

## Entrenamiento de fuerza con restricción parcial del flujo sanguíneo en adultos mayores con sarcopenia

Strength training with partial restriction of blood flow in older adults with sarcopenia

Carlos Bahamondes-Ávila<sup>1\*</sup> <https://orcid.org/0000-0003-4616-5663>

Felipe Ponce-Fuentes<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0003-3449-9738>

Natalia Chahin-Inostroza<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-8716-9460>

Fanny Bracho-Milic<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0001-6626-1172>

Claudia Navarrete-Hidalgo<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0001-9342-4846>

<sup>1</sup>Universidad Mayor, Facultad de Ciencias, Escuela de Kinesiología. Temuco, Chile.

\*Autor para la correspondencia: [carlos.bahamondesa@mayor.cl](mailto:carlos.bahamondesa@mayor.cl)

### RESUMEN

**Introducción:** El progresivo envejecimiento poblacional se estima a nivel mundial como un indicador de mejora de la salud. No obstante, al vivir más años se le asocian problemas sanitarios que se van posicionando en el tiempo, y uno de ellos es la sarcopenia, la que se considera una condición común en los adultos mayores y se asocia a la inactividad física, baja resistencia, baja velocidad de marcha y disminución de la movilidad. Estos factores contribuyen a un aumento del riesgo de caída y a una disminución de la funcionalidad y de la calidad de vida.

**Objetivo:** Mostrar evidencia actualizada respecto a los resultados del entrenamiento de fuerza con restricción parcial del flujo sanguíneo en población adulto mayor con sarcopenia, como estrategia costo-efectiva para la dependencia asociada al envejecimiento.

**Métodos:** Se realizó una búsqueda en bases de datos científicas EBSCOhost, ScienceDirect, Web of Science y en el buscador PubMed. Se utilizaron los siguientes términos de búsqueda: entrenamiento con restricción parcial del flujo sanguíneo, sarcopenia, adulto mayor. Los

artículos analizados incluyeron revisiones y artículos de investigación, principalmente ensayos clínicos controlados y revisiones sistemáticas con metanálisis.

**Conclusiones:** El entrenamiento con restricción parcial del flujo sanguíneo en el adulto mayor surge como una herramienta útil para intervenir en la sarcopenia asociada al envejecimiento, constituyendo una alternativa para inducir la ganancia de fuerza muscular, con la disminución de los riesgos del entrenamiento de alta intensidad. Además, es una técnica económica y fácil de implementar en centros de salud de asistencia masiva.

**Palabras clave:** entrenamiento con restricción parcial del flujo sanguíneo; sarcopenia; adulto mayor.

## ABSTRACT

**Introduction:** Progressive population aging is estimated globally as an indicator of health improvement. However, when living is extended, health issues appear; one of them is sarcopenia, which is consider a common condition in older adults and it is associated to physical inactivity, low resistance, low walk speed and a decrease in mobility. These factors contribute to an increase of falls risk and to a decrease of functionality and life quality.

**Objective:** To show updated evidence on the results of the strength training with partial restriction of blood flow in older adults populations with sarcopenia, as a cost-effective strategy for dependence associated to aging.

**Methods:** Search was done in scientific databases as EBSCOhost, ScienceDirect, Web of Science and PubMed searcher. Following terms were used: training with partial restriction of blood flow, sarcopenia, older adult. The analyzed articles included reviews and research articles, mainly controlled clinical trials and systematic reviews with meta-analysis.

**Conclusions:** Training with partial restriction of the blood flow in older adults emerges as an useful tool to intervene in sarcopenia associated to aging, being an alternative to induce muscle force's gain, and decreasing the risks of high intensity training. In addition, it is an economic and easy to implement technique in health centers with massive audiences.

**Keywords:** Training with partial restriction of blood flow; sarcopenia; older adult.

Recibido: 03/01/2019

Aceptado: 16/01/2019

## Introducción

En las últimas décadas los países latinoamericanos han experimentado una acelerada transición demográfica y epidemiológica, de ahí que se puedan observar cambios notorios en los valores de fecundidad, natalidad y mortalidad y esperanza de vida. Estos cambios han dado origen a un envejecimiento progresivo de la población que se ha convertido en un indicador, tanto en los países desarrollados como en los países en vías de desarrollo, de mejora de la salud mundial. No obstante, al vivir más años se le asocian problemas sanitarios que progresivamente se van posicionando con una mayor prevalencia, siendo uno de ellos la sarcopenia, condición común en la población adulto mayor (AM).<sup>(1)</sup>

La sarcopenia se asocia a la inactividad física, baja resistencia, baja velocidad de marcha y disminución de la movilidad, factores comúnmente presentes en el síndrome de fragilidad, contribuyendo a un aumento del riesgo de caída y a una disminución de la funcionalidad y de la calidad de vida.<sup>(2)</sup> El informe de la Organización Mundial de la Salud (OMS) del año 2015 sobre el envejecimiento y la salud señalaba que los distintos países estaban asumiendo la responsabilidad social de abordar la situación socio-sanitaria de los AM como una prioridad dentro de sus políticas públicas, para lo que se estaban planteando objetivos y estrategias que consideraran de manera integral la salud de este grupo.<sup>(3)</sup>

Es así como en el caso de la sarcopenia y los síndromes asociados al AM que la evidencia señala que como resultado del entrenamiento específico de fuerza se puede atenuar la curva de disminución funcional, incrementar la fuerza y la masa muscular.<sup>(4)</sup> De ahí que la presente revisión tenga el objetivo de mostrar la evidencia de algunos resultados del entrenamiento de fuerza con restricción parcial del flujo sanguíneo (RPFS) en el adulto mayor con sarcopenia, como estrategia costo-efectiva para la dependencia asociada al envejecimiento.

## Métodos

Para recopilar la información se realizó una búsqueda sistemática de la literatura en las bases de datos científicas EBSCOhost, ScienceDirect, Web of Science y PubMed (motor de búsqueda que da acceso a la base de datos MEDLINE). Se utilizaron los siguientes términos claves de búsqueda: “adulto mayor”, sarcopenia, “restricción parcial del flujo sanguíneo”, Kaatsu,<sup>a</sup> combinados a través del operador booleano *AND*.

Entre los artículos seleccionados y sometidos a análisis se incluyeron artículos de revisión, revisiones cuantitativas, además de artículos de investigación, principalmente ensayos clínicos controlados y revisiones sistemáticas con y sin metaanálisis. En los artículos mencionados, se consideraron las recomendaciones del Grupo Internacional de Trabajo en Sarcopenia y del Grupo Europeo de Trabajo sobre la Sarcopenia en AM (EWGSOP).

## Síntesis de datos

### Adulto mayor y sarcopenia

La sarcopenia se define como un síndrome caracterizado por una perturbación músculo-esquelética progresiva y generalizada que se asocia al aumento en el riesgo de caídas y fracturas, incapacidad física, internaciones hospitalarias y mortalidad.<sup>(5)</sup> Esta ocurre a medida que avanza la edad y se expresa como deterioro general en el estado de salud. Una proporción sustancial de AM posee sarcopenia, la cual aumenta progresivamente como resultado del envejecimiento de la población. Su prevalencia general es de un 10 % y es cercana al 13 % en países no asiáticos.<sup>(6)</sup>

En la última actualización<sup>(5)</sup> de la definición operacional de sarcopenia, el EWGSOP2 utiliza la fuerza muscular (FM) como parámetro principal de este síndrome, agregando la función muscular a las definiciones anteriores, que están basadas solo en la detección de la masa muscular. De ahí que señale que la FM es la medida más confiable de la función muscular. Los objetivos específicos de esta actualización fueron:

1. Crear una definición de sarcopenia que refleje los avances recientes en el conocimiento científico, epidemiológico y clínico sobre el músculo - esquelético.
2. Identificar variables que permitan detectar de mejor manera la sarcopenia y predecir los resultados, determinando las mejores herramientas para medir cada variable.
3. Recomendar una pauta de evaluación actualizada que sea de fácil uso en la práctica clínica.<sup>(5)</sup>

La etiología de la sarcopenia en el AM es multifactorial. En ella se incluyen factores genéticos, anomalías mitocondriales, determinantes sociales como la falta de actividad física, alteración de procesos fisiológicos como la disminución de hormonas anabólicas, incremento

de citoquinas inflamatorias, disminución de los terminales motores, reducción en el tamaño de la fibra muscular y del flujo sanguíneo muscular, entre otras.<sup>(7,8,9)</sup>

Una clasificación etiológica de la sarcopenia la categoriza como primaria, o asociada a la edad cuando no existe otra causa evidente además del envejecimiento de la persona. Se clasifica como secundaria cuando existe una o más causas evidentes, como sarcopenia asociada a la inactividad (consecuencia de reposo en cama, estilo de vida sedentario o situación de ingravidez), sarcopenia asociada a enfermedad sistémica (falla orgánica avanzada, neoplasias, enfermedades inflamatorias o endocrinas), sarcopenia asociada a inactividad física (estilo de vida sedentario, inmovilidad o discapacidad relacionada con la enfermedad) y sarcopenia asociada a malnutrición (ingesta dietética inadecuada de proteínas, malabsorción intestinal y uso de medicamentos anorexígenos).<sup>(5)</sup>

En cuanto al diagnóstico de sarcopenia relacionada con la edad, la actualización del EWGSOP recomienda usar como primer criterio la pérdida de FM, como segundo, la disminución de cantidad o calidad muscular y como tercero la disminución del rendimiento. Para realizar el diagnóstico se requiere siempre de la presencia del primer criterio, más evidencia del segundo o tercero. Si los tres criterios están presentes, la sarcopenia es considerada como severa.<sup>(5)</sup>

### **Alteraciones fisiológicas neuromusculares ligadas a sarcopenia asociada a la edad**

Aun cuando se ha demostrado que una baja masa muscular puede preceder a la sarcopenia, no es el equivalente de bajos niveles de FM.<sup>(10)</sup> Durante la sarcopenia la disminución de la FM es mucho más rápida que la pérdida de masa muscular, esto estaría relacionado con alteraciones en la activación neural y estructura muscular.<sup>(11)</sup>

La disminución de la FM con el envejecimiento se explica por la reducción del tamaño y número de fibras musculares, en particular las de tipo II; denervación y pérdida de unidades motoras, demostrándose un mayor tiempo para alcanzar el umbral de contracción como también para relajarse; aumento del número de fibras musculares híbridas; disminución en la capacidad de regeneración muscular por menor presencia de células satélite; disminución en la producción de hormonas anabólicas y de la capacidad muscular para incorporar aminoácidos y síntesis proteica, con aumento en la liberación de agentes catabólicos; además

de modificaciones estructurales a lo largo de las fibras musculares, expresada en la modificación de la cadena pesada de miosina, que se diferencia del resto de la fibra muscular.<sup>(12)</sup>

La pérdida de FM en el AM se asocia a una disminución en la capacidad funcional para realizar actividades de la vida diaria, incremento del riesgo de caída y cambios estructurales como la pérdida de densidad mineral ósea.<sup>(13)</sup> Además, disminuye la movilidad e incrementa el riesgo de fracturas, discapacidad y enfermedades cardíacas. En este contexto, esta es una condición que influye directa o indirectamente en la ejecución de tareas de la vida diaria y justifica buscar alternativas preventivas o terapéuticas que regulen o retarden su aparición en el AM.

### **Respuestas fisiológicas del entrenamiento con restricción parcial del flujo sanguíneo observadas en el adulto mayor**

Este tipo de entrenamiento se ejecuta en combinación con restricción parcial del flujo sanguíneo (RPFS) a nivel muscular, y consiste en colocar un manguito de compresión alrededor de las extremidades apendiculares y presurizarlo con un dispositivo que restringe, pero no ocluye completamente el flujo de sangre arterial durante el ejercicio.<sup>(14)</sup> Este entrenamiento ha demostrado obtener respuestas y adaptaciones fisiológicas relacionadas con el aumento de tamaño y fuerza muscular en el AM.

Sobre la aplicación del ejercicio de fuerza con RPFS en los indicadores de crecimiento de células musculares, *Fry* y otros<sup>(15)</sup> describieron un incremento del 56 % en la síntesis proteica muscular después de un entrenamiento con RPFS en AM hombres. Estos autores concluyeron que existe una mejora en la señalización del complejo 1 de diana de rapamicina de células de mamíferos (mTORC1) y la síntesis proteica del músculo.

La activación simultánea de las vías de señalización de mTORC1 y proteína kinasa activada por mitógenos (MAPK) son necesarias para inducir una respuesta máxima de síntesis proteica muscular después del ejercicio de fuerza, y el ejercicio con RPFS es capaz de activar ambas vías de señalización en el músculo esquelético de los AM. *Yasuda* y otros concluyeron que existe una alta posibilidad de que las células madres miogénicas provean una capacidad aumentada de transcripción génica en las miofibrillas, lo que contribuye a una mejor actividad de síntesis proteica muscular en el ejercicio con RPFS.<sup>(16)</sup> En consecuencia, la

mejora en el metabolismo proteico puede facilitar el desarrollo de hipertrofia y fuerza muscular en AM sometidos a RPFS.

En relación a las modificaciones hormonales, la RPFS promueve el incremento de los niveles plasmáticos de hormona del crecimiento<sup>(17,18)</sup> y norepinefrina.<sup>(18)</sup> Además, se ha demostrado un incremento en los niveles plasmáticos del factor de crecimiento endotelial vascular,<sup>(17)</sup> lo que promueve la angiogénesis probablemente secundaria al estrés hipóxico generado por el estímulo de este tipo de entrenamiento.<sup>(18)</sup>

En este contexto, las adaptaciones producidas y comparadas con el entrenamiento de fuerza (EF) de alta intensidad indican que el EF de baja intensidad de carga con RPFS produce cambios equivalentes en la masa muscular y aumentos más bajos en la FM. No obstante, las mejoras en la FM son significativamente mayores en comparación con el EF de baja intensidad sin RPFS.<sup>(13)</sup>

### **Potenciales riesgos del entrenamiento con restricción parcial del flujo sanguíneo**

La mayoría de las investigaciones han reportado una baja magnitud de riesgo en sesiones únicas o periodos de entrenamiento con RPFS. Los efectos secundarios se han agrupado en respuestas de tipo perceptivo y riesgos potenciales. Dentro de las primeras se encuentran los desmayos, entumecimiento, esfuerzo percibido, dolor o incomodidad, dolor muscular de aparición tardía y daño muscular; afirmándose que, en el caso de presentarse de forma elevada, parece ser más una respuesta transitoria al ejercicio y no por la aplicación de RPFS. Los riesgos potenciales (hemodinámicos, vasculares y trombolíticos) deben ser evaluados previo a la prescripción del entrenamiento, no obstante, se ha demostrado que los efectos adversos son mínimos con la aplicación de RPFS y son minimizados con una metodología apropiada de aplicación.<sup>(19)</sup>

Una encuesta nacional sobre el uso del ejercicio con RPFS realizada con 12 827 japoneses de 20-60 años (3858 hombres y 8969 mujeres) concluyó que este tipo de entrenamiento puede producir efectos beneficiosos independientemente de la edad, el sexo y la condición física de los usuarios. En la encuesta se registraron síntomas como mareos, hemorragia subcutánea y entumecimiento, pero no hubo efectos secundarios graves como embolia pulmonar, parálisis por compresión nerviosa, o síntomas graves como hemorragia cerebral, infarto pulmonar,

infarto cerebral, trombosis venosa o rhabdomiolisis.<sup>(20)</sup> Por lo que se reconoció al entrenamiento con RPFS como seguro.

Esta información refuerza la importancia de disponer previamente de datos clínicos y de salud de las personas que participan en el entrenamiento, así como realizar una correcta evaluación de la condición general y física de los posibles candidatos. Por lo que se debe desarrollar una prescripción y aplicar técnicas cautelosas, monitoreando continuamente su ejecución práctica. Aun cuando la evidencia publicada es consistente y la aplicación con criterios clínicos adecuada, es pertinente indagar en mayor profundidad este tipo de respuestas en población AM.

### **Tipos de entrenamiento de fuerza con restricción parcial de flujo sanguíneo aplicado al adulto mayor**

El EF es una forma efectiva de mejorar la fuerza muscular, la potencia, la actividad neuromuscular máxima y la masa muscular en las poblaciones de edad avanzada.<sup>(4)</sup> El EF con alta intensidad [carga > 60 % de una repetición máxima (1RM)] se recomienda como una estrategia efectiva para combatir la pérdida de FM asociada al envejecimiento. Sin embargo, muchos AM poseen comorbilidades que se contraponen con el uso de ejercicio de alta intensidad, por lo que incorporar el EF con RPFS surgió como una alternativa interesante para inducir adaptaciones musculares similares al entrenamiento de alta intensidad y que además impactan en su calidad de vida.<sup>(21)</sup>

Los entrenamientos con RPFS se agrupan en dos tipos: fuerza y cardiorrespiratorio; siendo los primeros los que impactan en mayor magnitud en el desarrollo de la masa muscular y en su fuerza.<sup>(22)</sup> Las aplicaciones del entrenamiento con RPFS durante los ejercicios de fuerza se establecen en relación al porcentaje de la 1RM (% 1RM), en ejercicios con bandas elásticas (BE) o en entrenamiento en circuito (EC).

#### **Entrenamiento de fuerza con porcentaje de resistencia máxima (% 1RM)**

El entrenamiento con porcentaje de la resistencia máxima es el protocolo de entrenamiento que más se utiliza. Para ello se determina previamente la fuerza máxima durante una contracción concéntrica o 1RM y luego, se aplica un porcentaje de 1RM con RPFS, usando cargas de 20 % - 50 % 1RM.<sup>(22)</sup> Existen diferentes protocolos de ejecución en cuanto a la



dosificación de repeticiones, pausas y tiempo total de trabajo, pero todos buscan lograr la fatiga muscular, generando un entorno metabólico apropiado que permita las adaptaciones fisiológicas.

Los estudios sugieren realizar de 2 a 3 sesiones semanales, compuestas de 3 a 5 series, distribuidas en series de 30 repeticiones, 3 a 4 series “al fallo”, o 1 serie de 30 repeticiones, más 3 series de 15 repeticiones, con ritmos de ejecución de 2 segundos de ejercicio concéntrico y 2 segundos de ejercicio excéntrico (relación 1:1), pausas de 30 a 90 segundos, con una duración total de la sesión de 15 minutos aproximadamente. La compresión de la presión de restricción (PR) puede ser continua durante la duración de la sesión, aunque también se puede reducir o eliminar la PR durante la pausa entre series.<sup>(22,23,24)</sup>

### **Entrenamiento de fuerza con bandas elásticas**

Las BE son comúnmente utilizadas en programas de rehabilitación o *fitness*, ya que facilita realizar ejercicios funcionales con una carga externa, ejercida por la tensión que genera la deformación elástica de la banda.<sup>(25)</sup> En AM posmenopáusicas, el entrenamiento con BE asociado a RPFS provocó un incremento similar al entrenamiento de moderada a alta intensidad sin RPFS respecto de la masa y la FM en extremidad superior (ES).<sup>(26)</sup> Yasuda y otros compararon un mismo protocolo de ejercicios con BE y RPFS versus otro de solo BE, y concluyeron que el ejercicio con BE y RPFS mejora el área de sección transversal (17,6 % en músculos flexores y un 17,4 % en extensores de codo) y la fuerza isométrica máxima de los músculos del brazo (7,8 % y un 16,1 %, en flexores y extensores, respectivamente), junto con no afectar negativamente la distensibilidad arterial.<sup>(27)</sup>

### **Entrenamiento en circuito**

El EC de alta intensidad combina el entrenamiento aeróbico y de resistencia en una sola sesión de ejercicios,<sup>(28)</sup> ofrece numerosos beneficios para la salud y en menos tiempo que los programas tradicionales.<sup>(29)</sup> Además, al utilizar solo el peso corporal (PC) como resistencia, elimina factores limitantes de acceso a equipamiento e instalaciones,<sup>(28)</sup> se caracteriza por realizar variados ejercicios con el PC o con muy bajas cargas en diversas articulaciones, los cuales se completan en 30-40 segundos, con pausas de recuperación cortas de 15-30 segundos entre ellas.<sup>(29)</sup>

Cuando se combinó el EC junto a la RPFS aplicados al AM, se pudo comparar el rendimiento físico, balance y fuerza muscular en un circuito con RPFS versus un programa basado en ejercicio dinámicos de balance durante 8 semanas. El circuito se basó en 6 ejercicios, con énfasis en extremidades inferiores y abdominales. Las PR fueron aplicadas progresivamente en un rango de 70 mm Hg a 150 mm Hg. En cambio, el programa de ejercicios de balance, consistía en movimientos simétricos y asimétricos o marcha en diferentes planos de movimiento y sobre una base de apoyo reducida, con aumento progresivo en la complejidad de las tareas. Ambos grupos mejoraron de igual forma el rendimiento físico y el balance después de terminado los programas, no obstante la FM en las extremidades inferiores fue significativamente superior en el grupo con RPFS.<sup>(30)</sup>

También se ha combinado la RPFS con modalidades de ejercicio no tradicionales, como las plataformas vibratorias de cuerpo entero, la electroestimulación neuromuscular o la incorporación previa de ejercicios con RPFS a un entrenamiento tradicional de fuerza.<sup>(21,31)</sup>

### **Recomendaciones para el uso de dispositivos de restricción parcial del flujo sanguíneo en el adulto mayor**

La técnica de RPFS implica aplicar un manguito de presión en la extremidad superior o inferior, con la finalidad de restringir pero no ocluir completamente el flujo sanguíneo arterial en el segmento que se intervino.<sup>(14)</sup> La magnitud de la intensidad de la PR debe ser individual, razón por la cual es necesario considerar factores como el tamaño del segmento a intervenir, ancho y largo del manguito de compresión y la presión sanguínea del individuo.<sup>(31)</sup> Es muy importante determinar la correcta PR a aplicar.<sup>(14)</sup>

La minimización de los riesgos requiere considerar el ancho de los manguitos y el perímetro de la extremidad para establecer la PR, ya que ambas no son independientes a la hora de determinar el estímulo restrictivo.<sup>(32)</sup> Se necesita investigación adicional, pero se puede consensuar, según las investigaciones, que sería apropiado trabajar una PR entre el 50 % y el 60 % del valor requerido para lograr la oclusión total (LOP, del inglés *Limb Occlusion Pressure*).<sup>(33,34)</sup>

Actualmente, no existen protocolos estandarizados para la regulación de los dispositivos de RPFS en el AM, sin embargo, el análisis de la evidencia publicada en población AM sana, hipertensa o con restricciones osteoarticulares permite recomendar criterios de aplicación

para realizar un entrenamiento de forma segura y eficiente.<sup>(33,35,36)</sup> Considerando los criterios de tipo y ancho del dispositivo, su ubicación, determinación de la PR y tiempo de duración de la restricción es posible entregar las recomendaciones contenidas en la tabla .

**Tabla - Recomendaciones de utilización de los dispositivos de RPFS en AM**

| Recomendaciones                            | Descripción  |
|--|--|
| Tipo y ancho del dispositivo               | Las investigaciones realizadas, hasta el momento de ejecución de la presente revisión, no habían utilizado dispositivos automáticos y esfigmomanómetros, y no se habían reportados estudios que utilizaran bandas de compresión elásticas en el AM.<br>El material del manguito no parece ser un factor relevante en los resultados. La elección de su ancho debe ser cuidadosa e individualizada, por lo que se sugiere utilizar manguitos medianos (10 cm a 12 cm) y con anchos de 17 cm a 18 cm, para entrenar EI y angostos (5 cm) a medianos para el entrenamiento de ES. <sup>(31,33,34,37,38)</sup> |
| Ubicación                                  | Los dispositivos de RPFS se ubican en la porción proximal del ES o EI a entrenar para cumplir el propósito de restringir parcialmente el flujo sanguíneo. La PR debe ser lo suficientemente alta para ocluir el retorno venoso desde los músculos, pero lo suficientemente baja como para mantener el flujo arterial. <sup>(33,38)</sup>   |
| Determinación de la presión de restricción | Se sugiere trabajar con una PR entre el 50 % y el 60 % del valor requerido para lograr la oclusión total del miembro a entrenar. <sup>(33,37)</sup> En el caso de no contar con un instrumento que permita medir la LOP, se ha sugerido utilizar en el AM con patología osteoarticular una estimación de la PR a partir de la utilización de la siguiente fórmula: <sup>(39)</sup><br><br>$[(0,5 \times \text{presión sistólica}) + (2 \times \text{perímetro del muslo}) + 5]$  |
| Tiempo de duración de la restricción       | Los últimos estudios hechos en AM mantienen la restricción durante el ejercicio y la pausa, <sup>(34,38)</sup> aunque estudios en pacientes con alteraciones osteoarticulares prefieren utilizar restricción intermitente para evitar sobrecargar los tejidos y exponerlos a fatiga precoz. <sup>(39)</sup>  |

Abreviaturas: AM: adulto mayor, EI: extremidad inferior, ES: extremidad superior, RPFS: restricción parcial del flujo sanguíneo, PR: presión de restricción, LOP: del inglés *limb occlusion pressure*.

## Consideraciones finales

El fenómeno de transición biodemográfica acelerado, caracterizado por un incremento en los años de sobrevida, implica grandes oportunidades para los AM. Sin embargo, estos

desafíos dependen directamente de la capacidad para mantener una adecuada funcionalidad y en consecuencia una óptima calidad de vida relacionada a la salud.<sup>(40)</sup>

En este contexto, el ejercicio físico, practicado de manera apropiada, es una de las mejores herramientas disponibles para retrasar y prevenir las consecuencias del envejecimiento, fomentar la salud y la calidad de vida, manteniendo y mejorando la función muscular esquelética, osteoarticular, cardiocirculatoria, respiratoria, endocrina, metabólica, inmunológica y psiconeurológica.<sup>(41)</sup> El entrenamiento con RPFS es una alternativa para compensar los efectos asociados a la sarcopenia, ya que induce ganancias de fuerza y masa muscular en el AM y mejora su capacidad funcional.<sup>(13,34)</sup>

Los efectos benéficos del entrenamiento con RPFS se han observado en personas sanas, no entrenados, entrenados de forma recreativa y en poblaciones atléticas.<sup>(42,43)</sup> En el caso de los AM se ha utilizado siguiendo la premisa de que una parte importante de esta población no es capaz de realizar un EF siguiendo las recomendaciones tradicionales de alta intensidad, por lo cual esta metodología emerge como una alternativa para inducir ganancia en la FM de los AM.<sup>(44)</sup>

Introducir bajas intensidades de cargas con RPFS es una metodología útil, de bajo costo y de fácil aplicación, no solo en procesos de envejecimiento, sino en la rehabilitación física o en procesos de disfunción o sarcopenia ligadas a otras causas. También es aplicable en poblaciones especiales con factores de riesgo o enfermedades crónicas, que requieran hacer ejercicio o mantener una vida activa, pero sin sobrecargar las estructuras osteoartromusculares. Aun cuando esta forma de entrenamiento es segura y fácil de utilizar, se debe seleccionar rigurosamente la modalidad de entrenamiento, la forma de aplicación de la restricción, el tipo y material del manguito, la presión y el tiempo de restricción durante la sesión y sus progresiones basadas en los principios del entrenamiento.

Cada día se suman evidencias de la aplicación de fuerza con restricción parcial del flujo sanguíneo en distintas poblaciones, de ahí que sea necesario la realización de investigaciones que permitan complementar y enriquecer la información relacionada con sus adaptaciones y medidas de seguridad. El gasto en salud aumentará solo debido al factor “envejecimiento”, intervenir en esta población con este tipo de estrategias, además de generar un impacto en la salud y calidad de vida de los adultos mayores, también puede contribuir a fortalecer el sector sanitario, y con ello, la economía de cada país.

### Agradecimientos

A Domingo Salas Alarcón, por su apoyo a la formación y desarrollo de innumerables kinesiólogos del país.

### Referencias bibliográficas

1. MINSAL. Programa Nacional de Salud de las Personas Adultas Mayores. Chile: MINSAL; 2014 [acceso 02/12/2018] Disponible en: [http://web.minsal.cl/sites/default/files/files/Borrador%20documento%20Programa%20Nacional%20de%20Personas%20Adultas%20Mayores-%2004-03\\_14.pdf](http://web.minsal.cl/sites/default/files/files/Borrador%20documento%20Programa%20Nacional%20de%20Personas%20Adultas%20Mayores-%2004-03_14.pdf)
2. 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):M146-56. DOI: [10.1093/gerona/56.3.m146](https://doi.org/10.1093/gerona/56.3.m146)
3. Organización Mundial de la Salud. Informe sobre el envejecimiento y la salud. Ginebra: OMS; 2015 [acceso 04/12/2018]. Disponible en: [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/186466/9789240694873\\_spa.pdf?sequence=1](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/186466/9789240694873_spa.pdf?sequence=1)
4. Cadore EL, Pinto RS, Bottaro M, Izquierdo M. Strength and endurance training prescription in healthy and frail elderly. *Aging Dis.* 2014;5(3):183-95. DOI: [10.14336/AD.2014.0500183](https://doi.org/10.14336/AD.2014.0500183)
5. Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, Bauer J, Boirie Y, Bruyère O, Cederholm T, *et al.* Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age Ageing.* 2019;48(1):16-31. DOI: [10.1093/ageing/afy169](https://doi.org/10.1093/ageing/afy169)
6. Shafiee G, Keshtkar A, Soltani A, Ahadi Z, Larijani B, Heshmat R. Prevalence of sarcopenia in the world: a systematic review and meta-analysis of general population studies. *J Diabetes Metab Disord.* 2017;16(1):21. DOI: [10.1186/s40200-017-0302-x](https://doi.org/10.1186/s40200-017-0302-x)
7. Drey M, Krieger B, Sieber CC, Bauer JM, Hettwer S, Bertsch T, *et al.* Motoneuron loss is associated with sarcopenia. *J Am Med Dir Assoc.* 2014;15(6):435-9. DOI: [10.1016/j.jamda.2014.02.002](https://doi.org/10.1016/j.jamda.2014.02.002)

8. Sakuma K, Aoi W, Yamaguchi A. Current understanding of sarcopenia: possible candidates modulating muscle mass. *Pflugers Arch.* 2015;467(2):213-29. DOI: [10.1007/s00424-014-1527-x](https://doi.org/10.1007/s00424-014-1527-x)
9. Perkisas S, De Cock A, Verhoeven V, Vandewoude M. Physiological and architectural changes in the ageing muscle and their relation to strength and function in sarcopenia. *Eur Geriatr Med.* 2016;7(3):201-6. DOI: [10.1016/j.eurger.2015.12.016](https://doi.org/10.1016/j.eurger.2015.12.016)
10. Alchin DR. Sarcopenia: describing rather than defining a condition. *J Cachexia Sarcopenia Muscle.* 2014;5(4):265-8. DOI: [10.1007/s13539-014-0156-8](https://doi.org/10.1007/s13539-014-0156-8)
11. Clark BC, Taylor JL. Age-related changes in motor cortical properties and voluntary activation of skeletal muscle. *Curr Aging Sci.* 2011;4(3):192-9. DOI: [10.2174/1874609811104030192](https://doi.org/10.2174/1874609811104030192)
12. Narici MV, Maffulli N. Sarcopenia: characteristics, mechanisms and functional significance. *Br Med Bull.* 2010;95(1):139-59. DOI: [10.1093/bmb/ldq008](https://doi.org/10.1093/bmb/ldq008)
13. Centner C, Wiegel P, Gollhofer A, König D. Effects of Blood Flow Restriction Training on Muscular Strength and Hypertrophy in Older Individuals: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med.* 2019;49(1):95-108. DOI: [10.1007/s40279-018-0994-1](https://doi.org/10.1007/s40279-018-0994-1)
14. McEwen JA, Owens JG, Jeyasurya J. Why is it Crucial to Use Personalized Occlusion Pressures in Blood Flow Restriction (BFR) Rehabilitation? *Journal of Medical and Biological Engineering.* 2019;39(2):173-7. DOI: [10.1007/s40846-018-0397-7](https://doi.org/10.1007/s40846-018-0397-7)
15. Fry CS, Glynn EL, Drummond MJ, Timmerman KL, Fujita S, Abe T, *et al.* Blood flow restriction exercise stimulates mTORC1 signaling and muscle protein synthesis in older men. *J Appl Physiol.* 2010;108(5):1199-209. DOI: [10.1152/jappphysiol.01266.2009](https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01266.2009)
16. Yasuda T, Fukumura K, Uchida Y, Koshi H, Iida H, Masamune K, *et al.* Effects of low-load, elastic band resistance training combined with blood flow restriction on muscle size and arterial stiffness in older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2015;70(8):950-8. DOI: [10.1093/gerona/glu084](https://doi.org/10.1093/gerona/glu084)
17. Patterson SD, Leggate M, Nimmo MA, Ferguson RA. Circulating hormone and cytokine response to low-load resistance training with blood flow restriction in older men. *Eur J Appl Physiol.* 2013;113(3):713-9. DOI: [10.1007/s00421-012-2479-5](https://doi.org/10.1007/s00421-012-2479-5)
18. Manini TM, Clark BC. Blood Flow Restricted Exercise and Skeletal Muscle Health. *Exerc Sport Sci Rev.* 2009;37(2):78-85. DOI: [10.1097/JES.0b013e31819c2e5c](https://doi.org/10.1097/JES.0b013e31819c2e5c)

19. Brandner CR, May AK, Clarkson MJ, Warmington SA. Reported side-effects and safety considerations for the use of blood flow restriction during exercise in practice and research. *Tech Orthop*. 2018;33(2):114-21. DOI: [10.1097/BTO.0000000000000259](https://doi.org/10.1097/BTO.0000000000000259)
20. Yasuda T, Meguro M, Sato Y, Nakajima T. Use and safety of KAATSU training: Results of a national survey in 2016. *Int J Kaatsu Training Res*. 2017;13(1):1-9. <https://doi.org/10.3806/ijktr.2.5>
21. Ruaro MF, Santana JO, Gusmão N, De França E, Carvalho BN, Farinazo KB, *et al*. Effects of strength training with and without blood flow restriction on quality of life in elderly women. *Eur J Phys Educ Sport*. 2019;19:787-94. DOI: [10.7752/jpes.2019.01078](https://doi.org/10.7752/jpes.2019.01078)
22. Slysz J, Stultz J, Burr JF. The efficacy of blood flow restricted exercise: A systematic review & meta-analysis. *J Sci Med Sport*. 2016;19(8):669-75. DOI: [10.1016/j.jsams.2015.09.005](https://doi.org/10.1016/j.jsams.2015.09.005)
23. Fahs CA, Loenneke JP, Rossow LM, Tiebaud RS, Bemben MG. Methodological considerations for blood flow restricted resistance exercise. *J Trainol*. 2012;1(1):14-22.
24. Martín Hernández J. Respuestas y adaptaciones de la función y estructura musculares al entrenamiento oclusivo con resistencias de baja intensidad [tesis doctoral Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte]. [León, España]: Universidad de León; 2013. <http://hdl.handle.net/10612/2883>
25. Kwak C-J, Kim YL, Lee SM. Effects of elastic-band resistance exercise on balance, mobility and gait function, flexibility and fall efficacy in elderly people. *J Phys Ther Sci*. 2016;28(11):3189-96. DOI: [10.1589/jpts.28.3189](https://doi.org/10.1589/jpts.28.3189)
26. Thiebaud RS, Loenneke JP, Fahs CA, Rossow LM, Kim D, Abe T, *et al*. The effects of elastic band resistance training combined with blood flow restriction on strength, total bone-free lean body mass and muscle thickness in postmenopausal women. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2013;33(5):344-52. DOI: [10.1111/cpf.12033](https://doi.org/10.1111/cpf.12033)
27. Yasuda T, Fukumura K, Iida H, Nakajima T. Effects of detraining after blood flow-restricted low-load elastic band training on muscle size and arterial stiffness in older women. *Springerplus*. 2015;4:348. DOI: [10.1186/s40064-015-1132-2](https://doi.org/10.1186/s40064-015-1132-2)
28. Klika B, Jordan C. High-intensity circuit training using body weight: Maximum results with minimal investment. *ACSM's Health Fit J*. 2013;17(3):8-13. DOI: [10.1249/FIT.0b013e31828cb1e8](https://doi.org/10.1249/FIT.0b013e31828cb1e8)

29. Romero-Arenas S, Martínez-Pascual M, Alcaraz PE. Impact of resistance circuit training on neuromuscular, cardiorespiratory and body composition adaptations in the elderly. *Aging Dis.* 2014;4(5):256-63. DOI: [10.14336/AD.2013.0400256](https://doi.org/10.14336/AD.2013.0400256)
30. Yokokawa Y, Hongo M, Urayama H, Nishimura T, Kai I. Effects of low-intensity resistance exercise with vascular occlusion on physical function in healthy elderly people. *Biosci Trends.* 2008;2(3):117-23.
31. Patterson SD, Hughes L, Warmington S, Burr J, Scott BR, Owens J, *et al.* Blood Flow Restriction Exercise Position Stand: Considerations of Methodology, Application, and Safety. *Front Physiol.* 2019;10(533). DOI: [10.3389/fphys.2019.00533](https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00533)
32. Jessee MB, Buckner SL, Dankel SJ, Counts BR, Abe T, Loenneke JP. The influence of cuff width, sex, and race on arterial occlusion: implications for blood flow restriction research. *Sports Med.* 2016;1-9. DOI: [10.1007/s40279-016-0473-5](https://doi.org/10.1007/s40279-016-0473-5)
33. Libardi C, Chacon-Mikahil M, Cavaglieri C, Tricoli V, Roschel H, Vechin F, *et al.* Effect of concurrent training with blood flow restriction in the elderly. *Int J Sports Med.* 2015;36(5):395-9. DOI: [10.1055/s-0034-1390496](https://doi.org/10.1055/s-0034-1390496)
34. Staunton CA, May AK, Brandner CR, Warmington SA. Haemodynamics of aerobic and resistance blood flow restriction exercise in young and older adults. *Eur J Appl Physiol.* 2015;115(11):2293-302. DOI: [10.1007/s00421-015-3213-x](https://doi.org/10.1007/s00421-015-3213-x)
35. Pinto RR, Karabulut M, Poton R, Polito MD. Acute resistance exercise with blood flow restriction in elderly hypertensive women: haemodynamic, rating of perceived exertion and blood lactate. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2018;38(1):17-24. DOI: [10.1111/cpf.12376](https://doi.org/10.1111/cpf.12376)
36. Cook SB, LaRoche DP, Villa MR, Barile H, Manini TM. Blood flow restricted resistance training in older adults at risk of mobility limitations. *Exp Gerontol.* 2017;99:138-45. DOI: [10.1016/j.exger.2017.10.004](https://doi.org/10.1016/j.exger.2017.10.004)
37. Clarkson MJ, Conway L, Warmington SA. Blood flow restriction walking and physical function in older adults: A randomized control trial. *J Sci Med Sport.* 2017;20(12):1041-1046. DOI: [10.1016/j.jsams.2017.04.012](https://doi.org/10.1016/j.jsams.2017.04.012)
38. Shimizu R, Hotta K, Yamamoto S, Matsumoto T, Kamiya K, Kato M, *et al.* Low-intensity resistance training with blood flow restriction improves vascular endothelial function and peripheral blood circulation in healthy elderly people. *Eur J Appl Physiol.* 2016;116(4):749-57. DOI: [10.1007/s00421-016-3328-8](https://doi.org/10.1007/s00421-016-3328-8)



39. Buford TW, Fillingim RB, Manini TM, Sibille KT, Vincent KR, Wu SS. Kaatsu training to enhance physical function of older adults with knee osteoarthritis: Design of a randomized controlled trial. *Contemp Clin Trials*. 2015;43:217-22. DOI: [10.1016/j.cct.2015.06.016](https://doi.org/10.1016/j.cct.2015.06.016)
40. Adhanom Ghebreyesus A. Global strategy and action plan on ageing and health. World Health Organization: Geneva: WHO; 2017. Disponible en: <https://www.who.int/ageing/WHO-GSAP-2017.pdf?ua=1>
41. Ruegsegger GN, Booth FW. Health Benefits of Exercise. *Cold Spring Harb Perspect Med*. 2018;8(7). DOI: [10.1101/cshperspect.a029694](https://doi.org/10.1101/cshperspect.a029694)
42. Scott BR, Loenneke JP, Slattery KM, Dascombe BJ. Blood flow restricted exercise for athletes: A review of available evidence. *J Sci Med Sport*. 2016;19(5):360-7. DOI: [10.1016/j.jsams.2015.04.014](https://doi.org/10.1016/j.jsams.2015.04.014)
43. Bowman EN, Elshaar R, Milligan H, Jue G, Mohr K, Brown P, *et al*. Proximal, Distal, and Contralateral Effects of Blood Flow Restriction Training on the Lower Extremities: A Randomized Controlled Trial. *Sports Health*. 2019;11(2):149-56. DOI: [10.1177/1941738118821929](https://doi.org/10.1177/1941738118821929)
44. Vechin FC, Libardi CA, Conceicao MS, Damas FR, Lixandrao ME, Berton RP, *et al*. Comparisons between low-intensity resistance training with blood flow restriction and high-intensity resistance training on quadriceps muscle mass and strength in elderly. *J Strength Cond Res*. 2015;29(4):1071-6. DOI: [10.1519/JSC.0000000000000703](https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000703)

### Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

### Contribuciones de los autores

*Carlos Bahamondes-Ávila*: conceptualización; administración del proyecto; visualización; redacción – borrador original; redacción – revisión y edición.

*Felipe Ponce-Fuentes*: curación de datos; visualización; redacción – borrador original; redacción – revisión y edición.

*Natalia Chahin-Inostroza*: investigación; metodología; visualización; redacción – borrador original; redacción – revisión y edición.

*Fanny Bracho-Milic*: visualización; redacción – borrador original; redacción – revisión y edición.

*Claudia Navarrete-Hidalgo*: visualización; redacción – borrador original; redacción – revisión y edición.

<sup>a</sup> Kaatsu “es una concepción de entrenamiento, surgida en Japón que combina el ejercicio de baja intensidad con la hipoxia tisular para el incremento de la fuerza y el tamaño muscular. Este tipo de entrenamiento se conoce como Kaatsu en Japón, aunque los autores occidentales se refieren a él como entrenamiento oclusivo (*occlusive training*) o entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo (*blood flow restricted training*)”. Tomado de: Martín-Hernández J, Marín PJ, Herrero AJ. Revisión de los procesos de hipertrofia muscular inducida por el entrenamiento de fuerza oclusivo. Rev Andal Med Deporte. 2011 [acceso 30/07/2020];4(4):152-57. Disponible en: <https://www.elsevier.es/index.php?p=revista&pRevista=pdf-simple&pii=X188875461193787X> (N. del E.).