocity and force at which the maximum power is reached on functional performance has been recently analysed (2).

Similar power outcomes can be obtained at different velocities as the inverse force-velocity relationship implicitly implies a parabolic relationship between power and velocity. Therefore, two iso-power points can be established at the two sides of the parabolic function differing in the speed of execution and force applied when performing at the maximum intentional velocity (3).

The main objective of this study was to explore the effect of two iso-potential training programs, performed at different loads and different velocities on the functional performance of healthy older adults.

#### METHODS:

We carried out a randomized control trial allocating thirty-seven healthy adults older than sixty years in two training groups, high velocity (HV) and low velocity (LV), and one control group (CON). Training interventions consisted of 2 sessions/week throughout 5 weeks of power training at two training iso-power models, where load intensity and speed of execution were differentiated when performing at the maximum intended velocity. The total volume and recovery were equated between experimental groups. Before and after the intervention participants performed a progressive load test to obtain the load-power ratio (% 1RM-W, Egym-Germany) on three strength exercise: lat pull (LP), chest press (CP) and leg press (LgP); and the timed up and go test (TUG).

#### RESULTS:

Both training groups improved TUG performance at a similar level (HV,  $p < 0.001$ , Hedge's  $g = -0.417$ ; LV,  $p = 0.003$ , Hedge's  $g = -0.530$ ), whereas CON was unchanged ( $p = 0.850$ , Hedge's  $g = 0.050$ ).

#### CONCLUSION:

Power training caused a significant improvement in the TUG test, where performance on that task depends on a composite of the ability to stand up from a chair, gait velocity (dynamic balance), change of direction and sit down on a chair, being these skills representative features of functionality of older people. Furthermore, similar improvements were obtained for both training protocols which employed similar power but differed in load and velocity prescribed.

(1) Reid KF, Fielding RA. Skeletal muscle power: a critical determinant of physical functioning in older adults. *Exerc Sport Sci Rev*, 2012; 40 (1): 4-12.

(2) Jaric S. Force-velocity Relationship of Muscles Performing Multi-joint Maximum Performance Tasks. *Int J Sports Med*, 2015 Aug; 36 (9): 699-704.

- Fraga-Germade E, Iglesias-Soler E, Carballeira E., *Effects of high velocity vs. low velocity iso-power training models on the peak power of older people*. 26th Virtual Congress of the European College of Sport Science, Germany (September 2021). Oral Presentation.

Pre-recorded Oral presentations

---

**OP-MH08 Aging and Elderly**

**EFFECTS OF HIGH VELOCITY VS. LOW VELOCITY ISO-POWER TRAINING MODELS ON THE PEAK POWER OF OLDER PEOPLE.**

FRAGA GERMADE, E., IGLESIAS SOLER, E., CARBALLEIRA, E.

UNIVERSIDADE DA CORUÑA

**INTRODUCTION:**

It has been observed that the loss of muscular performance with ageing, in particular the ability to generate strength and power, occurs earlier and at a higher rate than the loss of muscle mass (1). Given that the power is the result of the product of force and velocity, the influence of the velocity and force at which the maximum power is reached on functionality has been recently analysed (2).

The inverse force-velocity relationship (FV) implicitly implies a parabolic relationship between power and velocity and therefore the existence of a peak value of power with an optimal velocity, which in turn it's equivalent to a value of force in the FV. This parabolic profile of the power-velocity relationship means that there are iso-power points, specifically, equal power magnitude that can be reached at different velocities (2).

Considering the relevance of the preservation of power for the maintenance of functionality, the aim of this study was to contrast the effect of two resistance training programmes performed at the same relative power but with different loads and therefore at different velocities (i.e., iso-power training), on the maximum power performed in different exercises by community dwelling elderly people. Given the relevance of the optimum velocity on the power performance of older people, we hypothesized a greater improvement of power by a training with lower load and at a higher velocity.

**METHODS:**

Forty-four active adults, older than sixty years were randomized (high velocity, HV; low velocity, LV; and control, CON) to obtain the one repetition maximum (Egym, Germany) the load-power ratio (% 1RM-W) through a progressive load test (seated row, SR; chest press, CP; leg press, LgP), before and after a power training intervention (5 weeks; 2 sessions per week). The power training was developed at 98% of individual maximum power and at maximum intended velocity but at a higher or lower velocity than the optimum one (i.e., lower or higher load than that associated with maximum power). The total volume and recovery were equated between experimental groups.

**RESULTS:**

Peak power increased after training for SR in both HV ( $p < 0,001$ ; Hedge's  $g: 0,989$ ) and LV ( $p < 0,001$ ; Hedge's  $g: 0,653$ ). Similar results were observed for LgP in HV ( $p = 0,005$ ; Hedge's  $g: 0,933$ ) and LV ( $p < 0,001$ ; Hedge's  $g: 0,983$ ). HV ( $p = 0,224$ ; Hedge's  $g: 0,386$ ) but not LV ( $p = 0,012$ ; Hedge's  $g: 0,790$ ) significantly incremented their peak power in CP.

**CONCLUSION:**

Power training with older adults is a good method for increase the peak power. For a similar power performance, the effects were similar for high load-low velocity and low load-high velocity protocols.

**References:**

- 1.Reid KF, Fielding RA. Skeletal muscle power: a critical determinant of physical functioning in older adults. *Exerc Sport Sci Rev* 2012;40(1):4-12.
- 2.Jaric S. Force-velocity Relationship of Muscles Performing Multi-Joint MaximumPerformance Tasks. *Int J Sports Med* 2015 Aug;36(9):699-704.