

UNIVERSIDAD EUROPEA DE VALENCIA

Facultad de Ciencias de la Salud

Grado en Fisioterapia

Trabajo Fin de Grado

Curso 2024-2025

**ANÁLISIS DEL ENTRENAMIENTO DE BAJA CARGA CON
BLOOD FLOW RESTRICTION COMO ESTRATEGIA
ALTERNATIVA EN EL TRATAMIENTO DE LA SARCOPENIA
EN PERSONAS DE EDAD AVANZADA**



**Universidad
Europea**

Autores

Louis DIEUMEGARD
Maxence LISSILLOUR

Tutor

Dr. José PÉREZ MALETZKI

Valencia, 2025

**ANÁLISIS DEL ENTRENAMIENTO DE BAJA CARGA CON
BLOOD FLOW RESTRICTION COMO ESTRATEGIA
ALTERNATIVA EN EL TRATAMIENTO DE LA SARCOPENIA
EN PERSONAS DE EDAD AVANZADA**

TRABAJO FINAL DE GRADO PRESENTADO POR:
Louis DIEUMEGARD y Maxence LISSILLOUR

TUTOR DEL TRABAJO:
Dr. José PÉREZ MALETZKI

FACULTAD DE FISIOTERAPIA
UNIVERSIDAD DE EUROPEA DE VALENCIA

VALENCIA
CURSO 2024-2025

ÍNDICE

1. ÍNDICE DE ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS	5
2. ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS	6
3. ÍNDICE DE ANEXOS	6
4. RESUMEN Y PALABRAS CLAVE	7
1.1. Resumen en castellano	7
1.2. Resumen en inglés	8
5. INTRODUCCIÓN	9
5.1. Vejez	9
5.1.1. Definición	9
5.1.2. Epidemiología	9
5.1.3. Fisiología	9
5.2. Sarcopenia	10
5.2.1. Definición	10
5.2.2. Fisiopatología	10
5.2.3. Sintomatología	10
5.2.4. Epidemiología	11
5.2.5. Factores de riesgo	11
5.2.6. Diagnóstico	11
5.2.7. Tratamiento	11
5.3. Blood Flow Restriction	12
5.3.1. Definición	12
5.3.2. Fisiología	13
5.3.3. Beneficios y riesgos	13
6. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	14
6.1. Objetivos	14
6.1.1. Objetivo principal	14
6.1.2. Objetivos secundarios	14
6.3. Hipótesis	14

7. MATERIAL Y MÉTODOS	15
7.1. Diseño del estudio	15
7.2. Criterios de elegibilidad	15
7.3. Estrategia de búsqueda y selección de estudios	16
7.4. Extracción de datos	18
7.5. Variables	19
7.6. Calidad de los estudios	19
7.7. Síntesis de resultados	20
8. RESULTADOS	20
8.1. Selección de estudios	20
8.2. Características de los participantes	21
8.3. Intervenciones	21
8.4. Efectividad de las variables medidas	25
8.4.1. Fuerza muscular	25
8.4.2. Masa muscular	29
9. DISCUSIÓN	31
9.1. Hallazgos principales	32
9.1.1. Fuerza muscular	32
9.1.2. Masa muscular	34
9.2. Variedad de aplicaciones del BFR	35
9.3. Limitaciones	36
9.4. Fortalezas	36
9.5. Necesidades futuras	37
10. CONCLUSIONES	38
10.1. Objetivo principal	38
10.2. Objetivos secundarios	38
10.2.1. Primer objetivos secundarios	38
10.2.2. Segundo objetivo secundario	38
10.2.3. Tercer objetivo secundario	38
11. BIBLIOGRAFÍA	39
12. AGRADECIMIENTOS	43
13. ANEXOS	44

1. ÍNDICE DE ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

- **1RM** : One Repetition Maximum
- **10RM** : Ten Repetition Maximum
- **BFR** : Blood Flow Restriction
- **BFRG** : Blood Flow Restriction with Bridge exercise
- **BG**: Bridge exercise
- **CINAHL**: Cumulative Index to Nursing and Allied Health Literature
- **CON**: Control
- **CSA**: Cross-Sectional Area
- **CRT**: Clinical Randomized Trial
- **DEXA**: Dual-Energy X-ray Absorptiometry
- **DOI**: Digital Object Identifier
- **FT**: Functional Training
- **FTBFR**: Functional Training with Blood Flow Restriction
- **GH**: Growth Hormone
- **HI**: High Intensity
- **HL** : High Load
- **HRT**: High-intensity Resistance Training
- **ID**: Identifiant
- **LI**: Low Intensity
- **LLRT**: Low-Load Resistance Training
- **LTR BFR**: Low-Load Training with BFR
- **MESH**: Medical Subject Headings
- **MH**: Moderate to High Intensity
- **MVC**: Maximal Voluntary Contraction
- **NCBI**: National Center for Biotechnology Information
- **p**: El valor p es una medida de la probabilidad de que los resultados observados en un estudio se hayan producido por casualidad.
- **PEDro**: Physiotherapy Evidence Database
- **PICO**: Patient, Intervention, Comparison, Outcome
- **PRISMA**: Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses
- **RCT**: Randomized Controlled Trial

2. ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Figura 1: Pregunta PICO	16
Figura 2: Estrategia de búsqueda	17
Figura 3: Diagrama de flujo PRISMA	21
Tabla 1: Resultados sintetizados fuerza muscular	26
Tabla 2: Resultados sintetizados masa muscular	29

3. ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Cochrane Risk of Bias	44
Anexo 2: Escala de PEDro	45
Anexo 3: Resultados detallados fuerza muscular	46
Anexo 4: Resultados detallados masa muscular	51

4. RESUMEN Y PALABRAS CLAVES

4.1 Resumen en castellano

Introducción: El envejecimiento poblacional ha aumentado los casos de sarcopenia, una enfermedad degenerativa que implica pérdida de masa muscular, fuerza y rendimiento. Afecta la autonomía y eleva el riesgo de caídas y mortalidad. Su tratamiento combina nutrición, ejercicio y, a veces, fármacos. El entrenamiento con Blood Flow Restriction (BFR) surge como una opción segura y eficaz para ganar fuerza y masa muscular en personas mayores o frágiles.

Objetivo: Evaluar la eficacia del entrenamiento de baja intensidad mediante BFR para mejorar la fuerza y la masa muscular en personas mayores con sarcopenia. El BFR podría representar una alternativa menos restrictiva al ejercicio de resistencia tradicional. Los objetivos secundarios compararon el BFR con la ausencia de entrenamiento, el entrenamiento de alta intensidad sin BFR y el entrenamiento similar sin BFR.

Métodos: Se realizó una búsqueda de artículos a través de PubMed, CINAHL, MEDLINE, Rehabilitation & Sport Medicine Source y SPORTDiscus en busca de ensayos controlados aleatorios publicados después de 2010. Se identificó un total de 11 estudios que cumplieran los criterios de elegibilidad.

Resultados: El entrenamiento de baja intensidad con BFR mejoró significativamente la fuerza en comparación con la ausencia de entrenamiento ($p < 0,05$ a $p \leq 0,01$), así como en comparación con un entrenamiento similar sin BFR. Los resultados muestran resultados comparables al entrenamiento de alta intensidad en varios estudios ($p < 0,05$). En cuanto a la masa muscular, el entrenamiento de baja intensidad con BFR también produjo ganancias de masa significativamente mayores que sin entrenamiento ($p < 0,05$), entrenamiento similar sin BFR y comparable al entrenamiento de alta intensidad ($p < 0,05$ a $p < 0,001$).

Conclusión: El entrenamiento de baja intensidad con restricción del flujo sanguíneo (BFR) muestra resultados prometedores para mejorar la fuerza y la masa muscular en personas mayores con sarcopenia. Según los estudios revisados, ofrece ganancias significativas en comparación con la ausencia de entrenamiento y resultados comparables a los del entrenamiento de alta intensidad sin BFR. Además, el entrenamiento con BFR supera al entrenamiento de la misma intensidad sin BFR. Sin embargo, la eficacia del BFR puede variar en función de los protocolos utilizados. Estos resultados apoyan la idea de que el BFR podría ser una alternativa terapéutica eficaz para esta población vulnerable.

Palabras claves: Envejecimiento, Terapia de restricción del flujo sanguíneo, Sarcopenia, Atrofia muscular, Entrenamiento de resistencia.

4.2 Resumen en inglés

Introduction: Population aging has increased cases of sarcopenia, a degenerative condition involving loss of muscle mass, strength, and performance. It affects autonomy and raises the risk of falls and mortality. Treatment includes nutrition, exercise, and sometimes medication. Blood Flow Restriction (BFR) training has emerged as a safe and effective option for older or frail individuals.

Objective: To evaluate the effectiveness of low-intensity training using BFR to improve muscle strength and mass in older adults with sarcopenia. BFR could represent a less restrictive alternative to traditional resistance exercise. Secondary objectives compared BFR with no training, high-intensity training without BFR, and similar training without BFR.

Methods: A search for articles was conducted through PubMed, CINAHL, MEDLINE, Rehabilitation & Sport Medicine Source, and SPORTDiscus to find randomized controlled trials published after 2010. A total of 11 studies meeting the eligibility criteria were identified.

Results: Low-intensity training with BFR significantly improved strength compared to no training ($p < 0.05$ to $p \leq 0.01$), as well as compared to similar training without BFR. The results showed comparable outcomes to high-intensity training in several studies ($p < 0.05$). Regarding muscle mass, low-intensity training with BFR also produced significantly greater muscle gains than no training ($p < 0.05$), similar training without BFR, and comparable to high-intensity training ($p < 0.05$ to $p < 0.001$).

Conclusion: Low-intensity training with Blood Flow Restriction (BFR) shows promising results for improving strength and muscle mass in older adults with sarcopenia. According to the reviewed studies, it offers significant gains compared to no training and results comparable to high-intensity training without BFR. Furthermore, BFR training outperforms training of the same intensity without BFR. However, the effectiveness of BFR may vary depending on the protocols used. These results support the idea that BFR could be an effective therapeutic alternative for this vulnerable population.

Keywords: Aging, Blood Flow Restriction Therapy, Sarcopenia, Muscle Atrophy, Resistance Training.

5. INTRODUCCIÓN:

En los dos últimos siglos se ha producido un notable aumento de la esperanza de vida en los países desarrollados, que se ha duplicado por término medio. Este progreso es atribuible en gran medida a los avances médicos y sanitarios, como la mejora de la higiene, la nutrición, el acceso al agua potable, la vacunación generalizada y el uso de antibióticos, que han reducido considerablemente la mortalidad. Este importante cambio demográfico ha provocado un envejecimiento sin precedentes de las poblaciones (Partridge, 2018).

5.1. Vejez

5.1.1. Definición

El envejecimiento es uno de los fenómenos más complejos de la naturaleza. De hecho, es el resultado de un recorrido temporal continuo que se extiende a lo largo de varias décadas (Lloyd-Sherlock, 2012). Este proceso dinámico, que es a la vez biológico, psicológico y social, está marcado por transformaciones progresivas del organismo y adaptaciones a los cambios del entorno (De Winter, 2015). Algunos definen el envejecimiento como el deterioro progresivo e inevitable de las funciones fisiológicas con la edad, caracterizado demográficamente por un aumento de la mortalidad. El resultado es la degeneración y la pérdida de funcionalidad a todos los niveles (molecular, celular, tisular, organizativo e incluso social), lo que conduce al fracaso de la función humana normal (Kyriazis, 2020).

5.1.2. Epidemiología

En 2030, una sexta parte de la población mundial tendrá 60 años o más, lo que supone un aumento de 400 millones de personas respecto a 2020. Esta tendencia continuará inexorablemente, y el número de personas de 60 años o más se duplicará en 2050 hasta alcanzar los 2.100 millones (Beard, 2016). El envejecimiento de la población es especialmente notable entre los mayores de 80 años, cuyo número se prevé que se triplique de aquí a 2050, alcanzando los 426 millones. Aunque este fenómeno ya está muy avanzado, como en Japón, donde un tercio de la población tiene más de 60 años, ahora se está extendiendo a todo el planeta (Beard, 2016).

5.1.3. Fisiología

Desde un punto de vista fisiológico, el envejecimiento puede conceptualizarse como un conjunto de nueve características organizadas en tres grupos interrelacionados: primarias, antagónicas e integradoras. Las características primarias, como la inestabilidad genómica, el desgaste de los telómeros y las alteraciones epigenéticas, inician una cascada de disfunciones celulares. Este daño inicial activa mecanismos compensatorios, conocidos como antagonistas, como la desregulación de la detección de nutrientes o la senescencia celular. Sin embargo, estos mecanismos, aunque beneficiosos a corto plazo, pueden volverse deletéreos a largo plazo. En última instancia, estas alteraciones convergen hacia características integradoras, como el agotamiento de las células madre

y las alteraciones en la comunicación intercelular, que afectan profundamente a la función y la homeostasis de los tejidos (López-Otín, 2013; Soares, 2014).

Dos enfermedades degenerativas asociadas a la vejez destacan por su incidencia. La osteoporosis y la sarcopenia son las lacras de nuestra sociedad envejecida. Se caracterizan por la pérdida de masa ósea y muscular, lo que aumenta significativamente el riesgo de fracturas, caídas y pérdida de independencia. Sus consecuencias van mucho más allá del simple dolor físico, impactando también en la salud mental y la calidad de vida de los afectados (Boros, 2017).

5.2. Sarcopenia

5.2.1. Definición

La sarcopenia es una condición caracterizada por la pérdida progresiva y generalizada de masa muscular esquelética, acompañada de debilidad muscular y deterioro del rendimiento físico. Se observa principalmente en personas de edad avanzada, pero también puede estar asociada a condiciones patológicas como enfermedades crónicas, inactividad física, malnutrición y trastornos endocrinos (Cruz-Jentoft, 2019; Tournadre, 2019). Esta pérdida muscular tiene profundas consecuencias para la salud y la calidad de vida, especialmente en las personas mayores, lo que conlleva una menor independencia, un mayor riesgo de caídas y fracturas, y un aumento de la morbilidad y la mortalidad (Yuan, 2023; Petermann-Rocha, 2021).

5.2.2. Fisiopatología

La fisiopatología de la sarcopenia es compleja y multifactorial. Varios factores contribuyen a la degradación muscular, como la inflamación sistémica asociada a menudo con el envejecimiento y las enfermedades crónicas, los desequilibrios hormonales (reducción de testosterona, hormonas tiroideas y vitamina D), la inactividad física que conduce a la atrofia muscular y la malnutrición, en particular la ingesta inadecuada de proteínas y nutrientes esenciales como la vitamina D (Tournadre, 2019; Aihie Sayer, 2022). Estos factores interactúan para alterar el equilibrio entre la síntesis y la degradación de las proteínas musculares, lo que conduce a la pérdida de masa muscular y al deterioro de la función muscular (Tournadre, 2019).

5.2.3. Sintomatología

Los síntomas y las consecuencias de la sarcopenia son importantes. La pérdida de masa muscular y de función muscular conlleva una reducción de la capacidad funcional, lo que afecta a la movilidad y la autonomía de las personas. Esto aumenta el riesgo de caídas, fracturas y discapacidad funcional, lo que puede conducir a la pérdida de independencia y a la reducción de la calidad de vida (Yuan, 2023). Además, la sarcopenia se asocia a un aumento de la morbilidad y la mortalidad, sobre todo debido a un mayor riesgo de enfermedades cardiovasculares, diabetes y depresión (Yuan, 2023; Petermann-Rocha, 2021). La reducción de la masa y la función muscular también contribuye a la fragilidad, que es un factor importante de dependencia entre las personas mayores (Cruz-Jentoft, 2019).

5.2.4. Epidemiología

La epidemiología de la sarcopenia muestra una prevalencia que varía en función de los criterios diagnósticos utilizados y de las poblaciones estudiadas. En general, la sarcopenia afecta a alrededor del 10-30% de las personas de 60 años o más, pero esta proporción aumenta con la edad, llegando hasta el 50% en individuos de más de 80 años, sobre todo en residencias de ancianos e instituciones sanitarias (Yuan, 2023; Petermann-Rocha, 2021). Las tasas de prevalencia también se ven influidas por factores geográficos y sociales, y los estudios indican una mayor prevalencia en Asia que en Europa o América (Petermann-Rocha, 2021).

5.2.5. Factores de riesgo

Los principales factores de riesgo de la sarcopenia son la edad avanzada, la inactividad física, la desnutrición y las enfermedades crónicas. El envejecimiento provoca una reducción de los procesos de síntesis de proteínas musculares y un aumento de su degradación, lo que contribuye a la pérdida de masa muscular. Un estilo de vida sedentario, la falta de ejercicio físico (sobre todo de resistencia) y una ingesta nutricional inadecuada de proteínas y vitaminas (sobre todo de vitamina D) son factores clave en el desarrollo de la sarcopenia (Aihie Sayer, 2022; Yuan, 2023). Las comorbilidades como las enfermedades cardiovasculares, la diabetes y los trastornos inflamatorios crónicos también agravan la pérdida muscular (Aihie Sayer, 2022).

5.2.6. Diagnóstico

El diagnóstico de sarcopenia se basa en tres criterios principales: medición de la masa muscular, evaluación de la fuerza muscular y evaluación del rendimiento físico. La masa muscular puede medirse mediante técnicas de imagen como la DEXA (absorciometría de rayos X de energía dual), la bioimpedancia o la resonancia magnética (Cruz-Jentoft, 2019; Tagliafico, 2022). La fuerza muscular suele evaluarse mediante la prueba de prensión de la mano (dinamometría), mientras que el rendimiento físico se mide mediante pruebas como la prueba de marcha de 4 metros o la prueba de sit to stand (Tournadre, 2019). Se recomienda una combinación de estos tres criterios para un diagnóstico preciso, lo que permite identificar la sarcopenia en una fase temprana, antes de que las consecuencias funcionales sean irreversibles (Tagliafico, 2022). El diagnóstico precoz de la sarcopenia es esencial para iniciar estrategias adecuadas de prevención y tratamiento, incluidos programas de ejercicio físico, intervenciones nutricionales y, en algunos casos, tratamientos farmacológicos (Tagliafico, 2022).

5.2.7. Tratamiento

En la actualidad, el tratamiento de la sarcopenia adopta un enfoque multidimensional, que combina intervenciones nutricionales, intervenciones farmacológicas y ejercicio físico (Morley, 2018).

El tratamiento de la sarcopenia desde el punto de vista nutricional se basa en una ingesta adecuada de proteínas de alta calidad, esenciales para mantener y estimular la síntesis muscular. Se recomiendan especialmente fuentes como los productos lácteos, los huevos y la carne magra. Distribuir las proteínas a lo largo del día también es crucial para optimizar la respuesta anabólica

(Bosaeus, 2015). Además, micronutrientes como la vitamina D, el calcio y los ácidos grasos omega-3 desempeñan un papel clave en la prevención de la pérdida muscular. La vitamina D, que suele ser deficiente en las personas mayores, es especialmente importante para mantener la función muscular (Robinson, 2018).

Aunque todavía no se ha aprobado ningún fármaco específico para tratar la sarcopenia, actualmente se están estudiando varias intervenciones farmacológicas (Rolland, 2011). Los agentes anabolizantes, como la testosterona y los moduladores de los receptores de andrógenos (SARM), así como los inhibidores de la miostatina, que estimulan el crecimiento muscular, están mostrando resultados prometedores (Morley, 2015). Otros tratamientos contemplan el uso de hormonas como la hormona del crecimiento (GH) y los estrógenos, aunque su eficacia requiere más investigación. También se están explorando fármacos dirigidos a vías específicas de crecimiento muscular, como los péptidos anabólicos (Morley, 2015). Los tratamientos farmacológicos para la sarcopenia son más eficaces cuando se combinan con ejercicio y una nutrición adecuada, optimizando los resultados y reduciendo los efectos secundarios (Rolland, 2011).

El entrenamiento físico, en particular el entrenamiento de resistencia, es un método clave para tratar la sarcopenia en las personas mayores. Consiste en someter a los músculos cargas como pesas para estimular el crecimiento muscular y mejorar la fuerza. Este entrenamiento combate eficazmente la pérdida muscular al aumentar la masa y la fuerza muscular (Barajas-Galindo, 2021; Shen, 2023; Linqian Lu, 2021). Los programas combinados, que combinan el entrenamiento de resistencia con el ejercicio aeróbico (como caminar, nadar o bicicleta), han demostrado tener efectos positivos no sólo en la fuerza muscular, sino también en otros aspectos de la salud física, como la mejora de la movilidad y el equilibrio y la reducción del riesgo de caídas (Shen, 2023). Aunque el entrenamiento aeróbico por sí solo puede promover la salud cardiovascular, la resistencia y la forma física general, tiene un impacto menor en la fuerza muscular que el entrenamiento de resistencia o los programas combinados (Linqian Lu, 2021; Barajas-Galindo, 2021).

5.3. Blood Flow Restriction

5.3.1. Definición

El Blood Flow Restriction (BFR) o entrenamiento de restricción del flujo sanguíneo, es un método de entrenamiento que consiste en aplicar compresión en las extremidades para restringir parcialmente el flujo sanguíneo durante el ejercicio. Esta restricción parcial de la sangre crea un entorno hipóxico localizado que estimula el crecimiento muscular y mejora la fuerza, incluso cuando se utilizan cargas ligeras, alrededor del 20-40% del máximo que una persona puede levantar (1RM) (Loenneke, 2012; Patterson, 2019). Esta técnica, desarrollada en la década de 1960 por Yoshiaki Sato en Japón (Anderson, 2019), ha encontrado diversas aplicaciones en la rehabilitación, el rendimiento deportivo y el tratamiento del dolor muscular tras una lesión.

5.3.2. Fisiología

El BFR se basa en la acumulación de metabolitos, como el ácido láctico, en los músculos, lo que estimula las vías de señalización anabólicas responsables de la síntesis de proteínas musculares y la hipertrofia (Miller, 2021). El entrenamiento con BFR es especialmente beneficioso para las personas con limitaciones físicas, como los ancianos o las personas en rehabilitación, ya que permite ganancias musculares similares a las obtenidas con cargas pesadas, pero con menos estrés para las articulaciones y el sistema cardiovascular (Centner, 2019; Martin, 2022).

5.3.3. Beneficios y riesgos

Entre los beneficios del BFR se incluyen el aumento de la fuerza muscular, la mejora de la resistencia y la ganancia en masa muscular, al tiempo que se limita el riesgo de lesiones articulares o musculares (Patterson, 2019). El BFR también se utiliza con éxito en la rehabilitación posquirúrgica, donde ayuda a mantener la masa muscular y a acelerar la recuperación (Martin, 2022).

Sin embargo, aunque el BFR suele ser seguro cuando se aplica correctamente, existen algunos riesgos asociados al mal uso de las mangas de compresión. Una presión excesiva puede provocar complicaciones como trombosis, lesiones musculares o hipotensión (Anderson, 2022; Lorenz, 2021). Por ello, es fundamental que las sesiones de BFR estén supervisadas por profesionales sanitarios, especialmente en el caso de personas con trastornos cardiovasculares graves, hipertensión o problemas circulatorios (Loenneke, 2012; Patterson, 2019). Entre las contraindicaciones también se incluyen los trastornos de la coagulación sanguínea o las enfermedades venosas (Anderson, 2022; Martin, 2022).

En resumen, el BFR es una técnica de entrenamiento innovadora y eficaz que presenta numerosas ventajas, sobre todo para las poblaciones vulnerables. Sin embargo, su aplicación requiere una cuidadosa consideración de la presión aplicada, la duración de la restricción y el estado de salud de los individuos afectados para evitar cualquier riesgo para la salud. Cuando se realiza correctamente, el BFR es un método seguro y prometedor para mejorar la fuerza muscular, la hipertrofia y la rehabilitación funcional (Perera, 2022; Anderson, 2019).

6. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

En vista de los prometedores resultados de los programas de entrenamiento con Blood Flow Restriction (BFR), decidimos examinar la eficacia de este abordaje en personas de edad avanzada con sarcopenia. La sarcopenia es uno de los principales problemas de salud de las personas mayores. Uno de los tratamientos clave para combatir esta afección es el ejercicio físico, en particular los ejercicios de resistencia, que son cruciales para frenar esta pérdida muscular progresiva. Sin embargo, estos ejercicios de resistencia, a menudo necesarios para inducir la hipertrofia muscular y mejorar la fuerza, pueden resultar demasiado traumáticos para las personas mayores, sobre todo por la gran carga que imponen. En este contexto, el entrenamiento con BFR podría ofrecer una solución prometedora. En efecto, este método podría permitir producir adaptaciones musculares similares a las de un ejercicio de resistencia intenso, utilizando al mismo tiempo cargas ligeras. Por tanto, el uso de la BFR podría ser una alternativa eficaz y menos restrictiva para inducir beneficios musculares en las personas mayores que padecen sarcopenia, reduciendo al mismo tiempo el riesgo de lesiones asociado a los ejercicios más tradicionales.

6.1. Objetivos

6.1.1 Objetivo principal

El objetivo principal de esta revisión bibliográfica es examinar la eficacia del entrenamiento de baja intensidad con BFR como tratamiento para mejorar la fuerza y masa muscular en personas de edad avanzada con sarcopenia.

6.1.2 Objetivos secundarios

Los objetivos secundarios de esta revisión sistemática son evaluar los efectos del entrenamiento de baja intensidad (entre 20 y 40% 1RM) con BFR sobre las ganancias de fuerza y masa muscular en ancianos con sarcopenia, en comparación con :

- **Primer objetivo secundario** : Ningún entrenamiento
- **Segundo objetivo secundario** : Entrenamiento de alta intensidad sin BFR (60-80% 1RM)
- **Tercer objetivo secundario** : Entrenamiento similar de baja intensidad sin BFR

6.3. Hipótesis

Nuestra hipótesis de trabajo es que el entrenamiento con BFR podría dar lugar a resultados comparables a los del entrenamiento de resistencia tradicional para combatir la sarcopenia en las personas mayores. Más concretamente, prevemos que el BFR, al inducir una carga de ejercicio reducida a la vez que estimula eficazmente las adaptaciones musculares, podría dar lugar a mejoras significativas de la fuerza y el diámetro musculares en comparación con el entrenamiento de resistencia tradicional, que suele ser difícil de tolerar para esta población.

7. MATERIAL Y MÉTODOS

7.1. Diseño del estudio

Este estudio es una revisión sistemática de la literatura con un diseño de investigación observacional y retrospectivo.

Este estudio se realizó mediante el protocolo que incorpora todos los criterios definidos por los Elementos de Información Preferidos para Revisiones Sistemáticas y Protocolos de Metaanálisis (PRISMA-P).

De conformidad con los requisitos académicos, la metodología seguida se ajusta a las normas científicas de presentación, incluida la información recomendada en las directrices para las secciones esenciales que deben cubrirse en las revisiones sistemáticas (PRISMA).

Al ser una revisión sistemática de la literatura, no fue necesario obtener el consentimiento informado de los participantes.

El autor declara que no tiene afiliación ni compromiso financiero con ninguna organización o empresa con intereses económicos relacionados con los temas tratados en esta revisión.

7.2. Criterios de elegibilidad

Los criterios de elegibilidad del estudio son los siguientes:

- Sólo ensayos controlados aleatorios (RCT).
- No se aceptan estudios de casos, series de casos ni revisión de la literatura anterior.
- Los estudios deben evaluar una intervención experimental que utiliza el BFR para mejorar la sarcopenia, la atrofia muscular o la pérdida muscular.
- Los estudios deben tener como objetivo evaluar la eficacia del BFR a través de las variables de fuerza y masa muscular.
- Los artículos deben publicarse a partir de 2010.
- La población de estudio debe tener 60 años o más.
- Los pacientes deben estar exentos de enfermedades vasculares, cardiopatías e hipertensión.
- Los pacientes no deben haber participado en un programa de entrenamiento físico en los 6 meses anteriores al estudio.
- Las principales variables evaluadas en los estudios deben incluir la fuerza y masa muscular.
- Los artículos seleccionados deben obtener una puntuación mínima de 5/10 en la escala de Pedro.
- No se tienen en cuenta criterios geográficos para la selección de los artículos.

7.3. Estrategia de búsqueda y selección de estudios

Las búsquedas de artículos se realizaron en diversas bases de datos. En primer lugar, se consultó PubMed, donde se identificaron 7 artículos que cumplieran con todos los criterios establecidos. Posteriormente, se amplió la búsqueda utilizando la biblioteca digital de la universidad, seleccionando las siguientes bases de datos: CINAHL, MEDLINE, Rehabilitation & Sport Medicine Source y SPORTDiscus. Este enfoque permitió encontrar 4 artículos adicionales que cumplieran con los criterios definidos.

La búsqueda de artículos se llevó a cabo entre noviembre de 2024 y enero de 2025. Este estudio consiste en una revisión sistemática de la literatura, que incluye artículos publicados a partir de 2010, los cuales abordan el uso del Blood Flow Restriction en relación con la sarcopenia, la atrofia muscular o la pérdida muscular. Sólo se tuvieron en cuenta los artículos publicados en inglés, español y francés.

Los criterios utilizados para elaborar la estrategia de búsqueda se basaron en los principios del método PICO, según el cual los estudios debían cumplir cuatro criterios esenciales. Las condiciones que debían cumplir los estudios, según esta estrategia, se dividieron en las siguientes categorías:

Figura 1: Pregunta PICO

P (población)	Pacientes mayores de 60 años
I (Intervención)	Entrenamiento de baja intensidad con BFR
C (Comparación)	Entrenamiento de alta intensidad, entrenamiento similar sin BFR o sin entrenamiento
O (Outcomes)	Mejora de la fuerza muscular y la hipertrofia muscular

Fuente: Elaboración propia

Para elaborar las estrategias de búsqueda en las distintas bases de datos, se seleccionaron las palabras clave pertinentes. Con el fin de garantizar la precisión de los términos utilizados, se consultó la herramienta MeSH del NCBI. Para definir el grupo de edad objetivo (mayores de 60 años), se utilizaron los siguientes términos MeSH: «Aged» y «Elderly». Para el BFR, se empleó el término «Blood Flow Restriction Therapy». En cuanto a los pacientes con pérdida de masa muscular, se seleccionaron los términos MeSH «Sarcopenia», «Muscular disorders, atrophic» y «Muscular atrophy». Finalmente, para refinar la búsqueda, se incluyeron los términos MeSH «Resistance Training» y «Muscle Strength» para identificar artículos que comparan la BFR con otros métodos.

A partir de los términos MeSH utilizados y de las herramientas de búsqueda avanzada de las distintas bases de datos, se estableció una ecuación de búsqueda.

Figura 2 : Estrategia de búsqueda

Bases de Datos	Estrategia de búsqueda avanzada	Filtros	Número del artículo	Artículos seleccionados
Pubmed	(blood flow restriction Therapy) AND (elderly)	2010-2025 RCT	n=246	n=4 Cook 2019 Shimizu 2015 Vechin 2015 Zhang 2024
	(aged) AND (resistance training) AND (blood flow restriction Therapy)		n=54	n=5 Cook 2017 Letieri 2018 Shimizu 2015* Vechin 2015* Zhang 2024*
	(aged) AND (strenght training) AND (blood flow restriction Therapy)		n=62	n=6 Cook 2017* Letieri 2018* Shimizu 2015* Vechin 2015* Park 2022 Zhang 2024*
	(Aged) AND (blood flow restriction Therapy) AND ((sarcopenia) OR (muscular disorders, atrophic) OR (muscular atrophy))		n=7	n=1 Zhang 2024*
EBSCO Biblioteca digital universitaria (CINAHL / MEDLINE / Rehabilitation & Sports Medecine Source / SPORTDiscus)	(blood flow restriction) AND (elderly) AND (sarcopenia or sarcopenic or muscle weakness or muscular atrophy or muscle loss)	2010-2024 RCT	n=229	n=5 Patterson 2011 Silva 2015 Thiebaud 2013 Vechin 2015* Zhang 2024*
	(blood flow restriction) AND (elderly) AND (sarcopenia or sarcopenic or muscle weakness or muscular atrophy or muscle loss) AND (resistance training or strength training or weight training or resistance exercise) NOT (Surgery)		n=219	n=4 Cook 2019* Park 2022* Bigdeli 2020 Vechin 2015*
	(blood flow restriction) AND (elderly) - en titulo		n=46	n=2 Shimizu 2015* Vechin 2015*

Fuente: Elaboración propia

*Artículos que se repiten

7.4. Extracción de datos

Inicialmente, durante las búsquedas en las distintas bases de datos, se realizó una selección preliminar examinando los títulos y resúmenes de los artículos. Esta etapa permitió retener los artículos potencialmente pertinentes. A continuación, se procedió a una lectura minuciosa de los artículos completos para comprobar si cumplían los criterios de elegibilidad definidos. Tras este análisis, se excluyeron los artículos que no cumplían los criterios, quedando únicamente los que se consideraron adecuados para la revisión sistemática de la literatura. A continuación, se introdujeron los datos pertinentes en un documento Excel normalizado y se eliminaron los duplicados. El proceso de selección de los artículos se presenta en el capítulo de resultados mediante un diagrama de flujo PRISMA.

Una vez seleccionados los artículos, se descargaron y extrajeron los datos de cada estudio. Esto incluía información como el identificador (ID) del estudio, el identificador de objetos digitales (DOI), los nombres de los autores y el año de publicación. Los datos del objetivo del estudio como su diseño se recopilaron para establecer el marco del estudio y garantizar su rigor metodológico. Para las intervenciones, se recogieron datos sobre el grupo experimental, el grupo de control y, en algunos casos, un segundo grupo experimental. Se extrajeron y analizaron las variables que medían la hipertrofia muscular y la fuerza muscular en cada artículo. Los datos seleccionados se recopilaron y analizaron para extraer la información pertinente y garantizar una comprensión exhaustiva de los resultados obtenidos.

Para obtener un conjunto completo de características detalladas de los participantes, fue necesario recoger los datos sobre el tamaño de la muestra, la edad de los participantes, el estado de salud física y el sexo. Una vez recogidos estos datos, fue posible realizar un análisis comparativo en profundidad entre los distintos participantes, poniendo de relevancia diferencias y similitudes.

Por otra parte, en cada estudio seleccionado se recogió información sobre la duración de las intervenciones, las modalidades de oclusión vascular cuando se utilizó el BFR, el tipo de ejercicio y las cadenas musculares a las que se aplique, los periodos de medición de las variables, cegamiento de participantes y examinadores, los métodos de análisis de datos utilizados, el seguimiento y la tasa de finalización del estudio resultante.

Además, se realizó un análisis de los resultados obtenidos, teniendo en cuenta la media y las desviaciones estándar. Los datos extraídos fueron analizados y discutidos por dos revisores independientes.

7.5. Variables

Las variables seleccionadas para esta revisión sistemática están estrechamente vinculadas con la sarcopenia. Los síntomas principales de esta condición incluyen la pérdida de fuerza y de masa muscular. En este contexto, las variables que se evaluarán son las siguientes:

- Fuerza muscular: Se evalúa de diferentes maneras:
 - Prueba isocinética (Cook, 2019; Letieri, 2018)
 - Prueba 1-RM (Bigdeli, 2020; Cook, 2017; Zhang, 2024; Patterson, 2011; Shimizu, 2015; Silva, 2015; Vechin, 2015)
 - Prueba 10-RM (Cook, 2019)
- Masa muscular: Se evalúa de diferentes maneras:
 - Resonancia magnética (Cook, 2017; Cook, 2019; Vechin, 2015)
 - Ecografía (Park, 2022; Thiebaud, 2013)
 - Una cinta antropométrica estándar (Patterson, 2011)

7.6. Calidad de los estudios

Para determinar la calidad de los artículos seleccionados en esta revisión, se llevaron a cabo dos evaluaciones.

En primer lugar, se procedió a evaluar el riesgo de sesgo de cada artículo utilizando la herramienta Cochrane: Risk of Bias (Anexo 1). Esta herramienta, ampliamente reconocida en la investigación científica, evalúa cinco criterios clave relacionados con el riesgo de sesgo: sesgo de selección, sesgo de realización, sesgo de detección, sesgo de desgaste y sesgo de notificación. Cada uno de estos criterios fue clasificado según tres niveles de riesgo: alto, bajo o incierto, permitiendo una valoración detallada de la validez interna de los estudios incluidos. El Anexo 1 presenta una revisión exhaustiva de los 11 artículos seleccionados, detallando el análisis de cada uno de estos criterios y su impacto potencial en la interpretación de los resultados.

A continuación, se evaluó la calidad metodológica de los artículos seleccionados utilizando la escala de Pedro (Anexo 2), un instrumento reconocido para valorar la rigurosidad de los estudios. Esta evaluación se basa en 11 criterios, los cuales permiten asignar una puntuación a cada artículo en un rango de 0 a 11. En primer lugar, se consideró si los criterios de elección de los sujetos estaban claramente especificados (Criterio 1). Posteriormente, se verificó que los sujetos fueran asignados al azar a los grupos, y en el caso de estudios cruzados, se comprobó que los participantes fueron distribuidos aleatoriamente a medida que recibían los tratamientos (Criterio 2). Además, se evaluó si la asignación de los sujetos a los grupos fue ocultada para evitar sesgos (Criterio 3). También se comprobó que los grupos fueran similares al inicio del estudio en relación a los indicadores de pronóstico más importantes (Criterio 4). En cuanto al control de sesgo, se verificó que todos los

sujetos estuvieran cegados (Criterio 5), al igual que los terapeutas que administraron el tratamiento (Criterio 6) y los evaluadores que midieron al menos un resultado clave (Criterio 7). Se evaluó además si las medidas de al menos uno de los resultados clave fueron obtenidas de más del 85% de los sujetos inicialmente asignados a los grupos (Criterio 8). En casos donde no fue posible seguir a todos los sujetos, se analizó si los datos de al menos un resultado clave fueron analizados bajo el principio de "intención de tratar" (Criterio 9). Asimismo, se consideró si los resultados de las comparaciones estadísticas entre grupos fueron informados para al menos un resultado clave (Criterio 10). Finalmente, se evaluó si el estudio proporcionó medidas puntuales y de variabilidad para al menos uno de los resultados clave (Criterio 11). Esta evaluación en anexo 2 proporciona una visión clara de la calidad metodológica de los estudios y su validez para aportar conclusiones confiables.

7.7. Síntesis de resultados

Los resultados fueron analizados de manera descriptiva, tras llevar a cabo una síntesis cualitativa de los ensayos clínicos seleccionados, en función de las variables clave de la investigación.

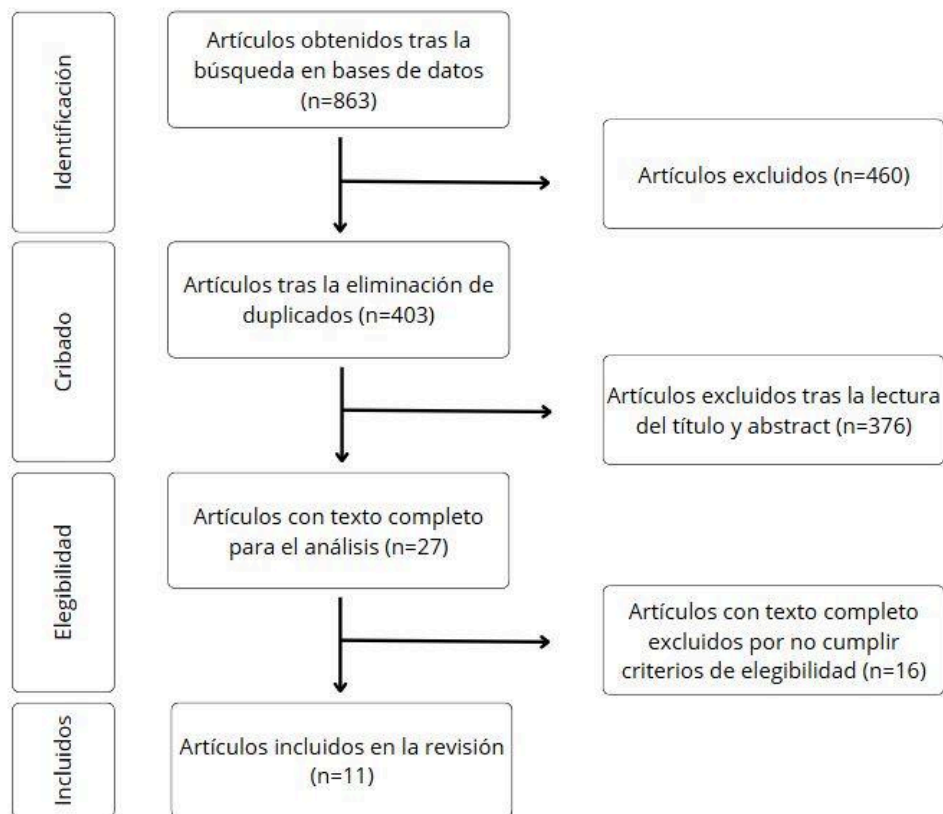
La comparación cualitativa de los artículos se llevó a cabo utilizando diversos métodos estadísticos, como las medias y las desviaciones estándar así como el valor de p . Este enfoque permitió llevar a cabo un análisis detallado de los resultados, teniendo en cuenta las intervenciones específicas aplicadas en cada grupo de estudio, al tiempo que se examinaba el impacto de dichas intervenciones sobre una o dos de las variables de interés.

8. RESULTADOS

8.1. Selección de estudios

Durante la búsqueda científica realizada entre noviembre de 2023 y enero de 2024, se identificaron un total de 863 artículos en las distintas bases de datos. Tras excluir los duplicados, se retuvieron 460 artículos, para finalmente retener 403. Posteriormente, un análisis de los títulos y abstracts permitió eliminar 376 artículos que no responden al objetivo del estudio, es decir, la utilización del BFR sobre la sarcopenia, la pérdida de masa muscular o la atrofia muscular. Esta selección inicial redujo el número de artículos a 27. A continuación, se descargaron para su consulta completa. Los 27 artículos se leyeron en su totalidad para eliminar aquellos que no cumplían los criterios de inclusión y exclusión establecidos para la investigación. Tras esta lectura minuciosa, se rechazaron 16 artículos por no cumplir los criterios de inclusión. De los 16 artículos excluidos por motivos de inelegibilidad, 10 no incluían una población de estudio mayor de 60 años, 4 no tenían en cuenta las variables de fuerza muscular o hipertrofia muscular y, por último, los 2 artículos restantes eran estudios de casos y no ensayos controlados aleatorios. Al final, se retuvieron 11 artículos, que cumplían los criterios de investigación científica y se consideraron aptos para un análisis comparativo de los resultados como parte de esta revisión sistemática de la literatura. A continuación se muestra el diagrama de flujo PRISMA de selección de estudios para esta revisión sistemática de la literatura en la figura 3.

Figura 3 : Diagrama de flujo PRISMA



Fuente: Elaboración propia

8.2. Características de los participantes

Un total de 285 participantes fueron incluidos en los artículos, con una edad media de 67,4 años. Del total de participantes 121 (42,46%) eran hombres y 164 (57,54%) eran mujeres. El tamaño muestral de los estudios fue variable, con un mínimo de 10 participantes hasta un máximo de 56.

8.3. Intervenciones

Los 285 participantes fueron agrupados en diferentes grupos como grupo entrenamiento con el BFR, grupo entrenamiento sin BFR y grupo sin entrenamiento que se sintetizan en :

Grupo entrenamiento con el BFR :

En el artículo de Bigdeli (2020), los participantes utilizan el BFR (con mediciones de 210-250 mmHg de presión para la parte inferior del cuerpo y 105-130 mmHg para la parte superior del cuerpo), realizan ejercicios a nivel de todo el cuerpo a 25-35% 1-RM, tiene 11 ejercicios por entrenamientos. Cada serie es 10 rep / 1 min reposo. El número de series aumenta cada semana , 2 series en semana 1 y 2, 3 series en semana 3 y 4, 4 series en semana 5 y 6. Las mediciones son realizadas al momento basal y en la sexta semana.

En los artículos de Cook (2017) y Cook (2019), la intervención sigue el mismo principio. En efecto, los participantes utilizan el BFR con mediciones de 184 ± 25 mmHg, la intervención se basa sobre ejercicios de flexión y extensión de rodilla a 30% de 1-RM hasta el fallo volitivo. Los participantes realizaron una serie de cada ejercicio durante la primera semana, dos series la segunda semana y tres series durante el resto del estudio (12 semanas en total). Las mediciones son realizadas al momento basal y en la sexta y duodécima semana de entrenamiento.

La intervención en el artículo de Letieri (2018) se diferencia en 2 grupos, un grupo con BFR de restricción alto ($185,75 \pm 5,45$ mmHg) y de restricción bajo ($105,45 \pm 6,5$ mmHg). Luego la intervención es la misma, es decir, hacen 3-4 series de 15 repeticiones (20-30% de 1-RM), con reposo de 30 s entre series. Los ejercicios incluyeron: sentadilla, prensa de piernas, extensión de rodilla y flexión de piernas. La intervención duró 16 semanas. Las medidas son realizadas al momento basal, en la decimosexta semana de entrenamiento y en la séptima semana después del final de la intervención.

En el artículo de Zhang (2024), el programa de entrenamiento de resistencia con BFR en este grupo comprendía tres series de 30-15-15 repeticiones para cada ejercicio. Estas repeticiones se realizaron con una intensidad creciente del 20 al 30% 1-RM utilizando bandas elásticas Thera-Band de varios colores. Los ejercicios son : rotación externa del hombro, extensión del codo, flexión del codo, sentadillas de piernas, abducción, zancadas, abducción del hombro y media sentadilla de pie. Para esta intervención, los participantes tienen un BFR con 50% oclusión del miembro. El entrenamiento es 3 veces a la semana durante 12 semanas. Las mediciones son realizadas al momento basal y durante la duodécima semana del entrenamiento.

El programa de intervención en el artículo de Park (2022) se compone solo del ejercicio del puente con BFR (100 mmHg de presión) en el muslo. Un total de 8 semanas, 3 veces por semana y 30 minutos al día. Las mediciones son realizadas al momento basal del entrenamiento y en la octava semana.

La intervención en el artículo de Patterson (2011) varía de los otros estudios, en efecto el grupo entrenamiento con BFR (110 mmHg de presión) trabaja solo una pierna de participante y con ejercicios de baja intensidad. La intervención duró 4 semanas. Las mediciones son realizadas 3-5 días antes del inicio del programa y 3-5 días después.

En el artículo de Shimizu (2015), el entrenamiento de resistencia con BFR (Entre 60 y 200 mmHg de presión) se realiza con 20% 1-RM, sigue estos ejercicios: extensión de piernas, prensa de piernas, remo y prensa de pecho. Realizan 3 series con 20 repeticiones por cada ejercicio y con un reposo de 30 seg entre las series y 1 minuto entre los ejercicios. Las mediciones son realizadas al momento basal y en la cuarta semana.

La intervención en el artículo de Silva (2015) se compone solamente de un ejercicio. El ejercicio utilizado fue la extensión unilateral de rodilla (pierna derecha), el grupo realizó cuatro series, hasta el fallo concéntrico, con una carga correspondiente al 30% de 1-RM, con un intervalo de descanso de 30 segundos entre series. Los participantes utilizan el BFR con una presión de $104,20 \pm 7,88$ mm Hg. Las mediciones son realizadas al momento basal y en la sexta y duodécima semana.

En el artículo de Thiebaud (2013), la intervención comprende 3 ejercicios : seated chest press, seated row, seated shoulder press con banda elástica. Los participantes realizaron una serie de 30 repeticiones seguida de dos series de 15 repeticiones para los ejercicios de la parte superior del cuerpo con BFR (entre 80 y 120 mmHg de presión), el color inicial de la banda elástica para los ejercicios corresponde a un ~10%-30% estimado del 1-RM del participante. Las mediciones son realizadas al momento basal y en la octava semana.

Los participantes en el artículo de Vechin (2015) realizaron un programa de intervención , es decir realizaron 1 serie de 30 repeticiones y 3 series de 15 repeticiones del ejercicio prensa de pierna a 45° , con una intensidad correspondiente al 20% 1-RM en las primeras 6 semanas de entrenamiento y al 30% 1-RM en las semanas siguientes. El reposo es de 1 minuto entre las series. Los participantes utilizaron el BFR con 71 ± 9 mmHg de presión. El entrenamiento se realiza 2 veces por semana durante 12 semanas. Las mediciones son realizadas al momento basal y en la duodécima semana de entrenamiento

Grupo entrenamiento sin BFR:

En el artículo de Bigdeli (2020), el grupo de entrenamiento sin BFR realiza un entrenamiento funcional a 50-70% 1-RM con 11 ejercicios por entrenamientos (10 rep / 1 min reposo entre Serie). Se realizaron 2 series en semana 1 y 2, 3 series en semana 3 y 4, 4 series en semana 5 y 6. El programa duró 6 semanas con 3 entrenamientos a la semana. Las mediciones son realizadas al momento basal y en la sexta semana.

En los 2 artículos de Cook (2017) y Cook (2019), los participantes siguen un entrenamiento de alta intensidad. Son 2 ejercicios : flexión y extensión de rodilla 70% 1-RM hasta el fallo volitivo. El peso aumentaba de 1-2 kg si la persona hacía más de 15 repeticiones. Los participantes realizaron una sola serie de cada ejercicio durante la primera semana, dos series la segunda semana y tres series durante el resto del estudio. El programa duró 12 semanas. Las mediciones son realizadas al momento basal y en la sexta y duodécima semana de entrenamiento.

El programa de entrenamiento en el artículo de Letieri (2018) se divide en 2 grupos. Primer grupo con ejercicios de alta intensidad, hacen 3-4 series de 6-8 repeticiones (70%-80% 1-RM) y recuperación pasiva de 60 s de descanso entre series y 90 's entre ejercicios. El segundo grupo con ejercicios de baja intensidad, hacen 3-4 series de 15 repeticiones (20-30% de 1-RM), con reposo de 30 s entre series. Los ejercicios incluyeron: sentadilla, prensa de piernas, extensión de rodilla y

flexión de piernas. El programa duró 16 semanas. Las medidas son realizadas al momento basal, en la decimosexta semana de entrenamiento y en la séptima semana después del final de la intervención.

En el artículo de Zhang (2024), los participantes siguen un programa de entrenamiento de alta intensidad. Es decir, las 4 primeras semanas : hacen 3 entrenamientos a la semana con 15 rep al 60% de 1-RM, luego 4 semanas : 3 entrenamientos a la semana con 12 rep al 65% de 1RM, y las 4 últimas semanas : 3 entrenamientos a la semana con 10 rep al 70% de 1-RM. Los ejercicios son : rotación externa de hombro, extensión de codo, flexión de codo, sentadillas de piernas, abducción, zancadas, abducción de hombro y media sentadilla de pie. Es un programa de 12 semanas con 3 entrenamientos a la semana. Las mediciones son realizadas al momento basal y durante la duodécima semana del entrenamiento.

Los participantes en el artículo de Park (2022) realizaron el ejercicio del puente. Durante un total de 8 semanas, 3 veces por semana y 30 minutos al día. Las mediciones son realizadas al momento basal del entrenamiento y en la octava semana.

En el artículo de Patterson (2011), los participantes son los mismos para el grupo de entrenamiento con y sin BFR. Para este grupo las mediciones se hacen mediante la pierna que se entrena sin BFR, siguen el mismo entrenamiento de baja intensidad. La intervención duró 4 semanas. Las mediciones son realizadas 3-5 días antes del inicio del programa y 3-5 días después.

En el artículo de Shimizu (2015) el entrenamiento de resistencia es el mismo que el otro grupo pero sin la utilización del BFR , es decir 4 ejercicios : extensión de piernas, prensa de piernas, remo y prensa de pecho. 3 series con 20 repeticiones por cada ejercicio. Reposo de 30 seg entre las series y 1 minuto entre los ejercicios. El programa duró 4 semanas. Las mediciones son realizadas al momento basal y en la cuarta semana.

El artículo de Silva (2015) evalúa solamente un ejercicio. El ejercicio utilizado fue la extensión unilateral de rodilla (pierna derecha), realizaron el ejercicio con cuatro series hasta el fallo concéntrico con una carga correspondiente al 80% de 1-RM y un intervalo de descanso de 2 min entre series. El programa duró 12 semanas. Las mediciones son realizadas al momento basal y en la sexta y duodécima semana.

El programa de entrenamiento en el artículo de Thiebaud (2013) se compone de 3 ejercicios: seated chest press, seated row, seated shoulder press con banda elástica, se realizaron tres series de 10 repeticiones para la parte superior. Los participantes trabajan con una intensidad que oscila entre 7 y 9 en la escala OMNI de resistencia muscular activa , que se ha observado que corresponde a niveles de intensidad de ejercicio que oscilan entre el 70% y el 90% de 1-RM. El programa duró 8 semanas

con 3 entrenamientos a la semana. Las mediciones son realizadas al momento basal y en la octava semana.

En el artículo de Vechin (2015), en el entrenamiento sin BFR los participantes realizan 4 series de 10 repeticiones con una carga correspondiente al 70% 1-RM en las primeras 6 semanas de entrenamiento. La carga se incrementó al 80% 1-RM durante las semanas restantes. El ejercicio realizado es la prensa de pierna 45°. La intervención duró 12 semanas con 2 entrenamientos a la semana. Las mediciones son realizadas al momento basal y en la duodécima semana de entrenamiento.

Grupo sin entrenamiento:

En el caso de 7 artículos (Bigdeli, 2020; Cook, 2017; Cook, 2019; Letieri, 2018; Silva, 2015; Vechin, 2015), hay un grupo sin entrenamiento que debe mantener sus actividades de la vida diaria sin comprometerse con ningún tipo de ejercicio físico o actividad extenuante.

8.4. Efectividad de las variables medidas

Los once artículos seleccionados evaluaron el efecto del entrenamiento con BFR sobre diversas variables a corto y largo plazo. Esta revisión agrupó estas variables en dos grupos: fuerza muscular y masa muscular.

8.4.1. Fuerza muscular

Nueve artículos evaluaron la fuerza muscular, 2 de ellos utilizaron la prueba Isocinética con la utilización de un dinamómetro (Biodex 3 System Pro® isokinetic dynamometer). Luego, 7 artículos utilizan la prueba de 1-RM como herramienta de medición de la fuerza muscular, 1-RM se predijo utilizando la ecuación de Brzycki ($1\text{-RM} = 100 \times \text{carga en kilos} / (102,78 - 2,78 \times \text{número de repeticiones})$). Y 1 artículo utiliza la prueba 10-RM, es decir la carga se incrementó progresivamente hasta que los participantes pudieron realizar aproximadamente 10 repeticiones.

En cuanto a la fuerza muscular, los cuatro artículos que tienen un grupo sin entrenamiento (Cook, 2017; Cook, 2019; Bigdeli, 2020; Silva, 2015) destacan una superioridad significativa ($p < 0,05$; $p < 0,05$; $p < 0,01$; $p \leq 0,01$; $p = 0,004$ respectivamente) del grupo de entrenamiento de baja intensidad con BFR en comparación con el grupo sin entrenamiento.

Por otro lado, cuatro de nueve artículos (Bigdeli, 2020; Cook, 2019; Zhang, 2024; Letieri, 2018) informan de un aumento significativo de la fuerza muscular después de la intervención sin diferencias significativas entre los grupos de entrenamiento de baja intensidad con BFR ($p \leq 0,01$; $p < 0,05$; $p < 0,030$; $p < 0,01$; $p = 0,004$ respectivamente) y el grupo de entrenamiento de alta intensidad sin BFR ($p \leq 0,01$; $p < 0,05$; $p < 0,012$; $p < 0,01$; $p = 0,001$ respectivamente). Sin embargo en el artículo de Letieri (2018) solo el grupo de entrenamiento de baja intensidad con BFR de oclusión de alta intensidad reporta los mismos resultados que el entrenamiento de alta intensidad.

Por el contrario, dos de los nueve artículos (Cook 2017 y Vechin 2015), muestran que el grupo de entrenamiento de alta intensidad sin BFR tienen resultados significativamente mejores en comparación con el grupo de entrenamiento de baja intensidad con BFR ($p < 0,05$; $p < 0,05$ respectivamente).

Por último, dos artículos (Patterson, 2011; Shimizu, 2015), muestran que el grupo de entrenamiento de baja intensidad con BFR, muestran resultados significativamente mejores en comparación con el grupo de entrenamiento similar sin BFR ($p = 0,042$; $p < 0,05$ respectivamente).

Los resultados detallados de cada estudio se muestran en la tabla 1.

Tabla 1 : resultados sintetizados fuerza muscular

Autores	Resultados
Bigdeli 2020	<u>Prueba 1-RM: Chest press y leg extension</u> Para la prueba de chest press, el grupo FTBFR pasó de un 1-RM de 31,4 ± 11,0 → 37,8 ± 12,2 ($p \leq 0,01$) entre las mediciones realizadas antes y después del entrenamiento. En la prueba de leg extension, el grupo FTBFR pasó de un 1-RM de 31,7 ± 9,9 → 37,6 ± 9,4 ($p \leq 0,01$). En estas 2 pruebas, el grupo FTBFR mostró una diferencia significativa respecto al grupo CON, el grupo sin entrenamiento ($p \leq 0,01$). El grupo FT, pasó de un 1-RM de 31.9 ± 10.2 → 37.2 ± 12.4kg para la prueba de chest press y paso de un 1-RM de 31.0 ± 8.2 → 35.8 ± 8.0kg para la prueba de leg extension ($p < 0,01$ respectivamente a los 2 tests).
Cook 2017	<u>Prueba 1-RM: Leg extension (LE), leg curl (LC) y leg press (LP)</u> A las 6 semanas: El grupo HL tuvo aumentos significativos de fuerza en todas las pruebas 1-RM : 12.3 kg (6.0-18.6) en LE / 6.6 kg (3.9-9.2) en LC / 22.5 kg (11.8-33.1) en LP. El grupo BFR tuvo aumentos significativos de fuerza en todas las pruebas 1-RM: 8.3kg (5.0-11.7) en LE / 3.5kg (0.8-6.2) / 7.3 kg (1.7-12.9) en LP. El grupo HL, indica una diferencia media significativa entre el inicio y las 6 semanas de entrenamiento y también con el grupo CON y el grupo BFR ($p < 0,05$). El grupo BFR, indica una diferencia media significativa entre el inicio y las 6 semanas de entrenamiento y también con el grupo CON ($p < 0,05$) para la prueba de LE y LC. A las 12 semanas: Para el grupo HL, la fuerza en la prueba de 1-RM ha aumentado significativamente: 21.2 kg (13.0-29.5) en LE / 8.2kg (5.4-11.1) en LC / 31.7kg (13.6-50.0) en LP. Para el grupo BFR, la fuerza en la prueba de 1-RM ha aumentado: 9.1kg (5.0-13.2) en LE / 5.4kg (0.5-10.2) en LC / 18.7kg (9.0-28.4) en LP. El grupo HL, indica una diferencia media significativa entre el inicio y las 12 semanas de entrenamiento ($p < 0,05$). Los resultados son significativamente diferentes con el grupo BFR ($p < 0,05$) solamente para la prueba de LE. El grupo BFR, indica una diferencia media significativa entre el inicio y las 12 semanas de entrenamiento ($p < 0,05$).

Cook 2019	<u>Prueba 10-RM: Flexión extensión de rodilla</u> Flexión de rodilla: La carga en la prueba de 10-RM ha pasado de 26 kg → 34,8 kg para el grupo HL y ha pasado de 28,5 kg → 33,2 kg para el grupo BFR ($p < 0,05$). Extensión de rodilla: La carga en la prueba de 10-RM ha pasado de 39 kg → 60,5 kg para el grupo HL y ha pasado de 36,6 kg → 47,1 kg para el grupo BFR ($p < 0,05$). <u>Prueba Isocinético (MVC) :</u> Flexión de rodilla: 60.7 → 68.9Nm (HL) y 63.4 → 69.5 Nm (BFR). Extensión de rodilla: 103.8 Nm → 126.0 Nm (HL) y 115.9 → 128Nm (BFR). Ambos grupos aumentan significativamente la flexión y la extensión de rodilla en la prueba isocinética ($p < 0,01$).
Letieri 2018	<u>Prueba Isocinético: En flexión de rodilla y en extensión de rodilla</u> Para la prueba de flexión de rodilla después 16 semanas de entrenamiento: En el grupo LI+BFR-H, se ha producido un aumento de la carga a nivel del pie derecho e izquierdo ($\Delta\% = 36.7$ y $\Delta\% = 35.8$ respectivamente) con una diferencia significativa con el inicio ($p < 0,01$). Luego 7 semanas después de la intervención, se nota una diferencia entre el inicio y ahora ($\Delta\% = 28.2$). En el grupo LI+BFR-L, se ha producido un aumento de la carga a nivel del pie derecho e izquierdo ($\Delta\% = 22.7$ y $\Delta\% = 24.9$ respectivamente) con una diferencia significativa con el inicio ($p < 0,01$). Luego 7 semanas después de la intervención, se nota una diferencia entre el inicio y ahora ($\Delta\% = 13.1$). En el grupo HI, se ha producido un aumento de la carga a nivel del pie derecho e izquierdo ($\Delta\% = 33.6$ y $\Delta\% = 36.1$ respectivamente) con una diferencia significativa con el inicio ($p < 0,01$). Luego 7 semanas después de la intervención, se nota una diferencia entre el inicio y ahora ($\Delta\% = 17.3$). En el grupo LI, se ha producido un ligero aumento de la carga a nivel del pie derecho e izquierdo ($\Delta\% = 3.46$ y $\Delta\% = 2.2$ respectivamente). Luego 7 semanas después de la intervención, se nota una pérdida de fuerza ($\Delta\% = -2.5$). Para la prueba de extensión de rodilla después 16 semanas de entrenamiento: En el grupo LI+BFR-H, se ha producido un aumento de la carga a nivel del pie derecho e izquierdo ($\Delta\% = 27.7$ y $\Delta\% = 25.2$ respectivamente) con una diferencia significativa con el inicio ($p < 0,01$). Luego 7 semanas después de la intervención, se nota una diferencia entre el inicio y ahora ($\Delta\% = 18.1$). En el grupo LI+BFR-L, se ha producido un aumento de la carga a nivel del pie derecho e izquierdo ($\Delta\% = 15.8$ y $\Delta\% = 18.9$ respectivamente) con una diferencia significativa con el inicio ($p < 0,05$). Luego 7 semanas después de la intervención, se nota una diferencia entre el inicio y ahora ($\Delta\% = 5.8$). En el grupo HI, se ha producido un aumento de la carga a nivel del pie derecho e izquierdo ($\Delta\% = 26.6$ y $\Delta\% = 30.4$ respectivamente) con una diferencia significativa con el inicio ($p < 0,01$). Luego 7 semanas después de la intervención, se nota una diferencia entre el inicio y ahora ($\Delta\% = 13.8$). En el grupo LI, se ha producido un ligero aumento de la carga a nivel del pie derecho e izquierdo ($\Delta\% = 2.1$ y $\Delta\% = 3.1$ respectivamente). Luego 7 semanas después de la intervención, se nota una pérdida de fuerza ($\Delta\% = -5.1$).

Mei Zhang 2024	<u>Prueba 1RM: Extensión de rodilla</u> Grupo CRT : 42.02kg → 46.41kg ($p < 0,012$) Grupo LTR-BFR : 47.3kg → 51,48 kg ($p < 0,030$) Las diferencias de fuerza en la prueba entre los dos grupos no fueron estadísticamente significativas ($p = 0,203$).
Patterson 2011	<u>Prueba 1-RM : flexión plantar</u> Grupo BFR: La carga ha aumentado entre el inicio y el fin de la intervención (148 ± 25 Kg → 168 ± 25 Kg). Porcentaje de mejoría : 14% Grupo LLRT: La carga ha aumentado entre el inicio y el fin de la intervención (150 ± 25 Kg → 155 ± 25 Kg). Porcentaje de mejoría : 4% Hubo una diferencia significativa en la mejora entre los dos grupos a favor del grupo BFR ($p = 0,042$).
Shimizu 2015	<u>Prueba 1RM</u> Grupo BFR: - Leg extension: 46.8 ± 11.1 → 55.7 ± 16.7 Kg ($p < 0,01$ con antes). - Leg press: 138.7 ± 35.7 → 154.4 ± 36.8 Kg ($p < 0,01$ con antes). - Rowing: 41.4 ± 7.6 → 45.2 ± 10.2 Kg. - Chest press: 34.7 ± 12.6 → 36.7 ± 12.1 Kg. Grupo non-BFR: - Leg extension: 51.0 ± 12.8 → 52.8 ± 13.9 Kg. - Leg press: 145.1 ± 30.2 → 141.8 ± 33.0 Kg. - Rowing : 43.1 ± 10.1 → 46.3 ± 10.4 Kg. - Chest press: 35.1 ± 12.3 → 36.7 ± 12.2 Kg. Se detectaron interacciones significativas en leg extension, leg press and rowing ($p < 0.05$).
Silva 2015	<u>Prueba 1-RM</u> En el grupo BFR, se produjo un aumento del 0,30% (35.85 → 37.90 Kg) tras 6 semanas y del 13,65% (35.85 → 40.10 Kg) al final de la intervención. Hubo una diferencia significativa real entre cada tiempo de medición ($p = 0,006$ y $p = 0,004$ respectivamente). Además, hubo una diferencia significativa entre el grupo BFR y el grupo de control ($p = 0,004$). En el grupo HI, se produjo un aumento significativo del 18,35% (27.78 → 32.88 Kg) tras 6 semanas y del 34,5% (27.78 → 37.37 Kg) tras 12 semanas. Esta diferencia es muy significativa ($p < 0,001$).
Vechin 2015	<u>Prueba 1-RM</u> Para el grupo BFR, los valores del test 1-RM mejoraron pero no significativamente ($p = 0,067$), de hecho aumentaron de 273 ± 114 kg → 316 ± 141 kg. Por el contrario, para el grupo HTR, los valores aumentaron significativamente ($p < 0,001$) de 177 ± 104 kg → 266 ± 140 kg.

Fuente: Elaboración propia

8.4.2. Masa muscular

Seis artículos evaluaron la masa muscular, 3 de ellos utilizan la resonancia magnética (escáner de cuerpo entero con software Release 11 (Phillips Medical Systems, Bothell, WA)) para medir el grosor del músculo. Luego 2 artículos utilizan un ecografo (Ultrasound (MyLab25Gold, Esaote, Italy) y Ultrasound (Aloka SSD-500, Tokyo)). Y 1 artículo utilizó como herramienta de medición la cinta antropométrica estándar.

Para la variable masa muscular, los tres artículos que tienen un grupo sin entrenamiento (Cook, 2017; Cook, 2019; Vechin, 2015) destacan ganancias de masa muscular superiores para el grupo de entrenamiento de baja intensidad con BFR en comparación con el grupo sin entrenamiento ($p < 0,05$; $p < 0,05$; $p < 0,05$ respectivamente).

Además, cinco de seis artículos (Cook, 2017; Cook, 2019; Patterson, 2011; Thiebaud, 2011; Vechin, 2015) informan de un aumento significativo de la masa muscular después de la intervención sin diferencias significativas entre los grupos de entrenamiento de baja intensidad con BFR ($p < 0,05$; $p < 0,01$; $p < 0,05$; $p = 0,04$; $p < 0,001$ respectivamente) y el grupo de entrenamiento de alta intensidad sin BFR ($p < 0,05$; $p < 0,01$; $p < 0,05$; $p < 0,05$; $p < 0,001$ respectivamente).

Por último, un artículo de seis (Park 2022) muestra una ganancia significativamente mayor de masa muscular ($p < 0,05$) en el grupo de baja intensidad con BFR en comparación con el grupo de entrenamiento sin BFR.

Los resultados detallados de cada estudio se muestran en la tabla 2.

Tabla 2: resultados sintetizados masa muscular

Autores	Resultados
Cook 2017	<u>Resonancia magnética: Medida de masa muscular</u> Después de 6 semanas de entrenamiento: El área de sección transversal (CSA) aumentó en 1,65 cm² (0,70-2,60) en el grupo HL después de la intervención, con una diferencia significativa ($p < 0,05$) antes y después de la intervención y también respecto al grupo CON. No hubo diferencias significativas con el grupo BFR. El CSA aumentó en 1,97 cm² (1,22-2,72) en el grupo BFR después de la intervención, con una diferencia significativa ($p < 0,05$) antes y después de la intervención y también respecto al grupo CON. No hubo diferencias significativas con el grupo HL. El CSA en el grupo CON disminuyó en -0,78 cm² (-1,65-0,10) después de la intervención. Después de 12 semanas de entrenamiento : El CSA aumentó en 2,86 cm² (1,87-3,86) en el grupo HL después de la intervención, con una diferencia significativa ($p < 0,05$) y también respecto al grupo CON. No hubo diferencias significativas con el grupo BFR. El CSA aumentó en 3,23 cm² (1,29-5,16) en el grupo BFR después de la intervención, con una diferencia significativa ($p < 0,05$) y también respecto al grupo CON. No hubo diferencias significativas con el grupo HL. El CSA en el grupo CON aumentó en 0,07 cm² (0,67-0,82) después de la intervención.

Cook 2019	<u>Resonancia magnética: Medida de masa muscular</u> CSA del cuádriceps: En el grupo HL, el CSA del cuádriceps aumentó un 6,5% de media ($\pm 3,1\%$), pasando de 44,7 cm² ($\pm 11,7$ cm²) $\rightarrow$ 47,7 cm² ($\pm 11,7$ cm²). En el grupo BFR, el CSA del cuádriceps aumentó un 7,8% de media ($\pm 8,2\%$), pasando de 45,4 cm² ($\pm 11,7$ cm²) $\rightarrow$ 48,9 cm² ($\pm 13,2$ cm²). No hubo diferencias significativas entre los grupos BFR y HL ($p = 0,86$), pero hay una diferencia significativa entre el momento basal y después de 12 semanas de entrenamiento para los 2 grupos ($p < 0,01$). CSA de los isquiotibiales: En el grupo HL, el CSA isquiotibial aumentó una media del 5,3% ($\pm 7,4\%$), pasando de 22,6 cm² ($\pm 7,4$ cm²) $\rightarrow$ 23,5 cm² ($\pm 7,1$ cm²). En el grupo BFR, el CSA isquiotibial aumentó una media del 4,8% ($\pm 5,9\%$), pasando de 21,3 cm² ($\pm 6,0$ cm²) $\rightarrow$ 22,1 cm² ($\pm 6,2$ cm²). No hubo diferencias significativas entre los grupos BFR y HL ($p = 0,86$), pero hay una diferencia significativa entre el momento basal y después de 12 semanas de entrenamiento para los 2 grupos ($p = 0,003$).
Park 2022	<u>Ecografía: Grosor recto femoral</u> En el grupo BFRG, se observó un aumento de 1,26 mm de media ($\pm 0,35$ mm), pasando de 2,87 mm ($\pm 0,56$ mm) $\rightarrow$ 4,13 mm ($\pm 0,67$ mm). En el grupo BG, se observó un aumento de 0,19 mm de media ($\pm 0,21$ mm), pasando de 2,90 mm ($\pm 0,69$ mm) $\rightarrow$ 3,09 mm ($\pm 0,68$ mm). Hubo una diferencia significativa en el cambio del tamaño del recto femoral entre los dos grupos ($p < 0,05$), así como una diferencia significativa en cada grupo entre las mediciones previas y posteriores a la intervención ($p < 0,05$). <u>Ecografía: Grosor del vasto medial</u> En el grupo BFRG, se produjo un aumento de 0,98 mm de media ($\pm 0,27$ mm), pasando de 2,71 mm ($\pm 0,73$ mm) $\rightarrow$ 3,69 mm ($\pm 0,63$ mm). En el grupo BG, se produjo un aumento de 0,05 mm de media ($\pm 0,17$ mm), pasando de 3,03 mm ($\pm 0,51$ mm) $\rightarrow$ 3,08 mm ($\pm 0,52$ mm). Hubo una diferencia significativa en el cambio entre los dos grupos ($p < 0,05$). En el grupo BFRG, hubo una diferencia significativa en el cambio de tamaño del vasto medial antes y después de la intervención ($p < 0,05$), mientras que en el grupo BG no hubo diferencias significativas entre las mediciones previas y posteriores a la intervención ($p > 0,05$).
Patterson 2011	<u>Cinta antropométrica estándar: La circunferencia del gemelo</u> Grupo BFR : Los resultados muestran un aumento a nivel de la circunferencia del gemelo, en efecto pasa de 34,1 $\pm$ 1,7 cm $\rightarrow$ 34,5 $\pm$ 1,6 cm. Grupo LLRT : Los resultados muestran un aumento a nivel de la circunferencia del gemelo, en efecto pasa de 34,0 $\pm$ 1,8 cm $\rightarrow$ 34,4 $\pm$ 1,7 cm. No se observaron diferencias entre los grupos ($p > 0,05$).
Thiebaud 2013	<u>Ecografía: Mediciones del bíceps, tríceps, deltoides y pectoral.</u> A nivel del grupo LI-BFR, observamos un aumento para todos los músculos, la grosor muscular del bíceps pasa de 2.67 $\rightarrow$ 2.75cm, el tríceps pasa de 2.93 $\rightarrow$ 3.42cm, el deltoide pasa de 2.65 $\rightarrow$ 2.75cm y el pectoral aumenta significativamente ($p = 0.04$) de 2.47 $\rightarrow$ 2.9 cm.

	A nivel del grupo MH, observamos un aumento para todos los músculos, la grosor muscular del bíceps pasa de 2.54 → 2.57cm , el tríceps pasa de 2.45 → 2.61cm , el deltoide pasa de 2.54 → 2.63cm y el pectoral pasa de 2.19 → 2.33 cm .
Vechin 2015	<u>Resonancia magnética: CSA quadriceps</u> Los resultados presentan una aumentación en los 2 grupos de intervención, en efecto para el grupo HRT el CSA del quadriceps pasa de 56.9 ± 14.9 cm² → 61.1 ± 14.8 cm² ($p < 0.001$) y a nivel del grupo LRT-BFR, observamos un cambio de 67.4 ± 21.5 cm² → 71.4 ± 22.1 cm² ($p < 0.001$). El grupo control no presenta cambios de grosor muscular ($53.6 \pm 16 \text{ cm}^2 \rightarrow 52.7 \pm 15.7 \text{ cm}^2$).

Fuente: Elaboración propia

9. Discusión

El envejecimiento creciente de la población mundial es un tema de actualidad. En los próximos años, en algunas regiones del mundo hasta un tercio de la población tendrá más de 60 años. Este fenómeno va acompañado de un notable aumento de la prevalencia de la sarcopenia, que afecta a entre el 10% y el 30% de las personas mayores de 60 años, y hasta el 50% de las personas mayores de 80 años. Este envejecimiento de la población representa un importante reto para la salud pública en todo el mundo (Beard, 2016; Yuan, 2023; Petermann-Rocha, 2021).

En la actualidad, el entrenamiento con BFR podría representar un enfoque innovador para esta afección, pero la literatura científica sobre el tema sigue siendo relativamente limitada. De hecho, en los últimos años se han publicado pocas revisiones sistemáticas y metaanálisis.

Esta revisión sistemática de la literatura analiza once ensayos controlados aleatorios diseñados para evaluar la eficacia del entrenamiento con BFR combinado con ejercicio de baja intensidad para mejorar la fuerza y la masa muscular en personas mayores de 60 años. Este enfoque innovador podría representar una alternativa prometedora, permitiendo a esta población beneficiarse de ganancias musculares comparables a las obtenidas con cargas elevadas, mientras se entrena con cargas ligeras. Los programas tradicionales de entrenamiento de resistencia implican cargas pesadas, que pueden dificultar la adherencia y aumentar el riesgo de lesiones en las personas mayores.

9.1. Hallazgos principales

9.1.1. Fuerza muscular

De forma general, todos nuestros artículos estudiados para esta variable (Bigdeli, 2020; Cook, 2017; Cook, 2019; Letieri, 2018; Zhang, 2024; Patterson, 2011; Shimizu, 2015; Silva, 2015; Vechin, 2015) observaron una ganancia significativa de fuerza ($p < 0,05$) entre el inicio y el final de la intervención para el grupo de entrenamiento con BFR.

Los estudios que comparan el entrenamiento de baja intensidad con BFR con un grupo sin entrenamiento muestran sistemáticamente que el BFR induce ganancias de fuerza significativamente mayores. Por ejemplo, Cook (2017) informa de una mejora significativa en la fuerza máxima (1-RM) después de 6 y 12 semanas en el grupo de BFR, particularmente en los ejercicios de leg extension, leg curl y leg press, con diferencias marcadas en comparación con el grupo sin entrenamiento ($p < 0,05$). Estos resultados fueron confirmados por Cook (2019), quien también observó un progreso significativo en 10-RM y pruebas isocinéticas en el grupo BFR ($p < 0,05$). Bigdeli (2020) y Silva (2015) también encontraron mejoras significativas en comparación con el grupo sin entrenamiento ($p \leq 0,01$ y $p = 0,004$ respectivamente). Estos datos subrayan la eficacia del BFR incluso con cargas bajas, demostrando un impacto real del BFR en ganancias rápidas y significativas de fuerza para personas incapaces de trabajar con cargas pesadas.

A continuación, en comparación con el grupo de entrenamiento de alta intensidad sin BFR, varios estudios informan de resultados similares entre el grupo de entrenamiento de baja intensidad con BFR y el grupo de entrenamiento de alta intensidad sin BFR. En el estudio de Bigdeli (2020), ambos grupos mostraron una mejora significativa en su 1-RM en chest press y leg extension ($p \leq 0,01$), sin diferencias significativas entre ellos. Observaciones similares se realizaron en el trabajo de Cook (2019), donde ambos grupos mejoraron significativamente su rendimiento en 10-RM así como en el test isocinético ($p < 0,05$ y $p < 0,01$ respectivamente), sin distinción significativa entre ellos. En el estudio de Zhang (2024), aunque ambos grupos registraron una mejora significativa en 1-RM ($p < 0,030$ para el BFR, $p < 0,012$ para el grupo de alta intensidad sin BFR), no se encontraron diferencias estadísticas entre ellos ($p = 0,203$). Por último, los resultados de Letieri (2018) muestran que el grupo de BFR con alta oclusión consigue ganancias de fuerza comparables al grupo de alta intensidad sin BFR en flexión y extensión de rodilla, sin diferencias significativas entre ambos. Estos datos indican que el BFR es un método de entrenamiento eficaz, capaz de producir adaptaciones neuromusculares comparables a las observadas con cargas pesadas, lo que lo convierte en una alternativa interesante. Sin embargo, no siempre supera al entrenamiento con cargas pesadas en términos de desarrollo de fuerza máxima. De hecho, Cook (2017) observó que el grupo de alta intensidad sin BFR obtuvo mayores ganancias que el grupo de baja intensidad con BFR, particularmente en leg extension después de 12 semanas ($p < 0,05$). Por último, Vechin (2015) confirma esta tendencia, con el grupo de alta intensidad sin BFR mostrando aumentos significativos en 1-RM ($p < 0,001$), mayores que los del grupo de baja intensidad BFR.

Por último, al comparar el entrenamiento con BFR con un entrenamiento idéntico sin BFR, algunos estudios (Patterson, 2011; Shimizu, 2015) demuestran la eficacia del BFR en las ganancias de fuerza muscular. En el estudio de Patterson (2011), el grupo con BFR registró una mejora del 14% en 1-RM frente a sólo el 4% del otro grupo, con una diferencia significativa a favor del BFR ($p = 0,042$). Shimizu (2015) también informó de una superioridad del grupo BFR en leg extension ($p < 0,05$), leg press ($p < 0,01$) y rowing ($p < 0,05$), mientras que el otro grupo que realizaba el mismo ejercicio no obtuvo ninguna mejora significativa en estos ejercicios. Estos resultados muestran el efecto real de utilizar el BFR en un programa de entrenamiento para aumentar la fuerza muscular.

Varios estudios que han utilizado protocolos de entrenamiento idénticos, incluyendo una presión de BFR estandarizada de 185 mmHg, no han obtenido resultados similares. Por ejemplo, aunque los artículos de Cook (2017) y Cook (2019) aplican exactamente el mismo protocolo de entrenamiento y la misma presión de restricción, los efectos observados difieren. El estudio de Cook (2019) muestra resultados comparables a los del grupo de alta intensidad, mientras que Cook (2017) reporta una diferencia significativa entre los grupos. Esta divergencia podría explicarse por un tamaño de muestra mayor en Cook (2017), lo que aumenta la potencia estadística, así como por una distribución de sexos diferente: en el estudio de 2019 se observa una mayor proporción de mujeres, lo cual podría influir en la respuesta fisiológica al entrenamiento. De manera más general, incluso con una presión de oclusión equivalente, los resultados varían según las características de los participantes. Así, el estudio de Letieri (2018), realizado exclusivamente en mujeres posmenopáusicas, muestra efectos distintos a los reportados por Cook (2017), que contaba con una muestra mixta. Por otro lado, la duración de la intervención también parece desempeñar un papel importante: el estudio de Lettieri (2018), con una duración de 16 semanas, reporta ganancias de fuerza similares al grupo de alta intensidad, a diferencia de otros estudios que duran en promedio 12 semanas. Estas cuatro semanas adicionales podrían explicar parte de los resultados obtenidos. Finalmente, el estudio de Vechin (2015), que utiliza una presión de oclusión considerablemente más baja (71,9 mmHg), muestra resultados inferiores en comparación con estudios que utilizan presiones más altas (160–185 mmHg), lo que subraya la influencia determinante de la presión en las adaptaciones neuromusculares. Por último, el estudio de Patterson (2011) muestra una marcada diferencia entre los dos grupos, que podría explicarse por la metodología intra-sujeto utilizada, comparando las dos piernas del mismo individuo. Este enfoque permite neutralizar las variaciones interindividuales, lo que refuerza las pruebas del efecto específico del BFR, en particular su posible papel en el aumento del reclutamiento de fibras rápidas, efecto que no se observa sin el uso del BFR.

9.1.2. Masa muscular

En general, todos los artículos estudiados para esta variable (Cook, 2017; Cook, 2019; Park, 2022; Patterson, 2011; Thiebaud, 2013; Vechin, 2015) observaron una ganancia significativa de masa muscular ($p < 0,05$) entre el inicio y el final de la intervención para el grupo de entrenamiento con BFR.

En comparación con el grupo sin entrenamiento, algunos estudios destacan una superioridad significativa para el grupo de entrenamiento de baja intensidad con BFR. En el estudio de Cook (2017), el grupo de entrenamiento de baja intensidad con BFR muestra un aumento significativo de la masa muscular, con marcadas diferencias respecto al grupo sin entrenamiento. Del mismo modo, en el estudio de Cook (2019), tanto el grupo de baja intensidad con BFR como el de alta intensidad sin BFR muestran una mejora significativa en la masa muscular de cuádriceps e isquiotibiales en comparación con el grupo sin entrenamiento ($p < 0,05$). Estos datos sugieren que el entrenamiento con BFR puede inducir aumentos en la masa muscular. Estos resultados son confirmados por Vechin (2015), donde ambos grupos con entrenamiento con y sin BFR muestran un aumento significativo de la masa muscular del cuádriceps en comparación con el grupo sin entrenamiento ($p < 0,05$). Estos resultados refuerzan la idea de que el BFR es un método eficaz para estimular la hipertrofia muscular en personas mayores, incluso sin cargas pesadas.

Además, varios estudios informan de aumentos similares en la masa muscular entre el grupo de entrenamiento de baja intensidad con BFR y el grupo de entrenamiento de alta intensidad sin BFR. En el estudio de Cook (2017), ambos grupos mostraron un aumento significativo de la masa muscular después de 6 y 12 semanas ($p < 0,05$), sin diferencias significativas entre ellos, a pesar de una ligera superioridad no significativa a favor del grupo de BFR. Se observaron resultados similares en el estudio de Cook (2019), en el que la masa muscular de cuádriceps e isquiotibiales aumentó significativamente en ambos grupos ($p < 0,01$ y $p = 0,003$), de nuevo con una superioridad no significativa a favor del grupo BFR ($p = 0,86$). Estos datos muestran ganancias iguales de masa muscular entre el grupo de entrenamiento de baja intensidad con BFR y el grupo de entrenamiento de alta intensidad sin BFR. Estos resultados son confirmados por Thiebaud (2013), donde la masa muscular del pectoral mayor aumentó significativamente en ambos grupos ($p = 0,04$), sin distinción significativa entre ellos ($p > 0,05$). Por último, en el estudio de Vechin (2015), la masa muscular del cuádriceps aumentó significativamente ($p < 0,001$) en ambos grupos, sin diferencias significativas entre ellos. Estos resultados sugieren que el BFR podría ser una alternativa eficaz al entrenamiento de alta intensidad convencional, ofreciendo beneficios musculares equivalentes con una carga de trabajo reducida.

Por otra parte, al comparar un grupo que entrena con BFR con otro que realiza el mismo ejercicio sin BFR, dos estudios demuestran que el método BFR es eficaz en términos de ganancia de masa muscular. En el estudio de Park (2022), la masa muscular del vasto medial del cuádriceps aumentó significativamente en el grupo BFR ($p < 0,05$), mientras que no se observó ninguna mejora

significativa en el grupo sin BFR ($p > 0,05$). Para la masa del músculo recto femoral, ambos grupos muestran una mejora significativa ($p < 0,05$), pero los valores siguen siendo significativamente mayores en el grupo BFR para ambos músculos estudiados ($p < 0,05$). Patterson (2011) también informó de un aumento significativo de la masa muscular en ambos grupos ($p < 0,05$), con diferencias significativas a favor del grupo BFR ($p < 0,05$). Estos resultados demuestran que el BFR podría amplificar los efectos del ejercicio de baja o media intensidad, y es una estrategia prometedora para las personas que no pueden entrenar con cargas elevadas.

Los estudios de Cook (2017), Cook (2019), Thiebaud (2013) y Vechin (2015) informan de un aumento significativo de la masa muscular tanto en los grupos de baja intensidad con BFR como en los grupos de alta intensidad sin BFR. Estos resultados consistentes pueden atribuirse en gran medida a metodologías rigurosas: comparten protocolos progresivos en volumen, intensidad, una duración suficientemente larga de la intervención (de 8 a 12 semanas) y el uso de métodos de medición sensibles como la resonancia magnética, que permite detectar con precisión los cambios en el CSA muscular. Por otro lado, Park (2022) y Patterson (2011) muestran una superioridad significativa del BFR en comparación con un entrenamiento idéntico sin BFR. Esta diferencia puede explicarse a través de las intervenciones. En el estudio de Park, la comparación se refería a un único ejercicio (puente pélvico) realizado por mujeres de edad avanzada, con una carga mínima. En este contexto, la adición de BFR desempeña un papel clave al aumentar el estrés metabólico y, por tanto, el reclutamiento de fibras rápidas, lo que no se consigue sin BFR. La ecografía utilizada, aunque menos precisa que la IRM, sin embargo permite una medición localizada sensible y adaptada a este tipo de ejercicio dirigido. El estudio de Patterson (2011) adopta un enfoque intra-sujeto, comparando las dos piernas del mismo individuo, lo que elimina el sesgo interindividual. Sin embargo, el pequeño tamaño de la muestra ($n=10$) y el uso de medidas antropométricas (circunferencia) limitan la significación estadística y la sensibilidad de los resultados, aunque la tendencia sigue siendo favorable a la BFR. Los estudios más relevantes, que combinan IRM, protocolos progresivos y muestras suficientes, confirman que el BFR es una alternativa eficaz a las cargas pesadas, mientras que los estudios centrados en ejercicios sencillos o poblaciones específicas destacan el papel amplificador del BFR en contextos con escaso estímulo mecánico.

9.2. Variedad de aplicaciones del BFR

Todos los resultados presentados anteriormente respaldan la eficacia de un programa de entrenamiento de baja intensidad combinado con BFR para promover el aumento de la fuerza y la masa muscular. Para confirmar esta afirmación, es pertinente examinar la eficacia de la BFR en otro contexto, especialmente en el postoperatorio, como en los pacientes que se han sometido a una reconstrucción del ligamento cruzado anterior (LCA), que presentan déficits comparables a los observados en personas con sarcopenia, como atrofia muscular, pérdida de fuerza y restricción de la carga. Esta cuestión se aborda en la revisión sistemática de Derek Charles (2020), quien señala que el entrenamiento de baja intensidad con BFR limitaría significativamente la atrofia muscular femoral al favorecer un aumento de la masa muscular. Además, Colapietro (2022) informa de beneficios

potenciales en términos de hipertrofia muscular y fuerza en pacientes sometidos a un protocolo de BFR en la fase perioperatoria. Por último, la revisión de Hughes (2017) muestra que el entrenamiento de baja intensidad con BFR podría ser una alternativa eficaz al entrenamiento de alta carga, al tiempo que reduce el estrés articular y el dolor, lo que es particularmente relevante para las poblaciones frágiles. Estos resultados sugieren que el entrenamiento de baja intensidad con BFR no sólo es eficaz, sino también mejor tolerado, lo que refuerza su importancia para las personas de edad avanzada con sarcopenia.

9.3. Limitaciones

Esta revisión sistemática de la literatura tiene ciertas limitaciones que deben resaltarse. Una de las principales limitaciones es la heterogeneidad de las intervenciones informadas en los ensayos controlados aleatorios incluidos. Los protocolos varían considerablemente en cuanto a la duración de la intervención, el tipo de ejercicio utilizado y el tamaño de la muestra, lo que complica la comparación directa de los resultados. Además, las intensidades de oclusión aplicadas en los distintos estudios también son variables, oscilando generalmente entre 50 y 60 mmHg para las más bajas y 70-80 mmHg para las más altas. Esta disparidad en las presiones utilizadas podría influir en la eficacia del BFR e introduce una fuente adicional de variabilidad. Por último, la notable falta de estudios que incluyan un seguimiento posterior a la intervención limita nuestra comprensión de los efectos a largo plazo de este método sobre la sarcopenia en los ancianos. Así pues, aunque los resultados actuales son prometedores, estas limitaciones ponen de relieve la necesidad de futuros estudios más homogéneos y a más largo plazo para confirmar los beneficios del BFR en esta población.

9.4. Fortalezas

Esta revisión sistemática presenta varios puntos fuertes metodológicos notables que mejoran la calidad y fiabilidad de los resultados obtenidos. En primer lugar, la colaboración de dos investigadores durante todo el proceso duplicó la capacidad de trabajo, reduciendo así el riesgo de errores en la selección o interpretación de los datos. En segundo lugar, es importante destacar que el tema del estudio, a saber, el uso del BFR para combatir la sarcopenia en personas mayores de 60 años, sigue estando relativamente poco explorado en la literatura científica. Esta relativa falta de estudios refuerza el interés y la pertinencia de esta revisión en un contexto en el que el tratamiento de la sarcopenia es un importante problema de salud pública, especialmente en el contexto del envejecimiento de la población. Además, todos los estudios incluidos en esta revisión son ensayos controlados aleatorios, lo que constituye un alto nivel de evidencia en la investigación clínica. Por último, el rigor metodológico de los estudios seleccionados queda confirmado por sus elevadas puntuaciones en las escalas PEDro y Cochrane, lo que garantiza la calidad de los datos analizados y la solidez de las conclusiones extraídas.

9.5. Necesidades futuras

A la vista de los prometedores resultados de esta revisión y de las limitaciones identificadas, parece necesario desarrollar investigaciones futuras más normalizadas, en particular armonizando los protocolos de intervención, las intensidades de oclusión del BFR y los tipos de ejercicio utilizados. También serían esenciales estudios a mayor escala, con un seguimiento a largo plazo tras la intervención, para evaluar la durabilidad de los efectos observados. Por último, dado el creciente interés por el tratamiento de la sarcopenia, es crucial seguir explorando el BFR como alternativa terapéutica accesible y eficaz para las poblaciones de edad avanzada.

10. CONCLUSIONES

10.1. Objetivo principal

Según los resultados de los once artículos revisados, el tratamiento con BFR produce una ganancia significativa de fuerza y masa muscular en personas de edad avanzada con sarcopenia. Estos resultados apoyan la eficacia del BFR como alternativa terapéutica relevante para esta población vulnerable.

10.2. Objetivos secundarios

10.2.1. Primer objetivo secundarios

Los resultados de los grupos de entrenamiento de baja intensidad con BFR comparados con un grupo que no realiza ningún entrenamiento muestran una superioridad significativa en términos de ganancias de fuerza y masa muscular en personas de edad avanzada.

10.2.2. Segundo objetivo secundario

La comparación entre el entrenamiento de baja intensidad con BFR y el entrenamiento de alta intensidad sin BFR, en los once estudios analizados, revela ganancias de fuerza y masa muscular muy similares entre los dos entrenamientos. Sin embargo, dependiendo de los protocolos y metodologías específicos utilizados, algunos resultados muestran un rendimiento ligeramente inferior para el grupo BFR, lo que sugiere que la eficacia de este método puede variar en función de cómo se aplique.

10.2.3. Tercer objetivo secundario

El entrenamiento de baja intensidad con BFR produce ganancias significativamente mayores de fuerza y masa muscular que el entrenamiento a la misma intensidad sin BFR en personas de edad avanzada que padecen de sarcopenia.

11. BIBLIOGRAFÍA

1. Anderson, A. B., Owens, J. G., Patterson, S. D., Dickens, J. F., & LeClere, L. E. (2019). Blood flow restriction therapy: From development to applications: From development to applications. *Sports Medicine and Arthroscopy Review*, 27(3), 119–123. <https://doi.org/10.1097/jsa.0000000000000240>
2. Anderson, K. D., Rask, D. M. G., Bates, T. J., & Nuelle, J. A. V. (2022). Overall safety and risks associated with blood flow restriction therapy: A literature review. *Military Medicine*, 187(9–10), 1059–1064. <https://doi.org/10.1093/milmed/usac055>
3. Beard, J. R., Officer, A., de Carvalho, I. A., Sadana, R., Pot, A. M., Michel, J.-P., Lloyd-Sherlock, P., Epping-Jordan, J. E., Peeters, G. M. E. E. G., Mahanani, W. R., Thiyagarajan, J. A., & Chatterji, S. (2016). The World report on ageing and health: a policy framework for healthy ageing. *Lancet*, 387(10033), 2145–2154. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)00516-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)00516-4)
4. Bigdeli, S., Dehghaniyan, M. H., Amani-Shalamzari, S., Rajabi, H., & Gahreman, D. E. (2020). Functional training with blood occlusion influences muscle quality indices in older adults. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 90(104110), 104110. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2020.104110>
5. Boros, K., & Freemont, T. (2017). Physiology of ageing of the musculoskeletal system. *Best Practice & Research. Clinical Rheumatology*, 31(2), 203–217. <https://doi.org/10.1016/j.berh.2017.09.003>
6. Centner, C., Wiegel, P., Gollhofer, A., & König, D. (2019). Effects of blood flow restriction training on muscular strength and hypertrophy in older individuals: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 49(1), 95–108. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0994-1>
7. Charles, D., White, R., Reyes, C., & Palmer, D. (2020). A systematic review of the effects of blood flow restriction training on quadriceps muscle atrophy and circumference post acl reconstruction. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 15(6), 882–891. <https://doi.org/10.26603/ijspst20200882>
8. Cook, S. B., & Cleary, C. J. (2019). Progression of blood flow restricted resistance training in older adults at risk of mobility limitations. *Frontiers in Physiology*, 10, 738. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00738>
9. Cook, S. B., LaRoche, D. P., Villa, M. R., Barile, H., & Manini, T. M. (2017). Blood flow restricted resistance training in older adults at risk of mobility limitations. *Experimental Gerontology*, 99, 138–145. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2017.10.004>

10. Cruz-Jentoft, A. J., Bahat, G., Bauer, J., Boirie, Y., Bruyère, O., Cederholm, T., Cooper, C., Landi, F., Rolland, Y., Sayer, A. A., Schneider, S. M., Sieber, C. C., Topinkova, E., Vandewoude, M., Visser, M., Zamboni, M., & Writing Group for the European Working Group on Sarcopenia in Older People 2 (EWGSOP2), and the Extended Group for EWGSOP2. (2019). Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age and Ageing*, 48(4), 601.
<https://doi.org/10.1093/ageing/afz046>
11. De Winter, G. (2015). Aging as disease. *Medicine, Health Care, and Philosophy*, 18(2), 237–243.
<https://doi.org/10.1007/s11019-014-9600-y>
12. Hughes, L., Paton, B., Rosenblatt, B., Gissane, C., & Patterson, S. D. (2017). Blood flow restriction training in clinical musculoskeletal rehabilitation: a systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 51(13), 1003–1011. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-097071>
13. Kyriazis, M. (2020). Ageing throughout history: The evolution of human lifespan. *Journal of Molecular Evolution*, 88(1), 57–65. <https://doi.org/10.1007/s00239-019-09896-2>
14. Letieri, R. V., Teixeira, A. M., Furtado, G. E., Lamboglia, C. G., Rees, J. L., & Gomes, B. B. (2018). Effect of 16 weeks of resistance exercise and detraining comparing two methods of blood flow restriction in muscle strength of healthy older women: A randomized controlled trial. *Experimental Gerontology*, 114, 78–86. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2018.10.017>
15. Lloyd-Sherlock, P., McKee, M., Ebrahim, S., Gorman, M., Greengross, S., Prince, M., Pruchno, R., Gutman, G., Kirkwood, T., O'Neill, D., Ferrucci, L., Kritchevsky, S. B., & Vellas, B. (2012). Population ageing and health. *Lancet*, 379(9823), 1295–1296. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)60519-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)60519-4)
16. Loenneke, J. P., Abe, T., Wilson, J. M., Ugrinowitsch, C., & Bemben, M. G. (2012). Blood flow restriction: how does it work? *Frontiers in Physiology*, 3, 392.
<https://doi.org/10.3389/fphys.2012.00392>
17. Lorenz, D. S., Bailey, L., Wilk, K. E., Mangine, R. E., Head, P., Grindstaff, T. L., & Morrison, S. (2021). Blood flow restriction training. *Journal of Athletic Training*, 56(9), 937–944.
<https://doi.org/10.4085/418-20>
18. López-Otín, C., Blasco, M. A., Partridge, L., Serrano, M., & Kroemer, G. (2013). The hallmarks of aging. *Cell*, 153(6), 1194–1217. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2013.05.039>
19. Lu, Y., Patel, B. H., Kym, C., Nwachukwu, B. U., Beletsky, A., Forsythe, B., & Chahla, J. (2020). Perioperative blood flow restriction rehabilitation in patients undergoing ACL reconstruction: A systematic review. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 8(3), 2325967120906822.
<https://doi.org/10.1177/2325967120906822>

20. Martin, P. M., Bart, R. M., Ashley, R. L., Velasco, T., & Wise, S. R. (2022). An overview of blood flow restriction physiology and clinical considerations. *Current Sports Medicine Reports*, 21(4), 123–128. <https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000000948>
21. Miller, B. C., Tirko, A. W., Shipe, J. M., Sumeriski, O. R., & Moran, K. (2021). The systemic effects of blood flow restriction training: A systematic review. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 16(4), 978–990. <https://doi.org/10.26603/001c.25791>
22. Park, J. C., Mun, D. J., & Choi, S. J. (2022). Effects of blood flow restriction exercise on leg muscle thickness and balance in elderly women with sarcopenia. *PNF and Movement*, 20(1), 1–8. <https://doi.org/10.21598/JKPNFA.2022.20.1.1>
23. Partridge, L., Deelen, J., & Slagboom, P. E. (2018). Facing up to the global challenges of ageing. *Nature*, 561(7721), 45–56. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0457-8>
24. Patterson, S. D., & Ferguson, R. A. (2011). Enhancing strength and postocclusive calf blood flow in older people with training with blood-flow restriction. *Journal of Aging and Physical Activity*, 19(3), 201–213. <https://doi.org/10.1123/japa.19.3.201>
25. Patterson, S. D., Hughes, L., Warmington, S., Burr, J., Scott, B. R., Owens, J., Abe, T., Nielsen, J. L., Libardi, C. A., Laurentino, G., Neto, G. R., Brandner, C., Martin-Hernandez, J., & Loenneke, J. (2019). Blood flow restriction exercise: Considerations of methodology, application, and safety. *Frontiers in Physiology*, 10, 533. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00533>
26. Perera, E., Zhu, X. M., Horner, N. S., Bedi, A., Ayeni, O. R., & Khan, M. (2022). Effects of blood flow restriction therapy for muscular strength, hypertrophy, and endurance in healthy and special populations: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 32(5), 531–545. <https://doi.org/10.1097/JSM.0000000000000991>
27. Petermann-Rocha, F., Balntzi, V., Gray, S. R., Lara, J., Ho, F. K., Pell, J. P., & Celis-Morales, C. (2022). Global prevalence of sarcopenia and severe sarcopenia: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, 13(1), 86–99. <https://doi.org/10.1002/jcsm.12783>
28. Sayer, A. A., & Cruz-Jentoft, A. (2022). Sarcopenia definition, diagnosis and treatment: consensus is growing. *Age and Ageing*, 51(10). <https://doi.org/10.1093/ageing/afac220>
29. Shimizu, R., Hotta, K., Yamamoto, S., Matsumoto, T., Kamiya, K., Kato, M., Hamazaki, N., Kamekawa, D., Akiyama, A., Kamada, Y., Tanaka, S., & Masuda, T. (2016). Low-intensity resistance training with blood flow restriction improves vascular endothelial function and peripheral blood circulation in healthy elderly people. *European Journal of Applied Physiology*, 116(4), 749–757. <https://doi.org/10.1007/s00421-016-3328-8>

- 30.** Silva, J., Neto, G. R., Freitas, E., Neto, E., Batista, G., Torres, M., & Sousa, M. D. S. (2015). Chronic effect of strength training with blood flow restriction on muscular strength among women with osteoporosis. *Journal of Exercise Physiology Online*, 18(4), 33+. <https://link.gale.com/apps/doc/A427556031/HRCA?u=anon~73d9fae8&sid=googleScholar&xid=0420649c>
- 31.** Soares, J. P., Cortinhas, A., Bento, T., Leitão, J. C., Collins, A. R., Gaivão, I., & Mota, M. P. (2014). Aging and DNA damage in humans: a meta-analysis study. *Aging*, 6(6), 432–439. <https://doi.org/10.18632/aging.100667>
- 32.** Tagliafico, A. S., Bignotti, B., Torri, L., & Rossi, F. (2022). Sarcopenia: how to measure, when and why. *La Radiologia Medica*, 127(3), 228–237. <https://doi.org/10.1007/s11547-022-01450-3>
- 33.** Thiebaud, R. S., Loenneke, J. P., Fahs, C. A., Rossow, L. M., Kim, D., Abe, T., Anderson, M. A., Young, K. C., Bemben, D. A., & Bemben, M. G. (2013). 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. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 33(5), 344–352. <https://doi.org/10.1111/cpf.12033>
- 34.** Tournadre, A., Vial, G., Capel, F., Soubrier, M., & Boirie, Y. (2019). Sarcopenia. *Joint, Bone, Spine: Revue Du Rhumatisme*, 86(3), 309–314. <https://doi.org/10.1016/j.jbspin.2018.08.001>
- 35.** Vechin, F. C., Libardi, C. A., Conceição, M. S., Damas, F. R., Lixandrão, M. E., Berton, R. P. B., Tricoli, V. A. A., Roschel, H. A., Cavaglieri, C. R., Chacon-Mikahil, M. P. T., & Ugrinowitsch, C. (2015). Comparisons between low-intensity resistance training with blood flow restriction and high-intensity resistance training on quadriceps muscle mass and strength in elderly. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(4), 1071–1076. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000703>
- 36.** Yuan, S., & Larsson, S. C. (2023). Epidemiology of sarcopenia: Prevalence, risk factors, and consequences. *Metabolism: Clinical and Experimental*, 144(155533), 155533. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2023.155533>
- 37.** Zhang, M., Song, Y., Zhu, J., Ding, P., & Chen, N. (2024). Effectiveness of low-load resistance training with blood flow restriction vs. conventional high-intensity resistance training in older people diagnosed with sarcopenia: a randomized controlled trial. *Scientific Reports*, 14(1), 28427. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-79506-9>

12. AGRADECIMIENTOS

Deseamos expresar nuestra sincera gratitud a todas las personas que han contribuido, de cerca o de lejos, a la realización de este trabajo de fin de grado.

Agradecemos muy especialmente a José PÉREZ MALETZKI, por su disponibilidad, sus valiosos consejos y su acompañamiento a lo largo de todo este trabajo.

También queremos agradecer a todos los profesores del grado en Fisioterapia de la Universidad Europea de Valencia, cuyos conocimientos han enriquecido nuestra formación y alimentado nuestra reflexión.

Finalmente, agradezco calurosamente a: Valérie LISSILLOUR, David LISSILLOUR, Mattéo LISSILLOUR, Margaux LISSILLOUR, Solène LE BRIQUER, Béatrice DIEUMEGARD, Alain DIEUMEGARD, Marion DIEUMEGARD, Arthur DIEUMEGARD, Thibault DIEUMEGARD, Julie GIDON, Geneviève DUGRE, Mathis LAURENT y Anatole GROSSET por su apoyo constante, su paciencia y sus ánimos a lo largo de todo este recorrido.

A todos, gracias.

13. ANEXOS

Anexo 1: Cochrane Risk of Bias

Criterios Cochrane risk of bias	Sesgo de selección (secuencia)	Sesgo de selección (asignación)	Sesgo de realización	Sesgo de detección	Sesgo de desgaste	Sesgo de notificación
Bigdeli 2020	+	+	+	?	+	+
Cook 2017	+	+	+	-	?	+
Cook 2019	?	+	+	-	?	+
Letieri 2018	+	?	+	+	+	+
Mei Zhang 2024	+	-	+	?	?	+
Park 2022	+	-	+	-	?	+
Patterson 2011	?	+	+	-	+	+
Shimizu 2015	+	+	+	-	?	+
Silva 2015	+	+	-	+	-	+
Thiebaud 2013	?	+	+	+	+	+
Vechin 2015	?	+	+	+	?	+

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2: Escala de PEDro

Criterios PEDRO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Resultados
Bigdeli 2020	si	si	si	si	?	no	si	si	si	si	si	9
Cook 2017	si	si	?	si	?	?	si	si	si	si	si	8
Cook 2019	si	si	si	si	?	?	si	si	si	si	si	9
Letieri 2018	si	si	si	si	si	no	si	si	si	si	si	10
Mei Zhang 2024	si	?	si	si	no	si	si	si	si	si	si	9
Park 2022	si	si	?	si	si	no	?	si	si	si	si	8
Patterson 2011	si	no	no	si	?	no	?	si	si	si	si	6
Shimizu 2015	si	si	?	si	?	?	si	si	si	si	si	8
Silva 2015	si	si	?	si	?	?	si	si	si	si	si	8
Thiebaud 2013	si	si	?	si	?	?	si	si	si	si	si	8
Vechin 2015	si	si	?	si	?	?	si	si	si	si	si	8

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3 : Resultados detallados fuerza muscular

Autores	Muestra	Intervención	Tiempo de medición	Resultados
Bigdeli 2020	n = 30 Edad: 66.7 ± 5.8 Sexo: hombres (100%)	Grupo FTBFR: 25-35% 1-RM / 11 ejercicios por entrenamientos / 10 rep / 1 min reposo / Serie : 2 en semana 1 y 2 (50% de oclusión), 3 en semana 3 y 4 (60% de oclusión), 4 en semana 5 y 6 (70% de oclusión). Grupo FT: 50-70% 1-RM / 11 ejercicios por entrenamientos / 10 rep / 1 min reposo / Serie : 2 en semana 1 y 2, 3 en semana 3 y 4, 4 en semana 5 y 6. Grupo CON : mantuvieron su estilo de vida.	Momento basal y a la semana 6.	<u>Prueba 1-RM: Chest press y leg extension</u> Para la prueba de chest press, el grupo FTBFR pasó de un 1RM de 31,4 ± 11,0 → 37,8 ± 12,2 (p ≤ 0,01) entre las mediciones realizadas antes y después del entrenamiento. En la prueba de leg extension, el grupo FTBFR pasó de un 1RM de 31,7 ± 9,9 → 37,6 ± 9,4 (p ≤ 0,01). En estas 2 pruebas, el grupo FTBFR mostró una diferencia significativa respecto al grupo de CON (p ≤ 0,01). El grupo FT, pasó de un 1RM de 31.9 ± 10.2 → 37.2 ± 12.4kg para la prueba de chest press y paso de un 1RM de 31.0 ± 8.2 → 35.8 ± 8.0kg para la prueba de leg extension (p<0,01 respectivamente a los 2 tests).
Cook 2017	n = 36 Edad: 73.4 - 78.5 Sexo: 15 Hombres (41,67%) y 21 Mujeres (58,33%)	Grupo BFR: leg extension and leg curl 30% 1RM and leg press 50% 1-RM hasta el fallo volitivo. (185 mmHg) Grupo HL : leg extension, leg curl and leg press 70% 1-RM hasta el fallo volitivo. Los participantes realizaron una sola serie de cada ejercicio durante la primera semana, dos series la segunda semana y tres series durante el resto del estudio. Grupo CON: sin entrenamiento.	Momento basal y a las 6 y 12 semanas de entrenamiento.	<u>Prueba 1-RM: Leg extension (LE), leg curl (LC) y leg press (LP)</u> A las 6 semanas, el grupo HL tuvo aumentos significativos de fuerza en todas las pruebas 1-RM : 12.3 kg (6.0-18.6) en LE / 6.6 kg (3.9-9.2) en LC / 22.5 kg (11.8-33.1) en LP. A las 6 semanas, el grupo BFR tuvo aumentos significativos de fuerza en todas las pruebas 1-RM: 8.3kg (5.0-11.7) en LE / 3.5kg (0.8-6.2) en LC / 7.3 kg (1.7-12.9) en LP. El grupo HL, indica una diferencia media significativa entre el inicio y las 6 semanas de entrenamiento y también con el grupo CON y el grupo BFR (p < 0,05). El grupo BFR, indica una diferencia media significativa entre el inicio y las 6 semanas de entrenamiento y también con el grupo CON (p < 0,05) para la prueba de LE y LC. Para el grupo HL, a las 12 semanas, la fuerza en la prueba de 1-RM ha aumentado significativamente: 21.2 kg (13.0-29.5) en LE / 8.2kg (5.4-11.1) en LC / 31.7kg (13.6-50.0) en LP. Para el grupo BFR, a las 12 semanas, la fuerza en la prueba de 1-RM ha aumentado: 9.1kg (5.0-13.2) en LE / 5.4kg (0.5-10.2) en LC / 18.7kg (9.0-28.4) en LP.

				El grupo HL, indica una diferencia media significativa entre el inicio y las 12 semanas de entrenamiento ($p < 0,05$). Es significativamente diferente de CON ($p < 0,05$). Indica que HL es significativamente diferente de BFR ($p < 0,05$) solamente para la prueba de LE pero no diferencia significativa en los otros tests. El grupo BFR, indica una diferencia media significativa entre el inicio y las 12 semanas de entrenamiento ($p < 0,05$).
Cook 2019	n = 21 Edad: 67 - 90 Sexo: 9 Hombres (42,86%) y 12 Mujeres (57,14%)	Grupo BFR: flexion y extension de rodilla 30% 1-RM hasta el fallo volitivo. (185 mmHg) Grupo HL: Flexion y extension de rodilla 70% 1RM hasta el fallo volitivo. Los participantes realizaron una sola serie de cada ejercicio durante la primera semana, dos series la segunda semana y tres series durante el resto del estudio. Grupo CON: sin entrenamiento	Momento basal y a las 12 semanas.	<u>Prueba 10-RM: Flexión y extensión de rodilla</u> Flexión de rodilla: La carga en la prueba de 10-RM ha pasado de 26 kg → 34,8 kg para el grupo HL y ha pasado de 28,5 kg → 33,2 kg para el grupo BFR ($p < 0,05$). Extensión de rodilla: La carga en la prueba de 10-RM ha pasado de 39 kg → 60,5 kg para el grupo HL y ha pasado de 36,6 kg → 47,1 kg para el grupo BFR ($p < 0,05$). <u>Prueba isocinético MVC</u> Flexión de rodilla: 60.7 → 68.9Nm (HL) y 63.4 → 69.5 Nm (BFR). Extensión de rodilla: 103.8 Nm → 126.0 Nm (HL) y 115.9 → 128Nm (BFR). Ambos grupos aumentan significativamente la flexión y la extensión de rodilla en la prueba isocinética ($p < 0,01$).
Letieri 2018	n = 56 Edad: 68.8 ± 5.0 Sexo: Mujeres (100%)	Grupo LI + BFR_H: Ejercicio de baja intensidad con BFR "Alto" (185.75 ± 5.45 mmHg) . Hacen 3-4 series de 15 repeticiones (20-30% de 1-RM), con reposo de 30 s entre series. Grupo LI + BFR_L: Ejercicio de baja intensidad con BFR "Bajo" (105.45 ± 6.5 mm Hg). Hacen 3-4 series de 15 repeticiones (20-30% de 1-RM), con reposo de 30s entre series. Grupo HI: Ejercicio de alta intensidad. Hacen 3-4 series de 6-8 repeticiones (70%-80% 1-RM) y recuperación pasiva de 60s de descanso entre series y 90s entre ejercicios. Grupo LI: Ejercicio de baja intensidad. Hacen 3-4 series de 15 repeticiones (20-30% de 1-RM), con reposo de 30s entre series. Los ejercicios incluyeron: sentadilla, prensa de	Momento basal, a 16 semanas de entrenamiento y 7 semanas después el fin de la intervención	<u>Prueba Isocinético: En flexión de rodilla y en extensión de rodilla</u> Para la prueba de flexión de rodilla después 16 semanas de entrenamiento: En el grupo LI+BFR-H, se ha producido un aumento de la carga a nivel del pie derecho e izquierdo ($\Delta\%$ = 36.7 y $\Delta\%$ = 35.8 respectivamente) con una diferencia significativa con el inicio ($p < 0,01$). Luego 7 semanas después de la intervención, se nota una diferencia entre el inicio y ahora ($\Delta\%$= 28.2). En el grupo LI+BFR-L, se ha producido un aumento de la carga a nivel del pie derecho e izquierdo ($\Delta\%$ = 22.7 y $\Delta\%$ = 24.9 respectivamente) con una diferencia significativa con el inicio ($p < 0,01$). Luego 7 semanas después de la intervención, se nota una diferencia entre el inicio y ahora ($\Delta\%$ = 13.1). En el grupo HI, se ha producido un aumento de la carga a nivel del pie derecho e izquierdo ($\Delta\%$ = 33.6 y $\Delta\%$ = 36.1 respectivamente) con una diferencia significativa con el inicio ($p < 0,01$). Luego 7 semanas después de la intervención, se nota una diferencia entre el inicio y ahora ($\Delta\%$ = 17.3). En el grupo LI, se ha producido un ligero aumento de la carga a nivel del pie derecho e izquierdo ($\Delta\%$ = 3.46 y $\Delta\%$ = 2.2 respectivamente). Luego 7 semanas

		piernas, extensión de rodilla y flexión de piernas. Grupo control: no participó en cualquier entrenamiento.		después de la intervención, se nota una pérdida de fuerza ($\Delta\% = -2.5$). Para la prueba de extensión de rodilla después 16 semanas de entrenamiento: En el grupo LI+BFR-H, se ha producido un aumento de la carga a nivel del pie derecho e izquierdo ($\Delta\% = 27.7$ y $\Delta\% = 25.2$ respectivamente) con una diferencia significativa con el inicio ($p < 0,01$). Luego 7 semanas después de la intervención, se nota una diferencia entre el inicio y ahora ($\Delta\% = 18.1$). En el grupo LI+BFR-L, se ha producido un aumento de la carga a nivel del pie derecho e izquierdo ($\Delta\% = 15.8$ y $\Delta\% = 18.9$ respectivamente) con una diferencia significativa con el inicio ($p < 0,05$). Luego 7 semanas después de la intervención, se nota una diferencia entre el inicio y ahora ($\Delta\% = 5.8$). En el grupo HI, se ha producido un aumento de la carga a nivel del pie derecho e izquierdo ($\Delta\% = 26.6$ y $\Delta\% = 30.4$ respectivamente) con una diferencia significativa con el inicio ($p < 0,01$). Luego 7 semanas después de la intervención, se nota una diferencia entre el inicio y ahora ($\Delta\% = 13.8$). En el grupo LI, se ha producido un ligero aumento de la carga a nivel del pie derecho e izquierdo ($\Delta\% = 2.1$ y $\Delta\% = 3.1$ respectivamente). Luego 7 semanas después de la intervención, se nota una pérdida de fuerza ($\Delta\% = -5.1$).
Zhang 2024	n = 21 Edad: 65+ Sexo: 13 Hombres (61,9%) y 8 Mujeres (38,1%)	Grupo LRT-BFR: 3 series de 30-15-15 repeticiones cada ejercicio. Estas repeticiones se realizaron con una intensidad creciente del 20 al 30% 1-RM utilizando bandas elásticas Thera-Band de varios colores. Con 50% de oclusión del BFR. Grupo CRT: 4 primeras semanas: 3 veces, 15 rep al 60% de 1-RM. Después de 4 semanas: 3 veces, 12 rep al 65% de 1-RM. Últimas 4 semanas : 3 veces, 10 rep al 70% de 1-RM. Los ejercicios son : rotación externa de hombro, extensión de codo, flexión de codo, sentadillas de piernas, abducción, zancadas, abducción de hombro y media sentadilla de pie.	Momento basal y a las 12 semanas	<u>Prueba 1RM: Extensión de rodilla</u> Grupo CRT : 42.02kg → 46.41kg ($p < 0,012$) Grupo LTR-BFR : 47.3kg → 51;48 kg ($p < 0,030$) Las diferencias de fuerza en la prueba entre los dos grupos no fueron estadísticamente significativas ($p = 0,203$).

Patterson 2011	n = 10 Edad: 62-73 Sexo: 2 Hombres (20%) y 8 Mujeres (80%)	Cada paciente realiza los dos tipos de entrenamiento con una modalidad diferente para cada pierna. Grupo BFR = Una pierna de cada paciente se entrena con un BFR y ejercicio de baja intensidad Grupo LLRT = La otra pierna se entrena sin BFR y con el mismo entrenamiento.	Todas las pruebas previas al entrenamiento se realizaron 3-5 días antes del inicio del programa de entrenamiento, y las mediciones posteriores al entrenamiento se realizaron 3-5 días después de la última sesión de entrenamiento.	<u>Prueba 1-RM : flexión plantar</u> Grupo BFR: La carga ha aumentado entre el inicio y el fin de la intervención (148 ± 25 Kg → 168 ± 25 Kg). Porcentaje de mejoría : 14% Grupo LLRT: La carga ha aumentado entre el inicio y el fin de la intervención (150 ± 25 Kg → 155 ± 25 Kg). Porcentaje de mejoría : 4% Hubo una diferencia significativa en la mejora entre los dos grupos a favor del grupo BFR (p = 0,042).
Shimizu 2015	n = 40 Edad: 65+ Sexo: 33 Hombres (82,5%) y 7 Mujeres (17,5%)	Grupo BFR: 3 series con 20 repeticiones por cada ejercicio. Reposo de 30 seg entre las series y 1 minuto entre los ejercicios.(20% 1-RM), con extensión de piernas, prensa de piernas, remo y prensa de pecho. Grupo non-BFR: los sujetos realizaron una serie de entrenamientos de resistencia sin llevar manguito	Momento basal y a las 4 semanas	<u>Prueba 1RM</u> Grupo BFR: - Leg extension: 46.8 ± 11.1 → 55.7 ± 16.7 Kg (p < 0,01 con antes). - Leg press: 138.7 ± 35.7 → 154.4 ± 36.8 Kg (p < 0,01 con antes). - Rowing: 41.4 ± 7.6 → 45.2 ± 10.2 Kg. - Chest press: 34.7 ± 12.6 → 36.7 ± 12.1 Kg. Grupo non-BFR: - Leg extension: 51.0 ± 12.8 → 52.8 ± 13.9 Kg. - Leg press: 145.1 ± 30.2 → 141.8 ± 33.0 Kg. - Rowing : 43.1 ± 10.1 → 46.3 ± 10.4 Kg. - Chest press: 35.1 ± 12.3 → 36.7 ± 12.2 Kg. Se detectaron interacciones significativas en leg extension, leg press and rowing (p < 0.05).

Silva 2015	n = 15 Edad: 61 ± 3 Sexo: Mujeres con osteoporosis (100%)	Grupo BFR: El ejercicio utilizado fue la extensión unilateral de rodilla (pierna derecha), el grupo realizó 4 series, hasta el fallo concéntrico, con una carga correspondiente al 30% de 1-RM, un intervalo de descanso de 30 segundos entre series y con 104.20 ± 7.88 mmHg de oclusión del BFR. Grupo HI: El ejercicio utilizado fue la extensión unilateral de rodilla (pierna derecha), realizaron el ejercicio con 4 series hasta el fallo concéntrico con una carga correspondiente al 80% de 1-RM y un intervalo de descanso de 2 min entre series. Grupo control: mantuvieron sus actividades cotidianas normales.	Momento basal y a las 6 y 12 semanas.	<u>Prueba 1-RM</u> En el grupo BFR, se produjo un aumento del 0,30% (35.85 → 37.90 Kg) tras 6 semanas y del 13,65% (35.85 → 40.10 Kg) al final de la intervención. Hubo una diferencia significativa real entre cada tiempo de medición (p = 0,006 y p = 0,004 respectivamente). Además, hubo una diferencia significativa entre el grupo BFR y el grupo de control (p = 0,004). En el grupo HI, se produjo un aumento significativo del 18,35% (27.78 → 32.88 Kg) tras 6 semanas y del 34,5% (27.78 → 37.37 Kg) tras 12 semanas. Esta diferencia es muy significativa (p < 0,001).
Vechin 2015	n = 23 Edad: 60-71 Sexo: 14 Hombres (60,87%) y 9 Mujeres (39,13%)	Grupo LRT-BFR: Realizaron un total de 4 series, 1 serie de 30 repeticiones y 3 series de 15 repeticiones, con una carga correspondiente al 20% de 1-RM en las primeras 6 semanas de entrenamiento. Luego, la carga se incrementó al 30% de 1-RM durante las siguientes semanas. Con 71± 9 mmHg de oclusión del BFR. Grupo HTR: Realizó 4 series de 10 repeticiones con una carga correspondiente al 70% 1-RM en las primeras 6 semanas de entrenamiento. La carga se incrementó al 80% 1-RM durante las semanas restantes. El ejercicio fue press de piernas a 45°. Grupo control: mantuvo actividades de la vida diaria y no participó en ningún entrenamiento.	Momento basal y a las 12 semanas	<u>Prueba 1-RM</u> Para el grupo BFR, los valores del test 1-RM mejoraron pero no significativamente (p = 0,067), de hecho aumentaron de 273 ± 114 kg → 316 ± 141 kg. Por el contrario, para el grupo HTR, los valores aumentaron significativamente (p < 0,001) de 177 ± 104 kg → 266 ± 140 kg.

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4 : Resultados detallados masa muscular

Autores	Muestra	Intervención	Tiempo de medición	Resultados
Cook 2017	n = 36 Edad: 73.4 - 78.5 Sexo: 15 Hombres (41,67%) y 21 Mujeres (58,33%)	Grupo BFR: leg extension and leg curl 30% 1RM and leg press 50% 1-RM hasta el fallo volitivo. (185 mmHg) Grupo HL : leg extension, leg curl and leg press 70% 1-RM hasta el fallo volitivo. Los participantes realizaron una sola serie de cada ejercicio durante la primera semana, dos series la segunda semana y tres series durante el resto del estudio. Grupo CON: sin entrenamiento.	Momento basal y a las 6 y 12 semanas de entrenamiento	<u>Resonancia magnética: Medida de masa muscular</u> Después de 6 semanas de entrenamiento: El área de sección transversal (CSA) aumentó en 1,65 cm² (0,70-2,60) en el grupo HL después de la intervención, con una diferencia significativa (p < 0,05) antes y después de la intervención y también respecto al grupo CON. No hubo diferencias significativas con el grupo BFR. El CSA aumentó en 1,97 cm² (1,22-2,72) en el grupo BFR después de la intervención, con una diferencia significativa (p < 0,05) antes y después de la intervención y también respecto al grupo CON. No hubo diferencias significativas con el grupo HL. El CSA en el grupo CON disminuyó en -0,78 cm² (-1,65-0,10) después de la intervención. Después de 12 semanas de entrenamiento: El CSA aumentó en 2,86 cm² (1,87-3,86) en el grupo HL después de la intervención, con una diferencia significativa (p < 0,05) antes y después de la intervención y también respecto al grupo CON. No hubo diferencias significativas con el grupo BFR. El CSA aumentó en 3,23 cm² (1,29-5,16) en el grupo BFR después de la intervención, con una diferencia significativa (p < 0,05) antes y después de la intervención y también respecto al grupo CON. No hubo diferencias significativas con el grupo HL. El CSA en el grupo CON aumentó en 0,07 cm² (0,67-0,82) después de la intervención.
Cook 2019	n = 21 Edad: 67 - 90 Sexo: 9 Hombres (42,86%) y 12 Mujeres (57,14%)	Grupo BFR: flexion y extension de rodilla 30% 1-RM hasta el fallo volitivo. (185 mmHg) Grupo HL: Flexion y extension de rodilla 70% 1RM hasta el fallo volitivo. Los participantes realizaron una sola serie de cada ejercicio durante la primera semana, dos series la segunda semana y tres series durante el resto del estudio. Grupo CON: sin entrenamiento	Momento basal y a las 12 semanas	<u>Resonancia magnética: Medida de masa muscular</u> CSA del cuádriceps: En el grupo HL, el CSA del cuádriceps aumentó un 6,5% de media ($\pm 3,1\%$), de 44,7 cm² de media ($\pm 11,7$ cm²) antes de la intervención a 47,7 cm² de media ($\pm 11,7$ cm²) después de la intervención. En el grupo BFR, el CSA del cuádriceps aumentó una media del 7,8% ($\pm 8,2\%$), de una media de 45,4 cm² ($\pm 11,7$ cm²) antes de la intervención a una media de 48,9 cm² ($\pm 13,2$ cm²) después de la intervención. No hubo diferencias significativas entre los grupos BFR y HL (p = 0,86), pero hay una diferencia significativa entre el momento basal y después de 12 semanas de entrenamiento para los 2 grupos (p < 0,01). CSA de los isquiotibiales: En el grupo HL, el CSA isquiotibial aumentó una media del 5,3% ($\pm 7,4\%$), de una media de 22,6 cm² ($\pm 7,4$ cm²) antes de la intervención a una media de 23,5 cm² ($\pm 7,1$ cm²) después de la intervención. En el grupo BFR, el CSA isquiotibial aumentó una media del 4,8% ($\pm 5,9\%$), de una media de 21,3 cm² ($\pm 6,0$ cm²) antes de la intervención a una media de 22,1 cm² ($\pm 6,2$ cm²) después de la intervención. No hubo diferencias significativas entre los grupos BFR y HL (p = 0,86), pero hay una diferencia significativa entre el momento basal y después de 12 semanas de entrenamiento para los 2 grupos (p = 0,003).

Park 2022	n = 20 Edad: +65 Sexo: Mujeres (100%)	Grupo BFRG: Ejercicio del puente con BFR sobre el muslo. Grupo BG: Ejercicio del puente sin BFR. Los dos grupos tienen un entrenamiento de 8 semanas, 3 veces por semana y 30 minutos al día.	Momento basal y a las 8 semanas	<u>Ecografía: Grosor recto femoral</u> En el grupo BFRG, se observó un aumento de 1,26 mm de media ($\pm 0,35$ mm), de 2,87 mm de media ($\pm 0,56$ mm) antes de la intervención a 4,13 mm de media ($\pm 0,67$ mm) después de la intervención. En el grupo BG, se observó un aumento de 0,19 mm de media ($\pm 0,21$ mm), de 2,90 mm de media ($\pm 0,69$ mm) antes de la intervención a 3,09 mm de media ($\pm 0,68$ mm) después de la intervención. Hubo una diferencia significativa en el cambio del tamaño del recto femoral entre los dos grupos ($p < 0,05$), así como una diferencia significativa en cada grupo entre las mediciones previas y posteriores a la intervención ($p < 0,05$). <u>Ecografía: Grosor del vasto medial</u> En el grupo BFRG, se produjo un aumento de 0,98 mm de media ($\pm 0,27$ mm), de 2,71 mm de media ($\pm 0,73$ mm) antes de la intervención a 3,69 mm de media ($\pm 0,63$ mm) después de la intervención. En el grupo BG, se produjo un aumento de 0,05 mm de media ($\pm 0,17$ mm), de 3,03 mm de media ($\pm 0,51$ mm) antes de la intervención a 3,08 mm de media ($\pm 0,52$ mm) después de la intervención. Hubo una diferencia significativa en el cambio entre los dos grupos ($p < 0,05$). En el grupo BFRG, hubo una diferencia significativa en el cambio de tamaño del vasto medial antes y después de la intervención ($p < 0,05$), mientras que en el grupo BG no hubo diferencias significativas entre las mediciones previas y posteriores a la intervención ($p > 0,05$).
Patterson 2011	n = 10 Edad: 62-73 Sexo: 2 Hombres (20%) y 8 Mujeres (80%)	Cada paciente realiza los dos tipos de entrenamiento con una modalidad diferente para cada pierna. Grupo BFR = Una pierna de cada paciente se entrena con un BFR y ejercicio de baja intensidad Grupo LLRT = La otra pierna se entrena sin BFR y con el mismo entrenamiento.	Todas las pruebas previas al entrenamiento se realizaron 3-5 días antes del inicio del programa de entrenamiento de resistencia (línea de base), y las mediciones posteriores al entrenamiento se realizaron 3-5 días después de la última sesión de entrenamiento.	<u>Cinta antropométrica estándar: La circunferencia del gemelo.</u> Grupo BFR : Los resultados muestran un aumento a nivel de la circunferencia del gemelo, en efecto pasa de $34,1 \pm 1,7$ cm → $34,5 \pm 1,6$ cm. Grupo LLRT : Los resultados muestran un aumento a nivel de la circunferencia del gemelo, en efecto pasa de $34,0 \pm 1,8$ cm → $34,4 \pm 1,7$ cm. No se observaron diferencias entre los grupos ($p > 0,05$).

Thiebaud 2013	n = 14 Edad: 61 ± 5 Sexo: Mujeres posmenopáusicas (100%)	Grupo LI-BFR: Realizó una serie de 30 repeticiones seguida de dos series de 15 repeticiones para los ejercicios de la parte superior del cuerpo con BFR, el color inicial de la banda elástica para los ejercicios de la parte superior del cuerpo en el grupo LI-BFR corresponde a un ~10%-30% estimado del 1-RM del participante. Grupo HI: Realizó tres series de 10 repeticiones para la parte superior. Los participantes se ejercitaron a una intensidad que oscila entre 7 y 9 en la escala OMNI de resistencia muscular activa, que se ha observado que corresponde a niveles de intensidad de ejercicio que oscilan entre el 70% y el 90% de 1-RM. Los 3 ejercicios son seated chest press, seated row, seated shoulder press.	Momento basal y a las 8 semanas	<u>Ecografía: Mediciones del bíceps, tríceps, deltoides y pectoral</u> A nivel del grupo LI-BFR, observamos un aumento para todos los músculos, la grosor muscular del bíceps pasa de 2.67 → 2.75cm ($p = 0,43$), el tríceps pasa de 2.93 → 3.42cm ($p = 0,18$), el deltoides pasa de 2.65 → 2.75cm ($p = 0,14$) y el pectoral aumenta significativamente ($p = 0.04$) de 2.47 → 2.9 cm. A nivel del grupo LH, observamos un aumento para todos los músculos, la grosor muscular del bíceps pasa de 2.54 → 2.57cm, el tríceps pasa de 2.45 → 2.61cm, el deltoides pasa de 2.54 → 2.63cm y el pectoral pasa de 2.19 → 2.33 cm. No se observaron diferencias entre los grupos ($p > 0,05$).
Vechin 2015	n = 23 Edad: 60-71 Sexo: 14 Hombres (60,87%) y 9 Mujeres (39,13%)	Grupo LRT-BFR: Realizaron un total de 4 series, 1 serie de 30 repeticiones y 3 series de 15 repeticiones, con una carga correspondiente al 20% de 1-RM en las primeras 6 semanas de entrenamiento. Luego, la carga se incrementó al 30% de 1-RM durante las siguientes semanas. Con 71± 9 mmHg de oclusión del BFR. Grupo HTR: Realizó 4 series de 10 repeticiones con una carga correspondiente al 70% 1-RM en las primeras 6 semanas de entrenamiento. La carga se incrementó al 80% 1-RM durante las semanas restantes. El ejercicio fue press de piernas a 45°. Grupo control: mantuvo actividades de la vida diaria y no participó en ningún entrenamiento.	Momento basal y a las 12 semanas	<u>Resonancia magnética: CSA quadriceps</u> Los resultados presentan una aumentación en los 2 grupos de intervención, en efecto para el grupo HTR el CSA del quadriceps pasa de 56.9 ± 14.9 cm² → 61.1 ± 14.8 cm² ($p < 0.001$) y a nivel del grupo LRT-BFR, observamos un cambio de 67.4 ± 21.5 cm² → 71.4 ± 22.1 cm² ($p < 0.001$). El grupo control no presenta cambios de grosor muscular (53.6 ± 16 cm² → 52.7 ± 15.7 cm²).

Fuente: Elaboración propia