UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

FACULTAD DE MEDICINA

TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO EN FISIOTERAPIA

EFICACIA DEL ENTRENAMIENTO CON RESTRICCIÓN DEL FLUJO SANGUÍNEO EN PATOLOGÍAS MUSCULOESQUELÉTICAS DEL MIEMBRO INFERIOR. UNA REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

AUTOR: Abdón Muñoz González

TUTOR: Joaquim Torres Belda

CURSO ACADÉMICO: 2024-2025

CONVOCATORIA JUNIO

Biblioteca
UNIVERSITAS Miguel Hernández

ÍNDICE.

1. **RESUMEN……1**
2. **ABSTRACT……..2**
3. **INTRODUCCIÓN……3**
4. **OBJETIVOS……5**
5. **MATERIAL Y MÉTODOS……6**
6. **RESULTADOS……..7**
7. **DISCUSIÓN……11**
8. **CONCLUSIONES……...15**
9. **BIBLIOGRAFÍA……16**
10. **ANEXOS……..22**

Biblioteca
UNIVERSITAS Miguel Hernández

1. RESUMEN

Introducción: Las patologías musculoesqueléticas de miembros inferiores suelen provocar incapacidad funcional. En la rehabilitación y ejercicio físico, se suelen utilizar cargas superiores al 70% para ganancia de fuerza e hipertrofia que puede estar contraindicado por dolor o debilidad. El entrenamiento de restricción del flujo sanguíneo aparece como alternativa al entrenamiento con cargas altas, cuya técnica consiste en la aplicación de un torniquete en las extremidades, reduciendo el retorno venoso.

Objetivos: Explorar la literatura científica en los últimos cinco años relacionada con el efecto de la técnica de restricción del flujo sanguíneo en patologías musculoesqueléticas del miembro inferior.

Material y métodos: Se realizó una búsqueda bibliográfica de ensayos clínicos en las bases de datos de Pubmed, Scopus, Embase y PEDro publicados del 2021 al 2025, relacionados con el entrenamiento de restricción del flujo sanguíneo y la fisioterapia.

Resultados: Se analizaron un total de 11 artículos, los cuales eran ensayos clínicos con una puntuación de 6 o superior en la escala PEDro. Los resultados no muestran una mejora significativa en patologías que han sido sometidas a cirugía y presentan mejoras en patologías de larga evolución.

Conclusiones: El entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo no parece ser una terapia que produzca mejoras significativas en patologías quirúrgicas con respecto al entrenamiento de fuerza tradicional. En patologías de larga evolución sí que se observan mejoras a nivel de fuerza, dolor y capacidad funcional.

Palabras clave: “Restricción del flujo sanguíneo” “Fisioterapia” “Entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo” “Terapia física”.

2. ABSTRACT

Introduction: Musculoskeletal disorders of the lower limbs can lead to functional disability. In rehabilitation and exercise, loads above 70% are typically used to achieve strength gains and hypertrophy, which may be contraindicated due to pain or weakness. Blood flow restriction training emerges as an alternative to high-load training. This technique involves applying a tourniquet to the limbs, reducing venous return.

Objectives: To explore the scientific literature from the last five years regarding the effect of blood flow restriction technique on musculoskeletal disorders of the lower limb.

Materials and Methods: A bibliographic search of clinical trial was conducted in the Pubmed, Scopus, Embase and PEDro databases, including studies published between 2021 and 2025, related to blood flow restriction training and physiotherapy.

Results: A total of 11 articles were analyzed, all of which were clinical trials with a PEDro score of 6 or higher. The results did not show significant improvements in conditions following surgery but did show benefits in long-term musculoskeletal conditions.

Conclusions: Blood flow restriction training does not appear to produce significantly greater improvements compared to traditional strength training in the management of musculoskeletal conditions of surgical origin. However, in long-standing pathologies, BFR has shown relevant benefits in terms of increased muscle strength, pain reduction and improved functional capacity.

Keywords: “Blood flow restriction training” “Physiotherapy” “Blood flow restriction training” “Physical Therapy”.

3. INTRODUCCIÓN

Las patologías de origen musculoesquelético suelen provocar incapacidad funcional, que generalmente se debe a factores como el dolor y la debilidad muscular (1). En el ámbito de la rehabilitación y del ejercicio, es bien conocido que para lograr avances significativos en la fuerza y la hipertrofia es necesario levantar cargas que representen al menos el 70% de la repetición máxima de un individuo (1). No obstante, en el caso de pacientes en rehabilitación por patologías musculoesqueléticas (MSK), el entrenamiento de resistencia con cargas pesadas puede estar contraindicado debido a las limitaciones funcionales, el dolor y la debilidad muscular, los cuales dificultan la consecución de estas intensas cargas recomendadas (1).

Respecto a las patologías musculoesqueléticas de miembros inferiores, se puede observar una alta prevalencia en diferentes estudios realizados en distintos sectores laborales como el sanitario o industrial, provocando incapacidad funcional y largos períodos de baja (2,3).

En este contexto, el entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo (BFR) ha ganado popularidad en los entornos de fisioterapia (4). En España, la implementación de esta técnica ha sido promovida por el grupo BFR SPAIN, que ha trabajado con deportistas de élite, como el tenista Carlos Alcaraz, lo que ha incrementado su visibilidad. Esta técnica tiene su origen en 1970, cuando Yoshikai Sato la desarrolló bajo el nombre de Kaatsu training (5), un término japonés que significa “presión adicional”, aunque los primeros estudios documentados sobre el tema datan de 1998 (5).

El BFR nació como una técnica que se empezó a aplicar en el contexto del fitness y el rendimiento deportivo y que fue ganando popularidad con el paso del tiempo en el entorno de la rehabilitación dados sus beneficios en fuerza muscular, actividad neuromuscular y disminución del dolor entre otros (6).

El BFR consiste en la aplicación de un torniquete en las extremidades, permitiendo el paso de sangre arterial mientras se restringe la salida venosa. Este procedimiento crea un entorno anaeróbico que se cree que favorece la hipertrofia muscular mediante la señalización celular y los cambios hormonales

similares a los observados con entrenamientos de mayor intensidad (7). Se ha sugerido que el entrenamiento de resistencia entre el 20% y el 50% de una repetición máxima (1-RM) utilizando esta técnica podría inducir la misma hipertrofia que los protocolos tradicionales de fuerza que emplean cargas del 70% de 1-RM (7). Además, esta técnica reduce el número de repeticiones que se necesitan para conseguir adaptaciones en el músculo similares a las que se obtendrían sin el uso de BFR y ayuda al aumento del tamaño del músculo cuando realizamos un trabajo aeróbico de baja intensidad (8).

La presión aplicada en la extremidad durante el BFR, según la literatura debe oscilar entre el 40% y el 80% de la máxima (9), y los protocolos de entrenamiento recomendados incluyen de 2 a 3 sesiones semanales para lograr mejoras en la hipertrofia muscular (9). En casos de rehabilitación post-cirugía o lesión, se sugiere aplicar BFR dos veces al día para acelerar el proceso de recuperación temprana (9).

Esta terapia ha demostrado ser eficaz para tratar diversas patologías musculoesqueléticas evitando la necesidad de emplear cargas pesadas (10). De hecho, los efectos locales y sistémicos del BFR contribuyen a la mejora de la hipertrofia muscular, no solo en los músculos afectados, sino también en la extremidad contralateral de la zona restringida (10).

Así, el BFR se posiciona como una opción prometedora en el tratamiento de condiciones musculoesqueléticas proporcionando beneficios significativos sin la necesidad de recurrir a altas cargas de entrenamiento. Con ello el objetivo de este trabajo es investigar acerca de los efectos del BFR como herramienta terapéutica en las patologías musculoesqueléticas de miembro inferior en comparación con la terapia convencional de fisioterapia o la no utilización de la técnica.

4. OBJETIVOS

Objetivo general .

- Analizar los resultados en la literatura científica en los últimos cinco años relacionados con el efecto de la técnica BFR en patologías musculoesqueléticas del miembro inferior.

Objetivos específicos .

- Conocer los parámetros recomendados en el entrenamiento de BFR en las patologías musculoesqueléticas del miembro inferior.
- Analizar los protocolos recomendados de aplicación más frecuentes del BFR y sus resultados clínicos.
- Comparar los efectos del BFR con otras modalidades de ejercicio convencional en términos de fuerza, dolor y funcionalidad.

Biblioteca
UNIVERSITAS Miguel Hernández

5. MATERIAL Y MÉTODOS

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.JTB.AMG.250218.

Estrategia de búsqueda:

La búsqueda bibliográfica se realizó en las bases de datos de Pubmed, PEDro, Scopus y Embase y fueron efectuadas entre los meses de enero y febrero del 2025.

La ecuación de búsqueda utilizada se formuló con las palabras clave "BLOOD FLOW RESTRICTION TRAINING", "BLOOD FLOW RESTRICTION THERAPY", las cuales fueron combinadas entre ellas con el operador booleano OR. Posteriormente se utilizó el operador booleano AND, el cual precedió las palabras clave "PHYSIOTHERAPY", "PHYSICAL THERAPY" combinadas entre ellas con el operador booleano OR.

Para la selección final de artículos se han establecido los siguientes criterios de inclusión y exclusión:

CRITERIOS DE INCLUSIÓN:

- Ensayos clínicos
- Artículos publicados en los últimos 5 años.
- Artículos publicados en inglés o español
- Estudios realizados en humanos
- Estudios que evalúen patologías musculoesqueléticas de miembros inferiores.

CRITERIOS DE EXCLUSIÓN:

- Revisiones bibliográficas

- Estudios que no analicen patologías musculoesqueléticas de miembros inferiores
- Artículos en los que BFR training o BFR therapy no aparezca en el título o en el resumen.
- Ensayos clínicos que tengan una calidad metodológica inferior a 6 en la escala PEDro.

Evaluación de la calidad metodológica:

Finalmente, tras la lectura y síntesis de los artículos seleccionados, se decidió utilizar la escala de valoración Physiotherapy Evidence Database (PEDro) traducida y adaptada al español, con la finalidad de evaluar la calidad metodológica de los mismos.

Se les pasó a todos los ensayos clínicos, siendo incluidos en el estudio todos aquellos artículos que presentaron una puntuación de 6 o superior, lo cual es sinónimo de una buena calidad metodológica.

Biblioteca
UNIVERSITAS Miguel Hernández

6. RESULTADOS

Se obtuvieron un total de 1095 artículos al realizar la primera búsqueda. Tras aplicar los criterios de inclusión se obtuvieron 141 artículos. Tras aplicar los criterios de exclusión y eliminación de duplicados, el número final de artículos seleccionados fue de 11. Todo este proceso de búsqueda puede observarse de manera resumida en el Diagrama de flujo **Figura 1.**

La calidad metodológica de los artículos fue evaluada mediante la escala PEDro y se estableció el criterio en artículos que presenten una calidad metodológica igual o superior a 6 para la selección final de los artículos. Este proceso de selección puede observarse en la **Tabla 2.**

Respecto a los artículos que han sido seleccionados, el tamaño de la muestra oscila entre 24 y 120 pacientes. El total de participantes es de 638 entre todos los artículos seleccionados. De los 11 artículos, en 10 de ellos participaron tanto hombres como mujeres (11,12,14,15,16,17,18,19,20,21), mientras que en uno de los artículos únicamente participaron hombres (13).

Para la realización de esta revisión se han incluido artículos que trataban las siguientes patologías mediante el entrenamiento de BFR: Ligamento cruzado Anterior (11,13,14,18), esguince de tobillo (12,17), dolor patelofemoral (16,21), desgarro de menisco con meniscectomía parcial artroscópica (15) y osteoartritis de rodilla (19,20).

El objetivo de los 11 estudios seleccionados era evaluar el efecto del entrenamiento de BFR en la patología a tratar respecto al grupo control en diferentes variables: la fuerza fue evaluada en el 90,9% de los artículos (11,12,13,15,16,17,18,19,20,21); seguidamente el dolor, valorado con diferentes escalas y tests, se evaluó en el 63,6% de los artículos (11,14,15,16,19,20,21); la funcionalidad fue evaluada en el 72,7% de los artículos seleccionados (11,12,15,16,17,19,20,21); otras variables relacionadas con los músculos relacionados con la patología como el perímetro, grosor o espesor del

músculo se evaluó en el 27,2% de los artículos (11,13,15); finalmente, uno de los artículos analizó la biomecánica de la articulación de la rodilla durante el proceso de investigación del estudio (18).

Respecto al lugar de oclusión del manguito 10 artículos lo situaron en la porción proximal del muslo (11,12,14,15,16,17,18,19,20,21), y el artículo restante no especificó el lugar de oclusión del manguito (13).

Las presiones del manguito varían según el equipo de BFR utilizado y son expresadas en porcentaje de oclusión de la extremidad. 6 artículos utilizaron un 80% de presión de oclusión de la extremidad (LOP) (11,13,14,15,17,21), 3 artículos emplearon un 60% de LOP (18,19,20), un artículo utilizó un 70% de LOP (16) y un artículo osciló la presión entre un 50-80% de LOP (12). El manguito se mantuvo presurizado en todos los artículos entre series y se despresurizó en el descanso entre ejercicios (11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21).

En cuanto a la intensidad aplicada al entrenamiento de BFR, en 7 de los 11 artículos utilizan el RM como elemento de medida (12,14,15,16,17,18,20), mientras que de los 4 artículos restantes, uno utiliza la escala de percepción del esfuerzo (RPE) (13) y los otros tres no especifican la intensidad del entrenamiento (11,19,21). Dentro de los artículos que utilizan el RM para medir la intensidad del entrenamiento, encontramos diferencias entre ellos: 4 artículos aplicaron el 30% de 1RM al entrenamiento de BFR (14,15,16,20), 2 artículos variaron entre un 20-40% de 1RM (12,17) y un artículo osciló entre un 20-30% de 1RM (18). El artículo que utiliza la RPE como medida de la intensidad del entrenamiento, utilizó un 7-8/10 de percepción de esfuerzo durante la realización de los ejercicios (13).

El volumen de sesiones de entrenamiento varía según el estudio y la patología a la que se le aplica el tratamiento: la media de sesiones totales es de 22,81 sesiones y una media de 3 sesiones semanales. El proceso global oscila entre 10 y 49 sesiones en total y de 2 a 5 sesiones semanales. En cuanto a la supervisión de estas sesiones, en el 81,8% de los artículos son sesiones realizadas en su totalidad en la

clínica de manera supervisada (12,13,14,15,16,17,18,20), el 9,1% combina sesiones en clínica con programa domiciliario (21) y el 9,1% restante propuso un programa exclusivamente domiciliario (11).

El volumen de series también varía en función del estudio: en 3 de los artículos seleccionados propusieron 4 series de 30,15,15,15 repeticiones (12,16,17), otros 2 también emplearon 4 series, pero la última de ellas llegando al fallo muscular (11,20), en 3 artículos realizaron 3 series por ejercicio variando en cada uno de los artículos el número de repeticiones (13,18,21) y en los 3 artículos restantes presentaban series y repeticiones diferentes por cada ejercicio realizado (14,15,19).

En cuanto al descanso entre series y ejercicios: 7 de los 11 artículos propusieron 30 segundos de descanso entre series (11,12,15,16,17,18,20), 1 artículo pautó 2 minutos (13), otro de ellos 15 segundos (21) y los dos artículos restantes no especificaron ni el descanso entre series ni entre ejercicios (14,19). Respecto al descanso entre ejercicios 8 artículos pautaron 2 minutos de descanso entre ejercicios (11,12,13,15,16,17,18,21) mientras que en un único artículo se realizaron 5 minutos (18).

Biblioteca
UNIVERSITAS Miguel Hernández

Toda la información referida al ejercicio y las características de los estudios aparece de manera resumida en la **Tabla 1.**

El análisis de los resultados se ha llevado a cabo mediante el uso de diferentes escalas en función de los parámetros evaluados y la patología correspondiente. Estas escalas aparecen resumidas junto con su frecuencia de uso en la **Tabla 3.**

En cuanto a los resultados de los artículos, todos ellos presentan una mejora de las variables evaluadas post-intervención respecto al inicio del estudio en todas las patologías.

Respecto a los estudios que investigaron el ligamento cruzado anterior, 3 evaluaron la fuerza (11,13,18), 3 el dolor (11,14,18) y 1 de ellos la funcionalidad (11). De todas estas variables, en

ninguna de ellas se mostraron diferencias significativas en el grupo que utilizó BFR respecto al grupo control.

Los artículos que investigaron acerca de la inestabilidad funcional de tobillo por esguinces recurrentes (12,17), en ambos se observaron mejoras significativas tanto en valores de fuerza con un dinamómetro isocinético, así como en la funcionalidad y equilibrio evaluado con tests como el FAAM (12) o el Y-Balance test (17).

En cuanto al dolor patelofemoral, en el primero de los estudios sí que se observaron diferencias significativas entre el grupo BFR y el control en la evaluación del dolor y mejora en la fuerza de contracción isométrica voluntaria máxima en extensores de rodilla y cadera (16), en cambio en otro de los estudios no se observaron diferencias significativas en el dolor y fuerza en los músculos del cuádriceps y cadera entre ambos grupos (21).

Sobre los artículos que hablan acerca de la osteoartritis de rodilla se observó una mejora significativa en la fuerza de extensora de rodilla en uno de los artículos (20), sin embargo, en el resto de variables como la función física, ROM de rodilla o resultados informados por el paciente no resultó mejor el BFR respecto al grupo control (20). En el artículo restante, no se observaron diferencias significativas en ninguno de los valores de dolor, fuerza o funcionalidad para esta patología (19).

Finalmente sobre el único artículo que habla acerca de desgarro de menisco con cirugía APM, el grupo BFR obtuvo mejoras significativas en valores de fuerza y grosor del cuádriceps, además de alivio del dolor y la función de la rodilla de manera significativa respecto al grupo control (15).

7. DISCUSIÓN

El objetivo de esta revisión era analizar la evidencia existente acerca de los efectos del entrenamiento con restricción parcial del flujo sanguíneo en diferentes patologías musculoesqueléticas de miembros inferiores, con el fin de trasladar esta información a su potencial uso en la práctica clínica. Para alcanzar este objetivo, se han evaluado 11 artículos los cuales abordan diferentes tipos de patologías como esguinces de tobillo, rotura de ligamento cruzado anterior o dolor patelofemoral, y en cada estudio abarcan diferentes variables como el dolor, fuerza o capacidad funcional.

Esta revisión ha dado como resultado que el BFR produce una mejora post-tratamiento en todas las variables que se han analizado y en las diferentes patologías, pese a ello en ciertos estudios no se evidencia una mejora sustancial con respecto a la terapia estándar. Loenneke et al. (2011) demostraron que en términos de hipertrofia, el BFR con cargas bajas puede inducir una hipertrofia muscular similar comparable a la obtenida con el entrenamiento de alta carga (22). No obstante, en lo que a ganancia de fuerza máxima se refiere, aunque ambos métodos de entrenamiento producen mejoras, el entrenamiento de alta intensidad produce incrementos de fuerza máxima significativamente mayores (23). El dolor es otra de las variables analizadas en esta revisión, la cual al reducir la tensión mecánica con cargas más bajas, la percepción del dolor por parte del paciente durante y post-ejercicio disminuye considerablemente (24,25). El mecanismo principal por el que se produce alivio del dolor es la hipoalgesia inducida por el ejercicio, por la que el BFR potencia la liberación de endorfinas y activa las vías opioides y endocannabinoides endógenas, cuyos efectos pueden ser realmente efectivos en el tratamiento de patologías como el dolor anterior de rodilla en el que esa reducción del dolor puede prolongarse durante al menos 45 minutos después del tratamiento (26).

Llevado a cabo el análisis de los resultados observamos que en lo que se refiere a los parámetros aplicados al manguito encontramos diferencias entre estudios. En una revisión previa, Freitas et.al (2021), observaron que la presión de oclusión arterial debe oscilar entre el 40-80%, ya que se ha demostrado que es donde hay una menor fluctuación del flujo sanguíneo (27), lo cual se cumple en

todos los artículos incluidos en la revisión. Respecto a dónde colocamos el manguito, desde un primer momento su posición fue pautada en la porción más proximal de la extremidad según su propio creador Yoshikai Sato (28). En lo que respecta al volumen y frecuencia de entrenamiento, encontramos una mayor variabilidad entre los artículos seleccionados, aunque el protocolo que incluye 4 series de 30,15,15,15 repeticiones por serie parece ser el que más se utiliza (27), pese a ello, se debe comentar que las repeticiones que se hacen al fallo han demostrado que también provocan adaptaciones musculares (27). Esto entra en contraste con algunos de los estudios incluidos ya que varios de ellos aplicaban 3 series por ejercicio o iban alternando según el ejercicio realizado (13,14,15,18,19,21), por lo que parece que en lo que respecta al volumen de entrenamiento no hay un protocolo único e invariable. En cuanto a la intensidad del entrenamiento, los resultados obtenidos coinciden con diferentes estudios incluyen cargas bajas (20-50% de 1RM), gracias a ello, se produce una tensión mecánica menor en las articulaciones (27,28,29) y tiene efectos similares en cuanto a mejora de la atrofia y debilidad muscular similares a entrenamiento de alta carga (>70% de 1RM) (27,28,29). Sobre los descansos, entre series puede variar entre 30 segundos y 2 minutos, con descansos de 2 a 5 minutos entre ejercicios (27,30). El protocolo que parece obtener mejores resultados es el descanso de 30 segundos entre series y 2 minutos entre ejercicios, donde se vieron mejoras concluyentes en la mayor parte de estos (12,15,16,17,20). La frecuencia de sesiones presenta cierta variabilidad metodológica entre estudios, pero, al ser una técnica que emplea cargas bajas, debe ser alta (30), T. Fujita et al. vieron que 2 sesiones diarias de BFR de corta duración durante 6 días a la semana provoca respuestas metabólicas a nivel de fuerza e hipertrofia similares a entrenamientos de alta carga y mayor duración (31).

Un metaanálisis de Lawrence et al. (2021) Investigó acerca del efecto del entrenamiento de BFR en pacientes con cirugía de rodilla en los que se incluyeron 11 ensayos: 1 de osteoartritis 10 de LCA (32). Al realizar este estudio llegaron a la conclusión que la técnica no presentaba mejoras significativamente superiores comparado con el entrenamiento de alta carga en la osteoartritis (32). Respecto a los que investigaron sobre el LCA, tampoco encontraron diferencias significativas debido a la variabilidad metodológica de cada estudio y del tipo de injerto utilizado (32). Otra revisión de

Cristina Bobes et al. (2020) llegó a la conclusión que en las primeras fases de rehabilitación post-cirugía tanto de osteoartritis de rodilla como LCA, el BFR puede tener mejores resultados que el entrenamiento de alta carga en la reducción del dolor (33).

En patologías de larga evolución como puede ser el dolor patelofemoral, un estudio comprobó que el uso del BFR mejoraba en un 93% el dolor en las AVD comparado con el grupo control utilizando escalas de medida del dolor como la EVA o la Escala de dolor anterior de rodilla Kujala (AKPS) (34). En la inestabilidad crónica de tobillo (CAI) hemos observado mejoras en los estudios analizados previamente (12,17) en los que se percibieron mejoras sustanciales en términos de equilibrio y ganancia de fuerza. Brian Killinger et al. (2019) realizaron un estudio en el que compararon los efectos de la técnica en esta patología en el que se observó una mayor activación muscular en el grupo experimental, no obstante las mejoras sólo fueron significativas en los ejercicios de dorsiflexión (35).

Miller et al. (2021) investigaron los efectos sistémicos del BFR en pacientes sanos y vieron que a nivel cardíaco provoca un aumento exagerado de la frecuencia cardíaca (FC) la cual puede ayudar a una mejora del acondicionamiento en pacientes que no puedan realizar entrenamientos entre el 70-85% de la FC máxima (36). A nivel respiratorio, se muestra que la técnica puede inducir resultados similares en el VO2 máximo comparándolo con el entrenamiento tradicional aeróbico, esto puede resultar interesante en personas que no pueden realizar ejercicio aeróbico de alta intensidad (36).

Esta es una técnica segura y eficaz cuando se aplica de manera adecuada y bajo la supervisión profesional. Una revisión sistemática de Hao Nan Wang et al. (2021) evaluó su seguridad y eficacia, dando como resultado que el BFR en comparación con el entrenamiento de resistencia convencional no tiene un riesgo mayor de provocar complicaciones (37). Pese a ello, se han reportado algunos casos de mareos, entumecimientos y rara vez de rabdomiólisis durante el BFR (38). Estos incidentes suelen estar relacionados por la falta de supervisión profesional o aplicación inadecuada de la técnica (38). Para reducir el riesgo de sufrir complicaciones, se han desarrollado herramientas de estratificación de riesgos para que los profesionales de la salud puedan evaluar de manera adecuada si existe alguna complicación en el paciente al realizar el BFR (39). Por lo tanto, su aplicación debe ser

individualizada, analizando las características de cada paciente, sus necesidades y posibles riesgos asociados. Además, se deben tener en cuenta las contraindicaciones a la técnica las cuales incluyen trombosis venosa profunda, trastorno de la coagulación sanguínea, hipertensión, antecedentes de disfunción endotelial, sistema linfático inadecuado, venas varicosas, enfermedad vascular periférica, diabetes, infección activa, cáncer, facilidad para la formación de hematomas, problemas renales, embarazo e intolerancia a la intervención (29).

Con los estudios mencionados anteriormente, no se evidencia que el BFR promueva una mejora sustancial con respecto al entrenamiento de fuerza tradicional en patologías que requieren cirugía como LCA u osteoartritis en fases avanzadas de la rehabilitación, pero en fases iniciales parece tener mejores resultados que la terapia estándar (32,33,40).

Este estudio no está exento de limitaciones que se deben tener en cuenta para sacar conclusiones. La principal limitación, se observa una variabilidad metodológica en el protocolo de entrenamiento, tanto en volumen de sesiones y series, como en los descansos entre series y ejercicios.

Otra de las limitaciones que se pueden destacar es las diferentes escalas utilizadas para medir las variables de medida como la fuerza, dolor y capacidad funcional. Esto también se debe a las diferentes patologías que se abordan en esta revisión, ya que se han empleado escalas específicas principalmente en las variables de dolor y funcionalidad.

8. CONCLUSIONES

En esta revisión se ha llegado a la conclusión de que el BFR no parece obtener mejores resultados comparado con la terapia estándar en patologías post-cirugía más allá de la fase inicial de rehabilitación, principalmente en términos de hipertrofia o dolor. En cambio en patologías que de larga evolución como pueden ser el dolor patelofemoral o CAI, parece ser una herramienta realmente efectiva en la mejora del dolor, fuerza y capacidad funcional.

Se debe seguir investigando acerca de protocolos que promuevan mejores resultados en las diferentes patologías, ya que lo visto en estos estudios hay variabilidad en cuanto al volumen de entrenamiento y descansos principalmente.

Biblioteca
UNIVERSITAS Miguel Hernández

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Ladlow, P, Coppack RJ, Dharm-Datta S, Conway D, Sellon E, Patterson SD, et al. Low-Load Resistance Training With Blood Flow Restriction Improves Clinical Outcomes in Musculoskeletal Rehabilitation: A Single-Blind Randomized Controlled Trial. Front Physiol [Internet]. 2018;9:1269.

2. Stolt M, Suhonen R, Virolainen P, Leino-Kilpi H. Lower extremity musculoskeletal disorders in nurses: A narrative literature review. Scand J Public Health [Internet]. 2016;44(1):106-15.

3. Jin X, Dong Y, Wang F, Jiang P, Zhang Z, He L, et al. Prevalence and associated factors of lower extremity musculoskeletal disorders among manufacturing workers: a cross-sectional study in China. BMJ Open [Internet]. 2022;12(2):e054969.

4. Lambert B, Hedt C, Daum J, Taft C, Chaliki K, Epner E, et al. Blood Flow Restriction Training for the Shoulder: A Case for Proximal Benefit. Am J Sports Med [Internet]. 2021;49(10):2716-28

5. Tegtbur U, Haufe S, Busse MW. Application and effects of blood flow restriction training. Unfallchirurg [Internet]. 2020;123(3):170-5.

6. Hedt C, McCulloch PC, Harris JD, Lambert BS. Blood Flow Restriction Enhances Rehabilitation and Return to Sport: The Paradox of Proximal Performance. Arthrosc Sports Med Rehabil [Internet]. 2022; 4(1):e51-63.

7. Devana SK, Solorzano CA, Vail J, Jackson N, Pham D,Jones KJ. Outcomes of Blood Flow Restriction Training After ACL Reconstruction in NCAA Division I Athletes. Orthop J Sports Med [Internet]. 2024; 12(5):23259671241248589.

8. Dankel SJ, Jessee MB, Abe T, Loenneke JP. The effects of blood flow restriction on upper-body musculature located distal and proximal to applied pressure. Sports Med [Internet]. 2016;46(1):23-33.

9. Cognetti DJ, Sheean AJ, Owens JG. Blood Flow Restriction Therapy and Its Use for Rehabilitation and Return to Sport: Physiology, Application, and Guidelines for Implementation. Arthrosc Sports Med Rehabil [Internet]. 2022;4(1):e71-6.

10. 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.

11. Tramer JS, Khalil LS, Jildeh TR, Abbas MJ, McGee A, Lau MJ, et al. Blood Flow Restriction Therapy for 2 Weeks Prior to Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Did Not Impact Quadriceps Strength Compared to Standard Therapy. Arthroscopy [Internet]. 2023;39(2):373-81.

12. Nagdi MG, Elsayed WH, Abouzied M, Ali RR. Effect of blood flow restriction and proprioception training in recurrent ankle sprain patients. African Journal of Biological Sciences. 2024;6(Si3):310-22.

13. Sevinc C, Gürler V, Harput G, Ocguder A, Ergen FB, Tunay VB. Blood flow restriction training with cross education for quadriceps muscle recovery after anterior cruciate ligament reconstruction: A prospective, randomized, controlled, single-blind clinical trial. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc [Internet]. 2024.

14. Khalil AA, Fayaz NA, Fawzy E, Mohamed NA, Waly AH, Mohammed MM. Influence Of Blood Flow Restriction Training on Knee Pain After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Double Blinded Randamized Controlled Trial. Journal of Population Therapeutics and Clinical Pharmacology [Internet]. 2023; 30(7): 30-38.

15. Ke J, Zhou X, Yang Y, Shen H, Luo X, Liu H, et al. Blood flow restriction training promotes functional recovery of knee joint in patients after arthroscopic partial meniscectomy: A randomized clinical trial. Front Physiol [Internet]. 2022; 13:1015853.

16. Constantinou A, Mamais I, Papathanasiou G, Lamnisos D, Stasinopoulos D. Comparing hip and knee focused exercises versus hip and knee focused exercises with the use of blood flow restriction training in adults with patellofemoral pain. Eur J Phys Rehabil Med [Internet]. 2022;58(2):225-35.

17. Wen Z, Zhu J, Wu X, Zheng B, Zhao L, Luo X, et al. Effect of Low-Load Blood Flow Restriction Training on Patients With Functional Ankle Instability: A Randomized Controlled Trial. J Sport Rehabil [Internet]. 2023;32(8):863-72.

18. Erickson LN, Owen MK, Casadonte KR, Janatova T, Lucas K, Spencer K, et al. The Efficacy of Blood Flow Restriction Training to Improve Quadriceps Muscle Function after ACL Reconstruction. Med Sci Sports Exerc [Internet]. 2025;57(2):227-37.

19. Jacobs E, Stroobant L, Victor J, Elewaut D, Tampere T, Wallaert S, et al. Vascular occlusion for optimising the functional improvement in patients with knee osteoarthritis: a randomised controlled trial. Ann Rheum Dis [Internet]. 2024;84(2): 341–350.

20. Jørgensen SL, Aagaard P, Bohn MB, Hansen P, Hansen PM, Holm C, et al. The Effect of Blood Flow Restriction Exercise Prior to Total Knee Arthroplasty on Postoperative Physical Function, Lower Limb Strength and Patient-Reported Outcomes: A Randomized Controlled Trial. Scand J Med Sci Sports [Internet]. 2024;34(11):e14750.

21. Talbot LA, Webb L, Morrell C, Enochs K, Hillner J, Fagan M,et al. Electromyostimulation With Blood Flow Restriction for Patellofemoral Pain Syndrome in Active Duty Military Personnel: A Randomized Controlled Trial. Mil Med [Internet]. 2023;188(7-8):e1859-68.

22. 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.

23. Grantham B, Korakakis V, O´Sullivan K. Does blood flow restriction training enhance clinical outcomes in knee osteoarthritis: A systematic review and meta-analysis. Phys Ther Sport [Internet]. 2021;49:37-49.

24. Loenneke JP, Wilson JM, Marín PJ, Zourdos MC, Bemben MG. Low intensity blood flow restriction training: a meta-analysis. Eur J Appl Physiol [Internet]. 2012;112(5):1849-59.

25. Schoenfeld BJ, Peterson MD, Ogborn D, Contreras B, Sonmez GT. Effects of low- vs. High-load resistance training on muscle strength and hypertrophy in well-trained men. J Strength Cond Res [Internet]. 2015; 2954-63.

26. 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.

27. Freitas EDS, Karabulut M, Bemben MG. The Evolution of Blood Flow Restricted Exercise. Front Physiol [Internet]. 2021;12:747759.

28. Chang H, Yao M, Chen B, Qi Y, Zhang J. Effects of Blood Flow Restriction Combined with Low-Intensity Resistance Training on Lower-Limb Muscle Strength and Mass in Post-Middle-Aged Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. Int J Environ Res Public Health [Internet]. 2022;19(23):15691.

29. 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.

30. Scott BR, Loenneke JP, Slattery KM, Dascombe BJ.. Exercise with Blood Flow Restriction: An Updated Evidence-Based Approach for Enhanced Muscular Development. Sports Med [Internet]. 2015;45(3):313-25.

31. Fujita T, Brechue W, Kurita K, et al. Increased muscle volume and strength following six days of

low-intensity resistance training with restricted muscle blood flow. Int J KAATSU Train Res. 2008;4(1):1–8.

32. Wengle L, Migliorini F, Leroux T, Chahal J, Theodoropoulos J, Betsch M. The Effects of Blood Flow Restriction in Patients Undergoing Knee Surgery: A Systematic Review and Meta-analysis. Am J Sports Med [Internet]. 2022;50(10):2824-33.

33. Bobes Álvarez C, Issa-Khozouz Santamaría P, Fernández-Matías R, Pecos-Martín D, Achalandabaso-Ochoa A, Fernández-Carnero S, et al. Comparison of Blood Flow Restriction Training versus Non-Occlusive Training in Patients with Anterior Cruciate Ligament Reconstruction or Knee Osteoarthritis: A Systematic Review. J Clin Med [Internet]. 2020;10(1):68.

34. Giles L, Webster KE, McClelland J, Cook JL. Quadriceps strengthening with and without blood flow restriction in the treatment of patellofemoral pain: a double-blind randomised trial. Br J Sports Med [Internet]. 2017;51(23):1688-94.

35. Killinger B, Lauver JD, Donovan L, Goetschius J. The Effects of Blood Flow Restriction on Muscle Activation and Hypoxia in Individuals With Chronic Ankle Instability. J Sport Rehabil [Internet]. 2020;29(5):633-9.

36. Miller BC, Tirko, AW, Shipe JM, Sumeriski OR, Moran K. The Systemic Effects of Blood Flow Restriction Training: A Systematic Review. Int J Sports Phys Ther [Internet]. 2021;16(4):978-90.

37. Wang H-N, Chen Y, Cheng L, Cai Y-H, Li W, Ni G-X. Efficacy and Safety of Blood Flow Restriction Training in Patients With Knee Osteoarthritis: A Systematic Review and Meta-Analysis. Arthritis Care Res (Hoboken) [Internet]. 2022;74(1):89-98.

38. Anderson KD, Rask DMG, Bates TJ, Nuelle JAV. Overall Safety and Risks Associated with Blood Flow Restriction Therapy: A Literature Review. Mil Med [Internet]. 2022;187(9-10):1059-64.

39. Nascimento D da C, Rolnick N, Neto IV de S, Severin R, Beal FLR. A Useful Blood Flow Restriction Training Risk Stratification for Exercise and Rehabilitation. Front Physiol [Internet]. 2022;13:808622.

40. García-Rodríguez P, Pecci J, Vázquez-González S, Pareja-Galeano H. Acute and Chronic Effects of Blood Flow Restriction Training in Physically Active Patients With Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review. Sports Health [Internet]. 2024;16(5):820-8.

Biblioteca
UNIVERSITAS Miguel Hernández

10. ANEXOS

Figura 1. Diagrama de flujo

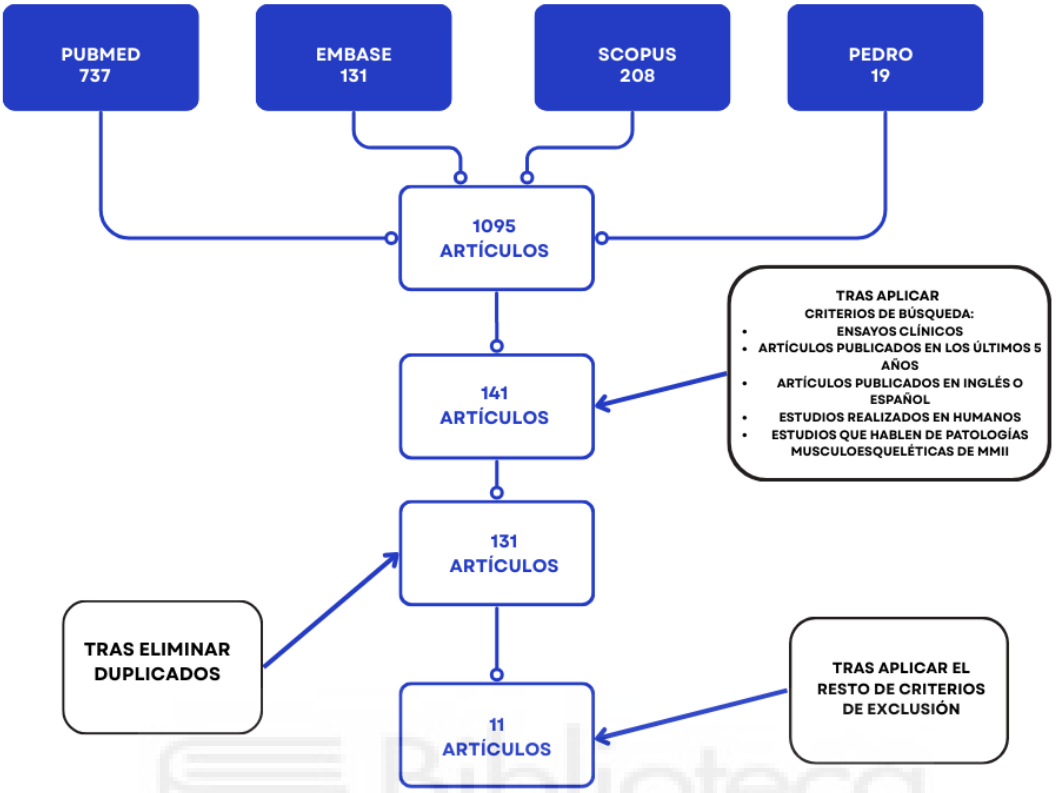
Tabla 1. Resumen de la información extraída de los artículos.

Tabla 2. Resultados escala PEDro.

Tabla 3. Escalas y variables de medida utilizadas

Biblioteca
UNIVERSITAS Miguel Hernández

Figura 1. Diagrama de flujo



Biblioteca
UNIVERSITAS Miguel Hernández

Tabla 1. Resumen de la información extraída de los artículos

AUTOR Y AÑO	OBJETIVO DEL ESTUDIO	PATOLOGÍA	POBLACIÓN	INTERVENCIÓN	INTENSIDAD	PARÁMETROS BFR	MEDIDAS DE RESULTADO	RESULTADOS
Dr. Joseph S. Tramer et al., 2022	Evaluar la eficacia de un programa de rehabilitación con restricción del flujo sanguíneo domiciliario de dos semanas sobre la fuerza del cuádriceps y los resultados informados por los pacientes antes de la reconstrucción del ligamento cruzado anterior	Ligamento cruzado anterior	N=45 pacientes, >=14 años con diagnóstico de rotura de LCA en los últimos 3 meses y programados para reconstrucción primaria.	**Grupos:** BFR (n=23), Control (n=22) **Volumen:** 5 x semana x 2 semanas **Ejercicios:** 1-Contracciones de cuádriceps en rango final de extensión 2-Elevaciones de pierna recta y cuádriceps de arco largo en la pierna operada 3-1/4 de sentadilla bilateral **Protocolo:** Se realizaron 4 series de los ejercicios mencionados de 30,15,15 repeticiones y la última serie se realizó al fallo muscular o un máximo de 2 minutos. Se realizaron 30´´ de	No especificada	**Presión:** 80% LOP **Equipo:** Smart Tool plus, Strongsville, OH **Lugar de oclusión:** Parte proximal del muslo	**Fuerza:** 1-Dinamómetro portátil (Lafayette Inbstruments,Lafayette,IN). **Dolor y función:** 1-EVA 2-PROMIS-PF 3-PROMIS-PI PROMIS-D **Perímetro cuádriceps:** 1-Medición estándar	1-Menor pérdida de fuerza en la pierna operada respecto a la no operada. 2-No hay una mejora significativa en ninguna de las variables en el grupo BFR respecto al grupo control.

				descanso entre series y 2´entre ejercicios.				
Mahmoud Gaber Nagdi et al., 2024	Estudiar el efecto combinado del entrenamiento de baja carga con restricción del flujo sanguíneo combinado con el entrenamiento de propiocepción sobre la fuerza de los músculos dorsiflexores y flexores plantares y sobre las capacidades del pie y tobillo en las actividades de la vida diaria en pacientes con esguince de tobillo recurrente	Esguince de tobillo	N=34 pacientes, 20-30 años, IMC 18-24,9 kg/m2, con antecedentes de esguince de tobillo unilateral recurrente.	**Grupos:** Experimental (n=17), Control (n=17). **Volumen:** 3 x semana x 4 semanas **Ejercicios:** 1-Terapia convencional: ejercicios de resistencia activa de dorsiflexión, flexión plantar, inversión y eversión de tobillo 2-Propiocepción **Protocolo:** Grupo experimental:1,2 y 3 Grupo control: 1 1-Terapia convencional: 3x10 repeticiones para los 4 movimientos del tobillo. 2-Propiocepción: 30 minutos de sesión, cuya progresión fue de ejercicios estáticos a dinámicos y de velocidades	BFR (20%-40 % 1RM)	**Presión:** 50%-80% LOP **Equipo:** No especificado **Lugar de oclusión:** Alrededor del muslo en la porción proximal a la articulación de la rodilla.	**Fuerza:** 1-dinamómetro isocinético BIODEX system 3 pro **Capacidad y función:** 1-FAAM	1-Mejora de fuerza muscular de dorsiflexores y flexores plantares del tobillo en el grupo experimental respecto al control. 2-Mejora en la capacidad funcional del pie y tobillo en las actividades de la vida diaria.

				lentas a velocidades rápidas con equilibrio y control 3-LL-BFRT: 50-80 repeticiones por ejercicio con 30-60´´ de descanso entre series				
Ceyda Sevinc et al., 2024	Evaluar si añadir entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo a un programa de educación cruzada excéntrico proporciona beneficios adicionales para el aumento de la fuerza muscular del cuádriceps en la extremidad reconstruida tras	Ligamento cruzado anterior	N=24 pacientes varones, sometidos a cirugía de LCA con autoinjerto de isquiotibiales, 18-45 años, puntuación de Tegner previa a	**Grupos:** CE+BFR (n=13), CE (n=11) **Volumen:** 2 x semana x 8 semanas **Ejercicios:** Ejercicios con educación cruzada **Protocolo:** 1-(0-4 semanas): ambos grupos realizaron rehabilitación estándar, con el objetivo de reducir dolor y edema, lograr ROM completo de rodilla, mejorar activación del cuádriceps y restaurar la marcha.	Percepción del esfuerzo (RPE) 7-8/10.	**Presión:** 80% LOP **Equipo:** KAATSU Nano; KAATSU Global, Inc. **Lugar de oclusión:** Porción más proximal del muslo de la extremidad sana.	**Fuerza:** 1-dinamómetro isocinético (IsoMed 2000 D&R GmbH) 2-Máxima contracción isométrica voluntaria **Espesor músculo:** 1-Sonda lineal de 12MHz (Siemens S3000 Acuson Ultrasound)	1-No existe una mejora significativa en la recuperación de fuerza y grosor del cuádriceps al añadir BFR a la educación cruzada en pacientes sometidos a reconstrucción de LCA.

	reconstrucción del ligamento cruzado anterior		la lesión >=5.	2-Educación cruzada excéntrica: 3x12 repeticiones a 60º/s, con flexión de 10º-90º con 2 minutos de descanso entre series				
Ahmed A. Khalil et al., 2023	Investigar el efecto de añadir restricción del flujo sanguíneo a un protocolo de rehabilitación convencional sobre el dolor de rodilla tras la reconstrucción del ligamento cruzado anterior	Ligamento cruzado anterior	N=36 pacientes, 18-35 años, con IMC<30kg/m2 y autoinjerto de semitendinoso.	**Grupos:** CRP+BFR (n=18), CRP (n=18). **Volumen:** 3 x semana x 10 semanas **Ejercicios:** 1-NMES 2-Propiocepción y equilibrio: cambios de peso, postura sobre una pierna y mini sentadilla. 3-Estiramiento y ROM activo: prensa de piernas con banda elástica, estocada con paso hacia atrás y flexión plantar. **Protocolo:** 1-(2-6 semanas postoperatorio): 10min NMES, movilización pasiva de la	Grupo BFR: 30% 1RM Grupo control: 70% 1RM	**Presión:** 80% de LOP **Equipo:** No especificado **Lugar de oclusión:** Porción proximal del muslo	**Dolor:** 1-EVA	1-Mejora en el dolor de rodilla en ambos grupos. 2-No se observó una mejora significativa sobre el dolor de rodilla en el grupo BFR respecto al grupo control.

				rótula, estiramiento de gemelo (3x15´´), equilibrio y propiocepción; cambios de peso (30 reps), postura sobre una pierna (30-60´´) y reproducción activa de la articulación (30 reps), crioterapia (10min). 2-(7-12 semanas): NMES (10 min), bici estática (10-15 min), propiocepción y estabilidad; cambio de peso (30 reps), de pie con ojos cerrados (30´´-60´´), mini sentadilla estática con co-contracción de isquios y cuádriceps (3x30´´). Ejercicios de estiramiento y ROM activos (3x10 reps) y 10 -15min de bicicleta.				
Junjie Ke et al., 2022	Evaluar el efecto del entrenamiento con restricción del flujo	Menisc ectomí a parcial	N=40 pacientes, 18-50 años,	**Grupos:** RR+BFRT (n=19), RR (n=19). **Volumen:** 2 x semana x 8 semanas	30% de 1RM	**Presión:** 80% LOP **Equipo:**	**Fuerza:** 1-Sistema de entrenamiento y prueba isocinética	1-BFRT mejora la fuerza del músculo

	sanguíneo en la recuperación de la función de la rodilla en pacientes después de una meniscectomía parcial artroscópica	artroscópica tras desgarro de menisco	diagnóstico de lesión de menisco que requiera meniscectomía artroscópica y que no presentaban historial previo de lesión de rodilla o cirugía.	**Ejercicios:** 1-Calentamiento: autotracción y caminata libre en maquina elíptica 2-Entrenamiento activo de ROM: ejercicios en cama deslizante para flexión y extensión activa de rodilla 3-Sentadillas de 0º a 90º. 4-Caminata 5-Entrenamiento de cadena cerrada de pedaleo. 6-Bombeo de tobillo y crioterapia. **Protocolo:** 1-Calentamiento (5min) 2-Entrenamiento activo de ROM (3x10 reps con 10´´ de descanso) 3-Sentadillas (3x10 reps con 30´´ de descanso) 4-Caminata (5min)		Delfi Medical, Vancouver, BC, Canadá. **Lugar de oclusión:** Parte más proximal del muslo	multiarticular (CON-TREX, Suiza modelo: CON, TREX MJ+TP1000) **Dolor:** 1-EVA **Grosor:** 1-Ultrasonido SuperSonic MACH 40 **Circunferencia:** 1-Cinta métrica estándar **Función:** 1-Escala de Lysholm 2-Prueba de bipedestación unipodal	cuádriceps tras APM 2-BFRT aumenta el grosor del músculo cuádriceps después de APM 3-BFRT aumenta la circunferencia del muslo tras APM 4-BFRT alivia el dolor de rodilla en pacientes tras APM 5-BFRT mejora la función de la rodilla en

				5-Pedaleo 30% 1RM, 4 series (30,15,15,15 reps) con 30´´ de descanso. Bombeo de tobillo y crioterapia (3x10 reps con 30´´ de descanso)				pacientes que han sufrido APM 6-BFRT aumenta el ROM de rodilla en pacientes tras APM
Antonis Constantinou et al., 2022	Comparar ejercicios enfocados en cadera y rodilla con y sin restricción del flujo sanguíneo en adultos con dolor patelofemoral para determinar su efecto a corto plazo.	Dolor patelofemoral	N=68 pacientes, 18-40 años con dolor patelofemoral y con al menos 4 semanas de tratamiento. Escala EVA>=3.	**Grupos:** BFR (n=30), Control (n=30). **Volumen:** 3 x semana x 4 semanas **Ejercicios:** 1-Grupo control: ABD de cadera con pesas en tobillos, extensión de cadera en máquina, ABD de cadera contra banda elástica, extensión de rodilla sentado (90-45º), flexión de rodilla en decúbito prono, sentadillas	Grupo control: 70% de 1RM Grupo experimental: 30% de 1RM	**Presión:** 70% de LOP **Equipo:** Sports Rehab Tourniquet **Lugar de oclusión:** Tercio superior del muslo	**Dolor:** 1-Escala de dolor anterior de rodilla de Kujala 2-EVA 3-Escala de Tampa 4-Decline Step Down Test 5-Escala de Catastrofización del Dolor **Fuerza:**	1-El BFRT mejora el ángulo de flexión máximo sin dolor respecto al grupo control 2-El BFRT mejora la fuerza de contracción isométrica voluntaria

				(0-45º) y prensa de una pierna (0-45º) 2-Grupo experimental: extensión y ABD de cadera en máquina, extensión de rodilla unilateral sentado (90-45º), prensa a una pierna (90-45º) y estiramiento estático pasivo asistido por cointervención de isquiotibiales y flexores plantares y cuádriceps. **Protocolo:** 1-Grupo control: -Ejercicios con pesas o resistencia mecánica 3x10 reps con 70% de 1RM -Ejercicios con banda elástica 3x10 reps -Tiempo bajo tensión 1:2 (concéntrico/excéntrico)			1-Dinamómetro portátil MicroFET2.	máxima en extensores de rodilla y cadera, en comparación al grupo control.

				-30´´ descanso entre series y 2´ entre ejercicios 2-Grupo experimental: -Resistencia mecánica del 30% de 1RM -4 series (30,15,15,15) con 30´´ descanso entre series y 2´entre ejercicios -Tiempo bajo tensión 2:2 y se desinfló el manguito en los descansos entre ejercicios				
Ziliang Wen et al., 2023	Estudiar los efectos del entrenamiento de baja carga con restricción del flujo sanguíneo versus el entrenamiento de alta carga sobre la fuerza muscular y el equilibrio en pacientes con	Inestabilidad funcional de tobillo	N=46 pacientes, 18-30 años, con historial de inestabilidad funcional de tobillo y un intervalo	**Grupos:** LL-BFR (n=23) HLT (n=23) **Volumen:** 2 x semana x 6 semanas **Ejercicios:** Todos los ejercicios realizados con bandas elásticas de resistencia: 1-Inversión y eversión en sedestación 2-dorsiflexión en decúbito supino	LL-BFR: 20%-40 % de 1RM HLT: 70%-85 % de 1RM	**Presión:** 80% de LOP **Equipo:** Park Eun thigh BFR band **Lugar de oclusión:** Porción proximal del muslo	**Fuerza:** 1-Test de fuerza de la musculatura del tobillo 2-Medida de debilidad de la musculatura del tobillo **Equilibrio:** 1-Y-Balance Test	1-El BFRT mejoró la fuerza en la musculatura eversora de tobillo respecto al grupo control 2-El BFRT no tuvo diferencias significativas

	inestabilidad funcional de tobillo		de mínimo un mes desde el último esguince de tobillo hasta el inicio del experimento	3-Flexión plantar en decúbito prono **Protocolo:** Calentamiento de 5´en bicicleta estática. Entre los ejercicios mencionados, en todos ellos se realizaron 4 series de 30,15,15,15 repeticiones con 30´´ de descanso entre cada serie. Al final del entrenamiento se realizaron 10´de estiramientos de la musculatura de la pierna.				en términos de debilidad muscular respecto al grupo control. 3-El BFRT mejoró significativamente el equilibrio en la prueba de Y-Balance Test respecto al grupo control
Lauren N. Erickson et al., 2024	Evaluar la eficacia del entrenamiento de restricción del flujo sanguíneo para mejorar la fuerza, la morfología y la	Ligamento cruzado anterior	N=55 pacientes, 15-40 años, con rotura de LCA en las últimas	**Grupos:** BFRT (n=23), control (n=25) **Volumen:** 3 x semana 1 mes de fisioterapia preoperatoria y 4 meses de fisioterapia posoperatoria (sin restricción	Grupo control: 60-70% de 1RM Grupo BFRT: 20-30% de 1RM	**Presión:** 60% de LOP **Equipo:** Delfi Medical Innovations Inc.,	**Fuerza:** 1-dinamómetro isocinético Biodex Multi-Joint System 4 2-Código MATLAB	1-No hubo diferencias significativas entre los grupos para el cambio en la fuerza isométrica del

	fisiología del músculo cuádriceps y la biomecánica de la rodilla después de una reconstrucción del ligamento cruzado anterior		10 semanas con reconstrucción quirúrgica programada y tener puntuación en la Escala de Actividad de Tegner>= 5	de carga) o 5 meses de fisioterapia posoperatoria (restricción de carga) **Ejercicios:** 1-Preoperatorios: extensión de rodilla en máquina unilateral, máquina de prensa sentado a una pierna, subidas y bajadas de escalones en cajón y sentadilla bilateral. 2-Posoperatorios: -Semanas 2-4 tras cirugía→ series de cuádriceps de arco corto y de arco largo, extensión terminal de rodilla en decúbito prono y elevaciones de pierna recta -A partir de 4ª semana→ extensión de rodilla unilateral en máquina de 90-60º, prensa sentado unilateral de 90-0º,		Vancouver, BC, Canadá **Lugar de oclusión:** porción proximal del muslo	**Biomecánica de la rodilla:** 1-Marcadores reflectantes para cada paciente 2-Cámaras Motioon Analysis Corp, Santa Rosa, CA 3-Cinta de correr instrumentada Bertec 4-Software visual 3D (C-motion Germantown, MD)	cuádriceps, fuerza isocinética o el desarrollo del torque

				subidas y bajadas al cajón de 5 a 30 cm y sentadillas con peso corporal (inicialmente a dos piernas con progresión a mayor ángulo de rodilla y postura a una pierna) **Protocolo:** *Si el paciente se sometió a una cirugía con restricción de carga, realizó los mismos ejercicios pero a las 6 semanas postoperatorias* -Control: 3x10 reps con 30´´de descanso entre series y 1-2´entre ejercicios -BFRT:3 series (30,20,10 reps) con 30´´ de descanso entre series y 2´entre ejercicios 1-Preoperatorios: 1 mes previo a cirugía 2-Postoperatorio (0-2 semanas): manejo derrame,				

				ROM, activación de cuádriceps y normalización de la marcha 3-Postoperatorio (2-4 semanas) 4-Postoperatorio (A partir de la 4ª semana)				
Ewoud Jacobs et al., 2025	Investigar los beneficios de integrar la restricción del flujo sanguíneo en los programas de ejercicio tradicionales para mejorar los resultados de tratamiento en la osteoartritis de rodilla	Osteoartritis de rodilla	N=120 pacientes, 30-80 años, con síntomas de dolor y pérdida de función y con evidencia radiográfica de osteoartritis de rodilla	**Grupos:** Control (n=43) BFR (n=44) **Volumen:** 2 x semana x 12 semanas **Ejercicios:** 1-bicicleta estática 2-Prensa de piernas 3-Extensión de rodillas **Protocolo:** 1-10´de bicicleta estática a 1,5W/kg 2-5 ejercicios de miembro inferior centrados en el fortalecimiento de los cuádriceps mediante ejercicios de prensa y extensión de piernas.	No especificada	**Presión:** 60% de LOP **Equipo:** SmartCuffs PRO **Lugar de oclusión:** porción proximal del muslo	**Dolor:** 1-Escala de Resultados de Osteoartritis de Rodilla (KOOS) 2-Escala de Catastrofización del Dolor **Fuerza:** dinamómetro portátil **Funcionalidad:** 1-30 SCST 2-Prueba de subir y bajar 11 escalones en el menor tiempo posible	1-No se han observado mejoras significativas en los cuestionarios KOOS de dolor y AVD entre ambos grupos 2-No se encontraron diferencias significativas para la fuerza media normalizada de los

				3-10´de bicicleta estática a 1,2W/kg			3-Prueba de flexión de rodilla durante 30´´ 4-6MWT 5-Prueba de marcha rápida de 40m	isquiotibiales en ningún momento 3-Se observaron mejoras en la reducción del dolor, fuerza del cuádriceps y capacidad funcional en el grupo BFR en las pruebas funcionales realizadas en ambos grupos 4-Mayor mejoría para la fuerza del cuádriceps en grupo BFR desde el inicio

Biblioteca
UNIVERSITAS Miguel Hernández

								hasta las 6, 12 y 24 semanas. 5-Mejoras significativas en pruebas funcionales a las 12 y 24 semanas en grupo BFR.
Stian Langgard Jorgensen et al., 2024	Examinar el efecto de 8 semanas de entrenamiento de resistencia de baja carga con restricción del flujo sanguíneo preoperatorio sobre la función física, fuerza en extremidades inferiores y los resultados	Artrosis de rodilla	N=86 pacientes con artrosis de rodilla	**Grupos:** Experimental (n=35), Control (n=35). **Volumen:** 3 x semana x 8 semanas **Ejercicios:** 1-Prensa de piernas unilateral 2-Extensión de rodilla en máquina unilateral **Protocolo:** 1-10´de calentamiento en bicicleta estática 2-Prensa de piernas y extensión de rodilla unilateral: 4 series	Grupo BFRT: 30% de 1 RM, pero aumentando si se completan más de 15 reps en la última serie	**Presión:** 60% LOP **Equipo:** Occlude Apps, Dinamarca **Lugar de oclusión:** parte más proximal de la rodilla	1-30 STS 2-Timed Up & Go Test 3-40 m-FWT 4-Fuerza máxima de contracción isométrica de extensores y flexores de rodilla 5-Cuestionario KOOS 6-Cuestionario EQ-5D-5L	1-No se observaron diferencias significativas entre grupos en la función física y ROM de rodilla 2-Se observó una diferencia significativa en la fuerza de prensa de piernas 1RM

	informados en pacientes con artrosis de rodilla, 3 y 12 meses después de una artroplastia total de rodilla			(30, 15, 15, fallo) con 30´´ de descanso entre series				para la pierna afectada y fuerza extensora de rodilla. 3-No se observaron diferencias significativas entre grupos en los resultados informados por los pacientes
Laura A. Talbot et al., 2023	Evaluar si el entrenamiento de fuerza con BFR y NMES produce mejoras significativas en pacientes con dolor patelofemoral	Dolor patelofemoral	n=84 pacientes con dolor patelofemoral	**Grupos:** Control (n=42) BFR (n=42) **Volumen:** 2 x semana (clínica) x 9 semanas 31 sesiones en casa de solo ejercicio	NMES: -Semana 1-3: 20-30% MVC -Semanas 3-6: 31-40% MVC	**Presión:** 80% de LOP **Equipo:** Owens Recovery Science, San Antonio, TX **Lugar de oclusión:**	**Fuerza:** 1-Dispositivo NMMT para fuerza de músculos flexores y extensores de rodilla 2-HipSIT evaluó la fuerza de	1-No se observaron mejoras significativas en los valores de fuerza y dolor en los músculos del cuádriceps y la

Biblioteca
UNIVERSITAS Miguel Hernández

				13 sesiones en casa de NMES y ejercicio **Ejercicios:** 1-Estiramiento de cuádriceps e isquiotibiales 2-Elevaciones activas de pierna recta 3-Estiramiento de cuádriceps 4-Steps y sentadillas **Protocolo:** 1-Ejercicios en casa junto con NMES y BFR: 3 series (30, 15, 15 reps) con 15´´ de descanso entre series 2-NMES: 20´de estimulación con duración de pulso (300-400 µs), tiempo de rampa (1:0,5´´), frecuencia (50Hz), tiempo de contracción (5´´) y tiempo de relajación (10´´).	-Semanas 6-9: 41-50% MVC Ejercicio: no especificada	porción proximal del muslo	estabilizadores posterolaterales de cadera. **Rendimiento físico:** 1-30-SCST 3-6MWT **Dolor:** 1-EVA	cadera entre ambos grupos 2-No se observaron diferencias significativas en el rendimiento físico entre ambos grupos

Tabla 2. Resumen escala PEDro

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	TOTAL
Dr. Joseph S.Tramer et al., 2022	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	7/10
Mahmoud Gaber Nagdi et al., 2024	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	6/10
Ceyda Sevinc et al., 2024	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	7/10
Ahmed A. Khalil et al., 2023	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	7/10
Junjie Ke et al., 2022	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	6/10
Antonis Constantinou et al., 2022	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	7/10
Ziliang Wen et al., 2023	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	8/10

Lauren N. Erickson et al., 2024	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	8/10
Ewoud Jacobs et al., 2025	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	6/10
Stian Langgard Jorgensen et al., 2024	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	7/10
Laura A. Talbot et al., 2023	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	6/10

Biblioteca
UNIVERSITAS Miguel Hernández

Tabla 3. Escalas y variables de medida utilizadas

Variables	Escalas	Dr. Joseph S. Tramer et al., 2022	Mahmoud Gaber Nagdi et al., 2024	Ceyda Sevinc et al., 2024	Ahmed A. Khalil et al., 2023	Junjie Ke et al., 2022	Antonis Constantinou et al., 2022	Zilang Wen et al., 2023	Lauren N. Erickson et al., 2024	Ewoud Jacobs et al., 2025	Stian Langgard Jorgensen et al., 2024	Laura A. Talbot et al., 2023	Total
Fuerza	Dinamómetro												8/11
	Máxima contracción isométrica voluntaria (MVIC)												2/11
	Test de fuerza y debilidad de musculatura del tobillo												Específico de tobillo 1/2

	HipSIT												**1/11**
Dolor	**EVA**												**5/11**
	Escala de dolor anterior de rodilla Kujala (AKPS)												**Específico dolor anterior de rodilla**
	Escala de catastrofización del dolor												**2/11**
	Escala de resultados de osteoartritis de rodilla (KOOS)												**Específico osteoartritis de rodilla 2/2**
	Escala de Tampa de Kinesiofobia (TSK)												**1/11**

Biblioteca Universitaria Miguel Hernández

	Decline Step Down Test												**1/11**
Capacidad y función	**PROMIS-PF, PROMIS-PI, PROMIS-D**												**1/11**
	Foot Ankle Ability Measure (FAAM)												**Específico tobillo 1/2**
	Escala de Lysholm												**1/11**
	Prueba de bipedestación unipodal												**1/11**
	Y-Balance Test												**1/11**
	30-SCST												**2/11**
	6-MWT												**2/11**

Biblioteca
UNIVERSITAS Miguel Hernández

	40m-FWT												**2/11**
	Timed up & go test												**1/11**
	Cuestionario EQ-5D-5L												**1/11**
	30s-KFT												**1/11**
Pruebas de imagen	**Ultrasonido**												**2/11**

Biblioteca UNIVERSITAS Miguel Hernández

Biblioteca
UNIVERSITAS Miguel Hernández

Biblioteca
UNIVERSITAS Miguel Hernández