

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

FACULTAD DE MEDICINA

TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO EN FISIOTERAPIA



**EFFECTOS DEL ENTRENAMIENTO CON RESTRICCIÓN PARCIAL
DEL FLUJO SANGUÍNEO EN TENDINOPATÍAS.
UNA REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

AUTOR: Miralles Garcia, Pau.

Departamento: Patología y

TUTOR: Hernández Sánchez, Sergio

Cirugía

Curso académico: 2023-2024.

Convocatoria de junio

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. RESUMEN.....	1
2. ABSTRACT.....	2
3. INTRODUCCIÓN.....	3
4. OBJETIVOS.....	8
5. MATERIAL Y MÉTODO.....	9
6. RESULTADOS.....	11
7. DISCUSIÓN.....	15
8. CONCLUSIONES.....	19
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	20
10. Anexo de figuras y tablas	

Figura 1: Diagrama de flujo.

Tabla 1: Puntuación PEDro para la calidad metodológica de los ensayos clínicos incluidos en la revisión.

Tabla 2: Evaluación de calidad de las series de casos con recomendación del NIH.

Tabla 3: Resumen artículos.

Tabla 4: Variables y escalas de medida utilizadas.

Tabla 5: Calificación CERT para ejercicio.

Tabla 6: Resumen protocolo ejercicio.

RESUMEN

Introducción: Las tendinopatías suponen un problema importante para la sociedad moderna. El ejercicio de fuerza de cargas altas es el tratamiento por excelencia de esta patología, pero algunas poblaciones no son capaces de tolerarlo. El entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo o BFR consiste en reducir mediante compresión mecánica el retorno venoso durante el ejercicio. Éste, en combinación con el ejercicio de fuerza de carga baja, puede dar beneficios similares al entrenamiento de carga alta debido a los efectos producidos por el BFR.

Objetivos: Conocer, a través de la literatura científica, el efecto del entrenamiento con BFR sobre las tendinopatías. Así como sus parámetros de aplicación efectiva y segura en esta condición.

Material y métodos: Se realizó una búsqueda de artículos en las bases de datos PubMed, PEDro, SCOPUS, ScienceDirect, MedlinePlus y Cochrane.

Resultados: Se incluyeron 6 estudios: 3 de ellos son series de casos; los otros 3, ensayos clínicos. Todos tratan la eficacia del entrenamiento de fuerza de baja carga combinado con el BFR en pacientes con tendinopatías. 2 de ellos tratan la tendinopatía rotuliana, 1 tendinopatía del manguito rotador, 1 tendinopatía glútea y 2 tendinopatía del epicóndilo lateral.

Conclusiones: Existe evidencia sobre el uso del BFR con baja carga para producir mejoras significativas en la intensidad del dolor y los valores de la fuerza en diferentes tendinopatías. Podría ser una herramienta útil en el tratamiento de pacientes que no puedan tolerar cargas altas, pero es necesaria mayor investigación.

Palabras clave: “Restricción del flujo sanguíneo” “Tendinopatías” “Entrenamiento de fuerza”

ABSTRACT

Introduction: Tendinopathies represent a significant problem for modern society. High-load strength exercise is the gold standard treatment for this pathology, but some populations are unable to tolerate it. Blood flow restriction (BFR) training involves reducing venous return during exercise through mechanical compression. Combined with low-load strength exercise, it can yield benefits similar to high-load training due to the effects produced by BFR.

Objectives: To understand, through scientific literature, the effect of BFR training on tendinopathies, as well as its parameters for effective and safe application in this condition.

Materials and Methods: A search for articles was conducted in the databases PubMed, PEDro, SCOPUS, ScienceDirect, MedlinePlus, and Cochrane.

Results: Six studies were included: three of them are case series; the other three are clinical trials. All address the efficacy of low-load strength training combined with BFR in patients with tendinopathies. Two of them address patellar tendinopathy, one rotator cuff tendinopathy, one gluteal tendinopathy, and two lateral epicondyle tendinopathy.

Conclusions: There is evidence on the use of low-load BFR to produce significant improvements in pain intensity and strength values in various tendinopathies. It could be a useful tool in treating patients who cannot tolerate high loads, but further research is needed.

Keywords: "Blood flow restriction" "Tendinopathies" "Strength training"

INTRODUCCIÓN

El tendón es una estructura del sistema musculoesquelético cuya función es unir el músculo con el hueso, se encarga de transmitir las fuerzas para que se produzcan movimientos articulares así como estabilizar las articulaciones (1). Facilita la transmisión de la fuerza que la musculatura es capaz de producir hacia la estructura ósea donde se inserta (1). Las propiedades mecánicas de este tejido mecanosensible le permiten actuar y adaptarse a las fuerzas transmitidas por los músculos (1). Estas fuerzas en muchas ocasiones son muy elevadas, por lo que el tendón tiene que soportar el tendón cargas muy altas (1).

La tendinopatía engloba una serie de transformaciones que se producen en los tendones dañados. Presentan dolor, hinchazón localizada o difusa y disminución de la función (1). Esta condición se caracteriza por anomalías en la microestructura, composición y celularidad del tendón. Se han planteado diversos modelos acerca de la etiopatogenia de las tendinopatías, uno de ellos y de gran importancia es el del modelo *continuum*. Se trata la patología no por categorías, sino como un proceso continuo (2).

Se basa en las características de tres estados tisulares: tendinopatía reactiva, tendón desestructurado y tendinopatía degenerativa. (2). Las tendinopatías reactivas son el resultado del aumento repentino de actividades físicas a las que el tendón está poco acostumbrado, son una respuesta hiperactiva celular a la carga, por el aumento del número de células y la absorción de una mayor cantidad de agua intracelular. (3). El tendón aparece con un aumento del diámetro pero sin signos de degeneración en la matriz celular (3). La fase de tendón desestructurado se ha descrito como recuperación fallida, se produce el inicio de la separación del colágeno y la desorganización de la matriz celular (3). En la tendinopatía degenerativa aparece la neovascularización (3), además tiene zonas de desorganización tisular, que son incapaces de soportar cualquier estrés, por lo que se cree que son inservibles mecánicamente (3).

Las tendinopatías más frecuentes afectan a tendones principales con altas demandas de carga como son el tendón de Aquiles o el rotuliano. Otras tendinopatías comunes son las relacionadas con la zona púbica (aductores), hombros (manguito rotador), cadera (glúteos) y codo (complejo extensor) (2,4). La actividad física implica mucha fuerza y estrés para los tendones por lo que aumenta el riesgo de lesión. Alrededor del 50% de las lesiones en el deporte se deben a condiciones de uso excesivo y la mayoría de ellas, los afectan (1).

El entrenamiento de fuerza se considera en la actualidad el tratamiento conservador de elección en la rehabilitación de tendinopatías crónicas. El entrenamiento de alta carga y lento (HSRT, por sus siglas en inglés), ha demostrado efectos clínicos positivos, tanto para mejorar los síntomas como para reforzar la estructura del tendón, e incluso en la mejora en la adherencia terapéutica al programa de ejercicios (5).

El ejercicio produce una disminución del dolor mediante una reducción aguda de la sensibilidad. Incrementan el umbral o disminuye el índice de intensidad del dolor supraumbrales. Esta reducción se ve sobre todo en la extremidad ejercitada, aunque también se producen efectos en otras partes del cuerpo, por lo que se sugieren efectos locales y en las vías nociceptivas espinales y supraespinales (6).

Para incrementar tanto la masa muscular como la fuerza, generalmente se recomiendan ejercicios de fuerza de alta intensidad con cargas que se aproximan al 70% de una repetición máxima (1RM) (7,8). No obstante, el ejercicio de fuerza con cargas altas puede ser de gran dificultad para algunas personas, como los ancianos, las que padecen enfermedades crónicas o los atletas en proceso de rehabilitación. (9). Además, el tiempo prolongado bajo tensión con cargas pesadas tradicionales durante la fase inicial de la rehabilitación del tendón podría ser contraproducente y comprometer su curación (5).

Actualmente, existen métodos alternativos para mejorar la tolerancia y disminuir el riesgo producido por las cargas elevadas de ejercicio, que permiten obtener ganancias de fuerza evitando el aumento de

síntomas o riesgo de enfermedad. Diferentes estudios en los últimos años han mencionado el potencial del ejercicio de carga baja (es decir, <25% de la capacidad máxima) (10,11,12) para estimular adaptaciones musculares significativas cuando el flujo sanguíneo a un músculo o grupo de músculos está restringido.

El entrenamiento de baja intensidad con restricción de flujo sanguíneo o Kaatsu, fue inventado y popularizado en Japón hace años por Yoshiaki Sato (13). Este método se ha valorado durante la última década para mejorar las ganancias de fuerza en poblaciones sanas como los atletas y, más recientemente, como herramienta de rehabilitación en personas con patologías musculoesqueléticas (14).

La restricción del flujo sanguíneo se lleva a cabo mediante un manguito situado en la parte más proximal de la extremidad que se va a entrenar, que hace la función de torniquete. El entrenamiento con restricción de flujo sanguíneo (BFR, del inglés, Blood Flow Restriction) se está convirtiendo en una alternativa terapéutica muy interesante, ya que estimula el crecimiento muscular y la fuerza sin necesidad de hacer uso de cargas pesadas que puedan generar ese estrés mecánico que hemos mencionado anteriormente y evita el dolor (15).

Por ello, el interés en el uso del entrenamiento BFR como una herramienta de rehabilitación clínica está aumentando. Utilizado simultáneamente durante el entrenamiento con ejercicios de baja carga, el BFR puede ser una alternativa en el abordaje de las tendinopatías (14).

Mientras que el ejercicio tradicional para tendinopatía utiliza cargas de entrenamiento pesadas (16,17), el entrenamiento con BFR generalmente utiliza intensidades de entrenamiento más bajas y cargas en el rango de 20-30% de 1RM, esto facilita el entrenamiento y puede ser más tolerable para pacientes que no pueden tolerar cargas elevadas de entrenamiento de músculos y tendones (14,18,19).

Una estructura estándar comúnmente utilizada para este entrenamiento de baja intensidad es una carga del 20-30% de 1 RM con una restricción de flujo del 60-80% y un volumen de 75 repeticiones en 4 series (es decir, 30/15/15/15) con períodos de descanso de 30 segundos entre series. Se realiza 2-3 días a la semana, durante al menos 3 semanas para poder valorar los efectos. (20,21,22,23).

Se ha comprobado el aumento de la fuerza y la hipertrofia con entrenamiento con baja carga acompañado del BFR, LL-BFRT por sus siglas en inglés, en tan solo 1 a 3 semanas, lo que es comparable a las ganancias de fuerza con el entrenamiento de fuerza tradicional con cargas pesadas (HL-RT), pero más rápido para las ganancias de hipertrofia que con HL-RT (24,25).

Por lo tanto, en entornos de rehabilitación musculoesquelética clínica, cuando la HL-RT puede no ser apropiada o estar contraindicada, la LL-BFRT puede servir como una alternativa eficaz y el punto de partida ideal para introducir el entrenamiento de fuerza para contrarrestar las pérdidas de fuerza muscular y la hipertrofia (14).

Se ha demostrado que la BFRT causa hipoalgesia inducida por el ejercicio a través de mecanismos opioides y endocannabinoides endógenos, por lo que puede ser una herramienta útil para el manejo del dolor en la rehabilitación musculoesquelética temprana, particularmente en presencia de una respuesta de dolor agudo (6), como puede ser el caso de la rehabilitación en las tendinopatías.

A pesar de la escasez de investigaciones hasta la fecha sobre la aplicación de LL-BFRT en la rehabilitación de tendinopatías, los estudios realizados muestran que puede producir efectos clínicos beneficiosos y adaptaciones estructurales tanto en tendones sanos como en patológicos (18).

Entre los efectos positivos que han sido estudiados sobre el LL-BFRT destacan las mejoras en el grosor del tendón, la vascularización, la rigidez, la temperatura de la piel y la neovascularización (18,5).

El potente microambiente creado por LL-BFRT y el entorno fisiológico muscular y tendinoso que induce pueden facilitar la mejora de las propiedades morfológicas y mecánicas de los tendones a

través de un mayor metabolismo del colágeno y su remodelación (5). Además, puede anular la necesidad de cargas pesadas para derivar adaptaciones positivas (18). Por tanto, se abre una nueva ventana a los pacientes y fisioterapeutas. Se ofrecen opciones en la elección del tratamiento, que pueden tener implicaciones de gran alcance en áreas como la adherencia al entrenamiento, identificada como un ámbito problemático en el ejercicio de fuerza en tendinopatías (26).

Por ello, en esta revisión bibliográfica se tratará de realizar una búsqueda de los efectos producidos por el LL-BFR en tendinopatías comunes para dar visibilidad a esta técnica y facilitar su traslación a la práctica clínica.



OBJETIVOS

Analizar la evidencia científica que avale la aplicación clínica de BFR para el manejo terapéutico de las tendinopatías más comunes en poblaciones clínicas.

Objetivo General

- Conocer, a través de la literatura científica, el efecto del entrenamiento con restricción parcial del flujo sanguíneo sobre las tendinopatías.

Objetivos Específicos

- Conocer los diferentes parámetros de aplicación del entrenamiento oclusivo para las tendinopatías.
- Elaborar una serie de recomendaciones para la aplicación efectiva y segura del entrenamiento oclusivo en las tendinopatías.



MATERIAL Y MÉTODO

El protocolo para esta revisión bibliográfica ha sido aprobado por la Oficina de Investigación Responsable de la Universidad Miguel Hernández de Elche. Código de Investigación Responsable (COIR): TFG.GFI.HSS.PMG.240119.

Estrategia de búsqueda:

La búsqueda bibliográfica se ha llevado a cabo en las bases de datos PubMed, PEDro, SCOPUS, ScienceDirect, MedlinePlus y Cochrane.

Para la búsqueda en la base de datos PubMed se utilizaron las siguientes palabras claves:

“BFRT”, “blood flow restriction”, “tendinopathy”, “Resistance Training”. Se utilizó el operador booleano “OR” para unir las palabras claves con sus acrónimos en inglés, así como el operador booleano “AND” para combinar ambos términos.

Los filtros de búsqueda según las posibilidades de las distintas bases de datos fueron: especies “humanos”, el tipo de estudio “Books and Documents”, “Clinical Trial”, “Randomized Controlled Trial”, y “Research articles”, fecha de publicación, “últimos 10 años”.

La fórmula de búsqueda final se establece como:

(((BFR[Title/Abstract]) OR (Blood Flow Restriction[Title/Abstract])) OR (kaatsu[Title/Abstract])) OR (Blood flow restriction training[Title/Abstract])) AND (Tendinopathy[Title/Abstract]).

Estos parámetros se mantuvieron o fueron adaptados mínimamente para su uso en otras bases de datos.

Criterios de elección:**Criterios de inclusión:**

1. Estudios prospectivos: cohortes, series de casos y ensayos clínicos, admitiendo retrospectivos.
2. Ensayos en humanos vivos.
3. Estudios que incluyan información acerca del tratamiento de tendinopatías mediante el uso de la terapia mediante restricción del flujo sanguíneo combinado con el entrenamiento de fuerza.
4. Publicaciones de los últimos 10 años.

Criterios de exclusión

1. Revisiones sistemáticas
2. Ensayos en cadáveres
3. Ensayos que utilicen el entrenamiento con BFR en tendones sanos.



RESULTADOS

Para evaluar la calidad metodológica de los para los ECAs encontrados se utilizó la escala PEDro (Physiotherapy Evidence Database). Esta evalúa la validez interna, externa y estadística. Para estudiar la calidad de las series de casos se tomó de referencia la guía del NIH, que recomienda los ítems que un artículo de estas características debe seguir.

Los estudios incluidos en la revisión cumplen la mayor parte de estos criterios, recogidos en las **Tablas 1 y 2**. Cumpliendo los ECAs (10/11,10/11 y 9/11) (27, 28, 29), respectivamente. Y las series de casos las tres 9/9 (30, 31,32).

De los 6 artículos obtenidos: 3 son estudios observacionales (series de casos) y otros 3 son ensayos clínicos. Todos los artículos tratan sobre la eficacia de la aplicación del LL-BFRT en pacientes con tendinopatías. En esta revisión, se ha comparado el efecto en 127 sujetos, aplicando el BFR en un total de 76 pacientes. De estos 6 artículos, 3 revisaban los efectos en varones, 1 en mujeres y 2 en pacientes mixtos.

Para la revisión se han utilizado artículos que trataban las siguientes tendinopatías mediante el uso del LL-BFRT: tendinopatía rotuliana (30, 31), tendinopatía manguito rotador (27), tendinopatía epicóndilo lateral 28, 29) y tendinopatía glútea (32).

Respecto al tipo de intervención, en todos los artículos se estudiaba el efecto final del BFR, 3 de los 6 artículos realizaban una comparación entre el uso de este con un grupo de control contrastando los resultados con otro grupo de pacientes realizando el LL-BFRT (27, 28, 29). los otros 3, mostraban los efectos de la terapia aplicada a pacientes con esta patología (30, 31, 32).

El lugar de oclusión para realizar la terapia ha variado según la tendinopatía a tratar, colocándose el manguito en la zona más proximal del húmero para las tendinopatías del manguito rotador y de los extensores de muñeca. Para las tendinopatías del miembro inferior, del tendón rotuliano y del glúteo, el manguito se coloca generalmente en la zona más proximal del muslo.

Las presiones son expresadas en porcentaje o directamente en valor de milímetros de mercurio (mmHg). Los porcentajes se han medido sobre la presión de oclusión total (POT) o sobre la presión arterial sistólica (PAS). Se han utilizado porcentajes de oclusión de entre el 45% y el 80%, la media del porcentaje de oclusión en estos estudios es del 58,75% sobre la POT, así como en un caso el valor de referencia de 120 mmHg (30). En el caso del que se ha utilizado como referencia la PAS, la oclusión ha sido de 1.2 veces de la misma (28).

El volumen de sesiones de tratamiento varía en función de los estudios. El total es entre 8 y 20 sesiones y de entre 1 a 3 sesiones por semana. La media de sesiones totales entre los diferentes estudios ha sido de 12.83 sesiones y por semana, de 2.66 aproximadamente.

En las sesiones se han realizado diversos ejercicios en función de la patología a tratar. En la mayoría de estudios se ha requerido de material de gimnasio para la realización de ciertos ejercicios (30, 31, 27, 28, 29). Mientras que en otro, para la tendinopatía glútea (32), se han realizado los ejercicios con el peso corporal.

El volumen de ejercicio también muestra fluctuación en función del estudio: en 3 de ellos se ha empleado el protocolo de 4 series con 30, 15,15,15 repeticiones cada una respectivamente (31,27, 29). Otros, han optado por otro protocolo: 6 series hasta el fallo voluntario o 30, 25, 20, 15, 10 y 5 repeticiones en seis series, respectivamente (30). En otro estudio (28), se realizan 4 series de 12 repeticiones por ejercicio. En el estudio de la tendinopatía glútea (32) se utilizan diferentes series y repeticiones según el ejercicio a realizar.

El tiempo de descanso entre series coincide en todos los estudios incluidos: 30 segundos excepto uno (28), donde el descanso entre series es de 60s. Por otro lado, el tiempo entre ejercicios es más variado según los diferentes estudios, ninguno entre ellos coincide y parte de 1 hasta 8 minutos de descanso.

Durante los ejercicios, se mantiene la presión del manguito entre las diferentes series en $\frac{5}{6}$ estudios, en este único restante no se especifica este procedimiento (28). El tiempo de liberación de la presión en los descansos entre ejercicios varía entre 1 y 5' 30" entre los diversos estudios.

La intensidad de los ejercicios con la aplicación del BFR coincide en todos los artículos revisados en el 30% de 1 RM (30, 31, 27, 28), excepto en uno que no especifica la intensidad a la que se realizan los ejercicios, indica que son con el propio peso corporal (32).

Toda esta información respecto al ejercicio aparece resumida en la **Tabla 6**.

Para el análisis de resultados se utilizaron diversas escalas según el parámetro a evaluar y la patología. Todas ellas junto a su frecuencia de aparición en los diferentes estudios aparecen en la **Tabla 4**.

Los resultados revelan que en todos los artículos existe una mejora post-intervención respecto a la pre-intervención: existe una mejora significativa respecto al dolor una vez aplicada la terapia con BFR (30, 31, 32 y 28). En los artículos restantes, mejoran los resultados, pero no se encuentra diferencia significativa respecto al grupo de control (27, 28).

Analizadas las pruebas posteriores a la intervención, se observa que aparecen mejoras en los resultados de fuerza comparándolos con los registros pre-tratamiento en todos los artículos estudiados. En el caso de las mediciones con la MCIV, se obtuvieron mejoras significativas en el tiempo en todos los artículos en los que se utilizó esta prueba, en los estudios 30, 31, 27, 32 y 29). Estas mejoras han sido diferentes entre los distintos estudios, encontramos uno con pequeñas mejoras (30), otro con grandes mejoras en la misma tendinopatía (31). En el del manguito rotador se obtienen mejoras parciales, pues aunque se evalúan varias pruebas, sólo se encuentran mejoras significativas en una (27). En el caso de la tendinopatía glútea (32) sí se obtienen grandes mejoras en la abducción de cadera y extensión de rodilla. También aparecen grandes mejoras en la fuerza los dos estudios de la tendinopatía de extensores de muñeca (28,29).

Existen otras variables que se han medido como es la percepción de mejora del propio paciente. Se han documentado los cambios percibidos en 3/6 artículos (30, 32, 29) mediante 3 escalas diferentes. En el primero de estos tres estudios (30), la media de la puntuación Likert es de 1, lo que significa que ha habido una gran mejora percibida. En el segundo (32), se utilizaron dos escalas diferentes, la EQ5D-VAS, de la que las puntuaciones muestran mejoras significativas en la percepción de la salud

por el propio paciente y la GRoC, donde también aparecieron mejoras percibidas en el 64% de los pacientes en esta misma variable. En el tercer estudio (29), también se estudia esta mejora con la escala GROC, y los resultados que aporta son mejores en el GI respecto al GC.



DISCUSIÓN

El objetivo de esta revisión es conocer la evidencia existente acerca del efecto del entrenamiento de baja carga con restricción parcial del flujo sanguíneo para diferentes tendinopatías con el fin de poder trasladar esta información al potencial uso en la práctica clínica. Para ello, se han utilizado seis estudios en los cuales se analiza la eficacia de esta técnica en diferentes variables, entre ellas el dolor, la fuerza y la percepción de mejora por parte del paciente.

Analizando los resultados obtenidos, se comprueba que efectivamente el LL-BFR tiene efectos positivos en cuanto a la mejora del dolor en las tendinopatías. Este efecto, ya había sido contrastado en otras poblaciones clínicas, donde se argumenta que el LL-BFR provoca hipoalgesia inducida por el ejercicio a través de mecanismos opioides y endocannabinoides endógenos(33,34,35). Por tanto, podría ser una herramienta útil para el tratamiento del dolor en la rehabilitación musculoesquelética temprana, especialmente en presencia de una respuesta de dolor agudo, como es el caso de la tendinopatía. (30)

En esta revisión, se ha encontrado que existen mejoras en las puntuaciones obtenidas respecto a la fuerza pre y post-tratamiento en todos los estudios. La evidencia existente en otras poblaciones, determina que en términos de ganancias de fuerza, el HT-RE puede ser el entrenamiento más óptimo, aunque se ha demostrado que el LL-BFRT también las produce pero en una ligera menor medida (36,25). En el caso de la hipertrofia, sí se consigue un incremento significativo de masa muscular más rápido con el LL-BFR. (37)

En aquellos artículos que se ha medido la mejora percibida por parte del paciente, los resultados obtenidos han sido favorables en todos ellos. El entrenamiento mediante el LL-BFR proporciona una reducción del dolor durante y después del ejercicio (6,38,12,33,34), lo cual induce a que sea una opción favorable para toda aquella patología a tratar que curse con dolor agudo durante y después el ejercicio, como es el caso de la tendinopatía.

Como se ha expuesto en los casos incluidos en esta revisión, el LL-BFRT tiene beneficios en las tendinopatías tales como la disminución del dolor, la mejora en la fuerza y función, además de en la percepción de mejora percibida del propio paciente. Aunque la evidencia científica en esta modalidad de tratamiento para esta patología sea escasa, sí se ha estudiado los beneficios del LL-BFR en tendones sanos (19,39,40,41,42,43,44). Y en otras afecciones músculo-esqueléticas (11,12,38,45,20). La mayoría de estos estudios, proponen una mayor investigación en el campo de las tendinopatías y plantean que aquellos efectos beneficiosos en el organismo producidos en las otras poblaciones se podrían producir en esta condición patológica del tendón (14).

En esta revisión encontramos que los parámetros más utilizados son aquellos que han seguido las indicaciones de Patterson et al. (2019), este protocolo es el más extendido y evidenciado, consistente en un protocolo de 4 series por ejercicio, haciendo 75 repeticiones en total distribuidas en 30-15-15-15. (La intensidad del ejercicio es de entre el 20% y el 40% de 1RM (20). Los descansos entre series son de 30s, manteniendo la presión del manguito durante este tiempo. Se realizan 2 sesiones por semana y el número de semanas es de 3 o más. Por otra parte, la presión de oclusión arterial recomendada por la literatura científica es del entre el 40 y el 80% (20), en los artículos incluidos en esta revisión también se siguen estos valores. Se ha demostrado que este protocolo tiene beneficios en la ganancia de fuerza y hipertrofia (21), por lo tanto, además de en las tendinopatías, es utilizado en la rehabilitación de lesiones de rodilla (46), osteoartritis (47) o entrenamiento a pacientes con esclerosis múltiple (48).

Para realizar una aplicación efectiva y segura del entrenamiento oclusivo, se deben tener en cuenta todas las recomendaciones y contraindicaciones que nos proporciona la literatura científica. Para una correcta aplicación, se deben conocer los métodos efectivos explicados anteriormente, teniendo en consideración que el tratamiento debe ser individualizado y supervisado (49). Así, los principales aspectos a tener en cuenta deben ser la medición personalizada del LOP, seguido de la utilización de presiones de oclusión progresivas de menos a más entre el 40-80%, para la adaptación del paciente a este tipo de entrenamiento además de los protocolos explicados anteriormente.

Éste es un método seguro, pues según la evidencia existente, siguiendo todas estas consideraciones, tiene un riesgo insignificamente superior o inexistente comparado con el ejercicio de fuerza tradicional (50,51,52). Aunque se deben tener en cuenta antes de su aplicación las posibles contraindicaciones como antecedentes o posibilidad de trombosis venosa profunda, trastornos de la coagulación sanguínea, mala circulación, hipertensión, sistema linfático inadecuado, antecedentes de disfunción endotelial, varices, enfermedad vascular periférica, diabetes, facilidad para la formación de hematomas, infección activa, cáncer, compromiso renal, embarazo e intolerancia a la intervención (52).

Conociendo ya los beneficios del LL-BFR, se puede pensar que es un método interesante para la readaptación de tendinopatías ya que añade al ejercicio de fuerza, que es la indicación principal en el tratamiento de tendinopatías (53,54,55,56) el componente extra que supone el microambiente inducido por la oclusión vascular. Además, da la opción de ofrecer un tratamiento con una menor exigencia, que puede abrir las puertas del ejercicio en etapas más tempranas, con unos beneficios muy similares a los producidos por el HL-RT. Así, posibilita el tratamiento a poblaciones con incapacidad para realizar ejercicios demandantes como puede ser la población anciana (57,58) o personas que tengan contraindicado el HL-RT (postoperatorio, rehabilitación cardíaca, enfermedades inflamatorias, etc).

La principal limitación de esta revisión es la escasez de artículos que traten esta temática. Actualmente están surgiendo diferentes ECAs pero aún son escasos y se necesita una mayor investigación para poder corroborar todos estos beneficios.

Además, en estos estudios existentes, el protocolo utilizado en cada uno de ellos es diferente, así como las escalas utilizadas para medir las diferentes variables. Se recomienda en futuros estudios unificar y utilizar unas escalas determinadas y estandarizar el protocolo de ejercicio, así como los parámetros de utilización del BFR para poder avanzar en la investigación de este método de tratamiento. Todo esto permitiría llevar este método a la práctica clínica con mayor eficacia y seguridad.

Observando sus beneficios y sus escasos riesgos, se podría posicionar como una herramienta de gran utilidad en el tratamiento de las tendinopatías. Para ello, se plantea la elaboración de estudios en otras patologías tendinosas como podría ser la del tibial posterior, de la cual no existe evidencia publicada a día de hoy. Además, desde la fisioterapia se debería tener en cuenta el BFR en mayor medida ya que podría ser de ayuda en muchas otras patologías donde se curse con dolor o se necesiten ganancias de fuerza.



CONCLUSIONES

Esta revisión demuestra que el entrenamiento de fuerza de baja carga en combinación con el BFR tiene beneficios en la reducción del dolor y en la ganancia de fuerza en distintas tendinopatías. Por lo tanto, si se siguen todas las recomendaciones mencionadas, este método de tratamiento se constituye como una alternativa eficaz y segura a tener en cuenta en el tratamiento de estas afecciones.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Verdejo Herrero A, Tendinopatía: Una Visión actual. NPunto. Revistas / NPUNTO. 2021; Volumen IV. Número 42. [Internet]. Available from: <https://www.npunto.es/revista/42/tendinopatia-una-vision-actual>
2. Cook JL, Purdam CR. Is tendon pathology a continuum? A pathology model to explain the clinical presentation of load-induced tendinopathy. Br J Sports Med [Internet]. 2009;43(6):409–16. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1136/bjism.2008.051193>
3. Cook JL, Rio E, Purdam CR, Girdwood M, Ortega-Cebrian S, Docking SI. El continuum de la patología de tendón: concepto actual e implicaciones clínicas. Apunts Med Esport [Internet]. 2017
4. Bowman EN, Elshaar R, Milligan H, Jue G, Mohr K, Brown P, et al. Proximal, distal, and contralateral effects of blood flow restriction training on the lower extremities: A randomized controlled trial. Sports Health [Internet]. 2019;11(2):149–56. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1177/1941738118821929>
5. Burton I. Autoregulation in resistance training for lower limb tendinopathy: A potential method for addressing individual factors, intervention issues, and inadequate outcomes. Front Physiol [Internet]. 2021;12. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3389/fphys.2021.704306>
6. Hughes L, Patterson SD. The effect of blood flow restriction exercise on exercise-induced hypoalgesia and endogenous opioid and endocannabinoid mechanisms of pain modulation. J Appl Physiol [Internet]. 2020;128(4):914–24. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32105522/>
7. Androulakis-Korakakis P, Fisher JP, Steele J. The minimum effective training dose required to increase 1RM strength in resistance-trained men: A systematic review and meta-analysis. Sports Med [Internet]. 2020;50(4):751–65. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31797219/>

8. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* [Internet]. 2009;41(3):687–708. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19204579>
9. Slysz J, Stultz J, Burr JF. The efficacy of blood flow restricted exercise: A systematic review & meta-analysis. *J Sci Med Sport* [Internet]. 2016;19(8):669–75. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsams.2015.09.005>
10. Nitzsche N, Stäuber A, Tiede S, Schulz H. The effectiveness of blood-flow restricted resistance training in the musculoskeletal rehabilitation of patients with lower limb disorders: A systematic review and meta-analysis. *Clin Rehabil* [Internet]. 2021;35(9):1221–34. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1177/02692155211003480>
11. Charles D, White R, Reyes C, Palmer D. A systematic review of the effects of blood flow restriction training on quadriceps muscle atrophy and circumference post acl reconstruction. *Int J Sports Phys Ther* [Internet]. 2020;15(6):882–91. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33344004/>
12. Li S, Shaharudin S, Abdul Kadir MR. Effects of blood flow restriction training on muscle strength and pain in patients with knee injuries: A meta-analysis. *Am J Phys Med Rehabil* [Internet]. 2021;100(4):337–44. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33727516/>
13. Jurado CA, de la Cruz RF, García FA. Efectos de la terapia por restricción de flujo sanguíneo en la práctica fisioterápica: una revisión bibliográfica [Internet]. *NPunto*. 2024. Disponible en: <https://www.npunto.es/revista/32/efectos-de-la-terapia-por-restriccion-de-flujo-sanguineo-en-l>
14. Burton I. Blood flow restriction training for tendinopathy rehabilitation: A potential alternative to traditional heavy-load resistance training. *Rheumato* [Internet]. 2022;3(1):23–50. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2674-0621/3/1/3>
15. Burton I, McCormack A. Blood flow restriction resistance training in tendon rehabilitation: A scoping review on intervention parameters, physiological effects, and outcomes. *Front Sports Act Living* [Internet]. 2022;4. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3389/fspor.2022.879860>
16. Malliaras P, Barton CJ, Reeves ND, Langberg H. Achilles and patellar tendinopathy loading programmes: A systematic review comparing clinical outcomes and identifying potential

- mechanisms for effectiveness. Sports Med [Internet]. 2013;43(4):267–86. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s40279-013-0019-z>
17. Couppé C, Svensson RB, Silbernagel KG, Langberg H, Magnusson SP. Eccentric or concentric exercises for the treatment of tendinopathies? J Orthop Sports Phys Ther [Internet]. 2015;45(11):853–63. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2519/jospt.2015.5910>
18. Baker BS, Stannard MS, Duren DL, Cook JL, Stannard JP. Does blood flow restriction therapy in patients older than age 50 result in muscle hypertrophy, increased strength, or greater physical function? A systematic review. Clin Orthop Relat Res [Internet]. 2020;478(3):593–606. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1097/corr.0000000000001090>
19. Centner C, Jerger S, Lauber B, Seynnes O, Friedrich T, Lolli D, et al. Low-load blood flow restriction and high-load resistance training induce comparable changes in patellar tendon properties. Med Sci Sports Exerc [Internet]. ;54(4):582–9. Disponible en: https://journals.lww.com/acsm-msse/fulltext/2022/04000/low_load_blood_flow_restriction_and_high_load.5.aspx
20. Patterson SD, Hughes L, Warmington S, Burr J, Scott BR, Owens J, et al. Blood flow restriction exercise: Considerations of methodology, application, and safety. Front Physiol [Internet]. 2019;10. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3389/fphys.2019.00533>
21. Lixandrão ME, Ugrinowitsch C, Laurentino G, Libardi CA, Aihara AY, Cardoso FN, et al. Effects of exercise intensity and occlusion pressure after 12 weeks of resistance training with blood-flow restriction. Eur J Appl Physiol [Internet]. 2015;115(12):2471–80. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s00421-015-3253-2>
22. Madarame H, Neya M, Ochi E, Nakazato K, Sato Y, Ishii N. Cross-transfer effects of resistance training with blood flow restriction. Med Sci Sports Exerc [Internet]. 2008 ;40(2):258–63. Disponible en: https://journals.lww.com/acsm-msse/fulltext/2008/02000/cross_transfer_effects_of_resistance_training_with.10.aspx

23. Fahs CA, Loenneke JP, Thiebaud RS, Rossow LM, Kim D, Abe T, et al. Muscular adaptations to fatiguing exercise with and without blood flow restriction. *Clin Physiol Funct Imaging* [Internet]. 2015;35(3):167–76. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1111/cpf.12141>
24. Lorenz DS, Bailey L, Wilk KE, Mangine RE, Head P, Grindstaff TL, et al. Blood flow restriction training. *J Athl Train* [Internet]. 2021;56(9):937–44. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4085/418-20>
25. Loenneke JP, Abe T, Wilson JM, Ugrinowitsch C, Bembien MG. Blood flow restriction: How does it work? *Front Physiol* [Internet]. 2012;3. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3389/fphys.2012.00392>
26. Peterson M, Butler S, Eriksson M, Svärdsudd K. A randomized controlled trial of eccentric vs. concentric graded exercise in chronic tennis elbow (lateral elbow tendinopathy). *Clin Rehabil* [Internet]. 2014;28(9):862–72. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1177/0269215514527595>
27. Kara D, Ozcakar L, Demirci S, Huri G, Duzgun I. Blood Flow Restriction Training in patients with rotator cuff tendinopathy: A randomized, assessor-blinded, controlled trial. *Clin J Sport Med* [Internet]. 2024;34(1):10–6. Disponible en: https://journals.lww.com/cjsportsmed/abstract/2024/01000/blood_flow_restriction_training_in_patients_with.2.aspx
28. Kinandana GP, Anak Ayu Nyoman Trisna Narta Dewi, I Made Niko Winaya, Ni Komang Ayu Juni Antari, Wibawa A, I Putu Gde Surya Adhitya. The efficacy of blood flow restriction training for grip strength and disability in lateral epicondylitis. *Bali Med J* [Internet]. 2023;12(1):410–5. Disponible en: <https://www.balimedicaljournal.org/index.php/bmj/article/view/3973>
29. Karanasios S, Korakakis V, Moutzouri M, Xergia SA, Tsepis E, Gioftsos G. Low-load resistance training with blood flow restriction is effective for managing lateral elbow tendinopathy: A randomized, sham-controlled trial. *J Orthop Sports Phys Ther* [Internet]. 2022;52(12):803–25. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2519/jospt.2022.11211>

30. Skovlund SV, Aagaard P, Larsen P, Svensson RB, Kjaer M, Magnusson SP, et al. The effect of low-load resistance training with blood flow restriction on chronic patellar tendinopathy — A case series. *Transl Sports Med* [Internet]. 2020;3(4):342–52. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1002/tsm2.151>
31. Cuddeford T, Brumitt J. In-season rehabilitation program using blood flow restriction therapy for two decathletes with patellar tendinopathy: A case report. *Int J Sports Phys Ther* [Internet]. 2020;15(6):1184–95. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.26603/ijsp20201184>
32. Høgholt M, Jørgensen SL, Rolving N, Mechlenburg I, Tønning LU, Bohn MB. Exercise with low-loads and concurrent partial blood flow restriction combined with patient education in females suffering from gluteal tendinopathy: A feasibility study. *Front Sports Act Living* [Internet]. 2022;4. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3389/fspor.2022.881054>
33. Korakakis V, Whiteley R, Epameinontidis K. Blood Flow Restriction induces hypoalgesia in recreationally active adult male anterior knee pain patients allowing therapeutic exercise loading. *Phys Ther Sport* [Internet]. 2018;32:235–43. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ptsp.2018.05.021>
34. Hughes L, Grant I, Patterson SD. Aerobic exercise with blood flow restriction causes local and systemic hypoalgesia and increases circulating opioid and endocannabinoid levels. *J Appl Physiol* [Internet]. 2021;131(5):1460–8. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34498944/>
35. Lixandrão ME, Ugrinowitsch C, Berton R, Vechin FC, Conceição MS, Damas F, et al. Magnitude of muscle strength and mass adaptations between high-load resistance training versus low-load resistance training associated with blood-flow restriction: A systematic review and meta-analysis. *Sports Med* [Internet]. 2018;48(2):361–78. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s40279-017-0795-y>
36. Takarada Y, Sato Y, Ishii N. Effects of resistance exercise combined with vascular occlusion on muscle function in athletes. *Eur J Appl Physiol* [Internet]. 2002;86(4):308–14. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11990743/>

37. Yasuda T, Loenneke JP, Thiebaud RS, Abe T. Effects of blood flow restricted low-intensity concentric or eccentric training on muscle size and strength. PLoS One [Internet]. 2012 ;7(12):e52843. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0052843>
38. Ferraz RB, Gualano B, Rodrigues R, Kurimori CO, Fuller R, Lima FR, et al. Benefits of resistance training with blood flow restriction in knee osteoarthritis. Med Sci Sports Exerc [Internet]. 2018;50(5):897–905. Disponible en: https://journals.lww.com/acsm-msse/fulltext/2018/05000/benefits_of_resistance_training_wit_h_blood_flow.3.aspx
39. Picón-Martínez M, Chulvi-Medrano I, Cortell-Tormo J, Alonso-Aubin D, Alakhdar Y, Laurentino G. Acute effects of resistance training with blood flow restriction on Achilles tendon thickness. J Hum Kinet [Internet]. 2021;78:101–9. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2478/hukin-2021-0032>
40. Chulvi-Medrano I, Picón-Martínez M, Cortell-Tormo JM, Tortosa-Martínez J, Alonso-Aubin DA, Alakhdar Y. Different time course of recovery in Achilles tendon thickness after low-load resistance training with and without blood flow restriction. J Sport Rehabil [Internet]. 2021 ;30(2):300–5. Disponible en: <https://journals.humankinetics.com/view/journals/jsr/30/2/article-p300.xml>
41. Brumitt J, Hutchison MK, Kang D, Klemmer Z, Stroud M, Cheng E, et al. Blood flow restriction training for the rotator cuff: A randomized controlled trial. Int J Sports Physiol Perform [Internet]. 2020 ;15(8):1175–80. Disponible en: <https://journals.humankinetics.com/view/journals/ijsp/15/8/ijsp.2019-0815.xml>
42. Centner C, Lauber B, Seynnes OR, Jerger S, Sohnius T, Gollhofer A, et al. Low-load blood flow restriction training induces similar morphological and mechanical Achilles tendon adaptations compared with high-load resistance training. J Appl Physiol [Internet]. 2019;127(6):1660–7. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1152/jappphysiol.00602.2019>

43. Kubo K, Komuro T, Ishiguro N, Tsunoda N, Sato Y, Ishii N, et al. Effects of low-load resistance training with vascular occlusion on the mechanical properties of muscle and tendon. *J Appl Biomech* [Internet]. 2006;22(2):112–9. Disponible en: <https://journals.humankinetics.com/view/journals/jab/22/2/article-p112.xml>
44. Girgis B, Duarte JA. Physical therapy for tendinopathy: An umbrella review of systematic reviews and meta-analyses. *Phys Ther Sport* [Internet]. 2020;46:30–46. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ptsp.2020.08.002>
45. Bryk FF, dos Reis AC, Fingerhut D, Araujo T, Schutzer M, Cury R de PL, et al. Exercises with partial vascular occlusion in patients with knee osteoarthritis: a randomized clinical trial. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* [Internet]. 2016 [citado el 28 de mayo de 2024];24(5):1580–6. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26971109/>
46. Loenneke JP, Young KC, Wilson JM, Andersen JC. Rehabilitation of an osteochondral fracture using blood flow restricted exercise: A case review. *J Bodyw Mov Ther* [Internet]. 2013;17(1):42–5. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbmt.2012.04.006>
47. Sørensen B, Aagaard P, Hjortshøj MH, Hansen SK, Suetta C, Couppe C, et al. Physiological and clinical effects of low-intensity blood-flow restricted resistance exercise compared to standard rehabilitation in adults with knee osteoarthritis—Protocol for a randomized controlled trial. *PLoS One* [Internet]. 2023;18(12):e0295666. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38096198/>
48. Mañago MM, Cohen ET, Alvarez E, Hager ER, Owens JG, Bade M. Feasibility of low-load resistance training using blood flow restriction for people with advanced multiple sclerosis: A prospective cohort study. *Phys Ther* [Internet]. 2024;104(1):zad135. Disponible en: <https://academic.oup.com/ptj/article/104/1/pzad135/7304128>
49. Nakajima T, Morita T, Sato Y. Key considerations when conducting KAATSU training. *Int J KAATSU Train Res*. 2011;7(1):1-6. Available from: https://www.researchgate.net/publication/269540421_Key_considerations_when_conducting_KAATSU_training

50. Loenneke JP, Wilson JM, Wilson GJ, Pujol TJ, Bembien MG. Potential safety issues with blood flow restriction training. *Scand J Med Sci Sports* [Internet]. 2011;21(4):510–8. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01290.x>
51. Minniti MC, Statkevich AP, Kelly RL, Rigsby VP, Exline MM, Rhon DI, et al. The safety of blood flow restriction training as a therapeutic intervention for patients with musculoskeletal disorders: A systematic review. *Am J Sports Med* [Internet]. 2020 ;48(7):1773–85. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31710505/>
52. Lorenz DS, Bailey L, Wilk KE, Mangine RE, Head P, Grindstaff TL, et al. Blood flow restriction training. *J Athl Train* [Internet]. 2021 [citado el 21 de mayo de 2024];56(9):937–44. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4085/418-20>
53. Girgis B, Duarte JA. Physical therapy for tendinopathy: An umbrella review of systematic reviews and meta-analyses. *Phys Ther Sport* [Internet]. 2020;46:30–46. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ptsp.2020.08.002>
54. Irby A, Gutierrez J, Chamberlin C, Thomas SJ, Rosen AB. Clinical management of tendinopathy: A systematic review of systematic reviews evaluating the effectiveness of tendinopathy treatments. *Scand J Med Sci Sports* [Internet]. 2020;30(10):1810–26. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1111/sms.13734>
55. Beyer R, Kongsgaard M, Hougs Kjær B, Øhlenschläger T, Kjær M, Magnusson SP. Heavy slow resistance versus eccentric training as treatment for Achilles tendinopathy: A randomized controlled trial. *Am J Sports Med* [Internet]. 2015 [citado el 22 de mayo de 2024];43(7):1704–11. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26018970/>
56. Kongsgaard M, Qvortrup K, Larsen J, Aagaard P, Doessing S, Hansen P, et al. Fibril morphology and tendon mechanical properties in patellar tendinopathy: Effects of heavy slow resistance training. *Am J Sports Med* [Internet]. 2010 [citado el 22 de mayo de 2024];38(4):749–56. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20154324/>
57. Centner C, Wiegel P, Gollhofer A, König D. Effects of blood flow restriction training on muscular strength and hypertrophy in older individuals: A systematic review and

meta-analysis. *Sports Med* [Internet]. 2019;49(1):95–108. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s40279-018-0994-1>

58. Rodrigo-Mallorca D, Loaiza-Betancur AF, Monteagudo P, Blasco-Lafarga C, Chulvi-Medrano I. Resistance training with blood flow restriction compared to traditional resistance training on strength and muscle mass in non-active older adults: A systematic review and meta-analysis. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2021;18(21):11441. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph182111441>



Figura 1: Diagrama de flujo.

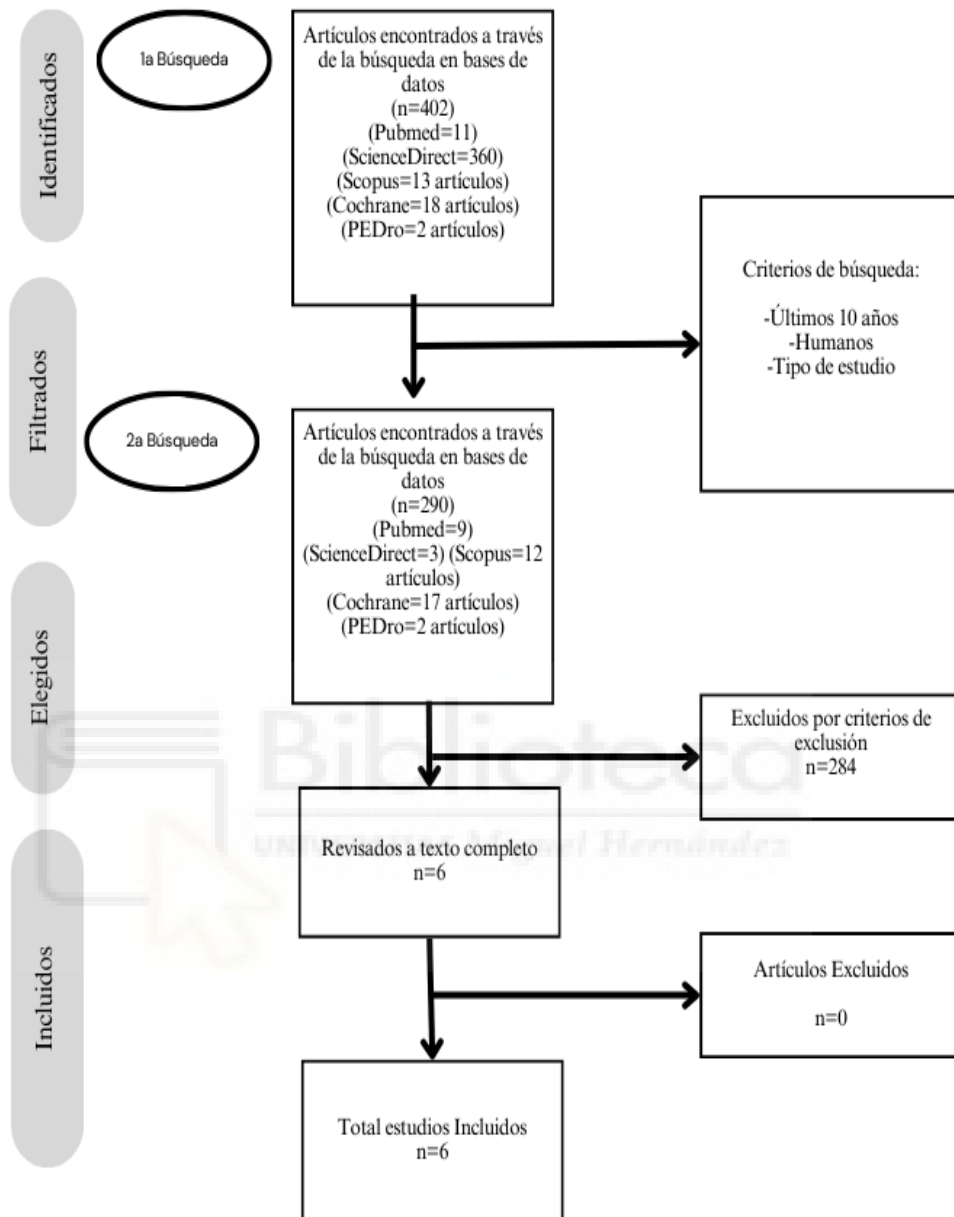


Tabla 1. Puntuación PEDro para la calidad metodológica de los ensayos clínicos incluidos en la revisión.

Artículos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	TOTAL ÍTEMS
D.Kara, et al. 2023	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	10/11
G. P. Kinandana, et.al (2023)	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	10/11
S. Karanasios, et, al. (2022)	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	9/11

1.Criterio de elegibilidad

2.Asignación aleatoria

3.Asignación oculta

4.Comparabilidad de referencia

5.Sujetos cegados

6.Terapeutas cegados

7.Evaluadores cegados

8.Seguimiento adecuado

9.Análisis por intención de tratar

10.Comparaciones entre grupos

11.Estimaciones puntuales y variabilidad

INTERPRETACIÓN: Se considera que los estudios con una puntuación entre 9 y 10 en la escala PEDro tienen una calidad metodológica excelente, los estudios con una puntuación entre 6 y 8 tienen una buena calidad metodológica, entre 4 y 5 una calidad regular y por debajo de 4 puntos tienen una mala calidad metodológica.

Tabla 2: Evaluación de calidad de las series de casos con recomendación del NIH

Artículos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	TOTAL ÍTEMS
Sebastian V. Skovlund et al., 2020	+	+	+	+	+	+	+	+	+	9/9
Cuddeford y Brumitt (2020)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	9/9
Høgsholt M, et al. 2020	+	+	+	+	+	+	+	+	+	9/9

Criterios:

1. ¿Se enunció claramente la pregunta o el objetivo del estudio?
2. ¿Se describió la población del estudio de forma clara y completa, incluyendo una definición de los casos?
3. ¿Fueron consecutivos los casos?
4. ¿Eran comparables los sujetos?
5. ¿Se describió claramente la intervención?
6. ¿Se definieron claramente las medidas de resultado, eran válidas, fiables y se aplicaron de forma coherente en todos los participantes del estudio?
7. ¿Fue adecuada la duración del seguimiento?
8. ¿Estaban bien descritos los métodos estadísticos?
9. ¿Están bien descritos los resultados?

Cuanto más ítems se cumplan, mejor calidad tendrá el artículo.

Tabla 3. Resumen artículos

AUTOR Y AÑO	OBJETIVO DEL ESTUDIO	PATOLOGÍA	POBLACIÓN	INTERVENCIÓN	INTENSIDAD	PARÁMETROS BFR	MEDIDAS DE RESULTADO	RESULTADOS PRINCIPALES
Sebastian V. Skovlund et al., 2020	Investigar la viabilidad y el efecto del ejercicio de fuerza de baja carga en combinación con el sistema de restricción de flujo sanguíneo como herramienta de rehabilitación en individuos con tendinopatía rotuliana unilateral crónica.	Tendinopatía rotuliana	N=7 (>=18 años). Hombres con síntomas de tendinopatía del rotuliano durante al menos 3 meses (crónico)	<p><u>Volumen:</u> 3 x semana x 3 semanas</p> <p><u>Ejercicio:</u> extensión de rodilla</p> <p><u>Protocolo</u> Calentamiento durante 5' en bicicleta estática a baja intensidad. 6 series x ejercicio, descansos de 30'' entre series. Presión del manguito mantenida durante cada ejercicio. Entre los diferentes ejercicios, el manguito se soltó durante 3 minutos. Todas las series se realizaron hasta el fallo voluntario o hasta 30, 25, 20, 15, 10 y 5 repeticiones en las seis series, respectivamente.</p>	30%1RM	<p><u>Lugar de oclusión</u> Parte más proximal del muslo de la extremidad dolorosa.</p> <p><u>Equipo</u> Manguito de poliéster de 15 cm de ancho en la parte más proximal del muslo</p> <p><u>Presión utilizada</u> 120 mmHg.</p>	<p><u>Dolor:</u> Escala de valoración numérica (NRS)</p> <p><u>Evaluación de su mejora percibida:</u> Escala Likert de 7 puntos siendo (7, mucho peor; 6, peor; 5, un poco peor; 4, sin cambios; 3, mejoría leve; 2, mejoría moderada; y 1, gran mejoría).</p> <p><u>Ultrasonidos:</u> Medición del área de píxeles Doppler en reposo</p> <p><u>Función muscular</u> Mediciones RM</p>	Tres semanas de LL-BFR redujeron el dolor (NRS) durante la prueba de sentadilla declinada (SLDS) en un 50%. El área de píxeles Doppler en reposo disminuyó un 31%. La puntuación Likert media fue de 1. Mejoría de moderada a grande en el estado del dolor. El grosor del tendón permaneció inalterado tras el 3 semanas de intervención. Se observó un aumento del momento extensor isométrico máximo de la rodilla (4%) tras el periodo de LL-BFR.

Cuddeford y Brumitt (2020)	Detallar los resultados de un programa de rehabilitación que utiliza BFR para dos decatletas universitarias con tendinopatía rotuliana.	Tendinopatía rotuliana	N=2, atletas de 19 años con dolor rotuliano creciente durante el último mes y con antecedentes previos de dolor.	<p><u>Volumen:</u> 2 sesiones por semana. Un total de 20 sesiones</p> <p><u>Ejercicios</u> Ejercicio 1: prensa de piernas con una sola pierna. Ejercicio 2: sentadilla unilateral en tabla de 25°</p> <p><u>Protocolo</u> <u>Semanas 1-2</u> Ejercicio 1: 4 series (30/15/15/15 repeticiones) / 30 s de descanso entre series / 8 min de tiempo total de tratamiento <u>Semanas 3-4</u> Se repite el ejercicio 1 con los mismos parámetros, seguidamente se retira el torniquete y se vuelve a aplicar para hacer el 2o Ejercicio: Sentadilla Unilateral 4 series 30/15/15/15 repeticiones / 8 min de tiempo de tratamiento. <u>Semanas 5-12</u> Ejercicio 1+Ejercicio 2 sin la serie de 30 y sin descansos entre los ejercicios, 15' de oclusión.</p>	30% 1RM	<p><u>Lugar de oclusión</u> Parte proximal extremidad inferior dolorosa. <u>Equipo</u> Delfi Personalized Tourniquet System <u>Presión utilizada</u> 80% del flujo arterial.</p>	<p><u>Dolor</u> (EVA) <u>Función</u> (VISA-P), <u>Tamaño del tendón</u> Ecografía <u>Fuerza de cadera y rodilla</u> Dinamometría manual, prensa de piernas SL 1RM</p>	Los pacientes mejoraron los resultados clínicos y volvieron a la actividad deportiva. Mejoras en el grosor del tendón y resolución de la región hipoecoica. Aumento de la fuerza de los miembros inferiores.
D.Kara, et al. 2023	Investigar los efectos del entrenamiento	Tendinopatía manguito	N=28, hombres entre 18 y 45	<p><u>Grupos</u> BFR (n=14) y Control (n=14)</p>	30% 1RM	<p><u>Lugar de oclusión</u> Porción más proximal (punto</p>	<p><u>Imágenes</u> -Ultrasonidos, midió los</p>	Se encontró mayor aumento del grosor del músculo bíceps

	<p>con restricción del flujo sanguíneo (BFR) de baja carga sobre el grosor muscular del hombro, la fuerza de los músculos del manguito rotador y los síntomas del hombro en pacientes con tendinopatía del manguito rotador, Se comparó con un grupo de control que realizó el mismo protocolo de ejercicio pero sin BFR</p>	<p>rotador</p>	<p>años. Con diagnóstico de tendinopatía del manguito de los rotadores. Con dolor unilateral de hombro de duración al menos 3 meses. Con al menos 3 de los siguientes criterios: signo de Neer positivo, signo de Hawkins positivo, signo de Jobe positivo, arco doloroso y prueba de fuerza positiva a la rotación externa del hombro (ER).</p>	<p><u>Volumen</u> 8 semanas (2 días/semana), 16 sesiones. <u>Ejercicios:</u> -Lata llena para el supraespinoso. -RE lateral para el infraespinoso. -Curl de bíceps para el bíceps braquial. -Retracción escapular para el trapecio medio/inferior.</p> <p><u>Protocolo</u> 4 Series de (30,15,15,15). 30" descanso entre series y 2' descanso entre ejercicios Grupo BFR: se quita la presión entre ejercicios y se mantiene durante estos.</p>		<p>punto final del músculo deltoides) del hombro doloroso. <u>Equipo</u> Manguito neumático de 5 cm de ancho (KAATSU Nano) <u>Presión utilizada</u> 50% del flujo arterial.</p>	<p>resultados una semana antes del tto y otra vez 72h después de la última de las 16 sesiones.</p> <p><u>Grosor muscular</u> Se midió el grosor del supraespinoso, infraespinoso, deltoides, bíceps braquial y trapecio medio y romboides con una sonda lineal de 5 a 12 MHz.</p> <p><u>Fuerza</u> -RI Y RE: La fuerza concéntrica se evaluó a 60 grados/s y 180 grados/s mediante pruebas isocinéticas para el hombro (IsoMed 2000, D&R Ferstl GmbH, Alemania).</p> <p><u>Dolor</u> Después de las pruebas isocinéticas:</p>	<p>braquial y la fuerza IR del hombro a 60 grados/s en el grupo BFR que en el grupo de control. Sin embargo, no hubo superioridad de ninguno de los ejercicios de entrenamiento en otros espesores musculares, fuerza RE de hombro, y fuerza RI del hombro a 180 grados/s</p>
--	--	----------------	--	---	--	---	---	---

							EVA (escala analógica visual) (0: sin dolor; 10: peor dolor) El dolor y la función del hombro se evaluaron mediante el Índice de Dolor y Discapacidad de Hombro (SPADI; 0: menos discapacidad de hombro; 100: mayor disfunción del hombro). El dolor en reposo, nocturno y actividad se evaluó mediante la EVA.	
Høgsholt M, et al. 2020	Examinar la viabilidad de LL-BFR combinado con educación para pacientes con tendinopatía glútea en términos de adherencia, abandonos y	Tendinopatía glútea	N=16 mujeres, media de edad de 51 años, dolor lateral de la cadera, sensibilidad o dolor palpable en el punto de inserción del tendón del glúteo medio/menor,	<p><u>Volumen</u> 8 semanas, 1 vez por semana.</p> <p><u>Ejercicios:</u> Abducción estática, pasos laterales, puente de glúteos y sentadillas con el peso corporal.</p> <p><u>Protocolo</u></p>	Peso corporal	<p><u>Lugar de oclusión</u> Parte proximal del muslo de la extremidad afectada.</p> <p><u>Equipo</u> Manguito neumático de nailon BFR de 11,7 cm de ancho (Occlude Aps, Dinamarca)</p>	<p><u>Adherencia</u> % de sesiones completadas respecto a las propuestas.</p> <p><u>Función y dolor</u> -VISA-G (0-100), más puntuación menor</p>	<p><u>Adherencia</u> La adherencia media a todas las sesiones de ejercicio fue del 96%.</p> <p><u>Función y dolor</u> Tanto VISA-G, EQ-5D-VAS, OHS como la mayoría de las subescalas de</p>

	<p>eventos adversos. Evaluar los cambios en el dolor lateral de la cadera, los resultados informados por los pacientes, el rendimiento funcional y la fuerza de los músculos de la cadera y la rodilla después de una intervención LL-BFR.</p>		<p>prueba de postura de una sola pierna (SLS) positiva, dolor lateral provocado por la prueba FADER</p>	<p><i>Semanas 1 y 2</i> 5 reps × 5 s de abducción estática de pie, pasos laterales; 10 pasos a cada lado, 10 repeticiones de puente de glúteos y 10 repeticiones de sentadillas</p> <p><i>Semanas 3 a 8</i> Abducción estática y pasos laterales se realizaron diariamente de forma continua. Los puentes de glúteos y las sentadillas solo se realizaron cada dos días, y estos dos ejercicios se realizaron exclusivamente con la aplicación del BFR.</p>		<p>alrededor de la pierna afectada.</p> <p><u>Presión utilizada</u> 60% de la presión arterial.</p>	<p>discapacidad y dolor. -EQ5D-VAS (0-100, de peor a mejor), percepción salud general -OHS (0-48, peor a mejor) dolor y función de cadera. -HAGOS (0-100, de peor a mejor) dolor de cadera e ingle. -NRS (0-10, 0 no dolor 10 peor dolor imaginable) , se utilizó para medir el dolor durante el ejercicio. -GRoC (0-11) El paciente valora el cambio general percibido en el estado de la cadera. <u>Rendimiento</u> -30s-CST, El paciente se levanta y se sienta el mayor número posible de veces en 30 s. -SCT, estima la</p>	<p>HAGOS (5 de 6) mejoraron significativamente. La media global del dolor lateral de cadera (NRS) disminuyó significativamente. Nueve de 14 pacientes (64%) informaron de mejoras satisfactorias en el GRoC.</p> <p><u>Rendimiento</u> El número medio de repeticiones en el 30s-CST y la potencia media en el SCT aumentaron significativamente desde el inicio hasta el seguimiento.</p> <p><u>Fuerza</u> Se observaron mejoras significativas de la fuerza isométrica en la pierna afectada tanto en MVIC HA como en MVIC KE, y en ambas piernas en MVIC HE. La diferencia en el cambio de fuerza entre la pierna afectada y la no</p>
--	--	--	---	---	--	---	--	---

							<p>potencia muscular, en este caso se subieron escaleras contando los segundos.</p> <p><u>Fuerza muscular</u></p> <p>-Dinamómetro manual (HHD), se midió la máxima contracción isométrica voluntaria</p> <p>-Abducción isométrica de la cadera (MVIC HA)</p> <p>-Extensión isométrica de cadera (MVIC HE)</p> <p>-Extensión isométrica de rodilla (MVIC KE)</p>	afectada sólo fue significativa en MVIC HA.
G. P. Kinandana, et.al (2023)	<p>Demostrar hasta qué punto el entrenamiento BFR era capaz de aumentar la</p>	<p>Tendinopatía epicondilo lateral</p>	<p>N=28, pacientes entre 35-50 años. Con test positivo de epicondilitis,</p>	<p><u>Grupos</u></p> <p>Grupo de control (GC) N=14 y grupo de intervención con BFR (GI) n=14</p> <p><u>Volumen</u></p>	<p>-GC ejercicio al 70-80% 1 RM -GI al 20-40% 1 RM.</p>	<p><u>Lugar de oclusión</u></p> <p>Parte proximal del húmero de la extremidad afectada.</p> <p><u>Equipo</u></p> <p>-</p>	<p><u>Fuerza</u></p> <p>Isométrica de prensión de mano:</p> <p>-Dinamómetro (HGDyn)</p>	<p>Ambos grupos mostraron mejoras en la fuerza de prensión y dolor. El GI obtuvo mejores resultados respecto al</p>

	fuerza muscular y la discapacidad en comparación con otros ejercicios de fortalecimiento		presencia de dolor y disminución de fuerza y habilidad funcional.	<p>Ambos grupos 3 sesiones x 4 semanas. 12 sesiones en total.</p> <p><u>Ejercicios:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Dorsiflexión con mancuerna 2. Flexión palmar <p><u>Protocolo</u></p> <p>4 series x 12 reps en ambos ejercicios con descansos de 60 seg. entre series. GI con el BFR y GC sin BFR.</p>		<p><u>Parámetros BFR</u></p> <p>Se aplicó en la parte superior del brazo (braquial) con una presión del 60% de la presión arterial sistólica del paciente.</p>	<p><u>Dolor y discapacidad</u></p> <p>-Cuestionario PrTEEQ</p> <p>15 ítems, (0 no dolor-5 máximo dolor), se traslada a %.</p>	GC.
S. Karanasios, et, al. (2022)	Evaluar el efecto del entrenamiento de fuerza de baja carga con restricción del flujo sanguíneo comparándolo con el entrenamiento de fuerza de baja carga pero con falsa oclusión del BFR en pacientes con tendinopatía lateral de codo.	Epicondilitis, tendinopatía lateral de codo.	<p>N=46 pacientes entre 18 y 60 años diagnosticados con tendinopatía lateral de codo con síntomas de más de 2 semanas.</p>	<p><u>Grupos</u></p> <p>Grupo BFR real: N=23</p> <p>Grupo BFR simulado: n=23</p> <p><u>Volumen</u></p> <p>Ambos grupos 2 sesiones x semana x 6 semanas.</p> <p><u>Ejercicios:</u></p> <p><i>Fase I:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Flexión de codo con mancuernas. 2. Extensión de codo con mancuernas. 3. Flexión palmar de muñeca 4. Flexión dorsal de muñeca 5. Pronación de muñeca 6. Supinación de muñeca. 7. Estiramientos estáticos de 	<u>Intensidad</u> 30% 1RM	<p><u>Lugar de oclusión</u></p> <p>Parte más proximal del húmero de la extremidad afectada.</p> <p><u>Equipo</u></p> <p>Sistema automático de torniquete personalizado (Mad-Up Pro, France)</p> <p><u>Parámetros BFR</u></p> <p>Grupo Oclusión del 40-50% de la oclusión arterial completa .</p> <p>La presión del</p>	<p><u>Dolor y función</u></p> <p>-MCID (Minimum clinically important difference)</p> <p>-PRTEE (Patient rated tennis elbow evaluation)</p> <p>-PFGS (pain free grip strength)</p> <p>-GROC (global rating of change)</p> <p><u>Fuerza</u></p> <p>-Dinamómetro digital (BioFET MusTee)</p> <p>-Máxima contracción</p>	Mejoras del grupo con aplicación real del BFR respecto a la simulada: -Mejoras en el dolor. -Mejores resultados del test PRTEE -Mejores resultados en el test PFGS. -Mejores resultados test GROC -Mejoras en la fuerza de los flexores de codo.

			<p>extensores y flexores de muñeca (3 reps de 30s) <i>Fase 2</i> 1. Flexiones en pared. 2. Flexo-extensión de muñeca en agarre con un palo de goma. 3. Agarre de pelota. 4. Remo de pié</p> <p><u>Protocolo</u> Ambos grupos: <i>Primera Fase:</i> 4 series (30-15-15-15) reps para el Ejercicio 1 y 2 de la Primera Fase. Seguido de 3 series de 10 reps. para los ejercicios 3,4,5,6,7 de la Primera Fase.</p> <p><i>Segunda Fase</i> Todos los ejercicios de la Primera Fase, con BFR, seguidos de los ejercicios de la Segunda Fase, sin BFR.</p> <p>Con descansos de 30'' entre series y de 1' entre ejercicios.</p>		<p>manguito se mantenía durante todo el ejercicio y se quitaba en el tiempo entre ejercicios.</p>	<p>isométrica voluntaria.</p> <p><u>Grosor tendón</u> -Ultrasonidos (Alpinion minisono, 3-12 Hz)</p>	
--	--	--	--	--	---	---	--

Tabla 4: Variables y escalas de medida utilizadas

Variable a medir	ESCALAS	Sebastian V. Skovlund et al., 2020	Cuddeford y Brumitt (2020)	Kara, et al. 2023	Høgsholt M, et al. 2020	Kindanama et al. 2023	Karansios, et al, (2022)	Frecuencia de uso
Dolor	EVA							3/6
	NRS							3/6
Funcionalidad y Discapacidad	SPADI							Específica hombro 1/1
	PRTEE							Específica codo 2/2
	VISA-G							Específica cadera 1/1
	OHS							Específica cadera 1/1
Fuerza	Máxima contracción isométrica voluntaria (MCVI)							5/6
	Repetición Máxima (1RM)							3/6
	Dinamometría							4/6
	PFGS							1/6
Percepción de mejora por el propio paciente	Likert							1/6
	EQ5D-VAS							1/6
	GRoC							2/6
Pruebas de imagen	Ecografía							4/6

EVA: Escala visual analógica

NRS: Escala Numérica del Dolor

SPAD: Índice de Dolor y Discapacidad de Hombro

PRTEE: Escala de Patient-Rated Tennis Elbow Evaluation

VISA-G: Victorian Institute of Sport Assessment-Gluteal questionnaire

OHS: Oxford Hip Score

PFGS: Pain Free Grip Strength

EQ5D-VAS: European Quality of Life –5 Dimensions Visual Analogue Score

GRoC Global Rating of Change.



TABLA 5 Calificación CERT para Ejercicio

Categoría	Ítem	Descripción abreviada del ítem	Sebastian V. Skovlund et al., 2020	Cuddeford y Brumitt (2020)	Kara, et al. 2023	Høgsholt M, et al. 2020	Kindanama et al. 2023	Karansios, et al, (2022)
QUÉ: materiales	1	Tipo de equipamiento necesario para realizar los ejercicios	1	1	1	1	1	1
QUIEN: proveedor	2	Cualificaciones de los instructores o supervisores del programa, experiencia, formación o entrenamiento específico de los instructores para realizar el programa de ejercicio.	1	0	1	1	1	1
CÓMO: realización	3	Si los ejercicios se realizan individualmente o en grupo	1	1	1	1	1	1
	4	Si los ejercicios son supervisados o sin supervisión	1	1	0	1	1	1
	5	Medición y reporte de la adherencia al programa de ejercicios	1	1	0	1	1	1
	6	Detalle de las estrategias de motivación para el ejercicio	0	0	0	0	0	0
	7	Criterios de progresión en el programa de ejercicios	1	1	1	1	0	1
	8	Cada ejercicio se describe con detalle, y por tanto puede ser replicado (se proporcionan ilustraciones, fotografías o vídeo)	0	1	1	1	1	1
	9	Contenidos y descripción de elemento del programa para realizar en domicilio	0	0	0	1	0	1
	10	Componentes diferentes al ejercicio en sí	0	0	0	1	0	0

TABLA 6 RESUMEN PROTOCOLO DE EJERCICIO

DATOS	Sebastian V. Skovlund et al., 2020	Cuddeford y Brumitt (2020)	Kara, et al. 2023	Høgsholt M, et al. 2020	Kindanama et al. 2023	Karansios, et, al, (2022)
Núm total. sesiones	9	20	16	8	12	12
Sesiones por semana	3	2	2	1	3	2
Ejercicios	1.Extensión de rodilla 2. Prensa unilateral	1. Prensa unilateral 2.Sentadilla unilateral en tabla 25°	1. Lata llena 2. RE de hombro lateral 3. Curl de bíceps 4.Retracción escapular	1. ABD de cadera estática 2. Pasos laterales 3. Puente glúteo 4. Sentadillas	1.Dorsiflexión con mancuerna 2. Flexión palmar	1.Flexión de codo con mancuernas. 2. Extensión de codo con mancuernas. 3. Flexión palmar de muñeca 4. Flexión dorsal de muñeca 5.Pronación de muñeca 6. Supinación de muñeca. 7. Estiramientos estáticos de extensores y flexores de muñeca
Series	6 x ejercicio	4 x ejercicio	4 x ejercicio	Ejercicio 1: 5 reps x 5 segundos Ejercicio 2: 10 pasos a cada lado Ejercicio 3 y 4:	4 x ejercicio	4 x ejercicio
Reps	Hasta el fallo o 30, 25, 20, 15, 10 y 5 respectivamente	30/15/15/15	30/15/15/15		12 reps	30-15-15-15

	por las 6 series			10 reps cada uno		
Descansos	30'' entre series 3' entre ejercicios.	30'' entre series 4' entre ejercicios	30'' entre series 2' entre ejercicios		60'' entre series	30'' entre series 1' entre ejercicios
Regulación presión manguito BFR	Se mantiene la presión durante las series y se retira entre ejercicios	Se mantiene la presión durante las series y se retira entre ejercicios	Se mantiene la presión durante las series y se retira entre ejercicios	Mantiene la presión entre los ejercicios hasta la semana 7 Se libera la presión entre los diferentes ejercicios a partir de la semana 7	No especifica cómo regula la presión entre series y ejercicios	Se mantiene la presión durante las series y se retira entre ejercicios
Intensidad	30% 1RM	30% 1 RM	30% 1 RM	Peso corporal	-GC 70-80% 1RM -GI al 20-40% 1RM	30% 1RM